

**PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE
BERBASIS *IoT* UNTUK PENGENDALIAN SUHU DAN
KELEMBABAN PADA GREENHOUSE TROPIS**

LAPORAN HASIL PENELITIAN

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



Oleh :

**SANDI FADILAH
41037002200013**

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

HALAMAN PENGESAHAN

Pengembangan dan Implementasi Software Berbasis IoT untuk Pengendalian Suhu dan Kelembaban pada Greenhouse Tropis

LAPORAN HASIL PENELITIAN

SANDI FADILAH

41037002200013

TEKNIK ELEKTRO

Telah disetujui dan disahkan

Tanggal : 01 Agustus 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



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

NIDN : 0402129002

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Elektro



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

NIDN : 0402129002

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 padaNya, 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, 01 Agustus 2024

Sandi Fadilah

41037002200013

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Metode Studi Pustaka.....	4
1.8 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Iklim	6
2.1.1 Pengaruh Suhu pada Mahluk Hidup dan Lingkungan	6
2.1.2 Pengaruh Suhu pada Tingkat Ekosistem	6
2.1.3 Pengaruh Suhu pada Tingkat Organisme.....	7
2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Suhu.....	8
2.1.5 Radiasi Matahari.....	8
2.1.6 Kelembaban Udara	8
2.1.7 Angin	9
2.1.8 Variabilitas Cuaca.....	9
2.2 Greenhouse	9
2.3 Internet of Things (IoT).....	10
BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM	12
3.1 Alur Perencanaan Penelitian	12
3.2 Perencanaan Secara Blok Diagram	13
3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	14

3.4	Rancangan Perangkat Lunak (Software)	15
3.5	Analisis Pengujian dan data hasil pengujian	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		18
4.1	Implementasi Sistem Pembacaan Suhu dan Kelembaban Udara	18
4.2	Pengujian Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara	19
BAB V KESIMPULAN		23
DAFTAR PUSTAKA		24

DAFTAR GAMBAR

gambar 1 Grafik Suhu Udara Global Tahun 1940-2023	1
gambar 2 Peta Parsial Persebaran Suhu Udara Rata-rata Global Harian Interval Tahun 1940-2023	2
gambar 3 kalender pemantauan rekor suhu udara global tahun 2023	2
gambar 4 Flowchart Perencanaan Penelitian	12
gambar 5 blok diagram alat	13
gambar 6 blok diagram sistem hardware	15
gambar 7 flowchart perancangan software	15
gambar 8 blok diagram sistem hardware	16
gambar 9 tampilan web dashboard blink	18
gambar 10 Grafik perbandingan suhu didalam greenhouse	20
gambar 11 Grafik perbandingan suhu diluar greenhouse	21
gambar 12 Grafik perbandingan kelembaban didalam greenhouse	21
gambar 13 Grafik perbandingan kelembaban diluar greenhouse	22

DAFTAR TABEL

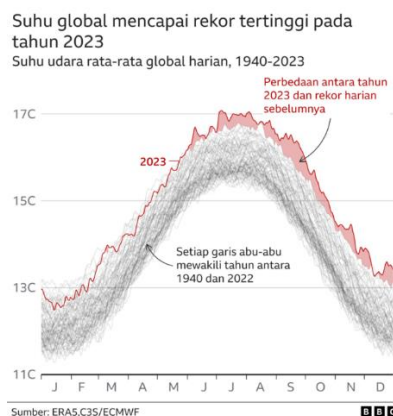
Tabel 1 Perbandingan suhu didalam greenhouse	19
Tabel 2 Perbandingan suhu diluar greenhouse.....	19
Tabel 3 Perbandingan kelembaban didalam greenhouse	20
Tabel 4 Perbandingan Kelembaban diluar greenhouse.....	20

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

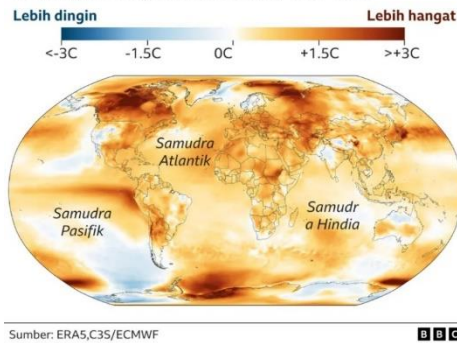
Indonesia adalah negara beriklim tropis yang terletak di kawasan Asia Tenggara dan dikenal dengan kekayaan alam serta keanekaragaman hayatinya. Iklim tropis ditandai oleh suhu yang hangat sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi, dan dua musim utama-musim hujan dan musim kemarau. Alasan Indonesia beriklim tropis adalah karena posisinya yang berada di garis khatulistiwa, yang memungkinkan negara ini menerima sinar matahari secara konsisten sepanjang tahun, sehingga menciptakan kondisi iklim yang ideal bagi berbagai ekosistem tropis. Pada saat ini, perubahan iklim tropis telah menjadi salah satu tantangan utama yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk pertanian. Iklim tropis, yang dikenal dengan suhu hangat dan kelembaban yang tinggi, kini mengalami fluktuasi yang lebih ekstrem akibat perubahan iklim global.

Menurut BBC News Indonesia (14/01/2024), “Suhu pada tahun 2023 kemungkinan besar akan melebihi suhu di periode mana pun setidaknya dalam 100 ribu tahun terakhir,” kata Samantha Burgess, Wakil Direktur Layanan Perubahan Iklim Copernicus. Berdasarkan data dari 116 lokasi pengamatan BMKG di Indonesia, rata-rata suhu udara pada tahun 2023 adalah 27,2 derajat Celcius, naik 0,5 derajat Celcius dari rata-rata suhu udara antara tahun 1991 dan 2020. Antara tahun 1981 dan 2023, tahun terpanas di Indonesia adalah tahun 2016, dengan nilai anomali 0,6 C. Dengan perbedaan suhu 0,5 derajat Celcius, tahun 2023 merupakan tahun terpanas kedua [1].



gambar 1 Grafik Suhu Udara Global Tahun 1940-2023

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



gambar 2 Peta Parsial Persebaran Suhu Udara Rata-rata Global Harian Interval Tahun 1940-2023

Sudah menjadi rahasia umum bahwa dunia saat ini jauh lebih hangat dibandingkan 100 tahun yang lalu, karena manusia terus menghasilkan sejumlah besar gas rumah kaca, termasuk karbon dioksida, ke atmosfer. Namun, karena kompleksitas iklim bumi, tidak ada organisasi ilmiah besar yang memperkirakan pada 12 bulan lalu bahwa tahun 2023 akan menjadi tahun terpanas yang pernah tercatat. Menurut pemeriksaan BBC terhadap data Layanan Perubahan Iklim Copernicus, rekor suhu global harian baru terjadi selama 200 hari sepanjang tahun 2023.

