



**RANCANG BANGUN *SISTEM INDOOR ROOM-LEVEL
LOCALIZATION* BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
KALMAN FILTER UNTUK MENINGKATKAN
STABILITAS SINYAL RSSI**

SKRIPSI

IBRAHIM ALVARO 2207421035

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

2026



**RANCANG BANGUN SISTEM *INDOOR ROOM-LEVEL*
LOCALIZATION BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
KALMAN FILTER UNTUK MENINGKATKAN
STABILITAS SINYAL RSSI**

SKRIPSI

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

**Ibrahim Alvaro
2207421035**

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

2026



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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibrahim Alvaro

NIM : 2207421035

Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Indoor Room-Level Localization Berbasis ESP32 Menggunakan Kalman Filter Untuk Meningkatkan Stabilitas Sinyal RSSI

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, 21 Juli 2026

Depok, 21 Juli 2026
Pernyataan
10000
METER TEMPEL
B06D1A0X074S30557
(Ibrahim Alvaro)

NIM.2207421035



© 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 : Ibrahim Alvaro

NIM : 2207421035

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem *Indoor Room-Level Localization* Berbasis ESP32 Menggunakan *Kalman Filter* Untuk Meningkatkan Stabilitas Sinyal RSSI

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari *Rabu*

Tanggal *1*, Bulan *Juni*, Tahun *2026* dan dinyatakan LULUS.

Disahkan oleh

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

Penguji I : Ayu Rosyida Zain, S.ST, M.T

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

Penguji III : Chandra Wirawan, S.Kom., M.Kom

Mengetahui:

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer



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

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma 4) di Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini, di antaranya:

1. Kepada Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran-saran yang sangat berarti dalam setiap tahapan penulisan skripsi ini.
2. Kepada Bapak Rachmat Agung dan Ibu Dwi Oktavianti selaku orang tua tercinta yang telah memberikan kepercayaan penuh, dukungan moral, dan fasilitas yang diperlukan selama studi dan penyusunan skripsi ini.
3. Kepada Aisyah Nadia Azahra selaku kakak penulis dan Tasya Nabila selaku adik penulis, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan doa dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi yang berarti bagi ilmu pengetahuan, khususnya di bidang yang relevan.

Depok, 4 Juni 2026

Ibrahim Alvaro



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Ibrahim Alvaro
NIM : 2207421035
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 *INDOOR ROOM-LEVEL LOCALIZATION* BERBASIS *ESP32* MENGGUNAKAN *KALMAN FILTER* UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS SINYAL *RSSI*

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, 21 Juli 2026

Yang menyatakan,


10000
METERAL TEMPEL
4C8BAAOX074530556
(Ibrahim Alvaro)

NIM.2207421035



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 *Indoor Room-Level Localization* Berbasis ESP32 Menggunakan *Kalman Filter* Untuk Meningkatkan Stabilitas Sinyal RSSI

ABSTRAK

Kemajuan teknologi *Internet of Things (IoT)* mendorong pengembangan *Indoor Positioning System (IPS)* melalui pendekatan *room-level localization* berbasis *Bluetooth Low Energy (BLE)*. Namun, parameter *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* yang digunakan sering berfluktuasi akibat gangguan lingkungan sehingga menurunkan akurasi sistem. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 menggunakan *Kalman Filter* untuk meningkatkan stabilitas sinyal RSSI. Sistem diimplementasikan menggunakan ESP32-C3 sebagai pemancar dan ESP32-S3 sebagai gateway yang meneruskan data ke server secara *real-time* melalui protokol *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*. Proses pemfilteran dan penentuan lokasi berbasis *proximity* dilakukan di sisi server. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen berfungsi optimal dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengujian *Quality of Service (QoS)* pada MQTT berjalan andal dengan rata-rata delay 52 ms, throughput 0,59 kbps, dan packet loss 0%. Penerapan *Kalman Filter* dengan parameter $R=1$ dan $Q=0,01$ terbukti meningkatkan stabilitas sinyal dengan menurunkan standar deviasi RSSI dari 3,24 dBm menjadi 1,61 dBm, sehingga sistem mampu mencapai akurasi identifikasi ruangan sebesar 100% dari 60 kali pengujian. Kesimpulannya, sistem yang diusulkan efektif, stabil, dan ekonomis untuk pemantauan lokasi dalam ruangan.

Kata Kunci: *Internet of Things, BLE, ESP32, Kalman Filter, Lokalisasi Dalam Ruangan, MQTT, RSSI.*



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 <i>Internet of Things (IoT)</i>	8
2.2 <i>Bluetooth Low Energy (BLE)</i>	8
2.3 <i>Received Signal Strength Indicator (RSSI)</i>	9
2.4 ESP32-S3	10
2.5 ESP32-C3.....	10
2.6 <i>Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)</i>	11
2.7 Antenna Eksternal 2,4 GHz	12
2.8 Baterai <i>Lithium-Polymer (Li-Po)</i>	13
2.9 Modul TP4056	14
2.10 Mosquitto MQTT Broker	15
2.11 PostgreSQL	15
2.12 Google Cloud Platform (GCP).....	16
2.13 WebSocket.....	17
2.14 <i>Application Programming Interface (API)</i>	17
2.15 <i>Kalman Filter Satu Dimensi</i>	18



