



**RANCANG BANGUN SISTEM *TRACKING* BUS DAN
MONITORING CO₂ PADA BIPOL *TRACKER***

SKRIPSI

DEVINA ANGGRAINI

2207421033

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



**RANCANG BANGUN SISTEM *TRACKING* BUS DAN
MONITORING CO₂ PADA BIPOL *TRACKER***

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

DEVINA ANGGRAINI

2207421033

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devina Anggraini
NIM : 2207421033
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem *Tracking* Bus dan *Monitoring* Co₂ pada *Bipol Tracker*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 30 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Devina Anggraini

NIM. 2207421033



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Devina Anggraini
NIM : 2207421033
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem *Tracking* Bus dan *Monitoring* Co₂ pada Bipol Tracker

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari SELASA,
Tanggal 7, Bulan JULI, Tahun 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. ()
Penguji I : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom. ()
Penguji II : Chandra Wirawan, S.Kom., M.Kom. ()
Penguji III : Dwi Ermawati, MT. ()

Mengetahui

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat bermanfaat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang tua penulis, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta semangat yang tiada henti selama penulis menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini selesai.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta pelayanan yang baik selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini.

Depok, 20 Juni 2026

Devina Anggraini



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devina Anggraini
NIM : 2207421033
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Rancang Bangun Sistem *Tracking* Bus dan *Monitoring* Co₂ pada Bipol Tracker”

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 30 Juli 2026

Yang menyatakan



Devina Anggraini

NIM. 2207421033



Hak Cipta :

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

Abstrak

Bus Politeknik Negeri Jakarta nomor polisi B 2027 EPA selama ini belum dilengkapi perangkat pelacak lokasi maupun pemantau kualitas udara kabin, sehingga pengelola armada dan pengguna layanan tidak dapat mengetahui posisi bus maupun kondisi kadar karbon dioksida (CO₂) secara langsung. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun satu unit perangkat tracker berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi sensor Grove SGP30 dan MQ-2 untuk memantau kadar eCO₂ dan CO, modul GPS NEO-6M untuk menentukan koordinat lokasi, serta modul SIM A7670C untuk mengirimkan data melalui jaringan 4G LTE menuju dashboard website BIPOL Tracker. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen, meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan firmware, hingga pengujian black box, akurasi pembacaan sensor, akurasi koordinat GPS menggunakan metode Haversine, dan performa transmisi data melalui jaringan seluler. Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mengklasifikasikan kadar CO₂ ke dalam kategori Rendah, Sedang, dan Tinggi secara konsisten, serta mengirimkan data lokasi dan kualitas udara ke dashboard website dengan tingkat akurasi GPS yang memenuhi target penelitian sebesar 10 meter dan performa transmisi data yang andal. Dengan demikian, sistem yang dibangun mampu mendukung pemantauan lokasi dan kualitas udara Bus Politeknik Negeri Jakarta secara terintegrasi dalam satu platform website yang sama. .

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT), GPS Tracker, ESP32, Karbon Dioksida (CO₂), BIPOL Tracker.*



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
<i>Abstrak</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Internet of Things	7
2.2 Global Positioning System (GPS)	7
2.3 Karbon Dioksida (CO ₂)	8
2.4 ESP32	10
2.5 Modul SIM A7670C	11
2.6 GPS NEO-6M	12
2.7 Sensor Grove SGP30	13
2.8 MQTT	15
2.9 Virtual Private Server (VPS)	16
2.10 Metode Haversine	17
2.11 HDOP (<i>Horizontal Dilution of Precision</i>)	17
2.12 Carrier-to-Noise Ratio (C/N ₀)	18



