



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN (CO, NO₂,
PM_{2.5}, KELEMBAPAN) DENGAN SENSOR SEN0564, SEN0574,
PMS5003, DHT22 SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT
MENGUNAKAN LORA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada Program Studi Sarjana
Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro**

Oleh :

Muhammad Rifan Aththooriq

40040621650028

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN (CO, NO2,
PM2.5, KELEMBAPAN) DENGAN SENSOR SEN0564, SEN0574, PMS5003,
DHT22 SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT
MENGGUNAKAN LORA

Diajukan oleh : Muhammad Rifan Aththooriq
NIM : 40040621650028

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

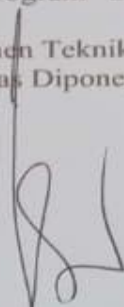
Dosen Pembimbing



Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T.
NIP. 198812282015041002

Tanggal 26 September 2025

Mengetahui
Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik
Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Tanggal 26 September 2025

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN (CO, NO2,
PM2.5, KELEMBAPAN) DENGAN SENSOR SEN0564, SEN0574, PMS5003,
DHT22 SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT
MENGUNAKAN LORA

Diajukan oleh : Muhammad Rifan Aththooriq
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada

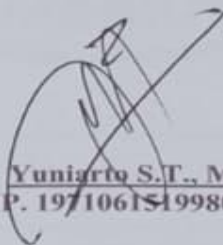
Hari : Jumat
Tanggal : 26 September 2025

Penguji I



Fakhruddin Mangkusasmito S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

Penguji II



Yuniartha S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Penguji III



Dista Yoel Tadeus S.T., M.T.
NIP. 198812282015041002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Muhammad Rifan Aththooriq
NIM : 40040621650028
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan (CO,
NO2, PM2.5, Kelembapan) Dengan Sensor SEN0564,
SEN0574, PMS5003, DHT22 Secara Real-Time
Berbasis ESP32 Dan IoT Menggunakan LoRa

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul tugas akhir ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk mendapatkan gelar keahlian di sebuah perguruan tinggi. Sejauh pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang saya rujuk secara tertulis dalam naskah ini dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia mendapat sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI. No.17 Tahun 2010 dan Undang-Undang yang berlaku.

Semarang, 26 September 2025
Yang membuat Pernyataan



Muhammad Rifan Aththooriq
NIM. 40040621650028

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta kemudahan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua atas segala doa, kasih sayang, semangat, dan dukungan tanpa henti yang senantiasa mengiringi setiap langkah selama ini.
3. Bapak Arkhan Subari selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro atas bimbingan dan arahannya selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan dan bimbingan dalam proses penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Mba N yang senantiasa memberikan semangat, menjadi tempat berbagi cerita, serta menjadi support system yang berarti dalam proses penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas doa, waktu, dan segala kebaikan yang telah diberikan selama ini.
6. Teman-teman seangkatan Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Industri angkatan 2021 atas segala bantuan dan kebersamaan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
7. Sahabat penulis, Maul, Herdi yang telah menjadi teman berbagi cerita dan pemikiran selama masa perkuliahan, serta turut memberikan semangat dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang senantiasa mendoakan dan mendukung saya, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

ABSTRAK

Kualitas udara merupakan faktor penting yang memengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang mampu memantau parameter pencemar udara secara real-time dan dapat diakses dari jarak jauh. Penelitian ini merancang dan membangun sistem monitoring lingkungan menggunakan sensor SEN0564 untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO), sensor SEN0574 untuk nitrogen dioksida (NO₂), sensor PMS5003 untuk partikel debu (PM_{2.5}), serta sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan. Data hasil pengukuran diproses oleh mikrokontroler ESP32 kemudian dikirimkan melalui modul LoRa E220-900T22D menuju receiver yang terhubung dengan platform Internet of Things (IoT) untuk ditampilkan pada dashboard secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan baik dalam memantau parameter lingkungan. Jangkauan komunikasi LoRa yang diperoleh mencapai ± 500 meter pada kondisi terbuka dengan konsumsi daya yang relatif rendah melalui dukungan panel surya dan aki sebagai sumber energi. Sistem ini terbukti mampu menyajikan data CO, NO₂, PM_{2.5}, suhu, dan kelembapan secara akurat dan responsif sehingga dapat digunakan sebagai sarana pemantauan kualitas udara di lingkungan sekitar.

