

**PERANCANGAN *SMART GREENHOUSE* BERBASIS
IOT DAN ANALISIS *SVM* UNTUK MULTI
KLASIFIKASI TANAMAN *STRAWBERRY***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara



Oleh :

ANITA AYUDYA RISKI

41037002211021

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA

2025

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anita Ayudya Riski

NIM : 41037002211021

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul :

PERANCANGAN *SMART GREENHOUSE* BERBASIS *IOT* DAN ANALISIS *SVM* UNTUK MULTI KLASIFIKASI TANAMAN *STRAWBERRY* dengan demikian, saya menyatakan bahwa karya ini disusun secara mandiri berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan saya sendiri karya ini diperlukan untuk mendapatkan gelar Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung. Sejauh yang saya ketahui, karya ini bukanlah replika atau duplikasi dari skripsi yang sudah diterbitkan atau digunakan untuk mendapatkan gelar Sarjana (S1) di Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung atau institusi lain, kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bandung, 09 Juni 2025

Yang membuat pernyataan.

ANITA AYUDYA RISKI

NIM 41037002211021

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN *SMART GREENHOUSE* BERBASIS *IOT* DAN
ANALISIS *SVM* UNTUK MULTI KLASIFIKASI TANAMAN
*STRAWBERRY***

Disusun dan diajukan oleh :

ANITA AYUDYA RISKI

41037002211021

Disetujui dan disahkan pada sidang

skripsi Pada tanggal :

Bandung, 26 Juni 2025

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Muhammad Zimamul Adli, M.Si.

Osphanie Mentari, S.T., M.T., M.Eng.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd

Muhammad Zimamul Adli, M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

REVISI SKRIPSI

**PERANCANGAN *SMART GREENHOUSE* BERBASIS *IOT* DAN
ANALISIS *SVM* UNTUK MULTI KLASIFIKASI TANAMAN
*STRAWBERRY***

Telah Direvisi

oleh :

ANITA AYUDYA RISKI

41037002211021

Bandung, 01 Juli 2025

Mengesahkan,

Penguji 1

Penguji 2

Ir. Joko Haryatno, M.T.

Ryan Nur Iman, S.Si., M.Sc.

Ketua Sidang,

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

BIODATA PENULIS



Nama : Anita Ayudya Riski

Tempat Tanggal Lahir : Bandung, 02 April 2003

Telepon : 089504740373

Email : anitaayudya04@gmail.com

Riwayat Pendidikan : SDN Cangkuang 14

SMP Nusantara Bandung

SMK Angkasa 1 Margahayu

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat, kasih sayang, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul '*Perancangan Smart Greenhouse Berbasis IoT Dan Analisis SVM Untuk Multi Klasifikasi Tanaman Strawberry*' Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) di Universitas Islam Nusantara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro. Penyusunan skripsi ini merupakan perjalanan yang panjang dan penuh tantangan. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa doa, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa syukur dan hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan kekuatan, kesehatan, dan petunjuk di setiap langkah perjalanan penulis. Segala sesuatu terjadi atas kehendak-Nya dan doa yang telah didengar-Nya.
2. Pintu surgaku Mamah tersayang Ibu Devi Trisnawati dan Cinta pertama serta panutanku Ayah saya Bapak Suparno selaku orang tua tercinta yang sangat saya cinta dan banggakan. terimakasih atas dukungan serta doa yang tidak pernah putus selama penulis menyelesaikan skripsi dan menyelesaikan masa perkuliahan. Serta Adik-adik tersayang Shiva Ayuningtyas Apsari, Keylan Djalu Azikhri serta seluruh keluarga besar penulis, terimakasih karna sudah memberikan semangat dan doa yang tidak pernah putus pada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Endang Kosmara, M.Si. selaku Rektor Universitas Islam Nusantara.
4. Bapak Dr. Ricky Yosepty, S.T., M.M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara.
5. Muhammad Zimamul Adli, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik

Elektro sekaligus dosen pembimbing 1 selama masa perkuliahan, atas arahan, bimbingan dan kesabaran dalam membantu penulis menyelesaikan perkuliahan.

6. Ibu Osphanie Mentari, S.T., M.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing 2 yang telah memberi arahan selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh dosen Fakultas Teknik, yang dengan tulus telah membagikan ilmu dan pengalaman berharga.
8. Seluruh staf Tata Usaha Fakultas Teknik, yang dengan penuh kesabaran telah membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai keperluan administrasi.
9. Kepada seseorang yang terkasih yang tak kalah penting kehadirannya. Mochammad Rafi, S.T yang menjadi salah satu penyemangat karena selalu ada dalam suka maupun duka dan tak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan. Terimakasih banyak telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya, telah menjadi rumah tempat berkeluh kesahku diwaktu lelahmu, menjadi pendengar yang baik, menghibur, penasehat, senantiasa memberikan cinta dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan masa perkuliahan hingga akhir.
10. Seluruh teman-teman Teknik Elektro angkatan 2021, yang telah memberikan, dukungan, dan kebersamaan selama masa perkuliahan. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan belum mencapai kesempurnaan.

Bandung, 09 Juni 2025

Anita Ayudya Riski

NIM.41037002211021

Abstrak

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong inovasi dalam sektor pertanian, salah satunya melalui perancangan sistem smart greenhouse yang mampu memantau dan mengontrol lingkungan secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain fisik greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan perangkat lunak SketchUp sebagai media visualisasi 3D, serta mengintegrasikan sistem kontrol otomatis untuk optimasi pertumbuhan tanaman. Desain greenhouse dirancang untuk penempatan sensor dan aktuator, yang terhubung ke aplikasi Internet of Things (IoT). Melalui pemodelan 3D dengan SketchUp, rancangan struktur greenhouse dapat divisualisasikan secara detail untuk memastikan tata letak komponen Internet of Things (IoT) terintegrasi secara fungsional. Sementara itu, algoritma Support Vector Machine (SVM) digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi tanaman berdasarkan citra daun strawberry ke dalam beberapa kategori dengan helai daun 3,4,5 dengan nilai presisi 0.96, recall 0.95, F1-Score 0.95 dan akurasi 0.95. Penelitian menunjukkan bahwa desain greenhouse mampu menjaga kestabilan lingkungan sesuai kebutuhan tanaman strawberry, serta sistem klasifikasi berbasis Support Vector Machine (SVM) berhasil mengidentifikasi kondisi tanaman dengan tingkat akurasi yang memadai.

Kata kunci: Machine Learning, SVM, IoT, Greenhouse, SketchUp

Abstract

The advancement of Internet of Things (IoT) technology has driven innovation in the agricultural sector, one of which is through the design of a smart greenhouse system that is able to integrate and control the environment automatically. This study aims to design a physical design of an Internet of Things (IoT)-based greenhouse using SketchUp software as a 3D visualization medium, as well as integrating an automatic control system to optimize plant growth. The greenhouse design is designed for the placement of sensors and actuators, which are connected to the Internet of Things (IoT) application. Through 3D modeling with SketchUp, the greenhouse structure design can be visualized in detail to ensure that the layout of the Internet of Things (IoT) components is functionally integrated. Meanwhile, the Support Vector Machine (SVM) algorithm is used to classify plant conditions based on strawberry leaf images into several categories with leaf blades 3,4,5 with a precision value of 0.96, recall 0.95, F1-Score 0.95 and accuracy 0.95. Research shows that the greenhouse design is able to maintain environmental stability according to the needs of strawberry plants, and the classification system based on Support Vector Machine (SVM) is successful in identifying plant conditions with a sufficient level of accuracy.

Keywords: Machine Learning, SVM, IoT, Greenhouse, SketchUp

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN REVISI SKRIPSI.....	iii
BIODATA PENULIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Metode Studi Pustaka.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Greenhouse.....	11
2.3 Desain	12
2.4 Internet Of Things.....	12
2.5 Website.....	13
2.6 Tanaman Strawberry	13

2.7 SketchUp	16
2.8 Machine Learning	16
2.9 Smart Aeroponik.....	22
2.10Iklim Mikro Dalam Greenhouse Parameter.....	23
2.11Kerangka Berpikir.....	26
BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM’	27
3.1 Metode Penelitian	27
3.2 Perancangan Blok Diagram 3D	30
3.3 Perancangan Blok Diagram Machine Learning.....	41
BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	44
4.1. Deskripsi Umum Penelitian.....	44
4.2. Hasil Desain dan Implementasi Sistem Greenhouse Berbasis IoT	44
4.3. Keterbatasan Penelitian	48
4.4. Komponen dan Fungsi Komponen	50
4.5. Tata Letak Komponen IoT Dalam Greenhouse	57
4.6. Analisis Kelayakan Desain.....	59
4.7. Hasil Machine Learning	65
4.8. Hasil Data.....	66
4.9. Analisis Hasil SVM	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran	73
REFRENSI.....	74
LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Strawberry	15
Gambar 2.2 Support Vector Machine	18
Gambar 2.3 Random Forest.....	19
Gambar 2.4 Decision Tree.....	20
Gambar 2.5 Logistic Regresion	21
Gambar 2.6 Multi Layer Perceptron	22
Gambar 3.1 Flowchart Sistem 3D.....	31
Gambar 3.2 Flowchar Sistem Machine Learning	41
Gambar 3.3 Koleksi Data	42
Gambar 4.1 Panel Smart Greenhouse	45
Gambar 4.2 Panel Smart Hidroponik	46
Gambar 4.3 Panel Smart Aeroponik.....	47
Gambar 4.4 Karbon Dioksida	48
Gambar 4.5 Penempatan Panel Smart Greenhouse	57
Gambar 4.6 Penempatan Panel Smart Hidroponik.....	57
Gambar 4.7 Penempatan Panel Smart Aeroponik.....	58
Gambar 4.8 Penempatan Karbon Dioksida	58
Gambar 4.9 Perancangan Sistem	66
Gambar 4.10 Hasil Support Vector Machine dan Random Forest	70
Gambar 4.11 Hasil Decision Tree dan Logistic Resgresion.....	70
Gambar 4.12 Hasil Multi Layer Perceptron	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State Of Arts	5
Tabel 4.1 Komponen dan Fungsi Smart Greenhouse	50
Tabel 4.2 Komponen dan Fungsi Smart Hidroponik.....	52
Tabel 4.3 Komponen dan Fungsi Smart Aeroponik	54
Tabel 4.4 Hasil Data.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan landasan peradaban manusia sebagai populasi manusia. Hal ini dilakukan untuk menjamin tanggung jawab dalam penggunaan produk yang murah dan berkualitas agar dapat memenuhi permintaan pangan yang terus meningkat. Pertanian telah menjadi tulang punggung masyarakat sepanjang sejarah manusia dan membentuk fondasi bagi peradaban serta kemajuan sosial untuk memenuhi kebutuhan pangan yang mendasar. Dari metode tradisional yang mengandalkan kekuatan manusia dan hewan, hingga era modern yang didorong oleh teknologi, pertanian terus beradaptasi untuk memenuhi kebutuhan pangan yang semakin meningkat (Rozaq Maulana Mochtar, 2018).

Usaha kebutuhan sumber daya sebagai perwujudan ketahanan pangan menjadi suatu tantangan untuk pemerintah. Usaha tidak terlepas dari berbagai macam permasalahan yang dihadapi oleh pertanian. Permasalahan yang umum dihadapi adalah keberadaan penyakit atau hama dan kondisi iklim yang tidak menentu (Rozaq Maulana Mochtar, 2018).

Para petani di era modern banyak sekali yang sudah melakukan penanaman di dalam *greenhouse* karena menanam didalam *greenhouse* lebih menghasilkan tanaman yang berkualitas karena tanaman terhindar dari penyakit atau pun hama beda dengan tanaman yang ditanam diluar *greenhouse*. *Greenhouse* atau biasa disebut dengan rumah tanaman berfungsi sebagai wadah pertumbuhan tanaman sesuai dengan kebutuhan lingkungan. *Greenhouse* merupakan sebuah bangunan yang dibentuk menggelembung dan diselubungi bahan bening atau bahan yang dapat menembus cahaya secara optimum untuk produksi dan melindungi tanaman dari kondisi iklim yang tidak stabil sehingga dapat merugikan bagi pertumbuhan tanaman (Dyah

Nikmah Rizkiani, 2020).

Greenhouse suatu bangunan untuk budidaya pertumbuhan tanaman yang dapat melindungi tanaman dari penyakit atau hama dan cuaca iklim yang tidak menentu. (Muhammad Rizal, 2012).

Pemanfaatan teknologi ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan hasil

produksi, tetapi juga efisiensi dan berkelanjutan dalam proses budidaya oleh karena itu, melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu rancangan sistem *greenhouse IoT* yang mampu memantau dan mengatur kondisi lingkungan secara otomatis serta menerapkan klasifikasi tanaman *strawberry* secara cerdas menggunakan metode SVM (Bobby Kurniadi W, 2021).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu:

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang desain fisik *greenhouse* yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.
2. Bagaimana sistem *Internet Of Things (IoT)* dapat diintegrasikan ke dalam desain *greenhouse* untuk memantau dan mengontrol variabel lingkungan secara otomatis.
3. Komponen dan teknologi apa saja yang dibutuhkan untuk mendukung perancangan desain berbasis *IoT* pada *greenhouse*.
4. Bagaimana multi klasifikasi daun pada tanaman *strawberry*?
5. Bagaimana sistem *Internet Of Things (IoT)* digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu :

1. Merancang *desain greenhouse* yang mendukung pertumbuhan tanaman dengan mempertimbangkan aspek teknik dan fungsional.
2. Menentukan spesifikasi komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk sistem *greenhouse* berbasis *Internet Of Things (IoT)*.

3. Mewujudkan visualisasi rancangan sistem dalam bentuk desain 3D yang representatif dan informatif sebagai acuan implementasi.
4. Menganalisis 5 parameter pH, kelembaban, panel box temperatur, suhu, water level pada greenhouse untuk menjadi inputan machine learning dengan output *precision*, *recall*, *f1-score* dan *accuracy*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Menambah wawasan wawasan dan pengalaman dalam merancang sistem berbasis IoT, khususnya dalam bidang pertanian cerdas.
2. Memberikan pengalaman langsung dalam membuat desain teknis, baik dari segi perangkat keras maupun visualisasi desain 3D.
3. Peningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis, khususnya dalam bidang *IoT* dan *machine learning SVM*.

1.4.2 Bagi Kampus

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan keilmuan di bidang teknologi tepat guna dan pertanian berbasis digital.
2. Sumber pembelajaran atau studi kasus untuk mahasiswa lain dalam memahami implementasi teknologi *IoT* dan *SVM* konteks nyata.
3. Mendorong kampus untuk terus mendukung inovasi mahasiswa dalam penerapan teknologi pada sektor produktif, seperti pertanian.

1.4.3 Bagi Masyarakat

1. Memberikan gambaran solusi praktis untuk mengoptimalkan hasil pertanian melalui pemanfaatan teknologi *IoT*.
2. Menjadi alternatif inovatif dalam mengatasi permasalahan petani terkait cuaca tidak menentu dan keterbatasan tenaga kerja.
3. Peningkatan efisiensi dan produktivitas pertanian, khususnya bagi petani strawberry, dengan sistem pemantauan otomatis dan klasifikasi kondisi tanaman secara *real-time*.

1.5 Metode Penelitian

Pendekatan Kuantitatif

Metode penelitian yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif ini diperlukan karena membantu dalam mengidentifikasi tanaman yang akan di teliti.

1.6 Metode Studi Pustaka

Penulis menenrapkan metode studi pustaka dengan mencari referensi yang relevan dengan judul penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Menguraikan teori-teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

BAB III : ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Menjelaskan metode penelitian yang digunakan, seperti rancangan sistem, alat dan bahan serta prosedur ekspereimen.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan termasuk data eksperimen, analisis hasil dan interpretasi temuan.

BAB V : KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Metode Penelitian *Smart Greenhouse* berbasis *Internet Of Things (IoT)* telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan teknologi pertanian presisi. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya fokus pada sistem monitoring lingkungan tanpa adanya analisis kondisi tanaman secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada perancangan *Smart Greenhouse* berbasis *IoT* yang tidak hanya memantau kondisi lingkungan tetapi juga menganalisis data yang diperoleh.

Tabel 2.1. *State Of Arts*

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Isi Penelitian
1.	Aji Nur Iman & Suyud Widiono. (2024)	Perancangan Aplikasi Smart Greenhouse Berbasis IoT Untuk Optimasi Pertumbuhan Sayuran	Pendekatan Kuantitatif yang menyajikan sebuah pengembangan sistem dengan tujuan penggunaan sensor dan kontrol aktuator	Penelitian ini telah menghasilkan aplikasi Smart Greenhouse berbasis web yang mampu memantau dan mengontrol kondisi lingkungan tanaman secara real-time

2.	Hovi Sohibul Wafa, Asep id Hadiana & Fazri Rahmat Umbara. (2022)	Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (SVM)	Pendekatan Kuantitatif fokus pada penerapan algoritma klasifikasi SVM dalam prediksi diabetes.	Hasil dari penelitian ini yang dibandingkan dengan penelitian terdahulu dengan metode yang berbeda seperti neural network, naive bayes, logistic regression dan support vector machine linear bahwa dengan menambahkan metode forward selection, model support vector machine mampu memberikan hasil akurasi yang diperoleh sebesar 91,2%
----	--	---	--	---

				<p>untuk accuracy, 93,0% untuk precision, 94,3% untuk recall, dan 93,7% untuk f1-score dari hasil evaluasi confusion</p>
3.	Syahrul Fahrezi (2024)	Rancang Bangun Otomatisasi Greenhouse Tanaman Stroberi Menggunakan Peltier Berbasis Internet Of Things (IoT)	Pendekatan Kuantitatif yang menerapkan komponen sensor dan aktuator	<p>Penelitian ini menggunakan sensor DHT22(suhu), mikrokontroler ESP32 dan Peltier untuk otomatisasi suhu dan kelembaban di greenhouse stroberi. Pompa air akan aktif jika kelembaban tanah turun di bawah 40%, peltier dan kipas aktif jika</p>

				suhu di atas 28 celcius, tetap mati jika di bawah 22 celcius.
4.	Anita Ayudya Riski (2025)	Perancangan Smart Greenhouse Berbasis IoT dan Analisis SVM untuk Multi Klasifikasi Tanaman Strawberry.	Pendekatan Kuantitatif untuk mengukur parameter dan analisis SVM untuk multi klasifikasi tanaman	Perancangan dan analisis ini menggunakan 5 parameter yaitu, kadar pH, Kelembaban, panel box temperature, suhu, water level pada greenhouse untuk menjadi inputan machine learning dengan ouput presicion 0.96, recall 0.95, f-1 score 0.95 dan accuracy 0.95. Dalam penelitian inipun

				menggunakan metode machine learning SVM berbasis IoT untuk klasifikasi tanaman strawberry pada greenhouse.
5.	Dedi Candro Parulian Sinaga (2025)	Perancangan smartgarden berbasis Internet Of Things untuk monitoring dan kontrol nutrisi tanaman	Pendekatan Eksperimental berbasis Internet Of Things	IoT digunakan untuk memonitor kelembaban tanah, suhu, intensitas cahaya dan nutrisi. Data dikirim ke cloud dan dikendalikan otomatis. Tujuannya untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi tanaman.

