

PEMBUATAN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KESUBURAN TANAH TERINTEGRASI IRIGASI PRESISI BERBASIS INTERNET OF THINGS

JAMES BRANDO GAIO



TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



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

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Proyek Akhir dengan judul “Pembuatan Prototipe Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Berbasis *Internet of Things* (IoT)” 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, 24 Juni 2026

James Brando Gaio
J0404221050



ABSTRAK

JAMES BRANDO GAIO. Pembuatan Prototipe Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Berbasis Internet Of Things. Dibimbing oleh INNA NOVIANTY

Perubahan iklim dan fluktuasi iklim mikro pada lahan pertanian terbuka menuntut adanya pengelolaan kualitas tanah yang presisi, khususnya pada komoditas rentan seperti tanaman tomat yang membutuhkan kelembaban dan nutrisi spesifik agar terhindar dari kecacatan fisik. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini merancang prototipe sistem monitoring kesuburan tanah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan metodologi SDLC Waterfall. Secara teknis, sistem ini mengakuisisi metrik unsur hara (NPK) menggunakan sensor Modbus RS485, serta derajat keasaman (pH), kelembaban, suhu, dan intensitas cahaya. Seluruh data dikonversi ke format JSON dan ditransmisikan via protokol MQTT secara asinkron setiap 5 detik untuk divisualisasikan secara real-time melalui website monitoring smart farming berbasis React.js dan Node.js. Keandalan instrumen divalidasi melalui perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dengan rata-rata tingkat akurasi kumulatif mencapai 94,93%, mengonfirmasi presisi akuisisi data. Selanjutnya, analisis regresi linear berganda membuktikan secara empiris bahwa parameter iklim mikro dan sifat fisik tanah memiliki intervensi signifikan terhadap ketersediaan hara. Secara spesifik, Uji T menunjukkan bahwa kadar Nitrogen sangat dipengaruhi oleh Suhu Udara (nilai Sig. < 0,001), sementara ketersediaan Fosfor dan Kalium sangat dipengaruhi oleh Kelembaban Tanah dan Intensitas Cahaya (nilai Sig. < 0,001). Melalui integrasi perangkat keras dan analisis data tervalidasi ini, prototipe berhasil menyajikan data empiris untuk mencegah stres pada tanaman tomat dan memberikan justifikasi objektif guna mendukung efisiensi otomatisasi sistem irigasi presisi.

Kata kunci: ESP32, *Internet of Things* (IoT), Regresi linear, Sensor NPK, Sensor NPK, *Website Monitoring Smart Farming*.



ABSTRACT

JAMES BRANDO GAIO. Development of a Prototype Internet of Things (IoT)-Based Soil Fertility Monitoring System. Supervised by INNA NOVIANTY

Climate change and microclimate fluctuations in open agricultural fields require precise soil quality management, particularly for vulnerable crops such as tomatoes, which require specific moisture levels and nutrients to avoid physical defects. To address these issues, this study designed a prototype Internet of Things (IoT)-based soil fertility monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Waterfall SDLC methodology. Technically, the system acquires nutrient (NPK) metrics using an RS485 Modbus sensor, as well as pH, moisture, temperature, and light intensity. All data is converted to JSON format and transmitted asynchronously via the MQTT protocol every 5 seconds for real-time visualization through a smart farming monitoring website built with React.js and Node.js. Instrument reliability was validated through Mean Absolute Percentage Error (MAPE) calculations, with an average cumulative accuracy rate of 94.93%, confirming the precision of data acquisition. Furthermore, multiple linear regression analysis empirically demonstrated that microclimate parameters and soil physical properties have a significant impact on nutrient availability. Specifically, the t-test showed that nitrogen levels are strongly influenced by air temperature (Sig. value < 0.001), while phosphorus and potassium availability are strongly influenced by soil moisture and light intensity (Sig. value < 0.001). Through the integration of hardware and this validated data analysis, the prototype successfully provided empirical data to prevent stress in tomato plants and offered objective justification to support the efficiency of precision irrigation system automation.

Keywords: ESP32, Internet of Things (IoT), Linear Regression, NPK Sensors, Smart Farming Monitoring Website.



@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.

© 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.

PEMBUATAN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KESUBURAN TANAH TERINTEGRASI IRIGASI PRESISI BERBASIS INTERNET OF THINGS

JAMES BRANDO GAIO

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 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 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.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Gema Parasti Mindara, S.Si., M.Kom



- 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.

Judul Proyek Akhir : Pembuatan Prototipe Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Terintegrasi Irigasi Presisi Berbasis Internet of Things
Nama : James Brando Gaio
NIM : J0404221050

Pembimbing :
Dr. Inna Novianty S.Si., M.Si.

Disetujui oleh



Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty S.Si., M.Si.
NPI. 20181119861119214

Diketahui oleh

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




Tanggal Ujian: 24 Juni 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan April 2026 ini ialah teknologi robotika, dengan judul “Pembuatan Prototipe Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Terintegrasi Irigasi Presisi Berbasis Internet of Things ”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, ibu Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada bapak Indra Sudrajat S.E., selaku kepala Tempat magang BRMP Penerapan, beserta staf BRMP Penerapan, yang telah membantu selama kegiatan magang. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Tak lupa juga penulis sampaikan terimakasih kepada saudara tak sedarah Alfikri Ramadhan, Indra Maki Wiguna dan Rendi Septrian selaku rekan yang sudah menemani dan berkolaborasi dengan penulis selama penelitian ini.

