

**ANALISIS DAN MONITORING TANAMAN PAKCOY PADA
SMART GREEN HOUSE UNINUS DENGAN *MACHINE
LEARNING***

SKRIPSI

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



Oleh :

Kusnayadi

41037002211025

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA

2025

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Kusnayadi
NIM : 41037002211025
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul “**ANALISIS DAN MONITORING TANAMAN PAKCOY PADA *SMART GREEN HOUSE* UNINUS DENGAN *MACHINE LEARNING*”** 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, 16 Juli 2025

Yang membuat pernyataan.

Kusnayadi
41037002211025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DAN MONITORING TANAMAN PAKCOY PADA *SMART GREEN HOUSE* UNINUS DENGAN *MACHINE LEARNING*

Disusun dan diajukan oleh:

Kusnayadi

41037002211025

Disetujui dan disahkan pada sidang

Skripsi pada tanggal:

Bandung, 26 Juni 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Muhammad Zimamul Adli, M.Si.

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

**ANALISIS DAN MONITORING TANAMAN PAKCOY *PADA SMART
GREEN HOUSE* UNINUS DENGAN *MACHINE LEARNING***

Telah Diterima oleh :

Kusnayadi

41037002211025

Bandung, 18 Juli 2025

Mengesahkan

Penguji I

Penguji II

Agung Muhamad Toha, S. ST., M.T.

Ryan Nur Iman, M.Sc.

Ketua Sidang

Dr. Iksal Rachman, M.T.

BIODATA PENULIS



Nama : Kusnayadi
Tempat Tanggal Lahir : Bandung, 21 November 2002
Telepon : 0882001868470
Email : kusnayadi8431@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SD Negeri Sukalaksana 1
SMP Negeri 45 Bandung
SMK Kartika Siliwangi XIX – 1 Bandung

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan kesehatan kepada kita semua sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **ANALISIS DAN MONITORING TANAMAN PAKCOY PADA *SMART GREEN HOUSE* UNINUS DENGAN *MACHINE LEARNING***.

Walaupun demikian penyusun berusaha dengan semaksimal mungkin demi kesempurnaan skripsi ini. Saran dan kritik yang bersifat membangun begitu diharapkan oleh penyusun demi kesempurnaan. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Kepada Tuhan yang telah memberikan kenikmatan dan kesehatan sampai saat ini.
2. Ibu Juliaha dan Bapak Endeh Didin selaku orang tua yang selalu memberikan dorongan secara motivasi, doa dan semangat hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Endang Komara, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Nusantara.
4. Bapak Dr. Ricky Yoseptri, S.T., M.M. Pd selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara.
5. Bapak Muhammad Zimamul Adli, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan Dosen pembimbing 1 yang senantiasa memberikan pengarahan dan nasihat kepada penyusun.
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 telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penyusun.
8. Yang Terkasih Dina Marlisa Putri S.T yang selalu memberikan dukungan dan selalu memberikan motivasi kepada penyusun.

9. Teman-teman kelas teknik elektro angkatan 2021 yang selalu memberi semangat satu sama lain.

10. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Semoga atas bantuan dengan ketulusan hati yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas oleh Tuhan dan semoga langkah kita selalu dalam lindungan-Nya. Demikian, Semoga skripsi ini dapat diterima sebagai ide atau gagasan yang menambah kekayaan intelektual bangsa.

Bandung, 16 Juli 2025

Kusnayadi
41037002211025

ABSTRAK

Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning* telah membuka peluang besar dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas di bidang pertanian, salah satunya melalui penerapan sistem *Smart Green House*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan klasifikasi kondisi tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) berbasis IoT dan algoritma *Machine Learning* di *Smart Green House* Universitas Islam Nusantara. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor seperti SHT30, BH1750, DHT22, serta sensor CO₂ untuk memantau parameter lingkungan, seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, suhu panel box, dan kadar CO₂ secara *real-time*. Data hasil monitoring digunakan sebagai input untuk proses klasifikasi kondisi tanaman dengan menerapkan lima metode *Machine Learning*, yaitu *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, *Decision Tree*, *Logistic Regression*, dan *Multi Layer Perceptron* (MLP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* memberikan performa terbaik dengan nilai akurasi sebesar 84%, *precision* 86%, *recall* 87%, dan *F1-score* 86%. Sistem ini tidak hanya mampu memantau kondisi lingkungan secara otomatis, tetapi juga dapat memprediksi kondisi tanaman secara cerdas, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen Pakcoy. Penerapan sistem ini juga menjadi upaya konkret untuk mendorong efisiensi, keberlanjutan, dan modernisasi pertanian hidroponik di Indonesia.

Kata kunci: *Smart Green House*, Pakcoy, *Internet of Things*, *Machine Learning*, *Random Forest*.

ABSTRACT

*The advancement of Internet of Things (IoT) and Machine Learning technologies has opened significant opportunities to improve efficiency and effectiveness in the agricultural sector, one of which is through the implementation of a Smart Greenhouse system. This research aims to design and implement a monitoring and classification system for Pakcoy (*Brassica rapa L.*) plants based on IoT and Machine Learning algorithms at the Smart Greenhouse of Universitas Islam Nusantara. The system integrates various sensors, including SHT30, BH1750, DHT22, and CO₂ sensors to monitor environmental parameters such as temperature, humidity, light intensity, panel box temperature, and CO₂ levels in real-time. The collected data is used as input for classifying plant conditions using five Machine Learning algorithms: Support Vector Machine (SVM), Random Forest, Decision Tree, Logistic Regression, and Multi-Layer Perceptron (MLP). The research results show that the Random Forest algorithm provides the best performance with an accuracy of 84%, precision of 86%, recall of 87%, and F1-score of 86%. The system is capable of automatically monitoring environmental conditions and intelligently predicting plant conditions, thereby expected to improve the quality and quantity of Pakcoy harvest. The implementation of this system also serves as a concrete step towards promoting efficiency, sustainability, and the modernization of hydroponic agriculture in Indonesia.*

Keywords: *Smart Greenhouse, Pakcoy, Internet of Things, Machine Learning, Random Forest.*

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
BIODATA PENULIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 <i>Start of The Art</i>	5
2.2 <i>Smart green house</i>	6
2.3 <i>Machine Learning</i>	7
2.4 <i>Support Vector Machine</i>	7
2.5 <i>Random Forest</i>	8
2.6 <i>Decision Tree</i>	10
2.7 <i>Logistic Regression</i>	10
2.8 <i>Multi Layer Perceptron</i>	11
2.9 Tanaman Pakcoy	11
2.10 Smart Hidroponik.....	12
2.11 Parameter.....	12
2.10.1 Temperatur	12
2.10.2 Kelembapan.....	13

2.10.3	Temperatur Panel Box.....	13
2.10.4	Intensitas Cahaya	13
2.10.5	CO2	14
BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....		15
3.1	Jenis Penelitian.....	15
3.2	Pendekatan Penelitian	15
3.3	Variabel Penelitian	17
3.3.1	Variabel Independen (Variabel Bebas).....	17
3.4	Alur Penelitian	18
3.5	Perancangan Sistem	19
3.5.1	SHT30	19
3.5.2	BH1750	19
3.5.1	DHT22	20
3.6	Skema Penelitian.....	21
3.7	Diagram Alur Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Datasheet Yang Digunakan	25
4.2	Perkembangan Tanaman Pakcoy.....	26
4.3	Hasil <i>Machine Learning</i>	28
4.3.1	SVM.....	28
4.3.2	RF.....	28
4.3.3	DT	29
4.3.4	LR.....	30
4.3.5	MLP	31
4.4	Hasil Data <i>Machine Learning</i>	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....		37
LAMPIRAN.....		40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Gambar Random Forest</i>	9
Gambar 3. 1 Sensor SHT30	19
Gambar 3. 2 Sensor BH1750	20
Gambar 3. 3 Sensor DHT22.....	20
Gambar 3. 5 Skema Penelitian	21
Gambar 3. 6 Diagram Alur Penelitian.....	23
Gambar 4. 1 Grafik Hasil <i>Data Machine Learning</i>	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 4. 1 Datasheet Setiap Sensor	25
Tabel 4. 2 Perkembangan Tanaman Pakcoy.....	26
Tabel 4. 3 SVM	28
Tabel 4. 4 RF.....	29
Tabel 4. 5 DT.....	29
Tabel 4. 6 LR.....	30
Tabel 4. 7 MLP.....	31
Tabel 4. 8 Hasil Data <i>Machine Learning</i>	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan aspek penting dan landasan peradaban manusia, yang menjadi penopang keberlangsungan hidup populasi manusia. Hal ini penting demi memastikan ketersediaan produk pangan yang terjangkau, berkualitas, dan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus bertambah. Sepanjang sejarah, pertanian selalu menjadi pilar utama masyarakat dan menjadi fondasi penting bagi peradaban, kemajuan, dan kestabilan sosial, demi tercukupinya kebutuhan pangan pokok. Dari pendekatan tradisional yang bergantung pada tenaga manusia dan hewan, hingga penggunaan teknologi modern, pertanian terus menyesuaikan diri demi memenuhi kebutuhan pangan yang terus naik. (Media LD, 2024).

