

**SISTEM REKOMENDASI TANAMAN BERDASARKAN
PARAMETER LINGKUNGAN MENGGUNAKAN MODEL
*ENSEMBLE DEEP LEARNING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**FINA DWI AULIA
220705091**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2025 M / 1447 H**

**SISTEM REKOMENDASI TANAMAN BERDASARKAN
PARAMETER LINGKUNGAN MENGGUNAKAN MODEL
ENSEMBLE DEEP LEARNING**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu/Prodi Teknologi Informasi

Oleh:

FINA DWI AULIA
220705091

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi**

Disetujui untuk Dimunafasyahkan oleh:

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Pembimbing I.



Malahayati, M.T.

NIP. 198301272015032003

Pembimbing II.



Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M

NIP. 198301042014031002

Mengetahui,
Ketua Program Studi,



Malahayati, M.T.

NIP. 198301272015032003

**SISTEM REKOMENDASI TANAMAN BERDASARKAN
PARAMETER LINGKUNGAN MENGGUNAKAN MODEL
ENSEMBLE DEEP LEARNING**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Dewan Penguji Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S1)
Dalam Ilmu/Prodi Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal: Senin, 29 Desember 2025 M
9 Rajab 1447 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

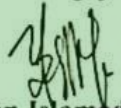

Malahayati, M.T.

NIP. 198301272015032003

Sekretaris,


Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M
NIP. 198301042014031002

Penguji I,


Raihan Islamadina, M.T.
NIP. 198901312020122011

Penguji II,


Khairan AR, M.Kom
NIP. 198607042014031001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,


Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fina Dwi Aulia
NIM : 220705091
Program Studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Sistem Rekomendasi Tanaman Berdasarkan Parameter Lingkungan Menggunakan Model *Ensemble Deep Learning*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 05 Januari 2026

Yang Menyatakan



Fina Dwi Aulia

ABSTRAK

Pertanian merupakan sektor penting yang menopang ketahanan pangan nasional, namun produktivitasnya sering terkendala oleh ketidaktepatan pemilihan jenis tanaman terhadap kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem rekomendasi tanaman berdasarkan parameter lingkungan menggunakan pendekatan model *ensemble deep learning* yang menggabungkan *Artificial Neural Network* (ANN), *Deep Neural Network* (DNN), dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Dataset yang digunakan adalah *Crop Recommendation Dataset* dari Kaggle dengan tujuh parameter lingkungan utama: nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), suhu, kelembapan, *Potential of Hydrogen* (pH) tanah, dan curah hujan. Metode *Soft Voting Ensemble* diterapkan untuk menggabungkan hasil prediksi dari ketiga model berdasarkan rata-rata probabilitas guna meningkatkan stabilitas dan akurasi. Proses pelatihan dilakukan menggunakan *TensorFlow* dan *Keras* dengan metrik evaluasi berupa akurasi, *classification report*, dan *confusion matrix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ensemble mencapai akurasi tertinggi sebesar 97,04%, lebih baik dibandingkan model tunggal. Sebagai implementasi, sistem diintegrasikan ke dalam aplikasi web berbasis *Streamlit* yang memungkinkan pengguna memasukkan parameter lingkungan dan memperoleh rekomendasi tanaman secara interaktif. Aplikasi berfungsi dengan baik, sehingga sistem ini berpotensi menjadi solusi cerdas dalam mendukung pertanian presisi dan berkelanjutan di Indonesia.