Kata kunci: Monitoring lingkungan, ESP32, LoRa, IoT, kualitas udara

ABSTRACT

Air quality is a crucial factor that significantly affects both human health and the environment. Therefore, a monitoring system capable of measuring air pollution parameters in real time and accessible remotely is required. This study designed and developed an environmental monitoring system using the SEN0564 sensor to detect carbon monoxide (CO), the SEN0574 sensor for nitrogen dioxide (NO₂), the PMS5003 sensor for particulate matter (PM_{2.5}), and the DHT22 sensor to measure temperature and humidity. The measurement data are processed by an ESP32 microcontroller and transmitted via the LoRa E220-900T22D module to a receiver connected to an Internet of Things (IoT) platform, where the results are displayed on a real-time dashboard. The experimental results show that the system can operate properly in monitoring environmental parameters. The LoRa communication range achieved was approximately 500 meters in open conditions with relatively low power consumption supported by a solar panel and battery as the energy source. The system is proven to provide accurate and responsive data of CO, NO₂, PM_{2.5}, temperature, and humidity, making it suitable as a tool for monitoring air quality in the surrounding environment.

Keywords: Environmental monitoring, ESP32, LoRa, IoT, air quality

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN (CO, NO₂, PM_{2.5}, KELEMBAPAN) DENGAN SENSOR SEN0564, SEN0574, PMS5003, DHT22 SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program Sarjana Terapan di Program Studi Teknik Listrik Industri, Universitas Diponegoro.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan wawasan dan kreativitas, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang atas peran dan dukungannya dalam pelaksanaan pendidikan di lingkungan kampus.
2. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang, atas dedikasi dan peran beliau dalam mendukung proses pendidikan.
3. Bapak Yuniarto, S.T., M.T., yang menjabat sebagai Sekretaris sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang, atas bimbingan dan dukungan yang telah diberikan.
4. Teman mahasiswa Program D-4 Teknik Listrik Industri angkatan 2021 atas dukungan dan semangat yang telah diberikan selama empat tahun kebersamaan dalam menjalani perkuliahan.
5. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis

sangat mengharapkan masukan dan saran dari pembaca guna perbaikan di masa mendatang, agar laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang memerlukannya.

Semarang ²⁶September 2025

Penyusun



Muhammad Rifan Aththooriq

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Lingkungan.....	8
2.2.2 Gas Karbon Monoksida (CO)	8
2.2.3 Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	9
2.2.4 Particulate Matter 2.5 (PM _{2.5}).....	10
2.2.5 Parts Per Milion.....	11
2.2.6 Suhu dan Kelembapan.....	11
2.2.7 Sistem Monitoring.....	12
2.2.8 Sensor SEN0564	13

2.2.9	Sensor SEN0574	14
2.2.10	DHT22.....	15
2.2.11	Sensor PMS5003	17
2.2.12	ESP32 DEVKIT V1	19
2.2.13	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	22
2.2.14	Solar Charge Controller (SCC) Tipe PWM	24
2.2.15	Aki 12V 7AH	26
2.2.16	LM 2596 Step Down	28
2.2.17	LoRa	29
2.2.18	LoRa E220-400T22D	30
2.2.19	Antena	33
2.2.20	Adaptor 5V 3A	34
2.2.21	LCD 16 x 2	35
2.2.22	Arduino IDE	36
2.2.23	Voltmeter.....	38
2.2.24	ThinkSpeak.....	39
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR		41
3.1	Prosedur Pembuatan Tugas Akhir.....	41
3.1.1	Diagram Blok	42
3.2	Cara Kerja Diagram Blok.....	43
3.2.1	Input	43
3.2.2	Proses	43
3.2.3	Output	44
3.3	Perancangan Perangkat Keras	45
3.3.1	Skematik Step Down LM2596 dan Sistem Catu Daya	46
3.3.2	Sensor SEN0564	47
3.3.3	Sensor SEN0574	48
3.3.4	Sensor PMS5003	49
3.3.5	DHT22.....	50
3.3.6	LCD 16 x 2 I2C	51
3.3.7	LoRa E220.....	52
3.4	Perancangan Perangkat Lunak (Software)	53

