

IMPLEMENTASI SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA BERBASIS IOT UNTUK LINGKUNGAN BELAJAR SEHAT DAN PRODUKTIF DI LPK SAMIT

BIMA PRAWANG SAPUTRA



**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.



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

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan proyek akhir dengan judul “Implementasi Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Berbasis IoT untuk Lingkungan Belajar Sehat dan Produktif di LPK SAMIT” 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, Juli 2026

Bima Prawang Saputra
J0404221156



@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

BIMA PRAWANG SAPUTRA. Implementasi Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Berbasis IoT untuk Lingkungan Belajar Sehat dan Produktif di LPK SAMIT. Dibimbing oleh IRMAN HERMADI.

Kualitas udara dalam ruangan memengaruhi kenyamanan, kesehatan, dan konsentrasi penghuni. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan AirSense, sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) untuk lingkungan belajar LPK Samit. Sistem mengintegrasikan ESP32, DHT22, MQ-135, GP2Y1014AU0F, ADS1115, serta aplikasi MERN Stack dengan MongoDB. Data disajikan melalui dasbor web dan dianalisis menggunakan metode Z-score serta model bahasa besar untuk menghasilkan ringkasan dan rekomendasi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa pembacaan sensor, pengiriman, penyimpanan, visualisasi, dan analisis berjalan secara terintegrasi. Data perangkat ESP32-ADS1115-LIVE-01 selama 1 Januari sampai 26 Maret 2026 berjumlah 121.501 rekaman dengan interval dominan satu menit. Rata-rata PM2.5 dan PM10 masing-masing sebesar 2,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 4,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan suhu, kelembapan, estimasi CO₂, dan indikator VOC masing-masing sebesar 26,07 °C, 56,41%, 604,77 ppm, dan 1,95. Suhu dan kelembapan merupakan hasil ukur langsung, sedangkan PM10, CO₂, VOC, AQI, dan kategori mutu udara berupa estimasi atau data turunan untuk pemantauan tren.

Kata kunci: ESP32, Internet of Things, kualitas udara, MERN Stack, pemantauan

ABSTRACT

BIMA PRAWANG SAPUTRA. Implementation of an IoT-Based Air Quality Monitoring System for a Healthy and Productive Learning Environment at LPK SAMIT. Supervised by IRMAN HERMADI.

Indoor air quality affects occupant comfort, health, and concentration. This project aimed to design and implement AirSense, an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system for the learning environment at LPK Samit. The system integrates an ESP32, DHT22, MQ-135, GP2Y1014AU0F, ADS1115, and a MERN Stack application with MongoDB. Measurements are presented through a web dashboard and analyzed using the Z-score method and a large language model to generate summaries and recommendations. The implementation results show that sensor acquisition, transmission, storage, visualization, and analysis operate as an integrated workflow. Data from device ESP32-ADS1115-LIVE-01, collected from 1 January to 26 March 2026, comprised 121,501 records with a dominant one-minute interval. Mean PM2.5 and PM10 values were 2.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 4.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, while temperature, relative humidity, estimated CO₂, and the VOC indicator averaged 26.07 °C, 56.41%, 604.77 ppm, and 1.95, respectively. Temperature and humidity were direct measurements, whereas PM10, CO₂, VOC, AQI, and air-quality categories were estimated or derived for trend monitoring.

Keywords: air quality, ESP32, Internet of Things, MERN Stack, monitoring



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 *MONITORING* KUALITAS UDARA BERBASIS IoT UNTUK LINGKUNGAN BELAJAR SEHAT DAN PRODUKTIF DI LPK SAMIT

BIMA PRAWANG SAPUTRA

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

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 proyek akhir: Dr.Eng. Heru Sukoco, S.Si., M.T.



Nama
NIM

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Judul Proyek Akhir : Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT untuk Lingkungan Belajar Sehat dan Produktif di LPK SAMIT
Nama : Bima Prawang Saputra
NIM : J0404221156

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:
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. Penelitian ini dilaksanakan sejak September 2025 sampai Maret 2026 di LPK Samit, Tangerang, dengan judul Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT untuk Lingkungan Belajar Sehat dan Produktif di LPK SAMIT.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan Bapak Dr.Eng. Heru Sukoco, S.Si., M.T. selaku dosen penguji atas arahan, masukan, dan bimbingannya. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Destriany Amalia selaku pembimbing lapangan di PT Sakura Mitra Internasional, seluruh staf dan manajemen LPK Samit yang membantu pengumpulan data, pengujian sistem, dan implementasi alat, serta keluarga, sahabat, dan rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan serta bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang *Internet of Things*, sistem tertanam, dan pemantauan kualitas udara.