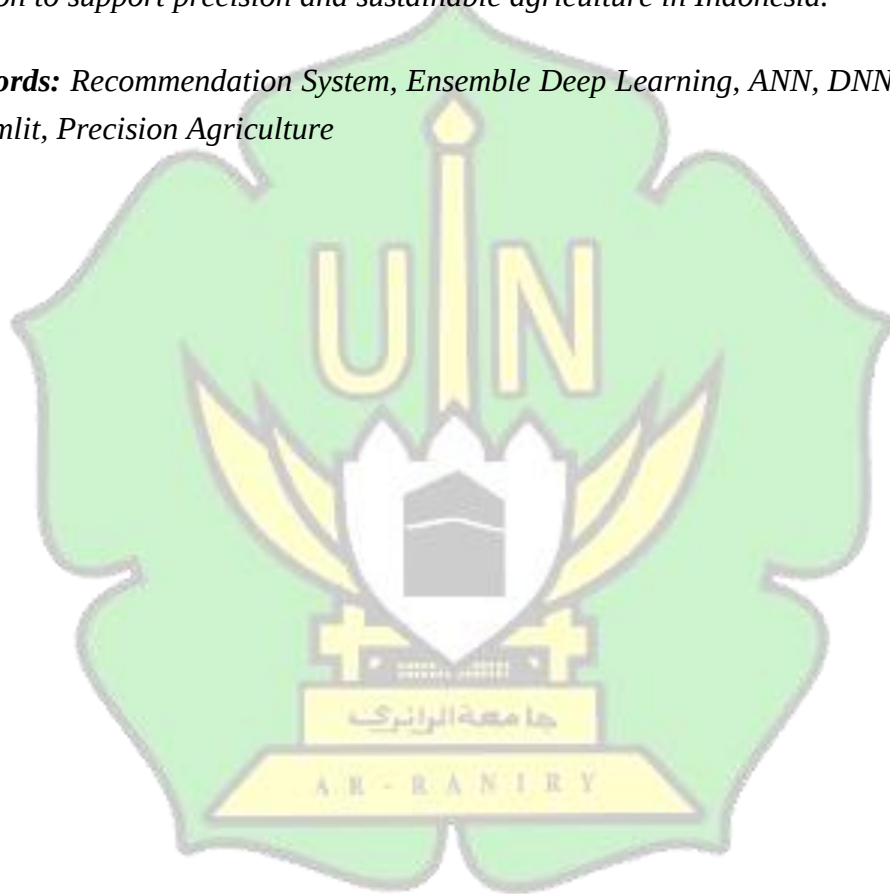
Kata kunci: Sistem Rekomendasi, *Ensemble Deep Learning*, ANN, DNN, CNN, *Streamlit*, Pertanian Presisi

ABSTRACT

Agriculture is a vital sector supporting national food security; however, its productivity is often constrained by improper crop selection that does not match environmental conditions. This study aims to develop a crop recommendation system based on environmental parameters using an ensemble deep learning approach that combines Artificial Neural Network (ANN), Deep Neural Network (DNN), and Convolutional Neural Network (CNN) models. The dataset used in this research is the Crop Recommendation Dataset from Kaggle, which consists of seven main environmental parameters: nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), temperature, humidity, soil pH, and rainfall. A Soft Voting Ensemble method

is applied to integrate the prediction results of the three models by averaging their probability outputs to improve stability and accuracy. The training process is conducted using TensorFlow and Keras, with evaluation metrics including accuracy, classification report, and confusion matrix. The results show that the ensemble model achieves the highest accuracy of 97.04%, outperforming the individual models. As an implementation, the system is integrated into a Streamlit-based web application that allows users to input environmental parameters and obtain crop recommendations interactively. The application performs well, indicating that the proposed system has the potential to serve as an intelligent solution to support precision and sustainable agriculture in Indonesia.

Keywords: Recommendation System, Ensemble Deep Learning, ANN, DNN, CNN, Streamlit, Precision Agriculture



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Artificial Intelligence</i> (AI)	5
2.2 <i>Machine Learning</i> (ML)	6
2.3 <i>Deep Learning</i> (DL)	7
2.3.1 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	7
2.3.2 <i>Deep Neural Network</i> (DNN)	8
2.3.3 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	9
2.4 <i>Ensemble Prediction</i>	11
2.5 Metrik Evaluasi.....	13
2.6 Tanaman Pertanian.....	14
2.7 Parameter Lingkungan Pertanian	26
2.8 Antarmuka Pengguna dengan <i>Streamlit</i>	27
2.9 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	30
3.2 Alur Penggunaan Sistem Rekomendasi Tanaman	33
3.3 Sumber Data dan Deskripsi Dataset.....	35

3.3.1	Sumber Data	35
3.3.2	Struktur Dataset	36
3.3.3	Statistik Umum Dataset	37
3.3.4	Kelebihan Dataset	37
3.3.5	Keterbatasan Dataset	38
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.4.1	Tempat Penelitian.....	38
3.4.2	Waktu Penelitian	38
3.5	Alat dan Bahan	39
3.5.1	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	39
3.5.2	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	39
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1	Hasil Pemrosesan Data	40
4.2	Hasil Pelatihan Model Tunggal	41
4.2.1	Hasil Pelatihan Model ANN	41
4.2.2	Hasil Pelatihan Model DNN	44
4.2.3	Hasil Pelatihan Model CNN	47
4.3	Hasil Pelatihan Model <i>Ensemble</i>	49
4.3.1	Arsitektur dan Mekanisme <i>Ensemble</i>	50
4.4	Penyimpanan Model (<i>Save Model</i>)	53
4.5	Implementasi Sistem Rekomendasi Berbasis Web	53
4.5.1	Arsitektur Sistem <i>Streamlit</i>	54
4.5.2	Proses Pemanggilan Model <i>Ensemble</i>	54
4.5.3	Alur Kerja Aplikasi	55
4.6	Pembahasan Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	59
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62