Pemenuhan kebutuhan sumber daya demi mewujudkan ketahanan pangan merupakan tantangan penting bagi pemerintah. Upaya tersebut tidak terpisah dari beragam masalah yang terjadi di sektor pertanian. Beberapa masalah yang sering dihadapi meliputi serangan hama atau penyakit, serta kondisi iklim yang sulit diprediksi. (Ardiansyah, 2024).

Pada era modern, banyak petani yang mulai menggunakan *greenhouse* untuk menanam, karena budidaya di dalam *greenhouse* dapat menghasilkan tanaman yang lebih berkualitas. Hal ini terjadi karena tanaman terlindung dari serangan hama dan penyakit, tidak seperti apabila ditanam di luar. *Greenhouse*, yang juga sering disebut rumah tanaman, berguna sebagai tempat budidaya yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan dan kondisi lingkungan. Bangunan *greenhouse* umumnya berbentuk melengkung dan menggunakan material bening atau transparan, sehingga cahaya dapat menembus secara optimal. Dengan cara ini, tanaman dapat terlindung dari

kondisi iklim yang tidak menentu, yang dapat merugikan proses pertumbuhannya. (Dyah Nikmah Rizkiani, 2020).

Greenhouse merupakan sebuah bangunan yang digunakan untuk budidaya tanaman, sehingga tanaman dapat terlindung dari serangan hama, penyakit, dan kondisi cuaca yang berubah-ubah. Dengan menggunakan *greenhouse*, pertumbuhan tanaman dapat terjaga lebih optimal karena terlindung dari hama, penyakit, dan pengaruh iklim yang tidak menentu. (Ardiansyah, 2024).

Penggunaan teknologi ini tidak hanya dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah produksi, tetapi juga demi mencapai efisiensi dan keberlanjutan proses budidaya. Oleh karena itu, melalui penelitian ini diharapkan dapat dirancang sebuah sistem *greenhouse IoT* yang mampu memantau dan mengontrol kondisi lingkungan secara otomatis, sekaligus menerapkan klasifikasi tanaman stroberi secara cerdas menggunakan metode SVM. (Bobby Kurniadi W, 2021).

Klasifikasi daun pakcoy machine learning menggunakan SVM, bernilai akurasi 79%. (Fuadi et al 2021).

Dengan menggunakan machine learning bisa menghemat biaya dan waktu daripada penelitian laboratorium. (Wet lab).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah sistem klasifikasi tanaman pakcoy dengan menerapkan algoritma *Random Forest*.

1.2 Rumusan masalah

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

1. Bagaimana menganalisis daun pakcoy menjadi multi klasifikasi *machine learning* dengan klasifikasi pada daun pakcoy?

2. Bagaimana menganalisis temperatur, kelembapan, Co2, intensitas cahaya, dan temperatur panel box smart *greenhouse* uninus?
3. Bagaimana sistem IoT yang diintegrasikan pada tanaman hidroponik sehingga bisa menjadi inputan *machine learning*?
4. Bagaimana *parameter accuracy, precision, recall*, dan *f1-score* untuk tujuan penelitian keluaran machine learning?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Merancang *machine learning* pada tanaman hidroponik, khususnya pakcoy dengan menghasilkan nilai *accuracy, precision, recall*, dan *f1-score*.
2. Menganalisis hasil dari temperatur, kelembapan, Co2, intensitas cahaya, dan temperatur panel box pada smart *greenhouse* uninus untuk inputan *machine learning*.
3. Menganalisis SVM, *Random Forest, Decision Tree, Logistic Regression*, dan MLP.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman peneliti dalam menerapkan teknologi IoT dan *machine learning* pada budidaya hidroponik.
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi dan sumber belajar bagi pengembangan teknologi pertanian, IoT, dan kecerdasan buatan, serta menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut di masa depan.

3. Hasil penelitian ini dapat menjadi pedoman teknologi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas panen, menjaga kondisi tanaman optimal, serta membuat proses budidaya lebih efisien, terkontrol, dan mudah dipantau.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Start of The Art*

No.	Penulis	Judul	Jenis Penulisan	Hasil Pembahasan
1	Ester Elysabeth Br Tobing et al. (2024)	Sistem Monitoring Budidaya Tanaman Pakcoy Berbasis IoT	Jurnal	Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu rata-rata untuk parsing data dan menampilkan berbagai nilai adalah sebagai berikut: 1,2 detik untuk nilai pH, tegangan panel, arus panel, dan daya panel; 1,3 detik untuk tegangan baterai; dan 1,5 detik untuk volume tangki. Uji konektivitas Wi-Fi dengan ESP32 menunjukkan bahwa koneksi stabil hingga jarak 29,9 meter
2	Thomas Nelson Kolo et al. (2023)	Rancang Bangun Smart <i>Greenhouse</i> Untuk Budidaya	Jurnal	Dari hasil proses penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan rumah kaca dalam budidaya tanaman merupakan metode penyediaan lingkungan yang mendekati kondisi ideal bagi pertumbuhan tanaman. Ini memudahkan petani untuk bekerja dari rumah karena rumah kaca dikendalikan oleh komputer.
Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang penulis lakukan ialah :				
3	Kusnayadi (2025)	Analisis dan Monitoring Tanaman Pakcoy Pada Smart <i>Green House</i> Uninus Dengan IoT dan <i>Machine Learning</i>	Tugas akhir	Berdasarkan hasil penelitian, algoritma <i>Random Forest</i> terbukti memberikan performa terbaik dalam sistem klasifikasi kondisi tanaman Pakcoy dengan nilai evaluasi yang tinggi dan seimbang. Perubahan parameter lingkungan seperti suhu,

				kelembapan, intensitas cahaya, CO ₂ , dan suhu panel box berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, <i>Random Forest</i> direkomendasikan sebagai model utama untuk prediksi kondisi tanaman Pakcoy, sedangkan algoritma lain seperti SVM, MLP, <i>Decision Tree</i> , dan <i>Logistic Regression</i> menunjukkan hasil yang kurang optimal.
--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Smart green house

Greenhouse merupakan sebuah tempat yang berguna untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Dengan menggunakan *greenhouse*, tanaman dapat terlindung dari serangan penyakit dan hama yang sering terjadi. Hal ini membuat kondisi tanaman di dalam *greenhouse* berbeda secara signifikan dari tanaman yang ditanam di luar, dimana tanaman di luar lebih rentan terhadap hama dan penyakit. Selain itu, *greenhouse* juga memiliki peran penting sebagai sarana produksi, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan hasil panen. (Aji Nur Iman & Suyud Widiono, 2024).

Greenhouse, yang juga sering disebut rumah tanaman, berguna sebagai tempat budidaya yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan lingkungan. Bangunan *greenhouse* umumnya berbentuk melengkung dan ditutupi material bening atau transparan, sehingga cahaya dapat masuk secara optimal demi mendukung proses produksi. Selain itu, *greenhouse* juga melindungi tanaman dari kondisi iklim yang tidak menentu, sehingga pertumbuhannya dapat berjalan lebih baik dan terjaga. (Dyah Nikmah Rizkiani, 2020).

Greenhouse dapat dibangun di kawasan tropis dan subtropis. Terdapat perbedaan fungsi *greenhouse* di masing-masing daerah. Di kawasan tropis, *greenhouse* berguna untuk melindungi tanaman dari hujan langsung dan intensitas cahaya matahari yang berlebihan. Sementara di kawasan subtropis,

greenhouse dimanfaatkan sebagai tempat budidaya pada saat musim gugur, semi, dan dingin. Dalam menentukan lokasi pendirian *greenhouse*, perlu dipertimbangkan berbagai aspek, seperti potensi pasar dan biaya investasi.

2.3 Machine Learning

Kecerdasan buatan merupakan sebuah bidang di ilmu komputer yang bertujuan untuk menciptakan perangkat lunak dan keras yang dapat bekerja layaknya manusia, yaitu *Artificial Intelligence* (AI). *Machine Learning* (ML) adalah salah satu penerapan dari *Artificial Intelligence* (AI) yang fokus pada pengembangan sistem yang dapat belajar secara mandiri, tanpa perlu diprogram secara terus-menerus. (Chalifa Chazar & Bagus Erawan Widhiaputra, 2020).

Machine Learning merupakan sebuah pendekatan untuk mencapai kecerdasan buatan melalui dua tahapan, yaitu proses pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*). Dalam proses *Machine Learning*, dibutuhkan sebuah kumpulan data, yaitu data *training*, yang digunakan pada tahap belajar sebelum nantinya dapat memberikan sebuah hasil. Dengan kata lain, *Machine Learning* dapat dijabarkan sebagai sebuah teknik pemrograman komputer yang belajar dari data *training* demi mencapai kriteria atau tujuan yang diharapkan (Rohan et al, 2020).

2.4 Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) merupakan sebuah algoritma yang berdasarkan pada prinsip risiko terstruktur (*structural risk minimization*) dari teori pembelajaran statistik. SVM bekerja dengan menemukan sebuah *hyperplane* yang dapat memisahkan kelompok data yang berbeda, sehingga mayoritas titik pada masing-masing kelompok dapat dipisahkan secara maksimal. *Hyperplane* merupakan sebuah garis pada dimensi 2, sebuah bidang pada dimensi 3, dan pada dimensi yang lebih luas disebut *hyperplane*. Meskipun demikian, akurasi yang dihasilkan masih dianggap kurang maksimal dan proses generalisasinya juga masih terbatas. Fungsi utama SVM yaitu:

1. Mencari *hyperplane* terbaik yang dapat memisahkan dua kelompok data

dengan *margin* terbesar.

