



**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN
AKTIVITAS MOBIL POOLCAR MENGGUNAKAN
ESP32 DAN SIM808 DI PT. X**

SKRIPSI

Shaquille Arriza Hidayat

2207421057

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
DEPOK**

2026



**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN
AKTIVITAS MOBIL POOLCAR MENGGUNAKAN
ESP32 DAN SIM808 DI PT. X**

SKRIPSI

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

Shaquille Arriza Hidayat

2207421057

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
DEPOK**

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 : Shaquille Arriza Hidayat
NIM : 2207421057
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar Menggunakan ESP32 dan SIM808 di PT. X

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.

Depok, 9 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Shaquille Arriza Hidayat

NIM. 2207421057



© 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 : Shaquille Arriza Hidayat
NIM : 2207421057
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar Menggunakan ESP32 dan SIM808 di PT. X

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hariJumat.....,
Tanggal ..26.., BulanJuni....., Tahun2026..... dan dinyatakan LULUS.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si.

Penguji I : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom.

Penguji II : Andika Riyadi Jasril, S.Pd., M.Pd.T.

Penguji III : Ariawan Andi Suhandana, S.Kom., M.T.I.

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 kepada Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar Menggunakan ESP32 dan SIM808 di PT. X”. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk mencapai kelulusan di semester 8. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan laporan Skripsi ini, terutama kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Orang tua dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi ini dengan baik.
3. Pihak PT. X terutama kepada Bapak Fauzi selaku pembimbing industri yang telah memberikan bantuan dan usaha untuk penyusunan laporan Skripsi dengan baik.
4. Ibu Prihatin Oktivasari selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi dengan baik.
5. Ibu Maria Agustin, Bapak Andika Riyadi Jasril, dan Bapak Ariawan Andi Suhandana selaku penguji yang telah memberikan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan baik.
6. Teman-teman seperjuangan di TMJ22B yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama mengemban ilmu di Politeknik Negeri Jakarta.



© 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

Penulis menyadari bahwa pada laporan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kekeliruan yang tidak peneliti sadari. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran sehingga penulis dapat mengevaluasi di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih telah membantu dalam menyelesaikan laporan Proposal Skripsi ini.

Depok, 9 Juni 2026

Shaquille Arriza Hidayat

NIM. 2207421057





© 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 PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Shaquille Arriza Hidayat
NIM : 2207421057
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 Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar Menggunakan ESP32 dan SIM808 di PT. X

Beserta 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, 9 Juni 2026

Yang menyatakan



Shaquille Arriza Hidayat

NIM. 2207421057



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

Rancang Bangun Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar Menggunakan ESP32 dan SIM808 di PT. X

ABSTRAK

Adaptasi teknologi digital di Indonesia menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung visi Indonesia Emas 2045. Berdasarkan data IMDI tahun 2025, penerapan teknologi digital mampu meningkatkan produktivitas hingga 67% pada usaha menengah besar. Salah satu sektor yang masih menggunakan metode konvensional adalah manajemen aktivitas kendaraan poolcar pada divisi mobilitas dan logistik di PT. X. Proses pencatatan aktivitas kendaraan, kondisi kendaraan, serta pelacakan lokasi pengemudi masih dilakukan secara manual yang dinilai kurang efisien karena sangat bergantung kepada kejujuran dan kedisiplinan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem manajemen aktivitas mobil poolcar berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan SIM808. Sistem dirancang untuk memperoleh koordinat kendaraan menggunakan GPS lalu mengirimkannya ke sistem backend menggunakan jaringan GPRS dan protokol MQTT. Sistem backend kemudian menerima dan mengolah data, lalu meneruskan data lokasi kendaraan secara real-time menggunakan WebSocket ke sistem frontend. Data lokasi juga dibandingkan dengan tujuan aktivitas menggunakan algoritma Haversine. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan pelacakan kendaraan dan monitoring aktivitas secara real-time. Sistem juga mampu mendukung proses audit perjalanan kendaraan melalui penyimpanan data lokasi dan rekapitulasi aktivitas kendaraan. Pengujian dilakukan terhadap fungsionalitas sistem, akurasi GPS, kekuatan sinyal GSM, dan Quality of Service (QoS) untuk mengevaluasi performa sistem yang dibangun

Kata Kunci: Algoritma Haversine, Internet of Things, SIM808, Pelacakan Kendaraan

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Kegiatan	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Global Positioning System (GPS)</i>	10
2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	11
2.4 <i>Global System for Mobile Communication (GSM)</i>	11
2.5 <i>General Packet Radio Service (GPRS)</i>	12
2.6 <i>Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)</i>	13
2.7 Modul GSM/GPRS/GPS SIM808	14
2.8 ESP32 DevKits	15
2.9 MariaDB	16
2.10 Valkey	17
2.11 Algoritma <i>Haversine</i>	17
2.12 Pengujian Sistem	18
2.12.1 Pengujian Fungsionalitas	18
2.12.2 Pengujian Akurasi GPS	19
2.12.3 Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	21
2.12.4 Pengujian Quality of Service (QoS)	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian	24

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2	Tahapan Penelitian	24
3.3	Objek Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Analisis Kebutuhan	27
4.1.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Keras	27
4.1.2	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	28
4.2	Perancangan Sistem	29
4.2.1	Diagram Blok	29
4.2.2	Diagram Alur	31
4.2.3	Rancangan Skematis dan <i>Pinout</i>	37
4.3	Implementasi Sistem	38
4.3.1	Implementasi Sistem Pelacak	38
4.3.1.1	Perangkaian Modul SIM808	38
4.3.1.2	Perangkaian Modul LM2596	39
4.3.1.3	Perakitan Sistem dan Penyusuan Casing	40
4.3.1.4	Pemrograman ESP32	41
4.3.2	Implementasi Sistem <i>Monitoring</i>	42
4.3.2.1	Konfigurasi Server	43
4.3.2.2	Konfigurasi MQTT Broker	43
4.3.2.3	Konfigurasi <i>Database</i> MariaDB	44
4.3.2.4	Konfigurasi <i>Cache</i> Valkey	46
4.3.2.5	Konfigurasi Sistem <i>Backend</i>	46
4.3.2.6	Konfigurasi Sistem <i>Frontend</i>	48
4.3.3	Implementasi Sistem Rekapitulasi	51
4.3.3.1	Halaman <i>Login</i>	51
4.3.3.2	Halaman <i>Dashboard</i>	52
4.3.3.3	Halaman Pemindaian	53
4.3.3.4	Halaman Rekapitulasi	53
4.4	Pengujian Sistem	54
4.4.1	Deskripsi Pengujian	54
4.4.2	Prosedur Pengujian	55
4.4.2.1	Prosedur Pengujian Fungsionalitas	55
4.4.2.2	Prosedur Pengujian Akurasi GPS	57
4.4.2.3	Prosedur Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	58
4.4.2.4	Prosedur Pengujian QoS	59
4.4.3	Data Hasil Pengujian	60



© 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

4.4.3.1	Data Hasil Pengujian Fungsionalitas	60
4.4.3.2	Data Hasil Pengujian Akurasi GPS.....	62
4.4.3.3	Data Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	65
4.4.3.4	Data Hasil Pengujian QoS.....	66
4.4.4	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian	66
4.4.4.1	Analisis Pengujian Fungsionalitas	66
4.4.4.2	Analisis Pengujian Akurasi GPS.....	67
4.4.4.3	Analisis Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	71
4.4.4.4	Analisis Pengujian QoS	72
BAB V PENUTUP.....		75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA		77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		82
DAFTAR LAMPIRAN.....		83

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Logo GSM.....	12
Gambar 2.2 Logo MQTT	14
Gambar 2.3 SIM808.....	15
Gambar 2.4 ESP32 DevKits.....	16
Gambar 2.5 Logo MariaDB	16
Gambar 2.6 Valkey	17
Gambar 2.7 Model Globe dengan Dua Titik.....	18
Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar.....	30
Gambar 4.2 Diagram Alur Sistem Pelacak	31
Gambar 4.3 Diagram Alur Sistem <i>Backend</i>	32
Gambar 4.4 Diagram Alur Sistem <i>Backend</i> Pengolahan <i>Payload</i> MQTT.....	33
Gambar 4.5 Diagram Alur <i>Backend</i> Penyimpanan Audit.....	34
Gambar 4.6 Diagram Alur Sistem <i>Frontend</i>	35
Gambar 4.7 Diagram Alur Sistem Rekapitulasi.....	36
Gambar 4.8 Rancangan Skematis	37
Gambar 4.9 Rangkaian SIM808.....	39
Gambar 4.10 Rangkaian LM2596.....	39
Gambar 4.11 Perakitan Sistem.....	40
Gambar 4.12 Penyusunan Casing	40
Gambar 4.13 Konfigurasi <i>Container</i> Mosquitto	43
Gambar 4.14 Konfigurasi Mosquitto	44
Gambar 4.15 Konfigurasi <i>Container</i> MariaDB	44
Gambar 4.16 Konfigurasi <i>Container</i> Adminer	45
Gambar 4.17 Struktur <i>Database</i> MariaDB	45
Gambar 4.18 Konfigurasi <i>Container</i> Valkey	46
Gambar 4.19 Konfigurasi <i>Reverse Proxy</i> Caddy	47
Gambar 4.20 Struktur Token JWT.....	47
Gambar 4.21 Konfigurasi Pembuatan <i>Container</i> Sistem <i>Backend</i>	48
Gambar 4.22 Konfigurasi <i>Container</i> Sistem <i>Backend</i>	48
Gambar 4.23 Halaman <i>Login</i> Sistem <i>Frontend</i>	49

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 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

Gambar 4.24 Halaman <i>Dashboard</i> Sistem <i>Frontend</i>	49
Gambar 4.25 Halaman Pembuatan Aktivitas Sistem <i>Frontend</i>	50
Gambar 4.26 Halaman Audit Sistem <i>Frontend</i>	50
Gambar 4.27 Halaman Pelacakan <i>Real-Time</i> Sistem <i>Frontend</i>	51
Gambar 4.28 Halaman <i>Login</i> Sistem Rekapitulasi	52
Gambar 4.29 Halaman Dashboard Sistem Rekapitulasi	52
Gambar 4.30 Halaman Pemindaian Sistem Rekapitulasi.....	53
Gambar 4.31 Halaman Rekapitulasi Kondisi Kendaraan Sistem Rekapitulasi.....	54
Gambar 4.32 GPS Koordinat Referensi Pengujian Akurasi GPS	57
Gambar 4.33 Rute Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	59
Gambar 4.34 Pengujian Akurasi GPS di Skenario <i>Open Area</i>	63
Gambar 4.35 Pengujian Akurasi GPS di Skenario <i>Semi Urban</i>	63
Gambar 4.36 Pengujian Akurasi GPS di Skenario <i>Semi Indoor</i>	64
Gambar 4.37 Pengujian Kekuatan Sinyal GSM.....	65
Gambar 4.38 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario <i>Open Area</i>	67
Gambar 4.39 Grafik <i>Error</i> terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario <i>Open Area</i> ...	68
Gambar 4.40 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario <i>Semi Urban</i>	68
Gambar 4.41 Grafik <i>Error</i> terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario <i>Semi Urban</i> ..	69
Gambar 4.42 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario <i>Semi Indoor</i>	70
Gambar 4.43 Grafik <i>Error</i> terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario <i>Semi Indoor</i> .	70
Gambar 4.44 Grafik RSSI dan Latensi terhadap Iterasi di Pengujian Kekuatan Sinyal GSM.....	71
Gambar 4.45 Grafik Latensi pada Rute di Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	72
Gambar 4.46 Grafik Latensi terhadap Waktu di Pengujian QoS	73
Gambar 4.47 Grafik <i>Packet Loss</i> terhadap Iterasi di Pengujian QoS	73



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Perbandingan GPRS, NB-IoT, LoRa, dan Sigfox.....	13
Tabel 2.3 <i>Datasheet</i> SIM808	15
Tabel 2.4 Spesifikasi Referensi Perangkat GPS	19
Tabel 2.5 Kategori DOP.....	20
Tabel 2.6 Kategori C/N0	20
Tabel 2.7 Karakteristik Skenario Pengujian Akurasi GPS	21
Tabel 2.8 Kategori RSSI	21
Tabel 2.9 Kategori QoS	22
Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras	27
Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	28
Tabel 4.3 Rancangan <i>Pinout</i>	37
Tabel 4.4 Skenario Pengujian Fungsionalitas Berhasil.....	55
Tabel 4.5 Skenario Pengujian Fungsionalitas Gagal.....	56
Tabel 4.6 Skenario Pengujian Akurasi GPS	57
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Berhasil.....	60
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Gagal.....	61
Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Akurasi GPS.....	64
Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal GSM	65
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian QoS.....	66

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Kegiatan

Digitalisasi menjadi agenda prioritas nasional di era saat ini. Adopsi teknologi digital menjadi kunci utama untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Berdasarkan data yang didapat dari IMDI tahun 2025, karyawan dengan keterampilan digital di atas rata-rata meningkatkan produktivitas sebesar 67% untuk usaha menengah besar dan 46% untuk usaha menengah kecil. Meningkatkan transformasi digital merupakan salah satu kebutuhan untuk mewujudkan visi Indonesia Emas 2045 (Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia, 2025).

Salah satu sistem yang dapat ditingkatkan dengan digitalisasi berada pada divisi mobilitas dan logistik, tepatnya pada manajemen peminjaman poolcar. Sistem untuk manajemen poolcar, baik yang digunakan untuk pengiriman barang atau transportasi *meeting* masih menggunakan metode konvensional. Peminjaman yang dilakukan masih dicatat menggunakan kertas, termasuk lokasi yang ingin dituju, aktivitas yang ingin dilakukan, juga kondisi kendaraan sebelum dan sesudah beraktivitas. Selain itu, pelacakan aktivitas kendaraan masih dilakukan melalui telepon atau pesan sebagai bukti lokasi pengemudi. Metode ini dinilai kurang efisien karena sangat bergantung kepada kejujuran dan kedisiplinan dari pengemudi juga petugas. Di sisi lain, solusi digitalisasi menggunakan sistem pelacakan komersial yang terdapat di pasaran sering kali membutuhkan biaya langganan yang mahal dan tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan.

Perkembangan *Internet of Things (IoT)* bisa menjadi solusi alternatif yang lebih fleksibel, terjangkau, juga dapat dikustomisasi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membangun sistem pelacakan kendaraan berbasis *Internet of Things*. Penelitian yang dilakukan oleh Ashadi et al. (2022) membangun sistem pelacakan menggunakan modul GPS NEO-6M untuk mendapatkan koordinat lokasi dan menggunakan modul GSM SIM800L untuk komunikasi dengan Internet. Kemudian penelitian lain dari Mufti (2025) membangun pelacakan kendaraan

**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

menggunakan modul GPS NEO-M8N dan modul LTE SIM7600. Selain itu, penelitian tersebut juga menggunakan protokol MQTT sebagai komunikasi antara sistem IoT dengan server *backend* juga protokol *WebSocket* untuk menampilkan lokasi secara *real-time* pada *frontend*,

Penelitian ini mengusulkan perancangan sistem manajemen aktivitas mobil poolcar berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul GSM/GPRS/GPS SIM808. Pada penelitian ini, sistem akan dirancang untuk menggunakan teknologi GPS untuk mendapatkan lokasi kendaraan dan jaringan GSM untuk mengirim data ke sistem *monitoring* menggunakan protokol MQTT. Selain itu, setiap koordinat kendaraan yang mendekati koordinat tujuan aktivitas akan dihitung selesai menggunakan algoritma *Haversine*. Sistem ini juga menyediakan *monitoring* lokasi kendaraan dan lokasi tujuan menggunakan *WebSocket* untuk dapat menampilkan lokasi kendaraan secara *real-time*. Sistem yang dibangun ini diharapkan dapat membantu dalam manajemen aktivitas kendaraan.

1.2 Perumusan Masalah

Merujuk dari latar belakang di atas, perumusan masalah yang diangkat dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem manajemen aktivitas mobil poolcar menggunakan mikrokontroler ESP32 dan GSM/GPRS/GPS SIM808?
2. Bagaimana merancang arsitektur sistem yang memungkinkan integrasi pelacakan mobil poolcar, manajemen aktivitas mobil poolcar, dan rekapitulasi kondisi mobil poolcar?
3. Bagaimana kinerja sistem manajemen aktivitas mobil poolcar yang sudah dibangun?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, batasan masalah dari penelitian ini adalah:



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

1. Fokus di penelitian ini berada pada pelacakan mobil poolcar dan manajemen aktivitas mobil poolcar.
2. Aktivitas yang dilakukan dapat diselesaikan pada semua mobil poolcar.
3. Perangkat IoT dibuat sebanyak satu buah untuk pengujian dan implementasi pada pelacakan aktivitas kendaraan poolcar.
4. Data dikirimkan secara *real-time* dari sistem pelacak ke *backend* melalui MQTT dan *backend* meneruskan data melalui *WebSocket* ke *frontend*.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tujuan, yaitu:

1. Merancang sistem pelacak berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan SIM808.
2. Merancang sistem untuk manajemen aktivitas, pelacakan mobil poolcar, dan rekapitulasi kondisi mobil poolcar.
3. Menganalisis kinerja sistem manajemen aktivitas mobil poolcar

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini dapat berupa:

1. Menyediakan sistem pelacak untuk melacak lokasi mobil poolcar dengan memanfaatkan GPS, GPRS, dan MQTT.
2. Menyediakan sistem yang saling terintegrasi pada manajemen aktivitas dengan pelacakan dan rekapitulasi kondisi kendaraan.
3. Menentukan kualitas sistem yang dibangun di berbagai kondisi.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini mengikuti sistematika penulisan dengan 3 bab, yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN
Bab pertama membahas latar belakang sebagai masalah dari penelitian. Bab pertama juga membahas perumusan dan batasan yang dari permasalahan. Tujuan dan manfaat dari penelitian ini juga dibahas pada bab ini.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA



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 kedua menjelaskan teori yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah dari penelitian ini. Selain itu, bab ini juga terdapat *literature review* untuk menganalisis penelitian terdahulu yang mempunyai korelasi dengan penelitian ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga membahas rancangan untuk melaksanakan penelitian ini, termasuk tahapan yang dilakukan dan objek yang diteliti.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat menjelaskan mengenai hasil dari penelitian yang sudah dilakukan dengan pembahasannya. Halaman ini mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, dan pengujian sistem dengan analisisnya.

5. BAB V PENUTUP

Bab kelima menjadi bagian penutup dari penelitian. Bagian ini diisi dengan kesimpulan yang menjelaskan rangkuman dari penelitian dan refleksinya terhadap tujuan penelitian. Bagian ini diakhiri dengan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

**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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Basis referensi dari penelitian ini diambil dari penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu digunakan untuk menjadi acuan teoritis pada penelitian ini. Tabel 2.1 menampilkan penelitian terdahulu yang digunakan di penelitian ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Jurnal	Variabel	Penjelasan	Analisis
1	(Saputra et al., 2022)	Kombinasi Modul GPS dan GSM untuk Peningkatan Sistem Keamanan dan Pelacakan Sepeda Motor Berbasis Arduino UNO R3	Arduino UNO R3, SIM800L, NEO-6M, SW-420, Relay, GSM, SMS	Penelitian ini membangun sistem peringatan dan pelacakan saat terjadi pencurian kendaraan. Sistem ini bekerja melalui SMS. Sensor getar akan mendeteksi getaran dari pencurian dan mengirimkan SMS ke pengguna. Pengguna	Penelitian ini masih menggunakan SMS sebagai metode komunikasi. Pengiriman lokasi juga hanya mengirimkan tautan Google Maps..