Rentetan hari memecahkan rekor harian pada tahun 2023

Rekor suhu udara global untuk setiap hari sepanjang tahun



gambar 3 kalender pemantauan rekor suhu udara global tahun 2023

Tahun 2024 mungkin akan lebih hangat dibandingkan tahun 2023 dikarenakan sebagian dari rekor panas permukaan laut lepas ke atmosfer, meskipun perilaku “aneh” dari El Niño saat ini membuat sulit untuk memastikannya, kata Dr Hausfather. Menurut Badan Meteorologi Inggris, hal ini meningkatkan kemungkinan bahwa pada tahun 2024 bahkan akan melampaui ambang batas kenaikan suhu sebesar 1,5 C dalam satu tahun kalender untuk pertama kalinya. Hampir 200 negara sepakat di Paris pada tahun 2015 untuk mencoba membatasi pemanasan pada tingkat ini guna menghindari dampak terburuk pemanasan global [1].

Fluktuasi suhu dan kelembaban yang tidak stabil ini dapat berdampak signifikan pada pertumbuhan tanaman, menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil pertumbuhan (panen). Dalam konteks ini, optimalisasi suhu bisa dilakukan salah satunya dengan greenhouse menjadi krusial untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas pertanian di wilayah dengan iklim/cuaca ekstrem.

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?
3. Bagaimana perancangan sistem pengoptimalan pengaturan suhu pada tanaman pada iklim tropis?
4. Bagaimana pengawasan dan pengontrolan suhu green house secara online dan realtime?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang mencakup penelitian dan kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Penyimpulan sebab-akibat fluktuasi suhu dan kelembaban akibat perubahan iklim tropis sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

2. Perancangan sistem pengoptimalan pengaturan suhu pada tanaman pada iklim mikro (Percobaan dilakukan di Universitas Islam Nusantara).
3. Bagaimana pengawasan dan pengontrolan suhu green house secara online dan realtime dengan sistem pendinginan evaporatif berbasis IoT.

1.4 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.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Peningkatan efisiensi pengaturan suhu dalam greenhouse.
2. Pengurangan konsumsi energi melalui penggunaan teknologi IoT.
3. Kontribusi terhadap upaya mitigasi dampak perubahan iklim terhadap pertanian di daerah tropis.

1.6 Metode Penelitian

Pada penelitian dan kegiatan pembelajaran kali ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif pada sistem pendinginan evaporatif berbasis IoT dalam greenhouse.

1.7 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: LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tentang penjelasan dan pembahasan dasar-dasar teori yang nantinya 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 komponen nya.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V: KESIMPULAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Iklim

Iklim merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi manusia, bangunan, dan lingkungan di muka bumi. Berdasarkan pembagian geografis, zona tropis terletak pada wilayah diantara 23.5 ° LS dan 23.5 ° LU, dengan perolehan sinar dan panas matahari pada siang hari sebesar 40 % secara vertical [2].

Iklim tropis terbagi menjadi 2, yaitu: (a) Iklim tropis kering (Hot – Dry / Arid Climate Zones), dan (b) Iklim tropis basah (Warm Humid Climate Zones). Karakteristik negara beriklim tropis kering biasanya ditandai dengan radiasi matahari yang tinggi, jarang terjadi hujan, perubahan atau perbedaan temperature udara yang ekstrim, dan kelembaban dibawah 50 %, serta merupakan negara yang mayoritas berkawasan padang pasir / savana. Sedangkan karakteristik negara beriklim tropis basah biasanya ditandai dengan kelembaban dan curah hujan yang tinggi, perubahan atau perbedaan temperature udara normal, temperature udara normal 20 °C – 30 °C, serta merupakan negara yang mayoritas berkawasan hutan hijau [2]. Jika membahas iklim, pastinya tidak terlepas dari suhu sebagai dampak dari fenomena iklim yang terjadi.

2.1.1 Pengaruh Suhu pada Mahluk Hidup dan Lingkungan

Suhu adalah salah satu faktor lingkungan yang paling penting dalam menentukan kelangsungan hidup dan fungsi ekosistem. Pada tingkat organisme, suhu mempengaruhi berbagai proses fisiologis seperti metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi. Tanaman, misalnya, memiliki rentang suhu optimal untuk fotosintesis dan pertumbuhan. Ketika suhu lingkungan melampaui batas optimal, tanaman dapat mengalami stres termal, yang dapat menghambat pertumbuhan dan bahkan menyebabkan kematian. Di tingkat ekosistem, perubahan suhu dapat mengubah komposisi spesies, pola migrasi, dan interaksi antar spesies.

2.1.2 Pengaruh Suhu pada Tingkat Ekosistem

Pada tingkat ekosistem, perubahan suhu dapat menyebabkan pergeseran besar dalam komposisi spesies dan struktur komunitas. Perubahan suhu global yang

diakibatkan oleh pemanasan global telah menyebabkan pergeseran habitat dan pola migrasi banyak spesies. Burung, misalnya, telah menunjukkan perubahan dalam pola migrasi mereka sebagai respons terhadap perubahan suhu musiman. Burung di belahan bumi utara kini cenderung bermigrasi lebih awal pada musim semi, yang dapat mengakibatkan ketidaksesuaian antara waktu kedatangan mereka dan ketersediaan sumber daya makanan.

Perubahan suhu juga mempengaruhi interaksi antar spesies dalam ekosistem. Sebagai contoh, kenaikan suhu laut berdampak pada ekosistem terumbu karang. Pemutihan karang, yang disebabkan oleh stres termal, mengakibatkan hilangnya simbiosis antara karang dan alga fotosintetik (zooxanthellae), yang pada akhirnya mengancam keberlanjutan ekosistem terumbu karang. Dampak ini juga terlihat pada spesies predator dan mangsa, di mana perubahan suhu dapat mengubah dinamika predasi dan kompetisi, mempengaruhi keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

Dengan demikian, suhu tidak hanya mempengaruhi individu organisme tetapi juga dapat mengubah struktur dan fungsi ekosistem secara keseluruhan. Pemahaman tentang pengaruh suhu ini penting untuk mengembangkan strategi mitigasi dalam menghadapi perubahan iklim dan menjaga keberlanjutan ekosistem

2.1.3 Pengaruh Suhu pada Tingkat Organisme

Pada tingkat organisme, suhu memainkan peran krusial dalam mengatur proses fisiologis. Metabolisme organisme ektotermik, seperti reptil dan amfibi, sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Menurut Hermann Walther Nernst, pada penjelasan termodinamika, yaitu teori Q10, laju reaksi biokimia meningkat dua kali lipat dengan setiap kenaikan suhu sebesar 10°C hingga batas tertentu. Sebagai contoh, pada ikan, peningkatan suhu air dapat mempercepat metabolisme, yang mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas mereka. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres termal, yang mengganggu fungsi seluler dan menyebabkan kematian sel, yang pada gilirannya dapat berujung pada kematian organisme tersebut.