2. Mengutamakan *support vector*, yaitu titik-titik yang paling dekat ke *hyperplane*.
3. Menggunakan kernel trick untuk menangani data yang tidak dapat dipisah secara *linear*.

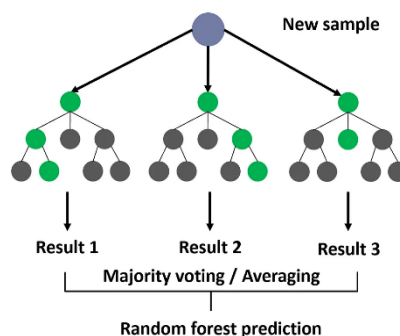
SVM memiliki kelebihan berupa akurasi yang cukup baik dan cocok diterapkan pada data berdimensional besar. Sedangkan kekurangannya yaitu proses perhitungannya lebih lambat pada dataset yang besar dan membutuhkan penyesuaian parameter. (Hovi Sohibul Wafa, 2022).

2.5 Random Forest

Random Forest merupakan sebuah metode klasifikasi yang dibentuk dari sekumpulan pohon keputusan, dimana vektor acak yang digunakan didistribusikan secara identik dan *independen*. Setiap pohon keputusan memberikan satu suara kepada kelas yang paling dominan. Fungsi utama dari *Random Forest* yaitu:

1. Menggabungkan beberapa *Decision Tree* (*ensembling*).
2. Setiap pohon dibangun dari subset data dan fitur yang dipilih secara acak.
3. Hasil akhir ditentukan berdasarkan voting (pada masalah ini klasifikasi) atau rata-rata (pada masalah regresi) dari seluruh pohon.

Kelebihan dari *Random Forest* yaitu akurat, tahan terhadap overfitting, kekurangannya, metode ini kurang mudah diinterpretasikan dan proses



perhitungannya lebih lambat dibanding penggunaan sebuah pohon keputusan saja. (Luthfiana et all, 2019).

Gambar 2. 1 Gambar Random Forest

Langkah- Langkah dasar *Random Forest* (klasifikasi atau regresi)

1. *Bootstrap Sampling*
2. *Feature Subset Selection (Random Feature Selection)*
3. Pembuatan Pohon (*Tree Building*)
4. Agregasi Hasil

Rumus dan Notasi Matematis

Misalkan :

- Dataset pelatihan $D = \{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)\}$
- X_i = fitur input ke-i
- Y_i = label target ke-i
- T_b = pohon ke-b dari total B pohon
- $F(x)$ = hasil prediksi akhir *Random Forest* untuk input x

Untuk Klasifikasi

Prediksi akhir (voting mayoritas) :

$$F(x) = \text{mode} \{T_1(x), T_2(x), \dots, T_B(x)\}$$

Artinya, prediksi akhir adalah kelas yang paling sering diprediksi oleh seluruh pohon.

Untuk Regresi

Prediksi akhir (rata- rata)

$$F(x) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_b(x)$$

Artinya, prediksi akhir adalah nilai rata- rata dari semua prediksi yang dihasilkan oleh setiap pohon.

Evaluasi Split Node (Gini Impurity untuk Klasifikasi)

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^c P_i^2$$

- C : jumlah kelas
- P_i : proporsi data untuk kelas ke- i di node itu

Semakin rendah nilai Gini, semakin “murni” node tersebut.

2.6 Decision Tree

Decision Tree merupakan sebuah metode klasifikasi dan prediksi yang unggul dan sering digunakan. Metode ini mampu mengubah kumpulan data yang besar menjadi sebuah struktur pohon keputusan, sehingga aturannya dapat dipahami secara mudah. Dalam sebuah *Decision Tree*, setiap daun mewakili sebuah label atau keputusan, dan proses pembentukannya melibatkan pembagian data secara bertahap berdasarkan serangkaian aturan. Fungsi utama dari *Decision Tree* yaitu:

1. Membagi data berdasarkan fitur secara *rekursif*, sehingga terbentuk sebuah struktur seperti pohon.
2. Setiap node mewakili sebuah fitur, dan cabang merupakan hasil dari pembagian tersebut.
3. Keputusan final dapat dilihat pada *leaf node*.

Kelebihan dari *Decision Tree* yaitu mudah dipahami dan diterangkan, dan tidak membutuhkan proses normalisasi data. Sedangkan kekurangannya yaitu rentan terjadi *overfitting*, terutama apabila diterapkan pada data yang *kompleks*. (Ari Muzakir et al, 2016).

2.7 Logistic Regression

Regresi Logistik (*Logistic Regression*) merupakan bagian dari analisis regresi yang diterapkan apabila variabel *dependen* (respon) bersifat dikotomi. Variabel dikotomi umumnya hanya memiliki dua kemungkinan, yaitu terjadi

atau tidak terjadi, dan biasanya diberi label 0 atau 1. Fungsi utama dari Regresi Logistik yaitu:

1. Menggunakan fungsi logistik (sigmoid) untuk memetakan *output* ke rentang 0 dan 1.
2. Cocok digunakan pada masalah klasifikasi biner, seperti spam atau bukan spam.
3. Menghasilkan probabilitas sebagai output.

Kelebihan Regresi Logistik yaitu prosesnya cepat, mudah diinterpretasikan, dan kinerjanya cukup baik apabila hubungan antar fitur bersifat *linear*. Sedangkan kekurangannya, Regresi Logistik tidak dapat bekerja secara maksimal apabila hubungan antar fitur tidak *linear*. (Dwi Yuni Utami, 2021).

2.8 Multi Layer Perceptron

Jaringan syaraf *multilayer* atau *multilayer perceptron* (MLP) terdiri dari beberapa lapisan yang masing-masing punya sejumlah node. MLP dapat dibentuk sesuai kebutuhan, dan umumnya terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi (hidden), dan lapisan output. Fungsi utama dari MLP yaitu:

1. Merupakan bentuk dasar dari jaringan syaraf tiruan yang memiliki beberapa lapisan tersembunyi.
2. Menggunakan metode *backpropagation* untuk proses pelatihannya.
3. Mampu mengenali dan belajar dari hubungan *non-linear* yang kompleks.

Kelebihan MLP terletak pada kekuatannya dan *fleksibilitasnya* untuk diterapkan pada berbagai jenis data. Sementara kekurangannya yaitu membutuhkan lebih banyak data dan waktu yang cukup lama untuk proses pelatihan. (Nimas Ratna Sari dan Yulaikha Mar'atullatifah, 2023).

2.9 Tanaman Pakcoy

Pakcoy (*Brassica rapa L.*) merupakan salah satu jenis sayuran yang cukup populer di kalangan masyarakat Indonesia. Di Indonesia, daun pakcoy

sering dimanfaatkan sebagai bahan utama atau pelengkap pada berbagai jenis makanan (Vivonda dan Yoseva, 2016).

Selain dimanfaatkan sebagai sayuran, pakcoy juga berguna bagi kesehatan manusia. Hal ini disebabkan pakcoy termasuk jenis sayuran *cruciferous* yang kaya akan senyawa *glukosinolat*. *Glukosinolat* memiliki sifat antibakteri, termasuk mampu melawan bakteri *Escherichia coli*, yaitu bakteri yang dapat menyebabkan diare (Wahyuni, 2014).

2.10 Smart Hidroponik

Indonesia merupakan negara agraris, namun sayangnya saat ini minat generasi muda untuk terjun di sektor pertanian terus menurun. Berdasarkan data Kementerian Pertanian, jumlah petani muda Indonesia yang berusia 20–39 tahun hanya sekitar 2,7 juta orang, atau sekitar 8 persen saja dari total 33,4 juta petani. (Jamsi, 2022).

Hidroponik adalah metode bercocok tanam yang menggunakan media air sebagai pengganti tanah. Namun, sistem monitoring pada tanaman hidroponik di Lombok *Center-Hidroponik* masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi untuk memantau dan mengontrol tanaman hidroponik secara *real-time* 24 jam. (Siska Handayani, 2024).

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan teknologi berbasis sensor dan *Internet of things* (IoT) untuk menciptakan *Smart Agriculture* yang mendukung peningkatan produktivitas pertanian. (Prabowo, 2023).

2.11 Parameter

2.10.1 Temperatur

Temperatur adalah suatu penunjukan nilai panas atau dingin yang dapat diperoleh/diketahui dengan menggunakan suatu alat yang dinamakan termometer. Termometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur dan menunjukkan besaran temperatur. tujuan pengukuran temperatur adalah untuk mencegah kerusakan pada alat-alat tersebut, mendapatkan kondisi operasi yang

diinginkan, pengontrolan jalannya proses. (Fataha et al, 2019).

2.10.2 Kelembapan

Kelembaban udara merupakan parameter yang menyatakan jumlah uap air yang terkandung di dalam udara. Semakin banyak uap air yang dikandung didalam udara, semakin lembab udara tersebut. Tingkat kejenuhan uap air di udara dipengaruhi oleh temperatur. Jika tekanan uap parsial sama terhadap tekanan uap air yang jenuh, maka bisa timbul pepadatan atau akan terjadinya hujan karena akan mencapai batas maksimum udara dalam menampung uap air. Secara matematis, kelembaban relative (RH) digambarkan sebagai persentase yang membandingkan tekanan parsial uap air dengan tekanan uap air jenuh. Penelitian kelembaban udara menggunakan alat bernama higrometer, digunakan tipe higrometer putar dalam penelitian yang memiliki kualifikasi untuk mendapatkan nilai kelembaban relatif (Makruf, 2025).