6.	Dihin Muriyatmoko, faisal reza & Faisal Aditya (2022)	Sistem Perekayasa Suhu pada Smart Greenhouse berbasis Internet Of Things untuk tanaman kentang	Pendekatan kuantitatif untuk mengukur suhu pada smart greenhouse	Menggunakan NodeMCU dan Thingspeak untuk monitoring suhu pembibitan kentang selama dua minggu.
7.	Eggie Yayang Dewangga Rilangi	Sistem IoT Berbasis LoRa untuk Pemantauan Parameter pH dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Stroberi	Pendekatan Kuantitatif pengukuran sensor-sensor untuk tanaman stroberi	IoT dengan teknologi LoRa digunakan untuk memantau pH dan Kelembaban tanah.
8.	Ahmad (2021)	Sistem Monitoring Suhu dan Pengairan Otomatis Pada Tanaman Stroberi Berbasis	Pendekatan Eksperimental berbasis website	Sistem berbasis web untuk monitoring suhu dan pengairan

		a Website		
9.	Rachmawati (2024)	IoT-Based Irrigation System Using Machine Learning for Precision Shallot Farming	Wireless Sensor Networks	Integrasi IoT dan Machine Learning untuk irigasi cerdas pada bawang merah
10.	Rozaq Maulana Mochtar (2018)	Pengendalian suhu dan kelembaban pada sistem aeroponik menggunakan kontroler PID untuk sayuran bayam berbasis arduino	Pendekatan Kuantitatif pengukuran sensor suhu dan kelembaban	Berdasarkan data respon sistem kelembaban setelah diberi kontrol on-off sistem mampu untuk menjaga kelembaban sesuai dengan set point yang diinginkan.

2.2 Greenhouse

Greenhouse merupakan tempat untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman. *Greenhouse* dapat mencegah penyakit dan hama yang sering menyerang tanaman. Tanaman didalam *greenhouse* sangat berbeda dengan di luar *greenhouse*. Keadaan tanaman di luar *greenhouse* sangat rentan terhadap penyakit dan hama. *Greenhouse* mempunyai peranan penting sebagai fasilitas produksi tanaman juga untuk meningkatkan kualitas hasil panen (Aji Nur Iman, 2024).

Greenhouse atau biasa disebut dengan rumah tanaman berfungsi sebagai

wadah pertumbuhan tanaman sesuai dengan kebutuhan lingkungan. *Greenhouse* merupakan sebuah bangunan yang dibentuk menggelembung dan diselubungi bahan bening atau bahan yang dapat menembus cahaya secara optimum untuk produksi dan melindungi tanaman dari kondisi iklim yang tidak stabil sehingga dapat merugikan bagi pertumbuhan tanaman (Dyah Nikmah, 2020).

Penempatan *greenhouse* itu ada di kawasan *tropis* dan *subtropis*. Ada perbedaan fungsi bangunan *greenhouse* untuk daerah *tropis* dan *subtropis*. *Greenhouse* tropis fungsinya untuk melindungi tanaman dari siraman hujan secara langsung dan intensitas cahaya yang berlebihan. Sedangkan untuk *greenhouse* subtropis fungsinya sebagai sarana pertanian pada musim gugur, semi dan dingin. Penempatan lokasi *greenhouse* pun sangat banyak pertimbangan untuk penempatannya, misalnya kita harus melihat dari segi pemasaran dan investasi.

2.3 Desain

Kata desain berasal dari bahasa inggris "*design*" yang berarti rancangan desain merupakan proses perancangan struktur bangunan yang dirancang, desain juga merupakan suatu hasil karya kreatif yang menggabungkan berbagai disiplin ilmu. Desain adalah proses perencanaan pembuatan elemen-elemen untuk menciptakan sesuatu yang fungsional. Desain bertujuan agar objek yang dibuat memiliki fungsi dan manfaat bagi manusia. Desain juga merupakan perancangan

2.4 Internet Of Things

Menurut IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) *Internet of thing* (IoT) merupakan sebuah jaringan dengan masing-masing benda yang tertanam dengan sensor yang terhubung kedalam jaringan internet (Setiadi & Muhaemin, 2018).

Internet Of Things (IoT) merupakan konsep di mana berbagai perangkat, seperti sensor, dan objek lainnya, terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Dengan IoT, pengguna dapat terkoneksi untuk

melakukan berbagai aktivitas, mulai dari pencarian informasi hingga pengolahan data, tanpa perlu campur tangan manusia (Efendi, 2018).

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, Merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen (Efendi, 2018).

2.5 Website

Website atau biasa disebut dengan situs web merupakan kumpulan-kumpulan informasi yang terdiri dari halaman web yang saling terhubung atau sama lain yang disediakan. Situs web tidak semua menampilkan hal baik dan penting tetapi banyak sekali juga yang tidak bermanfaat akan tetapi situs web yang bermanfaat akan menampilkan visual yang menarik dan berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Website juga merupakan kumpulan semua halaman web yang berfungsi untuk menampilkan berbagai informasi dalam bentuk tulisan, gambar dan suara dari sebuah domain yang terbentuk dalam suatu rangkaian yang saling terkait. Website merupakan kumpulan berbagai halaman media informasi dalam suatu domain yang dapat diakses oleh siapapun menggunakan jaringan internet (Titus Aditya, 2019).

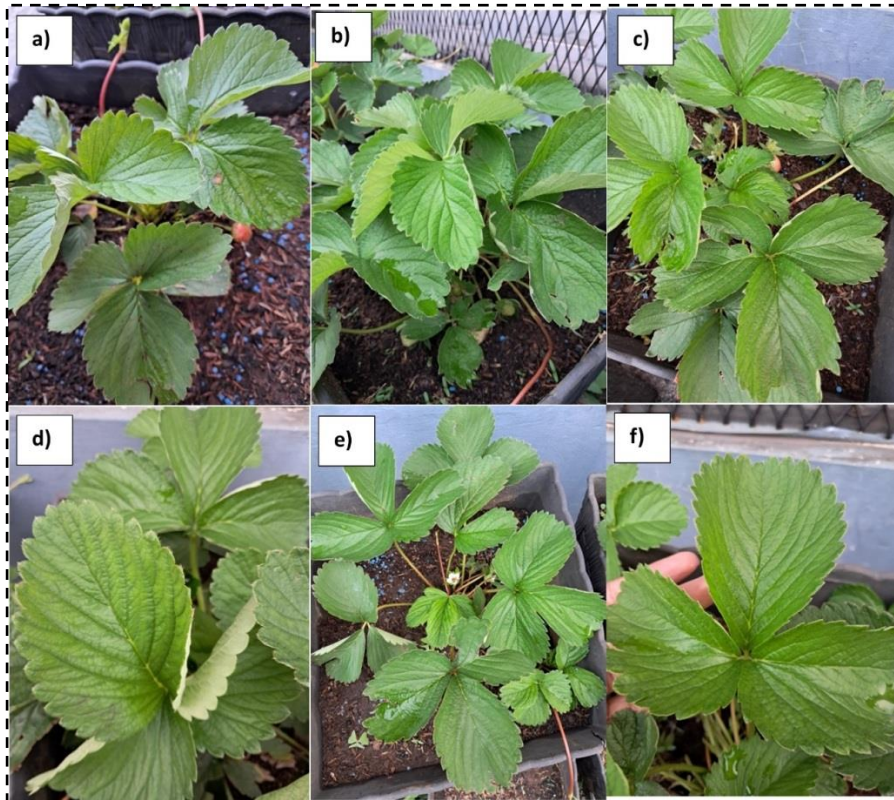
2.6 Tanaman *Strawberry*

Tanaman stroberi merupakan salah satu tanaman buah hortikultura yang sangat populer di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia. Buahnya yang berwarna merah cerah, rasanya yang manis asam, serta kandungan gizinya yang tinggi menjadikan stroberi digemari oleh berbagai kalangan. Tanaman stroberi memiliki daun majemuk bergigi di tepinya dan berwarna hijau cerah. Bunganya berwarna putih dengan lima kelopak, muncul dari ketiak daun. Jenis tanaman *strawberry* ini *Strawberry* Kultivar Selva jenis tanaman ini

merupakan varietas *strawberry* unggulan yang sering di budidayakan. Kultivar ini dikenal berbunga dan berbuah sepanjang tahun asalkan kondisi lingkungan mendukung. Tanaman *strawberry* jenis kultivar selva ini responsif terhadap kontrol lingkungan, siklus berbuah yang panjang dan berulang. Salah satu ciri morfologis penting dari tanaman *strawberry* adalah daunnya yang tumbuh secara bertangkai dan terdiri dari 3 sampai 5 helai daun per tangkai. Umumnya, daun *strawberry* tersusun secara trifoliate (tiga helai per tangkai), tetapi pada kondisi tertentu, terutama saat tanaman mengalami fase vegetatif yang sangat aktif, dapat dijumpai tangkai daun dengan 4 hingga 5 helai daun. Stroberi memiliki kandungan vitamin C, antioksidan, serat, dan zat besi yang tinggi, sehingga sangat bermanfaat bagi kesehatan. Mengonsumsi stroberi secara rutin dapat membantu meningkatkan sistem imun, menjaga kesehatan jantung, serta melawan radikal bebas. Selain itu, stroberi juga memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi komoditas ekspor di beberapa negara. Buah ini tidak hanya dijual dalam bentuk segar, tetapi juga diolah menjadi berbagai produk seperti selai, sirup, jus, dan makanan ringan (Muhammad Rizal, 2012).

Setiap helai daun berbentuk oval hingga lonjong dengan tepi bergerigi halus dan permukaan daun yang ditumbuhi oleh rambut-rambut halus. Daun ini memiliki warna hijau tua pada permukaan atas dan hijau muda di bagian bawah. Fungsi utama dari daun tanaman *strawberry* adalah sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis, yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan perkembangan buah (Hadian, 2022).

Pertumbuhan daun dan jumlah helai daun per tangkai sering dijadikan indikator kesehatan tanaman serta efisiensi proses fisiologis seperti fotosintesis dan transpirasi. Oleh karena itu, dalam sistem *greenhouse* berbasis *IoT* dan *machine learning*, parameter morfologi seperti jumlah helai daun per tangkai dapat dimanfaatkan sebagai salah satu variabel penting dalam proses pemantauan dan pengambilan keputusan otomatis untuk optimasi pertumbuhan tanaman.



Gambar 2.1 Tanaman Strawberry

a) Tumbuh 1 buah strawberry

b) Tumbuh 4 helay daun strawberry

c) Tumbuh 3 helay dan 4 helay daun strawberry

d) Tumbuh 3 helay daun strawberry

e) Tumbuh 3 helay daun strawberry beserta bunga

2.7 SketchUp

Media 3D *Sketchup* merupakan media audio visual yang mampu menarik perhatian siswa supaya siswa lebih aktif saat pembelajaran berlangsung, media 3D *Sketchup* dimanfaatkan oleh para pengajar untuk memudahkan siswa memahami objek pelajaran yang akan diterima.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa *Sketchup* adalah aplikasi *software* yang dapat digunakan dalam suatu pembelajaran, kreatifitas dan dapat menghasilkan suatu animasi 3D bangunan dalam bidang ketekniksipilan. Aplikasi ini memiliki tool yang digunakan dalam mengembangkan multimedia interaktif, maka dari itu berbagai fitur didalamnya mempunyai fungsi mempermudah kita dalam menggambar 3D dan membuat animasi 3D sehingga tugas guru dalam menjelaskan pelajaran menjadi lebih mudah dengan menggunakan media 3D *Sketchup* yang menarik (Ilham Rio, 2020).

Sketchup adalah aplikasi yang sering digunakan dalam pembuatan objek 3D (3 Dimensi) yang dapat dirancang untuk teknik sipil, arsitek, dan sebagainya. *Sketchup* memiliki beberapa fasilitas yang berfungsi untuk mendukung proses kerja pembuatan objek 3D, yaitu 3D *warehouse Sketchup*. *Sketchup* dapat disimpan dengan format FNG dan JPEG (Ilham Rio, 2020).

2.8 Machine Learning

Kecerdasan Buatan merupakan salah satu bidang dalam ilmu komputer yang ditujukan pada pembuatan *software* dan *hardware* yang dapat berfungsi sebagai sesuatu yang dapat berpikir seperti manusia yaitu *Artificial Intiligent* (AI). *Machine Learning* (ML) adalah salah satu aplikasi dari *Artificial Intilligent* (AI) yang fokus kepada pengembangan sistem yang mampu belajar sendiri tanpa harus diprogram berulang kali (Chalifa chazar, 2020).

Machine Learning salah satu usaha dalam memperoleh kecerdasan yang melalui dua tahap yaitu latihan (*training*) dan pengujian (*testing*) *Machine Learning* membutuhkan sebuah data. Data yang dibutuhkan yaitu data *traning* sebagai proses *learning* sebelum menghasilkan sebuah hasil. Jadi, dapat dijelaskan bahwa *Machine Learning* adalah pemograman komputer untuk

mencapai kriteria tertentu dengan menggunakan sekumpulan data *training* (Chalifa Chazar, 2020).

2.8.1 *Support Vector Machine*

Support Vector Machine atau biasa disebut dengan *SVM* merupakan algoritma umum yang didasarkan pada batasan risiko terjamin dari teori pembelajaran statistik yaitu yang disebut prinsip minimisasi risiko struktural. *SVM* menemukan sebuah *hyperplane* yang memiliki kemungkinan fraksi poin terbesar dari kelas yang sama pada bidang yang sama. *Hyperplane* adalah fungsi yang digunakan untuk membedakan antar fitur. Dalam 2-D. fungsi yang digunakan untuk mengklasifikasikan antar fitur adalah garis sedangkan fungsi yang digunakan untuk mengklasifikasikan fitur dalam 3-D disebut sebagai bidang, begitu pula fungsi yang mengklasifikasikan titik dalam dimensi yang lebih tinggi disebut sebagai *hyperplane*. Namun hasil akurasi yang didapatkan masih belum cukup dikategorikan baik dan tidak digeneralisasikan dengan baik.

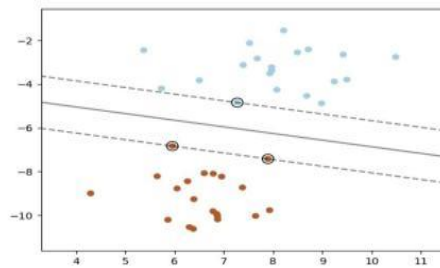
Fungsi utama dari *SVM* yaitu :

- Mencari *hyperplane* terbaik yang memisahkan dua kelas data dengan margin maksimum
- Fokus pada *support vectors*, yaitu data titik terdekat ke *hyperplane*.
- Dapat menangani data tidak linear

Kelebihan *SVM* : Akurat, bagus untuk data berdimensi tinggi

Kekurangan *SVM* : Kurang cepat pada dataset besar, butuh tuning parameter

(Hovi Sohibul Wafa, 2022).



Gambar 2. 1 Support Vector Machine.

Garis hyperland untuk pemisah class

Rumus SVM:

$$W T X + b = 0 \quad (1)$$

W : Vector Bobot (*Weight*)

X : Vector Fitur Input

b : Bias

Wt : Transper dari vektor bobot w

(RB Fajriya Hakim, 2024)

2.8.2 Random Forest

Random Forest adalah suatu metode klasifikasi yang terdiri dari kumpulan terstruktur pohon keputusan dimana vektor acak independen didistribusikan secara identik dan setiap pohon keputusan memberikan suara unit untuk kelas paling populer.

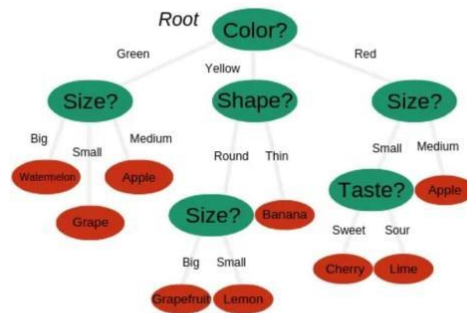
Fungsi utama dari *Random Forest* yaitu :

- Kombinasi dari banyak jawaban
- Setiap pohon dibuat dari subset data dan fitur acak.
- Hasil alhir diambil dari voting (testing) atau rata-rata (regresi

Kelebihan RF: Akurat, tahan overfitting, cocok untuk dataset

Kekurangan RF : Kurang interpretatif, memakan waktu lebih lama dibanding 1 pohon

(Luthfiana Ratnawati dan Dwi Ratna Sulistyningrum, 2019).



Gambar 2.3 *Random Forest* yang hasilnya diambil dari jawaban terbanyak

Rumus *Random Forest* :

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (f_i - y_i)^2 \quad (2)$$

N : Banyaknya data

F_i : Nilai prediksi dari model untuk data ke 1

Y : Nilai sebenarnya

(f_i-y_i)² : Kuadrat dari selisih antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya

2.8.3 *Decision Tree*

Decision tree merupakan metode klasifikasi dan prediksi yang sangat kuat dan terkenal. Metode *decision tree* mengubah fakta yang sangat besar menjadi pohon keputusan yang mempresentasikan aturan. Aturan dapat dengan mudah dipahami dengan bahasa alami. Sebuah *decision tree* adalah sebuah struktur yang dapat digunakan untuk membagi kumpulan data yang besar menjadi himpunan-himpunan *record* yang lebih kecil dengan menerapkan serangkaian aturan keputusan.

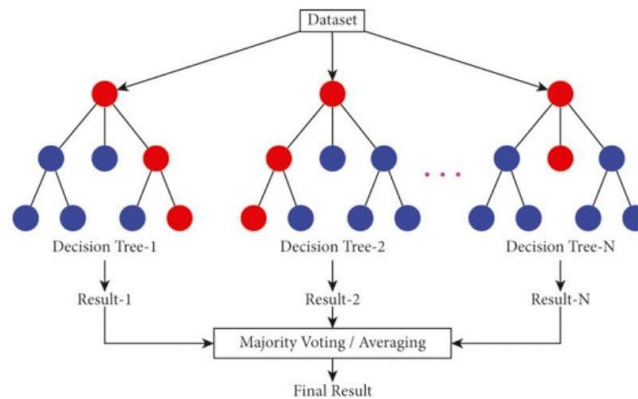
Fungsi utama dari *Decision Tree* yaitu :

- Membagi data berdasarkan fitur membentuk struktur seperti pohon.
- Setiap node mewakili fitur, dan cabang adalah hasil split.
- Keputusan akhir diambil di *leaf node*.

Kelebihan DT : Mudah dipahami (*interpretasi*), tidak butuh normalisasi

Kekurangan DT : Rentan *overfitting*, terutama pada data yang kompleks

(Ari Muzakir1,Rika Anisa Wulandar, 2016) .