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2.16	<i>Flowchart</i>	19
2.17	Pengujian Sistem	20
2.18	Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN		26
3.1	Rancangan Penelitian	26
3.2	Tahapan Penelitian	26
3.3	Objek Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Analisis Kebutuhan	30
4.2	Perancangan Sistem	33
4.2.1	Diagram Blok	33
4.2.2	Diagram Alur (<i>Flowchart</i>)	34
4.2.3	Arsitektur Sistem	36
4.2.4	Rancangan Antarmuka <i>Dashboard Web</i>	38
4.2.5	Rancangan Skematik dan <i>Pinout</i>	43
4.3	Implementasi Sistem	44
4.3.1	Implementasi Perangkat Keras	45
4.3.1.1	Implementasi Perangkat <i>Tag</i>	45
4.3.1.2	Implementasi Perangkat <i>Gateway</i>	45
4.3.2	Implementasi Perangkat Lunak	46
4.3.2.1	Program ESP32-C3	46
4.3.2.2	Program ESP32-S3	47
4.3.2.3	Implementasi <i>Kalman Filter</i>	49
4.3.2.4	Konfigurasi MQTT <i>Broker</i>	54
4.3.2.5	Konfigurasi <i>Database PostgreSQL</i>	55
4.4	Pengujian Sistem	57
4.4.1	Deskripsi Pengujian	57
4.4.2	Lingkungan Pengujian	58
4.4.3	Prosedur Pengujian	59
4.4.2.1	Prosedur Pengujian Fungsionalitas	59
4.4.2.2	Prosedur Pengujian Stabilitas RSSI	61
4.4.2.3	Prosedur Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan	62



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

4.4.2.4	Prosedur Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS).....	65
4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	66
4.4.3.1	Data Hasil Pengujian Fungsionalitas	66
4.4.3.2	Data Hasil Pengujian Stabilitas RSSI	67
4.4.3.3	Data Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan	69
4.4.3.4	Data Hasil Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS).....	73
4.4.4	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian	74
4.4.4.1	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	75
4.4.4.2	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Stabilitas RSSI.....	75
4.4.4.3	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan	79
4.4.4.4	Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS)	82
BAB V PENUTUP.....		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		73
LAMPIRAN.....		74

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Bluetooth Low Energy (BLE)</i>	9
Gambar 2.2 ESP32-S3	10
Gambar 2.3 ESP32-C3	11
Gambar 2.4 <i>Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)</i>	11
Gambar 2.5 Antenna Eksternal 2,4 GHz.....	13
Gambar 2.6 Baterai <i>Lithium-Polymer (Li-Po)</i>	14
Gambar 2.7 Modul TP4056.....	14
Gambar 2.8 Mosquitto MQTT	15
Gambar 2.9 PostgreSQL	16
Gambar 2.10 Google Cloud Platform (GCP).....	17
Gambar 2.11 Simbol <i>Flowchart</i>	19
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	27
Gambar 4.1 Diagram Blok	33
Gambar 4.2 <i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem	35
Gambar 4.3 <i>Flowchart</i> Server.....	35
Gambar 4.4 Arsitektur Sistem	37
Gambar 4.5 Halaman <i>Dashbaord Web</i>	38
Gambar 4.6 Halaman <i>Analytics & Reports</i>	39
Gambar 4.7 Halaman <i>Activity Logs</i>	39
Gambar 4.8 Halaman <i>Smart Alerts</i>	40
Gambar 4.9 Halaman <i>Equipment Management</i>	41
Gambar 4.10 Halaman <i>Rooms Management</i>	41
Gambar 4.11 Halaman <i>Gateway Management</i>	42
Gambar 4.12 Halaman <i>Tag Management</i>	42
Gambar 4.13 Rangkaian Skematik <i>Tag</i>	43
Gambar 4.14 Rancangan Skematik <i>Gateway</i>	44
Gambar 4.15 Implementasi <i>Tag</i> PCB.....	45
Gambar 4.16 Implementasi <i>Gateway</i> PCB	46
Gambar 4.17 Implementasi Fungsi Setup ESP32-C3	47
Gambar 4.18 Implementasi Fungsi Setup ESP32-S3.....	48
Gambar 4.19 Format <i>String</i> JSON.....	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 :

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 4.20 Implementasi <i>Kalman Filter</i>	50
Gambar 4.21 Implementasi Kelas <i>Kalman Filter</i>	50
Gambar 4.22 Proses Inisialisasi Filter.....	51
Gambar 4.23 <i>Prediction</i>	52
Gambar 4.24 Perhitungan <i>Kalman Gain</i>	52
Gambar 4.25 <i>Correction</i>	53
Gambar 4.26 Konfigurasi Mosquitto.conf.	55
Gambar 4.27 Konfigurasi Utama PostgreSQL.....	55
Gambar 4.28 Skema Tabel <i>Database</i>	56
Gambar 4.29 Denah Lingkungan Pengujian	58
Gambar 4.30 Kondisi Fisik Asli Area Pengujian di Luar Ruangan 1, 2, 3	59
Gambar 4.31 Pemetaan Posisi <i>Gateway</i> dan Sebaran Titik Uji (T1-T5)	64
Gambar 4.32 Pengujian Fungsionalitas.....	66
Gambar 4.33 Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	75
Gambar 4.34 Perbandingan Pengaruh Variasi Parameter R dan Q pada Estimasi Sinyal RSSI Tanpa Filter dan RSSI <i>Kalman Filter</i>	76
Gambar 4.35 Grafik Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi	80
Gambar 4.36 Grafik Hasil Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS)	82

**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 TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Protokol Aplikasi IoT	12
Tabel 2.2 Kategori QoS.....	22
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 4.1 Kebutuhan <i>Hardware</i>	30
Tabel 4.2 Kebutuhan <i>Software</i>	32
Tabel 4.3 Rancangan <i>Pinout Tag</i>	43
Tabel 4.4 Rancangan <i>Pinout Gateway</i>	44
Tabel 4.5 Parameter <i>Kalman Filter</i>	51
Tabel 4.6 Prosedur Pengujian Fungsionalitas	60
Tabel 4.7 Prosedur Pengujian Stabilitas RSSI	61
Tabel 4.8 Prosedur Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan	63
Tabel 4.9 Prosedur Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS).....	65
Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	67
Tabel 4.11 Ringkasan Statistik Hasil Pengujian Stabilitas RSSI	68
Tabel 4.12 Data Sampel Hasil Pengujian Stabilitas RSSI.....	68
Tabel 4.13 Rekap Hasil Pengujian Komparasi Akurasi Lokalisasi.....	70
Tabel 4.14 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Lokalisasi (Tanpa <i>Kalman Filter</i>).....	70
Tabel 4.15 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Lokalisasi (Dengan <i>Kalman Filter</i>).....	70
Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Akurasi pada <i>Room 1</i>	71
Tabel 4.17 Ringkasan Hasil Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS).....	73
Tabel 4.18 Data Sampel Hasil Pengujian QoS.....	73
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , dan Akurasi	81



