

**IMPLEMENTASI *MACHINE LEARNING* DENGAN
HYPERPARAMETER TUNING UNTUK REKOMENDASI
JENIS TANAMAN BERBASIS IOT BERDASARKAN
UNSUR HARA TANAH**



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro**

Oleh:

**Dedi Zulkarnain
062240352304**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

**IMPLEMENTASI *MACHINE LEARNING* DENGAN
HYPERPARAMETER TUNING UNTUK REKOMENDASI
JENIS TANAMAN BERBASIS IOT BERDASARKAN
UNSUR HARA TANAH**



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro**

Oleh:

Dedi Zulkarnain

062140351304

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG**

2026

LEMBAR PENGESAHAN
IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN
HYPERPARAMETER TUNING UNTUK REKOMENDASI
JENIS TANAMAN BERBASIS IOT BERDASARKAN
UNSUR HARA TANAH



Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik
Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya

Oleh:

Dedi Zulkarnain

062240353304

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1


Ir. Aryanti, S.T., M.Kom., IPM.
NIP. 197708092002122002

Palembang, Agustus 2026
Dosen Pembimbing 2


Ir. Nurchajar Anugraha, S.T., M.T.
NIP. 199106172022032007

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik
Telekomunikasi


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



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan:

Nama	: Dedi Zulkarnain
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Palembang, 23 Desember 2004
Alamat	: Perumahan Alya Residence, Jl Tanjung Duku Damai, Kelurahan Talang Kelapa, Kota Palembang
NIM	: 062240352304
Program Studi	: Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan	: Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	: Implementasi Machine Learning dengan Hyperparameter Tuning untuk Rekomendasi Jenis Tanaman Berbasis IoT Berdasarkan Unsur Hara Tanah

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas 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 Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila di kemudian 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

Yang Menyatakan,



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Bukan tentang siapa yang paling cepat sampai, tetapi siapa yang tetap berjalan ketika banyak alasan untuk berhenti."

"Hari ini tidak perlu membuktikan apa pun kepada siapa pun. Cukup lakukan satu hal yang membuatmu sedikit lebih dekat dengan tujuanmu."

Dengan penuh rasa syukur, karya ini dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang telah mengajarkan bahwa kerja keras sering kali berbicara lebih lantang daripada kata-kata. Terima kasih atas doa yang tidak pernah putus, kesabaran yang tidak pernah habis, dan kepercayaan yang selalu diberikan bahkan ketika saya sendiri masih meragukan kemampuan saya.
2. Keluarga, yang menjadi tempat pulang di setiap lelah dan menjadi alasan untuk terus menyelesaikan apa yang telah dimulai.
3. Para dosen, yang bukan hanya mengajarkan teori, tetapi juga membentuk cara berpikir, cara bertanya, dan cara menyelesaikan masalah.
4. Teman-teman seperjuangan, yang telah berbagi cerita, tawa, tekanan, revisi, serta keyakinan bahwa tidak ada perjuangan yang benar-benar dijalani sendirian.
5. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri.
Terima kasih karena tidak memilih menyerah pada hari-hari ketika semuanya terasa berat. Terima kasih telah bertahan melewati keraguan, menerima setiap revisi sebagai bagian dari proses, dan tetap melangkah hingga halaman terakhir karya ini akhirnya selesai ditulis.

ABSTRAK

**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN
HYPERPARAMETER TUNING UNTUK REKOMENDASI JENIS
TANAMAN BERBASIS IOT BERDASARKAN KARAKTERISTIK TANAH
(2026: XIII+92 Halaman+22Gambar+9Tabel+Daftar Pustaka+Lampiran)**

Dedi Zulkarnain

062240352304

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

Pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan karakteristik tanah merupakan faktor penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, proses penentuan tanaman yang tepat masih sering dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dan berpotensi menghasilkan keputusan yang kurang akurat. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan algoritma *Catboost* yang dioptimasi melalui *hyperparameter tuning* dengan metode *Bayesian optimization*. Sistem menggunakan Soil Sensor 6 in 1 yang terhubung dengan ESP32 untuk memperoleh data karakteristik tanah berupa nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), pH, suhu, dan kelembaban tanah. Model dikembangkan menggunakan dataset *Crop Recommendation* yang terdiri dari 2.200 data dengan 22 kelas tanaman. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-score*, *Confusion matrix*, serta 5-fold *Cross validation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Catboost* dengan parameter default telah memberikan performa yang sangat baik, sedangkan penerapan *Bayesian optimization* berhasil memperoleh kombinasi *hyperparameter* optimal yang meningkatkan performa model hingga mencapai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score* sebesar 100% pada data pengujian. Hasil 5-fold *Cross validation* juga menunjukkan rata-rata akurasi di atas 99% dengan deviasi yang rendah sehingga menunjukkan kemampuan generalisasi model yang baik. Implementasi sistem berhasil mengintegrasikan perangkat IoT, model *Machine learning*, dan Telegram Bot sehingga mampu memberikan rekomendasi jenis tanaman secara otomatis berdasarkan karakteristik tanah yang terukur.