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

				kemudian dapat mematikan mesin motor. Pengguna juga dapat mengirimkan pesan untuk melihat lokasi terbaru motor.	
2	(Mufti, 2025)	Rancang Bangun Sistem Pelacakan Kendaraan Pengangkut Sampah Berbasis IoT Menggunakan ESP32 SIM7600 dan NEO-M8	NEO-M8N, SIM7600CE , ESP32, LED, Buzzer, MP1584, MQTT, Node-RED, InfluxDB, WebSocket.	Penelitian dilakukan untuk melacak kendaraan pengangkut sampah dengan membuat sistem pelacak. Logika sistem berupa ESP32 mengirimkan data menggunakan MQTT pada jaringan 4G LTE ke	Sistem yang dibentuk tidak menggunakan MQTTS untuk perlindungan TLS. Sistem ini juga menggunakan InfluxDB untuk menyimpan setiap data koordinat yang tidak dibutuhkan pada 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

				NodeRED. NodeRED kemudian menyimpan data ke InfluxDB lalu meneruskan data kembali menggunakan WebSocket ke frontend. Pengguna dapat melihat lokasi setiap kendaraan dan manajemen data lainnya pada frontend.	
3	(Junaidi, 2020)	Sistem Keamanan Pelacakan Kendaraan Bermotor Menggunakan Raspberry Pi 3 Dengan Module GPS Secara Realtime	Raspberry Pi, Flask, SQLite, Socket.io, NEO-6M, Wi-Fi, HTTP	Penelitian ini berfungsi untuk melacak kendaraan. Sistem berfungsi dengan Raspberry Pi mengirimkan data ke	Pengiriman data melalui HTTP kurang efisien karena harus menunggu respons terlebih dahulu sebelum

© 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

		Berbasis Web		REST API setiap mendapatkan data. REST API menyimpan data pada SQLite Kemudian, pengguna dapat melihat lokasi terbaru dengan menggunakan Socket.io.	sistem pelacak melanjutkan pengiriman. Raspberry Pi juga memerlukan modul tambahan untuk koneksi Internet.
4	(Klymenko & Striuk, 2023)	Design and Implementat ion of an Edge Computing-based GPS Tracking System	Atmega162-16PU, SIM800L, GN-801, MT3608, GPRS, HTTP	Penelitian ini membangun sistem pelacak pada beberapa kendaraan. Sistem ini bekerja dengan Atmega162 mengirim koordinat ke server dengan HTTP GET sebelum ESP32 dan	Pengiriman data koordinat dilakukan dengan HTTP GET tanpa TLS. Selain itu, server juga menyimpan setiap koordinat yang tidak dibutuhkan pada 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

				GSM kembali nonaktif. Pengguna dapat melihat koordinat pada web server dengan jalur kendaraan yang ditempuh. Pengguna juga dapat menghitung total perjalanan dengan metode <i>haversine</i> .	
5	(Keerti et al., 2025)	IOT Based GPS Vehicle Tracking and Monitoring System	ESP32, NEO-6M, MQ-3, LCD, Wi-Fi,	Penelitian ini dilakukan untuk memonitor transportasi umum dengan membangun sistem pelacak. Sistem bekerja	Penelitian ini masih memakai Wi-Fi untuk konektivitas ke Internet yang tidak tersedia pada penelitian ini. Selain itu, penelitian ini

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

				dengan ESP32 mengirim data GPS ke server dengan jaringan Wi-Fi untuk pelacakan <i>real-time</i> . setiap 5 detik. Selain itu, sistem juga memonitor kadar alkohol yang terintegrasi dengan alarm apabila ditemukan kadar alkohol.	tidak menjelaskan cara pengiriman data dari sistem pelacak ke server.
--	--	--	--	---	---

2.2 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System atau GPS adalah sistem navigasi satelit (SATNAV) dari Amerika Serikat. GPS yang bertujuan untuk mendapatkan posisi, kecepatan, dan waktu di bidang tiga dimensi dengan akurat dan kontinu. GPS menggunakan metode *time of arrival* (TOA) dalam mendapatkan informasinya. Metode ini membandingkan selisih waktu saat dikirim dengan waktu saat diterima untuk mendapatkan jarak *latitude*, *longitude*, dan *altitude*. Metode ini membutuhkan waktu yang sudah tersinkronisasi dengan satelit. Sehingga, dibutuhkan minimum 4



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

satelit yang terhubung untuk mendapatkan keempat data tersebut (Kaplan & Hegarty, 2017).

2.3 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai berbagai perangkat dengan kemampuan untuk mengidentifikasi dan memproses yang saling terhubung dalam menyelesaikan suatu tujuan. Sebuah sistem IoT membutuhkan tiga komponen utama, yaitu *hardware* berupa sensor dan perangkat *embedded*, *middleware* berupa sebuah sistem yang memproses data dari *hardware*, dan *application* yang digunakan untuk menampilkan hasil analisis.

Penelitian ini merupakan sistem IoT mengikuti tiga komponen utama. Sebuah *hardware* dengan modul GPS, GSM, dan GPRS, lalu *middleware* berupa server untuk menerima dan mengolah data GPS, dan *application* berupa server dan aplikasi untuk menampilkan manajemen aktivitas kepada pengguna.

2.4 *Global System for Mobile Communication (GSM)*

Global System for Mobile Communication atau GSM merupakan salah satu standar protokol di generasi kedua jaringan seluler (2G). GSM bekerja di frekuensi 900 MHz di benua Eropa dan Asia. Selain itu, GSM bekerja secara *duplex* menggunakan dua frekuensi *band*, yaitu 890 – 915 MHz sebagai *forward-link* atau *uplink* dan 935 – 960 MHz sebagai *reverse-link* atau *downlink*. Setiap *band* menggunakan 25 MHz dan dibagi menjadi 125 *channels*. Dalam setiap *channel* dibagi menjadi 200 kHz dan dapat dipecah kembali menjadi 8 *sub-channels* atau *timeslots* yang dapat *disubscribe* oleh pengguna untuk berkomunikasi. Namun, salah satu *timeslot* harus dialokasikan untuk manajemen *channel* sehingga setiap *channel* hanya dapat digunakan oleh 7 *subscriber* secara bersamaan (Rao, 2012).

Layanan yang disediakan oleh GSM sendiri dapat dibagi menjadi dua, yaitu layanan suara untuk mengirimkan data suara dan layanan data untuk pengiriman dengan bentuk data lainnya seperti teks, gambar, pesan, dokumen, dan sebagainya. Telepon dan pesan suara adalah salah satu layanan suara pada GSM. Sedangkan, layanan

data dipakai untuk *Short Message Services* (SMS) dan faksimile (Mouly & Pautet, 2003).

Perangkat harus melakukan *subscribe* ke jaringan terlebih dahulu untuk dapat menggunakan layanan GSM. Perangkat yang ingin *subscribe* membutuhkan angka *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) untuk membedakan dengan *subscriber* lainnya. IMSI terikat pada kartu *Subscriber Identity Module* (SIM) dan unik secara internasional. IMSI juga mempunyai relasi *one to many* dengan *Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network* (MSISDN) atau nomor telepon. Namun, hanya satu MSISDN yang dapat aktif sehingga tetap unik pada suatu jaringan. Gambar 2.1 menampilkan logo yang digunakan pada perangkat dengan fitur GSM (Sauter, 2011).



Gambar 2.1 Logo GSM

Sumber: ("GSM," 2026)

2.5 General Packet Radio Service (GPRS)

General Packet Radio Service atau GPRS adalah protokol yang diterapkan pada protokol GSM untuk meningkatkan pengiriman data dan memungkinkan untuk terhubung ke Internet. Jaringan seluler yang menerapkan teknologi GPRS dikenal sebagai jaringan seluler 2.5G (Rao, 2012).

Perangkat membutuhkan *Access Point Names* (APN) ketika menghubungkan ke jaringan GPRS. APN digunakan menentukan *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) yang digunakan oleh perangkat sebagai *gateway* jaringan. Perangkat hanya dapat terhubung ke APN yang sesuai dengan kartu SIM dengan membandingkan nilai IMSI dengan APN yang diperbolehkan.

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain GPRS, terdapat tiga teknologi jaringan IoT lainnya yang sedang berkembang, yaitu *Narrowband IoT* (NB-IoT), *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN atau LoRa), dan SigFox. NB-IoT merupakan subset dari jaringan LTE yang dibuat khusus untuk mengurangi harga dan konsumsi baterai (Sinha et al., 2017). Sedangkan LoRa dan SigFox merupakan teknologi eksklusif yang dikembangkan oleh perusahaan. Sehingga, jaringan yang digunakan pada LoRa dan SigFox harus mengandalkan penyedia jaringan atau membuat *gateway* sendiri (Deutsche Telekom AG, 2021). Perbandingan karakteristik dari keempat teknologi tersebut disajikan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Perbandingan GPRS, NB-IoT, LoRa, dan Sigfox

Parameter	GPRS	NB-IoT	LoRa	Sigfox
Bandwidth (kHz)	200	180	0.1-0.6	125
Spektrum (MHz)	890-960, berlisensi	791-862, berlisensi	863-870, tidak berlisensi	868-869, tidak berlisensi
Payload Maksimum (bytes)	22	128	51	12
<i>Maximum Coupling Loss</i> (dB)	144-152	164	152-154	158-161
Konsumsi Daya (mA)	2.5 A	120-300 mA	32 mA	24-28 mA

Sumber: (Lauridsen et al., 2017; Sinha et al., 2017; Vejlggaard et al., 2017; Wild et al., 2022)

2.6 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT (dahulu disebut *Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol pengiriman pesan yang didesain untuk komunikasi yang mempunyai *bandwidth*

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

atau *komputasi* terbatas. Karakteristik tersebut membuat MQTT sesuai untuk komunikasi *Machine to Machine* (M2M) atau *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan kode minimum dan *bandwidth* yang terbatas (HiveMQ, n.d.).

MQTT menggunakan model *publish/subscribe* untuk berkomunikasi. Model ini memisahkan antara *publisher* dengan *subscriber* dengan menambahkan perangkat perantara yang disebut *broker*. Pemisahan ini disebut dengan *decoupling* yang berfungsi untuk menghindari *bottleneck* pada *server* di model *client-server*. *Publisher* harus menentukan *topic* sebagai tempat tujuan pengiriman sedangkan *subscriber* harus bergabung ke *topic* yang sama untuk mendapatkan pesan dari *publisher* tersebut. *Broker* bertugas dalam meneruskan pesan yang dikirim oleh *publisher* ke *subscriber* yang bergabung ke *topic* yang sesuai (Hillar, 2017).

MQTT mengirim pesan dalam bentuk biner untuk mengurangi ukuran pesan dan meningkatkan pengiriman. Pesan terakhir dapat disimpan untuk dikirimkan ketika terdapat *subscriber* baru. MQTT juga menyediakan *Quality of Service* (QoS) untuk mengatur kepastian pengiriman pesan. Selain itu, komunikasi pada MQTT dilakukan dengan dua arah. Gambar 2.2 menampilkan logo dari MQTT (HiveMQ, n.d.).



Gambar 2.2 Logo MQTT

Sumber: (MQTT.org, n.d.)

2.7 Modul GSM/GPRS/GPS SIM808

SIM808 adalah modul yang mengintegrasikan teknologi GSM/GPRS, GPS, dan Bluetooth. Modul ini mendukung *Quad-band* yang dapat mendukung frekuensi GSM 850 MHz, EGSM 900 MHz, DCS 1800 MHz, dan PCS 1900 MHz. SIM808 dapat dihubungkan melalui UART dan berkomunikasi menggunakan perintah AT. Modul ini mengonsumsi arus sebesar 1 mA ketika dalam mode tidur dan dapat mencapai 2 A ketika sedang pengiriman data. Spesifikasi dari SIM808 dapat dilihat



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

pada Tabel 2.3. Selain itu, Gambar 2.3 menampilkan modul SIM808 (SIMCom, 2016).

Tabel 2.3 *Datasheet* SIM808

Parameter	Performa
<i>Horizontal Position Accuracy</i>	<2.5 m
<i>Hot start</i>	1 s
<i>Warm start</i>	28 s
<i>Cold start</i>	30 s
Sensitivitas	-165 dBm
Konsumsi arus	24 mA

Sumber: (SIMCom, 2016)



Gambar 2.3 SIM808

Sumber: (Circuit Design, n.d.)

2.8 ESP32 DevKits

ESP32 DevKits merupakan kumpulan *development board* yang dikembangkan oleh Espressif System. Seri ESP32 DevKits dilengkapi dengan 32-bit *microcontroller* (MCU) menggunakan *chip* seri ESP32. Seri ini juga mengintegrasikan konektivitas WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz dan Bluetooth dengan *Bluetooth Low Energy*. Seri ESP32 DevKits dapat dioperasikan menggunakan USB untuk mengunggah kode ataupun untuk memberikan daya. Seri ini juga dapat diberikan daya menggunakan pin *header* 5V/GND dengan tegangan *unregulated* 5-12V ataupun menggunakan pin *header* 3V3/GND dengan tegangan *regulated* 3.3V. Pemrograman untuk MCU ESP32 dilakukan melalui *framework* ESP-IDF atau melalui *framework* Arduino

dengan menggunakan ESP32 Arduino Core. Gambar 2.4 menampilkan mikrokontroler ESP32 DevKits (Espressif Systems, 2025a, 2025b, 2025c).



Gambar 2.4 ESP32 DevKits

Sumber: (ThingsBoard, n.d.)

2.9 MariaDB

MariaDB adalah *database* berbasis SQL yang bersifat *open-source*. MariaDB dibentuk dari pecahan MySQL sehingga mempunyai kompatibilitas tinggi dengan MySQL. MariaDB mempunyai performa yang sangat stabil bahkan ketika dilakukan komputasi berat. Performa tersebut sangat cocok untuk aplikasi berbasis *real-time* yang membutuhkan eksekusi *query* secara terus menerus, seperti data lokasi yang harus dikirim secara terus menerus Gambar 2.5 menampilkan logo MariaDB (MariaDB Foundation, n.d.).



Gambar 2.5 Logo MariaDB

Sumber: (MariaDB Foundation, n.d.)

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.10 Valkey

Valkey adalah *database* atau *cache* yang menyimpan data pada memori. Valkey digunakan untuk menyimpan suatu data sebagai perantara ke *database*. Sehingga, sistem dapat mencari data pada *cache* terlebih dahulu sebelum melakukan *query* ke *database*. Performa tersebut sangat cocok untuk sistem yang harus menerima dan membandingkan data secara terus menerus, seperti data lokasi dengan tujuan. Gambar 2.6 menampilkan logo dari Valkey (Linux Foundation, n.d.).



Gambar 2.6 Valkey

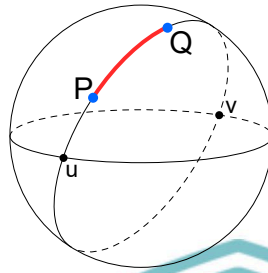
Sumber: (Linux Foundation, n.d.)

2.11 Algoritma Haversine

Algoritma *Haversine* adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak dari dua titik di permukaan bola, seperti bumi dengan radius 6.367,45 km. Tidak seperti pada bangunan datar yang jarak terpendek dari dua titik adalah garis lurus. Setiap garis lurus pada bola merupakan sebuah busur dari lingkaran yang titik tengah dari lingkaran tersebut juga merupakan titik tengah dari bola. Sehingga, algoritma *Haversine* menghitung total panjang dari busur tersebut. Gambar 2.7 menampilkan dua titik pada model globe. Garis merah pada gambar menunjukkan jarak terdekat dari dua titik.

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



Gambar 2.7 Model Globe dengan Dua Titik

Sumber: (Mughni & Devi, 2023)

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

- φ_1, φ_2 adalah *latitude* dari poin 1 dan poin 2
- λ_1, λ_2 adalah *longitude* dari poin 1 dan poin 2

Kemudian, berdasarkan dua persamaan di atas, dapat ditentukan jarak antara kedua titik koordinat menggunakan persamaan di bawah.

$$d = 2R \times \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{2} \right) + \cos(\varphi_2) \times \cos(\varphi_1) \times \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

Melalui algoritma Haversine, jarak dari kedua titik bisa didapatkan melalui koordinat *latitude* dan *longitude* dari kedua titik (Mughni & Devi, 2023).

2.12 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikerjakan berfungsi sesuai tujuan. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

2.12.1 Pengujian Fungsionalitas

Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsionalitas utama sistem dan alat yang dibangun. Pengujian sistem dilakukan melalui *black-box testing* dengan menguji



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

fitur sistem sebagai *end-user*. Persentase *error* dapat dihitung menggunakan rumus *Pass/Fail Rate* (Perabathini, 2024).

$$\text{Error Rate} = 1 - \frac{\text{Total Pengujian Sukses}}{\text{Total Pengujian}} \times 100$$

2.12.2 Pengujian Akurasi GPS

Pengujian akurasi GPS dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan modul GPS dalam menentukan koordinat lokasi. Pengujian akurasi GPS dilakukan dengan menghitung jarak *error* antara koordinat dari sistem dengan titik koordinat referensi yang digunakan sebagai *ground-truth*. Spesifikasi perangkat GPS yang digunakan sebagai referensi pengujian dapat dilihat pada Tabel. 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Referensi Perangkat GPS

Kategori	Spesifikasi
Modul	CYCLONE M10 GPS Module M1018C
GPS chip	UBX-M10050-KB
GNSS	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS/QZSS, SBAS
Akurasi horizontal	1.5 m CEP
Akuisisi posisi	<i>Cold start</i> 28s dan <i>hot start</i> 1s

Sumber: (u-blox AG, n.d.)

Jarak antara koordinat referensi dengan koordinat pelacak berupa *error* yang didapat. *Error* tersebut dihitung menggunakan algoritma *Haversine*.

$$\text{Error} = 2R \times \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_2) \times \cos(\phi_1) \times \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

Selain nilai *error*, parameter lain juga diukur termasuk *circular error probable* (CEP), *horizontal dilution of precision* (DOP), dan *carrier to noise ratio* (C/N0). HDOP merupakan salah satu dari parameter DOP yang menjelaskan akurasi di posisi horizontal berdasarkan struktur satelit yang dibaca. C/N0 mengukur kualitas sinyal yang diterima (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). Sedangkan CEP

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

menjelaskan 50% nilai *error* di posisi horizontal dari titik *ground-truth* (Kaplan & Hegarty, 2017).

Hasil DOP yang didapat dapat dibandingkan dengan kategori DOP pada tabel 2.5 (Dutt et al., 2009). Sedangkan hasil C/N0 yang didapat dapat dibandingkan dengan tabel 2.6 (Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

Tabel 2.5 Kategori DOP

Nilai DOP	Kategori
1	Ideal
2-4	Sangat Baik
4-6	Baik
6-8	Sedang
8-20	Cukup
20-50	Buruk

Sumber: (Dutt et al., 2009)

Tabel 2.6 Kategori C/N0

Nilai C/N0 (dB-Hz)	Kategori
>44	Kuat
34-44	Cukup
<34	Lemah

Sumber: (Hofmann-Wellenhof et al., 2008)

Pengujian akurasi GPS dilakukan di tiga skenario lingkungan, yaitu *Open Area* (area terbuka), *Semi Urban* (semi-perkotaan), dan *Semi Indoor* (ruangan terbuka). *Open Area* berupa lingkungan yang mempunyai hambatan yang minim dan sinyal yang stabil. *Semi Urban* berupa lingkungan di konsentrasikan dengan gedung-gedung bertingkat rendah dan pepohonan. Kualitas sinyal di lokasi tersebut akan bergantung dengan susunan gedung dan pohon. *Semi Indoor* adalah lingkungan di dalam ruangan yang tertutup oleh atap, namun tetap mempunyai bagian yang



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

terbuka. Sinyal GPS akan sulit diterima, namun masih dapat dilakukan melalui bagian tertentu. Tabel 2.7 menjelaskan karakteristik setiap skenario (Park et al., 2025).

Tabel 2.7 Karakteristik Skenario Pengujian Akurasi GPS

Lingkungan	Nilai C/N0 (dB-Hz)
<i>Open Area</i>	35-45
<i>Semi Urban</i>	20-40
<i>Semi Indoor</i>	<32

Sumber: (Park et al., 2025)

2.12.3 Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Pengujian kekuatan sinyal GSM (GPRS) dilakukan untuk mengetahui kekuatan sinyal GSM (GPRS) saat *publish* ke MQTT broker. Pengujian ini dilaksanakan dengan mengambil nilai *Carrier Signal Quality* (CSQ) yang didapat dari pergerakan sistem pelacak dan waktu selisih antara pengiriman dan penerimaan *payload*. Nilai CSQ berada di antara 0-31 dan 99. Nilai tersebut menjelaskan kekuatan sinyal GSM saat berkomunikasi dengan Internet. Nilai CSQ tidak bisa digunakan secara langsung untuk menentukan kualitas sinyal, melainkan harus dikonversi terlebih dahulu ke nilai RSSI menggunakan persamaan di bawah.

$$CSQ = \frac{RSSI + 113}{2}$$

Nilai *Received Signal Strength Indikator* (RSSI) menjelaskan kekuatan sinyal GSM yang diterima oleh modul GSM. Semakin tinggi nilai RSSI juga semakin kuat sinyal GSM. Nilai RSSI dapat dikategorikan dengan membandingkan dengan tabel 2.8 (QuecPython, 2026).