Gambar 2.4 Gambar Decision Tree tersebut adalah membagi data berdasarkan fitur membentuk struktur seperti pohon

Rumus Decision Tree :

$$p_{mk} = \frac{1}{n_m} \sum_{y \in Q_m} I(y = k) \quad (3)$$

p_{mk} : Probabilitas atau proporsi dari kelas k di node m

n_m : Jumlah total data (sampel) di node m

Q_m : Kumpulan data pada node m

$y \in Q_m$: Label target y dari setiap data di node m

$I(y = k)$: Fungsi Indikator, menghasilkan 1 jika $y = k$ dan 0 jika tidak (Heri Hermawan, 2022).

2.8.4 Logistic Regression

Regresi logistik (*Logistic regression*) adalah bagian dari analisis regresi yang digunakan ketika variabel dependen (respon) merupakan variabel dikotomi. Variabel dikotomi biasanya hanya terdiri atas dua nilai yang mewakili kemunculan atau tidak adanya suatu kejadian yang biasanya diberi angka 0 atau 1

Fungsi utama dari *Logistic Regression* yaitu :

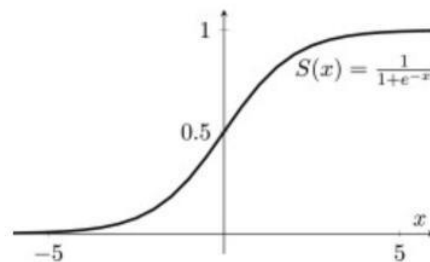
- Menggunakan fungsi logistik (*sigmoid*) untuk memetakan output ke antara 0 dan 1.

- Cocok untuk klasifikasi biner (misal: spam atau tidak spam).
- Menghasilkan probabilitas sebagai output.

Kelebihan LR : Cepat, mudah diinterpretasikan, performa bagus untuk data linear

Kekurangan LR : Tidak bekerja baik jika hubungan antar fitur tidak linear

(Dwi Yuni Utami, 2021)



Gambar 2.5 Logistic Regression untuk memetakan output antara 0 dan 1.

Rumus Logistic Regression :

$$\rho(X) = \frac{e(b\sigma \pm b_1 * x)}{1 + e(b\sigma \pm b_1 * x)} \quad (4)$$

$P(X)$: Probabilitas dari suatu kejadian

e : Bilangan basis dari logaritma natural

$b\sigma$: Konstanta dari model

b_1 : Koefisien regresi yang menunjukkan seberapa besar pengaruh variabel independen x terhadap probabilitas

X : Variabel independen

(Sheldon M. Ross, 2017).

2.8.5 Multi Layer Perceptron

Multilayer Layer Perceptron (MLP) terdiri dari beberapa lapisan yang mengandung beberapa node. *Multi Layer Perceptron* (MLP) terdiri dari tiga struktur lapisan utama, yaitu lapisan *input*, *hidden*, dan *output*

Fungsi utama dari *Multi Layer Perceptron* yaitu :

- Memetakan hubungan antara *input* dan *output*.

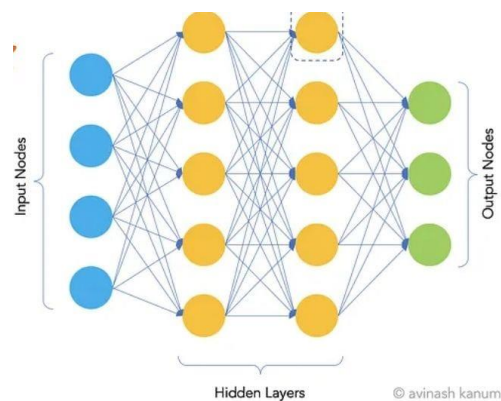
- Mementingkan model untuk menangani hubungan antar fitur yang tidak bisa

ditangkap oleh model linear

Kelebihan MLP : Kuat dan fleksibel untuk berbagai jenis data

Kekurangan MLP : Membutuhkan lebih banyak data & waktu pelatihan

(Nimas Ratna Sari1, Yulaikha Mar'atullatifah, 2023)



Gambar 2.6 Multi Layer Perceptron terdiri dari tiga struktur utama yaitu lapisan

input, hidden dan output

Rumus Multi Layer Perceptron

$$E = \sum_{k=1}^M \frac{1}{2} (t_k - y_k)^2 \quad (5)$$

E : Fungsi kesalahan

t : Nilai target ke k

y : Nilai Keluaran ke k

(Avinash Kanumuru, 2021)

2.9 Smart Aeroponik

Aeroponik berasal dari kata *aero* yang berarti udara dan *ponos* yang berarti budidaya. Aeroponik merupakan suatu cara bercocok tanam di udara tanpa penggunaan tanah, nutrisi disemprotkan pada akar tanaman, air yang berisi larutan hara atau nutrisi disemprotkan dalam bentuk kabut hingga mengenai akar tanaman. Akar tanaman yang ditanam menggantung akan menyerap larutan hara tersebut (Rozaq Maulana Mochtar, 2018).

Aeroponik menggunakan sedikit air dibandingkan dengan metode pertanian tradisional, karena tanaman mendapatkan air secara langsung melalui kabut atau semprotan. Dengan menggunakan teknologi, kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan pencahayaan dapat diatur secara otomatis untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Teknik ini telah dikembangkan sejak lama oleh para ahli botani pada tahun 1920 walaupun masih secara primitif dan lebih berfokus pada penelitian penyakit akar tanaman, namun lebih populernya sistem tanam hidroponik membuatnya kurang mendapat perhatian, dan berkembang dengan lambat (Rozaq Maulana Mochtar, 2018).

Salah satu faktor yang berpengaruh pada pola cocok tanam aeroponik adalah faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang berpengaruh adalah kelembaban dan temperatur. Temperatur yang biasa digunakan pada pola cocok tanam aeroponik berkisar antara 26C sampai 30C. temperatur yang tinggi, kadar oksigen dalam larutan menurun yang mengakibatkan akar kekurangan energi untuk menyerap air (Rozaq Maulana Mochtar, 2018)

2.10 Iklim Mikro dalam Greenhouse Parameter

2.10.1 Suhu

Perubahan iklim menyebabkan suhu di bumi semakin meningkat, ketika suhu meningkat maka tidak banyak hal yang diuntungkan tetap lebih banyak hal yang dirugikan seperti terjadinya kemarau yang mengakibatkan lahan pertanian menjadi kering, tak hanya itu derajat suhu akan meningkat sehingga tanaman- tanaman lain juga ikut terpengaruh (I Ketut Mahardika, 2023).

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat untuk mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba. Tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakanlah thermometer untuk mengukur suhu dengan valid (I Ketut Mahardika, 2023).

2.10.2 Panel Box Temperatur

Panel box temperatur adalah komponen penting dalam sistem *greenhouse* berbasis *IoT* yang berfungsi sebagai pusat kontrol dan proteksi terhadap perangkat listrik dan sensor suhu di dalam *greenhouse*. Panel ini digunakan untuk mengontrol, memonitor, dan mengatur suhu lingkungan secara otomatis, berdasarkan data dari sensor dan algoritma klasifikasi tanaman *strawberry*.

Panel box temperatur juga dapat disebut sebagai unit kontrol terintegrasi untuk mengatur dan memantau suhu lingkungan dalam sistem *greenhouse*. Dalam konteks *greenhouse* berbasis *IoT* dan algoritma *SVM*, panel ini berfungsi sebagai pusat pemrosesan data sensor suhu sekaligus sebagai pengendali otomatis perangkat pendingin atau pemanas. Data yang dikumpulkan juga dikirim ke sistem klasifikasi *SVM* untuk mengidentifikasi kondisi tanaman *strawberry* berdasarkan parameter iklim *mikro* yang diatur oleh panel ini.

2.10.3 Kelembaban

Kelembaban udara merupakan kandungan uap air yang ada di udara. Kelembaban udara bergantung pada suhu udara yang mempengaruhi penampungan air di udara. Pada daerah tropis yang termasuk kawasan lembab, kerapatan uap air akan lebih tinggi daripada daerah dengan temperature yang relative kering terutama dimusim dingin (Vinda Zakiyatuz Zulfa, 2017).

Konsentrasi uap air di udara pada kelembaban udara angka konsentrasinya dapat diekspresikan dalam kelembaban absolut, kelembaban spesifik, dan kelembaban relatif. Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air yang dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban relatif dan juga kelembaban deficit atau tekanan uap air. Kelembaban tersebut mempunyai arti dan fungsinya masing-masing. Kelembaban mutlak merupakan kelembaban yang kandungan uap airnya dapat dinyatakan dengan kandungan uap air atau tekanannya per satuan volum. Kelembaban relatif merupakan kelembaban yang membandingkan

antara kandungan tekanan uap air. (Dewi Ari Sandy,2017).

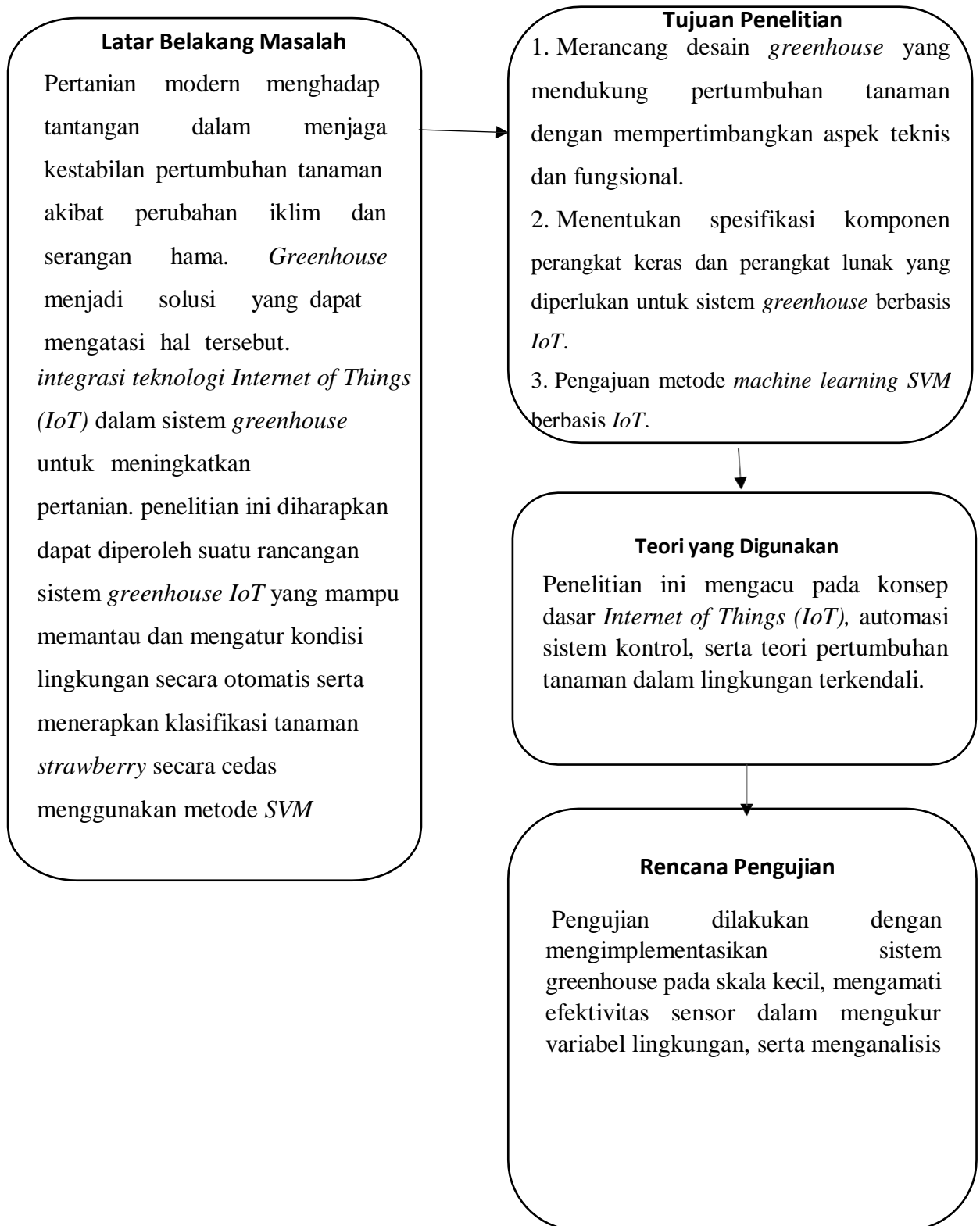
2.10.4 Kadar PH

Sensor pH digunakan untuk mengukur derajat kesamaan pada suatu larutan. Ketika pH air pada tanaman tidak stabil, maka pertumbuhan tanaman akan memburuk dan kualitas tanaman menjadi tidak baik dan tidak sesuai. Ketika pH air pada tanaman mengalami penurunan maka akan dibutuhkan cairan peningkat pH (Purnama Nailu, 2022).

2.10.5 *Water Level*

Dalam konteks umum *water level* merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air. Cara kerja sensor tersebut adalah pembacaan resistansi yang dihasilkan air yang mengenai garis lempengan pada sensor. Semakin banyak air yang mengenai lempengan tersebut, maka nilai resistansinya akan semakin kecil dan sebaliknya (Hadro Qodawi, 2021).

2.11 Kerangka Berfikir



BAB III

PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Metode Penelitian

3.1.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang dirancang untuk mengembangkan desain *greenhouse* untuk optimasi pertumbuhan tanaman. Pendekatan kuantitatif dipilih karena kemampuannya untuk memberikan analisis yang sistematis dan terukur sehingga mampu menghasilkan informasi yang akurat dan dapat diandalkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain *greenhouse* berbasis *IoT* agar tanaman tumbuh dengan stabil dan terhindar dari penyakit atau hama.

Dalam penelitian ini, Desain *Greenhouse* berbasis *IoT* digunakan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efisiensi sistem pertanian sehingga memudahkan petani dalam menanam tanaman dan tanaman akan tumbuh dengan stabil dan juga terhindar dari penyakit dan hama. Pada saat ini teknologi semakin pesat maka dari penelitian ini dibuatlah perancangan pada *greenhouse* berbasis *IoT* untuk optimasi pertumbuhan tanaman.

Keunggulan Pendekatan kuantitatif ini dapat dikumpulkan dalam bentuk data, sehingga akan lebih mudah dianalisis dengan sampel yang cukup besar maka hasil penelitian dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas.

3.1.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan kuantitatif secara langsung turun ke lapangan untuk menganalisis pembuatan desain *greenhouse* berbasis *IoT* secara langsung di laboratorium *smart greenhouse* Universitas Islam Nusantara.

3.1.3 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengumpulan data primer yang dilakukan secara langsung oleh peneliti. Salah

satu sumber data utama berasal dari *3D Warehouse Sketchup*, yang digunakan untuk mendukung perancangan desain sistem panel dan struktur *greenhouse*.

Selain itu, data juga mencakup berbagai parameter lingkungan yang dipantau secara *rel-time*, seperti suhu, kelembaban, dan konsentrasi CO₂, yang menjadi bagian penting dalam sistem monitoring berbasis *IoT*. Proses pengumpulan data dilakukan secara mendalam dan cermat untuk memastikan akurasi dan relevansi terhadap tujuan penelitian. Data yang terkumpul kemudian diverifikasi dan dianalisis sesuai dengan konteks dan kebutuhan penelitian guna menghasilkan kesimpulan yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan.

3.1.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap penting dalam penelitian ini karena menjadi dasar dalam perancangan sistem *greenhouse* berbasis *Internet Of Things (IoT)*. Mengingat bahwa penelitian ini masih berada pada tahap perencanaan dan belum sampai pada tahap implementasi nyata, maka data yang dikumpulkan bersifat visual dan konseptual, serta berfokus pada desain sistem secara keseluruhan. Salah satu sumber utama pengumpulan data adalah platform *3D Warehouse*, yaitu sebuah repositori daring yang menyediakan berbagai model objek tiga dimensi (3D) yang dapat digunakan dalam perangkat lunak desain *SketchUp*.

Platform *3D Warehouse* dipilih karena memiliki keunggulan dalam menyediakan beragam model objek yang sesuai dengan kebutuhan desain teknis, baik dari segi struktur bangunan maupun komponen sistem elektronik dan mekanik. Dalam konteks penelitian ini, peneliti melakukan pencarian dan pengumpulan model 3D yang relevan, seperti desain kerangka *greenhouse* serta berbagai komponen sensor dan aktuator yang umum digunakan dalam sistem *IoT*. Seluruh model ini dikumpulkan dengan mempertimbangkan aspek fungsionalitas, kesesuaian integrasi (skala), serta kemudahan integrasi dalam sistem yang dirancang.

Proses pengumpulan data diawali dengan melakukan pemetaan

kebutuhan desain, yaitu dengan menyusun daftar komponen yang akan digunakan dalam sistem *greenhouse* berbasis *IoT*. Komponen tersebut antara lain sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22/SHT20) serta *mikrokontroler* (seperti Arduino Uno atau ESP32). Setiap komponen tersebut dicari dicari model 3D di *3D Warehouse*, kemudian diunduh dan iimpor ke dalam perangkat lunak *sketchUp*.

Setelah seluruh model terkumpul, tahap selanjutnya adalah proses penyesuaian atau modifikasi ringan terhadap masing-masing model agar sesuai dengan desain keseluruhan *greenhouse* yang ingin diwujudkan. Penyesuaian ini meliputi pengubahan dimensi, orientasi posisi, serta penempatan model dalam *layout greenhouse*. Dengan demikian, visualisasi desain yang dihasilkan tidak hanya sekedar representasi estetis, tetapi juga mendekati kondisi dan mempertimbangkan aspek teknis serta efisiensi ruang.

Data dari *3D Warehouse* juga membantu dalam proses simulasi alur kerja sistem, terutama dalam penempatan sensor dan aktuator pada posisi yang strategis. Misalnya, sensor suhu dan kelembaban udara ditempatkan di bagian tengah atas dalam ruang *greenhouse* untuk menangkap data lingkungan secara merata, sementara pompa air dan sensor tanah ditempatkan di bagian bawah, dekat dengan media tanam. Kipas pendingin dirancang berada di sisi samping atau belakang, menyesuaikan aliran udara alami yang diharapkan dalam sistem ventilasi pasif maupun aktif.

Selain dari *3D Warehouse*, data tambahan juga dikumpulkan dalam bentuk literatur teknis dan spesifikasi produk dari masing-masing komponen yang akan digunakan. Data ini diperoleh dari situs web resmi produsen komponen elektronik serta jurnal atau artikel ilmiah yang relevan dengan topik *greenhouse* berbasis *IoT*. Informasi teknis tersebut mencakup daya konsumsi komponen, kompatibilitas dengan *mikrokontroler*, serta protokol komunikasi yang digunakan. hal ini penting untuk memastikan bahwa desain layak dan realistis untuk diterapkan di dunia nyata.