Kata kunci: *Internet of Things*, *Machine learning*, *Catboost*, *Bayesian optimization*, Rekomendasi Tanaman.

ABSTRACT

MACHINE LEARNING IMPLEMENTATION WITH HYPERPARAMETER TUNING FOR IOT-BASED CROP TYPE RECOMMENDATIONS BASED ON SOIL NUTRIENTS

(2026: XIII + 92 Pages + 13 Figures + 14 Tables + References + Appendices0

Dedi Zulkarnain

062240352304

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

**BACHELOR OF APPLIED TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING
STUDY PROGRAM**

SRIWIJAYA STATE POLYTECHNIC

Selecting crop types suited to soil characteristics is a crucial factor in enhancing agricultural productivity. However, the process of determining the appropriate crop is often still performed manually, leading to inefficiency and potentially inaccurate decisions. This study aims to implement an Internet of Things (IoT)-based crop recommendation system using the catboost algorithm, optimized via hyperparameter tuning through bayesian optimization. The system utilizes a 6-in-1 soil sensor connected to an ESP32 microcontroller to acquire soil characteristic data, including nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), pH, temperature, and soil moisture. The model was developed using the "Crop Recommendation" dataset, comprising 2,200 data points across 22 crop classes. Model evaluation was conducted using metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, confusion matrix, and 5-fold cross-validation. The results indicate that the catboost algorithm with default parameters already delivered excellent performance; however, the application of bayesian optimization successfully identified an optimal hyperparameter combination that boosted model performance to achieve 100% accuracy, precision, recall, and F1-score on the test data. The 5-fold cross-validation results also showed an average accuracy exceeding 99% with low deviation, demonstrating the model's strong generalization capability. The system implementation successfully integrated IoT hardware, a Machine learning model, and a telegram Bot, enabling automated crop recommendations based on measured soil characteristics.

Keywords: *Internet of Things, Machine learning, Catboost, Bayesian Optimization, Crop Recommendation.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunianya sehingga Laporan Akhir yang berjudul "*Implementasi Machine learning dengan Hyperparameter tuning* untuk Rekomendasi Jenis Tanaman Berbasis IoT Berdasarkan Unsur Hara Tanah" dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya. Selama proses penyusunan laporan akhir ini, telah diperoleh banyak bantuan, bimbingan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom.,IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Lindawati, S.T., M.T.I., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ir. Aryanti, S.T., M.Kom., IPM., selaku Dosen Pembimbing I di Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Ibu Ir. Nurhajar Anugraha, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II di Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Semua Dosen dan Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Untuk orang tua, kakak, dan adik, serta keluarga yang selalu memberikan nasihat, semangat, dan doanya.
9. Kepada teman-teman kelas 8 TEM, terima kasih atas kebersamaan dan dukungan selama masa perkuliahan.
10. Seluruh mahasiswa D4 Teknik Telekomunikasi Angkatan 2022 di

Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan dukungannya.

11. Seluruh pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
12. Terakhir, disampaikan ucapan terima kasih kepada diri sendiri atas komitmen, kedisiplinan, serta usaha yang telah diberikan dalam proses penyusunan laporan akhir ini.

Laporan akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan perbaikan pada penelitian selanjutnya. Laporan akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang *Internet of Things*, *Machine Learning*, dan penerapannya dalam sistem rekomendasi tanaman berbasis unsur hara tanah.

Palembang, Juli 2026

Dedi Zulkarnain

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN.....	i
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Metode Penulisan	6
1.6.1 Metode Studi Pustaka.....	6
1.6.2 Metode Observasi.....	7
1.6.3 Metode Kuantitatif	7
1.6.4 Metode Konsultasi	7
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Sistem Rekomendasi	9
2.2 Karakteristik Tanah	10
2.2.1 Nitrogen (N)	11
2.2.2 Fosfor (P)	11
2.2.3 Kalium (K)	12
2.2.4 pH Tanah.....	12

