

**SISTEM CERDAS BERBASIS IOT-MACHINE LEARNING UNTUK
REKOMENDASI ADAPTIF TANAMAN DAN PEMUPUKAN
MENGUNAKAN DATA TANAH DAN MIKROIKLIM**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Oleh :

**ANAS HAETAMI PUTRA RAMADHAN
062240352302**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

TUGAS AKHIR

SISTEM CERDAS BERBASIS IOT-*MACHINE LEARNING* UNTUK REKOMENDASI ADAPTIF TANAMAN DAN PEMUPUKAN MENGUNAKAN DATA TANAH DAN MIKROIKLIM



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi**

Oleh :

Nama	: Anas Haetami Putra Ramadhan(062240352302)
Dosen Pembimbing I	: Dr. Ade Silvia Handayani, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II	: Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG**

2026

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM CERDAS BERBASIS IOT-MACHINE LEARNING UNTUK
REKOMENDASI ADAPTIF TANAMAN DAN PEMUPUKAN
MENGGUNAKAN DATA TANAH DAN MIKROIKLIM



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Politeknik Negeri Sriwijaya

Oleh :

ANAS HAETAMI PUTRA RAMADHAN

06224035302

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ade Silvia Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609302006032002

Pembimbing II

Dr. Didi Ing. Ahmad Tagwa, M.T.
NIP. 196812041997031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM.
NIP. 197907222008011007

**Koordinator Program Studi Sarjana
Terapan Teknik Telekomunikasi**

Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T.
NIP. 199004032018031001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama : Anas Haetami Putra Ramadhan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 17 Oktober 2005
Alamat : Desa gasing, Kec. Talang Kelapa, Kab. Banyuasin
NIM : 062240352302
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Skripsi/Laporan Akhir : Sistem Cerdas Berbasis Iot-*Machine Learning* Untuk Rekomendasi Adaptif Tanaman Dan Pemupukan Menggunakan Data Tanah Dan Mikroiklim

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Skripsi/Laporan Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Skripsi/Laporan Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Akhir.

Apabila dikemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh Jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.



Palembang, Agustus 2026
1,

METERAI
TEMPEL
D3C83AOX138818386
Anas Haetami Putra Ramadhan

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Satu-satunya batas bagi pencapaian kita di masa depan adalah keraguan kita hari ini.” (Franklin D. Roosevelt)

“Luka adalah tempat di mana Cahaya masuk ke dalam dirimu.”(Jalaluddin Rumi)

“Semuanya akan selalu terlihat mustahil, sampai hal itu selesai dikerjakan.” (Nelson Mandela)

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tua Bapak Jarwanto dan Ibu Rokiatun Sakdia serta saudara kandung, Naufal Budi Raihansyah yang sangat kusayangi dan menjadi alasan sehingga mampu kuat dan bertahan hingga sejauh ini dan seluruh keluarga yang selama ini selalu mensupport dan mendukung mulai dari awal perkuliahan sampai ke penulisan tugas akhir ini.
- Ibu Dr. Ade Silvia Handayani, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., sebagai dosen pembimbing, terima kasih atas bimbingan, dan arahan dalam menuntun perjalanan tugas akhir ini. Beliau adalah sosok yang sangat baik, selalu sabar, dan tulus membimbing saya hingga mampu berkembang seperti sekarang.
- Seluruh teman-teman TEM 2022 yang telah menjadi bagian dari setiap cerita yang terjadi selama masa kuliah, yang saling mensupport dan mendukung satu sama lain.

ABSTRAK

SISTEM CERDAS BERBASIS IOT-MACHINE LEARNING UNTUK REKOMENDASI ADAPTIF TANAMAN DAN PEMUPUKAN MENGGUNAKAN DATA TANAH DAN MIKROIKLIM

(2026:XV + 95 halaman + 31 gambar + 27 tabel + 8 lampiran)