2.10.3 Temperatur Panel Box

Temperatur Panel box adalah komponen krusial dalam sistem greenhouse IoT yang berfungsi sebagai pusat kontrol dan proteksi perangkat listrik dan sensor suhu. Panel ini mengontrol, memantau, dan mengatur suhu lingkungan secara otomatis berdasarkan data sensor dan algoritma klasifikasi tanaman Pakcoy.

2.10.4 Intensitas Cahaya

Dalam perancangan sebuah sistem *greenhouse* berbasis *Internet of Things* (IoT), pemilihan sensor merupakan aspek penting yang nantinya akan menentukan keberhasilan proses monitoring dan pengoptimalan kondisi lingkungan tempat tanaman tumbuh. Salah satu parameter penting yang perlu diawasi adalah intensitas cahaya, karena cahaya memiliki peran langsung terhadap proses fotosintesis dan perkembangan fisiologis tanaman. Tanaman membutuhkan cahaya yang cukup dan sesuai demi tercapainya proses fotosintesis yang maksimal dan efisien (Siregar & Handoko, 2020).

Oleh karena itu, penggunaan sensor intensitas cahaya pada sistem greenhouse pintar menjadi penting demi dapat mendeteksi dan menyesuaikan

tingkat pencahayaan sesuai kebutuhan tanaman secara *real-time*. Selain itu, keberhasilan implementasi sistem juga bergantung pada perancangan arsitektur IoT dan integrasi sensor yang sesuai. Untuk mencapai sebuah sistem yang akurat dan responsif, dibutuhkan studi pustaka dan pemahaman mendalam terhadap beragam referensi ilmiah yang tersedia, seperti pengembangan teknologi IoT, jenis sensor yang digunakan (DHT22, SHT20, DS18B20), hingga platform pengontrol dan komunikasi data, seperti NodeMCU ESP32 dan aplikasi monitoring berbasis *cloud* (Rahmadani, 2021).

Intensitas cahaya merupakan jumlah energi cahaya yang diterima, sehingga aspek intensitas ini juga berkaitan dengan durasi penyinaran, yaitu lamanya matahari bersinar sepanjang hari. Intensitas cahaya matahari turut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakter *morfologis* tanaman. Hal ini terjadi karena cahaya matahari dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis, yaitu menyatukan CO₂ dan air demi menghasilkan karbohidrat (Roby Friadi, 2019).

2.10.5 CO₂

CO₂ merupakan sumber karbon penting bagi pertumbuhan tanaman dan berguna untuk mendukung aktivitas akar. CO₂ juga menjadi komponen penting yang dibutuhkan tanaman, yaitu untuk mengoptimalkan proses perubahan energi yang tersedia di dalam molekul karbon CO₂ menjadi energi yang berguna demi mendukung pertumbuhan dan perkembangannya (Telkom,).

CO₂ merupakan parameter yang cukup peka terhadap kondisi lingkungan, terutama cahaya dan konsentrasi CO₂ di sekitarnya, juga bergantung pada karakteristik tanaman, seperti jenis, umur, dan tipe daun yang diukur (Nuril Hidayanti, 2013).

BAB III

PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini, akan dijelaskan desain penelitian dan perancangan sistem. Bab ini menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian. Pemilihan metode penelitian disesuaikan dengan jenis data yang dibutuhkan dan akan menggunakan paling relevan dalam menjawab rumusan masalah. Pada bab ini, juga akan dijelaskan jenis penelitian yang digunakan, populasi dan sampel data, instrumen penelitian yang digunakan, prosedur pengumpulan data.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif, karena metode tersebut paling sesuai apabila fokus penelitiannya terletak pada pengukuran dan analisis data numerik untuk menemukan pola dan hubungan antara variabel, baik variabel bebas maupun terikat. Dalam penelitian ini, algoritma *Random Forest* digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi regresi dan klasifikasi, sedangkan data yang dianalisa berasal dari sensor IoT. Hal ini membutuhkan pendekatan berbasis data numerik yang dapat diukur dan dianalisa secara statistik (Arliani, 2021; Acoci et al., 2023; Suhara, 2022).

Selain alasan yang disebutkan sebelumnya, pendekatan kuantitatif juga dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas algoritma *Random Forest* dalam mendeteksi regresi dan klasifikasi. Metode ini juga memungkinkan peneliti mengumpulkan data dalam jumlah besar, sehingga kinerja algoritma dapat diukur secara lebih luas dan mendalam pada konteks smart hidroponik (Oktavia, 2023; Acoci et al., 2023). Selain itu, pendekatan kuantitatif dapat diterapkan pada skala yang lebih luas, sehingga mendukung implementasi teknologi IoT pada berbagai sistem pertanian (Arliani, 2021; Suhara, 2022).

3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini merupakan pendekatan studi kasus. Metode studi kasus dianggap relevan dan sesuai untuk mendeteksi klasifikasi pada sistem smart hidroponik menggunakan algoritma *Random*

Forest. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat menganalisa regresi dan klasifikasi secara lebih rinci dan mendalam, sehingga dapat memahami secara luas bagaimana dinamika dan hubungan antar variabel terjadi di dalam sistem smart hidroponik.

Pemilihan pendekatan studi kasus juga didasarkan pada kompleksitas sistem *smart hidroponik* yang melibatkan berbagai variabel, seperti sensor IoT, kondisi lingkungan, dan algoritma *Random Forest* yang diterapkan untuk mendeteksi klasifikasi. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat lebih fokus pada satu atau beberapa sistem hidroponik, sehingga proses pengumpulan data lebih rinci dan analisis dapat lebih mendalam, khususnya terkait proses regresi dan klasifikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Wulandari dan Sumiar (2021) yang menunjukkan bahwa teknologi *smart* dapat diterapkan secara optimal pada budidaya pakcoy, dan juga sesuai dengan temuan Iriani dan Lazuli (2018) yang menekankan pentingnya penggunaan IoT untuk memantau kondisi secara real-time dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih matang pada pengelolaan pertanian modern.

Selain berguna untuk memahami hubungan antar variabel, pendekatan studi kasus juga dapat membantu peneliti menemukan pola dan anomali yang mungkin tidak terdeteksi apabila ukuran data terlalu besar. Hal ini penting pada deteksi anomali, karena perbedaan kecil pada data sensor dapat menjadi indikasi masalah yang lebih luas pada sebuah sistem. Selain itu, penelitian Sunarto (2023) tentang deteksi anomali menggunakan *Extended Random Forest* menunjukkan bahwa pendekatan studi kasus dapat memberikan perspektif yang lebih rinci mengenai bagaimana algoritma dapat disesuaikan dan diterapkan pada variasi data yang kompleks.

Dengan demikian, pendekatan studi kasus pada penelitian ini tidak hanya berguna untuk memahami lebih luas proses deteksi regresi dan klasifikasi pada *smart hidroponik*, tetapi juga dapat menjadi landasan untuk mengembangkan solusi yang lebih matang dan *aplikatif* berdasarkan kondisi nyata yang terjadi pada sistem yang diteliti.

3.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat variabel *independen*. Berikut penjelasannya:

Variabel independen merupakan aspek yang dapat diukur dan digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap *variabel dependen*. Data dari variabel-variabel ini nantinya dijadikan sumber informasi untuk mendeteksi regresi dan klasifikasi menggunakan model *Random Forest*. Dalam penelitian ini, variabel-variabel *independen* diambil dari sensor IoT dan meliputi:

3.3.1 Variabel Independen (Variabel Bebas)

Variabel independen merupakan aspek yang dapat diukur dan digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap *variabel dependen*. Data dari variabel-variabel ini nantinya dijadikan sumber informasi untuk mendeteksi regresi dan klasifikasi menggunakan model *Random Forest*. Dalam penelitian ini, variabel-variabel *independen* diambil dari sensor IoT dan meliputi :

1. Temperatur : Suhu termasuk faktor alam yang sangat penting dalam kehidupan. Dalam dunia industri suhu atau temperatur merupakan informasi yang sangat penting untuk diketahui dalam penentuan kualitas air maupun tanah. Pada industri modern *system control* menjadi bagian yang penting pada proses-proses produksi. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan siklus persentasi tingkat akuratan dalam sistem kontrol salah satunya pengendalian suhu yang tepat (Roudotlul Huda et al, 2022).
2. Kelembapan udara (%) : Kelembapan udara dan kelembapan larutan nutrisi turut menentukan kesehatan tanaman (Suryatini et al, 2020).
3. Temperatur Box Panel : pH Suhu box panel umumnya lebih cepat panas karena peletakan dari box tersebut yang terpapar sinar matahari penuh, suhu box panel yang tidak sesuai khususnya untuk penyimpanan barang atau peralatan dapat mempercepat rusaknya peralatan atau barang yang terdapat pada box tersebut. Oleh karena itu perlu adanya sistem monitoring suhu box panel dan pengendali alat pendingin yang praktis, efisien dan dapat dipantau dari jarak jauh. (Dodi Pranata et al, 2022)

4. Intensitas Cahaya : Pertumbuhan dan produktivitas tanaman dipengaruhi cahaya. Cahaya matahari diperlukan untuk menjalankan reaksi terang (LFR) dan siklus Calvin (LIR). Perubahan intensitas cahaya dapat merubah LDR dan LIR. Penyesuaian diperlukan melalui efisiensi penyerapan foton, pengaturan reaksi fotosistem II dan fotosistem I serta fiksasi karbon agar fotosintesis tetap efisien. (Maria Yustiningsih, 2019).
5. CO₂ : Penelitian mengenai manfaat pengkayaan CO₂ telah dimulai di abad yang lalu. Awal tahun 1888, manfaat pemupukan dengan CO₂ telah dilakukan pada tanaman di dalam rumah kaca di Jerman dan di Inggris serta 80 tahun yang lalu di USA. (Sutoyo, 2011).