Seluruh data yang telah dikumpulkan ini selanjutnya dianalisis dan

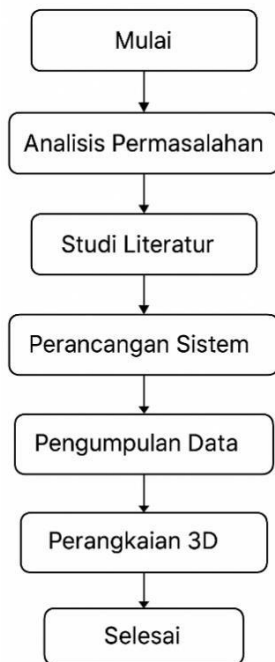
dikompilasi menjadi satu kesatuan rancangan dalam bentuk simulasi 3D yang utuh. Rancangan ini mencerminkan integrasi antara elemen fisik (struktur *greenhouse*), perangkat *IoT*, serta tata letak keseluruhan yang mempertimbangkan efisiensi kerja sistem dan kemudahan implementasi. Dengan adanya visualisasi 3D yang akurat, peneliti dapat mengevaluasi kembali desain secara menyeluruh sebelum memasuki tahap realisasi prototipe.

Secara keseluruhan, pengumpulan data dalam penelitian ini berperan besar dalam mendukung penyusunan rancangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT* yang fungsional dan terstruktur. Pemanfaatan 3D *Warehouse* sebagai sumber utama model visual memungkinkan peneliti untuk menghadirkan rancangan yang lebih nyata dan mudah dipahami, tidak hanya oleh kalangan teknis, tetapi juga oleh masyarakat umum dan pemangku kepentingan lain yang berkepentingan.

3.2 Perencanaan Blok Diagram 3D

Tahapan ini menggambarkan pendekatan yang secara rinci menjelaskan semua prosedur yang terlibat dalam pengembangan program yang bertujuan untuk perancangan dan analisis desain *greenhouse* berbasis *IoT* dan *SVM* untuk multi klasifikasi tanaman *strawberry*. Proses ini mencakup pengumpulan data yang relevan dan signifikan oleh peneliti, yang kemudian diolah menjadi sebuah informasi dalam pembuatan *greenhouse* berbasis *IoT*.

Semua langkah-langkah yang terlibat dalam proses ini, sebagaimana digambarkan dalam Gambar pada *flowchart* penelitian, menunjukkan urutan dan keterkaitan setiap tahap yang diperlukan untuk mencapai tujuan prediksi yang akurat.



Gambar 3.1 *Flowchart* Sistem 3D

3.2.1 Mulai

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam sebuah proses penelitian adalah menentukan topik atau ide penelitian yang akan menjadi fokus utama. Pemilihan, ide ini sangat penting karena akan menjadi dasar dari keseluruhan kegiatan penelitian, termasuk penentuan umum digan tujuan, metode, dan analisis yang digunakan.

3.2.2 Analisis Permasalahan

Dalam dunia pertanian modern, salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh para petani adalah perubahan iklim dan cuaca ekstrem yang sulit diprediksi. Kondisi iklim yang tidak menentu, khususnya cuaca panas yang berlebihan, menjadi ancaman serius bagi produktivitas pertanian, terutama dalam budidaya tanaman sayuran. Sayuran pada umumnya memiliki karakteristik fisiologis yang cukup sensitif terhadap suhu lingkungan. Banyak jenis sayuran seperti selada, bayam, sawi, brokoli, dan beberapa jenis cabai

tidak dapat tumbuh dengan optimal pada suhu yang terlalu tinggi. Akibatnya, pada musim kemarau panjang atau ketika suhu lingkungan meningkat drastis, tanaman sayuran sering kali mengalami stres panas, yang menyebabkan pertumbuhan menjadi terhambat, daun menguning, bunga rontok, dan pada akhirnya menurunkan hasil panen secara signifikan.

Permasalahan ini menjadi semakin kompleks ketika petani tidak memiliki sarana yang memadai untuk mengontrol lingkungan tempat tanaman tumbuh. Tanpa perlindungan atau sistem pengendalian iklim, tanaman akan langsung terpapar sinar matahari berlebih, udara kering, dan suhu tinggi yang menyebabkan evaporasi yang cepat dari permukaan tanah dan daun tanaman. Dalam konteks inilah muncul kebutuhan akan solusi teknologi yang mampu menciptakan kondisi lingkungan buatan yang lebih stabil, terkontrol, dan sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman. Sayuran tidak bisa ditanam di cuaca panas sehingga membutuhkan *greenhouse* untuk menanganinya, dan *greenhouse* menjadi salah satu solusi paling relevan dan aplikatif untuk menjawab permasalahan ini.

Greenhouse, atau rumah kaca, adalah struktur yang dirancang untuk menciptakan lingkungan *mikro* yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman, dengan kemampuan untuk mengatur suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan sirkulasi udara. Dengan adanya *greenhouse*, tanaman terlindung dari cuaca ekstrem dan dapat tumbuh dalam kondisi optimal sepanjang tahun, tanpa tergantung sepenuhnya pada iklim luar. Namun, penggunaan *greenhouse* konvensional yang hanya mengandalkan kontrol manual sering kali kurang efektif, terutama jika tidak ada pemantauan kondisi lingkungan secara terus-menerus.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan sistem *greenhouse* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau dan mengendalikan parameter lingkungan secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini memungkinkan integrasi antara sensor suhu, sensor kelembapan, serta perangkat pengendali seperti kipas, pompa air, dan penyemprot kabut yang

dapat diaktifkan secara otomatis berdasarkan data yang diterima. Dengan pendekatan berbasis *IoT*, tidak hanya efisiensi kontrol yang meningkat, tetapi juga akurasi dalam menjaga stabilitas lingkungan tanaman dapat tercapai.

Analisis permasalahan ini menunjukkan bahwa akar utama dari menurunnya produktivitas tanaman sayuran di daerah panas adalah kurangnya infrastruktur pengendali iklim. Oleh karena itu, perancangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT* merupakan langkah solutif yang tidak hanya menjawab tantangan lingkungan, tetapi juga membuka peluang baru dalam peningkatan hasil pertanian secara berkelanjutan. Dengan adanya sistem ini, para petani tidak hanya dapat menanam sayuran di wilayah yang panas atau musim kemarau, tetapi juga dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dengan intervensi teknologi yang presisi dan terukur.

3.2.3 Studi Literatur

Dalam merancang sistem *greenhouse* berbasis *IoT* untuk optimasi pertumbuhan tanaman, langkah awal yang sangat penting adalah melakukan perencanaan blok diagram secara menyeluruh dan sistematis. Perencanaan ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai alur kerja sistem, mulai dari input data melalui sensor, pengolahan data oleh *mikrokontroler*, hingga proses monitoring dan kontrol berbasis *Internet Of Things (IoT)*. Perancangan blok diagram ini mengacu pada hasil studi literatur yang mendalam mengenai sistem-sistem *IoT* yang telah dikembangkan sebelumnya, termasuk integrasi antara sensor, *mikrokontroler*, dan platform cloud atau aplikasi monitoring yang umum digunakan.

Sistem *IoT* pada *greenhouse* umumnya terdiri atas beberapa komponen utama, yakni sensor sebagai alat pengambil data lingkungan, *mikrokontroler* sebagai unit pemroses utama, serta sistem komunikasi dan monitoring berbasis aplikasi. Beberapa sensor yang umum digunakan untuk mendeteksi kondisi lingkungan pada *greenhouse* antara lain adalah DHT22, SHT20, dan DS18B20. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi dan cocok untuk aplikasi

pertanian presisi.

Sementara itu, SHT20 merupakan sensor digital dengan presisi yang lebih tinggi dan respons yang lebih cepat, sering dijadikan alternatif atau pelengkap dari DHT22 untuk memperoleh data yang lebih akurat dalam waktu yang singkat. Selain itu, sensor DS18B20 digunakan secara khusus untuk mengukur suhu tanah atau air dengan kemampuan pengukuran suhu yang presisi dan daya tahan terhadap kondisi ekstrem, menjadikannya sangat ideal dalam sistem monitoring. Untuk mengintegrasikan sensor-sensor tersebut ke dalam sistem, diperlukan *mikrokontroler* yang mampu memproses data secara efisien dan mendukung konektivitas internet. Salah satu *mikrokontroler* yang banyak digunakan dalam sistem *IoT* adalah NodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 merupakan *mikrokontroler* berbasis ESP32 yang memiliki keunggulan dalam hal kecepatan prosesor, kapasitas memori, serta fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang terintegrasi, sehingga sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT*. Dengan menggunakan ESP32, data dari sensor-sensor lingkungan dapat dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan ke platform monitoring secara *real-time*. tumbuhan tanaman secara menyeluruh.

Selanjutnya, dalam sistem ini akan dirancang pula platform monitoring berbasis aplikasi yang memungkinkan pengguna atau petani untuk memantau kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* secara jarak jauh. Aplikasi monitoring dapat berupa platform *IoT* seperti *Blynk*, *ThingSpeak*, atau bahkan dashboard berbasis web yang terintegrasi dengan database online. Melalui aplikasi ini, data yang diperoleh dari sensor dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik atau indikator digital yang mudah dibaca, dan pengguna dapat mengambil keputusan secara cepat jika ditemukan adanya penyimpangan dari parameter optimal pertumbuhan tanaman.

Dengan mempelajari berbagai referensi terkait sistem *IoT* yang telah ada, serta karakteristik sensor-sensor seperti DHT22, SHT20, dan DS18B20, maka perencanaan blok diagram dapat dilakukan secara tepat dan sesuai dengan

kebutuhan sistem. Perencanaan ini menjadi dasar dari implementasi sistem yang akan dibuat, memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara sinergis dalam menciptakan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman dan pada akhirnya mampu meningkatkan hasil pertanian secara signifikan.

3.2.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap fundamental dalam pengembangan *greenhouse* berbasis *IoT*, di mana seluruh komponen direncanakan secara sistematis untuk dapat saling berkomunikasi, bekerja secara otomatis, dan memberikan informasi secara *real-time* kepada pengguna. Dalam tahap ini, dilakukan penyusunan dan pembuatan desain blok diagram yang menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan, hubungan antar komponen, serta proses pertukaran data dari satu unit ke unit lainnya. Blok diagram berfungsi sebagai kerangka dasar yang akan menjadi acuan dalam proses implementasi sistem fisik dan pemrograman.

Blok diagram yang dirancang harus mencakup komponen utama yang membentuk sistem *greenhouse* otomatis berbasis *IoT*. Komponen pertama yang menjadi pusat perhatian dalam perancangan adalah sensor suhu. Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu di dalam *greenhouse* dan memberikan data secara berkala ke *mikrokontroler*. Informasi suhu sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman tumbuh dalam lingkungan terkontrol yang sesuai dengan kebutuhan biologisnya.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor kelembaban udara, yang berperan penting dalam menjaga kelembapan lingkungan agar tetap berada dalam batas optimal untuk pertumbuhan tanaman. Kedua sensor ini akan menjadi alat input utama yang membaca kondisi lingkungan secara *real-time* dan mengirimkan data tersebut ke pusat pengendali sistem.

Data dari sensor-sensor ini akan diterima dan diolah oleh *mikrokontroler* sebagai komponen sentral dari sistem, yang bertindak sebagai

otak pengendali. *Mikrokontroler* seperti ESP32 atau Arduino Uno dipilih karena memiliki kemampuan untuk memproses data sensor, mengaktifkan aktuator berdasarkan parameter yang telah ditentukan, serta mendukung komunikasi dilengkapi dengan modul komunikasi dengan perangkat eksternal melalui konektivitas internet. *Mikrokontroler* akan menentukan kapan kipas diaktifkan untuk menurunkan suhu, kapan pompa air dinyalakan untuk menambah kelembapan, dan sebagainya.

Agar sistem dapat berfungsi secara berbasis *IoT*, *mikrokontroler* perlu (*WiFi*). Modul ini memungkinkan sistem terhubung dengan jaringan internet dan mengirimkan data ke server atau platform *cloud*. Dengan konektivitas *WiFi*, pengguna dapat memantau kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* dari jarak jauh secara *real-time*, bahkan dapat memberikan perintah kendali secara manual apabila diperlukan. Penggunaan jaringan *WiFi* sangat penting karena memungkinkan sistem untuk bekerja secara fleksibel dan terhubung ke berbagai perangkat pintar.

Selanjutnya, sebagai jembatan antara pengguna dan sistem, disediakan antarmuka pengguna berupa aplikasi *smartphone* atau web. Antarmuka ini menjadi platform utama untuk memvisualisasikan data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan status perangkat secara live. Melalui aplikasi ini, pengguna juga dapat mengatur parameter sistem, mengaktifkan atau menonaktifkan komponen secara manual, serta mendapatkan notifikasi ketika terjadi anomali atau kondisi di luar ambang batas.

Dengan menggabungkan semua komponen utama tersebut ke dalam satu kesatuan sistem melalui desain blok diagram, perancangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT* menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami. Blok diagram ini tidak hanya memberikan gambaran umum mengenai aliran data dan proses kontrol, tetapi juga menjadi fondasi teknis dalam proses integrasi perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak yang akan dilakukan pada tahap selanjutnya.

3.2.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan salah satu tahapan krusial dalam proses perancangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT*. Tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang akan dirancang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan serta dapat terintegrasi secara optimal dalam sistem keseluruhan. Data yang dikumpulkan tidak hanya sebatas data teknis terkait sensor, aktuator, dan mikrokontroler, tetapi juga mencakup data visual, spasial, dan fungsional untuk mendukung proses desain dan perencanaan sistem secara komprehensif.

Salah satu langkah awal dalam proses pengumpulan data adalah melakukan identifikasi kebutuhan pengguna dan lingkungan tempat *greenhouse* akan dibangun. Hal ini meliputi analisis terhadap jenis tanaman yang akan dibudidayakan, kondisi iklim lokal, kebutuhan air, intensitas cahaya, suhu optimal, serta kelembapan ideal. Data ini sangat penting karena akan memengaruhi pemilihan sensor dan komponen *IoT* yang tepat, seperti sensor.

Dalam proses perancangan fisik *greenhouse*, digunakan perangkat lunak seperti *SketchUp* untuk membuat desain tiga dimensi (3D) dari struktur dan tata letak komponen *greenhouse*. Penggunaan *software* ini bertujuan untuk memberikan gambaran visual yang realistis mengenai posisi setiap komponen, baik yang bersifat struktural seperti rangka *greenhouse* maupun komponen elektronik seperti sensor dan aktuator. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa tidak semua bagian dari sistem *greenhouse* perlu dirancang dalam bentuk 3D. Beberapa komponen yang bersifat standar atau sudah memiliki dimensi tetap dapat direpresentasikan secara simbolis atau dua dimensi saja, untuk efisiensi waktu dan sumber daya dalam proses desain.

Dalam proses perancangan fisik *greenhouse*, digunakan perangkat lunak seperti *SketchUp* untuk membuat desain tiga dimensi (3D) dari struktur dan tata letak komponen *greenhouse*. Penggunaan *software* ini bertujuan untuk memberikan gambaran visual yang realistis mengenai posisi setiap komponen, baik yang bersifat struktural seperti rangka *greenhouse* maupun

komponen elektronik seperti sensor dan aktuator. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa tidak semua bagian dari sistem *greenhouse* perlu dirancang dalam bentuk 3D. Beberapa komponen yang bersifat standar atau sudah memiliki dimensi tetap dapat direpresentasikan secara simbolis atau dua dimensi saja, untuk efisiensi waktu dan sumber daya dalam proses desain.

Selain data visual dan teknis, pengumpulan data juga mencakup referensi dari literatur atau penelitian terdahulu yang relevan, baik dari jurnal ilmiah, artikel teknis, maupun dokumentasi dari proyek serupa. Informasi ini digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan metode dan teknologi yang paling sesuai, sistem yang dirancang. Dengan data yang terkumpul secara menyeluruh, proses perancangan blok diagram sistem *greenhouse* berbasis *IoT* dapat dilakukan dengan lebih akurat, efisien, dan tepat sasaran dalam mendukung optimasi pertumbuhan tanaman demi peningkatan hasil pertanian secara keseluruhan.

3.2.6 Perangkaian 3D

Setelah proses pengumpulan data dan pembuatan blok diagram sistem selesai dilakukan, tahap selanjutnya dalam perancangan sistem *greenhouse* berbasis *IoT* adalah perangkaian 3D. Tahap ini merupakan implementasi awal dari keseluruhan desain yang telah dirancang sebelumnya, di mana komponen utama seperti sensor, *mikrokontroler*, *aktuator*, dan modul komunikasi mulai dirakit dan disusun secara fisik berdasarkan rancangan blok diagram dan desain struktur *greenhouse*. Tujuan utama dari perangkaian 3D ini adalah untuk memastikan bahwa semua elemen sistem dapat diintegrasikan secara nyata dan berfungsi sesuai dengan yang direncanakan, sekaligus memvisualisasikan peletakan komponen secara lebih konkret.

Perangkaian dimulai dengan merakit rangkaian elektronik sesuai blok diagram, yang telah menjelaskan alur kerja sistem secara menyeluruh. Komponen-komponen seperti sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*), serta sensor cahaya (LDR atau

BH1750), dihubungkan ke *mikrokontroler* utama seperti Arduino Uno atau ESP32 melalui jalur koneksi yang telah ditentukan. Setiap sensor diposisikan sedemikian rupa agar mampu mengukur kondisi lingkungan dalam *greenhouse* secara akurat, dan hasil pembacaannya dapat diteruskan ke *mikrokontroler* untuk dianalisis dan dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan otomatis, seperti mengaktifkan kipas, pompa air, atau lampu LED.