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

Bogor, 24 Juni 2026

James Brando Gaio



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Internet of Things (IoT)	4
2.2 Irigasi Presisi	4
2.3 Mikrokontroler ESP32	5
2.4 LCD I2C 20X4	5
2.5 Sensor NPK (<i>Nitrogen, Fosfor, Kalium</i>)	6
2.6 Sensor Kelembaban Tanah (<i>Moisture Sensor</i>)	7
2.7 Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>)	7
2.8 Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT22)	8
2.9 Sensor pH Tanah	8
2.10 Node.js	9
2.11 Arduino IDE	10
2.12 Tinkercad	10
2.13 Metode <i>Waterfall</i>	11
2.14 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov (KS)	12
2.15 Pengelolaan Data Uji Asumsi Klasik	12
2.16 Pengelolaan Data Uji Hipotesis	13
METODE	15
3.1 Lokasi dan Waktu	15
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	15
3.3 Prosedur Kerja	18
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Analisis Kebutuhan Sistem	22
4.2 Perancangan Sistem	25
4.3 Implementasi Sistem	36
4.4 Pengujian Unit	44
4.5 Pemeliharaan Alat	56
4.6 Integrasi dan Validasi Sistem IoT	56
4.7 Analisis Data Penelitian	58
SIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70

LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

@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	Daftar <i>Hadrware</i>	23
2	Daftar <i>Software</i>	24
3	Alat dan bahan penunjang data penelitian	25
4	Spesifikasi instrument referensi pengujian	44
5	Keterangan cara kalibrasi sensor dengan alat pembandingnya	46
6	Pengujian Sensor Ph Tanah	49
7	Pengujian Sensor Kelembaban Tanah	50
8	Pengujian Sensor DHT22	51
9	Pengujian Sensor LDR	51
10	Pengujian Sensor unsur hara NPK	53
11	Rata-rata tingkat kesalahan (MAE dan MAPE) sensor prototipe	54

DAFTAR GAMBAR

1	Irigasi Presisi	4
2	Mikrokontroler ESP32	5
3	LCD 20x4 I2C	6
4	Sensor NPK	6
5	Sensor Kelembaban Tanah	7
6	Sensor LDR	8
7	Sensor DHT 22	8
8	Sensor pH Tanah	9
9	Node.Js	9
10	Arduino.IDE	10
11	Tinkercad	11
12	<i>Waterfall</i> Model	11
13	Prosedur Kerja	18
14	Lahan Pertanian BRMP Penerapan	22
15	Perancangan Arsitektur IoT <i>Software</i>	26
16	<i>Flowchart</i> Kerja Alat <i>Hardware</i>	27
17	Blok Diagram <i>Hardware</i>	27
18	Skematik Rangkaian <i>Hardware</i>	28
19	Rancangan 3D <i>hardware</i> (a) tampak depan, (b) tampak dalam, (c) tampak atas	29
20	Diagram Konteks (DFD Level 0) Sistem Pemantauan Kesuburan Tanah	30
21	DFD Level 1 Sistem Pemantauan Kesuburan Tanah	31
22	<i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD) Basis Data Sistem	32
23	<i>Use Case Diagram</i> <i>Smart Farming</i>	33
24	<i>Activity Diagram</i> Keamanan dan Autentikasi	35
25	<i>Activity Diagram</i> Fitur Operasional Utama	35
26	Tampak Atas Alat	36
27	Tampak Kanan Alat	37

28	Tampak Kiri Alat	37
29	Keseluruhan Kiri dan Kanan	37
30	Perancangan Perangkat Keras	38
31	Source Kode Program 1	38
32	Source Kode Program 2	39
33	Source Kode Program 3	39
34	Source Kode Program 4	40
35	Source Kode Program 5	40
36	Tampilan Antarmuka Halaman Login	41
37	Tampilan Antarmuka Dashboard <i>Real-Time</i>	42
38	Tampilan Antarmuka Halaman Riwayat Data	43
39	Tampilan Hasil Unduhan Laporan berformat PDF	43
40	Tanah dengan Sekam Ayam	45
41	Tanah Lama	45
42	Tanah Merah	45
43	Kalibrasi Sensor dengan alat referensi	46
44	Tampilan Arsitektur Komunikasi Data	57
45	Dokumentasi kode <i>wi-fi mqtt</i> dan <i>serial monitor</i>	57
46	Tampilan <i>website monitoring</i> kesuburan tanah	58
47	Pengolahan data pada <i>software</i> SPSS	59
48	Uji Normalitas Data P-Plot Variabel Y dependen dengan Variabel independen X	60
49	Uji Kolmogorov-Smirnov Test Variabel Y dependen dengan Variabel independen X	61
50	Uji multikolinieritas Data	62
51	Uji Heteroskedastisitas Data Menggunakan Scatterplot	63
52	Uji F ANOVA Nitrogen	64
53	Uji F ANOVA Fosfor	64
54	Uji F ANOVA Kalsium	64
55	Uji T koefisien Nitrogen	66
56	Uji T koefisien Fosfor	66
57	Uji T Koefisien Kalium	66

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode Program ESP32	73
2	Data Penelitian (Hasil Pengambilan dan Kalibrasi alat Penelitian)	80
3	Data yang di Uji	80
4	<i>Activity Diagram</i> Dashboard <i>Real-Time</i>	81
5	<i>Activity Diagram</i> Riwayat Data & <i>Filter</i> Tanggal (<i>Client-Side</i>)	81
6	<i>Activity Diagram</i> Ekspor Laporan (Excel & PDF)	82
7	Dokumentasi Kegiatan	82
8	<i>Activity Diagram</i> Manajemen Akun (Khusus Super Admin)	83