3.4 Alur Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem deteksi regresi klasifikasi melalui tahapan yang terstruktur. Penelitian diawali dengan mendeteksi regresi dan klasifikasi pada data yang dihasilkan oleh sensor IoT (seperti sensor suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan CO₂), dimana regresi dan klasifikasi tersebut dapat berdampak pada kinerja dan keandalan *smart hidroponik*. Data yang digunakan dapat berasal dari data *historis* ataupun data *real-time*, sesuai pendekatan yang diterapkan (Sari, 2024). Setelah proses pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah tahapan prapengolahan, yaitu membersihkan data dari nilai yang hilang atau tidak valid, kemudian menormalkannya agar seluruh parameter berada pada skala yang seragam (Dewa, 2024).

Setelah data siap, langkah selanjutnya adalah membangun model deteksi regresi dan klasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest*. Algoritma ini bekerja dengan membedakan akurasi yang tinggi dan stabilitas yang baik (Putra et al., 2022). Model yang dihasilkan kemudian dievaluasi menggunakan beberapa ukuran kinerja, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*, demi menilai seberapa akurat model dapat mendeteksi regresi dan klasifikasi (Wulandari & Sumiar, 2021).

Tahapan ini penting demi memastikan bahwa model dapat diandalkan dan diterapkan secara maksimal pada kondisi yang sebenarnya. Hasil evaluasi

kemudian dianalisa dan divisualisasikan demi mendapatkan gambaran yang lebih rinci mengenai pola anomali yang terdeteksi, kemungkinan penyebabnya, dan langkah perbaikan yang dapat diterapkan pada sistem (Iriani & Lazuli, 2018). Penelitian selanjutnya diakhiri dengan interpretasi hasil dan pemberian rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut, demi meningkatkan keandalan *smart hidroponik* secara keseluruhan. Seluruh proses penelitian ini disusun secara rinci dan berdasarkan data, sehingga dapat memberikan solusi yang matang dan terstruktur terhadap masalah deteksi regresi dan klasifikasi pada sistem hidroponik berbasis IoT (Sunarto, 2023).

3.5 Perancangan Sistem

Beberapa komponen utama dalam sistem ini mencakup sensor:

3.5.1 SHT30

kesalahan yang paling kecil yaitu 0,043oC dan tingkat keakuratan pengukuran suhu paling tinggi sebesar 99,76% serta bekerja paling baik dalam pengukuran kelembaban dengan rata-rata kesalahan paling kecil yaitu 2,76% dan tingkat keakuratan pengukuran paling tinggi sebesar 95,49% dibandingkan dengan sensor DHT11 dan DHT22. (HW Sasono et al, 2020).



Gambar 3. 1 Sensor SHT30

3.5.2 BH1750

Sensor BH1750 adalah sensor cahaya mampu mengukur intensitas cahaya dalam range 1 – 65535 lux. Untuk membangun sebuah sistem pemantau, cukup hanya menghubungkan sensor ini dengan mikrokontroler

Arduino nano melalui protokol I2C. (Khuriati, 2022).



Gambar 3. 2 Sensor BH1750

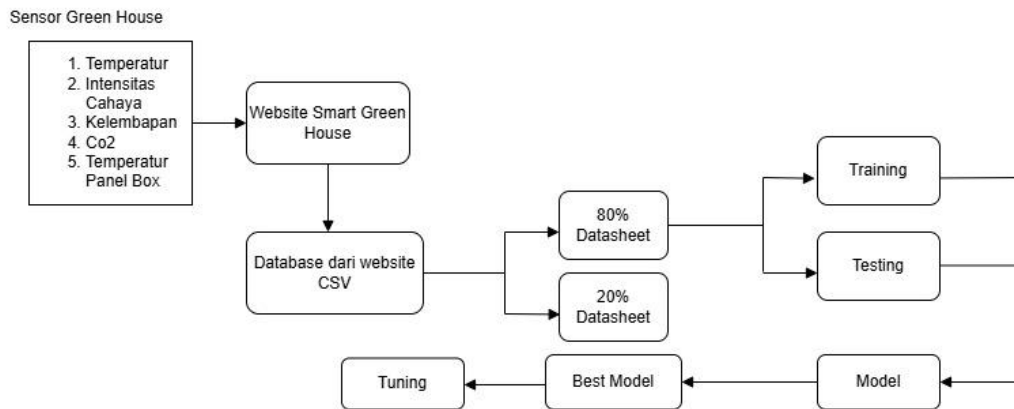
3.5.1 DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor pendeteksi suhu dan kelembapan dan NODEMCU ESP8266 merupakan mikrokontroller sebagai perangkat yang dapat terhubung dengan wifi. Dengan terhubungnya perangkat pada suatu sistem maka diciptakanlah pengembangan alat untuk menstabilkan suhu dan kelembapan secara otomatis. (Saputra et al, 2020).



Gambar 3. 3 Sensor DHT22

3.6 Skema Penelitian



Gambar 3. 4 Skema Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari diagram alur skema penelitian pada gambar diatas, yang menggambarkan sistem pengumpulan data dan pemodelan *Machine Learning* pada *Smart Green House* :

1. *Sensor Green House*

Pada tahap awal, data dikumpulkan dari berbagai sensor yang dipasang di dalam sistem *greenhouse*. Sensor-sensor ini mengukur parameter-parameter penting sebagai input data :

- Temperatur – Suhu di dalam *greenhouse*.
- Intensitas Cahaya – Tingkat pencahayaan yang diterima tanaman.
- Kelembapan – tingkat kelembapan udara.
- CO₂ – Konsentrasi karbon dioksida
- Temperatur Panel Box – Suhu disekitar panel kontrol/panel listrik

2. *Website Smart Green House*

Data yang dikumpulkan dari sensor- sensor dikirim secara otomatis dan real- time ke *website Smart Green House*, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna dan tempat penyimpanan data online.

3. *Database* dari *Website* (CSV)

Website menyimpan data sensor dalam bentuk *file* CSV (*Comma-Separated values*). *File* ini merupakan format standar yang mudah digunakan untuk analisis dan pemrosesan data selanjutnya.

4. Pembagian *Dataset*

Data dalam bentuk CSV kemudian dibagi menjadi dua bagian :

- 80% *Datasheet* digunakan untuk proses *training* (pelatihan model).
- 20% *Datasheet* digunakan untuk *testing* (pengujian model).

Pembagian ini adalah praktik umum dalam *Machine Learning* untuk menghindari *overfitting* dan menguji performa model terhadap data yang belum pernah dilihat.

5. *Training* dan *Testing*

- *Training* : model *Machine Learning* dilatih dengan 80% data. Di sini model belajar mengenali pola sensor.
- *Testing* : model diuji menggunakan 20% data untuk menilai kinerjanya, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan F1- *score*.

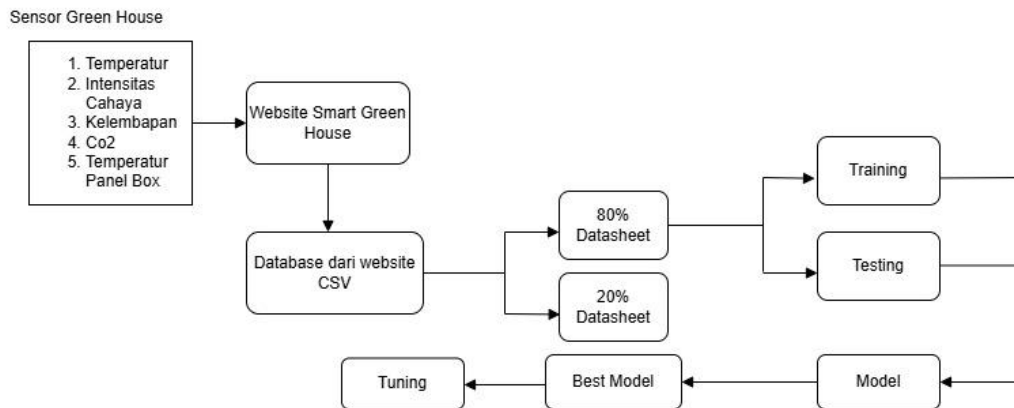
6. Model

Hasil dari proses *training* dan *testing* adalah model awal yang masih dapat ditingkatkan performanya.