Tanaman juga menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap suhu. Fotosintesis, proses kunci untuk pertumbuhan tanaman, memiliki suhu optimal

spesifik. Sebagai contoh, tanaman C3 seperti padi dan gandum memiliki suhu optimal sekitar 20-25°C untuk fotosintesis maksimum, sementara tanaman C4 seperti jagung dan tebu dapat berfotosintesis secara optimal pada suhu yang lebih tinggi, sekitar 30- 35°C. Ketika suhu melampaui batas optimal, enzim-enzim yang terlibat dalam fotosintesis dapat terdenaturasi, menyebabkan penurunan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman.

2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Suhu

Suhu lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk radiasi matahari, kelembaban udara, dan angin. Di daerah tropis, intensitas radiasi matahari yang tinggi dan kelembaban udara yang signifikan menyebabkan suhu udara sering kali tinggi. Selain itu, variabilitas cuaca seperti adanya awan atau hujan dapat menyebabkan fluktuasi suhu yang cepat. Penggunaan teknologi seperti greenhouse memungkinkan pengendalian sebagian faktor-faktor ini, namun tantangan dalam pengaturan suhu tetap ada, terutama dalam kondisi iklim tropis yang dinamis.

2.1.5 Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah faktor utama yang mempengaruhi suhu lingkungan. Energi yang diterima dari matahari bervariasi berdasarkan waktu, lokasi geografis, dan musim. Di daerah tropis, radiasi matahari lebih intens karena matahari sering berada di posisi hampir tegak lurus terhadap permukaan bumi. Menurut teori radiasi benda hitam, energi radiasi yang diterima oleh permukaan bumi menyebabkan pemanasan yang signifikan, terutama di daerah dengan sedikit tutupan awan. Studi oleh Wild et al. (2005) menunjukkan bahwa peningkatan radiasi matahari langsung yang mencapai permukaan bumi diakibatkan oleh berkurangnya aerosol dan polutan di atmosfer, yang pada gilirannya meningkatkan suhu permukaan .

2.1.6 Kelembaban Udara

Kelembaban udara juga memainkan peran penting dalam mengatur suhu. Kelembaban tinggi di daerah tropis berkontribusi pada efek panas yang lebih terasa karena kemampuan udara untuk menahan panas meningkat seiring dengan kenaikan kelembaban. Menurut penelitian, kelembaban tinggi meningkatkan suhu udara

yang dirasakan (heat index), yang membuat kondisi menjadi lebih panas dibandingkan suhu udara sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kemampuan tubuh untuk mendinginkan diri melalui evaporasi keringat, yang merupakan mekanisme utama pendinginan tubuh manusia

2.1.7 Angin

Angin berfungsi sebagai agen yang dapat mengubah suhu lingkungan melalui proses konveksi. Angin dapat membawa udara panas atau dingin dari satu wilayah ke wilayah lain, mempengaruhi suhu setempat. Di daerah tropis, angin pasat dan angin muson adalah contoh angin yang memiliki dampak besar pada variabilitas suhu regional. Angin muson, misalnya, membawa udara lembab dari laut yang dapat menurunkan suhu melalui proses pendinginan evaporatif saat hujan terjadi . Menurut teori sirkulasi atmosfer, angin juga berperan dalam distribusi panas secara global, mengangkut energi dari daerah tropis ke daerah beriklim sedang dan kutub .

2.1.8 Variabilitas Cuaca

Variabilitas cuaca seperti awan dan hujan juga berkontribusi terhadap fluktuasi suhu. Awan dapat mempengaruhi suhu melalui dua cara utama: dengan memantulkan radiasi matahari kembali ke angkasa (efek pendinginan) dan dengan memerangkap radiasi infra merah yang dipancarkan oleh permukaan bumi (efek pemanasan). Studi oleh Ramanathan et al. (1989) menunjukkan bahwa awan memiliki efek kompleks terhadap suhu permukaan, bergantung pada jenis dan ketinggian awan serta waktu (siang atau malam) . Hujan, di sisi lain, seringkali menyebabkan pendinginan yang signifikan melalui mekanisme pendinginan evaporatif dan konduktif.

2.2 Greenhouse

Greenhouse merupakan bangunan yang digunakan untuk memanipulasi kondisi lingkungan pada tumbuhan yang diinginkan. Greenhouse berfungsi untuk melindungi tanaman dari panas dan dingin yang berlebihan, melindungi dari debu dan membantu tanaman dari serangan hama dan penyakit. Jenis tanaman yang

banyak dibudidayakan oleh petani di dalam greenhouse adalah tanaman sayuran. Penanaman sayuran menggunakan greenhouse untuk mendapatkan hasil yang berkualitas perlunya perhatian dan perawatan yang lebih terhadap kondisi lingkungan greenhouse [5].

Greenhouse dikembangkan untuk tujuan produksi berkualitas yang tidak dapat diproduksi di lapangan terbuka karena kondisi iklim yang buruk. Di daerah beriklim panas, budidaya greenhouse dicirikan oleh beban panas matahari yang tinggi yang menciptakan masalah besar di dalam lingkungan rumah kaca dan membatasi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan dan kualitas tanaman di dalam greenhouse umumnya terpengaruh ketika suhu di bawah 12°C atau di atas 30°C. Dalam konteks ini, sangat penting untuk menghilangkan beban panas berlebih dari rumah kaca selama periode panas. Ada banyak teknik yang dapat digunakan untuk mempertahankan iklim mikro yang baik di dalam greenhouse untuk pertumbuhan tanaman yang efektif. Di daerah bersuhu sedang, ventilasi alami adalah teknik yang paling umum untuk memoderasi iklim mikro greenhouse. Namun ventilasi alami sering kali gagal untuk mengekstrak beban termal berlebih pada periode radiasi yang tinggi. Untuk mengatasi hal ini, ventilasi kipas angin dapat digunakan sebagai pengganti untuk mengeluarkan kelebihan panas. Dalam beberapa kasus, jaring peneduh (di dalam atau di luar greenhouse) sangat efektif untuk membatasi radiasi matahari dimana sebagian radiasi matahari masuk ke dalam greenhouse. Meskipun jaring peneduh mengurangi beban panas dan suhu udara, intensitas cahaya yang rendah dapat menurunkan tingkat pertumbuhan tanaman. Pemutihan atap juga mengurangi beban panas rumah kaca karena sebagian radiasi matahari dipantulkan kembali ke atmosfer. Di antara teknik-teknik yang disebutkan di atas, sistem pendingin evaporatif adalah cara yang paling efektif untuk mengurangi beban panas rumah kaca yang berlebihan karena tingginya tingkat penyinaran matahari selama periode panas. Pendinginan evaporatif di rumah kaca biasanya dilakukan dengan ventilasi alami atau kipas angin untuk meningkatkan kinerja pendinginannya [4].