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2.13 RSSI (<i>Received Signal Strength Indicator</i>).....	19
2.14 Flowchart	20
2.15 Penelitian Terdahulu	22
BAB III	26
METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Rancangan Penelitian	26
3.2 Tahapan Penelitian	27
3.3 Objek Penelitian	29
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Analisis Kebutuhan Sistem	30
4.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras	30
4.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	33
4.1.3 Kebutuhan Fungsional	35
4.2 Perancangan Sistem	36
4.2.1 Arsitektur Sistem Keseluruhan	36
4.2.2 Diagram Blok	38
4.2.3 Flowchart	39
4.2.4 Rangkaian Skematik.....	40
4.2.5 Perancangan Antarmuka (Mockup) Website	43
4.3 Implementasi Sistem	52
4.3.1 Implementasi Perangkat <i>Tracker</i>	52
4.3.2 Pengembangan dan Hosting Ulang Website <i>BIPOL Tracker</i>	56
4.4 Hasil Pengujian	67
4.4.1 Hasil Pengujian Akurasi Sensor GROVE SGP30.....	68
4.4.2 Hasil Analisis Sensor Grove SGP30 dan Klasifikasi CO ₂	75
4.4.3 Hasil Pengujian <i>Tracker</i> Bus	78
4.4.4 Hasil Analisis Kinerja Tracker dan Akurasi GPS	84
4.4.5 Hasil Pengujian Performa Transmisi Data	86
4.4.6 Hasil Analisis Performa Transmisi Data.....	90
BAB V.....	92
PENUTUP.....	92
5.1 Kesimpulan	92



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	100
LAMPIRAN	101



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Threshold Kadar CO ₂ Dalam Ruangan	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32	11
Tabel 2. 3 Klasifikasi Nilai Dilution of Precision (DOP)	18
Tabel 2. 4 Klasifikasi Nilai Carrier-to-Noise Ratio (C/N ₀)	19
Tabel 4. 1 Kebutuhan Perangkat Keras	30
Tabel 4. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak	34
Tabel 4. 3 Konfigurasi Pinout Perangkat BipolTrack	41
Tabel 4. 4 Koneksi Pin Pada Rangkaian Baterai	42
Tabel 4. 5 Daftar Halaman Antarmuka Sistem	43
Tabel 4. 6 Skenario Black Box Testing	62
Tabel 4. 7 Skenario Pengujian Fungsionalitas Tracker	63
Tabel 4. 8 Skenario Pengujian Akurasi GPS Tracker	64
Tabel 4. 9 Target Pengujian Akurasi GPS Tracker	66
Tabel 4. 10 Parameter Pengujian Performa Transmisi Data	66
Tabel 4. 11 Kategori Load Factor dan Jumlah Penumpang	68
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Sensor SGP30 Berdasarkan Skenario Kondisi Bus – Rute Sore	69
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Sensor SGP30 Berdasarkan Skenario Kondisi Bus — Rute Pagi	72
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Laju Kontribusi CO ₂ per Penumpang (R) pada Berbagai Fase Pengujian	76
Tabel 4. 15 Rentang Konsentrasi eCO ₂ berdasarkan Kategori Load Factor	78
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Fungsionalitas Tracker	79
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Akurasi GPS, CN ₀ , dan HDOP	81
Tabel 4. 18 Peta Rute Pergerakan Tracker pada Rute Pagi dan Sore	82
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian C/N ₀ , HDOP, dan Success Rate pada Satu Rute Penuh	83
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Performa Transmisi Tracker (4G LTE)	87
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Packet Loss dan Success Rate Unit Tracker	88
Tabel 4. 22 Hasil Validitas Data Dashboard	89



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh fisik modul ESP32.....	11
Gambar 2. 2 Contoh Fisik Modul SIM A7670C.....	12
Gambar 2. 3 Contoh Fisik GPS NEO-6M.....	13
Gambar 2. 4 Spesifikasi Output Range dan Sampling Rate Sensor SGP30	14
Gambar 2. 5 Contoh Fisik Sensor Grove SGP30	15
Gambar 2. 6 Simbol-Simbol Flowchart	21
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	27
Gambar 4. 1 Arsitektur Sistem.....	37
Gambar 4. 2 Diagram Blok Sistem BipolTrack.....	38
Gambar 4. 3 Flowchart Sistem.....	39
Gambar 4. 4 Rangkaian Skematik Bipoltrack.....	40
Gambar 4. 5 Mockup Halaman Dashboard.....	44
Gambar 4. 6 Mockup Halaman Login.....	44
Gambar 4. 7 Mockup Halaman Overview Admin Panel	45
Gambar 4. 8 Rancangan Antarmuka Halaman Analytics	46
Gambar 4. 9 Mockup Halaman Live Logs.....	47
Gambar 4. 10 Mockup Halaman Geofence.....	48
Gambar 4. 11 Mockup Halaman Feedback.....	49
Gambar 4. 12 Mockup Halaman Settings	50
Gambar 4. 13 Mockup Halaman Drivers	51
Gambar 4. 14 Rangkaian Komponen Tracker.....	53
Gambar 4. 15 Library Manager Arduino IDE.....	54
Gambar 4. 16 Tampilan akhir BipolTrack yang sedang Aktif.....	56
Gambar 4. 17 Tampilan Grafik CO ₂ pada Dashboard Bipoltracker	58
Gambar 4. 18 Tampilan Akhir Dashboard Bipoltracker.....	60
Gambar 4. 19 Perbandingan Rata-rata Haversine Error Tracker Bus B 2027 EPA pada Enam Titik Lokasi Pengujian	85
Gambar 4. 20 Perbandingan Rata-rata CN0 dan HDOP Tracker Bus B 2027 EPA pada Rute Pagi dan Sore	86



