



IMPLEMENTASI SISTEM IOT *MONITORING* UNSUR HARA TANAH BERBASIS *MACHINE LEARNING*

SAUQI MUHAMMAD FAIQ



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN PROYEK AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Proyek Akhir dengan judul “Implementasi Sistem IoT *Monitoring* Unsur Hara Tanah Berbasis *Machine Learning*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir Laporan Proyek Akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Sauqi Muhammad Faiq
J0404221095



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

SAUQI MUHAMMAD FAIQ. Implementasi Sistem IoT *Monitoring* Unsur Hara Tanah Berbasis *Machine Learning*. Dibimbing oleh IRMAN HERMADI.

Pertanian modern menuntut efisiensi pengujian kesuburan lahan. Penelitian ini merancang purwarupa *Soil Integrated Tracking and Sensing* atau SITRAS, sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* dan *Machine Learning* untuk rekomendasi pemupukan presisi. Sistem mengakuisisi Nitrogen, Fosfor, dan Kalium sebagai parameter utama, beserta parameter lingkungan sekunder menggunakan sensor RS485 7 in 1 yang diproses melalui mikrokontroler ESP32 S3. Guna menekan galat fisis sensor, algoritma *Polynomial Ridge Regression* tingkat tiga diterapkan. Model ini sukses menurunkan simpangan *Mean Absolute Error* sebesar 96.6 persen untuk Fosfor dan 81.9 persen untuk Kalium. Data terkalibrasi kemudian diproses algoritma *K Nearest Neighbors* untuk memetakan takaran pupuk Urea, SP36, dan KCl pada tanaman padi, jagung, dan kedelai. Evaluasi membuktikan prapemrosesan data adaptif ini berhasil mendongkrak akurasi ketepatan dosis secara masif. Persentase takaran SP36 dan KCl yang keduanya benar melonjak dari 10.5 persen pada sensor mentah menjadi 94.7 persen, dengan rerata akurasi benar total 97.35 persen. SITRAS terbukti menghadirkan solusi teknologi objektif guna mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: *Internet of Things* (IoT), *K-Nearest Neighbors*, pertanian presisi, rekomendasi pemupukan, *Ridge Regression*.

ABSTRACT

SAUQI MUHAMMAD FAIQ. Implementation of Machine Learning-Based IoT System for Soil Nutrient Monitoring. Supervised by IRMAN HERMADI.

Modern agriculture demands efficient soil fertility testing. This research designed Soil Integrated Tracking and Sensing or SITRAS, an Internet of Things and Machine Learning based monitoring system for precise fertilization recommendations. The system acquires Nitrogen, Phosphorus, and Potassium as primary parameters, along with secondary environmental parameters using a 7 in 1 RS485 sensor processed through an ESP32 S3 microcontroller. To minimize physical sensor errors, a third degree Polynomial Ridge Regression algorithm was applied. This model successfully reduced the Mean Absolute Error deviation by 96.6 percent for Phosphorus and 81.9 percent for Potassium. The calibrated data is then processed by a K Nearest Neighbors algorithm to map Urea, SP36, and KCl fertilizer doses for rice, corn, and soybeans. Evaluation proved that this adaptive preprocessing massively boosted dose accuracy. The percentage where both SP36 and KCl doses were correct jumped from 10.5 percent on the raw sensor to 94.7 percent, with an average total correct accuracy of 97.35 percent. SITRAS provides an objective technological solution to support sustainable agriculture.

Keywords: Internet of Things, K-Nearest Neighbors, precise fertilization, precision agriculture, Ridge Regression



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



IMPLEMENTASI SISTEM IOT *MONITORING* UNSUR HARA TANAH BERBASIS *MACHINE LEARNING*

SAUQI MUHAMMAD FAIQ

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University
Penguji pada ujian laporan proyek akhir: Gema Parasti Mindara, S.Si., M.Kom.



Judul Proyek Akhir : Implementasi Sistem IoT *Monitoring* Unsur Hara Tanah
Berbasis *Machine Learning*

Nama : Sauqi Muhammad Faiq
NIM : J0404221095

@Hak cipta milik IPB University

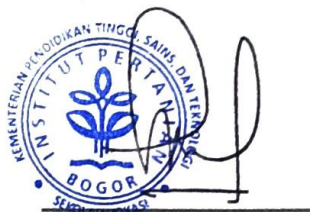
Disetujui oleh

Pembimbing:
Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.
NPI 201811198611192014

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP 196607171992031003



Tanggal Ujian:
24 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah *Internet of Things (IoT)* dan *Machine Learning*, dengan judul "Implementasi Sistem IoT Monitoring Unsur Hara Tanah Berbasis *Machine Learning*".