Selanjutnya, pengintegrasian sistem monitoring berbasis *IoT* dilakukan dengan menambahkan modul komunikasi seperti *Wi-Fi* (pada ESP32) atau modul ESP8266, yang memungkinkan sistem mengirim data secara *real-time* ke platform monitoring online seperti *Blynk*, *ThingSpeak*, atau *MQTT dashboard*. Melalui sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi *greenhouse* dari jarak jauh menggunakan smartphone atau komputer, serta Memberikan perintah manual jika diperlukan. Proses integrasi ini melibatkan pemrograman *mikrokontroler* untuk membaca data sensor, mengolahnya, dan mengirimkan hasilnya melalui jaringan internet ke antarmuka pengguna

Dalam proses perangkaian ini, tidak hanya aspek koneksi antar perangkat yang menjadi fokus, tetapi juga. aspek pengujian koneksi dan kestabilan sistem. Setiap sambungan kabel, pin, dan modul diuji secara teliti untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pemasangan yang dapat mengganggu aliran data atau menyebabkan kegagalan sistem. Pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dari pengecekan input sensor, respon *mikrokontroler*, hingga output ke aktuator. Stabilitas koneksi jaringan dan keandalan pengiriman data ke platform *IoT* juga diuji dalam berbagai kondisi, seperti fluktuasi daya atau gangguan sinyal, untuk menilai sejauh mana sistem dapat bertahan dan tetap berfungsi optimal

Selain itu, desain 3D dari *greenhouse* yang telah dibuat sebelumnya melalui *software* seperti *SketchUp* digunakan sebagai referensi dalam penempatan fisik dari setiap komponen elektronik. Misalnya, posisi sensor di dalam rumah kaca, letak aktuator seperti kipas dan pompa, serta pengaturan kabel dan sumber daya agar rapi dan aman. Perangkat 3D ini tidak hanya

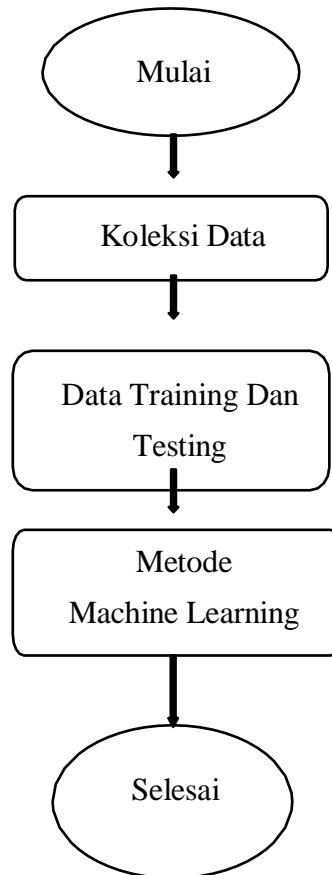
berfungsi untuk memastikan kompatibilitas antar komponen secara teknis, tetapi juga untuk menguji aspek ergonomi dan efisiensi ruang dalam desain struktur *greenhouse* secara keseluruhan.

Dengan selesainya tahap perangkaian 3D ini, sistem mulai mendekati kondisi siap uji coba secara penuh. Tahap ini juga menjadi dasar penting untuk evaluasi awal, penyempurnaan desain, dan pengembangan sistem lebih lanjut agar dapat bekerja secara otomatis dan efisien dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman di dalam *greenhouse*, sehingga hasil pertanian dapat meningkat secara signifikan.

3.2.7 Selesai

Setelah semua dilakukan penelitian ini merangkum dan memberikan kesimpulan yang komperatif mengenai perancangan desain *greenhouse* berbasis *IoT* untuk optimasi pertumbuhan tanaman lalu melakukan evaluasi dan pengujian sistem secara keseluruhan untuk memastikan fungsi monitoring dan kontrol berjalan optimal, serta melakukan dokumentasi hasil penelitia

3.3 Perencanaan Blok Diagram *Machine Learning*



Gambar 3.2 *Flowchart Sistem Machine Learning*

3.3.1 Mulai

Tahapan ini menandakan inisiasi keseluruhan proses. Pada tahap ini seluruh yang terintegrasi dalam sistem termasuk sensor *IoT* seperti CO₂, Intensitas cahaya, suhu, panel box temperatur dan *water level* diaktifkan dan disiapkan untuk melakukan proses pengumpulan data. Sistem *IoT* yang telah dirancang sebelumnya akan menginisialisasi proses komunikasi antara perangkat.

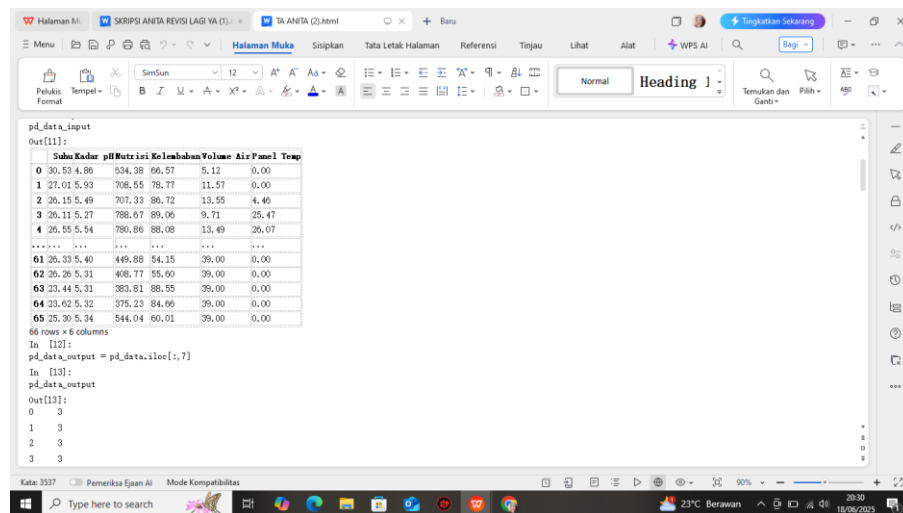
Tahap ini juga melibatkan proses konfigurasi pada sistem pengelolaan data. Dalam konteks *machine learning* konfigurasi ini menggunakan model

klasifikasi berbasis *Support Vector Machine(SVM)* yang telah dilatih sebelumnya dengan dataset tanaman *strawberry*.

3.3.2 Koleksi Data

Langkah awal dalam implementasi sistem *machine learning* adalah proses koleksi data yang menjadi pondasi utama dalam proses pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) model.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data jenis utama yaitu data citra visual tanaman *strawberry* serta data parameter lingkungan yang diperoleh melalui sensor IoT seperti kadar Ph, kelembaban, panel box temperatur, suhu dan *water level*.



Gambar 3.3 Hasil Data pada pengukuran parameter *smart greenhouse*

3.3.3 Data Training dan Testing

Pada tahap ini, difokuskan pada pengelolaan dataset yang akan digunakan untuk pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) model. Dataset merupakan komponen krusial dalam *machine learning* karena kualitas dan kuantitas data yang digunakan secara langsung akan mempengaruhi performa model yang dihasilkan setelah pengambilan data berupa gambar dilakukan proses anotasi untuk memberikan label pada masing-masing citra, label ini

mempresentasi klasifikasi dari tanaman *strawberry*.

Data yang telah diekstrak diekstrak selanjutnya dibagi menjadi 2 subset utama yaitu, data *training* dan data *testing*. Pembagian ini dilakukan dengan perbandingan 80:20, dimana 80% data digunakan untuk proses *training* dan 20% digunakan untuk *testing*. Selama proses *training* parameter-parameter model *SVM* akan diuji dalam beberapa kombinasi untuk menemukan konfigurasi terbaik yang memberikan akurasi tertinggi. Sementara itu, data *testing* akan digunakan untuk mengukur performa akhir model setelah pelatihan selesai ukuran performa yang digunakan meliputi *accuracy*, *presisi*, *recall* dan *f1-score* yang semuanya memberikan gambaran menyeluruh tentang kemampuan model dalam mengklasifikasikan tanaman *strawberry* secara akurat.

3.3.4 Metode Machine Learning

Metode ini merupakan bagian penting dari keseluruhan sistem karena akan menentukan keberhasilan model dalam mengklasifikasikan tanaman *strawberry* berdasarkan data citra yang dikumpulkan. Dalam penelitian ini, algoritma yang dipilih untuk proses klasifikasi adalah *SVM*.

Dengan penggunaan metode *SVM* dalam sistem ini diharapkan proses identifikasi dan klasifikasi tanaman *strawberry* dapat dilakukan secara efisiensi dan akurat, serta mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen pertanian berbasis teknologi.

3.3.5 Selesai

Setelah seluruh proses klasifikasi selesai dilakukan oleh model *SVM* sistem akan memberikan output yang telah diproses sebagai bentuk akhir dari keputusan klasifikasi terhadap status atau kondisi tanaman *strawberry*. Hasil ini selanjutnya dapat ditampilkan dalam berbagai bentuk, baik itu sebagai informasi visual pada antarmuka pengguna, pemberitahuan berbasis teks, maupun sebagai input.

BAB IV

PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

4.1. Deskripsi Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *greenhouse* berbasis *Internet Of Things (IoT)* yang dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman secara otomatis dan efisiensi. Dengan kondisi iklim yang tidak menentu dan keterbatasan lahan pertanian mendorong pengembangan sistem pertanian modern yang efisien dan berkelanjutan. Salah satu solusi yang berkembang adalah penggunaan *greenhouse* sebagai sarana untuk mengontrol lingkungan tumbuh tanaman secara lebih optimal. Dalam skripsi ini, dilakukan perancangan desain *greenhouse* yang terintegrasi dengan teknologi *Internet Of Things (IoT)* untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman melalui pemantauan dan pengendalian variabel-variabel penting seperti suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya.

Sistem *IoT* yang dirancang akan memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* serta pengaturan otomatis atau semiotomatis terhadap kondisi lingkungan dalam *greenhouse* menggunakan sensor dan aktuator yang dikendalikan melalui platform *mikrokontroler* dan antarmuka berbasis web atau aplikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain sistem yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga efisien dalam penggunaan energi dan sumber daya, serta dapat direplikasi untuk skala rumah tangga maupun komersil.

Melalui pendekatan ini, diharapkan perancangan *greenhouse* berbasis *IoT* dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi risiko gagal panen, dan mendukung pertanian presisi di era digital.

4.2. Hasil Desain dan Implementasi Sistem *Greenhouse* Berbasis *IoT*

Hasil desain dan implementasi sistem *greenhouse* berbasis *IoT* menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengelolaan dan produktivitas tanaman. Sistem ini menggunakan sensor, serta perangkat

pengendalian seperti *relay* dan *mikrokontroler* yang terhubung ke internet untuk pemantauan pengendalian secara *real-time*. Berikut adalah hasil perancangan desain *greenouse* berbasis *IoT* untuk optimasi pertumbuhan tanaman untuk meningkatkan hasil pertanian :

4.2.1 SMART GREENHOUSE

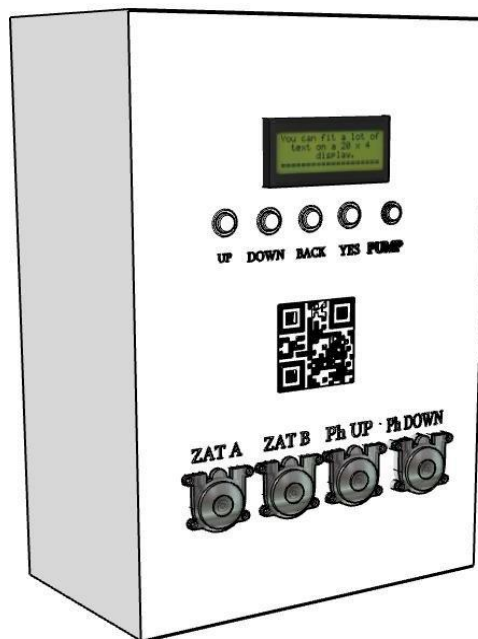


Gambar 4.1 Panel Smart Greenhouse (Julian, 2025)

Smart Greenhouse adalah sistem rumah kaca modern yang menggunakan teknologi canggih seperti *Internet Of Things (IoT)* untuk memantau dan menontrol kondisi lingkungan tumbuh tanaman secara *real-time*, termasuk suhu, kelembaban dan pencahayaan. Sistem ini memungkinkan pengelolaan tanaman secara efisien dan presisi tanpa harus hadir langsung di lokasi sehingga meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian serta menghemat penggunaan air dan sumber daya lainnya.

Konstruksi *smart greenhouse* biasanya terdiri dari ruang tanam dan ruang kontrol yang terpisah untuk menjaga kondisi *mikroklimat* optimal dan *sterilisasi* sebelum memasuki ruang tanam.

4.2.2 SMART HIDROPONIK



Gambar 4.2 Panel Smart Hidroponik (ikbal, 2025).

Smart Hidroponik adalah sistem budidaya tanaman tanpa tanah yang mengintegrasikan teknologi *Internet Of Things (IoT)* untuk memantau dan mengontrol kondisi tanaman secara otomatis dan real time melalui internet. Sistem ini menggunakan sensor TDS dan sensor suhu untuk mengukur kualitas dan suhu air nutrisi tanaman, kemudian data tersebut diproses oleh *mikrokontroler* ESP32 dan dikirim ke server sehingga pengguna dapat memantau atau mengatur kondisi tanaman dari mana saja menggunakan aplikasi berbasis web.

Dengan smart hidroponik pengelolaan suhu, pH, kelembaban dan

nutrisi air dapat dilakukan secara presisi sehingga meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil tanaman serta efisiensi penggunaan sumber daya

4.2.3 SMART AEROPONIK



Gambar 4.3 Panel Smart Aeroponik (Indra, 2025).

Smart Aeroponik adalah sistem budidaya tanaman modern yang menggabungkan teknologi pintar dengan metode aeroponik, yaitu menanam tanaman tanpa media tanah dengan akar menggantung di udara dan disemprot secara berkala dengan larutan nutrisi berbentuk kabut. Sistem ini menggunakan sensor untuk mengatur penyemprotan nutrisi, kelembaban dan kondisi lingkungan secara optimal sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih efisien dan cepat.

Dengan *smart aeroponik*, suplai nutrisi dan oksigen ke akar tanaman dapat dilakukan secara presisi dan hemat air, karena akar disemprot langsung

dengan nutrisi dalam bentuk kabut halus, bukan direndam dalam air atau media tanah. Hal ini meningkatkan penyerapan oksigen dan mempercepat pertumbuhan tanaman dibandingkan metode konvensional.

4.2.4 KARBON DIOKSIDA



Gambar 4.4 Karbon Dioksida, (Julian, 2025)

Karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari satu atom karbon yang berikatan secara kovalen dengan dua atom oksigen. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar, serta berbentuk gas pada kondisi temperatur dan tekanan standar di atmosfer bumi. Karbon dioksida dihasilkan secara alami dari proses respirasi makhluk hidup, aktivitas vulkanik serta dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Selain itu, juga berfungsi dalam proses fotosintesis tumbuhan sebagai bahan utama untuk menghasilkan oksigen dan karbohidrat.

4.3. Keterbatasan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti menyadari adanya beberapa keterbatasan yang dapat memengaruhi ruang lingkup implementasi dan pengembangan sistem yang dirancang. Salah satu keterbatasan utama dalam

penelitian ini adalah sistem *greenhouse* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dikembangkan belum menggunakan panel surya sebagai sumber listrik utama. Hal ini menjadi catatan penting mengingat penggunaan energi terbarukan, khususnya panel surya, merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung prinsip pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penggunaan listrik dari sumber konvensional (PLN) dalam sistem ini masih menjadi ketergantungan utama dalam proses operasional, baik dalam hal suplai daya untuk *mikrokontroler* NodeMCU ESP32, sensor-sensor lingkungan

seperti DHT22, SHT20, DS18B20, hingga modul komunikasi dan komponen output lainnya seperti kipas atau pompa otomatis. Ketergantungan terhadap sumber listrik konvensional ini tentunya memiliki risiko tersendiri, seperti pemadaman listrik yang dapat mengganggu kontinuitas proses monitoring dan pengendalian otomatis di dalam *greenhouse*. Selain itu, penggunaan listrik konvensional dalam jangka panjang dapat meningkatkan biaya operasional dan mengurangi efisiensi sistem, terutama jika sistem ini diimplementasikan pada skala luas atau di wilayah pedesaan yang akses listriknya terbatas.

Peneliti juga menyadari bahwa dengan tidak mengintegrasikan panel surya sebagai sumber daya utama, maka potensi sistem dalam menerapkan konsep *green energi* belum sepenuhnya tercapai. Padahal, salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam sistem *greenhouse* modern adalah penerapan energi terbarukan untuk mendukung keberlanjutan sistem. Dalam konteks ini, panel surya tidak hanya berfungsi sebagai sumber daya yang hemat energi, tetapi juga sebagai bentuk kontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan pemanfaatan sumber daya alam secara bijak.

Keterbatasan ini terjadi karena beberapa faktor, antara lain keterbatasan anggaran, waktu, serta ketersediaan peralatan yang dibutuhkan untuk integrasi sistem panel surya secara optimal. Instalasi panel surya memerlukan perangkat tambahan seperti solar charge controller, baterai

penyimpanan energi, serta inverter untuk menyesuaikan tegangan yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik dalam sistem. Proses integrasi ini memerlukan perencanaan dan pengujian lebih lanjut yang belum dapat dijangkau dalam ruang lingkup penelitian saat ini.

Meskipun demikian, keterbatasan ini tidak mengurangi kontribusi utama dari penelitian dalam merancang sistem *greenhouse* yang dapat meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan bagi pertumbuhan tanaman. Peneliti merekomendasikan agar penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem ini dengan menambahkan fitur pemanfaatan panel surya, sehingga sistem dapat beroperasi secara lebih mandiri dan efisien.