Tabel 2.8 Kategori RSSI

Nilai RSSI	Kategori
< -100	Sangat Buruk

-100-(-90) dBm	Buruk
-90-(-80) dBm	Cukup
-80-(-70) dBm	Baik
>-70 dBm	Sangat Baik

Sumber: (QuecPython, 2026)

2.12.4 Pengujian Quality of Service (QoS)

Pengujian QoS atau *Quality of Service* dilakukan untuk mengetahui kualitas transmisi data antara sistem pelacak dengan MQTT broker. Data yang dicari dalam pengujian ini adalah *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.

Nilai *throughput* dari pengujian QoS dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data dikirim (kb)}}{\text{Waktu pengiriman (s)}}$$

Nilai *packet loss* dari hasil pengujian QoS dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima}}{\text{Paket dikirim}} \times 100\%$$

Nilai QoS dibandingkan dengan tabel standar QoS menurut TIPHON yang ditunjukkan pada tabel 2.9 (Mufti, 2025).

Tabel 2.9 Kategori QoS

Kategori	<i>Throughput</i>	<i>Delay</i>	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	>2.1 Mbps	<150 ms	0	4
Bagus	1200 kbps-2.1 Mbps	150-300 ms	3%	3
Sedang	700-1200 kbps	300-450 ms	15%	2
Tidak Bagus	338-700 kbps	>450 ms	25%	1
Buruk	0-338 kbps	-	-	0

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 milik Politeknik Negeri Jakarta

Sumber: (Mufti, 2025)

Evaluasi metrik jaringan secara umum dibandingkan dengan tabel standar QoS menurut TIPHON yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. Meskipun standar TIPHON menjadi acuan dasar kelayakan kualitas sinyal, pengujian ini juga meninjau batasan arsitektur seluler 2G. Nilai *delay* dan *throughput* secara teoritis akan berada di kategori buruk karena dibatasi oleh arsitektur jaringan GPRS. Besar *throughput* terbatas performa GPRS dengan maksimal 28 kbps dan nilai *round-trip time* (RTT) dari GPRS dapat mencapai 550 ms. Oleh karena itu, prioritas utama dari pengujian ini berupa jumlah *error* dari *packet loss* (Sauter, 2011).



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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PENELITIAN

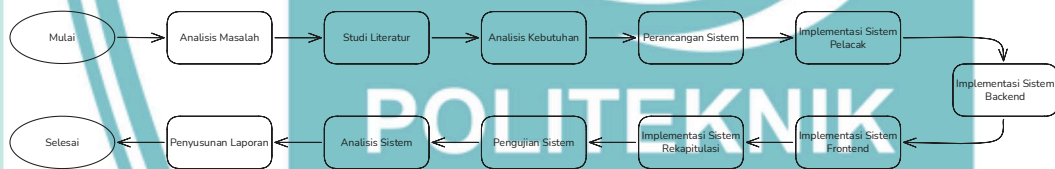
3.1 Rancangan Penelitian

Pendekatan dari penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan jenis penelitian berdasarkan studi kasus yang dihadapi pada PT. X. Data yang dihasilkan dari pengujian berupa kuantitatif

Penelitian ini menggunakan sumber data primer yang diperoleh dari hasil pengujian sistem, termasuk data koordinat, waktu, dan latensi. Data sekunder dari penelitian ini didapat melalui studi literatur.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjabarkan proses untuk menjalankan penelitian ini. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan sistem terancang dan terimplementasi sesuai tujuan penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan alur tahapan penelitian.



Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian

1. Analisis Masalah

Tahapan awal yang dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut tentang permasalahan manajemen mobil poolcar yang terjadi di PT.X. Tahap ini menentukan permasalahan yang harus diselesaikan saat pengembangan sistem.

2. Studi Literatur

Tahapan ini mencari referensi dari sumber informasi yang terpercaya, seperti jurnal, buku, dan situs untuk mendapatkan informasi yang relevan terhadap permasalahan.

3. Analisis Kebutuhan



© 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

Tahapan ini menentukan kebutuhan pada sistem yang harus dipenuhi berdasarkan permasalahan dan tujuan yang sudah ditentukan.

4. Perancangan Sistem

Tahapan ini merupakan perancangan arsitektur sistem yang sesuai dengan kebutuhan. Tahapan ini mencakup perancangan blok diagram, alur diagram, dan skematis.

5. Implementasi Sistem Pelacak

Pada tahap ini, komponen sistem pelacak dibangun dan dihubungkan satu sama lain. Komponen kemudian disolder pada PCB lalu dibentuk *casing*.

6. Implementasi Sistem *Backend*

Tahapan ini mencakup konfigurasi server, dan *mendeploy* MariaDB, Mosquitto, dan Valkey yang dibutuhkan oleh sistem *backend*. Tahapan ini diakhiri dengan membangun, mengonfigurasi, dan *mendeploy* sistem *backend* pada server yang sama.

7. Implementasi Sistem *Frontend*

Tahap ini dilakukan untuk membangun sistem *frontend* menyesuaikan kebutuhan sistem. Kemudian, sistem ini juga *dideploy* pada server.

8. Implementasi Sistem Rekapitulasi

Di tahap ini, dilakukan pembangunan sistem rekapitulasi sebagai aplikasi menyesuaikan kebutuhan sistem.

9. Pengujian Sistem

Tahapan ini dilakukan dengan melakukan pengujian sesuai prosedur yang ditentukan. Dari pengujian ini, data yang didapat akan dikumpulkan dan dianalisis di tahapan selanjutnya.

10. Analisis Sistem

Di tahap ini, hasil data pengujian dianalisis untuk menentukan kinerja sistem dan menentukan evaluasi kepada sistem.

11. Penyusunan Laporan

Pada tahap terakhir ini, sistem sudah melewati semua tahapan dan ditugaskan untuk mendokumentasikan hasil sistem pada laporan skripsi.



3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian dari penelitian ini adalah sistem manajemen aktivitas kendaraan poolcar yang terdiri dari tiga sistem kecil, yaitu:

- Sistem pelacak, yang terdiri dari ESP32, SIM808, dan *step-down*. Sistem ini berfungsi untuk mendapatkan koordinat kendaraan dan mengirimnya ke *backend* melalui MQTT.
- Sistem *monitoring*, yang terdiri dari *frontend* sebagai antarmuka *end-user* dan *backend* untuk menyimpan, mengubah, dan menampilkan data.
- Sistem rekapitulasi, yang terdiri dari aplikasi *mobile*. Sistem ini digunakan untuk menyimpan kondisi sebelum dan sesudah mobil dipinjam.

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Pada penelitian ini, sistem manajemen aktivitas mobil poolcar dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 dan SIM808. Sistem tersebut mencakup pemantauan kendaraan, manajemen tujuan aktivitas, rekapitulasi kendaraan, dan audit kendaraan. Adapun kebutuhan untuk merancang sistem terbagi menjadi kebutuhan *hardware* dan *software*.

4.1.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras digunakan untuk membangun sistem pelacak yang dipasangkan ke kendaraan dan untuk menjalankan sistem manajemen web. Tabel 4.1 menampilkan perangkat keras yang dibutuhkan dengan fungsinya.

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

No.	Hardware	Deskripsi	Spesifikasi
1	ESP32 DevKits	Mikrokontroler yang mengendalikan sistem pelacak.	Jumlah Pin: 30 pin WiFi: 802.11 b/g/n/e/i Memori: 520 KB SRAM, 4 MB Flash <i>Operating voltage: 3.3 V</i> <i>Supply voltage: 5-12 V</i>
2	SIM808	Modul GPS untuk mendapatkan koordinat kendaraan dan modul GPRS untuk menghubungkan ke Internet.	<i>Sensitivity cold start: -146 dBm</i> <i>Sensitivity tracking: -165 dBm</i> <i>Sensitivity re-acquisition: -159 dBm</i> GNSS: GPS Connection: GSM/GPRS

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

3	LM2596 Step Down DC-DC	Modul <i>step down</i> untuk menurunkan tegangan listrik DC.	<i>Input voltage</i> : 4-40 V <i>Output voltage</i> : 1.3-37 V Maksimum arus: 3 A Efisiensi: 92%
4	PCB	Papan untuk menempatkan dan menghubungkan perangkat keras.	Dimensi: 6x8 Tipe: <i>double layer</i> Jarak lubang: 2.54 mm
5	Kabel AWG 24	Kabel yang digunakan untuk memberikan tegangan dan menghubungkan antara perangkat keras.	Diameter: 0.5 mm Maksimum arus: 3.5 A
6	Kartu SIM by.U	Kartu SIM by.U yang digunakan untuk menyediakan koneksi internet melalui jaringan GPRS.	Ukuran: standar APN: byu APN <i>user</i> : - APN <i>password</i> : -
7	<i>Casing</i>	Pelindung fisik pada sistem pelacak dan tempat modul berdiri.	Filamen PLA+

4.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibutuhkan untuk menjalankan sistem pelacak juga menampilkan sistem *monitoring* dan sistem rekapitulasi. Tabel 4.2 menampilkan kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan dengan fungsinya.

Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

No.	<i>Software</i>	Deskripsi	Spesifikasi
1	C++	Bahasa pemrograman yang digunakan untuk ESP32 DevKits.	GCC 14.3.1



© 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	Rust	Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun API server sebagai <i>backend</i> .	1.96.0
3	JavaScript	Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun <i>frontend</i> .	24.16.0
4	PlatformIO	IDE yang digunakan untuk mengembangkan ESP32 DevKits.	3.3.4
5	Mosquitto MQTT Broker	Server perantara untuk protokol komunikasi MQTT.	2
6	MariaDB	<i>Database</i> yang digunakan untuk menyimpan data sistem.	10.11.16
7	Valkey	<i>Cache</i> yang digunakan untuk menyimpan data sementara dengan cepat disimpan di memori	8.1

4.2 Perancangan Sistem

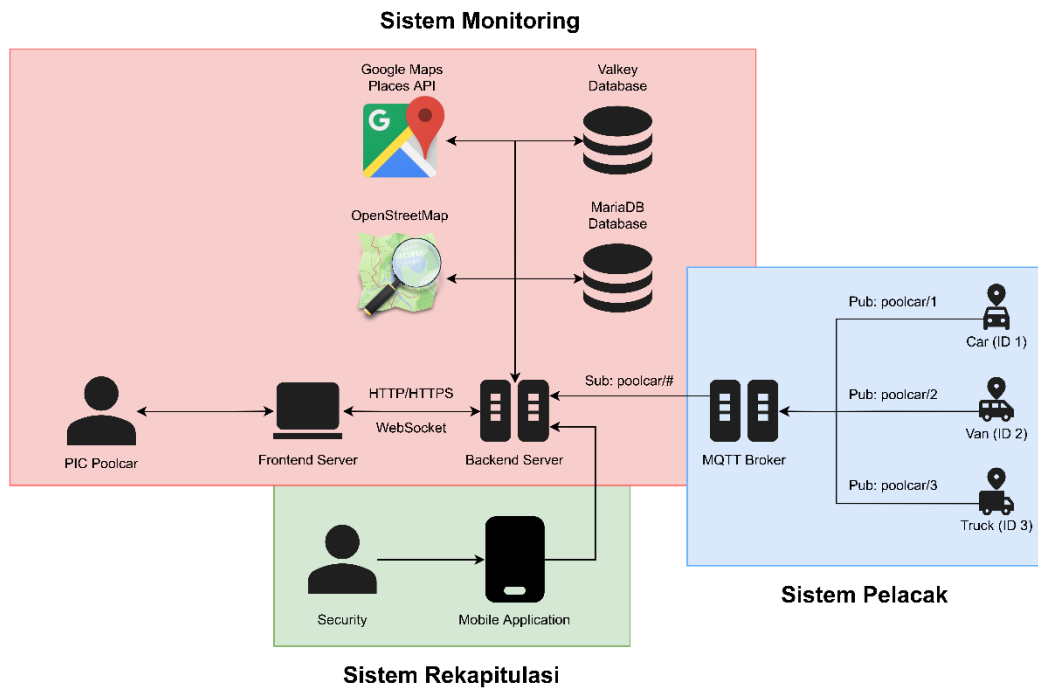
Perancangan sistem menjelaskan rancangan sistem yang akan dibentuk sebelum realisasi sistem. Perancangan sistem mencakup diagram blok seluruh sistem, cara kerja sistem dalam bentuk diagram alur, dan rangkaian skematis sistem.

4.2.1 Diagram Blok

Sistem manajemen aktivitas kendaraan poolcar dirancang untuk terdiri dari tiga sistem kecil yang saling berhubungan antar sistem, berupa sistem pelacak, sistem *monitoring*, dan sistem rekapitulasi. Ketiga sistem bekerja secara berkesinambungan membentuk sistem manajemen aktivitas mobil poolcar. Gambar 4.1 menunjukkan diagram blok dari sistem manajemen aktivitas kendaraan poolcar.

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



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Manajemen Aktivitas Mobil Poolcar

Sistem pelacak terdiri dari ESP32, SIM808, dan *step down*. Sistem ini berfungsi untuk mendapatkan koordinat kendaraan dan mengirimnya ke server *backend* melalui protokol MQTT

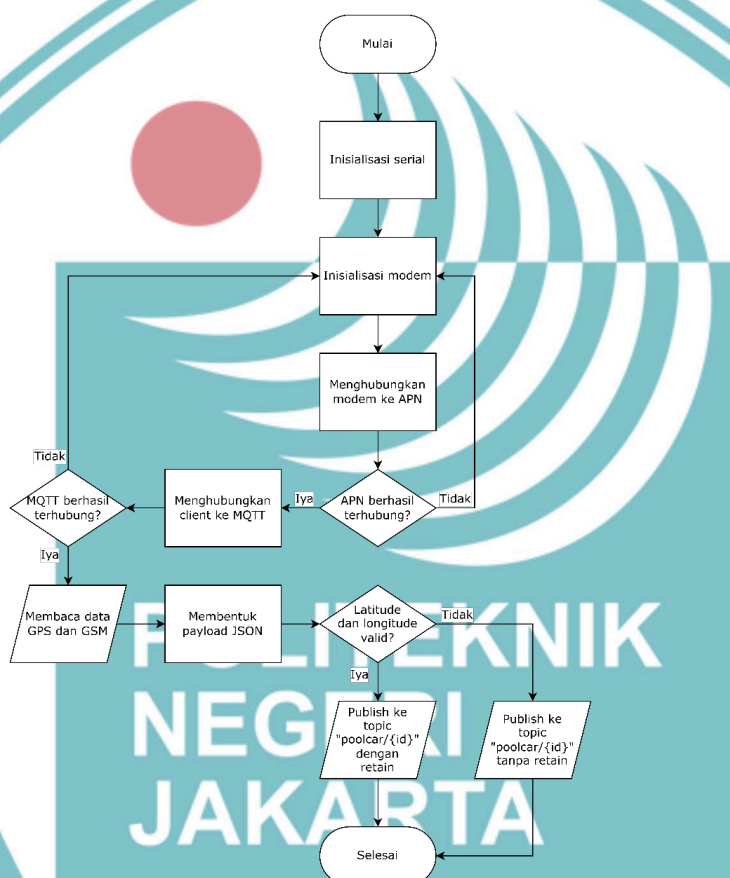
Sistem *monitoring*, yang terdiri dari *backend* server berupa API server yang digunakan untuk menerima data dari sistem pelacak dan menyimpannya pada *database*. *Backend* server terhubung langsung dengan MariaDB dan Valkey untuk menyimpan data. Selain itu, terdapat *frontend* server yang digunakan sebagai antarmuka ke *end-user* juga tampilan untuk fitur-fitur dari kebutuhan sistem. *Frontend* server menggunakan OpenStreetMap untuk menampilkan peta di antarmuka.

Sistem rekapitulasi, yang terdiri dari aplikasi *mobile* dan terhubung langsung dengan server *backend*. Sistem ini digunakan untuk menyimpan kondisi sebelum dan sesudah mobil dipinjam.



4.2.2 Diagram Alur

Sistem pelacak, sistem *monitoring*, dan sistem rekapitulasi yang terdapat pada sistem manajemen aktivitas kendaraan poolcar bekerja berkesinambungan namun tetap bergerak secara tersendiri. Setiap sistem dapat berjalan tanpa harus bergantung dengan sistem lain. Karena itu, ketiga sistem mempunyai diagram alurnya sendiri. Gambar 4.2 sampai 4.7 menunjukkan diagram alur setiap sistem.



Gambar 4.2 Diagram Alur Sistem Pelacak

Gambar 4.2 menunjukkan diagram alur yang dilaksanakan oleh ESP32 di sistem pelacak. Proses dimulai dengan inisialisasi serial dan inisialisasi modem. Kemudian, modem dicoba untuk menghubungkan ke APN “byu” untuk dapat berkomunikasi ke Internet menggunakan protokol TCP. Ketika modem berhasil terhubung, maka modem akan membuka koneksi TCP ke MQTT broker untuk memulai koneksi MQTT. Ketika sudah terhubung ke MQTT, modem akan melakukan *looping* untuk mengeksekusi proses selanjutnya.

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dalam setiap *looping*, ESP32 akan mendapatkan data GPS dan GSM. Kedua data tersebut dibentuk menjadi *payload* berbentuk JSON. Apabila nilai *latitude* dan *longitude* yang didapat valid, maka *payload* akan *dipublish* ke MQTT dengan *retain*. Sedangkan apabila nilai tersebut tidak valid, maka *payload* dipublish tanpa *retain*. Ketika semua proses tersebut berhasil dieksekusi, maka *looping* akan berjalan dan proses tersebut akan berjalan kembali.



Gambar 4.3 Diagram Alur Sistem *Backend*

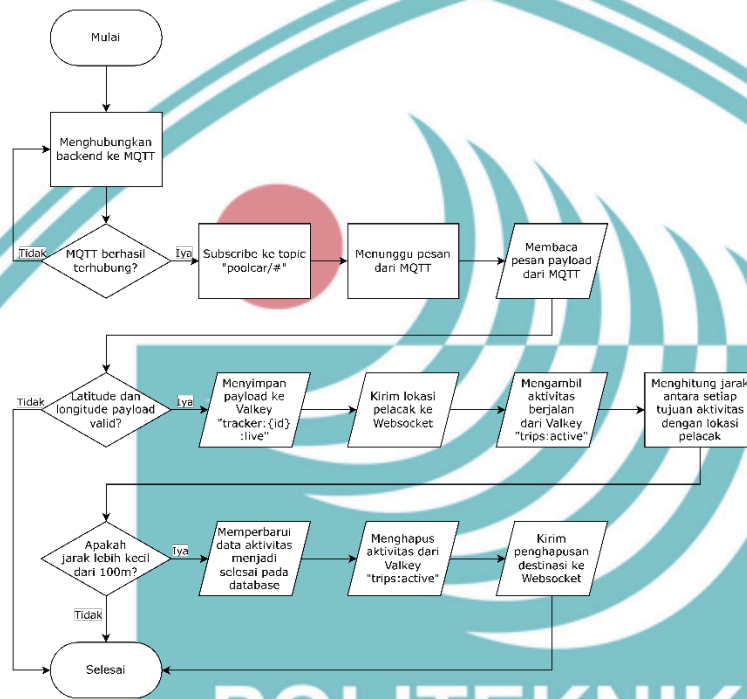
Gambar 4.3 menjelaskan diagram alur yang dieksekusi oleh server *backend*. Proses dimulai dengan inisialisasi koneksi ke *database* MariaDB, *cache* Valkey, dan MQTT broker Mosquitto. Kemudian, *backend* melakukan migrasi *database* sebelum menjalankan REST API di *port* 7270.



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

Server *backend* sendiri juga menjalankan dua program kecil lainnya bersamaan dengan REST API. Kedua program tersebut adalah pengolahan *payload* MQTT dan penyimpanan data audit. Kedua program tersebut berjalan secara independen dan dapat bekerja secara bersamaan dengan REST API. Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan diagram alur pada kedua program kecil tersebut.