ANAS HAETAMI PUTRA RAMADHAN

062240352302

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Pengelolaan pertanian di Indonesia menghadapi tantangan dalam efisiensi pemupukan dan pemilihan tanaman yang sesuai kondisi lahan. Petani umumnya masih menggunakan metode konvensional tanpa mempertimbangkan variasi kondisi tanah dan faktor lingkungan secara aktual, sehingga menyebabkan pemborosan biaya, penurunan kualitas lahan, dan pencemaran lingkungan. Penelitian ini mengembangkan sistem cerdas berbasis IoT dan *machine learning* untuk rekomendasi adaptif tanaman dan pemupukan menggunakan data tanah dan mikroiklim. Data diperoleh secara *real-time* dari sensor tanah 8 in 1 yang mengukur parameter pH, kelembapan, suhu, konduktivitas (EC), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta data BMKG yang mengukur parameter mikroiklim. Data tersebut diproses melalui tahap *preprocessing* mencakup data cleaning, penanganan *missing value*, integrasi data, pelabelan NPK ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi, serta pembagian data dengan rasio 80:20. Algoritma *Extra Trees* (*Extremely Randomized Trees*) digunakan sebagai model klasifikasi utama karena memiliki variansi rendah, efisiensi komputasi tinggi, dan kemampuan generalisasi yang baik terhadap data tanah yang kompleks dan heterogen. Model dievaluasi menggunakan metrik akurasi dan *confusion matrix*. Output sistem berupa prediksi kondisi NPK, rekomendasi tanaman yang adaptif terhadap kondisi lahan, rekomendasi jenis pupuk (Urea, SP-36, KCl), serta perhitungan dosis dalam satuan kg/ha. Sistem ini diharapkan memberikan solusi pertanian presisi yang efisien, akurat, dan berkelanjutan bagi petani Indonesia.

Kata Kunci: Extra Trees, Rekomendasi Tanaman, Rekomendasi Pemupukan, Sensor Tanah, Mikroiklim.

ABSTRACT

IOT-MACHINE LEARNING-BASED INTELLIGENT SYSTEM FOR ADAPTIVE CROP AND FERTILIZATION RECOMMENDATIONS USING SOIL AND MICROCLIMATE DATA

(2026:XV + 95 pages + 31 pictures + 27 tables + 8 appendices)

ANAS HAETAMI PUTRA RAMADHAN

062240352302

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Agricultural management in Indonesia faces challenges in fertilizer efficiency and crop selection that suit land conditions. Farmers generally still use conventional methods without considering variations in soil conditions and environmental factors in real time, resulting in wasted costs, decreased land quality, and environmental pollution. This study develops an IoT and machine learning-based intelligent system for adaptive crop and fertilizer recommendations using soil and microclimate data. Data is obtained in real-time from an 8-in-1 soil sensor that measures pH, humidity, temperature, conductivity (EC), Nitrogen (N), Phosphorus (P), and Potassium (K), as well as BMKG data that measures microclimate parameters. The data is processed through a preprocessing stage including data cleaning, handling missing values, data integration, NPK labeling into low, medium, and high categories, and data splitting with an 80:20 ratio. The Extra Trees (Extremely Randomized Trees) algorithm is used as the main classification model because it has low variance, high computational efficiency, and good generalization ability to complex and heterogeneous soil data. The model is evaluated using accuracy metrics and a confusion matrix. The system outputs predictions of NPK conditions, recommendations for plants that adapt to land conditions, fertilizer recommendations (Urea, SP-36, KCl), and dosage calculations in kg/ha. This system is expected to provide efficient, accurate, and sustainable precision agriculture solutions for Indonesian farmers.

Keywords: *Extra Trees, Plant Recommendations, Fertilization Recommendations, Soil Sensors, Microclimate.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Sistem Cerdas Berbasis IoT-Machine learning untuk Rekomendasi Adaptif Tanaman dan Pemupukan Menggunakan Data Tanah dan Mikroiklim**” ini. Laporan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang. Dalam proses penyusunan proposal tahapan persiapan tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak, baik pada tahap persiapan, penyusunan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Maka dari itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu **Dr. Ade Silvia Handayani, S.T., M.T** dan Bapak **Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.** selaku dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak saran baik berupa bimbingan, pengarahan, nasihat, masukan secara langsung maupun tidak langsung. oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara saya yang tercinta yang senantiasa memberikan do'a dan dukungannya kepada saya.
2. Bapak Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi.
3. Teman – teman TEM 2022 yang telah mendukung dan memberikan saran kepada penulis selama penyelesaian laporan tugas akhir ini.
4. Teman- teman seperjuangan D4 Teknik Telekomunikasi 2022 yang telah berjuang bersama penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Teman - teman dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan proposal pra tugas akhir ini, disadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan proposal ini dikarenakan keterbatasan yang ada. Oleh karena itu, dengan senang hati akan diterima saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak demi penyempurnaan proposal ini agar menjadi lebih baik.