DAFTAR GAMBAR

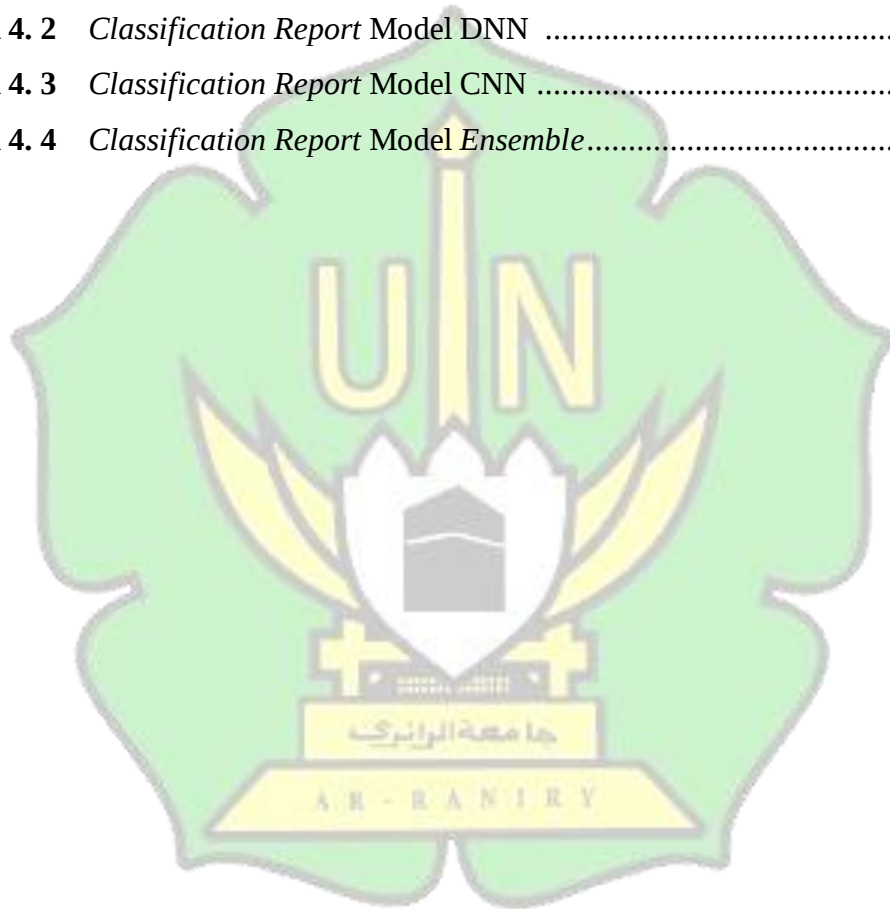
Gambar 2. 1	Taksonomi AI	5
Gambar 2. 2	Cabang-Cabang Arsitektur <i>Deep Learning</i>	7
Gambar 2. 3	Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i>	8
Gambar 2. 4	Arsitektur <i>Deep Neural Network</i>	9
Gambar 2. 5	Arsitektur <i>1D Convolutional Neural Network</i>	10
Gambar 2. 6	Arsitektur <i>Soft Voting Ensemble</i>	11
Gambar 2. 7	Padi	15
Gambar 2. 8	Jagung	15
Gambar 2. 9	Kacang Arab.....	16
Gambar 2. 10	Kacang Merah	16
Gambar 2. 11	Kacang Gude	17
Gambar 2. 12	Kacang Ngengat	17
Gambar 2. 13	Kacang Hijau.....	18
Gambar 2. 14	Kacang Hitam.....	18
Gambar 2. 15	Lentil.....	19
Gambar 2. 16	Delima.....	19
Gambar 2. 17	Pisang.....	20
Gambar 2. 18	Mangga	20
Gambar 2. 19	Anggur	21
Gambar 2. 20	Semangka	21
Gambar 2. 21	Melon.....	22
Gambar 2. 22	Apel.....	22
Gambar 2. 23	Jeruk.....	23
Gambar 2. 24	Pepaya	23
Gambar 2. 25	Kelapa	24
Gambar 2. 26	Kapas	24
Gambar 2. 27	Rami.....	25
Gambar 2. 28	Kopi	25
Gambar 3. 1	Diagram Alur Penelitian	30
Gambar 3. 2	Diagram Alir Penggunaan Sistem Rekomendasi Tanaman	33