Gambar 4.4 Diagram Alur Sistem *Backend* Pengolahan *Payload* MQTT

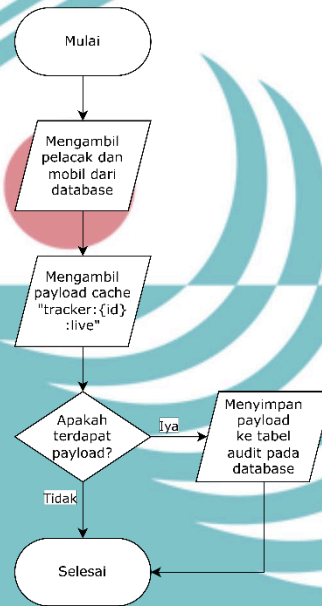
Gambar 4.4 menunjukkan diagram alur dari pengolahan *payload* MQTT yang dijalankan sistem *backend*. Program ini menerima *payload* yang *published* oleh sistem pelacak dengan *subscribe* ke *topic* “poolcar/#”. Ketika terdapat pesan yang *published* di *topic* tersebut, maka *payload* JSON akan dibaca dan dicek apabila koordinat *latitude* dan *longitude* tersebut valid. Apabila koordinat tidak valid, maka *payload* akan dibuang dan instruksi selesai. Sedangkan apabila valid, maka masuk ke instruksi selanjutnya.

Payload dengan koordinat valid kemudian disimpan ke *cache* “tracker:{id}:live”. *Cache* tersebut akan digunakan oleh penyimpanan data audit. Lalu, *payload* tersebut dikirimkan ke *WebSocket* dengan tipe pesan lokasi pelacak sehingga sistem *frontend* dapat memperbarui lokasi pelacak pada peta.

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 itu, *payload* juga dibandingkan dengan semua aktivitas yang sedang aktif yang disimpan di *cache* “activities”. Apabila terdapat aktivitas yang jarak antara tujuannya dengan pelacak di bawah 100 meter, maka aktivitas tersebut akan diperbarui menjadi selesai. *Cache* “activities” juga akan menghapus aktivitas tersebut. Proses diakhiri dengan mengabarkan penyelesaian aktivitas ke sistem *frontend* melalui *WebSocket* dengan tipe pesan penghapusan destinasi.



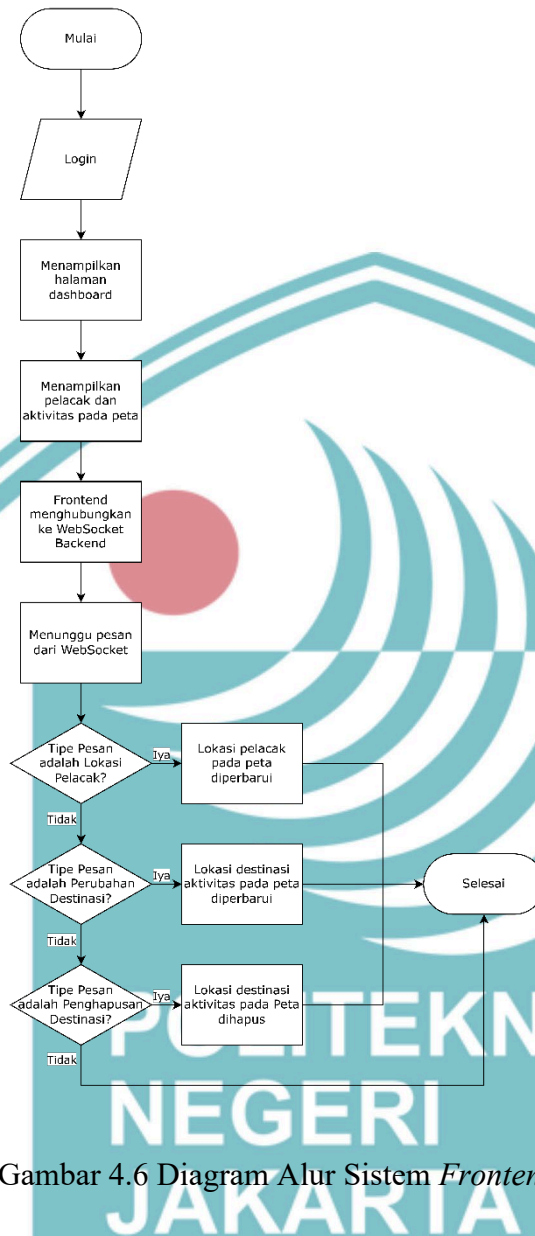
Gambar 4.5 Diagram Alur *Backend* Penyimpanan Audit

Gambar 4.5 menjabarkan diagram alur penyimpanan *payload* ke tabel audit. Proses ini berjalan setiap satu menit sekali lalu kembali tidur untuk memberikan komputasi ke proses lain. Saat dijalankan, program ini mengambil data pelacak dengan mobil yang disandingkan dari *database*. Kemudian, dari data pelacak tersebut, didapatkan setiap *payload* pelacak yang tersimpan pada *cache* “tracker:{id}:live”. Pelacak yang memiliki *payload* akan disimpan koordinat mereka ke tabel audit.



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



Gambar 4.6 Diagram Alur Sistem *Frontend*

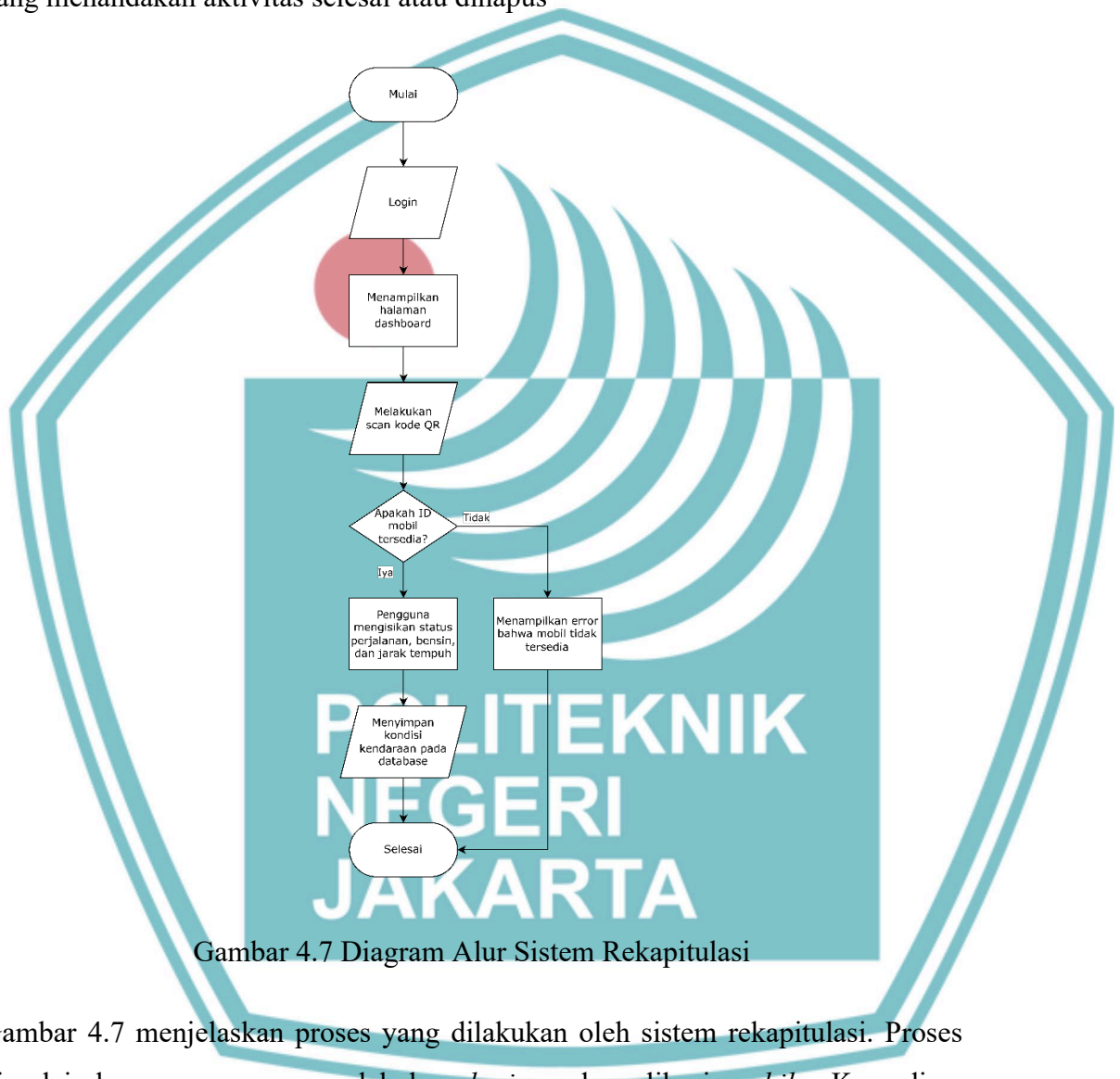
Gambar 4.6 menjabarkan diagram alur yang dilalui oleh sistem *frontend* pada halaman *dashboard*. Proses dimulai dengan pengguna melakukan *login* untuk memasuki halaman *dashboard*. *Frontend* kemudian melakukan *request* ke *backend* untuk mendapatkan data pelacak dan data aktivitas yang masih berjalan. Data tersebut kemudian ditampilkan sebagai *marker* yang menandakan pelacak dan tujuan aktivitas pada peta.

Setelah peta berhasil dipopulasikan dengan *marker*, *frontend* menghubungkan ke *Websocket backend* dan menunggu sampai terdapat *payload* yang diterima. Sebuah *payload* yang dikirim melalui *WebSocket* memiliki salah satu dari tiga tipe pesan.

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

Setiap tipe pesan menjalankan proses yang berbeda. Tipe pesan yang berupa lokasi pelacak akan memperbarui lokasi pelacak pada peta. Kemudian tipe pesan yang berupa perubahan destinasi akan memperbarui lokasi tujuan aktivitas. Dan, apabila tipe pesan berupa penghapusan destinasi, maka lokasi tujuan destinasi akan dihapus yang menandakan aktivitas selesai atau dihapus



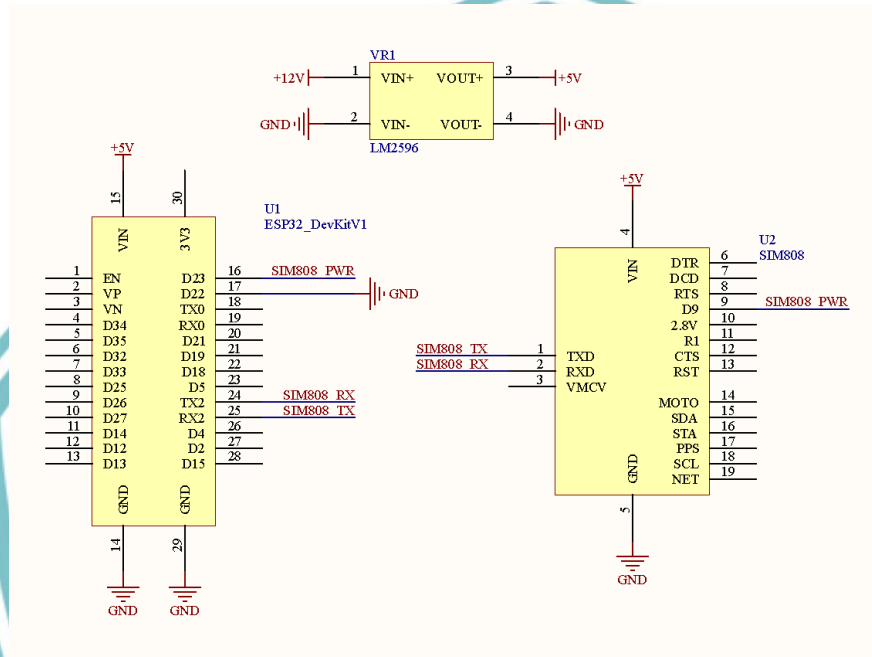
Gambar 4.7 Diagram Alur Sistem Rekapitulasi

Gambar 4.7 menjelaskan proses yang dilakukan oleh sistem rekapitulasi. Proses dimulai dengan pengguna melakukan *login* pada aplikasi *mobile*. Kemudian, pengguna akan diarahkan ke halaman *dashboard*. Pengguna dapat menekan tombol *scan* untuk melakukan rekapitulasi kondisi kendaraan. Rekapitulasi dilakukan dengan mengarahkan kamera ke kode QR untuk mendapatkan ID kendaraan. Lalu, pengguna mengisikan status perjalanan berupa “Departure” atau “Return”, tingkat bensin, dan nilai odometer kendaraan. Apabila sudah sesuai, maka pengguna dapat menyimpan dan *database* akan diperbarui.

4.2.3 Rancangan Skematis dan *Pinout*

Rancangan skematis menggambarkan jalur rangkaian sistem pelacak secara keseluruhan. Setiap komponen dihubungkan melalui kabel tembaga yang disolder.

Gambar 4.8 menampilkan rancangan skematis pada sistem.



Gambar 4.8 Rancangan Skematis

Rancangan *pinout* menjelaskan *pin* yang digunakan pada jalur rangkaian. Setiap jalur menghubungkan antara *pin* dengan *pin* lainnya. Setiap *pin* dapat berfungsi sebagai komunikasi serial untuk *pin* GPIO, sumber daya untuk *pin* VIN, dan menarik daya ke *ground* untuk *pin* GND. Sumber daya VIN dan GND selalu dimulai dari aki baterai. Tabel 4.3 menampilkan setiap *pinout* yang digunakan.

Tabel 4.3 Rancangan *Pinout*

Sumber Modul	Tujuan Modul	Sumber <i>Pin</i> di Modul	Tujuan <i>Pin</i> di Modul
ESP32	LM2596	VIN	VOUT+
	LM2596	GND	VOUT-
	SIM808	TX2	RXD
	SIM808	RX2	TXD

- 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	SIM808	D23	D9
	SIM808	D22	GND
SIM808	LM2596	VIN	VOUT+
	LM2596	GND	VOUT-
LM2596	Sumber Daya	VIN+	Positif
	Sumber Daya	VIN-	Negatif

4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem menjelaskan tahapan dalam pembuatan sistem yang terdiri dari implementasi sistem pelacak, sistem *monitoring*, dan sistem rekapitulasi.

4.3.1 Implementasi Sistem Pelacak

Implementasi sistem pelacak terdiri dari perangkaian modul SIM808, perangkaian modul LM2596, dan pemrograman ESP32.

4.3.1.1 Perangkaian Modul SIM808

SIM808 digunakan sebagai modul GPS dan GSM. Modul ini digunakan untuk mendapatkan data GPS dan menghubungkan ESP32 ke Internet menggunakan kartu SIM. Komunikasi ke SIM808 dilakukan melalui perintah AT yang dikirimkan menggunakan protokol UART. Pin yang digunakan untuk komunikasi UART adalah RXD dan TXD yang dihubungkan ke ESP32 pada *pin* TX2 dan RX2. Selain itu, *pin* D9 juga dihubungkan ke ESP32 pada *pin* D23 untuk menyalakan modul secara langsung.

SIM808 membutuhkan daya dengan tegangan 5 V dengan lonjakan kuat arus sampai 3 A. Karena itu, *pin* VIN dan GND harus langsung terhubung ke sumber daya yang diturunkan tegangannya menggunakan LM2596 VOUT+ dan VOUT-. Gambar 4.9 menunjukkan rangkaian SIM808.

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



LM2596 digunakan sebagai *step-down* untuk menurunkan tegangan sumber daya ke 5V. LM2596 juga mengurangi lonjakan tegangan ketika SIM808 menggunakan arus yang besar dengan membatasi tegangan yang didapat. Tegangan yang sudah diturunkan disediakan pada *pin* VOUT+ dan VOUT- dan digunakan untuk menyalakan semua perangkat termasuk ESP32 dan SIM808 dengan menghubungkan ke *pin* VIN dan GND masing-masing. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian LM2596.

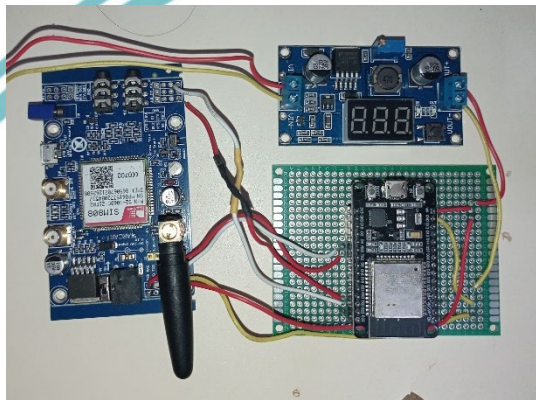


Hak Cipta :

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

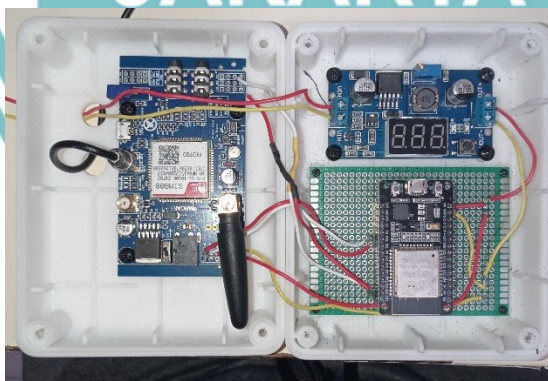
4.3.1.3 Perakitan Sistem dan Penyusunan Casing

Setelah seluruh komponen dapat berjalan dengan lancar, maka rangkaian disolder untuk memperkuat koneksi antar *pin*. Semua jalur dihubungkan menggunakan kabel AWG 22 yang disolder pada *pin* atau PCB. Selain itu, *pin* ESP32 yang dihubungkan ke *female pin* disolder di atas PCB *dot matrix* untuk kemudahan penggantian ESP32. Gambar 4.11 menunjukkan hasil akhir perakitan sistem.



Gambar 4.11 Perakitan Sistem

Setelah sistem dirakit dengan menyolder kabel dan PCB, maka sistem ditempatkan pada *casing*. *Casing* dicetak menggunakan 3D printer dengan bahan PVC yang dirancang untuk melindungi sistem pelacak dari debu dan kotoran, serta kemudahan untuk mengubah ESP32 dan kartu SIM. Gambar 4.12 menunjukkan hasil akhir dari penyusunan *casing*.



Gambar 4.12 Penyusunan Casing



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

4.3.1.4 Pemrograman ESP32

ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama. Semua komunikasi ke modul lain ditangani oleh ESP32, termasuk mendapatkan GPS, membentuk *payload*, dan mengirimkan *payload* ke MQTT. Semua perintah tersebut berasal dari kode yang dijalankan oleh ESP32.

Pemrograman ESP32 dilakukan menggunakan PlatformIO, sebuah ekstensi yang tersedia pada Visual Studio Code. Bahasa yang digunakan adalah C++ dengan dua fungsi utama yang dijalankan, yaitu fungsi *setup()* dan *loop()*.

Fungsi yang pertama kali dijalankan adalah fungsi *setup()*. Di dalam fungsi ini, ESP32 menginisialisasi serial yang akan digunakan untuk berkomunikasi ke SIM808 menggunakan *baud-rate* 9600. Kemudian ESP32 menyalakan SIM808 melalui D9 *pin* dinyalakan ke HIGH. SIM808 akan mendeteksi sinyal dan mulai menyalakan modul. Setelah semua jalur berhasil di inisialisasi, maka selanjutnya masuk ke inisialisasi modul. Lampiran 1 menampilkan fungsi *setup()*.

Inisialisasi modul dilakukan menggunakan fungsi *initalization()* yang mengembalikan status inisialisasi sebagai *boolean*. Fungsi ini dijalankan sekali ketika ESP32 baru berjalan atau ketika terjadi kegagalan dan SIM808 membutuhkan inisialisasi ulang. *TinyGSM* digunakan untuk komunikasi SIM808. Lampiran 2 menampilkan fungsi *initialization()*.

Di dalam fungsi, ESP32 memeriksa apabila SIM808 sudah aktif, dan apabila belum maka dijalankan fungsi *flashSim808Power()* yang mirip seperti saat inisialisasi serial. Kemudian modul dihubungkan ke jaringan GSM dan GPRS berdasarkan APN yang dikonfigurasi. Apabila berhasil maka masuk ke proses selanjutnya.