Gambar 4. 21 Grafik Hasil Latency, Throughput, dan RSSI Tracker Bus B 2027 EPA (4G LTE)	90
--	----



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem transportasi kampus memiliki peran penting dalam menunjang mobilitas sivitas akademika. Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) telah mengoperasikan layanan bus kampus BIPOLE (Bis Politeknik) sebagai sarana transportasi internal bagi mahasiswa, dosen, dan staf. Pengelolaan armada transportasi umum yang baik, termasuk pemantauan operasional secara berkelanjutan, terbukti berperan penting dalam menjaga efektivitas layanan dan kenyamanan penumpang (Dharmawan *et al.*, 2025). Untuk mendukung pengelolaan armada yang lebih efektif, pihak kampus sebelumnya telah menyediakan platform web *bipoletracker.cloud* sebagai dashboard pelacakan bus.

Namun, pada kenyataannya tidak ada satu pun unit Bus BIPOLE yang memiliki perangkat pelacak (*tracker*) aktif, sehingga platform website tersebut tidak menerima data lokasi apa pun meskipun sistemnya sudah tersedia. Kondisi ini membuat pengelola armada dan pengguna layanan tidak dapat mengetahui posisi bus secara langsung, yang pada akhirnya menyulitkan perencanaan waktu tunggu maupun pengawasan operasional armada. Penelitian oleh Harun dkk. (2023) menunjukkan bahwa sistem pemantauan kendaraan berbasis GPS dan IoT mampu memberikan informasi posisi secara langsung sehingga pengelola dapat melakukan pengawasan operasional dengan lebih baik. Sejalan dengan itu, penelitian oleh Siswono *et al.* (2024) terhadap Bus PNJ turut membuktikan bahwa penerapan sistem pelacakan berbasis IoT dapat menjadi solusi atas ketiadaan data posisi bus. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah perangkat *tracker* yang dirancang dan dibangun sepenuhnya dari awal, mulai dari pemilihan komponen hingga perakitan dan pemrograman, agar sistem pelacakan bus dapat berfungsi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Selain persoalan pelacakan lokasi, permasalahan lain yang turut menjadi perhatian adalah kualitas udara di dalam kabin bus. Bus BIPOL beroperasi dalam ruang tertutup dengan tingkat kepadatan penumpang yang cukup tinggi pada jam-jam tertentu, sementara sirkulasi udara di dalam kabin terbatas. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penumpukan karbon dioksida (CO₂) akibat aktivitas pernapasan penumpang, yang apabila dibiarkan dapat menurunkan kenyamanan bahkan berdampak pada kesehatan (Illinois Department of Public Health, 2023), seperti timbulnya rasa pengap, pusing, dan menurunnya konsentrasi selama perjalanan.