2.3 Internet of Things (IoT)

Teknologi Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menggunakan internet sebagai media komunikasi data antara pengguna dengan kondisi/parameter

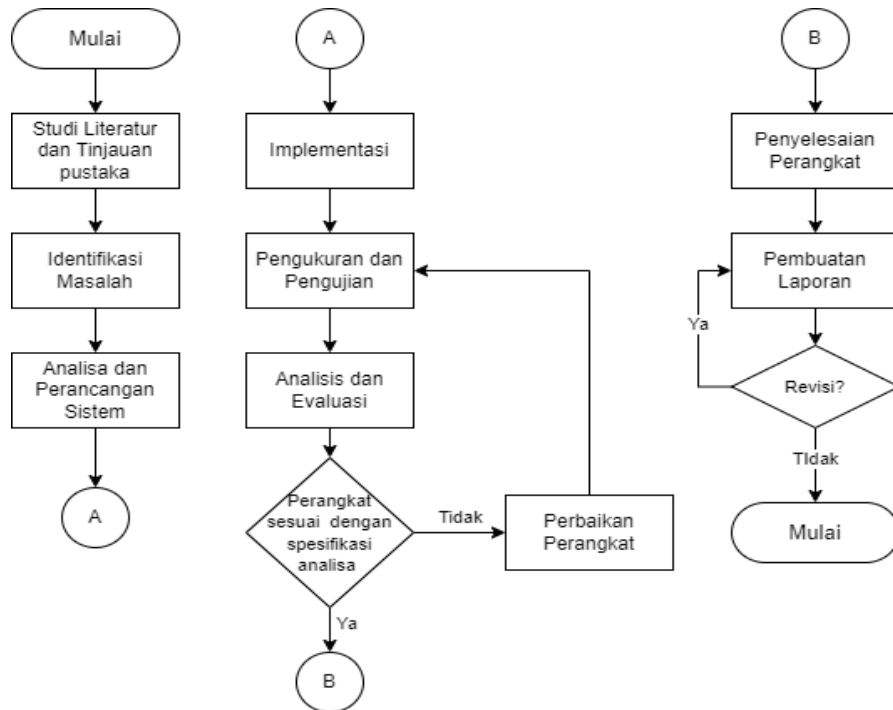
nilai ukur dari suatu benda. Biasanya, untuk mendapatkan data nilai ukur suatu benda, diperlukan perangkat sensor yang digunakan untuk membaca nilai ukur/data analog/digital dari suatu benda dan Minimum System sebagai pengolah data dan mengirimkan data tersebut ke internet [2].

Sistem IoT dapat diimplementasikan kedalam rancangan Smart Greenhouse mengacu dari beberapa penelitian sebelumnya. Dengan adanya sistem ini, pengguna diharapkan dapat melakukan monitor pada kondisi iklim yang ada didalam Greenhouse. Hal ini dikarenakan dalam Greenhouse, akan diambil beberapa parameter inputan untuk mengendalikan perangkat outputan, yaitu suhu, kelembaban udara, dan kelembapan tanah. Hal inilah yang menjadi patokan treatment yang berbeda untuk setiap tanaman agar dapat tumbuh subur berdasarkan kondisi aktual lingkungan Greenhouse [2].

BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Alur Perencanaan Penelitian

Untuk memudahkan melakukan penelitian maka dibuat alur perencanaan seperti gambar dibawah.



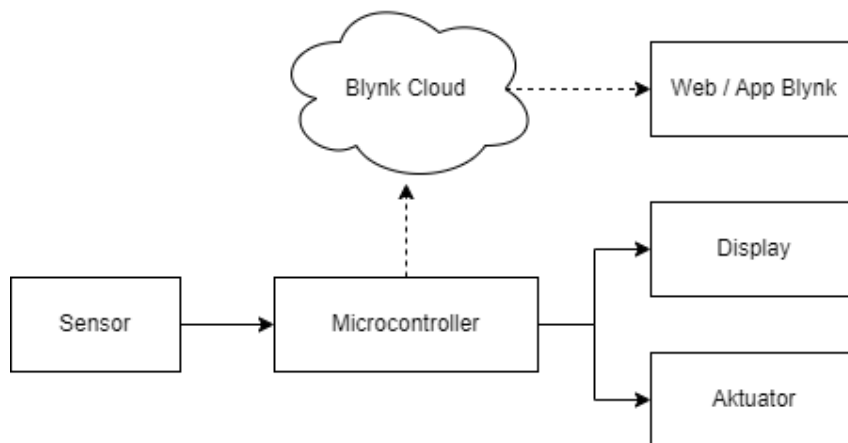
gambar 4 Flowchart Perencanaan Penelitian

Berdasarkan gambar di atas langkah awal untuk melakukan penelitian ini adalah studi literatur beserta identifikasi masalah. Langkah berikutnya meliputi analisis spesifikasi teknis, yang mencakup seleksi material dan komponen untuk pengembangan sistem terintegrasi. Proses ini diikuti oleh perancangan hardware, yang melibatkan pembuatan skematik perangkat, dan perancangan software. Software yang dikembangkan mencakup modul untuk akuisisi data dari sensor suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya, serta modul untuk visualisasi data pada tampilan LCD. Selain itu, software juga dirancang untuk integrasi dengan aktuator, dan transmisi serta penyimpanan data ke platform cloud. Visualisasi data pada perangkat ini menggunakan model grafik dan tampilan data numerik, dilengkapi dengan virtual push button untuk interaksi pengguna.

Setelah fase desain dan realisasi selesai, dilakukan pengukuran dan pengujian untuk memvalidasi performa perangkat. Proses ini melibatkan perbandingan data yang diperoleh dari prototipe dengan data referensi dari thermometer HTC-2 untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara dan hygrometer TA290 untuk kelembaban tanah. Evaluasi ini penting untuk menentukan kelayakan dan akurasi dari sistem yang telah dikembangkan. Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan yang mendetail mengenai metodologi, hasil, dan analisis yang dilakukan.

3.2 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 mudah dalam memahami cara kerja alat yang dibuat.



gambar 5 blok diagram alat

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.