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

Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memicu inovasi sistem pintar yang mampu mengintegrasikan perangkat fisik ke dalam jaringan guna memfasilitasi pemantauan, kontrol, dan transfer data secara otonom. Salah satu bentuk aplikasi IoT yang pengembangannya terus meluas adalah layanan berbasis lokasi (*Location-Based Service/LBS*), yakni sistem yang memanfaatkan informasi posisi pengguna atau objek untuk mendukung berbagai aktivitas operasional. Implementasi LBS saat ini telah merambah ke berbagai sektor, termasuk penelusuran aset, observasi pasien medis, manajemen stok gudang, navigasi interior, hingga pengamanan perangkat (Şeker et al., 2024). Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan informasi lokasi yang akurat di area tertutup, penelitian mengenai sistem penentuan posisi dalam ruangan (*Indoor Positioning System/IPS*) terus berkembang dan menjadi salah satu topik yang banyak dikaji (Misal et al., 2020).

Untuk pelacakan posisi di area luar ruangan, *Global Positioning System* (GPS) merupakan teknologi yang paling umum digunakan. Namun, kinerja GPS mengalami penurunan yang signifikan ketika diaplikasikan di dalam gedung. Kondisi ini disebabkan oleh pelemahan sinyal satelit akibat terhalang oleh dinding, lantai, maupun berbagai struktur bangunan lainnya. Akibatnya, tingkat akurasi GPS menjadi tidak memadai untuk kebutuhan pelacakan dalam ruangan. Sebagai alternatif, berbagai teknologi dikembangkan untuk mendukung sistem penentuan posisi dalam ruangan, salah satunya adalah *Bluetooth Low Energy* (BLE). Bai et al. (2020) menjelaskan bahwa BLE banyak digunakan karena menawarkan konsumsi daya yang rendah, biaya implementasi yang relatif terjangkau, serta kompatibilitas yang luas dengan perangkat modern maupun sistem tertanam (*embedded system*



© 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

Dalam penerapan sistem penentuan posisi di dalam ruangan, secara umum terdapat dua pendekatan utama yang dapat digunakan. Pendekatan pertama adalah *Real-Time Location System* (RTLS) yang dirancang untuk menentukan posisi objek dalam bentuk koordinat yang presisi. Untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi, sistem ini umumnya memerlukan beberapa titik referensi (*anchor*) serta algoritma yang relatif kompleks, seperti trilaterasi dan *fingerprinting*. Pendekatan kedua adalah lokalisasi tingkat ruangan (*room-level localization*), yaitu metode yang bertujuan mengidentifikasi keberadaan objek pada zona atau ruangan tertentu. Mengingat tugas praktis seperti pemantauan aset sering kali hanya membutuhkan klasifikasi tingkat zona, pendekatan ini dinilai sudah mencukupi dibandingkan mengejar koordinat dengan presisi tinggi yang lebih rumit secara teknis (Siddarth et al., 2026). Oleh karena itu, *room-level localization* menjadi alternatif yang lebih sederhana dan ekonomis untuk berbagai aplikasi pelacakan dalam ruangan.

Dalam sistem penentuan posisi dalam ruangan berbasis BLE, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) merupakan salah satu parameter yang paling sering digunakan untuk memperkirakan kedekatan suatu objek terhadap perangkat penerima (Bai et al., 2020). Nilai RSSI merepresentasikan kekuatan sinyal yang diterima dari perangkat BLE dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam proses penentuan lokasi. Meskipun demikian, penggunaan RSSI masih menghadapi tantangan yang cukup besar karena karakteristik nilainya yang cenderung tidak stabil. Bai et al. (2020) menjelaskan bahwa fenomena propagasi *multipath* dan keberadaan penghalang fisik dapat menyebabkan variasi nilai RSSI yang signifikan. Ismar et al. (2022) juga menunjukkan bahwa *noise* pada sinyal RSSI dapat menurunkan akurasi estimasi lokasi. Selain itu, Şeker et al. (2024) menyatakan bahwa dinamika lingkungan serta interferensi dari perangkat nirkabel lain turut berkontribusi terhadap fluktuasi RSSI. Akibatnya, nilai RSSI dapat berubah meskipun posisi perangkat tidak mengalami perpindahan, sehingga berpotensi menurunkan keandalan sistem *room-level localization*.

Sebagai solusi yang efisien untuk sistem lokalisasi dalam ruangan, perangkat ESP32 banyak digunakan karena menyediakan fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang



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

terintegrasi dengan biaya implementasi yang relatif rendah. Misal et al. (2020) menunjukkan bahwa ESP32 mampu berperan sebagai *gateway* BLE untuk mengumpulkan data sinyal dari perangkat di sekitarnya. Temuan tersebut diperkuat oleh Hercog et al. (2023) yang membuktikan bahwa ESP32 memiliki performa yang andal dalam menerima data BLE dan meneruskannya ke *server* untuk proses analisis lebih lanjut. Selain itu, dukungan terhadap protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) menjadikan ESP32 sesuai untuk aplikasi IoT yang memerlukan komunikasi data secara ringan dan *real-time*.