Selama ini, kualitas udara di dalam kabin Bus BIPOL belum pernah dipantau maupun diinformasikan kepada pengguna maupun pengelola. Padahal, penelitian oleh Hanum dan Elfizon (2023) menunjukkan bahwa pemantauan kualitas udara secara berkelanjutan dapat memberikan peringatan dini kepada pengguna ketika konsentrasi gas berbahaya melebihi ambang batas aman. Selain itu, penelitian oleh Bakti *et al.* (2024) membuktikan bahwa integrasi pemantauan kadar CO₂ ke dalam sistem berbasis IoT mampu menyajikan informasi kualitas udara secara berkelanjutan kepada pengguna. Apabila kondisi kualitas udara Bus BIPOL dapat dipantau dan disampaikan secara langsung, pengguna dapat lebih waspada terhadap risiko kesehatan yang mungkin timbul, sementara pengelola armada dapat mengambil langkah antisipatif seperti penyesuaian ventilasi atau kapasitas penumpang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun satu unit perangkat *tracker* secara mandiri, yang tidak hanya mampu melacak posisi bus secara langsung, tetapi juga sekaligus memantau kualitas udara di dalam kabin. Data yang dihasilkan kemudian dikirim dan ditampilkan pada dashboard website BIPOL *Tracker*, sehingga pengelola dan pengguna layanan Bus BIPOL dapat memperoleh informasi posisi bus sekaligus kondisi udara kabin dalam satu platform yang sama, guna mendukung pengelolaan operasional yang lebih efektif serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan penumpang.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun satu unit perangkat *tracker* berbasis ESP32 dan modul SIM A7670C yang dilengkapi dengan sensor CO₂ (Grove SGP30) untuk mengukur serta mengklasifikasikan kadar CO₂ di dalam kabin bus Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor polisi B 2027 EPA ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi?
2. Bagaimana menyajikan data lokasi dan data kadar CO₂ dari perangkat *tracker* yang telah dibangun pada bus Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor polisi B 2027 EPA ke dalam dashboard website BIPOL *Tracker* (bipoltracker.my.id) secara akurat dan *real-time*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan sesuai dengan ruang lingkup yang ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat *tracker* dan pemantau kadar CO₂ yang dirancang hanya dipasang dan diuji coba pada satu unit bus, yaitu Bus Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor polisi B 2027 EPA, dengan pengujian sistem dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Negeri Jakarta mengikuti rute operasional reguler bus tersebut yang telah berjalan.
- b. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali utama perangkat adalah ESP32, dengan modul GPS NEO-6M sebagai penentu posisi bus, modul SIM A7670C sebagai pengirim data ke server melalui jaringan seluler, serta sensor Grove SGP30 sebagai pendeteksi kadar gas CO₂ di dalam kabin.
- c. Data utama yang diambil dan dikirim oleh perangkat terdiri atas dua jenis, yaitu koordinat lokasi (*latitude* dan *longitude*) yang diperoleh dari modul

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

GPS NEO-6M, serta kadar CO₂ dalam satuan ppm (*parts per million*) yang diperoleh dari sensor Grove SGP30.

- d. Klasifikasi kadar CO₂ di dalam kabin bus dibatasi pada tiga kategori, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi, berdasarkan nilai konsentrasi CO₂ hasil pembacaan sensor Grove SGP30 dalam satuan ppm (*parts per million*).
- e. Pengiriman data CO₂ dari perangkat ke server dilakukan menggunakan modul GSM, tanpa menggunakan koneksi Wi-Fi.
- f. Data ditampilkan pada platform BIPOL *Tracker* melalui domain baru *bipoltracker.my.id*, yang dibangun dengan memanfaatkan kembali basis kode (*source code*) dari platform sebelumnya, *bipoltracker.cloud*. Penelitian ini berfokus pada penambahan fitur dan endpoint untuk menampilkan data CO₂ serta lokasi bus, tanpa membangun website dari awal.
- g. Sistem tidak dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis kepada pengguna apabila kadar CO₂ melampaui ambang batas tertentu.
- h. Penelitian ini tidak membahas aspek keamanan siber (*cybersecurity*) pada sistem transmisi data maupun platform website.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun satu unit perangkat *tracker* berbasis ESP32 dan modul SIM A7670C yang dilengkapi dengan sensor CO₂ (Grove SGP30) untuk mengukur serta mengklasifikasikan kadar CO₂ di dalam kabin bus Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor polisi B 2027 EPA ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi.



Hak Cipta :

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

2. Menyajikan data lokasi dan data kadar CO₂ dari perangkat *tracker* yang telah dibangun pada bus Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor polisi B 2027 EPA ke dalam dashboard website BIPOL *Tracker* (*bipoltracker.my.id*) secara akurat dan *real-time*.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengguna layanan bus Politeknik Negeri Jakarta dapat mengetahui kadar CO₂ di dalam kabin bus dengan nomor polisi B 2027 EPA melalui dashboard website BIPOL *Tracker* (*bipoltracker.my.id*) sebelum maupun selama menggunakan layanan, sehingga dapat mengantisipasi risiko kesehatan akibat paparan CO₂ berlebih di dalam kabin.
2. Pengelola armada bus Politeknik Negeri Jakarta memperoleh data operasional berupa posisi bus B 2027 EPA secara *real-time* beserta kadar CO₂ kabinnya dalam satu platform, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan operasional.
3. Pengelola armada bus Politeknik Negeri Jakarta mendapatkan data riwayat posisi dan kadar CO₂ bus B 2027 EPA yang tersimpan pada platform BIPOL *Tracker*, sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi operasional.