Setelah SIM808 berhasil terhubung ke sinyal GPRS, maka SIM808 sudah dapat berkomunikasi dengan Internet. ESP32 kemudian memerintahkan SIM808 untuk membuat koneksi ke MQTT broker. Proses ini hanya menjalankan *TCP handshake* ke server dan belum menghubungkan ke MQTT. Proses diakhiri dengan menyalakan GPS pada modul. Apabila tidak terdapat kegagalan dalam setiap proses,



maka fungsi akan mengembalikan nilai *true* dan masuk ke fungsi *loop()*. Lampiran 3 menampilkan isi dari fungsi *loop()*.

Setelah fungsi *setup()* berjalan dengan lancar, maka ESP32 kemudian menjalankan fungsi *loop()*. Fungsi ini bernama *loop()* karena ketika fungsi sudah berakhir, maka eksekusi akan kembali mengulangi seluruh fungsi *loop()* dan menjalankannya kembali.

Dalam fungsi ini, proses yang pertama kali dijalankan adalah pengecekan apakah fungsi *setup()* berjalan dengan lancar. Apabila terjadi kegagalan, maka fungsi *initialization()* dijalankan kembali sampai sukses. Setelah itu, SIM808 mulai menghubungkan ke protokol MQTT dibantu dengan *PubSubClient*.

Setelah SIM808 berhasil terhubung ke MQTT, maka ESP32 mulai membentuk *payload* yang akan *dipublish* ke MQTT. *Payload* mempunyai struktur JSON dengan bantuan *ArduinoJSON*. Isi dari *payload* tersebut berupa data GPS, data GSM, juga data ESP32 yang akan diterima oleh sistem *backend*. Lampiran 4 menggambarkan struktur JSON yang digunakan sebagai *payload*.

Ketika *payload* berhasil terbentuk, *payload* kemudian diubah ke bentuk yang ringkas sebelum *dipublish* ke MQTT. Sebelum itu, dilakukan pengecekan apabila data yang ingin *dipublish* berupa data dengan koordinat yang valid atau tidak. Apabila data koordinat valid, maka *payload* *dipublish* dengan *retain* sehingga tersimpan data terakhir. Sedangkan apabila data koordinat tidak valid, maka *payload* tidak di *retain* dan tidak disimpan oleh MQTT broker. Proses diakhiri dengan menambahkan ID pengiriman untuk pengiriman selanjutnya.

4.3.2 Implementasi Sistem *Monitoring*

Implementasi sistem *backend* terdiri dari konfigurasi server, konfigurasi MQTT broker, konfigurasi *database* MariaDB, konfigurasi *cache* Valkey, dan konfigurasi sistem *backend*.

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2.1 Konfigurasi Server

Server dijalankan pada Google Cloud menggunakan OS AlmaLinux 10. Server ini menjalankan Podman Quadlet untuk *mengdeploy* server-server lainnya menggunakan *container*.

4.3.2.2 Konfigurasi MQTT Broker

MQTT broker menjadi komunikasi utama antara sistem pelacak dengan sistem *backend*. MQTT broker yang digunakan adalah Mosquitto yang dijalankan pada Podman Quadlet. Broker tersebut dijalankan di URI `mqtt://mqtt.quilavr.top:1883` atau `mqttps://mqtt.quilavr.top:8883`. Gambar 4.13 menampilkan konfigurasi *container* untuk *mendeploy* Mosquitto..

```
[Unit]
Description=Mosquitto MQTT Broker
After=network-online.target caddy.service

[Container]
Image=dhi.io/eclipse-mosquitto:2
ContainerName=mosquitto
Network=dev.network
UserNS=keep-id:uid=65532,gid=65532

Volume=%h/.config/mosquitto/config:/mosquitto/config:Z
Volume=%h/.config/mosquitto/data:/mosquitto/data:Z
Volume=%h/.config/caddy/data/caddy/certificates:/caddy_certs:ro,z
PublishPort=1883:1883
PublishPort=8883:8883

[Service]
Restart=always

[Install]
WantedBy=default.target
```

Gambar 4.13 Konfigurasi *Container* Mosquitto

Mosquitto sendiri berjalan di port 1883 untuk MQTT dan port 8883 untuk MQTTS. Selain itu, Mosquitto juga diamankan dengan mengunci mode *anonymous* dan hanya memberikan akses apabila mengetahui *username* dan *password* yang ditentukan. Mosquitto juga diarahkan ke sertifikat TLS yang dibentuk oleh Caddy. Gambar 4.14 menampilkan konfigurasi Mosquitto.

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

```
persistence true
persistence_location /mosquitto/data/
log_dest stdout
allow_anonymous false
password_file /mosquitto/config/passwd

listener 1883
listener 8883

certfile /caddy_certs/acme-v02.api.letsencrypt.org-directory/mqtt.quilavr.top/mqtt.quilavr.top.crt
keyfile /caddy_certs/acme-v02.api.letsencrypt.org-directory/mqtt.quilavr.top/mqtt.quilavr.top.key
tls_version tlsv1.2
```

Gambar 4.14 Konfigurasi Mosquitto

4.3.2.3 Konfigurasi Database MariaDB

MariaDB menjadi *database* yang digunakan untuk penyimpanan data. *Database* ini digunakan untuk menyimpan berbagai data yang dibutuhkan untuk manajemen mobil poolcar. MariaDB juga diperketat keamanannya dengan melarang akses dilaur jaringan lokal. Sehingga, akses ke *database* hanya dapat dilakukan oleh program yang *dideploy* pada server yang sama, seperti sistem *backend*. MariaDB dapat diakses melalui *port* 3306. Gambar 4.15 menunjukkan konfigurasi *container* untuk *mengdeploy* MariaDB pada server.

```
[Unit]
Description=MariaDB Database Server
After=network-online.target

[Container]
Image=docker.io/rapidfort/mariadb-official:10.11.16-ubi9
ContainerName=mariadb
Network=dev.network
UserNS=keep-id:uid=999,gid=999

PublishPort=127.0.0.1:3306:3306/tcp
Volume=%h/.config/mariadb:/var/lib/mysql:Z

Environment=MARIADB_ROOT_PASSWORD=shinobu

[Service]
Restart=always

[Install]
WantedBy=default.target
```

Gambar 4.15 Konfigurasi Container MariaDB

MariaDB tidak dapat diakses secara langsung untuk meningkatkan integritas data. Karena itu, Adminer juga *dideploy* untuk membantu manajemen server melalui GUI yang diakses melalui web. Adminer memberikan akses untuk manajemen *database* dengan memasukkan kredensial *username* dan *password* yang digunakan pada *database*. Gambar 4.16 menampilkan konfigurasi *container* yang digunakan untuk *mengdeploy* Adminer.



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

```
[Unit]
Description=Adminer Database Administration Server
After=network-online.target

[Container]
Image=docker.io/library/adminer:5.4.2
ContainerName=adminer
Network=dev.network
UserNS=keep-id

PublishPort=9090:8080/tcp

Environment=ADMINER_DESIGN=simple-theme

[Service]
Restart=always

[Install]
WantedBy=default.target
```

Gambar 4.16 Konfigurasi *Container Adminer*

Database sendiri dilakukan migrasi ketika sistem *backend* berjalan pertama kali. Migrasi dilakukan sehingga struktur pada *database* mengikuti kebutuhan sistem *backend*. Tabel yang dibentuk pada *database* terdiri dari tabel *audit*, *cars*, *car_types*, *car_status*, *activity_types*, *trackers*, *activities*, *contacts*, *contact_types*, *users*, dan *user_roles*. Setiap tabel mempunyai tugas khusus untuk manajemen poolcar dengan perantara akses berupa sistem *backend*. Gambar 4.17 menampilkan struktur *database*.



Gambar 4.17 Struktur *Database MariaDB*

4.3.2.4 Konfigurasi *Cache* Valkey

Valkey digunakan sebagai *cache* server. *Caching* digunakan untuk menyimpan dan mengakses data dengan sangat cepat. Valkey digunakan oleh sistem *backend* sebagai alternatif penyimpanan *database* yang membutuhkan akses yang cepat dan berulang. Data MQTT *payload* dan aktivitas berjalan merupakan salah satu data yang ditempatkan di *cache* karena seringnya diakses. Pemisahan penyimpanan data dilakukan agar pengaksesan data tidak membebani *database* dengan berbagai *query*. Valkey sendiri *dideploy* pada *port* 6379 dan hanya dapat diakses oleh program yang berjalan di jaringan lokal. Gambar 4.18 menampilkan konfigurasi *container* untuk *deploy* Valkey.

```
[Unit]
Description=Valkey Cache Server
After=network-online.target

[Container]
Image=dhi.io/valkey:8
ContainerName=valkey
Network=dev.network
UserNS=keep-id:uid=65532,gid=65532
Exec=valkey-server --protected-mode no --appendonly no --save 300 1 --save 60 100

PublishPort=127.0.0.1:6379:6379/tcp
Volume=%h/.config/valkey:/data:Z

[Service]
Restart=always

[Install]
WantedBy=default.target
```

Gambar 4.18 Konfigurasi *Container* Valkey

4.3.2.5 Konfigurasi Sistem *Backend*

Sistem *backend* menjadi sistem utama yang berkomunikasi langsung ke MariaDB, Valkey, dan Mosquitto. Sistem ini juga menjadi sumber data yang ditampilkan pada sistem *frontend* dan menjadi tujuan pengiriman oleh sistem pelacak. Sistem *backend* menjalankan tiga fungsi utama, yaitu menjalankan REST API dan *WebSocket*, membaca dan memproses data MQTT, dan menyimpan data lokasi untuk audit.

REST API dan *WebSocket* dijalankan menggunakan *framework* Rocket. Server tersebut berjalan di *port* 7270 dan mendengarkan pada URL *poolcar.quilavr.top*. Caddy sebagai *reverse proxy* membedakan kedua fungsi dengan meneruskan ke dua rute yang berbeda, yaitu */api** untuk permintaan REST API dan */ws** untuk

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

permintaan *WebSocket*. Gambar 4.19 menampilkan konfigurasi *reverse proxy* pada Caddy.

```
poolcar.quilavr.top {
  handle /api* {
    reverse_proxy poolcar-backend:7270
  }

  handle /ws* {
    reverse_proxy poolcar-backend:7270
  }

  handle {
    reverse_proxy poolcar-frontend:3000
  }
}
```

Gambar 4.19 Konfigurasi Reverse Proxy Caddy

WebSocket digunakan untuk mengirimkan data secara terus menerus dari sistem *backend* ke sistem *frontend*. Rute untuk *WebSocket* berada di */ws/live* yang meneruskan *payload* dari MQTT, data audit, dan perubahan dan penyelesaian aktivitas. Sistem *frontend* sendiri menggunakan *WebSocket* untuk halaman *dashboard* dan *live tracking*.

Semua rute kecuali *login* dan *logout* dilindungi aksesnya dengan autentikasi dan otorisasi JWT token. Autentikasi dilakukan dengan menyisipkan JWT token di *Authorization header* atau disimpan pada *cookie*. Otorisasi dilakukan dengan membaca *role* yang ditaruh dalam JWT token dan melarang akses kepada *role* yang tidak diberikan akses ke rute tersebut. *Role* pada sistem terdapat pada tabel *user_roles* dan terdiri dari *admin*, *security*, dan *employee*. Gambar 4.20 menampilkan struktur token JWT.

```
#[derive(Clone, Debug, FromRow, Deserialize, Serialize, PartialEq, TS)]
#[ts(export)]
pub struct Claims {
  pub username: String,
  pub role_name: String,
  pub exp: usize,
}
```

Gambar 4.20 Struktur Token JWT

Sistem *backend* dideploy pada server menggunakan *container* yang dibangun menggunakan *Containerfile*. Pembangunan sistem *backend* dilakukan setiap *merge* pada repositori. Gambar 4.21 dan 4.22 menampilkan konfigurasi pembuatan *container* sistem *backend* dan konfigurasi *container* untuk *mendeploy* sistem *backend*.

```
FROM docker.io/clux/muslrust:stable AS T builder
WORKDIR /app
COPY . /app
RUN cargo build --release --bin poolcar

FROM gcr.io/distroless/static-debian12 AS T runtime
COPY --from=builder /app/target/x86_64-unknown-linux-musl/release/poolcar /poolcar
CMD ["/poolcar"]
```

Gambar 4.21 Konfigurasi Pembuatan *Container* Sistem *Backend*

```
[Unit]
Description=Poolcar Backend System
After=network-online.target mariadb.service valkey.service
Requires=mariadb.service valkey.service

[Container]
Image=gitea.quilavr.top/quilavr/old-poolcar:0-backend
ContainerName=poolcar-backend
Network=dev.network
Pull=always

Environment=DATABASE_URL=mariadb://poolcar:poolcar@mariadb:3306/poolcar
Environment=REDIS_URL=valkey://valkey:6379
# Environment=MQTT_URL=mqtt:quilavr.top
Environment=MQTT_URL=mosquitto
Environment=MQTT_PORT=1883
Environment=MQTT_CLIENT=poolcar_backend
Environment=MQTT_USERNAME=poolcar
Environment=MQTT_PASSWORD=poolcar
Environment=MQTT_CA_CERT=assets/le-ca.crt
Environment=MQTT_SECURE=false
Environment=JWT_SECRET=Disclose,Bunkbed,Preshow8,Planner,Heroics,Thinly
Environment=SQLX_OFFLINE=false
Environment=RUST_LOG=info
Environment=GOOGLE_API_KEY=AIzaSyDMFUFcPc0DeuoJK6vGEknEJdOnSprQ3X8
Environment=ALLOWED_ORIGINS=http://localhost,https://localhost,http://localhost:3000,http://localhost:7270,http://localhost:7271,https://poolcar.quilavr.top

[Service]
Restart=always

[Install]
WantedBy=default.target
```

Gambar 4.22 Konfigurasi *Container* Sistem *Backend*

4.3.2.6 Konfigurasi Sistem *Frontend*

Sistem *frontend* menjadi sistem utama yang digunakan oleh *end-user* untuk melakukan manajemen mobil poolcar. Sistem *frontend* berjalan bersama *backend* dan berinteraksi langsung dengan *backend* sebelum halaman diberikan atau melalui REST API. Terdapat beberapa halaman yang tersedia, termasuk halaman *login*, *dashboard*, pembuatan aktivitas, dan pelacakan *real-time* yang dapat diakses oleh *role* karyawan. Sedangkan, terdapat juga tambahan halaman CRUD yang dapat diakses oleh admin.

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

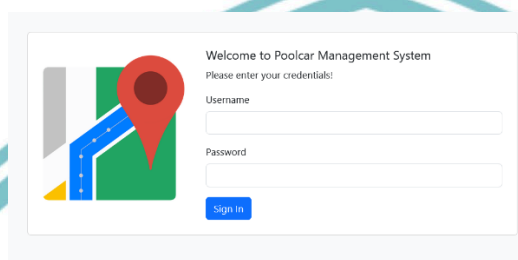


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

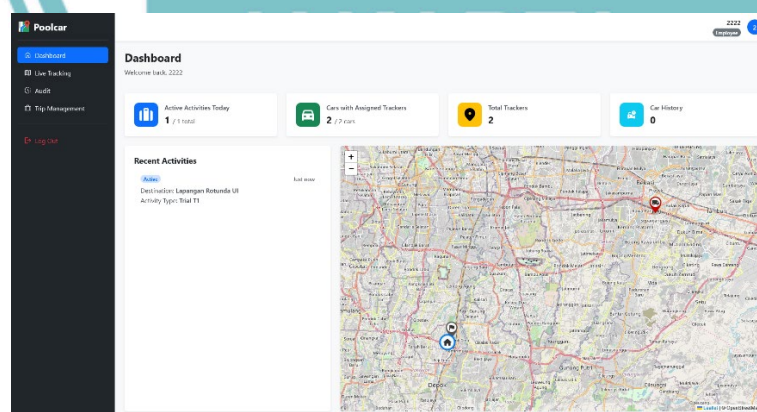
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Halaman *login*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.23, menerima nomor identitas dan kata sandi untuk masuk ke halaman *dashboard* dan halaman lainnya. Ketika sudah berhasil *login*, browser akan diberikan JWT token yang ditaruh di dalam *cookie* browser. Apabila suatu saat *cookie* browser sudah kadaluwarsa, maka pengguna akan diarahkan kembali ke halaman *login*.



Gambar 4.23 Halaman *Login* Sistem *Frontend*

Halaman *dashboard* menjadi halaman utama sistem yang menggambarkan keseluruhan sistem. Di halaman *dashboard*, browser terhubung ke *WebSocket* pada sistem *backend* untuk memperbarui data di halaman. Di halaman ini, terdapat peta yang menampilkan Depok secara keseluruhan dan dipusatkan ke Politeknik Negeri Jakarta. Selain itu, halaman *dashboard* juga memiliki grafik yang menggambarkan latensi setiap pelacak. Terdapat pula tabel berisikan rekapitulasi kendaraan dan aktivitas yang sedang berjalan dengan jarak kendaraan ke aktivitas. Gambar 4.24 menampilkan tampilan halaman *dashboard*.

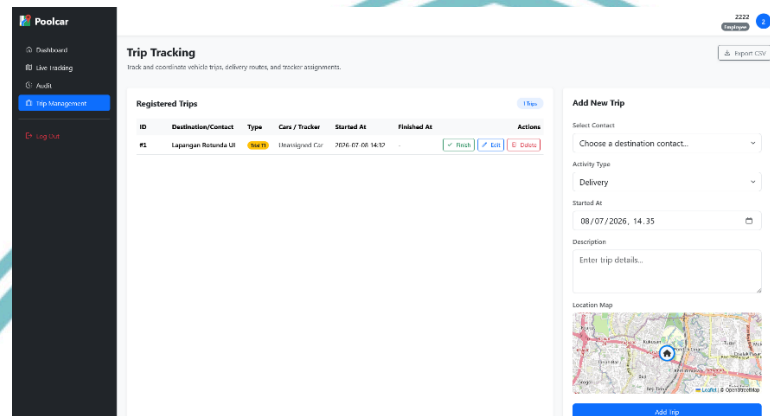


Gambar 4.24 Halaman *Dashboard* Sistem *Frontend*

Hak Cipta :

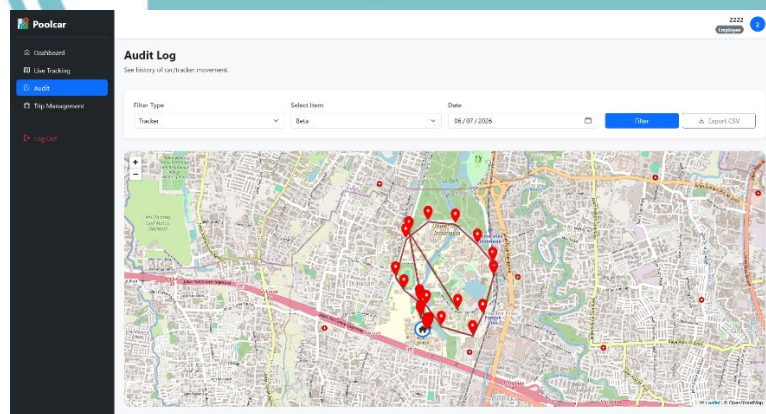
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Halaman pembuatan aktivitas merupakan halaman untuk membuat aktivitas baru. Halaman ini digunakan oleh karyawan untuk menambahkan aktivitas. Selain itu, halaman ini juga dapat menyelesaikan aktivitas. Terdapat pula peta yang menampilkan jarak antara Politeknik Negeri Jakarta dengan tujuan aktivitas. Gambar 4.25 menampilkan tampilan halaman pembuatan aktivitas.



Gambar 4.25 Halaman Pembuatan Aktivitas Sistem *Frontend*

Halaman audit menampilkan pergerakan setiap pelacak yang lokasinya disimpan setiap 1 menit. Pengguna dapat melihat riwayat pergerakan berdasarkan kendaraan atau pelacak dengan melakukan filter tanggal. Koordinat tersebut diplot pada peta dan dihubungkan menggunakan *polyline*. Gambar 4.26 menampilkan tampilan halaman audit.