2.2.5	Suhu Tanah	12
2.2.6	Kelembaban Tanah.....	13
2.3	Internet of Thing	13
2.4	ESP32.....	14
2.5	Soil Sensor 6 in 1 RS485	15
2.6	Protokol Modbus RS485	16
2.7	Telegram Bot.....	17
2.8	<i>Machine learning</i>	17
2.9	Algoritma <i>Catboost</i>	19
2.10	<i>Hyperparameter tuning</i>	20
2.11	<i>Bayesian optimization</i>	21
2.12	Penelitian Terdahulu	23
2.13	State of The Art.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Metode Penelitian.....	30
3.2	Kerangka Penelitian	31
3.3	Perancangan Sistem	34
3.3.1	Perancangan <i>Hardware</i>	35
3.3.2	Perancangan <i>Software</i>	37
3.4	Karakteristik Tanaman yang Direkomendasikan	43
3.5	Analisis Kondisi Tanah	44
3.6	Pembuatan Sistem	48
3.7	Pengujian Sistem.....	51
3.5.1	Pengujian <i>Hardware</i>	52
3.5.2	Pengujian Komunikasi Data.....	52
3.5.3	Pengujian Model <i>Machine learning</i>	52
3.5.4	Pengujian Telegram Bot.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Implementasi Sistem Rekomendasi Tanaman Berbasis IoT	54
4.1.1	Implementasi Perangkat Keras.....	54
4.1.2	Implementasi Perangkat Lunak.....	55

4.1.3	Implementasi Telegram Bot.....	57
4.1.4	Pengujian Sistem.....	60
4.2	Kinerja Algoritma <i>Catboost</i> dalam Rekomendasi Tanaman	68
4.2.1	Dataset Penelitian.....	68
4.2.2	Pembagian Dataset	69
4.2.3	Hasil Pelatihan Model <i>Catboost</i>	70
4.2.4	Hasil Evaluasi Model	70
4.2.5	Confusion matrix.....	73
4.2.6	<i>Feature importance</i>	75
4.2.7	Analisis Kinerja Model <i>Catboost</i>	76
4.3	Pengaruh Bayesian optimization terhadap Algoritma Catboost	77
4.3.1	Proses Hyperparameter tuning Menggunakan Bayesian optimization 77	
4.3.2	Hasil Optimasi <i>Hyperparameter</i>	78
4.3.3	Hasil Evaluasi Model <i>Catboost</i> Setelah <i>Bayesian optimization</i>	79
4.3.4	Confusion matrix Catboost Setelah Bayesian optimization.....	80
4.3.5	Feature importance Catboost Setelah Bayesian optimization.....	82
4.3.6	Analisis Pengaruh <i>Bayesian optimization</i> terhadap Algoritma <i>Catboost</i> 83	
BAB V PENUTUP.....		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 ESP32	14
Gambar 3. 2 Soil Moisture Sensor RS485.....	15
Gambar 3. 3 Protokol Modbus RS485	16
Gambar 3. 4 Logo Telegram.....	17
Gambar 3. 5 Flowchart Kerangka Penelitian	32
Gambar 3. 6 Blok Diagram Sistem.....	35
Gambar 3. 7 Skematik <i>Hardware</i>	36
Gambar 3. 8 Flowchart Perancangan <i>Software</i>	38
Gambar 3. 9 Flowchart Algoritma <i>Catboost</i>	41
Gambar 3. 10 Flowchart Pembuatan Sistem	49
Gambar 4. 1 Wiring Komponen Perangkat Keras	55
Gambar 4. 2 Struktur Folder <i>Software</i>	56
Gambar 4. 3 Menu Telegram Bot.....	57
Gambar 4. 4 Perintah /start	58
Gambar 4. 5 Perintah /about	58
Gambar 4. 6 Perintah /rekomendasi	59
Gambar 4. 7 Perintah /history	60
Gambar 4. 8 <i>Confusion matrix</i> Model <i>Catboost</i>	73
Gambar 4. 9 <i>Feature importance</i> Model <i>Catboost</i>	75
Gambar 4. 10 Optimization History <i>Bayesian optimization</i>	77
Gambar 4. 11 <i>Confusion matrix</i> <i>Catboost</i> Setelah <i>Bayesian optimization</i>	80
Gambar 4. 12 <i>Feature importance</i> <i>Catboost</i> Setelah <i>Bayesian optimization</i>	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 4. 1 Koneksi Perangkat Keras	54
Tabel 4. 2 Atribut Dataset Penelitian	69
Tabel 4. 3 Pembagian Dataset	70
Tabel 4. 4 Hasil Evaluasi Model <i>Catboost</i>	71
Tabel 4. 5 Classification Report Algoritma <i>Catboost</i>	71
Tabel 4. 6 Hasil Optimasi <i>Hyperparameter Catboost</i> Menggunakan <i>Bayesian optimization</i>	78
Tabel 4. 7 Hasil Evaluasi Model <i>Catboost</i> Setelah <i>Bayesian optimization</i>	79
Tabel 4. 8 Perbandingan Performa <i>Catboost</i> Sebelum dan Sesudah <i>Bayesian optimization</i>	84

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lembar Kesepakatan Bimbingan
2. Lembar Konsultasi Bimbingan
3. Lembar Rekomendasi Seminar Tugas Akhir
4. Lembar Revisi
5. Lembar Pelaksanaan Revisi
6. LoA Jurnal
7. Source Code