1.5 Sistematika Penulisan

a. BAB I PENDAHULUAN

Berisikan penjelasan mengenai latar belakang permasalahan, yaitu belum tersedianya perangkat *tracker* dan pemantau kadar CO₂ pada bus Politeknik Negeri Jakarta nomor polisi B 2027 EPA. Bab ini juga memuat rumusan masalah, batasan masalah yang membatasi ruang lingkup perangkat dan platform yang digunakan, serta tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori dasar dan referensi ilmiah yang relevan dengan topik penelitian, meliputi konsep Internet of Things (IoT), karbon dioksida (CO₂) dan standar ambang batasnya di ruang tertutup, serta spesifikasi dan fungsi komponen utama yang digunakan dalam sistem, yaitu mikrokontroler ESP32, modul GPS NEO-6M, modul SIM A7670C, dan sensor Grove SGP30.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan penjelasan mengenai rancangan penelitian yang dilakukan secara eksperimen, tahapan penelitian yang meliputi perancangan sistem (hardware dan software), implementasi perangkat, hingga rencana pengujian sistem. Bab ini juga menjelaskan objek penelitian, yaitu perangkat *tracker* dan pemantau kadar CO₂ pada bus Politeknik Negeri Jakarta nomor polisi B 2027 EPA.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan analisis kebutuhan perangkat keras dan lunak, perancangan sistem secara detail, serta implementasi fisik perangkat pada bus. Bab ini juga memuat hasil pengujian dan pembahasan, meliputi akurasi pembacaan kadar CO₂ oleh sensor Grove SGP30, keberhasilan klasifikasi kategori Rendah/Sedang/Tinggi, akurasi data lokasi GPS, serta performa transmisi data menuju dashboard website BIPOL *Tracker*.

e. BAB V PENUTUP

Berisikan simpulan dari hasil penelitian mengenai perangkat *tracker* dan pemantau kadar CO₂ yang telah dirancang, dibangun, dan diintegrasikan ke dalam website BIPOL *Tracker*, serta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut yang dapat dijadikan acuan.

Hak Cipta :

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *tracker* dan pemantau kadar CO₂ pada bus Politeknik Negeri Jakarta, maka dapat diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Penelitian berhasil merancang dan membangun satu unit perangkat *tracker* berbasis ESP32, modul SIM A7670C, modul GPS NEO-6M, dan sensor Grove SGP30 yang mampu melakukan pemantauan kadar eCO₂ di dalam kabin bus Politeknik Negeri Jakarta nomor polisi B 2027 EPA secara *real-time*. Sistem berhasil mengklasifikasikan kondisi kualitas udara ke dalam kategori Rendah, Sedang, dan Tinggi berdasarkan nilai konsentrasi eCO₂ yang diperoleh dari sensor.
2. Sistem berhasil mengintegrasikan data lokasi GPS dan data pemantauan CO₂ ke dalam dashboard BIPOL *Tracker* yang telah di-*hosting* ulang. Data yang dikirim oleh perangkat dapat diterima, disimpan, dan divisualisasikan secara *real-time* melalui dashboard, baik dalam bentuk informasi lokasi bus maupun grafik perubahan kadar CO₂.
3. Hasil pengujian *black box* menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan. Pengujian validitas data juga menunjukkan bahwa data yang ditampilkan pada dashboard sesuai dengan data yang dikirimkan oleh perangkat, sehingga integritas data sistem dapat dinyatakan baik.
4. Pengujian sensor Grove SGP30 menunjukkan bahwa nilai eCO₂ meningkat seiring bertambahnya kepadatan penumpang di dalam kabin bus, sehingga sensor mampu memberikan representasi kondisi kualitas udara secara konsisten. Sementara itu, pengujian GPS dan transmisi data menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data lokasi secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang memenuhi target penelitian serta performa komunikasi yang andal.