Berbagai penelitian telah berupaya mengatasi permasalahan fluktuasi RSSI pada sistem penentuan posisi dalam ruangan. Ismar et al. (2022) membuktikan bahwa penerapan *Kalman Filter* mampu mereduksi *noise* pada sinyal RSSI sehingga menghasilkan data yang lebih stabil dibandingkan penggunaan data mentah. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Tseng & Tsaur (2023) yang menunjukkan bahwa proses penyaringan menggunakan *Kalman Filter* dapat meningkatkan kualitas data pada sistem penentuan posisi. Selain itu, Belgi & Shah-Mansouri (2023) menjelaskan bahwa sifat adaptif *Kalman Filter* memungkinkan metode ini merespons perubahan lingkungan dan interferensi nirkabel secara efektif. Dengan karakteristik tersebut, *Kalman Filter* menjadi salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas sinyal RSSI pada sistem lokalisasi berbasis BLE.

Berdasarkan kajian literatur yang ada, penelitian mengenai lokalisasi dalam ruangan masih didominasi oleh pendekatan yang berfokus pada estimasi koordinat posisi menggunakan metode trilaterasi, *fingerprinting*, maupun kombinasi multi-sensor (Suseenthiran et al., 2021). Sementara itu, Siddarth et al. (2026) menerapkan metode *sliding window* dan *hysteresis* untuk klasifikasi zona, dan Ismar et al. (2022) berfokus pada reduksi *noise* RSSI untuk meningkatkan estimasi jarak. Meskipun *Kalman Filter* telah terbukti efektif mereduksi *noise* RSSI, integrasinya secara utuh dalam arsitektur *gateway* berbasis ESP32 secara *real-time* melalui protokol MQTT untuk klasifikasi *room-level* yang terpusat di *server* masih jarang dieksplorasi. Berdasarkan perbedaan fokus tersebut, terdapat peluang penelitian untuk mengkaji



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

secara spesifik efektivitas *Kalman Filter* dalam arsitektur terpusat ini guna meningkatkan stabilitas RSSI pada sistem *room-level localization* berbasis BLE.

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem *indoor room-level localization* berbasis BLE dengan memanfaatkan perangkat ESP32 sebagai BLE *tag* dan sebagai *gateway* untuk menerima sinyal dari BLE *tag* dan meneruskan data RSSI ke *server* melalui protokol MQTT. Selanjutnya, proses penyaringan sinyal menggunakan *Kalman Filter* serta proses penentuan lokasi dilakukan pada sisi *server*. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan data dari beberapa *gateway* secara terpusat serta memberikan fleksibilitas dalam pengembangan algoritma lokalisasi. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 dengan menerapkan *Kalman Filter* guna meningkatkan stabilitas sinyal RSSI. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan sistem lokalisasi *indoor* yang lebih stabil, andal, dan ekonomis untuk mendukung berbagai kebutuhan pemantauan lokasi pada lingkungan dalam ruangan.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan arsitektur sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 agar dapat melakukan akuisisi data RSSI?
2. Bagaimana kinerja transmisi data secara *real-time* antara *gateway* dan *server* menggunakan protokol MQTT berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS)?
3. Seberapa besar pengaruh penerapan *Kalman Filter* dalam meningkatkan stabilitas nilai RSSI, serta dampaknya terhadap tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi ruangan?



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

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan efisien, batasan masalah pada sistem ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Sistem ini secara spesifik menggunakan perangkat mikrokontroler ESP32-C3 yang berperan sebagai BLE *tag (transmitter)* dan ESP32-S3 yang berperan sebagai *gateway (receiver)*. Sistem tidak menggunakan sensor tambahan seperti *Inertial Measurement Unit (IMU)*, GPS, maupun model sensor posisi lainnya.
2. Penentuan lokasi dalam sistem ini murni berdasarkan nilai *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* dari sinyal *Bluetooth Low Energy (BLE)*, tanpa menggunakan metode tambahan seperti *fingerprinting*.
3. Sistem yang dikembangkan dibatasi pada *room-level localization*, yaitu identifikasi posisi perangkat berdasarkan kategori ruangan (zona), dan tidak mencakup estimasi koordinat presisi (X, Y) atau posisi pada tingkat sub-meter.
4. Proses pengolahan data RSSI, termasuk penerapan algoritma *Kalman Filter* satu dimensi (1D) untuk reduksi *noise* dan logika penentuan kedekatan (*proximity*), difokuskan sepenuhnya pada sisi *server* (lingkungan Node.js), sehingga perangkat *gateway* ESP32 hanya berfungsi untuk akuisisi dan transmisi data.
5. Pengujian sistem dibatasi pada skala lingkungan dalam ruangan tertutup yang terdiri dari 3 ruangan uji dengan karakteristik dinding bata permanen dan total luas area 4m², guna merepresentasikan kondisi fluktuasi sinyal pada area multi-ruangan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan, yaitu:



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. Merancang dan mengimplementasikan arsitektur sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 agar dapat melakukan akuisisi data RSSI.
2. Mengevaluasi kinerja transmisi data secara *real-time* antara *gateway* dan *server* menggunakan protokol MQTT berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS).
3. Menganalisis seberapa besar pengaruh penerapan *Kalman Filter* dalam meningkatkan stabilitas nilai RSSI, serta dampaknya terhadap tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi ruangan.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi sistem monitoring lokasi aset berbasis *room-level localization* yang lebih efisien dan ekonomis.
2. Dapat dijadikan referensi pengembangan sistem pelacakan aset atau perangkat di lingkungan dalam ruangan seperti kantor, laboratorium, atau gudang.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan sebagai urutan dan kerangka kerja dalam penyusunan penelitian ini meliputi:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas dasar dari penelitian yang dilakukan, meliputi latar belakang permasalahan, rumusan masalah yang akan diselesaikan, batasan penelitian, tujuan penelitian, serta manfaat penelitian. Selain itu, bab ini juga menjelaskan sistematika penulisan sebagai gambaran umum struktur laporan penelitian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua, dibahas tinjauan pustaka yang berisi hasil studi literatur penelitian terdahulu sebagai bahan kajian yang relevan dengan penelitian terkait, dan juga landasan-landasan teori yang mendukung penelitian.