Gambar 4. 1	<i>Visualisasi Outlier</i>	40
Gambar 4. 2	<i>Source Code Model ANN</i>	41
Gambar 4. 3	<i>Confusion Matrix Model ANN</i>	43
Gambar 4. 4	<i>Source Code Model DNN</i>	44
Gambar 4. 5	<i>Confusion Matrix Model DNN</i>	46
Gambar 4. 6	<i>Source Code Model CNN</i>	47
Gambar 4. 7	<i>Confusion Matrix Model CNN</i>	49
Gambar 4. 8	<i>Source Code Model Ensemble</i>	50
Gambar 4. 9	<i>Confusion Matrix Model Ensemble</i>	52
Gambar 4. 10	<i>Pemuatan Model</i>	54
Gambar 4. 11	<i>Tampilan Sidebar</i>	55
Gambar 4. 12	<i>Tampilan Halaman Utama</i>	56
Gambar 4. 13	<i>Daftar Jenis Tanaman</i>	56
Gambar 4. 14	<i>Form Input Parameter</i>	57
Gambar 4. 15	<i>Contoh Pengisian Data Input</i>	57
Gambar 4. 16	<i>Hasil Prediksi Tanaman</i>	58
Gambar 4. 17	<i>Probabilitas Tanaman</i>	58
Gambar 4. 18	<i>Penjelasan Model Ensemble pada Streamlit</i>	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Penelitian Terdahulu	28
Tabel 3. 1	Sumber Data	35
Tabel 3. 2	Struktur Dataset	36
Tabel 3. 3	Deskripsi Dataset	36
Tabel 3. 4	Waktu penelitian	38
Tabel 4. 1	<i>Classification Report</i> Model ANN	42
Tabel 4. 2	<i>Classification Report</i> Model DNN	45
Tabel 4. 3	<i>Classification Report</i> Model CNN	48
Tabel 4. 4	<i>Classification Report</i> Model Ensemble.....	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor strategis yang memegang peranan penting dalam ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi nasional. Di Indonesia, sektor pertanian menyumbang sekitar 13% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menjadi sumber mata pencaharian bagi lebih dari 38 juta penduduk (BPS, 2024). Meskipun demikian, produktivitas pertanian nasional dalam beberapa tahun terakhir mengalami tekanan akibat degradasi lahan, perubahan iklim, serta ketidaksesuaian antara jenis tanaman yang dibudidayakan dengan kondisi lingkungan. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi padi nasional mengalami penurunan dari 53,98 juta ton menjadi 52,66 juta ton atau sekitar 2,45% (BPS, 2024), yang mencerminkan adanya tantangan serius dalam pengelolaan sistem pertanian secara berkelanjutan.

Salah satu faktor utama yang memengaruhi rendahnya produktivitas pertanian adalah ketidaktepatan dalam pemilihan jenis tanaman terhadap kondisi lingkungan spesifik suatu lahan. Dalam praktiknya, banyak petani masih mengandalkan pengalaman turun-temurun dan intuisi dalam menentukan tanaman yang akan ditanam, tanpa didukung oleh analisis data lingkungan yang terukur (Wanda et al., 2024). Padahal, keberhasilan budidaya tanaman sangat dipengaruhi oleh parameter lingkungan seperti kandungan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), suhu, kelembapan, tingkat keasaman tanah (pH), dan curah hujan. Ketidaksesuaian antara kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga berpotensi mempercepat degradasi tanah dan menurunkan keberlanjutan produksi pertanian dalam jangka panjang.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* (ML) dalam bidang pertanian semakin berkembang, khususnya dalam konsep pertanian presisi (*precision agriculture*). Teknologi AI memungkinkan pemrosesan data lingkungan dalam jumlah besar secara cepat dan akurat, sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi serta rekomendasi yang adaptif terhadap kondisi spesifik lahan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan AI dalam pertanian presisi mampu meningkatkan akurasi prediksi hasil panen, mengoptimalkan penggunaan air, serta

mengurangi kebutuhan pupuk tanpa menurunkan produktivitas (Gangwani, 2024). Namun demikian, kompleksitas data lingkungan yang bersifat non-linear, dinamis, dan saling berkorelasi sering kali menjadi tantangan bagi model machine learning konvensional.