5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Menambahkan sensor kualitas udara lainnya, seperti sensor PM2.5, PM10, suhu, dan kelembapan, sehingga kondisi udara di dalam kabin bus dapat dipantau secara lebih komprehensif.
2. Mengembangkan sistem notifikasi otomatis pada dashboard atau perangkat pengguna ketika kadar CO₂ melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sehingga pengelola maupun penumpang dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan.
3. Mengimplementasikan teknologi komunikasi yang lebih andal serta mendukung pengiriman data dengan latensi yang lebih rendah untuk meningkatkan performa sistem, terutama pada kondisi mobilitas kendaraan yang tinggi.
4. Mengembangkan fitur analisis data historis pada dashboard, seperti grafik tren, rekapitulasi perjalanan, dan laporan kualitas udara, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi operasional bus Politeknik Negeri Jakarta.
5. Melakukan pengujian sistem dalam jangka waktu yang lebih panjang dan pada jumlah armada yang lebih banyak, mengingat penelitian ini masih terbatas pada satu unit bus, agar dapat diperoleh evaluasi yang lebih menyeluruh mengenai keandalan, stabilitas, dan performa sistem dalam kondisi operasional sebenarnya di seluruh armada Bus Politeknik.

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Noor, G., Ali, S., Ahmed, I. dan Aslam, M.I. (2025) 'Development of cellular IoT-based, portable outdoor air quality monitoring system for pollution mapping', *Engineering Proceedings*, 118(1), p.30. doi: 10.3390/ECSA-12-26529
- Alisyahbana, dkk. (2024) 'Sistem navigasi otomatis pada prototipe kapal Autonomous Tourism Surface Vessel menggunakan GPS Neo-6M dan sensor kompas HMC5883L', *JINACS: Journal of Informatics and Computer Science*, 5(4). Available at: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/download/59672/46223>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (2025) *ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide*. Atlanta: ASHRAE. Available at: <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd-on-indoor-carbon-dioxide-english.pdf>
- Andreas, J., Fathurahman, M. dan Utami, B. (2025) 'Analisis tingkat akurasi NEO-6M dengan Google Maps', *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 4, pp.1018–1023. Available at: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv/article/view/4134>
- Asriyadi, dkk. (2024) 'Rancang bangun GPS tracker kendaraan menggunakan modul GPS Neo-6M dan SIM800L berbasis Arduino Nano', *Jurnal TEKTRO*, 8(2), pp.286–292. Available at: <https://ejurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/download/6323/4335>
- Aswaldi, H. (2025) 'Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk monitoring kualitas udara dalam ruangan', *Journal of Computer Science and Information Technology*, 1(2), pp.39–45.



Hak Cipta :

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

- Austin, A., Tiosanta, R.K., Purba, A.K., Hutabarat, A.G. dan Sutrisno, T. (2022) 'Implementasi ESP32 dan protokol MQTT pada sistem IoT berbasis AWS', Jurnal Elektro, 15(2), pp.113–122. Available at: <https://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/JTE/article/download/5141/2356/20562>
- Bahmani, K., Mosavi, M.R., Sdar, A. dan Shahhoseini, H.Sh. (2024) 'Employing a two stage process with resampling, decision rules, and fine acquisition to optimize the acquisition stage of GNSS receiver performance', Scientific Reports, 14, p.22463. doi: 10.1038/s41598-024-70507-2
- Bakti, A.I., Laoh, M.A., Mosey, H.I.R., Jumriadi, J., Lumembang, M.M. dan Suoth, V.A. (2024) 'Sistem monitoring suhu, kelembaban dan kadar CO₂ di udara berbasis Internet of Things', Jurnal MIPA, 13(2), pp.15–22.
- Breili, K. and Lund, C.W. (2025) 'Simulation of GNSS dilution of precision for automated mobility along the MODI project road corridor using high-resolution digital surface models', Geomatics, 5(2), p.26. doi: 10.3390/geomatics5020026
- Cahyono, dkk. (2023) 'Implementasi location based service pencarian masjid terdekat menggunakan metode Haversine berbasis mobile Android', JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 7(5), pp.3213–3220. Available at: <https://www.ejournal.itn.ac.id/jati/article/download/7703/4668>
- Dharmawan, W.I., Fadilasari, D., Jumari, J. dan Oktavia, A. (2025) 'Analisa Faktor Muat (Load Faktor) Penumpang Angkutan Umum Kota (Angkot)', Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains, 9(2). Available at: <https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/teknologi/article/view/21292>
- Espressif Systems (2026) ESP32 Series Datasheet, Version 5.2. Shanghai: Espressif Systems. Available at: https://documentation.espressif.com/esp32_datasheet_en.html
- Gea, C.B., Lase, K.J.D. dan Syamsudin, M. (2024) 'Implementasi virtual private server untuk mini hosting', Jurnal Informatika, Universitas Kristen



Hak Cipta :

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

Immanuel.