3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

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

[7] Bagian Input:

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

- DHT22 (Inside)
- DHT22 (Outside)
- Soil Moisture
- BH17750
- Push Button

[8] Bagian Proses

Pada bagian ini menggunakan microcontroller esp2 dengan relay

[9] Bagian Output

Pada bagian ini hasil dari output yang di hasilkan yaitu:

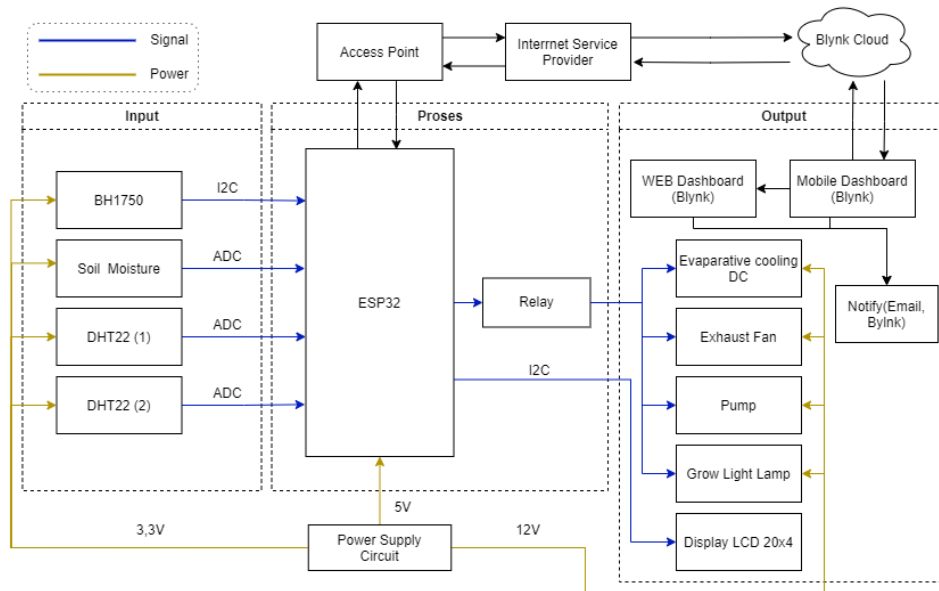
- Evaporative Cooling DC
- Exhaust Fan DC
- Pump
- Grow light lamp
- Display LCD 20 x 4
- Web dan App Blynk

[10] Power Supply Circuit:

Pada bagian ini terdiri dari beberapa bagian yaitu:

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

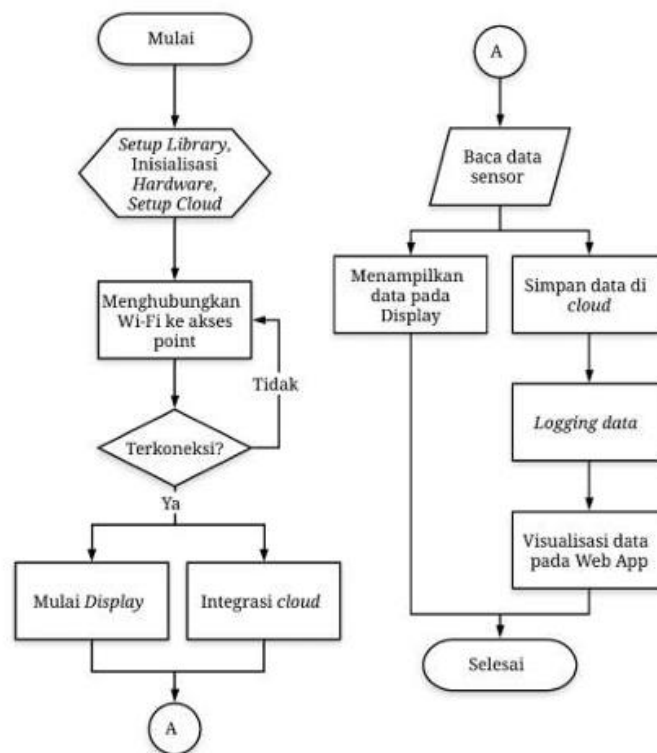
Pada tahap perancangan hardware dilakukan untuk mendapatkan rangkaian-rangkaian pendukung pada proses pembuatan alat. Komponen yang digunakan sudah sesuai dengan referensi-referensi yang lebih baik dari cara kerja dan kemampuan pembacaan sensornya agar alat yang dihasilkan sesuai dengan yang diperlukan.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



gambar 6 blok diagram sistem hardware

3.4 Rancangan Perangkat Lunak (Software)

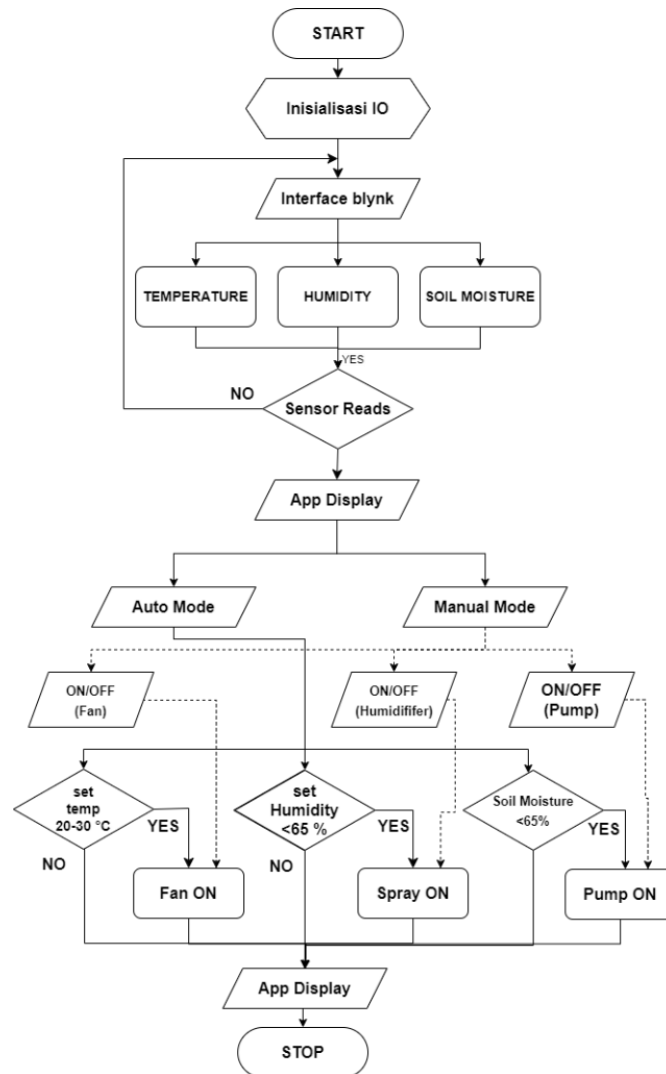
Untuk mempermudah perancangan software maka perlu dibuat flowchart untuk memahami alur kerja dari alat yang dibuat. Berikut akan menjelaskan flowchart dan cara kerja alat tersebut.