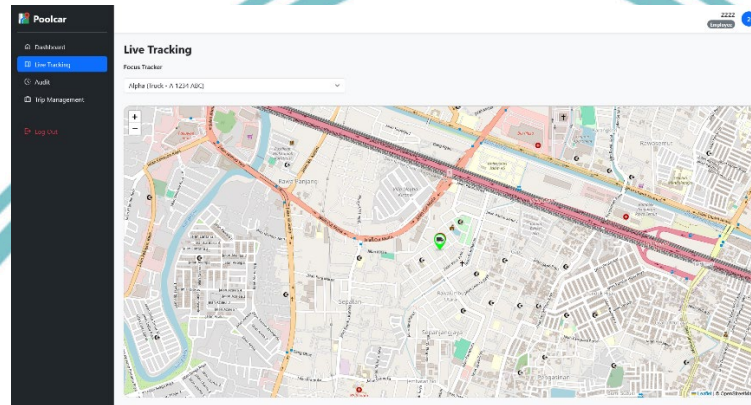
Gambar 4.26 Halaman Audit Sistem *Frontend*



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

Halaman pelacakan *real-time* berfungsi untuk memantau dan mengikuti lokasi setiap pelacak dan aktivitasnya. Berbeda dengan halaman *dashboard*, di halaman ini pengguna dapat berfokus ke pelacak untuk mengikuti gerakannya. Halaman ini terhubung ke *WebSocket* untuk memperbarui lokasi pelacak dan aktivitas ketika terdapat *payload* MQTT baru dan perubahan aktivitas. Gambar 4.27 menampilkan tampilan halaman pelacakan *real-time*.



Gambar 4.27 Halaman Pelacakan *Real-Time* Sistem *Frontend*

4.3.3 Implementasi Sistem Rekapitulasi

Implementasi sistem rekapitulasi terdiri dari halaman *login*, halaman *dashboard*, dan halaman pemindaian kode QR.

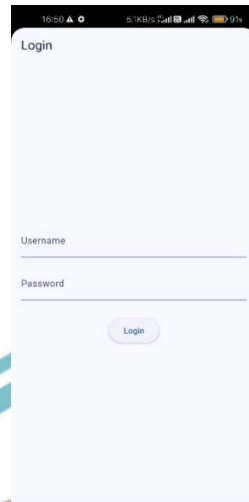
4.3.3.1 Halaman *Login*

Halaman *login* menerima nomor identitas dan kata sandi untuk masuk ke halaman *dashboard*. Berbeda dengan sistem *frontend*, JWT token yang diberikan disimpan pada *local storage* Flutter. Semua *request* ke sistem *backend* selain *login* menggunakan token JWT yang ditaruh pada *header*. Gambar 4.28 menampilkan halaman *login*.



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



Gambar 4.28 Halaman *Login* Sistem Rekapitulasi

4.3.3.2 Halaman *Dashboard*

Halaman *dashboard* pada aplikasi sistem rekapitulasi berisikan histori rekapitulasi pemindaian. Di dalam halaman ini juga terdapat tombol untuk masuk ke halaman pemindaian dan tombol *logout* untuk keluar menghapus token dan kembali ke halaman *login*. Apabila token masih berlaku saat memulai aplikasi, maka akan langsung diarahkan ke halaman ini. Gambar 4.29 menampilkan halaman *dashboard*.



Gambar 4.29 Halaman *Dashboard* Sistem Rekapitulasi

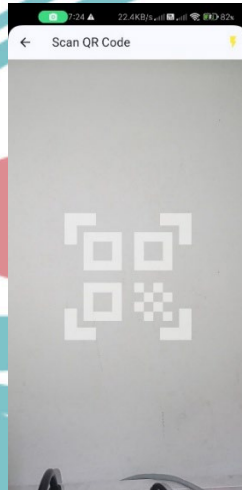


Hak Cipta :

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

4.3.3.3 Halaman Pemindaian

Halaman pemindaian di dalam aplikasi sistem rekapitulasi berupa kamera untuk memindai kode QR berisikan ID kendaraan yang ditempel pada kendaraan. Apabila kode QR tersebut valid, maka sistem akan diarahkan ke rekapitulasi kondisi kendaraan. Gambar 4.30 menampilkan halaman pemindaian.



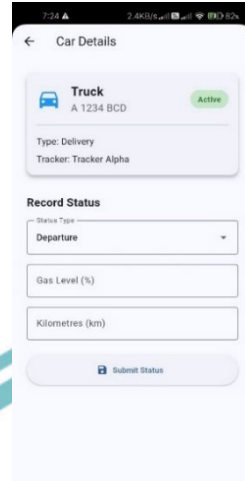
Gambar 4.30 Halaman Pemindaian Sistem Rekapitulasi

4.3.3.4 Halaman Rekapitulasi

Halaman rekapitulasi kondisi kendaraan berisikan *form* untuk mengisikan kondisi kendaraan sebelum dan sesudah aktivitas. Halaman ini dimasuki setelah melakukan pemindaian kode QR pada kendaraan. *Form* berisikan status kendaraan dengan pilihan *Departure* untuk inspeksi sebelum perjalanan atau *Return* untuk inspeksi sesudah perjalanan. Selain itu, *form* juga meminta tingkat bahan bakar dan jarak kendaraan di saat itu. Gambar 4.31 menampilkan halaman rekapitulasi tersebut.

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



Gambar 4.31 Halaman Rekapitulasi Kondisi Kendaraan Sistem Rekapitulasi

4.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem menjelaskan mengenai kinerja sistem ketika diuji sehingga dapat mengikuti kebutuhan. Bagian ini terdiri dari deskripsi pengujian, prosedur pengujian, dan hasil pengujian.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apabila kinerja sistem sudah dapat memenuhi kebutuhan sistem. Pengujian ini dilakukan ke sistem pelacak, *backend*, dan *frontend* menyesuaikan kebutuhannya. Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Fungsionalitas. Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsionalitas utama sistem dan alat yang dibangun.
2. Pengujian Akurasi GPS. Pengujian akurasi GPS dilakukan untuk mengetahui keakuratan pelacak di berbagai kondisi dalam menentukan lokasi kendaraan menggunakan GPS.
3. Pengujian Kekuatan Sinyal GSM (GPRS). Pengujian kekuatan sinyal GSM (GPRS) dilakukan untuk mengetahui kekuatan sinyal GSM (GPRS) saat *publish* ke MQTT broker.
4. Pengujian QoS. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas transmisi data yang *dipublish* oleh sistem pelacak dalam mengirim MQTT broker. Nilai yang diuji termasuk *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.



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

4.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian menjelaskan bagaimana langkah-langkah pengujian dilakukan dan data yang diharapkan.

4.4.2.1 Prosedur Pengujian Fungsionalitas

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black-box* sebagai *end-user*. Prosedur pengujian berupa menguji keluaran dari REST API pada sistem *backend* dan hasil web *dashboard* pada sistem *frontend*. Harapan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apabila setiap fungsionalitas sistem telah tercapai.

Pengujian fungsionalitas dibagi menjadi dua, yaitu skenario pada sistem yang berhasil dan skenario pada sistem yang gagal. Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 menjelaskan skenario pengujian fungsionalitas berhasil dan gagal.

Tabel 4.4 Skenario Pengujian Fungsionalitas Berhasil

Subsistem	Skenario Pengujian	Tujuan Pengujian
Pelacak	Menghubungkan sistem pelacak ke sumber daya	Menguji fungsionalitas <i>step-down</i> ketika diberikan daya.
	Mengirim inisialisasi konfigurasi ke SIM808	Menguji inisialisasi SIM808 agar terhubung ke GPRS dan GPS.
	Membaca dan mengirim <i>payload</i> ke MQTT broker	Menguji kemampuan SIM808 untuk membaca data GPS dan melakukan operasi TCP di protokol MQTT.
Monitoring Backend	<i>Backend</i> mensubscribe MQTT broker dan menunggu <i>payload</i> terkirim	Menguji kemampuan sistem <i>backend</i> untuk menerima data dari MQTT.
	<i>Backend</i> melakukan penyimpanan data <i>payload</i> ke Valkey.	Menguji <i>backend</i> ketika melakukan transaksi ke Valkey.

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

	<i>Backend</i> menerima <i>payload</i> dengan koordinat mendekati tujuan aktivitas.	Menguji operasi penyimpanan ke MariaDB dan Valkey pada <i>backend</i> .
	<i>Backend</i> meneruskan <i>payload</i> ke <i>frontend</i>	Menguji fungsionalitas <i>WebSocket</i> pada <i>backend</i> untuk mengirim data.
Monitoring	<i>Backend</i> meneruskan <i>payload</i> ke <i>frontend</i> ketika browser berada di <i>dashboard</i> .	Menguji fungsionalitas <i>WebSocket</i> pada <i>frontend</i> untuk menerima data dan memperbarui komponen.
Frontend	Melakukan pembuatan aktivitas baru di halaman pembuatan aktivitas.	Menguji komunikasi REST API dari <i>frontend</i> ke <i>backend</i> dan menguji hasil <i>return</i> dari <i>backend</i> .
Rekapitulasi	Melakukan pemindaian dan menambah rekapitulasi kondisi kendaraan.	Menguji komunikasi REST API dari sistem rekapitulasi ke <i>frontend</i> dan menguji hasil <i>return</i> dari <i>backend</i> .

Tabel 4.5 Skenario Pengujian Fungsionalitas Gagal

Skenario Pengujian	Tujuan Pengujian
Modul SIM808 kehilangan daya.	Menguji <i>failback</i> pelacak ketika terjadi kegagalan pada SIM808
Modul SIM808 kehilangan jaringan.	Menguji <i>fault tolerance</i> pelacak ketika sinyal pada GSM menghilang.
Modul SIM808 kehilangan kartu SIM.	Menguji <i>failback</i> pelacak ketika kartu SIM pada SIM808 tercabut.
Layanan MQTT broker berhenti.	Menguji <i>fault tolerance</i> pada pelacak dan <i>backend</i> ketika layanan MQTT berhenti.
Layanan MariaDB berhenti.	Menguji <i>fault tolerance</i> pada <i>backend</i> ketika layanan MariaDB berhenti.

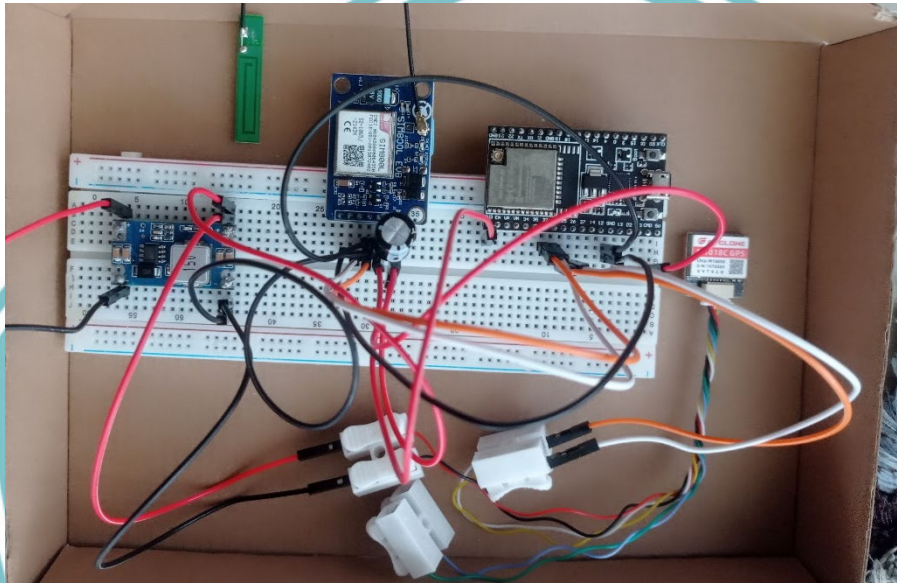


Hak Cipta :

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

4.4.2.2 Prosedur Pengujian Akurasi GPS

Pengujian akurasi GPS dilakukan dengan membandingkan koordinat referensi dengan koordinat pelacak. Jarak antara koordinat referensi dengan koordinat pelacak berupa *error* yang didapat. Jarak dihitung menggunakan algoritma *Haversine*. Gambar 4.32 adalah GPS yang digunakan sebagai koordinat referensi.



Gambar 4.32 GPS Koordinat Referensi Pengujian Akurasi GPS

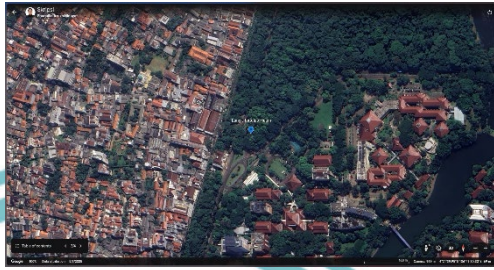
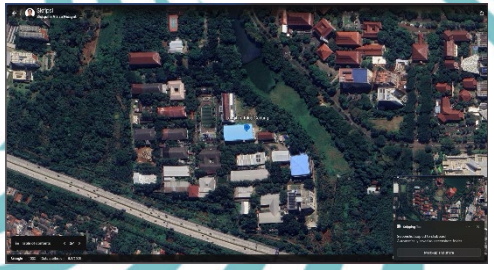
Pengujian ini dilakukan di tiga skenario berbeda, seperti yang dijabarkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Skenario Pengujian Akurasi GPS

Skenario	Keadaan Lingkungan	Koordinat Referensi
<i>Open Area</i>	Lingkungan yang mempunyai hambatan yang minim dan sinyal yang stabil.	-6.368865457032259, 106.82835956774194 

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

<i>Semi Urban</i>	Lingkungan yang terkonsentrasikan dengan gedung-gedung bertingkat rendah dan pepohonan.	-6.3606593467, 106.82314065599999 
<i>Semi Indoor</i>	Lingkungan di dalam ruangan yang tertutup oleh atap, namun tetap mempunyai bagian yang terbuka 	-6.3710721033, 106.825056658

Pengujian dilakukan menggunakan sistem pelacak yang dihubungkan ke baterai 18650 secara seri. Lokasi pengujian dilakukan di tiga tempat berbeda tanpa perubahan lokasi. Pengujian sendiri dilakukan dengan mengambil 100 data *latitude*, *longitude*, HDOP, dan *carrier-to-noise ratio*. Prosedur pengujian dilakukan secara berikut:

1. Menyalakan GPS referensi sampai mendapatkan *fix* lalu menyimpan rata-rata dari 50 data tersebut sebagai koordinat referensi.
2. Menyalakan pelacak sampai GPS mendapatkan *fix* lalu membiarkan selama melihat 9 satelit GPS.
3. Meninggalkan pelacak lalu mengambil dan menyimpan data GPS.
4. Menghentikan pengambilan data ketika sudah mendapatkan 100 unit.

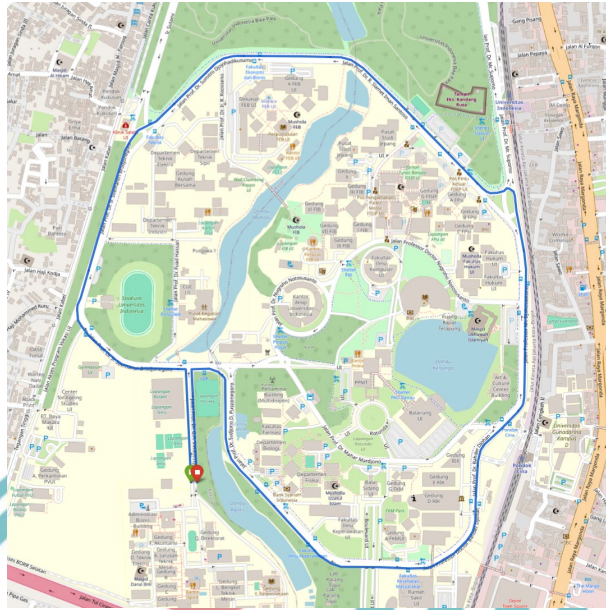
4.4.2.3 Prosedur Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Pengujian dilakukan menggunakan sistem pelacak yang dihubungkan ke baterai 18650 secara seri. Sistem dibawa memutar jalur yang ditentukan pada gambar 4.33. Data yang dicari dalam pengujian ini adalah nilai RSSI, waktu pengiriman *payload*, dan waktu menerima *payload*.



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



Gambar 4.33 Rute Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Prosedur pengujian dilakukan secara berikut:

1. Menyalakan pelacak sampai GPS mendapatkan *fix*.
2. Melakukan pergerakan mengikuti jalur yang ditentukan sampai tujuan untuk mengambil dan menyimpan data GSM.
3. Pengujian selesai ketika sistem sudah sampai ke tujuan terakhir.

4.4.2.4 Prosedur Pengujian QoS

Data yang diambil dari pengujian *Quality of Service* (QoS) berupa waktu pengiriman *payload*, waktu menerima *payload*, iterasi *publish*, iterasi *publish*, iterasi *publish* yang sukses, iterasi pengulangan *publish*, dan ukuran *payload* yang *dipublish*.

Data-data tersebut kemudian diubah menjadi *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.

Prosedur pengujian dilakukan secara berikut:

1. Menyalakan pelacak sampai terhubung ke jaringan GPRS dan layanan MQTT.
2. Menyalakan sistem *backend* hingga siap menerima dan memproses data MQTT.

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

3. Menaruh sistem pelacak pada kendaraan pengujian.
4. Mencatat waktu dari GPS sebelum pengiriman dan mencatat waktu ketika diterima pada sistem *backend*.
5. Pengujian selesai ketika sudah operasional selama 24 jam.

4.4.3 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian menjelaskan data-data yang telah diambil dari pengujian.

4.4.3.1 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas

Data yang didapat dari hasil pengujian fungsionalitas berupa status pengujian. Pengujian dihitung sebagai berhasil ketika hasil pengujian yang didapat sudah sesuai kebutuhan. Tabel 4.7 dan 4.8 menampilkan data hasil pengujian fungsionalitas berhasil dan gagal.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Berhasil

Subsistem	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Status
Pelacak	Menghubungkan sistem pelacak ke sumber daya	Keluaran daya yang didapat berada di 5 V dan kedua komponen juga menyala.	Sukses
	Mengirim inisialisasi konfigurasi ke SIM808	ESP32 berhasil menyalakan SIM808 dan inisialisasi sistem untuk terhubung ke GPRS dan mendapatkan <i>fix</i> GPS..	Sukses
	Membaca dan mengirim <i>payload</i> ke MQTT broker	SIM808 berhasil mengirim <i>payload</i> ke MQTT broker.	Sukses
Monitoring <i>Backend</i>	<i>Backend</i> mensubscribe MQTT broker dan	<i>Backend</i> berhasil mendapatkan <i>payload</i> yang <i>dipublish</i> ..	Sukses



© 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

	menunggu <i>payload</i> terkirim		
	<i>Backend</i> melakukan penyimpanan data <i>payload</i> ke Valkey.	<i>Backend</i> berhasil menyimpan <i>payload</i> terbaru ke Valkey.	Sukses
	<i>Backend</i> menerima <i>payload</i> dengan koordinat mendekati tujuan aktivitas.	<i>Backend</i> berhasil menandakan aktivitas menjadi selesai pada MariaDB dan data aktivitas yang sedang aktif diperbarui pada Valkey.	Sukses
	<i>Backend</i> meneruskan <i>payload</i> ke <i>frontend</i>	<i>Backend</i> berhasil mengirimkan <i>payload</i> melalui <i>WebSocket</i> ke <i>frontend</i>	Sukses
Monitoring <i>Frontend</i>	<i>Backend</i> meneruskan <i>payload</i> ke <i>frontend</i> ketika browser berada di <i>dashboard</i> .	<i>Frontend</i> memperbarui lokasi pelacak ketika mendapatkan <i>payload</i> dari <i>WebSocket</i> .	Sukses
	Melakukan pembuatan aktivitas baru di halaman pembuatan aktivitas.	<i>Frontend</i> berhasil menambahkan data ke aktivitas melalui <i>backend</i> dan halaman juga diperbarui.	Sukses
Rekapitulasi	Melakukan pemindaian dan menambah rekapitulasi kondisi kendaraan.	Pelacak berhasil menambahkan status kendaraan baru.	Sukses

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Gagal

Skenario Pengujian	Hasil Pengujian	Status
--------------------	-----------------	--------

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

Modul SIM808 kehilangan daya.	ESP32 berhasil menyalakan kembali SIM808 dengan memberikan daya pada <i>pin</i> D9.	Sukses
Modul SIM808 kehilangan jaringan.	ESP32 berhasil menghubungkan dan melakukan <i>publish</i> kembali ketika jaringan kembali. Jumlah pengiriman yang gagal juga dikirimkan pada <i>publish</i> sukses selanjutnya.	Sukses
Modul SIM808 kehilangan kartu SIM.	ESP32 tidak berhasil melakukan registrasi SIM808 ke GPRS.	Gagal
Layanan MQTT broker terhenti.	ESP32 dapat kembali melakukan <i>publish</i> ketika MQTT kembali. Jumlah pengiriman yang gagal juga dikirimkan pada <i>publish</i> selanjutnya. <i>Backend</i> juga mencoba menghubungkan kembali ke MQTT setiap 5 detik ketika MQTT gagal.	Sukses
Layanan MariaDB terhenti.	<i>Backend</i> tidak berhasil mengembalikan jaringan ke MariaDB ketika terhenti..	Gagal

4.4.3.2 Data Hasil Pengujian Akurasi GPS

Data yang didapatkan dari pengujian akurasi GPS adalah koordinat *latitude*, *longitude*, HDOP, dan *carrier-to-noise ratio*. Dari nilai *latitude* dan *longitude*, dapat dicari nilai *error* dan *CEP error*. Gambar 4.34 sampai 4.36 menampilkan lokasi pengujian akurasi GPS di tiap skenario.