© 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

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga, dibahas mengenai rancangan penelitian, tahapan penelitian, dan juga objek penelitian yang akan dilakukan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat, dibahas mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan. Hal ini mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, serta pengujian sistem dan analisis data hasil pengujian.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab kelima, dibahas mengenai penutup yang berisi simpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran pengembangan untuk penelitian 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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Menurut Mouha (2021), *Internet of Things (IoT)* didefinisikan sebagai sebuah ekosistem jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat dengan kapabilitas pengumpulan dan transmisi data secara otonom. Secara struktural, arsitektur IoT mencakup empat elemen utama, yakni perangkat keras, gerbang jaringan (*gateway*), infrastruktur jaringan, serta aplikasi komputasi awan (*cloud*). Dalam proses pertukaran datanya, teknologi ini mengandalkan sejumlah protokol komunikasi, seperti MQTT, HTTP, maupun CoAP. Kekuatan utama IoT terletak pada integrasi antara sensor, sebagai instrumen pengumpul informasi dan konektivitas internet yang memfasilitasi komunikasi antarperangkat. Keunggulan inilah yang membuat IoT sangat aplikatif di hampir semua sektor, mulai dari sistem transportasi, pengembangan kota pintar dan rumah pintar, hingga layanan utilitas untuk kepentingan publik (Syahfitri, 2025).

2.2 *Bluetooth Low Energy (BLE)*

Bluetooth Low Energy (BLE) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk perangkat *Internet of Things (IoT)* dengan konsumsi daya yang rendah. Berbeda dengan *Bluetooth Classic* yang ditujukan untuk transmisi data berkelanjutan dengan kebutuhan bandwidth yang lebih besar, BLE mengutamakan efisiensi energi melalui pengiriman data secara periodik dan penggunaan mode tidur (*sleep mode*) ketika perangkat tidak aktif. Karakteristik tersebut memungkinkan perangkat BLE beroperasi dalam waktu yang lama dengan konsumsi daya yang minimal, sehingga cocok digunakan pada perangkat berbasis baterai seperti tag pelacak (Koulouras et al., 2025).

Pada sistem BLE, perangkat *tag* dapat menyiarkan informasi secara periodik menggunakan mekanisme *advertising* tanpa memerlukan proses koneksi yang kompleks. Paket *advertising* tersebut kemudian diterima oleh perangkat pemindai untuk diproses lebih lanjut (Shen et al., 2023). Mekanisme ini menjadikan BLE



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

banyak digunakan pada sistem pelacakan dan lokalisasi dalam ruangan karena implementasinya yang sederhana serta biaya yang relatif rendah.

Bluetooth Low Energy



Gambar 2.1 *Bluetooth Low Energy (BLE)*

2.3 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekuatan sinyal radio yang diterima oleh suatu perangkat dalam komunikasi nirkabel. Pada sistem berbasis *Bluetooth Low Energy (BLE)*, nilai RSSI diperoleh ketika *gateway* menerima paket *advertising* yang dipancarkan oleh *tag*. RSSI dinyatakan dalam satuan desibel-miliwatt (dBm) dengan nilai negatif, di mana semakin mendekati nol maka semakin kuat sinyal yang diterima. Karena memiliki hubungan dengan jarak fisik antar perangkat, RSSI banyak dimanfaatkan sebagai parameter untuk memperkirakan tingkat kedekatan antara *tag* dan *gateway* pada sistem lokalisasi dalam ruangan (Rathnayake et al., 2023).

Meskipun implementasinya relatif sederhana dan berbiaya rendah, nilai RSSI memiliki karakteristik yang cenderung tidak stabil pada lingkungan *indoor*. Tseng & Tsaur (2023) menjelaskan bahwa fluktuasi RSSI dapat disebabkan oleh pelemahan sinyal, efek *multipath fading*, serta kondisi *Non-Line of Sight (NLOS)*. Selain itu, keberadaan dinding, furnitur, maupun interferensi dari perangkat nirkabel lain dapat memengaruhi kualitas sinyal yang diterima (Rathnayake et al., 2023). Akibatnya, nilai RSSI dapat berubah-ubah meskipun posisi perangkat tidak mengalami perpindahan.



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

2.4 ESP32-S3

ESP32-S3 digunakan sebagai *gateway* yang bertugas menerima sinyal BLE dari *tag*, mengekstraksi nilai RSSI, mengemas data dalam format JSON, dan mengirimkannya ke *server* melalui koneksi Wi-Fi. Perangkat ini dipilih karena memiliki prosesor dual-core Xtensa LX7 yang menawarkan kemampuan komputasi lebih tinggi dibandingkan varian ESP32 lainnya, sehingga mampu menangani proses pemindaian BLE dan komunikasi data secara *real-time* dengan baik (Nemlaha et al., 2023). Kemampuan tersebut menjadikan ESP32-S3 sesuai untuk digunakan sebagai pusat pengumpulan data pada sistem lokalisasi dalam ruangan.