gambar 7 flowchart perancangan software

3.5 Analisis Pengujian dan data hasil pengujian

Untuk mempermudah pengujian maka perlu dibuatkan flowchart untuk memahami alur kerja yang akan terjadi pada alat.



gambar 8 blok diagram sistem hardware

Flowchart diatas membantu memvisualisasikan proses dalam sistem, mulai dari pengumpulan data sensor hingga menampilkan dan mengendalikan aktuator. Dengan pemahaman yang jelas tentang alur kerja ini, pengembangan perangkat lunak dapat dilakukan secara terstruktur dan efisien, memastikan seluruh komponen bekerja secara sinergis untuk mencapai tujuan penelitian. Data yang dikumpulkan dari observasi lapangan dan pengujian peralatan di rumah kaca kemudian dianalisis secara kuantitatif. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi efektivitas alat dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan keberlanjutan penggunaan

rumah kaca dengan membandingkan data prototipe dengan referensi dari alat ukur [19] seperti termometer HTC-2, higrometer TA290, dan lux meter.

Analisis kuantitatif ini menggunakan metrik tambahan seperti Koefisien determinasi (R²) yang mengukur seberapa dekat data aktual dengan nilai prediksi.

Untuk evaluasi yang lebih menyeluruh, model dianalisis menggunakan R² [20].

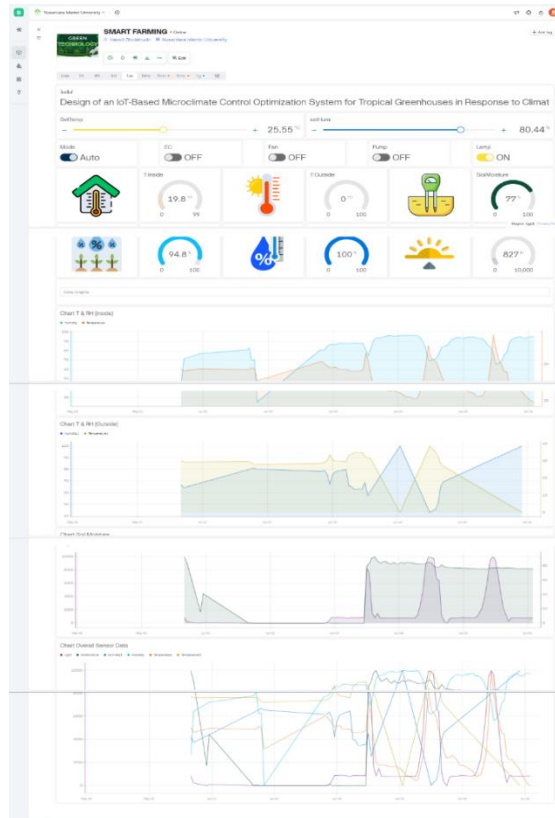
Jadi dapat disimpulkan pada persamaan berikut,

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem Pembacaan Suhu dan Kelembaban Udara

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 bersama dengan sensor DHT22 menjadi komponen integral dalam struktur pengukuran suhu dan kelembaban udara yang diimplementasikan dalam lingkungan greenhouse. Pada sistem terdapat dua buah sensor DHT22 yang terhubung pada ESP32. Sensor akan melakukan pengukuran terhadap suhu dan tingkat kelembaban udara diluar dan didalam greenhouse dengan menampilkan hasil pembacaan sensor berupa nilai yang muncul pada interface yang telah dibuat pada platform blynk



gambar 9 tampilan web dashboard blink

Tampilan dashboard Blynk yang digunakan sebagai antarmuka utama untuk meningkatkan efisiensi dalam proses monitoring adalah sebagai berikut. Blynk menyediakan platform integrasi yang memfasilitasi koneksi antara perangkat keras dan perangkat lunak melalui aliran data terstruktur, memungkinkan pemantauan waktu nyata melalui tampilan web. Desain dashboard ini dirancang untuk memberikan visualisasi data yang intuitif, menggunakan grafik dan indikator

numerik untuk menampilkan kondisi lingkungan saat ini. Tombol virtual di dasbor memungkinkan pengguna mengontrol sistem secara langsung, sehingga menawarkan fleksibilitas operasional.

Data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa suhu di dalam ruangan mengalami fluktuasi harian yang stabil, sedangkan suhu di luar ruangan cenderung lebih rendah. Kelembapan udara di dalam ruangan menunjukkan pola yang mirip dengan suhu, sedangkan kelembapan udara di luar ruangan menunjukkan variasi yang lebih besar. Kelembapan tanah stabil selama pengujian, memberikan indikasi yang konsisten mengenai kondisi kelembapan tanah di lokasi. Intensitas cahaya menunjukkan variasi yang signifikan antara siang dan malam, konsisten dengan pola alami harian.

4.2 Pengujian Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara

Dalam proses pengujian, data yang diperoleh dibandingkan dengan alat acuan seperti Thermo Hygrometer untuk suhu dan kelembapan udara untuk menjamin keakuratan hasil pengukuran. Informasi yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi lingkungan yang dipantau selama periode pengujian sebagai berikut:

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%

Tabel 1 Perbandingan suhu didalam greenhouse

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%

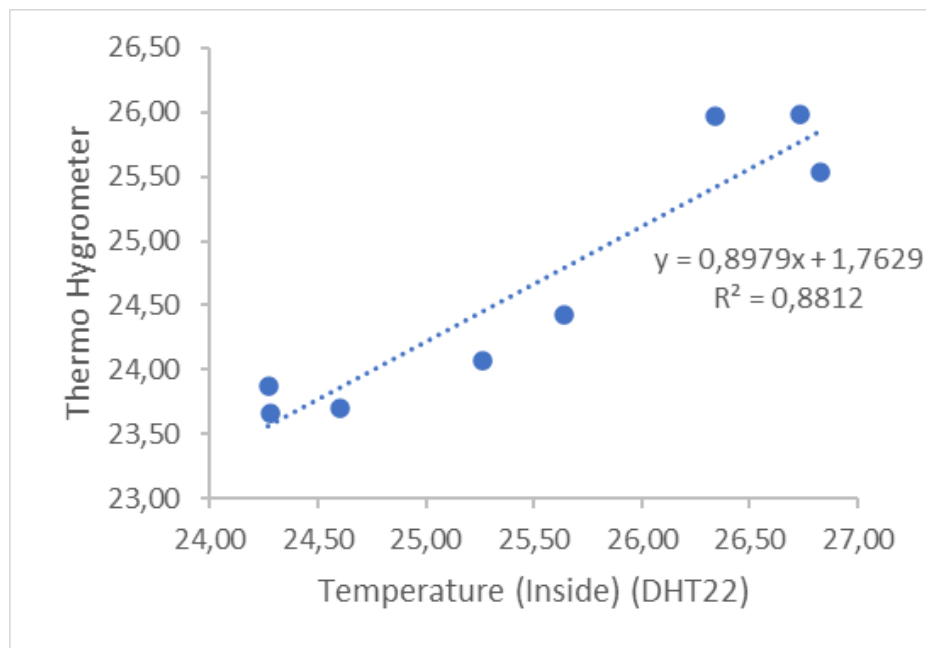
Tabel 2 Perbandingan suhu diluar greenhouse

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%

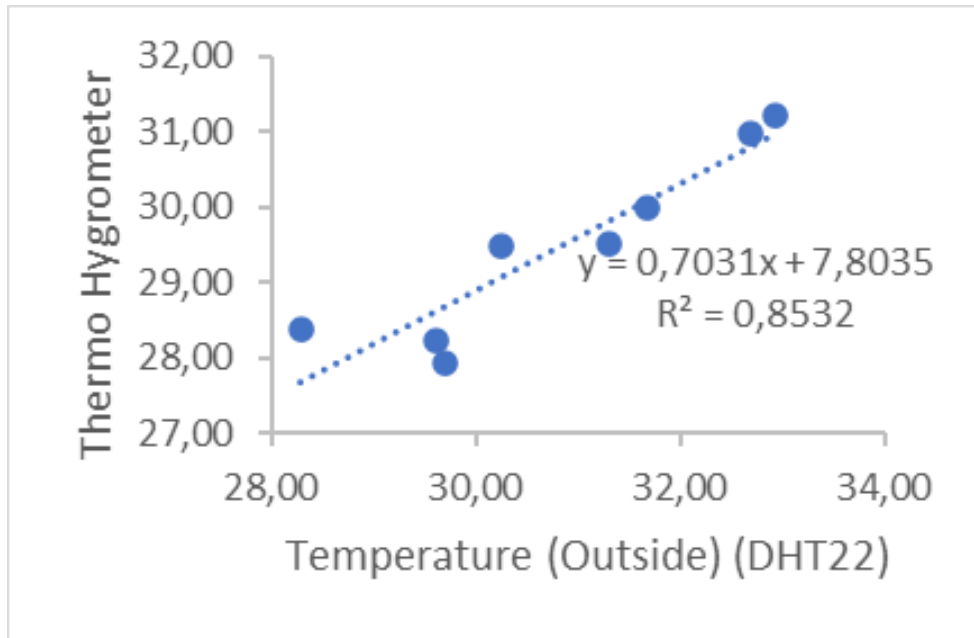
Tabel 3 Perbandingan kelembaban didalam greenhouse

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%

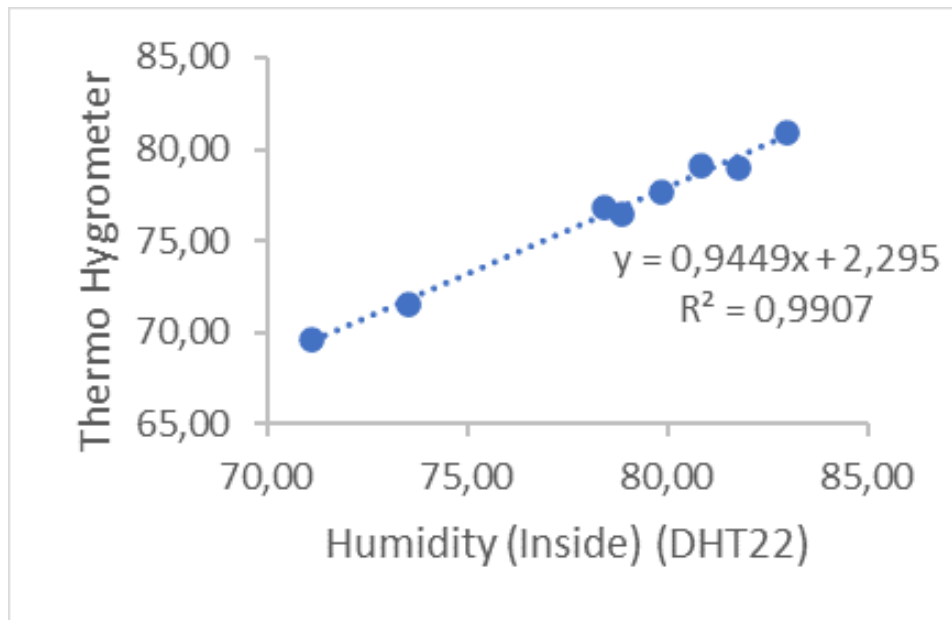
Tabel 4 Perbandingan Kelembaban diluar greenhouse



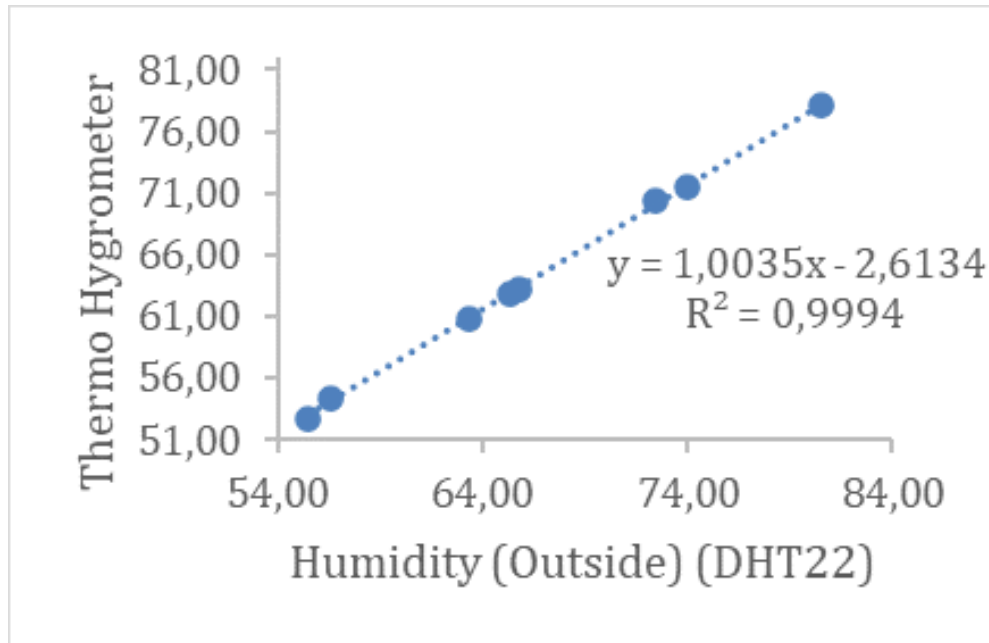
gambar 10 Grafik perbandingan suhu didalam greenhouse