Akhir kata, semoga proposal pra tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua dan khususnya bagi penyusun.

Palembang, 2026

Anas Haetami Putra Ramadhan

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat	5
1.6 Metode Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Parameter dan Karakteristik Unsur Hara Tanah (N, P , K)	8
2.2 Penerapan <i>Machine learning</i> untuk Klasifikasi Kebutuhan NPK	9
2.3 Integrasi IoT dan Data Mikro iklim	11
2.4 Penggunaan Sensor Tanah dalam Akuisisi Data Pertanian	12
2.5 Rekomendasi Pemupukan Presisi Berbasis Data	13
2.6 Rekomendasi Tanaman Berbasis <i>Machine learning</i>	15
2.7 Perbandingan Metode <i>Machine learning</i> dalam Klasifikasi NPK	16
2.8 Algoritma <i>Ensemble Learning</i> dalam Klasifikasi Kebutuhan NPK	18
2.9 Pemilihan Metode <i>Extra Trees</i>	20
2.10 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28

3.1	Kerangka Penelitian	28
3.2	Arsitektur Sistem.....	31
3.3	Pengumpulan Data	33
3.4	Preprocessing Data.....	35
3.5	Pemodelan <i>Machine learning (Extra Trees)</i>	37
3.6	Pembentukan Label Klasifikasi Kesuburan Tanah.....	39
3.7	Training dan Evaluasi Model	40
3.8	Implementasi Model (<i>Inference</i>)	42
3.9	Penentuan Rekomendasi Tanaman, Pupuk dan Dosis.....	43
3.10	Perancangan Dashboard	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		50
4.1	Implementasi Sistem Cerdas Berbasis IoT dan Machine Learning	50
4.1.1	Pengolahan Data.....	50
4.1.2	Implementasi Sistem	50
4.2	Implementasi Algoritma <i>Extra Trees Classifier</i>	51
4.2.1	Dataset Pelatihan.....	52
4.2.2	Kategorisasi Unsur Hara Tanah N, P dan K.....	53
4.2.3	Pembentukan Label Kesuburan Tanah	54
4.2.4	Pelatihan Model	55
4.2.5	Evaluasi Model.....	56
4.2.6	Hasil Klasifikasi Kesuburan Tanah	59
4.3	Integrasi Hasil Klasifikasi dan Data Mikroiklim	60
4.3.1	Analisis Kondisi Mikroiklim.....	60
4.3.2	Hasil Rekomendasi Tanaman	62
4.3.3	Hasil Rekomendasi Pemupukan.....	64
4.3.4	Pengujian Sistem pada Perkebunan Kelapa	66
4.3.5	Pengujian Sistem pada Perkebunan Cabai	74
4.3.6	Pengujian Sistem pada Perkebunan Jagung	80
4.3.7	Pengujian Fungsional Sistem	87
4.3.8	Analisis Kondisi Mikroiklim.....	88
4.3.8.1	Analisis Hasil Klasifikasi Kesuburan Lahan.....	89
4.3.8.2	Analisis Hasil Pengujian Lapangan	89