7. *Best model* & *Tuning*

- *Tuning* : proses penyesuaian parameter model (misalnya *hyperparameter tuning*) untuk meningkatkan akurasi.
- *Best Model* : Setelah proses *tuning*, diperoleh model terbaik yang siap digunakan untuk prediksi atau klasifikasi kondisi *greenhouse* secara otomatis.

3.7 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 5 Diagram Alur Penelitian

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah
Memahami masalah utama yang mempengaruhi efektivitas pertumbuhan tanaman pakcoy dalam sistem pertanian cerdas.
3. Pengumpulan data
Mengumpulkan data dari sensor IoT, seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya, serta data pertumbuhan tanaman, termasuk tinggi tanaman dan jumlah daun.
4. *Preprocessing Data*
Setelah data terkumpul, dilakukan *preprocessing* untuk membersihkan dan menyiapkan data. Kemudian, model dilatih menggunakan algoritma *Random Forest* untuk membangun model klasifikasi atau prediksi berdasarkan data yang telah disiapkan.
5. *Training model*
Selanjutnya, model dievaluasi menggunakan metrik seperti *precision*, *recall*, *F1-score*, dan akurasi untuk menilai kinerja dan keandalan model yang dibangun.
6. Analisis dan Visualisasi Hasil
Tahap terakhir adalah menganalisis dan memvisualisasikan hasil untuk menafsirkan *output* model dan menyajikan secara *informatif*. Hasil analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi

pada sistem yang dikembangkan, serta diakhiri dengan penarikan kesimpulan akhir.

7. Selesai.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Datasheet Yang Digunakan

Berikut adalah contoh deskripsi datasheet untuk masing- masing sensor yang digunakan dalam sistem *Smart Green House* dan Hidroponik, terutama yang berkaitan dengan pengaturan intensitas cahaya, suhu ruangan, CO₂, kelembapan dan temperatur box.

Tabel 4. 1 Datasheet Setiap Sensor

Class	Temprature	Humidity	CO ₂	Intensity	Panel Box
1	29.10	69.00	398.00	755.00	28.40
2	27.90	54.27	417.01	868.78	30.20
3	25.70	61.00	420.00	775.00	33.90
4	24.70	51.00	419.00	895.00	28.90
5	27.60	58.00	397.00	700.00	29.70
6	28.16	66.09	382.62	982.81	30.40
7	27.59	68.73	380.38	772.81	29.68
8	27.06	70.84	390.78	793.57	29.08
9	26.65	71.60	384.54	703.34	28.57
10	26.14	68.95	396.33	731.05	27.95

Data berikut merupakan hasil pengamatan kondisi lingkungan yang dilakukan selama 10 hari berturut-turut. Pengukuran difokuskan pada lima parameter utama, yaitu Suhu (°C), Kelembaban Udara (%), Kadar CO₂ (ppm), Intensitas Cahaya (lux), dan Suhu Panel Box (°C). Pengambilan data ini bertujuan

untuk memantau dan menganalisis kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi sistem atau perangkat elektronik, khususnya yang berkaitan dengan panel listrik dan perkembangan tanaman.

4.2 Perkembangan Tanaman Pakcoy

Tabel di bawah ini menunjukkan perkembangan tanaman pakcoy selama masa penelitian dalam sistem smart hidroponik. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), lebar daun, dan warna daun yang diukur selama 10 hari.

Tabel 4. 2 Perkembangan Tanaman Pakcoy

Waktu	Tinggi Tanaman	Lebar Daun	Warna Daun
Senin, 19 Mei 2025	4 – 6 CM	3 – 4 CM	HIJAU
Selasa, 20 Mei 2025	7 – 8 CM	4 – 5 CM	HIJAU
Rabu, 21 Mei 2025	8 – 9 CM	5 CM	HIJAU
Kamis, 22 Mei 2025	9 – 10 CM	5 CM	HIJAU
Jumat, 23 Mei 2025	10 – 11 CM	5 – 6 CM	HIJAU
Sabtu, 24 Mei 2025	11 CM	6 – 7 CM	HIJAU
Minggu, 25 Mei 2025	12 CM	7 CM	HIJAU
Senin, 26 Mei 2025	13 CM	7 – 8 CM	HIJAU
Selasa, 27 Mei 2025	14 CM	8 CM	HIJAU
Rabu, 28 Mei 2025	15 CM	9 CM	HIJAU

Berdasarkan data pengamatan dari Senin, 19 Mei 2025 hingga Rabu, 28 Mei 2025, berikut adalah analisis pertumbuhan tanaman berdasarkan tinggi tanaman, lebar daun, dan warna daun :

1. Pertumbuhan Tinggi Tanaman
 - a. Awal minggu : Tinggi tanaman berada pada rentang 4 – 6 cm.
 - b. Akhir minggu : Mencapai 15 cm pada tanggal 28 mei 2025.
 - c. Rata – rata kenaikan tinggi : Sekitar 1 – 2 cm per hari, menunjukkan pertumbuhan yang konsisten dan sehat.
 - d. Total pertumbuhan selama 10 hari : Sekitar 9 – 11 cm, menunjukkan kondisi lingkungan dan nutrisi cukup mendukung.
2. Perkembangan Lebar Daun
 - a. Awalnya 3 – 4 cm, lalu meningkat stabil menjadi 9 cm di hari ke- 10.
 - b. Peningkatan lebar daun juga terlihat konsisten setiap hari, walau dalam interval lebih kecil daripada tinggi tanaman.
 - c. Perkembangan lebar daun yang seiring dengan tinggi menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang proporsional, menandakan tanaman tumbuh tidak kerdil.
3. Warna Daun
 - a. Sepanjang pengamatan, warna daun tetap hijau
 - b. Warna hijau mengindikasikan :
 - 1) Kandungan klorofil baik.
 - 2) Tidak ada gejala kekurangan unsur hara (seperti nitrogen atau magnesium).
 - 3) Tanaman berada dalam lingkungan yang mendukung, baik dari pencahayaan, suhu, maupun kelembapan.
 - c. Tanaman menunjukkan pertumbuhan yang sehat dan optimal dalam 10 hari pengamatan.
 - d. Tidak terdapat anomali pada data – pertumbuhan tinggi dan lebar daun konsisten, dan warna daun tetap hijau.

4.3 Hasil Machine Learning

4.3.1 SVM

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi kinerja algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dalam melakukan klasifikasi terhadap data lingkungan yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman pakcoy.

Tabel 4. 3 SVM

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>support</i>
<i>Class 2</i>	1,00	0,60	0,75	5
<i>Class 3</i>	0,67	1,00	0,80	4
<i>Class 4</i>	0,79	0,95	0,86	20
<i>Class 5</i>	0,94	0,71	0,81	21
<i>Class 6</i>	0,67	0,18	0,29	11
<i>Class 7</i>	0,32	0,38	0,35	32
<i>Class 8</i>	0,52	0,33	0,41	33
<i>Class 9</i>	0,64	0,21	0,31	34
<i>Class 10</i>	0,82	0,70	0,75	33
<i>Class 11</i>	0,32	0,56	0,40	34
<i>Class 12</i>	0,45	0,72	0,55	29
<i>accuracy</i>			0,53	256
<i>Macro avg</i>	0,65	0,58	0,57	256
<i>Weighted avg</i>	0,59	0,53	0,52	256

Precision cukup tinggi (0.65), tapi recall dan F1- Score lebih rendah. Akurasi hanya 0.53, menunjukkan kurang baik dalam mendeteksi kelas sebenarnya. Masih bisa dipertimbangkan, tapi perlu tuning parameter atau *preprocessing* tambahan.

4.3.2 RF

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi kinerja algoritma RF (*Random Forest*) dalam melakukan klasifikasi terhadap data lingkungan yang berhubungan

dengan pertumbuhan tanaman pakcoy.

Tabel 4. 4 RF

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>support</i>
<i>Class 2</i>	1,00	1,00	1,00	5
<i>Class 3</i>	0,67	1,00	0,80	4
<i>Class 4</i>	0,95	1,00	0,98	20
<i>Class 5</i>	1,00	0,86	0,92	21
<i>Class 6</i>	0,90	0,82	0,86	11
<i>Class 7</i>	0,73	0,75	0,74	32
<i>Class 8</i>	0,79	0,70	0,74	33
<i>Class 9</i>	0,82	0,91	0,86	34
<i>Class 10</i>	0,96	0,82	0,89	33
<i>Class 11</i>	0,73	0,88	0,80	34
<i>Class 12</i>	0,89	0,83	0,86	29
<i>accuracy</i>			0,84	256
<i>Macro avg</i>	0,86	0,87	0,86	256
<i>Weighted avg</i>	0,85	0,84	0,84	256

Performa terbaik di semua metrik *Precision*, *recall*, *F1- Score*, dan akurasi semuanya di atas 0.84. Ini menunjukkan *Random Forest* sangat baik dalam *menggeneralisasi* data dan menangani *kompleksitas*, cocok digunakan sebagai model utama.

