



# PERANGKAT PORTABEL SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS IoT

WYLIAM AMARTINNO



DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
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

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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian dengan judul “PERANGKAT PORTABEL SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS 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 skripsi ini.

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

Bogor, 21 April 2026

*Wyliam Amartinno*  
NIM G7401211065

- 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*

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

WYLIAM AMARTINNO. Perangkat Portabel Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT. Dibimbing oleh IRMANSYAH dan MAHFUDDIN ZUHRI.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya polusi udara di wilayah perkotaan yang memerlukan sistem pemantauan yang efisien, terjangkau, dan *real-time*. Penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat portabel monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor SDS011 (PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub>), MQ-7 (CO), SEN0574 (NO<sub>2</sub>), dan DHT11 (suhu dan kelembapan). Metode meliputi perancangan sistem, penentuan *baseline*, kalibrasi dan validasi sensor, serta pengujian pada kondisi ambien, pengkondisian, dan jalan raya. Hasil menunjukkan sensor SDS011 memiliki akurasi baik dengan R<sup>2</sup> 0,93 (PM<sub>2,5</sub>) dan 0,98 (PM<sub>10</sub>) serta deviasi <5%. Sensor DHT11 juga memiliki validitas yang baik dengan R<sup>2</sup> = 0,97. Sensor MQ-7 dan SEN0574 menunjukkan respons konsisten secara relatif terhadap perubahan lingkungan. Pengujian lapangan menunjukkan peningkatan signifikan PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> pada lingkungan jalan raya dibandingkan kondisi ambien. Sistem mampu melakukan monitoring *real-time* dan membedakan kondisi lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat IoT berbasis sensor low-cost dapat digunakan untuk pemantauan kualitas udara berbasis tren secara efektif dan terjangkau.

Kata kunci: ESP32, IoT, kualitas udara, *monitoring*, sensor

## ABSTRACT

WYLIAM AMARTINNO. Portable Air Quality Monitoring System Based on IoT. Supervised by IRMANSYAH and MAHFUDDIN ZUHRI.

This study is motivated by increasing air pollution in urban areas, which requires an efficient, affordable, and real-time monitoring system. This research aims to develop a portable air quality monitoring device based on the Internet of Things (IoT) using ESP32 integrated with SDS011 (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), MQ-7 (CO), SEN0574 (NO<sub>2</sub>), and DHT11 (temperature and humidity) sensors. The method includes system design, *baseline* determination, sensor calibration and validation, and testing under ambient, conditioned, and roadside environments. The results show that the SDS011 sensor has good accuracy with R<sup>2</sup> values of 0.93 (PM<sub>2,5</sub>) and 0.98 (PM<sub>10</sub>) and deviation <5%. The DHT11 sensor also showed good validity with R<sup>2</sup> = 0.97. The MQ-7 and SEN0574 sensors show consistent relative responses to environmental changes. Field testing indicates a significant increase in PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> in roadside environments compared to ambient conditions. The system is capable of real-time monitoring and distinguishing environmental conditions. This study shows that low-cost IoT-based devices can be used for effective and affordable trend-based air quality monitoring.

Keywords: *air quality*, ESP32, IoT, *monitoring*, sensor



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.*



# PERANGKAT PORTABEL SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS IoT

**WYLIAM AMARTINNO**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian pada  
Program Studi Fisika  
Departemen Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
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.