4.3.8.3	Analisis Rekomendasi Tanaman	90
4.3.8.4	Analisis Rekomendasi Pemupukan	91
4.3.8.5	Pengaruh Data Mikroiklim terhadap Hasil Rekomendasi.....	91
4.3.8.6	Kelebihan dan Keterbatasan Sistem.....	93
BAB V PENUTUP		95
5.1	Kesimpulan	95
5.1	Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....		96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur Extra Trees.....	21
Gambar 3. 1 Bagan Penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem.....	29
Gambar 3. 3 Arsitektur Sistem.....	31
Gambar 3. 4 Tahapan Pengumpulan Data.....	34
Gambar 3. 5 Tahapan Preprocessing Data	36
Gambar 3. 6 Tahap Pemodelan <i>Extra Trees</i>	38
Gambar 3. 7 Tahapan Training dan Evaluasi model	41
Gambar 3. 8 Tahapan Implementasi Model (<i>Inference</i>).....	43
Gambar 3. 9 Tahapan Penentuan Rekomendasi Tanaman, Pupuk dan Dosis	45
Gambar 3. 10 Rancangan Dashboard Sistem.....	49
Gambar 4. 1 Implementasi Dashboard Sistem Cerdas IoT-ML	51
Gambar 4. 2 Hasil Kategorisasi Unsur Hara Menggunakan Metode Quantile	53
Gambar 4. 3 Distribusi Kategori Kesuburan Tanah	54
Gambar 4. 4 Pembagian data Training dan Testing	55
Gambar 4. 5 Hasil Evaluasi Model Extra Trees Classifier.....	56
Gambar 4. 6 Hasil 5-Fold Cross Validation	57
Gambar 4. 7 Confusion Matrix Model Extra Trees Classifier	58
Gambar 4. 8 Contoh Hasil Klasifikasi Kesuburan Tanah	59
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Kondisi Mikroiklim	61
Gambar 4. 10 Hasil Rekomendasi Tanaman	63
Gambar 4. 11 Hasil Rekomendasi Pemupukan.....	65
Gambar 4. 12 Pengambilan Data Menggunakan Sensor Tanah pada Perkebunan Kelapa	66
Gambar 4. 13 Input Data Tanah dan Mikroiklim pada Sistem.....	69
Gambar 4. 14 Hasil analisis yang dihasilkan sistem.....	70
Gambar 4. 15 Pengambilan Data Menggunakan Sensor Tanah pada Tanaman Cabai	75
Gambar 4. 16 Input Data Tanah Tanaman Cabai dan Mikroiklim pada Sistem....	77
Gambar 4. 17 Hasil Analisis yang Dihasilkan Sistem.....	78
Gambar 4. 18 Pengambilan Data Menggunakan Sensor Tanah pada Tanaman Jagung	81
Gambar 4. 19 Input Data Tanah dan Mikroiklim Tanaman Jagung	83
Gambar 4. 20 Hasil Analisis yang Dihasilkan Sistem.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Metode <i>Machine learning</i>	17
Tabel 2. 2 Perbandingan Algoritma <i>Ensemble Learning</i>	19
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1 Basis Pengetahuan Tanaman	31
Tabel 3. 2 Spesifikasi Komponen.....	32
Tabel 4. 1 Parameter Dataset Penelitian.....	52
Tabel 4. 2 Nilai Target Minimum Unsur Hara	64
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sensor Tanah pada Tanaman Kelapa	67
Tabel 4. 4 Data Mikroiklim pada Saat Pengukuran	67
Tabel 4. 5 Hasil Klasifikasi Kesuburan Lahan	72
Tabel 4. 6 Hasil Rekomendasi Tanaman	72
Tabel 4. 7 Target unsur hara tanaman kelapa	72
Tabel 4. 8 Hasil Rekomendasi Pemupukan.....	74
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Sensor Tanah pada Lahan Cabai	75
Tabel 4. 10 Data Mikroiklim pada Saat Pengukuran	76
Tabel 4. 11 Hasil Klasifikasi Kesuburan Lahan Tanaman Cabai	79
Tabel 4. 12 Hasil Rekomendasi Tanaman Sistem pada Tanaman Cabai	79
Tabel 4. 13 Target Unsur Hara Tanaman Cabai	80
Tabel 4. 14 Rekomendasi Pemupukan Sistem pada Lahan Tanaman Cabai	80
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran Sensor Tanah pada Tanaman Jagung.....	81
Tabel 4. 16 Data Mikroiklim pada saat Pengukuran Tanaman Jagung	82
Tabel 4. 17 Hasil Klasifikasi Kesuburan Lahan Tanaman Jagung	85
Tabel 4. 18 Hasil Rekomendasi Tanaman pada Lahan Jagung	85
Tabel 4. 19 Target Minimum Unsur Hara Tanaman Jagung.....	86
Tabel 4. 20 Hasil Rekomendasi Pemupukan pada lahan Jagung	86
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Fungsional Sistem	87
Tabel 4. 22 Hubungan Parameter Mikroiklim BMKG terhadap Hasil Rekomendasi Sistem.....	92

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Lembar Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 2** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 3** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 4** Lembar Rekomendasi Ujian Tugas Akhir
- Lampiran 5** Lembar Revisi Tugas Akhir
- Lampiran 6** Lembar Pelaksanaan Revisi Tugas Akhir
- Lampiran 7** Lembar *Letter of Acceptance* (LoA) Artikel
- Lampiran 8** Lembar *Source Code* Tugas Akhir