3.4.1	Flowchart Sistem Node Transmitter.....	53
3.4.2	Cara Kerja Sistem Transmitter	54
3.4.3	Flowchart Sistem Node receiver	57
3.4.4	Cara Kerja Sistem Komunikasi	57
3.4.5	Perancangan Visualisasi Data	58
3.4.6	Struktur Komunikasi dan Pengiriman Data	58
BAB IV PEMBUATAN ALAT RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN (CO, NO ₂ , PM _{2.5} , KELEMBAPAN) DENGAN SENSOR SEN0564, SEN0574, PMS5003, DHT22 SECARA REAL-TIME BERBASIS ESP32 DAN IOT MENGGUNAKAN LORA.....		60
4.1	Pembuatan Prototipe	60
4.2	Alat dan Bahan	60
4.3	Desain Perangkat Keras (Hardware)	63
4.3.1	Pembuatan PCB.....	63
4.3.2	Desain Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	66
4.3.3	Pembuatan Rangkaian Elektronika	67
4.3.4	Pembuatan dan Pemasangan Rangkaian Mekanik	68
4.3.5	Perakitan Alat Pada Panel Box Transmitter	69
4.3.6	Perakitan Alat Pada Box Receiver	71
4.4	Pembuatan Perangkat Lunak (Software)	72
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT		77
5.1	Tujuan Pengujian.....	77
5.2	Skema dan Lokasi Pengujian	78
5.2.1	Skema Lokasi Pengujian Alat	78
5.2.2	Deskripsi Lokasi Pengujian.....	79
5.3	Prosedur Pengujian.....	79
5.3.1	Setup Perangkat Keras	80
5.4	Pengujian Fungsional Komponen	81
5.4.1	Pengujian Sensor SEN0564	81
5.4.2	Pengujian Sensor SEN0574	82
5.4.3	Pengujian Sensor PMS5003	84
5.4.4	Pengujian Sensor DHT22.....	85
5.4.5	Pengujian Jarak Komunikasi LoRa	87

5.4.6	Pengujian Visualisasi Data.....	90
5.4.7	Pengujian Ketahanan Panel Surya dan Aki.....	91
BAB VI KESIMPULAN		99
6.1	Kesimpulan.....	99
6.2	Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA		102
LAMPIRAN.....		105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dampak Kesehatan Berdasarkan Konsentrasi CO.....	9
Tabel 2. 2 Dampak Kesehatan Berdasarkan Konsentrasi NO2.....	10
Tabel 2. 3 Keterangan Konsentrasi PM 2.5 di Udara	11
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor SEN0564.....	13
Tabel 2. 5 Keterangan Pin Sensor SEN0564	14
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor SEN0574.....	15
Tabel 2. 7 Keterangan Pin Sensor SEN0574	15
Tabel 2. 8 Spesifikasi Sensor DHT22	16
Tabel 2. 9 Keterangan Pin Sensor DHT22.....	17
Tabel 2. 10 Spesifikasi Sensor PMS5003	18
Tabel 2. 11 Keterangan Pin Sensor PMS5003	18
Tabel 2. 12 Konfigurasi Pin ESP32 DEVKIT V1.....	20
Tabel 2. 13 Spesifikasi Umum Panel Surya.....	23
Tabel 2. 14 Spesifikasi Umum Pada SCC.....	25
Tabel 2. 15 Spesifikasi Aki 12V 7AH	27
Tabel 2. 16 Spesifikasi LM2596 Stepdown	29
Tabel 2. 17 Perbandingan LoRa dengan Teknologi Nirkabel Lainnya.....	30
Tabel 2. 18 Datasheet Modul Lora E220-400T22D.....	32
Tabel 3. 1 Alur Kerja dan Fungsi Tiap Komponen.....	46
Tabel 3. 2 Koneksi pin antara Sensor SEN0564 dan ESP32	48
Tabel 3. 3 Koneksi pin antara Sensor SEN0574 dan ESP32	49
Tabel 3. 4 Koneksi pin PMS5003 dan ESP32.....	50
Tabel 3. 5 Koneksi pin DHT22 dan ESP32	50
Tabel 3. 6 Koneksi pin LCD 16 x 2 I2C dan ESP32	51
Tabel 3. 7 Koneksi pin LoRa E220 dan ESP32	53
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pendukung Buat Alat	61
Tabel 4. 2 Daftar Bahan dan Komponen.....	62
Tabel 5. 1 Data Lokasi Pengujian	79
Tabel 5. 2 Grafik Konsentrasi PM2.5.....	85
Tabel 5. 3 Koordinat dan Jarak LoRa	89
Tabel 5. 4 Spesifikasi Sistem Daya.....	92
Tabel 5. 5 Kebutuhan Tegangan dan Arus pada Komponen	92
Tabel 5. 6 Hasil pengujian Ketahanan Panel Surya	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor SEN0564	13
Gambar 2. 2 Sensor SEN0574	14
Gambar 2. 3 Sensor DHT22.....	16
Gambar 2. 4 Sensor PMS5003	17
Gambar 2. 5 Board ESP32 DEVKIT V1	19
Gambar 2. 6 Panel Surya.....	22
Gambar 2. 7 Solar Charge Controller	24
Gambar 2. 8 Aki 12V 7AH	26
Gambar 2. 9 LM2596.....	28
Gambar 2. 10 LoRa E220-400T22D.....	30
Gambar 2. 11 Antena 433 MHz	33
Gambar 2. 12 Adaptor 5V 3A.....	34
Gambar 2. 13 LCD 16 x 2.....	35
Gambar 2. 14 Arduino IDE.....	36
Gambar 2. 15 Arduino IDE.....	37
Gambar 2. 16 Voltmeter.....	38
Gambar 2. 17 ThingSpeak.....	39
Gambar 3. 1 Diagram Arus Penelitian	41
Gambar 3. 2 Diagram Blok	42
Gambar 3. 3 Skematik Transmitter Sistem Monitoring Lingkungan.....	45
Gambar 3. 4 Skematik Reveiver Sistem Monitoring Lingkungan.....	45
Gambar 3. 5 Skematik Step Down LM2595	46
Gambar 3. 6 Rangkaian Sensor SEN0564	47
Gambar 3. 7 Rangkaian Sensor SEN0574	48
Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor PMS5003	49
Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor DHT22.....	50
Gambar 3. 10 Rangkaian LCD 16 x 2 I2C.....	51
Gambar 3. 11 Rangkaian LoRa E220	52
Gambar 3. 12 Flowchart Sistem Kerja Alat Node Transmitter.....	54
Gambar 3. 13 Flowchart Sistem Kerja Alat Node Receiver	57
Gambar 4. 1 Desain Schematic Rangkaian Transmitter	64
Gambar 4. 2 Desain Schematic Rangkaian Receiver.....	64
Gambar 4. 3 Proses Pencetakan PCB.....	65
Gambar 4. 4 Hasil Cetak PCB.....	66
Gambar 4. 5 Desain Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	66
Gambar 4. 6 Proses Penyolderan	67
Gambar 4. 7 Proses Menggerindra Besi.....	68
Gambar 4. 8 Proses Pengecetan	68
Gambar 4. 9 Perakitan Rangkaian Mekanik	69
Gambar 4. 10 Hasil Perakita Box Transmitter	71