Gambar 2.2 ESP32-S3

2.5 ESP32-C3

ESP32-C3 digunakan sebagai *tag* yang dipasang pada aset untuk memancarkan sinyal BLE secara periodik. Perangkat ini dibangun menggunakan arsitektur single-core RISC-V 32-bit yang dirancang untuk sistem tertanam dengan kebutuhan daya rendah. Selain mendukung BLE 5.0, ESP32-C3 juga dilengkapi fitur *low-power mode* yang memungkinkan konsumsi energi lebih efisien sehingga cocok digunakan sebagai perangkat pelacak portabel berbasis baterai (Kurniawan & Budjianto, 2025). Dengan ukuran yang ringkas, biaya yang relatif rendah, dan efisiensi daya yang baik, ESP32-C3 menjadi pilihan yang sesuai untuk berperan sebagai BLE tag pada 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



Gambar 2.3 ESP32-C3

2.6 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

Menurut El-Basioni (2024), *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* merupakan protokol pesan ringan yang menggunakan model *publish/subscribe* serta perantara, dan banyak digunakan dalam aplikasi IoT. Protokol ini didesain agar dapat beroperasi secara efisien pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya serta jaringan yang memiliki *bandwidth* rendah. *Broker* bertugas menerima dan meneruskan pesan dari pengirim (*publisher*) kepada penerima (*subscriber*), sehingga memungkinkan komunikasi terdesentralisasi antar banyak perangkat secara bersamaan. Selain itu, keandalan pesan dijamin melalui tingkatan *Quality of Service (QoS)* yang dapat disesuaikan.



Gambar 2.4 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

Dalam komunikasi IoT, terdapat sejumlah protokol lain yang juga umum dipakai, seperti HTTP, CoAP, dan AMQP. Setiap protokol memiliki fitur serta karakteristik yang berbeda satu sama lain. Tabel 2.1 menampilkan perbandingan karakteristik keempat protokol 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

Tabel 2.1 Perbandingan Protokol Aplikasi IoT

Parameter	MQTT	HTTP	CoAP	AMQP
Messaging Pattern	<i>Request-response/broker</i>	<i>Request-response</i>	<i>Request-response</i>	<i>Broker</i>
Communication Model	<i>Client-server</i>	<i>Client-server</i>	<i>Client-server</i>	<i>Client-server</i>
Security	TLS/SSL	DTLS, OSCORE, dll	DTLS, OSCORE, dll	TLS/SSL
Binary Payload Support	Ya	Tidak	Ya	Ya
QoS	<i>Best Effort, Guaranteed</i>	<i>Best Effort</i>	<i>Confirmable/Non</i>	<i>HA, redundancy</i>
Data Persistence	Tidak	Tidak	Tidak	Ya
Data Discovery	Manual	Manual	Manual dan registrasi	Manual
Complexity	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah

Sumber: (Silva, et al., 2021)

Berdasarkan Tabel 2.1, protokol MQTT menunjukkan keunggulan dalam hal efisiensi komunikasi, fleksibilitas dalam pengaturan QoS, serta arsitektur berbasis broker (*publish/subscribe*) yang sesuai untuk aplikasi IoT secara langsung. Dengan pertimbangan tersebut, penelitian ini memilih MQTT sebagai protokol untuk mendukung komunikasi antara perangkat *gateway* dan *server*.

2.7 Antenna Eksternal 2,4 GHz

Antenna merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan sebaliknya pada sistem komunikasi nirkabel. Kinerja antenna umumnya diukur menggunakan parameter gain yang dinyatakan dalam satuan *decibels relative to isotropic* (dBi), yang menunjukkan



© 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

kemampuan antenna dalam memfokuskan energi radiasi ke arah tertentu. Pada sistem Bluetooth dan Wi-Fi yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, antenna *omnidirectional* banyak digunakan karena mampu menyediakan cakupan sinyal ke berbagai arah dalam suatu area (Zambak et al., 2023).

Meskipun sebagian besar perangkat IoT telah dilengkapi antenna internal, performanya dapat dipengaruhi oleh orientasi perangkat dan kondisi lingkungan *indoor*. Ramirez et al. (2021) menunjukkan bahwa posisi perangkat dan keberadaan penghalang fisik dapat menyebabkan pelemahan sinyal serta meningkatkan fluktuasi RSSI akibat fenomena propagasi dan pantulan gelombang radio. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan antenna eksternal 2,4 GHz dengan gain 3 dBi pada perangkat *gateway* untuk meningkatkan kualitas penerimaan sinyal BLE. Penggunaan antenna eksternal memungkinkan penerimaan RSSI yang lebih kuat dan stabil serta membantu mengurangi pengaruh atenuasi dan *multipath fading* pada lingkungan dalam ruangan.



Gambar 2.5 Antenna Eksternal 2,4 GHz

2.8 Baterai *Lithium-Polymer* (Li-Po)

Baterai *Lithium-Polymer* (Li-Po) merupakan salah satu jenis baterai yang banyak digunakan pada perangkat elektronik portabel karena memiliki kepadatan energi yang tinggi serta bobot yang ringan. Dibandingkan baterai *Lithium-Ion* konvensional, baterai Li-Po menggunakan elektrolit berbentuk gel yang memungkinkan desain fisik lebih tipis dan fleksibel, sehingga sesuai untuk perangkat IoT berukuran kecil (Jaguemont & Bardé, 2025).



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 penelitian ini, baterai Li-Po digunakan sebagai sumber daya pada perangkat *tag* berbasis ESP32-C3. Selain dimensinya yang ringkas, baterai Li-Po memiliki tegangan nominal sebesar 3,7 V yang sesuai untuk mendukung operasional mikrokontroler dan komunikasi BLE secara portabel (Jaguemont & Bardé, 2025).

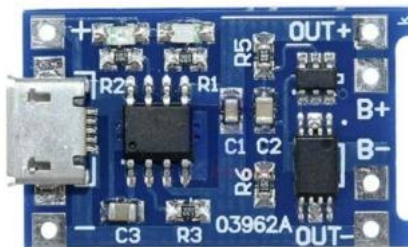


Gambar 2.6 Baterai *Lithium-Polymer* (Li-Po)

2.9 Modul TP4056

Modul TP4056 merupakan modul pengisi daya yang banyak digunakan untuk baterai *Lithium-Polymer* (Li-Po). Modul ini menerapkan metode pengisian *Constant Current* (CC) dan *Constant Voltage* (CV) untuk memastikan proses pengisian berlangsung secara aman dan efisien (Refly et al., 2025).