Bogor, Juli 2026

Bima Prawang Saputra



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Internet of Things</i>	4
2.2 Mikrokontroler ESP32	4
2.3 Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22	5
2.4 Sensor Kualitas Udara MQ-135	5
2.5 Sensor Partikulat GP2Y1014AU0F	6
2.6 Modul <i>Analog-to-Digital Converter</i> ADS1115	7
2.7 Parameter Kualitas Udara dalam Ruangan (IAQ)	7
2.8 <i>MERN Stack</i> (MongoDB, Express.js, React.js, Node.js)	8
2.9 <i>Large Language Model</i> (LLM)	8
2.10 OpenRouter API	8
2.11 Deteksi Anomali dengan Metode <i>Z-Score</i>	8
2.12 Integrasi AI dalam Sistem IoT	9
2.13 Sistem Basis Data	9
2.14 Pengembangan Aplikasi Web	10
III METODE	11
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	11
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	11
3.2.1 Teknik Pengumpulan Data	11
3.2.2 Analisis Data	11
3.3 Prosedur Kerja	12
3.3.1 Analisis Kebutuhan	12
3.3.2 Perancangan Sistem	12
3.3.3 Implementasi Perangkat Keras	12
3.3.4 Implementasi Perangkat Lunak	13
3.3.5 Pengujian dan Telaah Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Analisis Kebutuhan	14
4.2 Perancangan Sistem	15
4.2.1 Arsitektur Umum Sistem	15
4.2.2 Perancangan <i>Node</i> Sensor	15
4.2.3 Perancangan Komunikasi Data	16
4.2.4 Perancangan Basis Data	18
4.2.5 Perancangan Dasbor dan Analisis	20
4.3 Implementasi Sistem	21
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras	21
4.3.2 Implementasi <i>Firmware</i> ESP32	22
4.3.3 Implementasi Layanan Sisi Belakang dan Data	23



4.3.4 Implementasi Dasbor Web	24
4.3.5 Implementasi <i>Large Language Model</i> (LLM)	24
4.4 Pengujian dan Analisis Data	28
4.4.1 Hasil Integrasi Sistem	28
4.4.2 Karakteristik Himpunan Data	29
4.4.3 Statistik Deskriptif Parameter	29
4.4.4 Analisis Pola Waktu	30
4.4.5 Evaluasi terhadap Acuan Mutu Udara	34
4.5 Pembahasan	34
V SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
RIWAYAT HIDUP	39



DAFTAR TABEL

1 Pemetaan komponen dan koneksi pin	16
2 Struktur <i>payload</i> data <i>node</i>	17
3 Struktur koleksi basis data	19
4 Klasifikasi parameter hasil ukur dan hasil estimasi	23
5 Perbandingan ruas data <i>payload firmware</i> dan ruas data historis publik	24
6 Ringkasan himpunan data hasil pengamatan	28
7 Statistik deskriptif parameter utama	29
8 Ringkasan analisis berdasarkan hari	31
9 Perbandingan jam kerja dan luar jam kerja	32
10 Ringkasan analisis bulanan	33
11 Kesiapan analisis periode	34
12 Evaluasi parameter terhadap acuan mutu udara ruang	34
13 Kelebihan dan keterbatasan sistem AirSense	35

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.



DAFTAR GAMBAR

1 <i>Internet of Things</i>	4
2 Mikrokontroler ESP32	5
3 Sensor DHT22	5
4 Sensor MQ-135	6
5 Sensor GP2Y1014AU0F	6
6 Sistem Basis Data	9
7 Arsitektur umum sistem AirSense	14
8 Rangkaian <i>node</i> sensor AirSense	16
9 Diagram alir <i>firmware</i> dan pengiriman data	17
10 Rancangan alur layanan sisi belakang dan basis data	19
11 Rancangan tampilan dasbor utama	20
12 Rancangan modul analitik/ <i>AI assistant</i>	20
13 Diagram aktivitas sistem AirSense	21
14 Alat fisik <i>node</i> AirSense	22
15 Arsitektur integrasi LLM pada sistem AirSense	26
16 Implementasi fitur AI Insight	27
17 Implementasi fitur <i>AI Assistant</i>	27
18 Rata-rata harian PM2.5	30
19 Profil rata-rata suhu dan kelembapan selama 24 jam	30
20 Profil rata-rata CO2 selama 24 jam	31
21 Rata-rata PM2.5 dan PM10 berdasarkan hari Senin sampai Minggu	32
22 Perbandingan suhu dan kelembapan pada jam kerja dan luar jam kerja	32
23 Tren bulanan suhu dan kelembapan	33
24 Tren suhu dan kelembapan 30 hari terakhir	33



@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.