gambar 11 Grafik perbandingan suhu diluar greenhouse



gambar 12Grafik perbandingan kelembaban didalam greenhouse



gambar 13 Grafik perbandingan kelembaban diluar greenhouse

Berdasarkan analisis kinerja sensor dan alat referensi berbagai parameter lingkungan selama periode delapan hari, dapat disimpulkan bahwa sistem sensor yang digunakan menunjukkan tingkat akurasi yang memadai untuk keperluan pemantauan lingkungan. Untuk suhu dalam ruangan, sensor memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8812, menunjukkan korelasi yang kuat dengan Thermo Hygrometer. Meskipun terdapat beberapa fluktuasi, namun data kelembaban udara dalam ruangan memiliki R^2 yang sangat tinggi yaitu sebesar 0,9907, menunjukkan keandalan sensor dalam mengukur parameter tersebut. Sedangkan pengukuran kelembaban udara luar ruangan menunjukkan R^2 sebesar 0,9994 yang menunjukkan akurasi yang sangat tinggi dalam memantau kondisi eksternal.

Secara keseluruhan, data yang dihasilkan sistem sensor ini cukup akurat untuk pemantauan lingkungan dengan penyimpangan yang minimal dan konsisten. Namun perlu diperhatikan bahwa penyesuaian dan kalibrasi lebih lanjut dapat meningkatkan akurasi sensor, terutama untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi. Hal ini akan mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan lingkungan dan pertanian presisi.

BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari rangkaian penelitian yang meliputi tahap perancangan perangkat keras, perangkat lunak, implementasi dan uji coba, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara didalam dan diluar greenhouse berbasis IoT dengan integrasi web dashboard dari blink memiliki nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang menunjukkan tingkat akurasi yang memadai untuk keperluan pemantauan lingkungan. Hal itu dapat dibuktikan dengan membandingkan antara pembacaan nilai oleh sensor DHT22 dengan Thermo hygrometer yang memiliki besaran galat atau error yang kecil. Setelah dihitung dengan rumus koefisien determinasi, nilai yang dihasilkan dibawah 1 yang menandakan korelasi yang kuat antara sensor DHT22 dan Hygrometer. Dalam jangka waktu 8 hari pengujian, didapatkan nilai koefisien determinasi untuk suhu didalam greenhouse adalah sebesar 0,8812, nilai koefisien determinasi untuk suhu diluar greenhouse adalah sebesar 0,8532, nilai koefisien determinasi untuk kelembaban didalam greenhouse adalah sebesar 0,9907, dan nilai koefisien determinasi untuk kelembaban diluar greenhouse adalah sebesar 0,9994.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BBC News Indonesia, "https://www.bbc.com/indonesia/articles/c8722p5pgrmo," 14 Januari 2024. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/indonesia/articles/c8722p5pgrmo>. [Diakses 14 Mei Mei 2024].
- [2] U. Ristian, I. Ruslianto, and K. Sari, "Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IOT)," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, vol. 8(1), 2022.
- [3] A P Nugroho, "Appropriate adaptation of precision agriculture technology in open field cultivation in tropics," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 355 (2019) 012028
- [4] Redmond R. Shamshiri, Muhammad Razif Mahadi, Kelly R. Thorp, Wan Ishak Wan Ismail, Desa Ahmad and Hasfalina Che Man, "Adaptive Management Framework for Evaluating and Adjusting Microclimate Parameters in Tropical Greenhouse Crop Production Systems," *Plant Engineering Part 9* (2017)
- [5] Bafdal, N. & Ardiansah, L., 2020. *Smart Farming Berbasis Internet of Things dalam Greenhouse*. Jatinagor: UNPAD Press.
- [6] Nugroho, B.D.A. 2022. *Integrasi Agri-tech dan Agribisnis dalam Mendukung Pertanian Modern dan Presisi di Indonesia*. Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada
- [7] Handoko, J. P. S., & Ikaputra, I. (2019). PRINSIP DESAIN ARSITEKTUR BIOKLIMATIK PADA IKLIM TROPIS. *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 6(2), 87
- [8] Hashem, A., Hosni, Y., Mohamed, E., & Ahmed, R. (2020). "Effectiveness of Evaporative Cooling Systems in Greenhouses for Crop Production." *Journal of Agricultural Engineering*, 51(3), 200-210.
- [9] Zhang, T., Wang, Z., & Li, X. (2019). "Integration of IoT in Climate Control Systems for Greenhouses: A Review." *Smart Agriculture Technology*, 5(2), 110- 122.

- [10] Wang, Y., & Zhang, L. (2021). "IoT-Based Monitoring and Control System for Greenhouse Climate Management." *International Journal of Smart Agriculture*, 3(4), 176-185.
- [11] Rahim, M., Ahmad, N., & Sulaiman, R. (2018). "Identifying and Defining Problems in Engineering Projects." *Engineering Management Journal*, 30(1), 45- 54.
- [12] Sari, R., Nugroho, T., & Putra, D. (2020). "Problem Analysis Techniques in System Development." *Journal of Systems Engineering*, 22(4), 323-336.
- [13] Nugroho, A., Priyanto, D., & Suryadi, T. (2019). "System Design Using Block Diagrams: A Practical Approach." *Indonesian Journal of Engineering*, 15(2), 112-119.
- [14] Zhang, Y., Liu, J., & Wang, H. (2017). "Hardware Design Considerations in IoT Systems." *International Journal of Electronics*, 24(3), 145-158.
- [15] Williams, K., Johnson, T., & Smith, R. (2018). "Software Development Methodologies for IoT Systems." *Software Engineering Journal*, 34(2), 89-101.
- [16] Lee, J., Kim, S., & Park, H. (2019). "Implementation Challenges in IoTBasedSystems." *Journal of Smart Technology*, 8(1), 55-70. [17] Johnson, M., Roberts, T., & Wang, L. (2020). "System Testing in IoT Applications: Best Practices and Case Studies." *International Journal of IoT Engineering*, 6(3), 211-225