© 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



Gambar 4.34 Pengujian Akurasi GPS di Skenario *Open Area*



Gambar 4.35 Pengujian Akurasi GPS di Skenario *Semi Urban*

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



Gambar 4.36 Pengujian Akurasi GPS di Skenario *Semi Indoor*

Hasil dari pengujian yang dilakukan di setiap skenario menghasilkan 100 data di setiap skenario. Rangkuman data dari pengujian dapat dilihat di Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Akurasi GPS

Data	<i>Open Area</i>	<i>Semi Urban</i>	<i>Semi Indoor</i>
Jumlah Data	100	100	100
Rata-Rata Error	4.45 meter	2.75 meter	20.44 meter
Minimum Error	3.36 meter	1.28 meter	10.15 meter
Maksimum Error	5.53 meter	5.13 meter	29.33 meter
CEP Error	4.58 meter	2.56 meter	20.74 meter
Rata-Rata C/N0	44.13 dB-Hz	44.37 dB-Hz	33.44 dB-Hz
Minimum C/N0	39 dB-Hz	40 dB-Hz	25 dB-Hz
Maksimum C/N0	47 dB-Hz	48 dB-Hz	39 dB-Hz
Rata-Rata HDOP	0.76	0.90	1.01
Minimum HDOP	0.70	0.90	1.00
Maksimum HDOP	0.90	1.00	1.10



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

4.4.3.3 Data Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Data yang didapat dari pengujian kekuatan sinyal GSM adalah nilai RSSI, waktu pelacak mengirim *payload*, dan waktu *backend* menerima *payload*. Dari ketiga data tersebut, dapat dihitung latensi untuk mengirimkan *payload*. Gambar 4.37 menampilkan metode pengujian kekuatan sinyal GSM.



Gambar 4.37 Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan mengikuti rute perjalanan menghasilkan 148 data. Rangkuman data dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Data	Skenario
Jumlah data	148
Minimum CSQ	17
Maksimum CSQ	31
Rata-rata CSQ	22.57
Minimum RSSI	-79 dBm
Maksimum RSSI	-51 dBm
Rata-rata RSSI	-67.86 dBm
Minimum latensi	2.27 s

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

Maksimum latensi	46.88 s
Rata-rata latensi	6.44 s

4.4.3.4 Data Hasil Pengujian QoS

Data yang diambil dari pengujian ini berupa waktu pengiriman *payload*, waktu menerima *payload*, iterasi *publish*, iterasi *publish* yang sukses, iterasi pengulangan *publish*, dan ukuran *payload* yang *dipublish*. Rangkuman data yang didapat dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian QoS

Data	Skenario
Jumlah data	3776
Total <i>packet loss</i>	50
Total pengulangan	6
Minimum latensi	1.777 s
Maksimum latensi	56.348 s
Rata-rata latensi	5.6135 s
Minimum <i>payload</i>	824 bytes
Maksimum <i>payload</i>	859 bytes
Rata-rata <i>payload</i>	845.39 bytes

4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian

4.4.4.1 Analisis Pengujian Fungsionalitas

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, dari 10 skenario pengujian fungsionalitas berhasil, setiap pengujian berhasil sesuai dengan fungsionalitasnya.

$$Error Rate = 1 - \frac{10}{10} \times 100\% = 0\%$$

Dari perhitungan tersebut, didapatkan hasil *error* berupa 0% yang berarti semua pengujian berhasil.



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

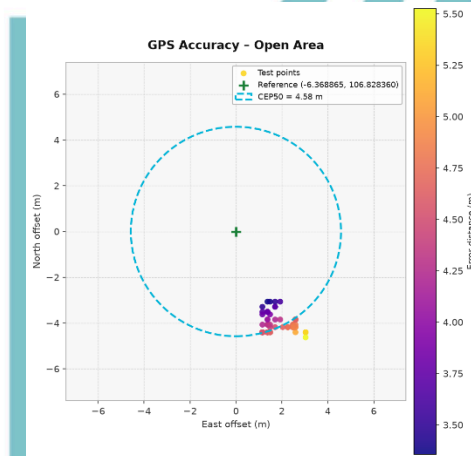
Sedangkan, dari 5 skenario pengujian fungsionalitas gagal, terdapat 3 pengujian berhasil dan 2 pengujian gagal.

$$Error Rate = 1 - \frac{3}{5} \times 100\% = 40\%$$

Dari perhitungan tersebut, didapatkan hasil *error* berupa 40%.

4.4.4.2 Analisis Pengujian Akurasi GPS

Analisis pengujian akurasi GPS dilakukan untuk menentukan apabila hasil pengujian sesuai dengan kebutuhan sistem. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi GPS.

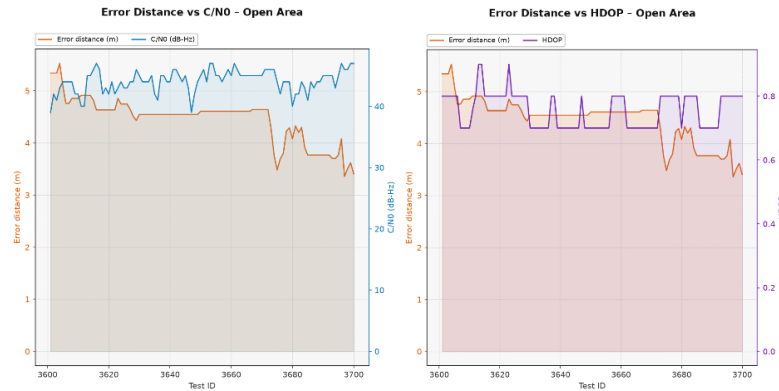


Gambar 4.38 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario *Open Area*

Terlihat pada gambar 4.38 untuk skenario *open area*, sistem pelacak tidak terdapat halangan dari lingkungan yang mengganggu *Line of Sight (LOS)* ke satelit. Hal ini menyebabkan koordinat yang didapat oleh sistem pelacak sangat akurat dengan rata CEP koordinat berjarak 4.58 meter.

Hak Cipta :

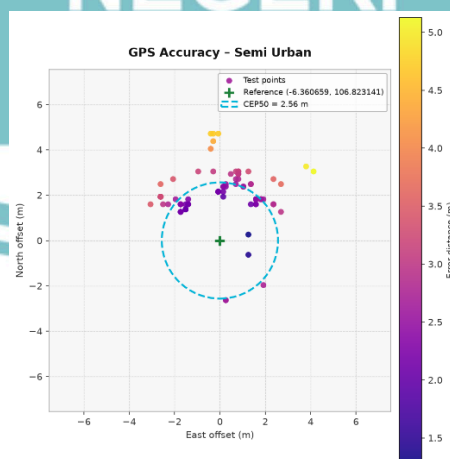
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 4.39 Grafik *Error* terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario *Open Area*

Gambar 4.39 menampilkan grafik C/N0 dan HDOP terhadap *error*. Berdasarkan grafik C/N0 terhadap *error*, terlihat bahwa C/N0 relatif stabil di 44.13 dB-Hz. Sedangkan, pada grafik HDOP terhadap *error*, terlihat HDOP sangat stabil di bawah 1. Titik terburuk C/N0 menyentuh nilai 39 dB-Hz yang memberikan nilai *error* di luar CEP. Di skenario ini, tren nilai C/N0 menaik dan tren HDOP yang stabil menyebabkan nilai *error* semakin menurun di seiring waktu.

Secara keseluruhan, skenario ini memberikan hasil yang cukup baik. Nilai C/N0 dengan rata-rata 44.13 dB-Hz dan HDOP dengan rata-rata 0.76 merupakan hasil yang sempurna dan sesuai dengan spesifikasi skenario. Sedangkan nilai *error* dengan rata-rata 4.45 m berada sedikit di atas spesifikasi SIM808.



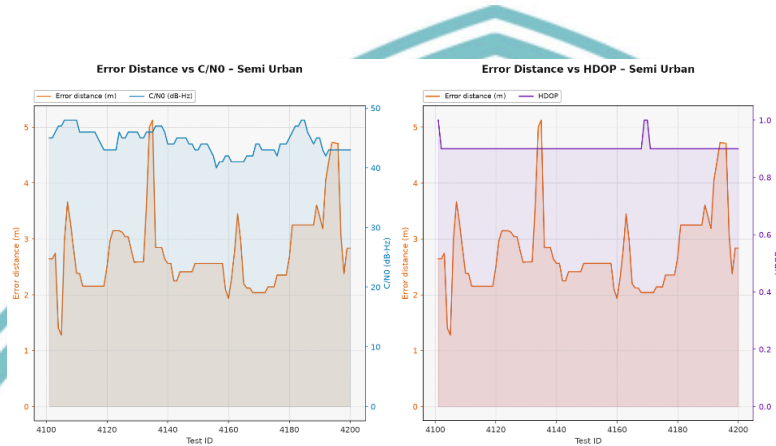
Gambar 4.40 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario *Semi Urban*



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

Terlihat dari grafik pada gambar 4.40 untuk skenario *semi urban*, terlihat nilai CEP mencapai 2.56 meter, nilai terbaik dari ketiga skenario. Di skenario ini, LOS dari sistem pelacak ke satelit sedikit terhalang oleh gedung-gedung bertingkat rendah dan pepohonan. Hal ini menunjukkan akurasi koordinat terkonsentrasi pada *ground truth*.



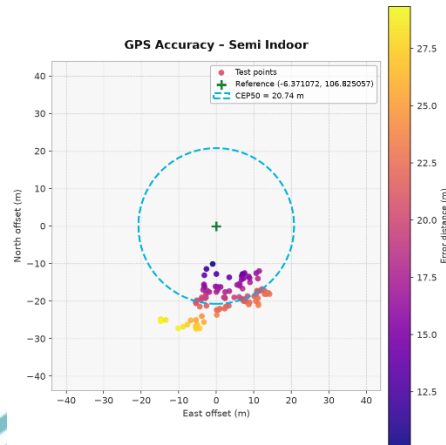
Gambar 4.41 Grafik *Error* terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario *Semi Urban*

Gambar 4.41 menampilkan grafik C/N0 dan HDOP terhadap *error*. Berdasarkan grafik C/N0 terhadap nilai *error*, terlihat bahwa nilai C/N0 tetap relatif stabil tidak menyentuh di bawah 40 db-Hz. Selain itu, grafik HDOP juga memberikan nilai yang sangat stabil dengan rata-rata HDOP berada di 0.9. Namun, nilai *error* yang didapat cukup fluktuatif yang berada di kisaran 1.28 m sampai 5.13 m.

Secara keseluruhan, skenario ini memberikan hasil yang terbaik dibandingkan skenario lainnya. Tidak terdapat degradasi pada GPS walaupun terdapat beberapa halangan pada LOS. CEP memberikan 2.56 meter yang sedikit di atas spesifikasi SIM808, namun terdapat beberapa poin yang berada di dalam spesifikasi SIM808. Nilai rata-rata C/N0 sebesar 44.37 dB-Hz dan nilai rata-rata HDOP sebesar 0.90 memberikan hasil yang ideal melampaui spesifikasi skenario. Skenario ini menunjukkan bahwa gedung-gedung bertingkat rendah dan pepohonan tidak memberikan dampak kepada kinerja GPS.

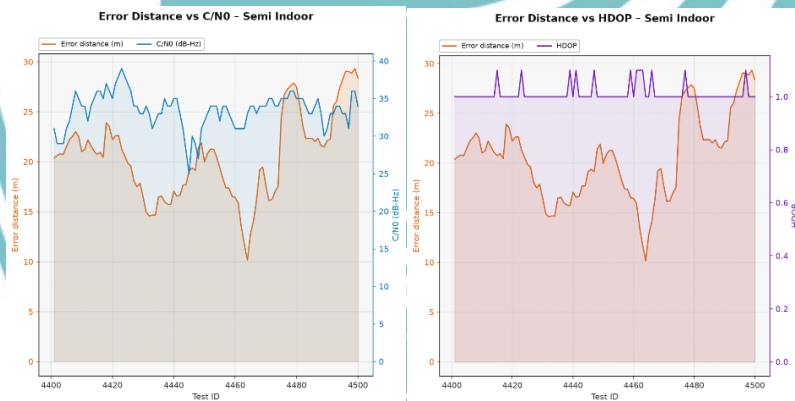
Hak Cipta :

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



Gambar 4.42 Grafik Akurasi Koordinat di Skenario *Semi Indoor*

Terlihat di gambar 4.42 bahwa nilai CEP sangat melemah di skenario *semi indoor*. Hal ini disebabkan karena LOS antara sistem pelacak dengan satelit terhalang dengan atap gedung. Sehingga, CEP dari data yang didapat berjarak 20.74 meter, menjadi *error* terburuk dari ketiga skenario.



Gambar 4.43 Grafik *Error* terhadap C/N0 dan HDOP di Skenario *Semi Indoor*

Gambar 4.33 menampilkan grafik C/N0 dan HDOP terhadap *error*. Grafik C/N0 terlihat cukup fluktuatif dengan rata-rata C/N0 berada di 33.44 dB-Hz. Nilai C/N0 juga sempat jatuh sampai di titik terendah 25 dB-Hz. Hal ini tidak diikuti dengan grafik HDOP yang sangat stabil di antara 1.0 dan 1.1. Nilai *error* juga terlihat sangat fluktuatif dengan puncaknya bernilai 29.33 m dan rata-rata 20.44 m.

Secara keseluruhan, skenario ini menghasilkan nilai *error* yang fluktuatif dan tinggi. Nilai C/N0 yang dengan rata-rata 33.44 dB-Hz memberikan kategori lemah.



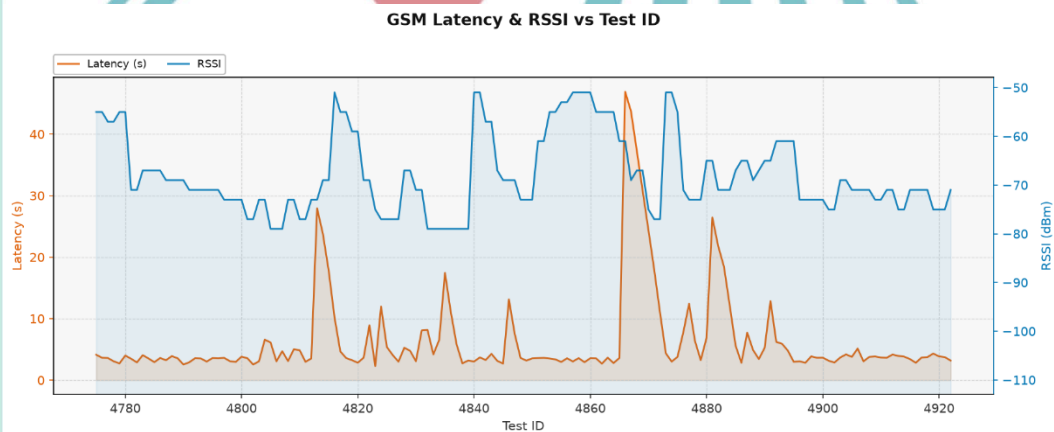
Hak Cipta :

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

Sedangkan nilai HDOP berada pada di kisaran 1.01 tergolong baik. Meskipun begitu, nilai C/N0 hampir sesuai dengan spesifikasi skenario dengan sedikit lebih bia. Dapat disimpulkan bahwa GPS di area gedung terbuka memberikan nilai C/N0 yang buruk dan berdampak ke meningkatnya *error*.

4.4.4.3 Analisis Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Analisis pengujian kekuatan sinyal GSM dilakukan untuk menentukan apabila kekuatan sinyal GPRS ke Internet dan MQTT broker sudah sesuai dengan kebutuhan sistem. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kualitas sinyal sistem beradaptasi ketika di lingkungan yang terus berubah.



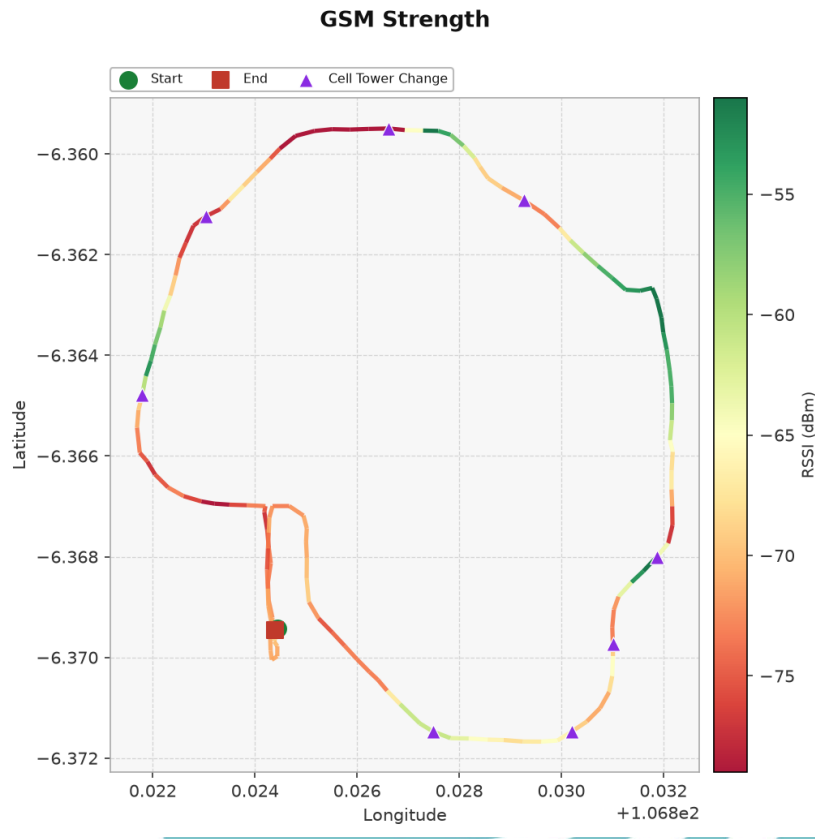
Gambar 4.44 Grafik RSSI dan Latensi terhadap Iterasi di Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Gambar 4.44 menampilkan grafik RSSI dan latensi terhadap iterasi data. Terlihat bahwa rata-rata latensi yang didapat dari pengambilan data GPS pada sistem pelacak sampai sistem *backend* menerima data adalah 6.43 detik. Sedangkan nilai RSSI terlihat fluktuatif dengan rata-rata -67.86 dBm.

Namun, poin penting yang terlihat pada grafik adalah nilai latensi yang terkadang melonjak tinggi. Nilai latensi tertinggi mencapai 46.88 detik ketika nilai RSSI cukup rendah. Hal ini menunjukkan korelasi tinggi antara RSSI dengan latensi.

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



Gambar 4.45 Grafik Latensi pada Rute di Pengujian Kekuatan Sinyal GSM

Gambar 4.45 menunjukkan data pengujian yang sama namun di *plotting* menggunakan koordinat yang didapat. Terlihat bahwa terdapat perubahan menara seluler yang terhubung dengan perangkat. Perubahan menara seluler sering terjadi saat kualitas RSSI memburuk. Namun, terlihat juga bahwa koordinat tetap memenuhi jalur di RSSI yang rendah.

Berdasarkan data yang didapat, rata-rata RSSI bernilai -67.86 dBm yang dikategorikan sebagai sangat baik. Meskipun begitu, nilai RSSI masih cukup fluktuatif sehingga ketika nilai RSSI turun drastis, latensi juga akan meningkat.