4.3.3 DT

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi kinerja algoritma *Decision Tree* (DT) dalam melakukan klasifikasi terhadap data lingkungan yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman pakcoy. manajemen pembelajaran program kebutuhan khusus berbasis kontekstual dalam meningkatkan kemandirian siswa dengan hambatan intelektual SDLB di SLB Nike Ardila dan SLB Bina Kasih Bandung

Tabel 4. 5 DT

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>support</i>
<i>Class 2</i>	0,00	0,00	0,00	5
<i>Class 3</i>	0,33	1,75	0,46	4
<i>Class 4</i>	0,49	0,95	0,64	20
<i>Class 5</i>	0,00	0,00	0,00	21
<i>Class 6</i>	0,00	0,00	0,00	11
<i>Class 7</i>	0,50	0,22	0,30	32
<i>Class 8</i>	0,67	0,12	0,21	33
<i>Class 9</i>	0,33	0,18	0,23	34
<i>Class 10</i>	0,62	0,15	0,24	33
<i>Class 11</i>	0,21	1,00	0,35	34
<i>Class 12</i>	0,00	0,00	0,00	29
<i>accuracy</i>			0,30	256
<i>Macro avg</i>	0,29	0,31	0,22	256
<i>Weighted avg</i>	0,34	0,30	0,23	256

Precision (0.29), *recall* (0.31), dan *F1- Score* (0.22) sangat rendah.

Akurasi pun hanya 0.30. Model terlalu sederhana atau *overfitting*- cenderung tidak cocok untuk data ini.

4.3.4 LR

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi kinerja algoritma *Logistic Regression* (LR) dalam melakukan klasifikasi terhadap data lingkungan yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman pakcoy.

Tabel 4. 6 LR

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>support</i>
<i>Class 2</i>	0,00	0,00	0,00	5
<i>Class 3</i>	0,67	0,50	0,57	4
<i>Class 4</i>	0,44	0,85	0,58	20
<i>Class 5</i>	0,43	0,14	0,21	21

<i>Class 6</i>	0,00	0,00	0,00	11
<i>Class 7</i>	0,21	0,59	0,31	32
<i>Class 8</i>	0,50	0,03	0,06	33
<i>Class 9</i>	0,20	0,62	0,30	34
<i>Class 10</i>	1,00	0,03	0,06	33
<i>Class 11</i>	0,25	0,06	0,10	34
<i>Class 12</i>	0,00	0,00	0,00	29
<i>accuracy</i>			0,26	256
<i>Macro avg</i>	0,34	0,26	0,20	256
<i>Weighted avg</i>	0,36	0,26	0,18	256

Performa terendah secara keseluruhan. Cenderung gagal mengenali pola kompleks data. Lebih cocok untuk data dengan hubungan *linier* dan tidak *kompleks*.

4.3.5 MLP

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi kinerja algoritma *Multi Layer Perceptron* (MLP) dalam melakukan klasifikasi terhadap data lingkungan yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman pakcoy.

Tabel 4. 7 MLP

	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>	<i>support</i>
<i>Class 2</i>	0,00	0,00	0,00	5
<i>Class 3</i>	0,67	0,50	0,57	4
<i>Class 4</i>	0,75	0,75	0,75	20
<i>Class 5</i>	0,68	0,71	0,70	21
<i>Class 6</i>	0,00	0,00	0,00	11
<i>Class 7</i>	0,25	0,41	0,31	32
<i>Class 8</i>	0,64	0,21	0,32	33
<i>Class 9</i>	0,10	0,06	0,07	34
<i>Class 10</i>	0,47	0,64	0,54	33
<i>Class 11</i>	0,29	0,53	0,38	34

<i>Class 12</i>	0,14	0,10	0,12	29
<i>accuracy</i>			0,38	256
<i>Macro avg</i>	0,36	0,36	0,34	256
<i>Weighted avg</i>	0,37	0,38	0,35	256

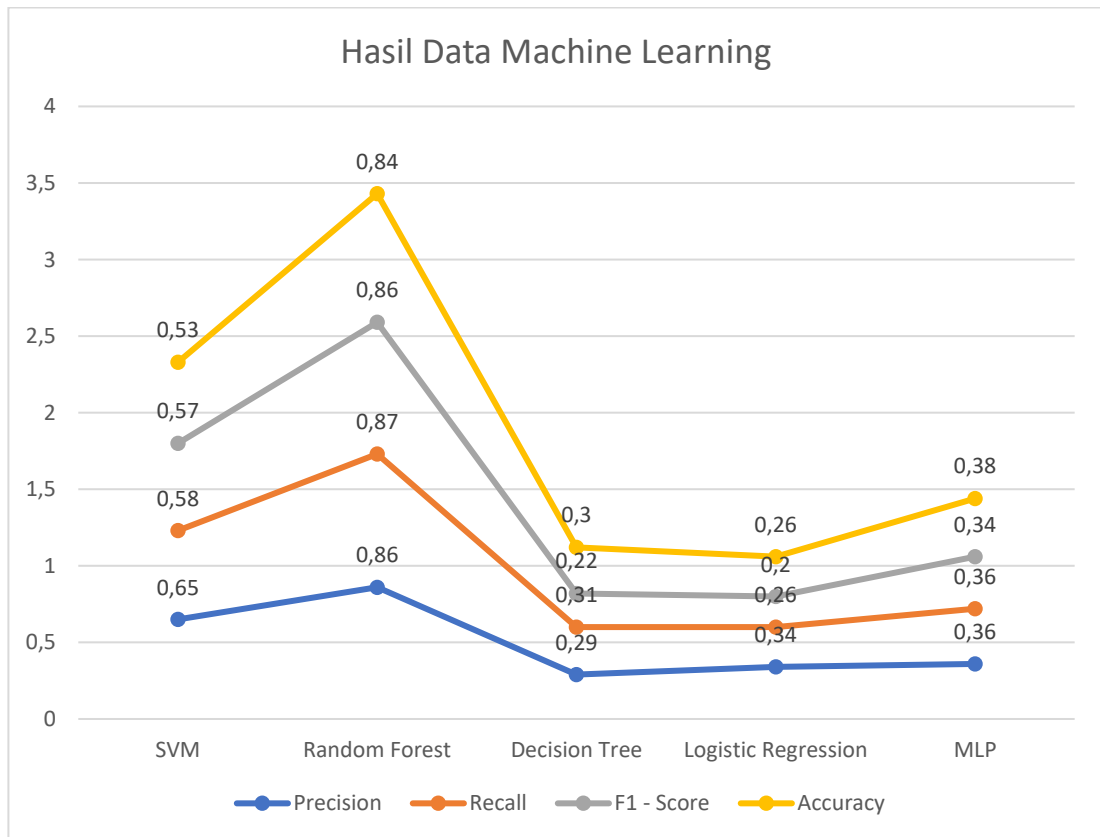
Semua metrik berada di angka 0.34 – 0.38, menunjukkan performa di bawah rata-rata. Model ini mungkin kurang optimal pada dataset ini, bisa karena data tidak cukup banyak atau tidak terlalu *kompleks*.

4.4 Hasil Data *Machine Learning*

Tabel berikut menyajikan hasil evaluasi performa beberapa algoritma *machine learning* yang digunakan dalam penelitian untuk mengklasifikasikan data lingkungan pada sistem *smart hidroponik*. Metrik evaluasi yang digunakan meliputi *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*, yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kemampuan masing-masing model dalam melakukan klasifikasi secara akurat dan seimbang.

Tabel 4. 8 Hasil Data *Machine Learning*

Metode	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1 - Score</i>	<i>Accuracy</i>
<i>SVM</i>	0,65	0,58	0,57	0,53
<i>Random Forest</i>	0,86	0,87	0,86	0,84
<i>Decision Tree</i>	0,29	0,31	0,22	0,3
<i>Logistic Regression</i>	0,34	0,26	0,2	0,26
<i>MLP</i>	0,36	0,36	0,34	0,38



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Data *Machine Learning*

Berdasarkan hasil yang ditampilkan diatas :

1. *Random Forest* menunjukkan kinerja terbaik di antara semua metode yang diuji, dengan nilai *precision* sebesar 0,86, *recall* 0,87, *F1-score* 0,86, dan *accuracy* sebesar 0,84. Hasil ini menunjukkan bahwa *Random Forest* mampu menghasilkan prediksi yang sangat akurat dan seimbang antara kemampuan mengenali kelas positif dan negatif.
2. SVM menempati posisi kedua, dengan *accuracy* sebesar 0,53 dan *F1-score* 0,57. Meskipun tidak sebaik *Random Forest*, algoritma ini masih mampu memberikan hasil yang cukup baik, terutama dalam hal *precision* (0,65), namun *recall*-nya masih cukup rendah (0,58), yang berarti model belum sepenuhnya optimal dalam menangkap seluruh data positif.
3. MLP (*Multilayer Perceptron*) memiliki performa sedang, dengan nilai *precision* dan *recall* sama-sama di angka 0,36, *F1-score* 0,34, dan *accuracy* 0,38. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan saraf ini belum cukup efektif dalam

menangani dataset yang digunakan.