Pada penelitian ini, modul TP4056 digunakan untuk mengisi ulang baterai Li-Po yang menjadi sumber daya perangkat *tag* berbasis ESP32-C3. Selain berfungsi sebagai pengisi daya, modul ini juga menyediakan fitur proteksi baterai untuk mencegah kondisi *overcharging* dan *overdischarging* yang dapat mengurangi umur pakai maupun merusak baterai (Refly et al., 2025).



Gambar 2.7 Modul TP4056



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 Mosquitto MQTT Broker

Mosquitto MQTT Broker adalah perangkat lunak *open-source* yang bertindak sebagai perantara pesan untuk protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Protokol ini mengadopsi model komunikasi *publish-subscribe* yang ringan dan hemat sumber daya, sehingga sangat cocok digunakan untuk pertukaran data antar perangkat dalam sistem *Internet of Things* (IoT). Dalam penerapannya pada lingkungan IoT, Mosquitto banyak dimanfaatkan untuk menangani komunikasi secara langsung antar perangkat dan menjadi pilihan yang populer berkat kestabilan kinerjanya, kemudahan dalam pengaturan, serta dukungan dari komunitas pengguna yang luas (Eclipse Foundation, 2025).



Gambar 2.8 Mosquitto MQTT

2.11 PostgreSQL

PostgreSQL merupakan sistem manajemen basis data relasional (*Relational Database Management System/RDBMS*) bersifat *open-source* yang banyak digunakan karena memiliki keandalan, stabilitas, dan dukungan terhadap standar SQL yang baik (Salunke & Ouda, 2024). PostgreSQL mampu mengelola data secara terstruktur serta mendukung hubungan antar tabel melalui mekanisme relasional, sehingga sesuai untuk aplikasi yang memerlukan konsistensi dan integritas data.

Pada penelitian ini, PostgreSQL digunakan sebagai media penyimpanan data pada sisi *backend*. Basis data ini menyimpan berbagai informasi yang mendukung sistem *indoor room-level localization*, seperti data *gateway*, *tag*, log RSSI, riwayat



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

perpindahan ruangan, dan data aset. Penggunaan PostgreSQL memungkinkan pengelolaan data pelacakan secara terpusat sehingga proses pemantauan dan analisis lokasi dapat dilakukan dengan lebih efektif (Salunke & Ouda, 2024).



Gambar 2.9 PostgreSQL

2.12 Google Cloud Platform (GCP)

Google Cloud Platform (GCP) merupakan layanan komputasi awan yang menyediakan berbagai sumber daya seperti komputasi, penyimpanan data, dan layanan jaringan yang dapat diakses melalui internet. Pemanfaatan *cloud computing* memungkinkan sistem berjalan secara terpusat tanpa bergantung pada perangkat lokal, sehingga meningkatkan fleksibilitas dalam pengelolaan data dan layanan (Khrijil et al., 2021).

Pada penelitian ini, GCP digunakan sebagai infrastruktur *backend* untuk menjalankan layanan Node.js, *broker* MQTT, serta basis data PostgreSQL. Penggunaan platform ini membantu proses pengiriman dan pengolahan data RSSI yang dikirim dari *gateway* agar dapat diproses secara *real-time* pada *server* dengan alamat IP publik yang stabil. Dengan demikian, sistem *indoor room-level localization* dapat diakses dan dipantau secara terpusat melalui *dashboard* tanpa terbatas oleh lokasi pengguna.



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



Google Cloud Platform

Gambar 2.10 Google Cloud Platform (GCP)

2.13 WebSocket

Menurut Dubey (2023), WebSocket merupakan protokol komunikasi dua arah yang menghubungkan klien dan *server* dengan latensi rendah, *overhead kecil*, serta mudah diterapkan hanya melalui satu koneksi TCP. Protokol ini diciptakan sebagai pengganti teknik HTTP *polling*. Proses tiga-langkah (*three-way handshake*) hanya dilakukan sekali, disertai dengan permintaan upgrade WebSocket dari klien ke *server*, sehingga koneksi tidak akan terputus dan kedua belah pihak dapat saling mengirim data secara terus-menerus. Karena efektivitasnya dan kemampuannya dalam mendukung komunikasi secara *real-time*, perangkat IoT banyak memanfaatkan protokol WebSocket untuk pertukaran data antarperangkat, sensor, dan aktuator.

2.14 Application Programming Interface (API)

Application Programming Interface (API) adalah sebuah protokol yang berfungsi untuk memungkinkan komunikasi serta interaksi antar sistem perangkat lunak yang berbeda. Salah satu jenis API yang umum digunakan adalah REST API, yang memungkinkan pertukaran data antara klien dan *server* melalui protokol HTTP. Dalam mekanismenya, klien berinteraksi dengan *server* dengan mengirimkan *request* HTTP, seperti POST, GET, PUT, dan DELETE (Kim et al., 2024).



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

2.15 Kalman Filter Satu Dimensi

Kalman Filter merupakan algoritma estimasi rekursif yang digunakan untuk memperoleh nilai keadaan sistem yang optimal dari data pengukuran yang mengandung *noise*. Algoritma ini bekerja dengan menggabungkan proses prediksi dan koreksi secara berulang untuk menghasilkan estimasi yang lebih stabil (Wang et al., 2023).

Dalam penelitian ini, *Kalman Filter* satu dimensi digunakan untuk melakukan penyaringan terhadap nilai RSSI sebagai variabel skalar. Proses *Kalman Filter* terdiri dari dua tahap utama, yaitu tahap prediksi dan tahap pembaruan (Daniswara et al., 2024).