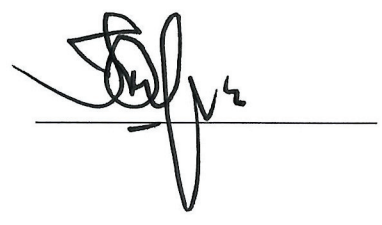
**Tim Penguji pada Ujian Skripsi:**

- 1. Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.**
- 2. Dr. Setyanto Tri Wahyudi, S.Si., M.Si.**

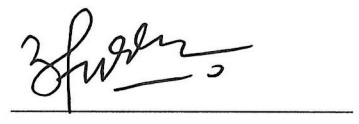
Judul Skripsi : Perangkat Portabel Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT  
Nama : Wyliam Amartinno  
NIM : G7401211065

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.  
NIP. 196809161994031001

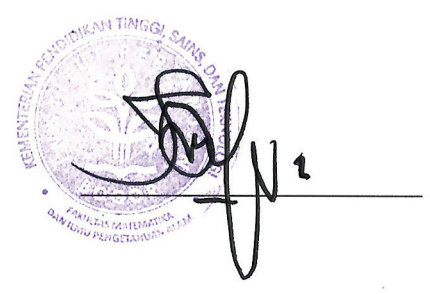


Pembimbing 2:  
Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si.  
NIP 196911041997021001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:  
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.  
NIP. 196809161994031001



Tanggal Ujian: 25 Juni 2026

Tanggal Lulus:

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*

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.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga penelitian dengan judul "Perangkat Portabel Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT" berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Ir. Irmansyah, M.Si., selaku dosen pembimbing utama, dan Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si., selaku dosen pembimbing pendamping, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak Laboratorium CCROM-SEAP IPB atas dukungan fasilitas dan bantuan teknis selama proses kalibrasi sensor partikulat dalam penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada orang tua, sahabat-sahabat, serta semua pihak yang telah memberikan bantuan, inspirasi, dan semangat selama proses penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bogor, 21 April 2026

*Wyliam Amartinno*



### *@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	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1 Sistem Monitoring Kualitas Udara	3
2.2 Mikrokontroler ESP32 dalam IoT	3
2.3 Sensor Kualitas Udara	3
2.3.1 Nova PM Sensor SDS011	4
2.3.2 Sensor MQ-7	4
2.3.3 DHT11	4
2.3.4 SEN0574 MEMS Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> ) Gas Detection Sensor	5
2.4 Indeks Kualitas Udara (AQI)	5
2.5 Integrasi IoT dalam Sistem Monitoring Kualitas Udara	6
<b>III METODE</b>	<b>7</b>
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.3.1 Persiapan	7
3.3.2 Perancangan Sistem	8
3.3.3 Penentuan <i>Baseline</i> Sensor	9
3.3.4 Kalibrasi dan Validasi Sensor	9
3.3.5 Metode Pemanasan Siklik Sensor MQ-7	9
3.3.6 Pengujian Pengkondisian Lingkungan	10
3.3.7 Pengujian pada Lingkungan Jalan Raya	11
3.3.8 Perhitungan Air Quality Index	11
3.3.9 Pengolahan dan Analisis Data	12
3.3.10 Diagram Alir Penelitian	12
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>14</b>
4.1 Gambaran Umum Sistem dan Metode Pengujian	14
4.2 Hasil Kalibrasi dan Karakterisasi Sensor	14
4.2.1 Sensor Partikulat SDS011 (PM <sub>2,5</sub> dan PM <sub>10</sub> )	14
4.2.2 Validasi Sensor Lingkungan DHT11 (Suhu dan Kelembapan)	17
4.2.3 Sensor Gas MQ-7 (Karbon Monoksida)	18
4.2.4 Analisis <i>Baseline</i> Respons Sensor NO <sub>2</sub> (SEN0574)	20
4.3 Analisis Respons Sensor Gas terhadap Pengkondisian Lingkungan	21

@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.