Deep learning sebagai pengembangan dari *machine learning* memiliki kemampuan yang lebih unggul dalam memodelkan hubungan non-linear dan kompleks antarparameter lingkungan. Berbagai arsitektur *deep learning* seperti *Artificial Neural Network* (ANN), *Deep Neural Network* (DNN), dan *Convolutional Neural Network* (CNN) telah digunakan dalam sistem rekomendasi tanaman dan menunjukkan performa yang menjanjikan. ANN efektif dalam menangkap hubungan numerik dasar antarparameter, DNN mampu memodelkan relasi kompleks tingkat lanjut, sementara CNN dapat mendeteksi pola lokal antar fitur lingkungan. Meskipun demikian, penggunaan model tunggal sering kali memiliki keterbatasan dalam hal stabilitas dan generalisasi, terutama ketika dihadapkan pada variasi kondisi lingkungan yang beragam.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pendekatan *ensemble deep learning* menjadi solusi yang potensial. *Ensemble deep learning* menggabungkan keunggulan beberapa arsitektur jaringan saraf dalam satu kerangka prediksi, sehingga mampu meningkatkan akurasi, stabilitas, dan kemampuan generalisasi model dibandingkan dengan model tunggal (Ganaie et al., 2022). Beberapa penelitian melaporkan bahwa metode ensemble mampu meningkatkan akurasi sistem rekomendasi tanaman hingga 4–6% dibandingkan model individual (Hasan et al., 2023). Namun demikian, penelitian yang secara khusus menggabungkan ANN, DNN, dan CNN untuk data lingkungan numerik dalam sistem rekomendasi tanaman masih relatif terbatas, terutama yang diimplementasikan secara langsung ke dalam aplikasi web yang mudah diakses oleh pengguna non-teknis.

Selain aspek pemodelan, tantangan lain dalam penerapan sistem rekomendasi tanaman adalah ketersediaan antarmuka pengguna yang sederhana dan mudah digunakan. Penyuluh pertanian dan praktisi di lapangan membutuhkan sistem yang tidak hanya akurat, tetapi juga praktis dan dapat digunakan tanpa keahlian teknis yang tinggi. Oleh karena itu, integrasi model kecerdasan buatan ke dalam aplikasi web menjadi aspek penting. *Streamlit* sebagai *framework* berbasis *Python* memungkinkan pengembangan aplikasi web interaktif yang terintegrasi langsung dengan model *deep learning*, sehingga pengguna dapat memperoleh

rekomendasi tanaman hanya dengan memasukkan parameter lingkungan yang relevan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem rekomendasi tanaman berdasarkan parameter lingkungan menggunakan pendekatan *ensemble deep learning* yang mengombinasikan ANN, DNN, dan CNN. Dataset yang digunakan bersumber dari *Crop Recommendation Dataset* yang memiliki parameter lingkungan bersifat universal dan relevan untuk merepresentasikan kondisi agroklimat di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem rekomendasi tanaman yang lebih akurat, stabil, dan aplikatif, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam rangka mewujudkan pertanian presisi dan berkelanjutan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan model rekomendasi tanaman berbasis parameter lingkungan menggunakan pendekatan *ensemble deep learning*?
2. Bagaimana tingkat akurasi dan hasil evaluasi kombinasi model ANN, DNN, dan CNN dalam meningkatkan performa sistem rekomendasi?
3. Bagaimana menerapkan model rekomendasi tanaman berdasarkan parameter lingkungan ke dalam aplikasi berbasis web?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem rekomendasi tanaman berdasarkan parameter lingkungan dengan memanfaatkan pendekatan *ensemble deep learning*.
2. Mengukur tingkat akurasi dan mengevaluasi model rekomendasi yang sesuai dengan kondisi lingkungan.
3. Menerapkan model rekomendasi tanaman berdasarkan parameter lingkungan ke dalam aplikasi berbasis web.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah diuraikan di atas, maka manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu AI, khususnya pada penerapan model *ensemble deep learning* untuk sistem rekomendasi berbasis data lingkungan.
2. Membantu pengambilan keputusan dalam menentukan jenis tanaman sesuai kondisi lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi budidaya dan mendukung pertanian presisi di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan terarah, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Dataset yang digunakan adalah *Crop Recommendation Dataset* yang bersumber dari *platform Kaggle*.
2. Sistem rekomendasi hanya difokuskan pada parameter lingkungan yang digunakan terbatas pada tujuh fitur numerik, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), suhu (*temperature*), kelembapan (*humidity*), tingkat keasaman tanah atau *Potential of Hydrogen* (pH), dan curah hujan (*rainfall*).
3. Model yang diterapkan adalah kombinasi dari tiga model *deep learning*, yaitu ANN, DNN, dan CNN yang digabungkan dengan teknik *ensemble soft voting*.
4. Validasi dan evaluasi sistem dilakukan menggunakan metrik akurasi, *classification report*, dan *confusion matrix* terhadap data uji.