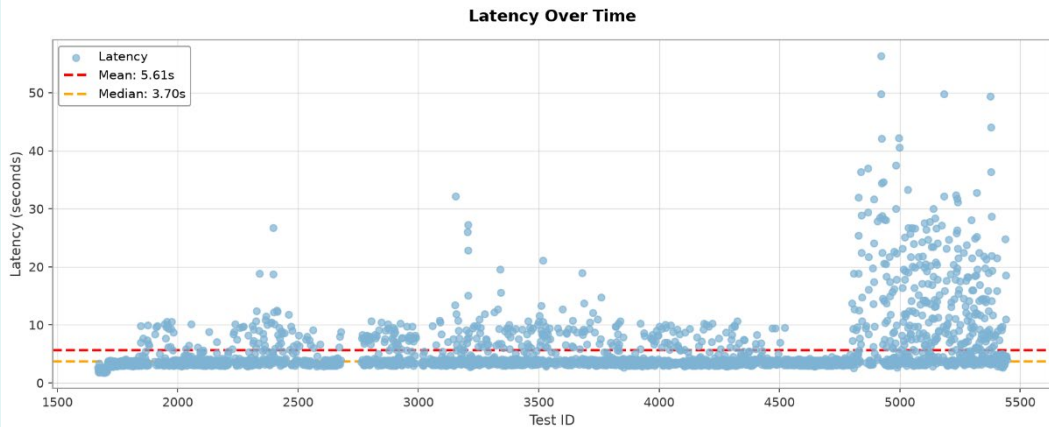
4.4.4.4 Analisis Pengujian QoS

Analisis pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk mengetahui kualitas transmisi data yang dikirimkan oleh sistem pelacak sudah sesuai dengan kebutuhan sistem.



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



Gambar 4.46 Grafik Latensi terhadap Waktu di Pengujian QoS

Gambar 4.46 menunjukkan sebaran nilai latensi terhadap waktu. Secara keseluruhan, terlihat bahwa latensi terlihat fluktuatif, terutama pada 1000 data terakhir. Rata-rata latensi berada di 5.6135 detik dengan median bernilai 3.698 detik. Sedangkan, nilai latensi terburuk mencapai 56.348 detik.



Gambar 4.47 Grafik *Packet Loss* terhadap Iterasi di Pengujian QoS

Gambar 4.47 menampilkan grafik sebaran terjadinya *packet loss* sepanjang iterasi pengiriman. Dari total 3776 data pengujian, terdapat 38 kejadian *packet loss*. Beberapa di antaranya terjadi secara beruntun. Sehingga, terdapat 50 data yang gagal diterima oleh *backend*. Persentase *packet loss* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima}}{\text{Paket dikirim}} \times 100\%$$

$$= \frac{50}{3776} \times 100\% = 1.32\%$$

Kemudian nilai *throughput* dapat dihitung berdasarkan rata-rata ukuran *payload* sebesar 6763.12 bit dan total waktu pengujian selama 41449.24 detik. Persamaan *throughput* dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data dikirim (kb)}}{\text{Waktu pengiriman (s)}} = \frac{3732 \times 6763.12}{41449.24 \times 1000} = 0.609 \text{ kbps}$$

Merujuk pada standar TIPHON, rata-rata latensi sebesar 5,61 detik dan *throughput* 0,609 kbps berada pada kategori Buruk. Namun, persentase *packet loss* sebesar 1.32% tergolong dalam kategori sangat bagus.

Hasil pengujian ini mengonfirmasi bahwa performa layanan sangat dipengaruhi oleh keterbatasan modul telekomunikasi 2G/GPRS yang menangani protokol kompleks seperti MQTT. Meskipun hasil latensi tidak memenuhi standar komunikasi *broadband*, waktu respons 5,61 detik masih dalam batas toleransi yang sangat aman dan tergolong wajar untuk pemantauan yang tidak mempunyai batasan *real-time*. Selain itu, dengan nilai *packet loss* sebesar 1.32% juga masih tergolong aman dengan sistem yang membutuhkan lokasi umum kendaraan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem manajemen aktivitas mobil poolcar dengan mengintegrasikan dengan teknologi *Internet of Things* melalui ESP32 dan SIM808. Penelitian ini dikerjakan atas permasalahan peminjaman dan pelacakan mobil poolcar di metode konvensional yang terjadi di PT. X. Pelacakan aktivitas kendaraan di metode konvensional sangat bergantung kepada kejujuran dan kedisiplinan karyawan. Sedangkan, di sisi lain, solusi digitalisasi komersial sering kali membutuhkan biaya langganan yang mahal dan tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem pelacak kendaraan berbasis IoT berhasil dirancang, dibangun, dan diuji menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul SIM808. Sistem ini dapat menentukan koordinat kendaraan menggunakan GPS lalu mengirimkan data ke server secara *real-time* menggunakan jaringan GPRS dan protokol MQTT. Hasil pengujian akurasi GPS menunjukkan bahwa sistem pelacak dapat memberikan CEP 4.58 meter di skenario *open area*, 2.56 meter di skenario *semi urban*, dan 20.74 meter di skenario *semi indoor*.
2. Sistem *monitoring* dan sistem rekapitulasi berhasil terimplementasi. Sistem *monitoring* berfungsi untuk manajemen dan memantau aktivitas mobil poolcar melalui aplikasi web. Sedangkan, sistem rekapitulasi dirancang pada aplikasi Android untuk petugas melakukan rekapitulasi kondisi kendaraan. Sistem *monitoring* sendiri dibangun dengan integrasi bersama MariaDB, Mosquitto, dan Valkey. Hasil pengujian fungsional antara sistem pelacak, sistem *monitoring*, dan sistem rekapitulasi memberikan hasil 0% *error* pada skenario berhasil dan 40% *error* pada skenario gagal.
3. Kinerja sistem manajemen aktivitas mobil poolcar yang terdiri dari sistem pelacak, sistem *monitoring*, dan sistem *backend* telah dilakukan berbagai

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pengujian, seperti pengujian fungsionalitas yang memberikan nilai 0% *error* di skenario berhasil dan 40% *error* di skenario gagal, pengujian akurasi GPS di tiga skenario yang memberikan nilai CEP 4.58 meter di *open area*, 2.56 meter di *semi urban*, dan 20.74 meter di *semi indoor*, pengujian kekuatan sinyal yang menghasilkan rata-rata nilai RSSI -67.86 dBm, dan pengujian QoS memberikan nilai *throughput* 0.609 kbps dengan rata-rata latensi 2130 ms.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Sistem pelacak dapat ditambahkan dengan LED untuk menandakan kondisi ketika sistem pelacak belum terhubung ke jaringan GPRS atau belum mendapatkan *fix* ke GPS. Sistem pelacak juga dapat ditambahkan tombol untuk menyelesaikan aktivitas terdekat sebagai *failover* ketika lokasi GPS tidak berhasil menyelesaikan aktivitas.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan *machine learning* untuk mengkalibrasi error akurasi koordinat ketika nilai C/N0 rendah.
3. Limitasi dari GPRS dapat dikurangi dengan mengurangi ukuran *payload* dan menerapkan algoritma kompresi sebelum pengiriman.



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 PUSTAKA

- Ashadi, M. Y., Ariyani, S., Rintyarna, B. S., & Wardati, N. K. (2022). Desain Sistem Keamanan Sepeda Motor Dengan Memanfaatkan GPS Tracker Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 4(2), 152–159. <https://doi.org/10.32528/elkom.v4i2.7428>
- Circuit Design. (n.d.). *Circuit Designer Tutorials*. Retrieved July 5, 2026, from <https://docs.circuitdesigner.com>
- Deutsche Telekom AG. (2021). *NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox—An Up-to-date Comparison* (White Paper Version 1.2; Mobile IoT (NarrowBand IoT and LTE-M), p. 22). Deutsche Telekom AG. hardware.iot.telekom.com
- Dutt, V. B. S. S. I., Rao, G. S., Rani, S. S., Babu, S. R., Goswami, R., & Kumari, U. (2009). *Investigation of GDOP for Precise user Position Computation with all Satellites in view and Optimum four Satellite Configurations*. 13.
- Espressif Systems. (2025a). *ESP Development Board*. ESP DevKits. <https://www.espressif.com/en/products/devkits>
- Espressif Systems. (2025b, August 21). *ESP-IDF Documentation* [Documentation]. ESP-IDF Programming Guide. <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/index.html>
- Espressif Systems. (2025c, October 17). *ESP32 Arduino Core's Documentation* [Documentation]. Welcome to ESP32 Arduino Core's Documentation. <https://docs.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/>
- GSM. (2026). In *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=GSM&oldid=1360988113>

**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

Hillar, G. C. (2017). *MQTT Essentials—A Lightweight IoT Protocol* (1st ed). Packt Publishing.

HiveMQ. (n.d.). *MQTT Essentials: The Ultimate Guide to the MQTT Protocol for IoT Messaging* (2nd ed.). HiveMQ. Retrieved October 23, 2025, from <https://www.hivemq.com/mqtt/>

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS — Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer-Verlag Wien. <https://doi.org/10.1007/978-3-211-73017-1>

Junaidi, M. S. (2020). Sistem Keamanan Pelacakan Kendaraan Bermotor Menggunakan Raspberry Pi 3 Dengan Module GPS Secara Realtime Berbasis Web. *SIMETRIS*, 14(2), 33–38. <https://doi.org/10.51901/simetriss.v14i2.133>

Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). *Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications* (3rd ed). Artech House.

Keerti, P., Ruchitha, K., Krishna, R. V., Tabassum, N., Faraz, A., & Mazhar, M. (2025). IOT Based GPS Vehicle Tracking and Monitoring System. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)*, 3(05), 2164–2169. <https://doi.org/10.47392/IRJAEM.2025.0342>

Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia. (2025). *Indeks Masyarakat Digital Indonesia 2025* (Laporan Tahunan IMDI 2025). Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia. <https://imdi.sdmdigital.id/>



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

- Klymenko, M. V., & Striuk, A. M. (2023). Design and implementation of an edge computing-based GPS tracking system. *Journal of Edge Computing*. <https://doi.org/10.55056/jec.634>
- Lauridsen, M., Nguyen, H., Vejlgard, B., Kovacs, I. Z., Mogensen, P., & Sorensen, M. (2017). Coverage Comparison of GPRS, NB-IoT, LoRa, and SigFox in a 7800 km² Area. *2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2017.8108182>
- Linux Foundation. (n.d.). *Valkey Documentation* [Documentation]. Valkey. Retrieved July 6, 2026, from <https://valkey.io/topics/>
- MariaDB Foundation. (n.d.). *MariaDB Foundation*. MariaDB.Org. Retrieved July 7, 2026, from <https://mariadb.org/>
- Mouly, M., & Pautet, M.-B. (2003). *The GSM System for Mobile Communications*. Cell & Sys.
- MQTT.org. (n.d.). *MQTT: The Standard for IoT Messaging*. Retrieved July 5, 2026, from <https://mqtt.org/>
- Mufti, S. D. (2025). *Rancang Bangun Sistem Pelacakan Kendaraan Pengangkut Sampah Berbasis IoT Menggunakan ESP32, SIM7600, dan NEO-M8* [Skripsi, Politeknik Negeri Jakarta]. <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/27615/>
- Mughni, M. D., & Devi, P. A. R. (2023). Implementation Of Teacher Presence System Using Mobile-Based Geofencing & Haversine Formula Methods. *Applied Technology and Computing Science Journal*, 6(1), 31–40. <https://doi.org/10.33086/atesj.v6i1.4119>

**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

- Park, B.-G., Kim, M., Lee, J.-S., & Park, K.-D. (2025). Environmental Context Indicator for Evaluating Quality of GNSS Observation Environment Using Android Smartphone. *Sensors*, 25(20), 6452. <https://doi.org/10.3390/s25206452>
- Perabathini, S. (2024). Maximizing SAP Testing Efficiency: How Metrics & KPIs Shape Quality Outcomes. *International Journal For Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/doi.org/10.36948/ijfmr.2020.v02i01.40637>
- QuecPython. (2026, March 13). *Basic Concepts of Cellular Network*. QuecPython. https://developer.quectel.com/doc/quecpython/Application_guide/en/network-comm/nic/cellular/common-concepts.html
- Rao, G. S. (2012). *Mobile Cellular Communication*. Pearson Education.
- Saputra, H. T., Sohor, S., & Putra, R. A. P. (2022). KOMBINASI MODUL GPS DAN GSM UNTUK PENINGKATAN SISTEM KEAMANAN DAN PELACAKAN SEPEDA MOTOR BERBASIS ARDUINO UNO R3. *Vol.*, (2). <http://ojsamik.amikmitragama.ac.id/index.php/js/article/view/178/178>
- Sauter, M. (2011). *From GSM to LTE: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband* (Online-Ausg). Wiley.
- SIMCom. (2016). *SIM808 Hardware Design* (Hardware Design 1.03).
- Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S.-H. (2017). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *ICT Express*, 3(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.03.004>
- ThingsBoard. (n.d.). *ESP32 DevKit V1*. ThingsBoard. Retrieved July 6, 2026, from <https://thingsboard.io/iot-hub/devices/esp32-dev-kit-v1/>



© 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

u-blox AG. (n.d.). *UBX-M10 Product Summary* (Product Summary UBX-20017986-R17).

Vejlgaard, B., Lauridsen, M., Nguyen, H., Kovacs, I. Z., Mogensen, P., & Sorensen, M. (2017). Coverage and Capacity Analysis of Sigfox, LoRa, GPRS, and NB-IoT. *2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2017.8108666>

Wild, T. A., Schalkwyk, L. V., Viljoen, P., Heine, G., Richter, N., Vorneweg, B., Koblitz, J. C., Dechmann, D. K. N., Rogers, W., Partecke, J., Linek, N., Volkmer, T., Gregersen, T., Havmøller, R. W., Morelle, K., Daim, A., Wiesner, M., Wolter, K., Fiedler, W., ... Wikelski, M. (2022). *A multi-species evaluation of digital wildlife monitoring using the Sigfox IoT network*. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2272694/v1>

**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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP**Shaquille Arriza Hidayat**

Lahir pada tahun 2004, saat ini berdomisili di Kota Bekasi. Putra kedua dari tiga bersaudara. Lulus dari pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Akhir pada tahun 2021. Berkesempatan untuk menempuh ilmu di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Multimedia dan Jaringan , Politeknik Negeri Jakarta.





DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Fungsi *Setup()*

```
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    while (!Serial)
    {
        delay(10);
    }
    Serial.println("Serial initialized!");

    Serial.println("ENVIRONMENT");
    Serial.println("-----");
    Serial.printf("Device ID   : %d\n", TRACKER_ID);
    Serial.printf("APN       : %s\n", APN);
    Serial.printf("APN User   : %s\n", APN_USER);
    Serial.printf("APN Password : %s\n", APN_PASSWORD);
    Serial.println("-----");

    #if (defined(TINY_GSM_AUTOBAUD))
    {
        gsmSerial.begin(SERIAL_8N1, ESP32_RX_PIN, ESP32_TX_PIN);
        TinyGsmAutoBaud(gsmSerial, TINY_GSM_AUTOBAUD_MINIMUM,
            TINY_GSM_AUTOBAUD_MAXIMUM);
    }
    #else
    {
        gsmSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, GSM_RX_PIN, GSM_TX_PIN);
        while (!gsmSerial)
        {
            delay(10);
        }
    }
    #endif
    Serial.println("GSM Serial initialized!");

    pinMode(SIM808_POWER_PIN_PRIMARY, OUTPUT);
    pinMode(SIM808_POWER_PIN_SECONDARY, OUTPUT);
    digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_PRIMARY, HIGH);
    digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_SECONDARY, HIGH);
    Serial.println("GSM Power Pin Initialized");

    #ifndef MQTT_SECURE
    sslClient.setCACert(MQTT_CA_CERTIFICATE);
    Serial.println("SSL client initialized!");
    #endif

    if (!initialization())
    {
        Serial.println("Failed to initialize system!");
    }
}
```

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    return;
}
}

```

Lampiran 2 Fungsi *Initialization()*

```

bool initialization()
{
    if (!gsmWrapper.isActive())
    {
        Serial.println("SIM808 not responsive, flashing power!");
        flashSim808Power();
        if (!gsmWrapper.isActive())
        {
            Serial.println("Failed to activate modem!");
            return false;
        }
    }

    if (!gsmWrapper.begin())
    {
        Serial.println("Failed to initialize GSM/GPRS modem!");
        systemReady = false;
        return false;
    }

    if (!mqttClient.connect())
    {
        Serial.println("Failed to connect to MQTT broker!");
        systemReady = false;
        return false;
    }

    if (!gsmWrapper.enableGPS())
    {
        Serial.println("Failed to initialize GPS modem!");
        systemReady = false;
        return false;
    }

    systemReady = true;
    return true;
}

static void flashSim808Power()
{
    digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_PRIMARY, LOW);
    digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_SECONDARY, LOW);
    delay(1200);
    digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_PRIMARY, HIGH);
}

```



© 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

```
digitalWrite(SIM808_POWER_PIN_SECONDARY, HIGH);
}
```

Lampiran 3 Fungsi *Loop()*

```
void loop()
{
    if (!systemReady)
    {
        delay(5000);
        if (!initialization())
        {
            return;
        }
    }

    if (!gsmWrapper.ensureConnection())
    {
        Serial.println("GPRS connection lost!");
        delay(1000);
        return;
    }

    mqttClient.loop();

    if (!mqttClient.isConnected())
    {
        mqttClient.connect();
    }

    if (millis() - lastPublish > PUBLISH_INTERVAL)
    {
        JsonDocument payload = gpsClient.toJsonDocument();
        payload["connection"]["interval"] = millis() - lastPublish;
        payload["connection"]["retries"] = retryCount;
        payload["connection"]["sequence_id"] = sequence;
        payload["connection"]["iteration_id"] = iteration;
        payload["network"]["rssi"] = gsmWrapper.getSignalStrength();
        payload["id"] = TRACKER_ID;

        String lac, ci;
        if (gsmWrapper.getNetworkInfo(lac, ci))
        {
            payload["network"]["lac"] = lac;
            payload["network"]["ci"] = ci;
        }
        else
        {
            payload["network"]["lac"] = nullptr;
            payload["network"]["ci"] = nullptr;
        }
    }
}
```


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

```
const bool isValid = payload["location"]["valid"];
String payloadString;
serializeJson(payload, payloadString);

isValid
  ? Serial.println("Publishing payload: " + payloadString)
  : Serial.println("Publishing unretained payload: " +
payloadString);

const bool isSuccess =
mqttClient.publishToDefaultTopic(String(TRACKER_ID).c_str(),
payloadString.c_str(), isValid);
if (isSuccess)
{
  lastPublish = millis();
  retryCount = 0;
  sequence = sequence + 1;
  iteration = iteration + 1;
}
else
{
  retryCount = retryCount + 1;
  iteration = iteration + 1;
}

// isSuccess
//   ? Serial.println("Message published successfully!")
//   : Serial.println("Failed to publish message!");
}
```

Lampiran 4 Struktur Payload JSON

```
{
  "uptime": 199295,
  "location": {
    "latitude": -6.262425,
    "longitude": 107.003248,
    "age": null,
    "valid": true
  },
  "altitude": {
    "meters": 12.4,
    "feet": 40.68242,
    "age": null,
    "valid": true
  },
}
```



© 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

```
"speed": {
  "kmph": 0.03704,
  "mph": 0.023016,
  "mps": 0.010289,
  "knots": 0.02,
  "age": null,
  "valid": true
},
"datetime": {
  "iso8601": "2026-07-07T06:07:42Z",
  "year": 2026,
  "month": 7,
  "day": 7,
  "hour": 6,
  "minute": 7,
  "second": 42,
  "centisecond": 0,
  "age": null,
  "valid": true
},
"course": {
  "degrees": 271.5,
  "age": null,
  "valid": true
},
"dop": {
  "hdop": 1.6,
  "pdop": 2.7,
  "vdop": 2.2,
  "age": null,
  "valid": true
},
"satellites": {
  "visible": 9,
  "used": 5,
  "carrier_to_noise": 43,
  "age": null,
  "valid": true
},
"stats": {
  "chars_processed": null,
  "sentences_with_fix": null,
  "failed_checksum": null,
  "passed_checksum": null
}
```



© 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

```
},  
"connection": {  
  "interval": 6237,  
  "retries": 0,  
  "sequence_id": 22,  
  "iteration_id": 22  
},  
"network": {  
  "rssi": 20,  
  "lac": "046B",  
  "ci": "21C6"  
},  
"id": 1  
}
```