Gambar 4. 11 Hasil Perakitan Box Receiver	72
Gambar 4. 12 Tampilan Awal Aplikasi Arduino	73
Gambar 4. 13 Memilih Port ESP32.....	73
Gambar 4. 14 Proses Upload Library.....	74
Gambar 4. 15 Membuat Program Untuk Board ESP32	74
Gambar 4. 16 Tampilan Setelah Compile Berhasil	74
Gambar 4. 17 Tampilan Awal Pembuatan Akun ThingSpeak.....	75
Gambar 4. 18 Tampilan Untuk Pembuatan Channel Baru.....	75
Gambar 4. 19 Program ThingSpeak Ke ESP32	76
Gambar 4. 20 Tampilan Dashboard ThingSpeak Monitoring Lingkungan.....	76
Gambar 5. 1 Skema Penempatan Alat Transmitter dan Receiver	78
Gambar 5. 2 Grafik Konsentrasi CO.....	81
Gambar 5. 3 Grafik Konsentrasi NO ₂	83
Gambar 5. 4 Grafik Sensor DHT22	86
Gambar 5. 5 Titik Koordinat LoRa.....	88
Gambar 5. 6 Tampilan Dashboard ThingSpeak.....	90
Gambar 5. 7 Skematik Sistem Catu Daya.....	91
Gambar 5. 8 Perubahan Intensitas Radiasi (07.00-20.00).....	94
Gambar 5. 9 Perubahan Arus Saat Charging (07.00-20.00)	95
Gambar 5. 10 Perubahan Arus Konsumsi Beban (07.00 – 20.00)	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Arduino Transmitter	105
Lampiran 2 Receiver	115
Lampiran 3 Tabel Pengujian Sensor SEN0564.....	126
Lampiran 4 Tabel Pengujian Sensor SEN0574.....	131
Lampiran 5 Tabel Pengujian Sensor PMS5003	136
Lampiran 6 Tabel Pengujian Sensor DHT22	141
Lampiran 7 Tabel Pengukuran Arus	145
Lampiran 8 Datasheet ESP32 DEVKIT V1	146
Lampiran 9 Datasheet SEN0564	147
Lampiran 10 Datasheet SEN0574	147
Lampiran 11 Datasheet PMS5003	148
Lampiran 12 DHT22	149
Lampiran 13 PLTS.....	150
Lampiran 14 SCC.....	150
Lampiran 15 LM2596	151
Lampiran 16 LoRa E220-400T222D	152