4. *Decision Tree* dan *Logistic Regression* menunjukkan performa yang paling rendah. *Decision Tree* memiliki *accuracy* hanya 0,30 dan *F1-score* 0,22, sedangkan *Logistic Regression* lebih rendah lagi dengan *accuracy* 0,26 dan *F1-score* 0,20. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua algoritma tersebut kurang mampu menangkap pola dari data yang digunakan, kemungkinan akibat *overfitting* (*Decision Tree*) atau asumsi linearitas yang tidak sesuai (*Logistic Regression*).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyimpulkan :

1. Menunjukkan bahwa dari lima model *machine learning* yang diuji, *Random Forest* memberikan performa terbaik dengan nilai evaluasi yang seimbang (*accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* sebesar 85%). Oleh karena itu, model ini paling direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem prediksi atau monitoring pertumbuhan tanaman pakcoy berbasis data lingkungan.
2. Menunjukkan bahwa perubahan kondisi lingkungan yang diukur melalui lima parameter sensor berhubungan dengan pertumbuhan tanaman pakcoy, seperti tinggi, lebar daun, dan warna daun. Data tersebut menjadi dasar untuk membangun model *machine learning* yang dapat memprediksi atau mengklasifikasikan kondisi tanaman secara otomatis.
3. Berdasarkan hasil pengujian lima model *machine learning*, *Random Forest* menunjukkan kinerja terbaik dengan akurasi, *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang tinggi dan seimbang, sehingga direkomendasikan sebagai model utama untuk prediksi kondisi tanaman pakcoy. SVM berada di posisi kedua dengan hasil yang cukup baik, namun masih memiliki kelemahan pada *recall*. Sementara itu, MLP, *Decision Tree*, dan *Logistic Regression* menunjukkan performa yang kurang optimal dalam mengenali pola data, sehingga kurang direkomendasikan untuk digunakan pada dataset ini.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut, yaitu:

1. Penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan menggunakan metode atau algoritma lain, seperti *Gradient Boosting*, *XGBoost*, atau *K-Nearest*

Neighbors (KNN), guna meningkatkan akurasi dan performa sistem prediksi. Selain itu, pengoptimalan parameter juga dapat dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal.



DAFTAR PUSTAKA



- Arif, NN, Magfirah, M., Febriani, F., Jannah, R., & Ula, M. (2024, November). ANALISIS DAN PERBANDINGAN METODE CNN DAN SVM DALAM MENDETEKSI BATIK NUSANTARA. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Teknik Informatika (SENASTIKA)* (Vol. 1, No. 1).
- Bakos, T., Szőke, B., Bakos-Tóth, EI, Malatyinszki, S., Moreno-García, E., Patibandla Lakshmi, V., ... & Dávid, LD (2024). Menjelajahi budaya keuangan dan perencanaan pendapatan di usaha kecil dan menengah serta entitas sektor publik. *Jurnal Ekohumanisme* , 3 (8).
- Efendi, Y. (2018). Internet of Things (IOT) sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry PI berbasis mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar* , 4 (1), 19-26.
- Gede, D.; Jaya, W.; Made; Gede, I.; I Ketut Darminta; Gede, I.; Anak Agung Ngurah Gde Saptaka. Sistem Pendingin Otomatis Dan Monitoring Suhu Pada Panel Box Recloser Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis ESP8266. *SMATIKA JURNAL* 2022, 12 (01), 17–26.
- Handayani, S., & Nuzuluddin, M. (2024). Rancang Bangun Smart Hidroponik Berbasis IoT dengan Aplikasi Android. *Jurnal PRINTER: Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika dan Komputer* , 2 (1), 46-59.
- Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(02), 18-23.
- Iman, A. N., & Widiono, S. (2024). PERANCANGAN APLIKASI SMART GREENHOUSE BERBASIS IOT UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN SAYURAN. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, 7(2), 289-401.
- Khuriati, A. (2022). Sistem Pemantau Intensitas Cahaya Ambien Dengan Sensor Bh1750 Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano. *Berkala Fisika* , 25 (3), 105-110.



- Muhammad; Kurniawan, W. D. ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO. *Jurnal Rekayasa Mesin* 2022, 7 (02), 18–23.
- Muzakir, A., & Wulandari, R. A. (2016). Model Data Mining sebagai Prediksi Penyakit Hipertensi Kehamilan dengan Teknik Decision Tree. *Scientific Journal of Informatics*, 3(1), 19-26.
- Nabila, LR, Amrulloh, FH, Aji, GFP, Septiansyah, RG, Anindyajati, VSA, & Tantyoko, H. (2024). Klasifikasi Produktivitas Pekerja Garmen Menggunakan Algoritma Random Forest: Klasifikasi Produktivitas Pekerja Garmen Menggunakan Algoritma Random Forest. *Penyanga Informatika*, 10 (1), 29-37.
- None Lukman Priyambodo; Hanin, N.; None Naura Nazhifah; None Ibrohim Huzaimi; None Angga Bagus Prawira; None Tasya Enjelika Saputri; Mas, N.; None Eka Setia Nugraha; None Agung Wicaksono; Petrus, N. Klasifikasi Kematangan Tanaman Hidroponik Pakcoy Menggunakan Metode SVM. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)* 2022, 6 (1), 153–160.
- Prabowo, M. C. A., Janitra, A. A., & Wibowo, N. M. (2023). Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, pH, dan Ketinggian Air Menggunakan ESP8266. *Jurnal Tecnosienza*, 7(2), 312-323.
- Pranata, I. D. G. D., Jaya, I. G. A. W., Putra, M. A. W., Widharma, I. G. S., Darminta, I. K., Sangka, I. G. N., & Sapteka, A. A. N. G. (2022). Sistem Pendingin Otomatis dan Monitoring Suhu pada Panel Box Recloser Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis ESP8266. *SMATIKA JURNAL: STIKI Informatika Jurnal*, 12(01), 17-26.
- Rizkiani, D. N., Sumadyo, A., & Marlina, A. (2020). Greenhouse sebagai Wadah Penelitian Hortikultura pada Balai Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan di Pematang. *Senthong*, 3(2).
- Roby, F., & Junadhi, J. (2019). Sistem kontrol intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara pada greenhouse berbasis raspberry PI. *JTIS*, 2(1).

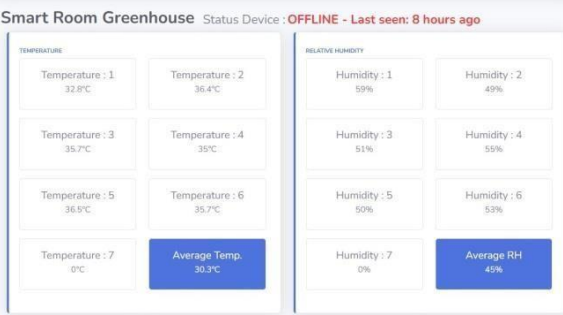

- Sasono, S. H., Nugroho, A. S., Supriyanto, E., & Kusumastuti, S. (2020). Iot Smart Health Untuk Monitoring Dan Kontrol Suhu Dan Kelembaban Ruang Penyimpan Obat Berbasis Android Di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito Yogyakarta. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XV Tahun*, 53-062.
- Setiadi, D., & Muhaemin, M. N. A. (2018). Penerapan internet of things (IOT) pada sistem monitoring irigasi (Smart Irigasi). *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 3(2), 95-102.
- Suryatini, F., Purnomo, W., & Delistiani, M. (2020). Pengendalian Suhu dan Kelembapan Sistem Aeroponik Tanaman Stroberi Berbasis IOT Menggunakan Fuzzy Logic. *JTRM (Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur)*, 2(2), 61-78.
- Utami, DY, Nurlelah, E., & Hasan, FN (2021). Perbandingan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan, Naive Bayes dan Regresi Logistik untuk memprediksi penyakit diabetes. *Jurnal Teknik Informatika dan Telekomunikasi*, 5 (1), 53-64.
- Vivonda, T., & Yoseva, S. (2016). *Optimalisasi Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Pakcoy (Brassica Rapal) Melalui Aplikasi Beberapa Dosis Pupuk Bokashi* (Disertasi Doktor, Universitas Riau).
- Wafa, H. S., Hadiana, A. I., & Umbara, F. R. (2022). Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (SVM). *Informatics and Digital Expert (INDEX)*, 4(1), 40-45.
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44-49.
- Yustiningsih, M. Intensitas Cahaya Dan Efisiensi Fotosintesis Pada Tanaman Naungan Dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi* **2019**, 4 (2), 44–49.

LAMPIRAN

NO	NAMA	GAMBAR
1.	Greenhouse Universitas Islam Nusantara Bagian Depan	 A photograph showing the front view of a large, arched greenhouse structure. The structure is made of a metal frame with a translucent covering. It is situated outdoors, with a multi-story building visible in the background under a blue sky with scattered clouds. The ground in front of the greenhouse appears to be a paved or dirt area.
2.	Greenhouse Universitas Islam Nusantara Bagian Belakang	 A photograph showing the back view of the same greenhouse structure. The structure is arched and made of a metal frame with a translucent covering. It is situated outdoors, with a multi-story building visible in the background under a blue sky with scattered clouds. The ground in front of the greenhouse appears to be a paved or dirt area.

3.	Penempatan Panel Smart Hidroponik	
4.	Pengambilan data dari smart green house	

5.	Penempatan CO2 dan intensitas cahaya	
6.	Penempatan Panel Smart Greenhouse	

1.	<p style="text-align: center;">Website Untuk Monitoring dan Control Smart Greenhouse</p>	 <p>Smart Room Greenhouse Status Device : OFFLINE - Last seen: 8 hours ago</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TEMPERATURE</th> <th colspan="2">RELATIVE HUMIDITY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperature : 1 32.2°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 32.2°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 32.2°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 style="text-align: center;">Website Untuk Monitoring dan Control Smart Hidroponik</p>	 <p>Hydroponic Status Device : OFFLINE - Last seen: 8 hours ago</p> <table border="1"> <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																				