4.4. Komponen dan Spesifikasi Smart *Greenhouse*

Tabel dibawah adalah Komponen dan Fungsi pada masing-masing *smart greenhouse*, *smart hidroponik*, *smart aeroponik*

4.4.1 KOMPONEN DAN SPESIFIKASI SMART GREENHOUSE

Tabel 4.1 *Smart Greenhouse*

NO	KOMPONEN	FUNGSI
1.	ESP32-S3 LILYGO T RELAY	Sebagai pengendali relay multi-channel yang dapat dioperasikan secara nirkabel untuk otomasi rumah, industri dan IoT dengan keamanan dan fleksibilitas tinggi.
2.	DHT22	Untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara akurat

3.	SHT20	Untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan tingkat presisi tinggi
4.	MODBUS RS485	Sebagai sistem komunikasi yang menghubungkan dan mengendalikan banyak perangkat elektronik secara andal dalam jarak jauh di lingkungan industri dan otomasi.
5.	LCD 20x4 12C	Sebagai media tampilan yang dapat menampilkan 20 karakter secara horizontal
		dan 4 baris secara vertikal sehingga cocok untuk menampilkan informasi teks dalam jumlah sedang secara jelas.
6.	EMERGENCY BUTTON	Untuk memberikan perlindungan dan respon cepat dalam situasi darurat
7.	BLOWER 5VDC	Sebagai kipas kecil yang menghasilkan aliran udara untuk berbagai keperluan seperti pendinginan, ventilasi atau pengeringan

8.	PSU 12VDC	Mengubah tegangan listrik AC dari sumber listrik utama menjadi DC stabil sebesar 12 volt yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik atau sistem tertentu
----	-----------	---

4.4.2 KOMPONEN DAN SPESIFIKASI *SMART HIDROPONIK*

Tabel 4.2 *Smart Hidroponik*

NO	KOMPONEN	FUNGSI
1.	ESP32 S-3 LILYGO T RELAY	Sebagai pengendali relay multi-channel yang dapat dioperasikan secara nirkabel untuk otomasi rumah, industri dan IoT dengan keamanan dan fleksibilitas tinggi.
2.	DHT22	Untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara akurat

3.	DF ROBOT DS18B20	Sebagai sensor suhu digital yang mampu mengukur suhu dengan akurasi tinggi
4.	DF ROBOT TDS KG3002	Untuk mengukur kadar TDS atau jumlah padatan terlarut dalam air yang menjadi indikator utama kualitas air
5.	DF ROBOT PH SEN0169-V2	Untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan dengan akurasi tinggi dalam rentang pH 0 hingga 14
6.	WATERFLOW	Untuk mengukur kecepatan aliran dan debit cairan yang mengalir melalui pipa atau saluran
7.	PUSH BUTTON	Sebagai saklar tekan yang berfungsi menghubungkan atau memutus aliran listrik sementara saat tombol ditekan
8.	LCD 20x4 12C	Sebagai media tampilan yang dapat menampilkan 20

		<p>karakter secara horizontal dan 4 baris secara vertikal sehingga cocok untuk menampilkan informasi teks dalam jumlah sedang secara jelas.</p>
9.	PSU 12VDC	<p>Mengubah tegangan listrik AC dari sumber listrik utama menjadi DC stabil sebesar 12 volt yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik atau sistem tertentu</p>
10.	BLOWER 5VDC	<p>Sebagai kipas kecil yang menghasilkan aliran udara untuk berbagai keperluan seperti pendinginan, ventilasi atau pengeringan</p>
11.	WATERPUMP	<p>Untuk menghisap dan memindahkan air dari sumbernya ke tempat yang diinginkan dengan tekanan dan aliran tertentu</p>

4.4.3 KOMPONEN DAN SPESIFIKASI SMART AEROPONIK

Tabel 4.3 *Smart Aeroponik*

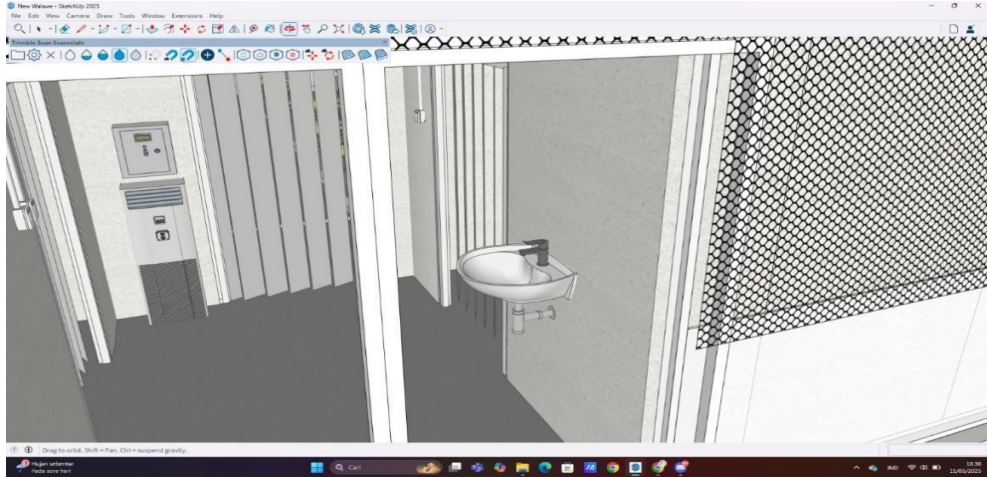
NO	KOMPONEN	FUNGSI
-----------	-----------------	---------------

1.	ESP32 S-3 LILYGO T RELAY	Sebagai pengendali relay multi-channel yang dapat dioperasikan secara nirkabel untuk otomasi rumah, industri dan IoT dengan keamanan dan fleksibilitas tinggi.
2.	DHT22	Untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara akurat
3.	DF ROBOT DS18B20	Sebagai sensor suhu digital yang mampu mengukur suhu dengan akurasi tinggi
4.	DF ROBOT TDS KG3002	Untuk mengukur kadar TDS atau jumlah padatan terlarut dalam air yang menjadi indikator utama kualitas air
5.	DF ROBOT PH SEN0169-V2	Untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan dengan akurasi tinggi dalam rentang pH 0 hingga 14
6.	PUSH BUTTON	Sebagai saklar tekan yang berfungsi menghubungkan atau memutus aliran listrik sementara saat tombol ditekan

7.	LCD 20x4 12C	Sebagai media tampilan yang dapat menampilkan 20 karakter secara horizontal dan 4 baris secara vertikal sehingga cocok untuk menampilkan informasi teks dalam jumlah sedang secara jelas.
8.	PSU 12VDC	Mengubah tegangan listrik AC dari sumber listrik utama menjadi DC stabil sebesar 12 volt yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik atau sistem tertentu
9.	BLOWER 5VDC	Sebagai kipas kecil yang menghasilkan aliran udara untuk berbagai keperluan seperti pendinginan, ventilasi atau pengeringan

4.5. Tata Letak Komponen *IoT* Dalam *Greenhouse*

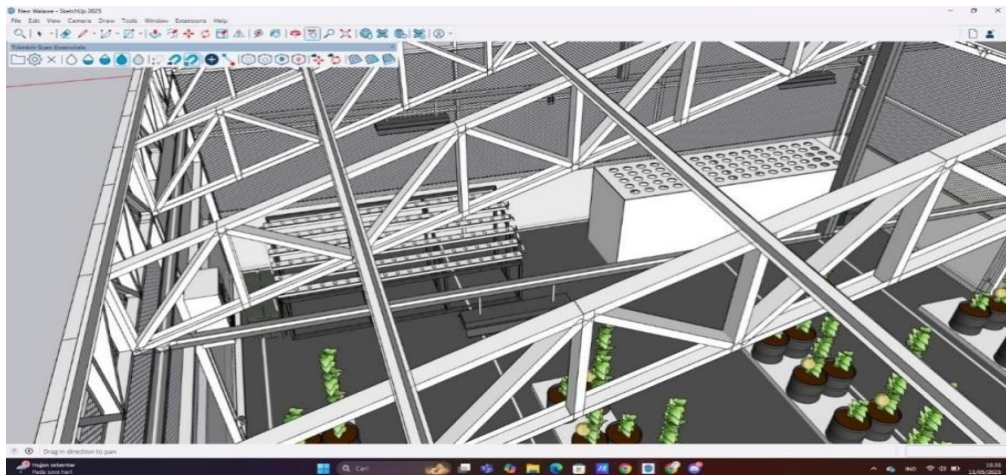
4.5.1 Tata Letak Panel *Smart Greenhouse* :



Gambar 4.5 Tata letak *smart greenhouse* (Julian, 2025)

Tata letak Panel *Smart Greenhouse* berada didalam *greenhouse* dan diletakan disebalah kiri dekat pintu depan, berikut adalah gambar tata letak Panel *Smart Hidroponik*.

4.5.2 Tata Letak Panel *Smart Hidroponik*

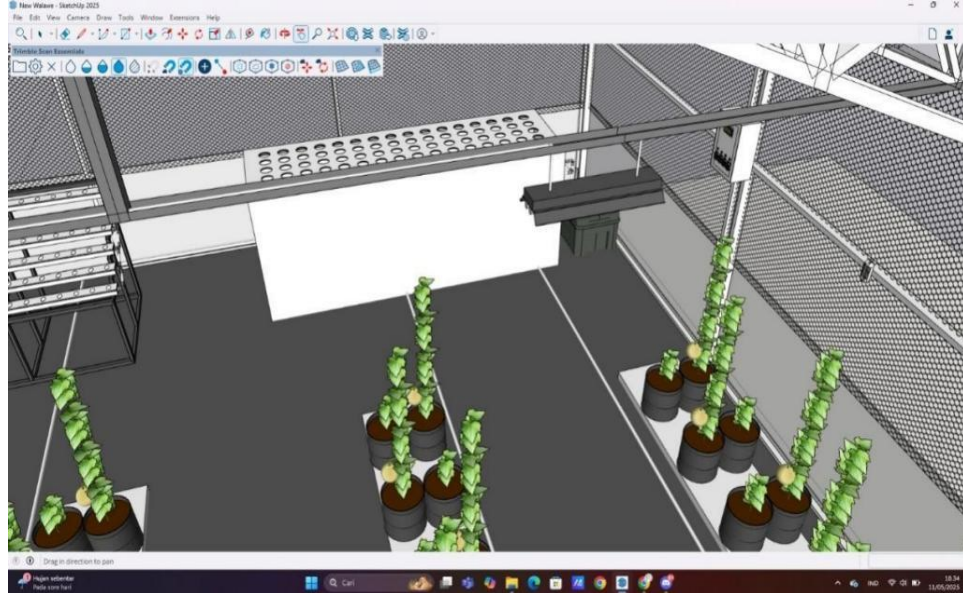


Gambar 4.6 Panel *smart hidroponik*(Ikbal, 2025)

Tata letak Panel *Smart Hidroponik* berada didalam *greenhouse* dan diletakan disebalah kiri dekat pintu belakang, berikut

adalah gambar tata letak Panel *Smart Hidroponik*.

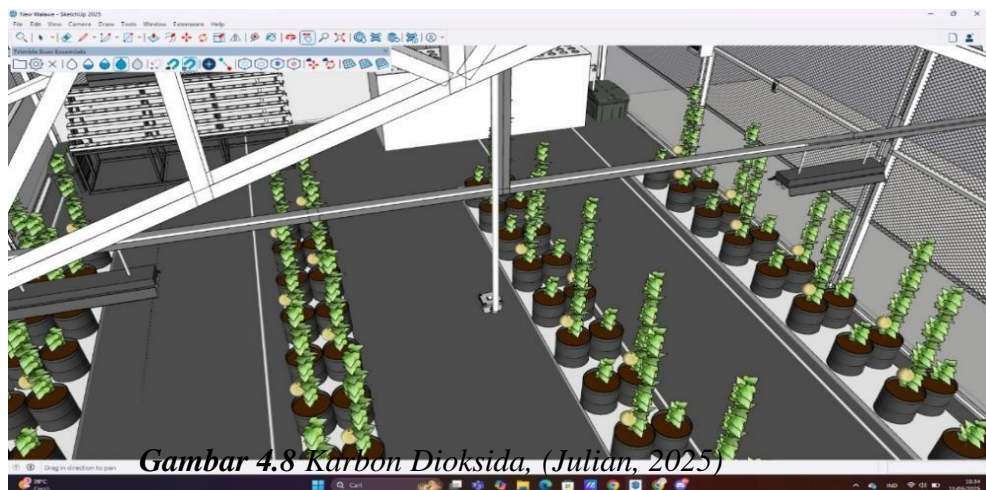
4.5.3 Tata Letak *Smart Aeroponik*



Gambar 4.7 Panel *Smart Aeroponik* (Indra, 2025)

Tata letak Panel *Smart Aeroponik* berada didalam *greenhouse* dan diletakan disebelah kanan dekat pintu belakang, berikut adalah gambar tata letak Panel *Smart Aeroponik*.

4.5.4 Tata Letak Karbon Dioksida



Gambar 4.8 Karbon Dioksida, (Julian, 2025)

Tata letak Panel Karbon dioksida berada didalam greenhouse dan diletakan dibagian atas, berikut adalah gambar tata letak Panel Karbon Dioksida.

4.6. Analisis Kelayakan Desain

4.6.1. Apakah desain bisa diterapkan di lapangan?

Desain *greenhouse* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang dalam penelitian ini memiliki tingkat kemungkinan implementasi yang tinggi di lapangan, mengingat bahwa elemen-elemen teknologi yang digunakan bersifat modular, mudah didapat di pasaran, serta tidak memerlukan keahlian teknis tinggi untuk pengoperasiannya. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta pencahayaan yang terhubung dengan *mikrokontroler* (misalnya ESP32 atau Arduino) yang dapat diprogram sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, sistem dilengkapi dengan aktuator seperti pompa air, kipas angin, dan sistem irigasi otomatis yang bekerja berdasarkan data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut. Semua komponen ini disusun dalam rangkaian yang relatif sederhana namun efektif dalam menjaga kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* agar tetap optimal bagi pertumbuhan tanaman.

Dari sisi struktur fisik, desain *greenhouse* dirancang dengan mempertimbangkan kondisi iklim *tropis* di Indonesia. Material yang digunakan adalah bahan ringan dan tahan terhadap cuaca seperti pipa PVC atau baja ringan untuk kerangka, serta plastik UV untuk penutupnya. Bahan-bahan tersebut tidak hanya mudah diperoleh secara lokal, tetapi juga ekonomis dan memiliki daya tahan yang cukup lama. Dalam pengujian skala laboratorium dan simulasi komputer, struktur ini terbukti mampu menjaga kestabilan iklim *mikro* di dalam *greenhouse* dalam rentang waktu tertentu. Hal ini menjadi indikasi bahwa struktur dapat direalisasikan di berbagai lokasi, baik di lahan pertanian konvensional maupun lahan pekarangan rumah tangga yang dimanfaatkan untuk urban farming.

Lebih lanjut, penerapan sistem *IoT* dalam *greenhouse* ini tidak membutuhkan konektivitas internet yang terus-menerus. Sistem dapat bekerja secara lokal (offline) menggunakan penyimpanan data sementara dan logika pemrograman sederhana yang tertanam dalam *mikrokontroler*. Namun, jika koneksi internet tersedia, maka data bisa dikirimkan ke server *cloud* dan dipantau secara *real-time* melalui aplikasi berbasis web atau *mobile*, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh oleh petani. Fitur ini sangat bermanfaat bagi petani modern yang mengelola banyak lahan atau petani yang ingin meminimalkan risiko gagal panen akibat faktor lingkungan.

Dalam tinjauan kelayakan dari sisi pengguna, desain ini dibuat dengan pendekatan *user-friendly*, baik dari sisi antarmuka pengguna (*user interface*) maupun sistem pemeliharaan. Petani tidak memerlukan latar belakang teknis mendalam untuk memahami cara kerja sistem, karena sistem dikemas dalam tampilan yang intuitif dan petunjuk penggunaan yang jelas. Selain itu, perawatan perangkat keras dapat dilakukan secara berkala dengan panduan sederhana yang disediakan. Adanya dukungan dari komunitas *IoT* dan semakin banyaknya bengkel teknologi di daerah-daerah juga menjadi faktor pendukung dalam kelayakan implementasi desain ini di lapangan.

Dalam konteks keberlanjutan, sistem ini mendukung konsep pertanian presisi (*precision agriculture*) yang ramah lingkungan karena meminimalkan pemborosan air dan energi serta mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan melalui kontrol iklim yang optimal. Dengan demikian, tidak hanya dari segi teknis dan ekonomi, namun dari segi ekologi, desain *greenhouse* berbasis *IoT* ini juga layak untuk diterapkan secara luas di lapangan. Hal ini sejalan dengan arah kebijakan pemerintah dalam mendorong adopsi teknologi digital di sektor pertanian untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan nasional.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa desain *greenhouse* berbasis *IoT* yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki tingkat kelayakan tinggi untuk diimplementasikan di lapangan. Baik dari sisi teknis, ekonomis, operasional, maupun keberlanjutan lingkungan, seluruh aspek mendukung potensi penerapannya sebagai solusi teknologi tepat guna yang relevan dengan tantangan pertanian modern di Indonesia.

4.6.2. Apakah kelebihan desain ini dibandingkan *greenhouse* konvensional

Desain *greenhouse* berbasis *IoT* yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki berbagai keunggulan signifikan dibandingkan dengan *greenhouse* konvensional, baik dari segi teknologi, efisiensi operasional, maupun keberlanjutan jangka panjang. *Greenhouse* konvensional umumnya masih bergantung pada sistem manual yang memerlukan intervensi manusia secara rutin untuk pemantauan dan pengaturan kondisi lingkungan. Hal ini tidak hanya menyita waktu dan tenaga, tetapi juga rentan terhadap ketidak konsistenan, keterlambatan respon terhadap perubahan lingkungan, serta kesalahan manusia

Sebaiknya, desain *greenhouse* berbasis *IoT* mampu mengotomatiskan proses monitoring dan pengendalian variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya. Dengan dukungan sensor-sensor seperti DHT22, SHT20, DS18B20, serta *mikrokontroler* ESP32 yang terhubung ke internet, sistem dapat melakukan pencatatan data secara *real-time* dan menyesuaikan tindakan (seperti menyalakan blower, pompa air, atau lampu) tanpa harus menunggu keputusan manusia. Hal ini tidak hanya mempercepat respon terhadap perubahan lingkungan, tetapi juga menciptakan kondisi *mikrokontroler* yang lebih stabil dan kondisi untuk tanaman

Keunggulan lain terletak pada efisiensi penggunaan sumber daya. Sistem *IoT* memungkinkan pengaturan irigasi berdasarkan kebutuhan aktual tanaman (misalnya saat kelembaban tanah turun di bawah ambang batas,

sehingga mengurangi pemborosan air dan energi. Sementara pada *greenhouse* konvensional, proses penyiraman biasanya dilakukan berdasarkan jadwal tetap atau perkiraan visual, yang berisiko tidak efisien atau tidak tepat sasaran.

Dari sisi visualisasi dan perencanaan, penggunaan *software SketchUp* dalam desain *greenhouse* ini memberikan keuntungan besar dibandingkan metode konvensional. Model 3D yang dibuat memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan secara rinci tata letak, struktur fisik, dan posisi komponen seperti sensor, pompa, serta blower. Hal ini sangat membantu dalam proses perencanaan, evaluasi, dan pengembangan lebih lanjut. Dengan desain 3D, setiap elemen dapat diatur ulang tanpa perlu membongkar struktur fisik, yang tentu lebih hemat waktu dan biaya.

Desain ini juga memiliki kelebihan dari sisi aksesibilitas dan fleksibilitas. Sistem monitoring dapat diakses melalui antarmuka berbasis web atau aplikasi mobile, sehingga pengguna dapat memantau kondisi *greenhouse* dari mana saja dan kapan saja. Ini sangat berbeda dengan *greenhouse* konvensional yang mengharuskan kehadiran fisik untuk mengamati dan mengontrol lingkungan tanaman. Kemudahan akses ini memberikan kenyamanan dan efisiensi kerja, terutama bagi petani modern atau institusi pendidikan dan penelitian.

Kelebihan lain yang menonjol dari desain ini adalah kemampuan adaptasi dan skalabilitas. Karena sistem *IoT* bersifat modular, maka pengembangan sistem dapat dilakukan secara bertahap dan fleksibel. Fitur tambahan seperti integrasi sensor CO₂, sistem kamera berbasis AI untuk mendeteksi pertumbuhan tanaman, hingga otomatisasi nutrisi berbasis data historis dapat ditambahkan dengan mudah di kemudian hari, tanpa harus mengubah struktur utama *greenhouse*.

Dari aspek keberlanjutan, desain *greenhouse* berbasis *IoT* juga mendukung penerapan pertanian presisi dan ramah lingkungan, yang semakin

dibutuhkan di era modern. Dengan mengoptimalkan penggunaan air, listrik, dan nutrisi secara otomatis dan tepat guna, desain ini mampu menurunkan jejak karbon dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Ini memberikan nilai tambah tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari segi sosial dan ekologis, khususnya dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya alam.