Available

at:

<https://journal.ukrim.ac.id/index.php/JIF/article/download/402/292>

Hanum, L. dan Elfizon, E. (2023) 'Rancang Bangun Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet Of Things', JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 4(2). doi: 10.24036/jtein.v4i2.473

Harun, dkk. (2023) 'Sistem monitoring kendaraan bermotor secara real-time berbasis GPS tracking dan Internet of Things (IoT) menggunakan Android', Jurnal Ilmiah Flash, 9(1). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/372064260>

Hidayati, R. (2024) 'Sistem pemantauan kualitas udara secara real-time menggunakan ESP32 dan teknologi IoT', Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi, 5(2). doi: 10.46576/djtechno.v5i2.4619

Hwang, Y., Hwang, J., Song, J., Kim, D., Ku, K., Park, J.-Y., Bu, S.-C., Lim, J.-W. dan Yoo, H. (2026) 'Enhanced GNSS testbed with realistic C/N0 generation and estimation capability', Electronics, 15(9), p.1772. doi: 10.3390/electronics15091772

Illinois Department of Public Health (IDPH) (2023) IDPH Guidelines for Indoor Air Quality. Springfield: Illinois Department of Public Health. Available at: <https://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/toxicology/indoor-air-quality-healthy-homes/idph-guidelines-indoor-air-quality.html>

Ismail, M.I.M., Dzyauddin, R.A., Samsul, S., Azmi, N.A., Yamada, Y., Yakub, M.F.M. dan Ahmad, N.A.B., 2019. An RSSI-based wireless sensor node localisation using trilateration and multilateration methods for outdoor environment. *arXiv preprint*, arXiv:1912.07801.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2011) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. Available at: <https://www.its.ac.id/burb/wp->



Hak Cipta :

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

content/uploads/sites/106/2023/07/PMK-No.-1077-ttg-Pedoman-Penyehatan-Udara-Dalam-Ruang-Rumah.pdf

Kurniawan, A., dkk. (2023) 'Implementasi protokol MQTT pada aplikasi smart garden berbasis IoT (Internet of Things)', JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, 7(1). Available at: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/6131>

Luxchita, A., Rahmadhan, N., Dani, D. dan Arnova, I., 2025. Perancangan sistem informasi akuntansi menggunakan flowchart untuk efisiensi pada UMKM Lux Tailor. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Perbankan Syariah (JIMPA)*, 5(2), pp.531–540. Available at: <https://jim.stebisigm.ac.id/index.php/jimpa/article/view/655>

Mahmud, dkk. (2023) 'Analisis perbandingan protokol MQTT dan HTTP pada sistem deteksi dini banjir berbasis IoT', Jurnal INOVTEK Polbeng - Seri Informatika, 8(2). Available at: <https://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/ISI/article/download/3767/1639>

Nurfiqin, L., Sari, Z. dan Sumadi, F.D.S. (2021) 'Analisis Quality of Service (QoS) protokol MQTT dan HTTP pada sistem smart metering arus listrik', Jurnal Repositor, 3(1), pp.121–130. doi: 10.22219/repositor.v3i1.1084

Ochoa, C.A. dan Atkins, E.M. (2021) Urban metric maps for small unmanned aircraft systems motion planning [Preprint]. arXiv. Available at: <https://arxiv.org/abs/2102.07218>

Oktavianto, T., Prakoso, T. dan Riyadi, M.A. (2024) 'Analisis Jaringan 5G 2300 MHz dengan Menggunakan Menara 4G LTE yang Tersedia di Kota Semarang', Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 26(1), pp.1–9. doi: 10.14710/transmisi.26.1.1-9