4.3.1	Respons Sensor MQ-7 terhadap Pengkondisian CO	21
4.3.2	Respons Sensor NO <sub>2</sub> (SEN0574) terhadap Pengkondisian Lingkungan	22
4.4	Analisis Kinerja Sistem pada Lingkungan Jalan Raya Berpolutan	23
4.4.1	Analisis Data <i>Real-time</i> Sensor Gas pada Jam Rawan Kendaraan	24
4.4.2	Keterkaitan Respons Sensor Gas dengan Parameter Partikulat	25
4.4.3	Respons Sensor Gas NO <sub>2</sub> (SEN0574)	26
4.4.4	Ringkasan Analisis Lingkungan Jalan Raya	26
4.5	Perbandingan Kondisi Udara Ambien, Pengkondisian, dan Lingkungan Jalan Raya	27
4.5.1	Perbandingan Respons Sensor pada Berbagai Kondisi Lingkungan	27
4.5.2	Validasi Perilaku Sistem Monitoring	28
4.5.3	Keterbatasan Analisis	29
4.6	Implementasi dan Visualisasi Dashboard Sistem Monitoring	30
4.7	Pembahasan Umum dan Keterbatasan Sistem	31
V	SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1	Simpulan	33
5.2	Saran	33
	DAFTAR PUSTAKA	34

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	Rentang AQI, kualitas udara, dampak kesehatan, polutan utama, dan warna indikator (BMKG, 2024).	6
2	Rentang AQI dan konsentrasi PM <sub>2,5</sub> serta PM <sub>10</sub>	11
3	Ringkasan hasil kalibrasi sensor SDS011 terhadap sensor referensi (R <sup>2</sup> , deviasi rata-rata, dan persamaan regresi)	16
4	Ringkasan perbandingan respons sensor pada kondisi udara ambien, pengkondisian, dan lingkungan jalan raya	27
5	Nilai AQI berdasarkan pengukuran PM <sub>2,5</sub> dan PM <sub>10</sub> pada kondisi ambien dan jalan raya	28

## DAFTAR GAMBAR

1	Mikrokontroler ESP32 (Espressif Systems 2024)	3
2	Nova PM sensor SDS011	4
3	MQ-7 (Mirage Grove 2024)	4
4	DHT11	5
5	Sensor SEN0574	5
6	Diagram alir prosedur kerja sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT	7
7	Rangkaian sensor dan mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan kualitas udara	8
8	Diagram blok sistem	8
9	Pola tegangan keluaran sensor MQ-7 pada metode pemanasan siklik (fase <i>cleaning</i> dan fase <i>reading</i> )	10
10	Diagram alir prosedur kerja penelitian	13
11	Implementasi rangkaian sistem pada perangkat nyata	14
12	Grafik regresi linear konsentrasi PM <sub>2,5</sub> antara sensor SDS011 dan sensor referensi	15
13	Grafik regresi linear konsentrasi PM <sub>10</sub> antara sensor SDS011 dan sensor referensi	16
14	Grafik regresi linear suhu sensor DHT11 dan referensi (HTC)	17
15	Grafik regresi linear kelembapan sensor DHT11 dengan HTC	18
16	Sebaran tegangan keluaran sensor MQ-7 pada fase pembacaan ( <i>reading</i> ) pada kondisi udara ambien sebagai dasar penentuan <i>baseline</i>	19
17	Penentuan nilai <i>baseline</i> sensor NO <sub>2</sub> (SEN0574) berdasarkan rata-rata tegangan keluaran pada kondisi udara ambien	20
18	Analisis tren respons sensor MQ-7 pada pengkondisian lingkungan berbasis emisi knalpot motor	22
19	Analisis tren respons sensor NO <sub>2</sub> (SEN0574) pada pengkondisian lingkungan	23
20	Perbandingan konsentrasi PM <sub>10</sub> pada kondisi udara ambien dan lingkungan jalan raya selama pengujian <i>real-time</i>	24

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.

21	Perbandingan konsentrasi PM <sub>2,5</sub> pada kondisi udara ambien dan lingkungan jalan raya selama pengujian <i>real-time</i>	25
22	Perbandingan tegangan keluaran sensor MQ-7 pada kondisi udara ambien dan lingkungan jalan raya	25
23	Perbandingan tegangan keluaran sensor NO <sub>2</sub> pada kondisi udara ambien dan lingkungan jalan raya terhadap <i>baseline</i> sensor	26
24	Antarmuka dashboard monitoring kualitas udara berbasis IoT menggunakan Looker Studio	30

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.