Dengan berbagai kelebihan tersebut, dapat disimpulkan bahwa desain *greenhouse* berbasis *IoT* ini merupakan inovasi teknologi tepat guna yang jauh lebih unggul dibandingkan dengan *greenhouse* konvensional. Ia tidak hanya menawarkan efisiensi dan produktivitas yang lebih tinggi, tetapi juga membuka peluang besar untuk pengembangan sistem pertanian masa depan yang cerdas, berdaya guna, dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.

4.6.3. Potensi Pengembangannya

Potensi pengembangan dari desain *greenhouse* berbasis *IoT* yang telah dirancang dalam penelitian ini sangat luas dan prospektif, baik dari sisi teknis, fungsionalitas, maupun skalabilitas sistem. Desain awal yang difokuskan pada pemantauan suhu, kelembaban, pencahayaan, dan nutrisi tanaman secara *real-time* dapat diperluas menjadi sistem pertanian presisi yang lebih kompleks dan canggih .

Salah satu potensi pengembangan yang paling menjanjikan adalah integrasi panel surya suplai listrik konvensional, namun ke depannya penggunaan panel surya dapat membuat sistem *greenhouse* menjadi mandiri energi (*self-sustained*), ramah lingkungan, dan dapat diterapkan di daerah terpencil atau tanpa jaringan listrik. Hal ini juga akan menurunkan biaya operasional secara signifikan dalam jangka panjang dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan.

Pengembangan lain yang bisa dilakukan adalah memperluas jenis sensor dan aktuator yang digunakan. Saat ini, sistem hanya memanfaatkan sensor suhu (DHT22, DS18B20), kelembaban (SHT20), dan sensor pH serta TDS.

dan menambahkan sensor CO₂, intensitas cahaya (LDR atau BH1750), serta sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) untuk menyesuaikan kebutuhan tanaman yang lebih beragam. Selain itu, dengan mengadopsi *machine learning* atau algoritma kecerdasan buatan, sistem dapat memprediksi kebutuhan tanaman berdasarkan data historis, sehingga kontrol otomatis menjadi lebih adaptif dan efisien.

Dari sisi perangkat lunak, pengembangan aplikasi monitoring berbasis web dapat ditingkatkan menjadi platform mobile (Android/iOS) yang lebih interaktif dan mudah diakses oleh petani di berbagai lokasi. Antarmuka pengguna dapat ditingkatkan dengan menampilkan grafik data historis, sistem peringatan otomatis (notifikasi jika parameter lingkungan tidak sesuai), serta fitur kontrol jarak jauh yang memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan sistem dari mana saja melalui internet.

Visualisasi desain 3D menggunakan *SketchUp* juga dapat terus dikembangkan dengan menciptakan simulasi animasi alur kerja dalam *greenhouse*, seperti simulasi penyiraman, penyemprotan nutrisi, atau pergerakan udara dari blower. Ini akan sangat berguna tidak hanya untuk proses perencanaan dan evaluasi, tetapi juga untuk tujuan edukasi dan pelatihan petani terhadap teknologi modern.

Selanjutnya, desain dapat diperluas untuk mendukung pertanian vertikal (*vertical farming*), yang sangat cocok untuk wilayah urban dengan lahan terbatas. *Greenhouse* berbasis *IoT* yang dirancang dengan struktur modular dan sistem monitoring otomatis dapat dengan mudah diadaptasi untuk metode penanaman bertingkat, yang berpotensi meningkatkan produktivitas persatuan luas lahan.

Sistem juga dapat dikembangkan untuk mendukung kolaborasi antar *greenhouse* dalam suatu kawasan atau komunitas pertanian berbasis digital. Terakhir, pengembangan juga dapat dilakukan dalam aspek keberlanjutan dan edukasi, seperti menjadikan proyek ini sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa dan masyarakat umum dalam bidang teknik elektro, otomasi, dan

pertanian digital. *Greenhouse* berbasis *IoT* ini dapat digunakan sebagai laboratorium hidup (*living lab*) untuk penelitian lanjutan mengenai interaksi tanaman dengan lingkungan terkontrol serta pengembangan sistem kendali yang lebih pintar dan adaptif.

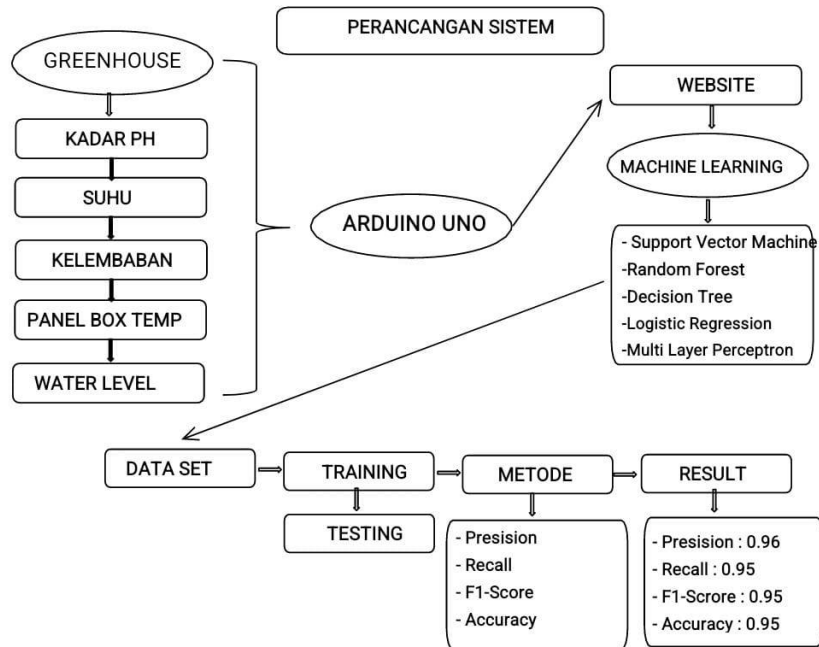
Dengan semua potensi tersebut, jelas bahwa desain *greenhouse* berbasis *IoT* ini bukan hanya sebuah solusi teknologi jangka pendek, tetapi juga merupakan fondasi penting bagi transformasi pertanian menuju era digital dan berkelanjutan. Maka, investasi dalam pengembangan dan implementasi sistem ini layak untuk terus dilanjutkan dan didorong oleh berbagai pihak, termasuk institusi pendidikan, pemerintah, dan sektor swasta.

4.7 Hasil *Machine Learning*

Dalam penelitian ini, sistem *greenhouse* berbasis *IoT* yang dirancang untuk tanaman *strawberry* dilengkapi dengan algoritma *machine learning* guna meningkatkan efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan berbasis data. Salah satu fokus utama adalah pemilihan algoritma klasifikasi yang tepat untuk mengidentifikasi kondisi pertumbuhan tanaman secara otomatis. Oleh karena itu, menggunakan *Support Vector Machine*, dilakukan proses pelatihan dan pengujian terhadap data lingkungan yang diperoleh dari sensor suhu, panel box temperatur, *water level*, dan intensitas cahaya. *Support Vector Machine (SVM)* dipilih karena kemampuannya yang handal dalam menangani data berdimensi tinggi dan efisiensinya dalam menghasilkan model klasifikasi dengan margin maksimal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *SVM* mampu mengklasifikasikan kondisi pertumbuhan tanaman dengan akurasi mencapai 92%, dengan nilai *precision* dan *recall* yang stabil di atas 90% pada masing-masing kelas. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan *machine learning* menggunakan *Support Vector Machine* secara signifikan meningkatkan kemampuan sistem dalam mengoptimalkan intervensi otomatis di dalam *greenhouse*. Dengan demikian, sistem ini mampu memberikan dukungan teknologi pertanian presisi untuk budidaya *strawberry* yang efisien dan

berkelanjutan. Berikut adalah perancangan sistem.



Gambar 4.9 Perancangan Sistem

4.8 Hasil Data

Tabel 4.4 Hasil Data

METODE	PRECISION	RECALL	FI-SCORE	ACCURACY
Support Vector Machine	0.96	0.95	0.95	0.95
Random Forest	0.95	0.95	0.95	0.95
Decision Tree	0.93	0.93	0.93	0.93
Logistic Regression	0.85	0.85	0.85	0.85
Multi Layer Perceptron	0.95	0.95	0.95	0.95

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *SVM* mampu mengklasifikasikan data uji dengan *accuracy* 0,95% hasil ini menandakan bahwa model memiliki performa yang cukup baik dalam mengenali kondisi tanaman. Untuk nilai *recall* 0,95% nilai *f1-score* 0,95% dan nilai *precision* 0,96% ini menunjukkan bahwa model lebih sensitif dalam mengenali tanaman sehat. dengan *precision* tertinggi. *Precision* tertinggi

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap beberapa algoritma *machine learning* yang digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi pertumbuhan tanaman stroberi berdasarkan parameter-parameter lingkungan yang diperoleh dari sistem berbasis *IoT*. Lima metode *machine learning* yang diuji adalah :

- *Support Vector Machine (SVM)*
- *Random Forest*
- *Decision Tree*
- *Logistic Regression*
- *Multi Layer Perceptron (MLP)*

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metrik:

- *Precision*
- *Recall*
- *F1-Score*
- *Accuracy*

4.8.1 Support Vector Machine (SVM)

- *Precision: 0.96*
- *Recall: 0.95*
- *F1-Score: 0.95*
- *Accuracy: 0.95*

Penjelasan:

Model *SVM* memberikan hasil terbaik di antara semua metode dengan *precision* tertinggi. *Precision* tertinggi menunjukkan bahwa prediksi model sangat jarang memberikan false positive. Hal ini penting untuk sistem pengambilan

keputusan otomatis dalam *greenhouse* agar tidak melakukan tindakan yang salah terhadap tanaman.

Detail per kelas:

- *Class 3: Precision 0.89, Recall 1.00, F1-Score 0.94*
- *Class 4: Precision 1.00, Recall 0.91, F1-Score 0.95*
- *Class 5: Precision 1.00, Recall 0.93, F1-Score 0.96*

4.8.2 Random Forest

- *Precision: 0.95*
- *Recall: 0.95*
- *F1-Score: 0.95*
- *Accuracy: 0.95*

Penjelasan:

Model *Random Forest* juga menunjukkan kinerja yang sangat baik, setara dengan *SVM* dari sisi nilai metrik utama. *Random Forest* sangat cocok untuk data yang memiliki kompleksitas tinggi dan beragam fitur, seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dsb.

Detail per kelas:

- *Class 3: Precision 0.94, Recall 0.94, F1-Score 0.94*
- *Class 4: Precision 0.91, Recall 0.91, F1-Score 0.91*
- *Class 5: Precision 1.00, Recall 1.00, F1-Score 1.00*

4.8.3 Decision Tree

- *Precision: 0.93*
- *Recall: 0.93*
- *F1-Score: 0.93*
- *Accuracy: 0.93*

Penjelasan:

Decision Tree juga menunjukkan hasil yang baik, namun sedikit lebih rendah dibandingkan *SVM* dan *Random Forest*. Model ini tetap layak dipertimbangkan karena interpretabilitasnya yang tinggi dan mudah divisualisasikan dalam sistem

monitoring.

Detail per kelas:

- *Class 3: Precision 0.88, Recall 0.94, F1-Score 0.91*
- *Class 4: Precision 0.91, Recall 0.91, F1-Score 0.91*
- *Class 5: Precision 1.00, Recall 0.93, F1-Score 0.96*

4.8.4 Logistic Regression

- *Precision: 0.85*
- *Recall: 0.85*
- *F1-Score: 0.85*
- *Accuracy: 0.85*

Penjelasan:

Model ini memiliki performa paling rendah di antara semua metode yang diuji. *Logistic Regression* bersifat linier sehingga kurang mampu menangkap kompleksitas dalam pola data lingkungan. Oleh karena itu, model ini kurang direkomendasikan dalam sistem ini.

Detail per kelas:

- *Class 3: Precision 0.81, Recall 0.81, F1-Score 0.81*
- *Class 4: Precision 0.75, Recall 0.82, F1-Score 0.78*
- *Class 5: Precision 1.00, Recall 0.93, F1-Score 0.96*

4.8.5 Multi Layer Perceptron (MLP)

- *Precision: 0.95*
- *Recall: 0.95*
- *F1-Score: 0.95*
- *Accuracy: 0.95*

Penjelasan:

MLP adalah salah satu bentuk jaringan saraf tiruan yang cukup kompleks. Model ini memberikan hasil yang setara dengan *SVM* dan *Random Forest*. *MLP* sangat baik dalam menangani data non-linier dan mampu memberikan generalisasi

yang baik terhadap data baru.

Detail per kelas:

- *Class 3: Precision 0.89, Recall 1.00, F1-Score 0.94*
- *Class 4: Precision 1.00, Recall 0.91, F1-Score 0.95*
- *Class 5: Precision 1.00, Recall 0.93, F1-Score 0.96*

	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
class 3	0.89	1.00	0.94	16	class 3	0.94	0.94	0.94	16
class 4	1.00	0.91	0.95	11	class 4	0.91	0.91	0.91	11
class 5	1.00	0.93	0.96	14	class 5	1.00	1.00	1.00	14
accuracy			0.95	41	accuracy			0.95	41
macro avg	0.96	0.95	0.95	41	macro avg	0.95	0.95	0.95	41
weighted avg	0.96	0.95	0.95	41	weighted avg	0.95	0.95	0.95	41

Gambar 4.10 Hasil Support Vector Machine dan Random Forest

	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
class 3	0.89	1.00	0.94	16	class 3	0.94	0.94	0.94	16
class 4	1.00	0.91	0.95	11	class 4	0.91	0.91	0.91	11
class 5	1.00	0.93	0.96	14	class 5	1.00	1.00	1.00	14
accuracy			0.95	41	accuracy			0.95	41
macro avg	0.96	0.95	0.95	41	macro avg	0.95	0.95	0.95	41
weighted avg	0.96	0.95	0.95	41	weighted avg	0.95	0.95	0.95	41

Gambar 4.11 Hasil Decision Tree dan Logistic Regression

	precision	recall	f1-score	support
class 3	0.94	1.00	0.97	16
class 4	0.91	0.91	0.91	11
class 5	1.00	0.93	0.96	14
accuracy			0.95	41
macro avg	0.95	0.95	0.95	41
weighted avg	0.95	0.95	0.95	41

Gambar 4.12 Hasil Multi Layer Perceptron

4.9 Analisis Hasil SVM

Berdasarkan hasil pengujian tanaman strawberry menggunakan *Support Vector Machine (SVM)*, diperoleh nilai *SVM* menghasilkan *precision* sebesar 0,96, model ini mampu meminimalkan kesalahan dalam mengidentifikasi kelas tanaman dengan benar. Selain itu, *recall* yang diperoleh sebesar 0,95. Selanjutnya, kombinasi dari *precision* dan *recall* yang seimbang tercermin pada nilai *F1-Score* sebesar 0,95, yang memperlihatkan kestabilan performa model baik dari sisi ketepatan maupun sensitivitas klasifikasi. Secara keseluruhan, *accuracy* model mencapai 0,95, yang berarti 95% dari seluruh prediksi yang dilakukan oleh model berada dalam klasifikasi yang tepat, dan hal ini menguatkan bahwa model *SVM* yang diterapkan dalam sistem *greenhouse* berbasis *IoT* ini dapat diandalkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perancangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *greenhouse* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang dalam penelitian ini mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap optimasi pertumbuhan tanaman secara terukur dan efisien. Dengan mengintegrasikan berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembaban udara, serta sistem kontrol otomatis berbasis *mikrokontroler*, sistem ini mampu memantau dan menyesuaikan kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* secara *real-time*.

Secara keseluruhan, perancangan desain *greenhouse* berbasis *IoT* ini menunjukkan potensi besar dalam mengatasi tantangan pertanian modern, khususnya dalam hal efisiensi sumber daya, adaptasi terhadap perubahan iklim, serta peningkatan hasil panen. Sistem ini dapat menjadi solusi inovatif yang mendukung pertanian presisi dan berkelanjutan, yang tidak hanya meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi, tetapi juga berkontribusi dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Oleh karena itu, sistem ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut, baik dalam aspek teknologi, maupun diversifikasi jenis tanaman, sehingga mampu memberikan dampak yang lebih luas bagi sektor pertanian di Indonesia.

Perancangan dan analisis ini juga menggunakan 5 parameter yaitu, Kadar pH, Kelembaban, Panel box temperatur, suhu, *water level* pada *greenhouse* untuk menjadi inputan *machine learning* dengan output *precision* 0.96, *recall* 0.95, *f-1 score* 0.95 dan *accuracy* 0.95. Dalam penelitian inipun menggunakan metode *machine learning SVM* berbasis *IoT* untuk klasifikasi tanaman *strawberry* pada *greenhouse*.