OneSDR (2024) Understanding GPS Signal Levels: What's Strong, Weak, or Just Right? Available at: <https://www.onesdr.com/gps-signal-levels/>

Persily, A.K. dan de Jonge, L. (2017) 'Carbon dioxide generation rates for building occupants', Indoor Air, 27(5), pp.868–879. doi: 10.1111/ina.12383



Hak Cipta :

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

Pramuditya, I.M.A., Agung, I.G.A.P.R. dan Rahardjo, P. (2023) 'Implementasi mikrokontroler ESP32 untuk sistem monitoring berbasis IoT dengan konektivitas Wi-Fi', Jurnal SPEKTRUM, 10(4). Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/111632/53239>

Pratama, dkk. (2023) 'Sistem pendukung keputusan pemilihan Virtual Private Server (VPS) menggunakan metode MOORA', Jurnal Sains dan Teknologi Informasi, 2(3), pp.97–104. Available at: <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jussi/article/download/4598/2525>

Purnamasari, D.N. dan Saputro, A.K., 2023. Sistem penentuan posisi dalam ruangan berdasarkan receive signal strength indicator (RSSI). *Jurnal Simantec*, 11(1). Available at: <https://journal.trunojoyo.ac.id/simantec/article/view/19734>

Putri, dkk. (2023) 'Perbandingan metode perhitungan jarak Euclidean, Manhattan, dan Haversine pada sistem pelacakan karyawan', Jurnal Teknologi, LLDIKTI Wilayah IV. Available at: <https://jurnal.lldikti4.or.id/index.php/jurnaltekno/article/download/270/121>

Rahmadi, dkk. (2025) 'Sistem lacak GPS dengan kontrol menggunakan handphone berbasis IoT', EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology, 23(2). Available at: <https://epsilon.unjani.ac.id/epsilon/article/download/135/107>

Rahmawati, dkk. (2023) 'Perbandingan Haversine Formula dan Euclidean Distance pada sistem informasi rumah penampungan hewan berbasis web', Jurnal FIFO, Universitas Mercu Buana. Available at: <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/fifo/article/download/14886/5613>

Sensirion (2020) Datasheet SGP30: Indoor Air Quality Sensor for TVOC and CO₂eq Measurements, Version 1.0. Sensirion AG. Available at: https://sensirion.com/media/documents/984E0DD5/61644B8B/Sensirion_Gas_Sensors_Datasheet_SGP30.pdf



Hak Cipta :

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

SIMCom Wireless Solutions (2023) SIM A7670C Series Hardware Design. SIMCom Wireless Solutions Co., Ltd. Available at: <https://www.simcom.com/product/A7670C.html>

Siswanto, S., Hay's, R.N. dan Bahari, F.R. (2024) 'Implementasi Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Menggunakan GPS Berbasis IoT', STRING: Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi, 9(2), p.215. doi: 10.30998/string.v9i2.25928

Siswono, R.O., Hakim, H.L., Nurjihan, S.F. dan Hasani, R.F. (2024) 'Prototype GPS tracker pada Bus Politeknik Negeri Jakarta menggunakan GSM SIM808 berbasis IoT', Voteteknika: Vocational Teknik Elektronika dan Informatika, 12(4), pp.284–292. Available at: <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteteknika/article/view/128915>

Talarosha, B. (2018) 'Jendela dan Dampaknya terhadap Konsentrasi CO2 di dalam Ruang Kelas, Kajian Literatur', Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia, 7(1), pp.46–53. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/327677778>

Tasmurzayev, N., Amangeldy, B., Smagulova, G., Baigarayeva, Z. dan Imash, A. (2025) 'A low-cost IoT sensor and preliminary machine-learning feasibility study for monitoring in-cabin air quality: a pilot case from Almaty', *Sensors*, 25(14), p.4521. doi: 10.3390/s25144521

Yang, B., Qiu, Q., Han, Q.L. dan Yang, F., 2022. Received signal strength indicator-based indoor localization using distributed set-membership filtering. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 52(2), pp.727–737. Available at: <https://doi.org/10.1109/TCYB.2020.2983544>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Devina Anggraini

Lahir pada tahun 2004 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 17 Pagi, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 77 Jakarta dan lulus pada tahun 2019. Selanjutnya, penulis menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 77 Jakarta pada tahun 2022. Penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Hak Cipta :

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Data

Hak Cipta :

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