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan Bapak Arifin Al Amiri Maswar, S.E. selaku mentor magang yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berharga selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh staf dan jajaran pimpinan Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian (BBRMP SDLP) yang telah kooperatif, menyediakan fasilitas magang, serta banyak membantu kelancaran proses pengujian dan pengumpulan data di lapangan. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Sauqi Muhammad Faiq

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Internet of Things</i>	4
2.2 Mikrokontroller ESP32	5
2.3 Sensor NPK RS485	5
2.4 <i>Transceiver</i> MAX485	6
2.5 LCD TFT	7
2.6 Kandungan Unsur Hara Tanah	8
2.7 Model <i>Machine Learning Polynomial Ridge Regression</i>	8
2.8 Model <i>Machine Learning K-Nearest Neighbors</i> (K-NN)	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Lokasi Proyek Akhir	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	12
3.4 Prosedur Kerja	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Perancangan Sistem	17
4.2 Perakitan <i>Hardware</i>	30
4.3 Perakitan <i>Software</i>	33
4.4 Pengolahan Data dan Kalibrasi Berbasis <i>Machine Learning</i>	38
4.5 Perancangan Sistem Rekomendasi Pemupukan Spesifik Lokasi	47
V SIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Simpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Alat dan Bahan	10
2	Komponen Integrasi IoT	11
3	UC-01: <i>Request</i> Akun	21
4	UC-02: Melihat Data Sensor (Mentah & Terkalibrasi)	22
5	UC-03: Menambahkan Label Tanah dan Lokasi	23
6	UC-04: Mendapatkan Rekomendasi Pemupukan	23
7	UC-05: Manajemen Pengguna	24
8	UC-06: Ubah Kata Sandi	25
9	Hasil Pembacaan Sensor dengan Hasil Lab	39
10	Hasil Evaluasi Pembacaan Sensor dengan Hasil Lab	40
11	Hasil Pembacaan Prediksi Kalibrasi dengan Hasil Lab	42
12	Hasil Evaluasi Pembacaan Prediksi Kalibrasi dengan Hasil Lab	44
13	Dataset Kombinasi Aturan Pemupukan	50
14	Rekomendasi Dosis Pupuk Tanaman Padi	51
15	Rekomendasi Dosis Pupuk Tanaman Jagung	52
16	Rekomendasi Dosis Pupuk Tanaman Kedelai	53
17	Evaluasi Kesesuaian Dosis Pupuk Tanaman Padi	53
18	Evaluasi Kesesuaian Dosis Pupuk Tanaman Jagung	54
19	Evaluasi Kesesuaian Dosis Pupuk Tanaman Kedelai	54

DAFTAR GAMBAR

1	<i>Internet of Things</i>	4
2	Mikrokontroler ESP32	5
3	Sensor NPK RS485	6
4	<i>Transceiver</i> MAX485	6
5	LCD TFT	7
6	Unsur Hara Tanah	8
7	Prosedur Kerja	15
8	Gambaran Umum Alat	17
9	Blok Diagram	18
10	<i>Flowchart Logic</i> Sistem	19
11	<i>Use Case Diagram</i> SITRAS	20
12	<i>Activity Diagram Request</i> Akun	26

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

13	<i>Activity Diagram</i> Melihat Data Sensor	27
14	<i>Activity Diagram</i> Menambahkan Label Tanah dan Lokasi	27
15	<i>Activity Diagram</i> Mendapatkan Rekomendasi Pemupukan	28
16	<i>Activity Diagram</i> Manajemen Pengguna	29
17	<i>Activity Diagram</i> Ubah Kata Sandi	29
18	Skematik Rangkaian	30
19	Rangkaian yang telah disolder	31
20	Rangkaian yang telah disolder dinyalakan	31
21	Desain Alat Tampak Isometrik	32
22	Penempatan rangkaian PCB pada <i>casing</i>	32
23	Hasil perakitan <i>casing</i> dengan rangkaian yang sudah disesuaikan	33
24	Hasil <i>casing</i> yang sudah ditempel dengan stiker	33
25	Tampilan <i>Dashboard Page</i>	34
26	Tampilan <i>Raw Sensor Page</i>	35
27	Tampilan <i>Calibrated Sensor Page</i>	36
28	Tampilan PDF laporan yang diunduh	36
29	Tampilan Input Label Tanah dan Daftar Tanah Tersimpan	37
30	Tampilan <i>Page</i> Rekomendasi Pemupukan input manual	37
31	Tampilan <i>Page</i> Rekomendasi Pemupukan data terkalibrasi	38
32	Grafik komparasi unsur pH	45
33	Grafik komparasi unsur N	46
34	Grafik komparasi unsur P	46
35	Grafik komparasi unsur K	47

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode <i>Machine Learning</i> Kalibrasi <i>Polynomial Ridge Regression</i>	59
2	Kode <i>Machine Learning</i> Rekomendasi Pemupukan K-NN	60