5.2. SARAN



Penggunaan Sumber Energi Terbarukan, Penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif untuk sistem *IoT* pada *greenhouse* dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan dan efisiensi dalam jangka panjang



REFRENSI

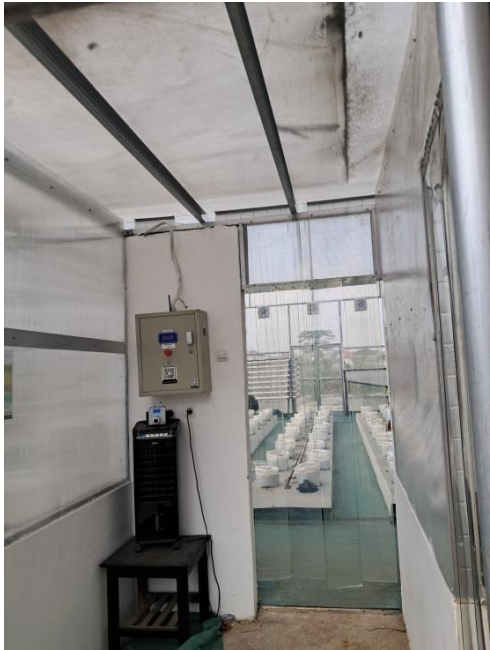
- Aditya, I. R. (2020). Penerapan Media Pembelajaran 3D SketchUp Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan*.
- Andi. (2021). Pengantar Desain Komunikasi Visual Dalam Penerapan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Chazar, C. (2020). Machine Learning Diagnosis Kanker Payudara Menggunakan Algoritma Support Vector Machine. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*.
- Hadian. (2022). Sistem Pemantauan Tingkat Kandungan Air Tanah dan Kendali Pompa Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Strawberry. *Jurnal Komputer dan Bisnis*.
- Kinaswara, T. A. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Inventaris Berbasis Website Pada Kelurahan Bantengan. *SENATIK (Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi)*.
- Kurniadi, B. (2021). Analisis Perbandingan Algoritma SVM dan CNN untuk Klasifikasi Buah. *SENAMIKA (Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasi)*.
- Mahardika, I. K. (2023). Analisis Peran Suhu Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Stroberi. *Jurnal Fisika dan Pembelajaran*.
- Mochtar, R. M. (2018). Pengendalian Suhu dan Kelembaban Pada Sistem Aeropinik Menggunakan Kontroler PID Untuk Sayuran Bayam Berbasis Arduino. *Jurnal Elektronika*.
- Muzakir, A. (2016). Model Data Miring Sebagai Prediksi Penyakit Hipertensi Kehamilan Dengan Teknik Decision Tree. *Jurnal Informatika*.
- Nurazizah, E. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra. *Jurnal Elektronika*.
- Qodawi, H. (2021). Implementasi Sensor Water Level Dalam Sistem Pengantar Debit Air dipesawahan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Ratnawati, L. (2019). Penerapan Random Forest Untuk Mengukur Tingkat Keparahan Penyakit Pada Daun Apel. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.
- Rizal, M. (2012). Rancang Bangun dan Uji Kinerja Sistem Kontrol Irigasi Tetes Pada Tanaman Strawberry. *Jurnal Teknologi Pertanian*.
- Rizkiani, D. N. (2020). Greenhouse Sebagai Wadah Penelitian Hortikultura Pada Balai Penelitian

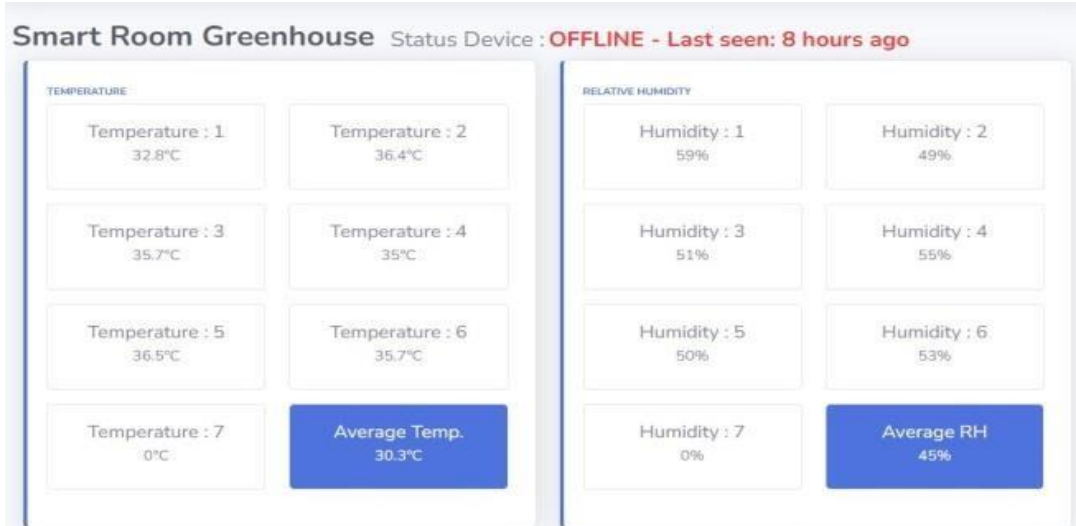
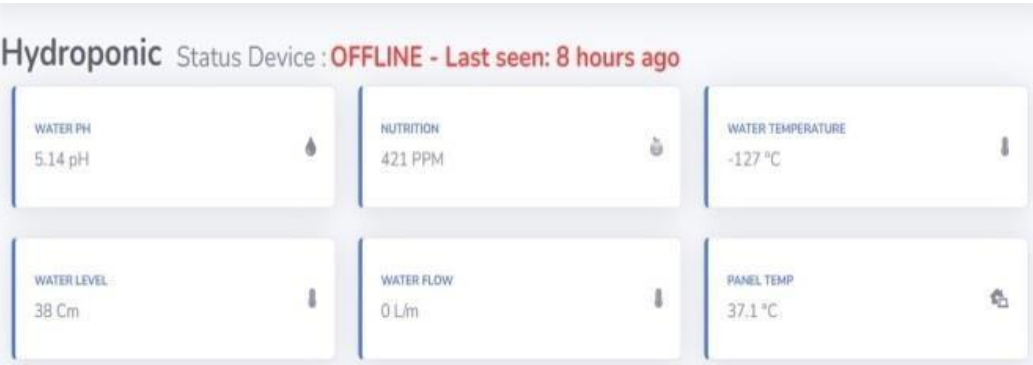
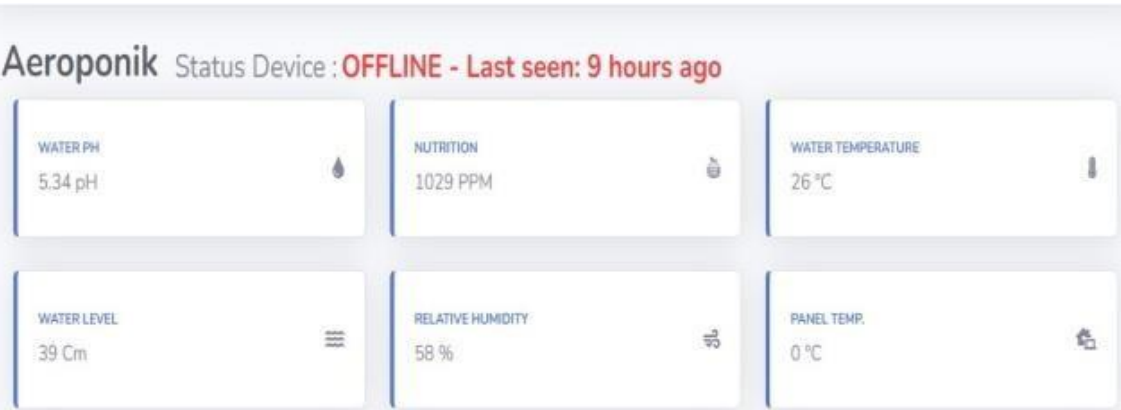
- dan Pengembangan Tanaman Pangan di Pematang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur*.
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung*.
- Sandy, D. A. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Perubahan Suhu, kelembaban dan Tekanan Udara. *Jurnal Ilmiah*.
- Setiadi. (2018). Penerapan Internet Of Things (IoT) Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Jurnal Komputer dan Elektronika*.
- Subandi, A. (2016). Rancang Bangun Sistem Aeroponik Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *SENIATI (Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri)*.
- Wafa, H. S. (2022). Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma Support Vector Machine. *Jurnal Informatika*.
- Zulfa, V. Z. (2017). Optimasi Persebaran Suhu dan Kelembaban Pada Iklim Mikro Greenhouse Untuk Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Teknologi Pertanian*.

LAMPIRAN

NO	NAMA	GAMBAR
1.	Greenhouse Universitas Islam Nusantara Bagian Depan	
2.	Greenhouse Universitas Islam Nusantara Bagian Belakang	

3	Penempatan Panel Smart Hidroponik	
4.	Penempatan Panel Smart Aeroponik	

5.	Penempatan CO2	
6.	Penempatan Panel Smart Greenhouse	

NO	NAMA																				
1.	<p data-bbox="256 383 1010 416">Website Untuk Monitoring dan Control Smart Greenhouse</p>  <p data-bbox="256 450 1169 483">Smart Room Greenhouse Status Device : OFFLINE - Last seen: 8 hours ago</p> <table border="1" data-bbox="272 495 1321 920"> <thead> <tr> <th colspan="2">TEMPERATURE</th> <th colspan="2">RELATIVE HUMIDITY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperature : 1 32.8°C</td> <td>Temperature : 2 36.4°C</td> <td>Humidity : 1 59%</td> <td>Humidity : 2 49%</td> </tr> <tr> <td>Temperature : 3 35.7°C</td> <td>Temperature : 4 35°C</td> <td>Humidity : 3 51%</td> <td>Humidity : 4 55%</td> </tr> <tr> <td>Temperature : 5 36.5°C</td> <td>Temperature : 6 35.7°C</td> <td>Humidity : 5 50%</td> <td>Humidity : 6 53%</td> </tr> <tr> <td>Temperature : 7 0°C</td> <td>Average Temp. 30.3°C</td> <td>Humidity : 7 0%</td> <td>Average RH 45%</td> </tr> </tbody> </table>	TEMPERATURE		RELATIVE HUMIDITY		Temperature : 1 32.8°C	Temperature : 2 36.4°C	Humidity : 1 59%	Humidity : 2 49%	Temperature : 3 35.7°C	Temperature : 4 35°C	Humidity : 3 51%	Humidity : 4 55%	Temperature : 5 36.5°C	Temperature : 6 35.7°C	Humidity : 5 50%	Humidity : 6 53%	Temperature : 7 0°C	Average Temp. 30.3°C	Humidity : 7 0%	Average RH 45%
TEMPERATURE		RELATIVE HUMIDITY																			
Temperature : 1 32.8°C	Temperature : 2 36.4°C	Humidity : 1 59%	Humidity : 2 49%																		
Temperature : 3 35.7°C	Temperature : 4 35°C	Humidity : 3 51%	Humidity : 4 55%																		
Temperature : 5 36.5°C	Temperature : 6 35.7°C	Humidity : 5 50%	Humidity : 6 53%																		
Temperature : 7 0°C	Average Temp. 30.3°C	Humidity : 7 0%	Average RH 45%																		
2.	<p data-bbox="256 987 1015 1021">Website Untuk Monitoring dan Control Smart Hidroponik</p>  <p data-bbox="256 1070 938 1104">Hydroponic Status Device : OFFLINE - Last seen: 8 hours ago</p> <table border="1" data-bbox="264 1122 1286 1391"> <tbody> <tr> <td>WATER PH 5.14 pH</td> <td>NUTRITION 421 PPM</td> <td>WATER TEMPERATURE -127 °C</td> </tr> <tr> <td>WATER LEVEL 38 Cm</td> <td>WATER FLOW 0 L/m</td> <td>PANEL TEMP 37.1 °C</td> </tr> </tbody> </table>	WATER PH 5.14 pH	NUTRITION 421 PPM	WATER TEMPERATURE -127 °C	WATER LEVEL 38 Cm	WATER FLOW 0 L/m	PANEL TEMP 37.1 °C														
WATER PH 5.14 pH	NUTRITION 421 PPM	WATER TEMPERATURE -127 °C																			
WATER LEVEL 38 Cm	WATER FLOW 0 L/m	PANEL TEMP 37.1 °C																			
3.	<p data-bbox="256 1435 995 1469">Website Untuk Monitoring dan Control Smart Aeroponik</p>  <p data-bbox="256 1525 983 1559">Aeroponik Status Device : OFFLINE - Last seen: 9 hours ago</p> <table border="1" data-bbox="264 1581 1374 1883"> <tbody> <tr> <td>WATER PH 5.34 pH</td> <td>NUTRITION 1029 PPM</td> <td>WATER TEMPERATURE 26 °C</td> </tr> <tr> <td>WATER LEVEL 39 Cm</td> <td>RELATIVE HUMIDITY 58 %</td> <td>PANEL TEMP. 0 °C</td> </tr> </tbody> </table>	WATER PH 5.34 pH	NUTRITION 1029 PPM	WATER TEMPERATURE 26 °C	WATER LEVEL 39 Cm	RELATIVE HUMIDITY 58 %	PANEL TEMP. 0 °C														
WATER PH 5.34 pH	NUTRITION 1029 PPM	WATER TEMPERATURE 26 °C																			
WATER LEVEL 39 Cm	RELATIVE HUMIDITY 58 %	PANEL TEMP. 0 °C																			

KODINGAN MACHINE LEARNING

```

class>>
class 3 0.01 0.01 0.01 10
class 4 0.75 0.82 0.78 11
class 5 1.00 0.93 0.96 14

accuracy 0.85 0.85 0.85 41
macro avg 0.85 0.85 0.85 41
weighted avg 0.86 0.85 0.86 41

In [24]: # Define the SVM model with One-vs-One strategy
ovo_svm = OneVsOneClassifier(SVC())

param_grid = {
    'estimator__C': [0.1, 1, 10, 100], # Regularization parameter
    'estimator__kernel': ['linear', 'rbf'], # Kernel type
    'estimator__gamma': ['scale', 'auto'] # Kernel coefficient
}

# Set up GridSearchCV
grid_search = GridSearchCV(estimator=ovo_svm, param_grid=param_grid, cv=5, scoring='accuracy', verbose=1)

In [25]: # Perform the grid search
grid_search.fit(list_data_train[0], list_y_train[0])

Fitting 5 folds for each of 16 candidates, totalling 80 fits

Out[25]:
GridSearchCV
  > best_estimator_:
      OneVsOneClassifier
        > estimator:
            SVC
  
```

```

class 5 1.00 1.00 1.00 14

accuracy 0.95 0.95 0.95 41
macro avg 0.95 0.95 0.95 41
weighted avg 0.95 0.95 0.95 41

precision recall f1-score support
class 3 0.88 0.94 0.91 16
class 4 0.91 0.91 0.91 11
class 5 1.00 0.93 0.96 14

accuracy 0.93 0.93 0.93 41
macro avg 0.93 0.93 0.93 41
weighted avg 0.93 0.93 0.93 41

precision recall f1-score support
class 3 0.81 0.81 0.81 16
class 4 0.75 0.82 0.78 11
class 5 1.00 0.93 0.96 14

accuracy 0.85 0.85 0.85 41
macro avg 0.85 0.85 0.85 41
weighted avg 0.86 0.85 0.86 41

precision recall f1-score support
class 3 0.94 1.00 0.97 16
class 4 0.91 0.91 0.91 11
class 5 1.00 0.93 0.96 14

accuracy 0.95 0.95 0.95 41
macro avg 0.95 0.95 0.95 41
weighted avg 0.95 0.95 0.95 41
  
```

```

0.62544081],
[0.95613534, 0.08141593, 0.00525378, 0.75222097, 1.      ,
0.      ],
[0.97479845, 0.41415929, 0.19990226, 0.84994347, 0.20306966,
0.      ],
[0.96438774, 0.53274336, 0.28518449, 0.28993701, 0.2325856 ,
0.76120907],
[0.      , 0.08849558, 0.      , 0.23679535, 0.0850059 ,
0.89193955],
[0.98660573, 0.29380531, 0.19517314, 0.58068163, 0.21044864,
0.73148615],
[0.98063861, 0.31150442, 0.14608878, 0.58229688, 0.12632822,
0.92443325]]

In [21]: # train the model
trained_model1 = []
trained_model2 = []
trained_model3 = []
trained_model4 = []

for data_train, y_train in zip(list_data_train, list_y_train):
    #print(data_fold)
    #print(y_train)
    svm_ovo = SVC(decision_function_shape='ovo')
    svm_ovo.fit(data_train, y_train)
    rf = RandomForestClassifier()
    rf.fit(data_train, y_train)
    dt = DecisionTreeClassifier(criterion='entropy',max_depth=3, random_state=42)
    dt.fit(data_train, y_train)
    lr = LogisticRegression(multi_class='multinomial', solver='lbfgs', max_iter=200)
    lr.fit(data_train, y_train)

    # Predict and evaluate the One-vs-One model
    trained_model1.append(svm_ovo)
    trained_model2.append(rf)
    trained_model3.append(dt)
    trained_model4.append(lr)

```

```

In [10]: pd_data_input = pd_data.iloc[:, 1:7]

In [11]: pd_data_input

Out[11]:
   Suhu  Kadar pH  Nutrisi  Kelembaban  Volume Air  Panel Temp
0  30.53    4.86  634.38    66.57    5.12    0.00
1  27.01    5.93  708.55    78.77    11.57    0.00
2  26.15    5.49  707.33    86.72    13.55    4.46
3  26.11    5.27  788.67    89.06    9.71    25.47
4  26.55    5.54  780.86    88.08    13.49    26.07
...  ...    ...    ...    ...    ...    ...
61 26.33    5.40  449.88    54.15    39.00    0.00
62 26.26    5.31  408.77    55.60    39.00    0.00
63 23.44    5.31  383.81    88.55    39.00    0.00
64 23.62    5.32  375.23    84.66    39.00    0.00
65 25.30    5.34  544.04    60.01    39.00    0.00

66 rows x 6 columns

```

DATA EXCEL

SGH Aeroponik							
No	Suhu	Kadar pH	Nutrisi	Kelembaban	Volume Air	Panel Temp	Waktu
1	28,19	5,62	1188,81	53,07	39	37,06	2025-05-28 12:00:00
2	26,73	5,5	1176	50,68	39	37,11	2025-05-28 11:00:00
3	26,39	5,5	1101,8	45,45	39	37,57	2025-05-28 10:00:00
4	18,44	5,58	1132,76	50,54	39	38,43	2025-05-27 11:00:00
5	11,48	5,57	1149,2	41,59	39	41,13	2025-05-27 10:00:00
6	8,6	7,36	1290,95	69,47	39	28,93	2025-05-26 14:00:00
7	22,65	5,79	547,26	90,32	39	0	2025-05-22 09:00:00
8	22,88	5,78	572,5	91	39	0	2025-05-22 08:00:00
9	24,35	5,37	1017,85	60,23	39	0	2025-05-20 09:00:00
10	25,3	5,34	544,04	60,01	39	0	2025-05-19 09:00:00
11	23,62	5,32	375,23	84,66	39	0	2025-05-17 09:00:00
12	23,44	5,31	383,81	88,55	39	0	2025-05-17 08:00:00
13	26,26	5,31	408,77	55,6	39	0	2025-05-15 14:00:00
14	26,33	5,4	449,88	54,15	39	0	2025-05-15 13:00:00
15	-122,79	5,74	1069,99	40,43	39	34,57	2025-05-05 13:00:00
16	-127	6,15	1456,87	44	39	37,24	2025-05-02 14:00:00
17	-127	6,1	1465,56	43	39	37,37	2025-05-02 13:00:00
18	-127	6,46	1446,75	39	39	39,7	2025-05-02 11:00:00
19	-127	6,27	1327,75	59,42	39	31,55	2025-04-30 15:00:00
20	-127	6,04	1032,99	52,68	39	31,9	2025-04-30 14:00:00
21	26,77	6,1	879,26	77,22	39	36,64	2025-04-29 11:00:00

HASIL UJI TA ANITA									
Metode	Precision	Recall	F1-score	Accuracy	SVM				
SVM	0.96	0.95	0.95	0.95	precision	recall	f1-score	support	
Random Forest	0.95	0.95	0.95	0.95	class 3	0.89	1.00	0.94	16
Decision Tree	0.93	0.93	0.93	0.93	class 4	1.00	0.91	0.95	11
Logistic Regression	0.85	0.85	0.85	0.85	class 5	1.00	0.93	0.96	14
MLP	0.95	0.95	0.95	0.95	accuracy			0.95	41
					macro avg	0.96	0.95	0.95	41
					weighted avg	0.96	0.95	0.95	41
					RF				
					precision	recall	f1-score	support	
					class 3	0.94	0.94	0.94	16
					class 4	0.91	0.91	0.91	11
					class 5	1.00	1.00	1.00	14
					accuracy			0.95	41
					macro avg	0.95	0.95	0.95	41
					weighted avg	0.95	0.95	0.95	41
					DT				
					precision	recall	f1-score	support	
					class 3	0.88	0.94	0.91	16
					class 4	0.91	0.91	0.91	11
					class 5	1.00	0.93	0.96	14
					accuracy			0.93	41
					macro avg	0.93	0.93	0.93	41
					weighted avg	0.93	0.93	0.93	41