Tahap Prediksi:

$$\hat{x}_{t|t-1} = \hat{x}_{t-1|t-1}$$

$$P_{t|t-1} = P_{t-1|t-1} + R$$

Tahap Pembaruan:

$$K_t = \frac{P_{t|t-1}}{P_{t|t-1} + Q}$$

$$\hat{x}_{t|t} = \hat{x}_{t|t-1} + K_t(z_t - \hat{x}_{t|t-1})$$

$$P_{t|t} = (1 - K_t)P_{t|t-1}$$

dengan:

$\hat{x}_{t|t-1}$ = estimasi prediksi

$x_{t|t}$ = estimasi hasil koreksi

P = kovarians error

K_t = Kalman Gain

z_t = RSSI hasil pengukuran

Q = process noise

R = measurement noise



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 implementasi sistem, *Kalman Filter* diinisialisasi untuk setiap pasangan *tag* dan *gateway* menggunakan parameter empiris yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan *indoor*. Output filter digunakan sebagai nilai RSSI yang telah disaring sebelum diproses lebih lanjut untuk penentuan lokasi ruangan.

2.16 Flowchart

Menurut Prawira et al. (2022), diagram alir (*flowchart*) adalah suatu cara untuk menggambarkan prosedur pemecahan masalah dengan memanfaatkan simbol-simbol baku yang bersifat universal dan mudah dipahami. Masing-masing simbol tersebut mewakili suatu proses atau tindakan tertentu yang akan dijalankan. Gambar 2.11 menunjukkan berbagai jenis simbol yang digunakan dalam *flowchart*.

	Flow Direction symbol Yaitu simbol yang digunakan untuk menghubungkan antara simbol yang satu dengan simbol yang lain. Simbol ini disebut juga connecting line.		Simbol Manual Input Simbol untuk pemasukan data secara manual on-line keyboard
	Terminator Symbol Yaitu simbol untuk permulaan (start) atau akhir (stop) dari suatu kegiatan		Simbol Preparation Simbol untuk mempersiapkan penyimpanan yang akan digunakan sebagai tempat pengolahan di dalam storage.
	Connector Symbol Yaitu simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar / halaman yang sama.		Simbol Predefine Proses Simbol untuk pelaksanaan suatu bagian (sub-program)/prosedure
	Connector Symbol Yaitu simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses pada lembar / halaman yang berbeda.		Simbol Display Simbol yang menyatakan peralatan output yang digunakan yaitu layar, plotter, printer dan sebagainya.
	Processing Symbol Simbol yang menunjukkan pengolahan yang dilakukan oleh komputer		Simbol disk and On-line Storage Simbol yang menyatakan input yang berasal dari disk atau disimpan ke disk.
	Simbol Manual Operation Simbol yang menunjukkan pengolahan yang tidak dilakukan oleh computer		Simbol magnetik tape Unit Simbol yang menyatakan input berasal dari pita magnetik atau output disimpan ke pita magnetik.
	Simbol Decision Simbol pemilihan proses berdasarkan kondisi yang ada.		Simbol Punch Card Simbol yang menyatakan bahwa input berasal dari kartu atau output ditulis ke kartu
	Simbol Input-Output Simbol yang menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya		Simbol Dokumen Simbol yang menyatakan input berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau output dicetak ke kertas.

Gambar 2.11 Simbol *Flowchart*



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

2.17 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai harapan. Terdapat beberapa pengujian yang dapat dilakukan terhadap sistem yang dibangun dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas bertujuan untuk menguji fungsi-fungsi utama dari sistem yang telah dikembangkan serta untuk mendeteksi ada tidaknya *bugs*. Pengujian ini dapat dilakukan dengan metode *black box testing*, yang menguji sistem berdasarkan *input* dan *output* melalui serangkaian skenario uji. Selanjutnya, persentase *error* dihitung menggunakan persamaan (1) (Ayuningtyas et al., 2023).

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Total Pengujian} - \text{Pengujian Berhasil}}{\text{Total Pengujian}} \times 100\% \quad (1)$$

2. Pengujian Stabilitas RSSI dan *Kalman Filter*

Pengujian stabilitas RSSI dan *Kalman Filter* bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan algoritma *Kalman Filter* satu dimensi dalam mereduksi fluktuasi nilai RSSI yang diterima *gateway*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data RSSI mentah (*raw* RSSI) dan data RSSI hasil penyaringan (*filtered* RSSI) pada posisi *tag* yang tetap. Hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi, karena standar deviasi dapat menunjukkan tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin stabil sinyal yang dihasilkan (Daniswara et al., 2024).

Nilai rata-rata RSSI dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$



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

Nilai standar deviasi dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Keberhasilan *Kalman Filter* ditunjukkan oleh penurunan nilai standar deviasi RSSI setelah proses penyaringan dibandingkan dengan data RSSI mentah.

3. Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan

Pengujian akurasi lokalisasi tingkat ruangan bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengidentifikasi ruangan tempat *tag* berada berdasarkan nilai RSSI yang diterima oleh *gateway*.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi ruangan oleh sistem dengan kondisi sebenarnya (*ground truth*). Tingkat akurasi dihitung menggunakan Persamaan (4) (Siddarth et al., 2026).

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Seluruh Pengujian}} \times 100\% \quad (4)$$

Selain akurasi, nilai *precision* dan *recall* juga dapat digunakan untuk mengevaluasi performa klasifikasi ruangan.

Precision dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (5)$$

Recall dihitung menggunakan Persamaan (6).

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (6)$$

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menentukan lokasi *tag* pada ruangan yang benar. Nilai akurasi,



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

precision, dan *recall* yang tinggi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi ruangan dengan baik (Siddarth et al., 2026).

4. Pengujian *Quality of Service* (QoS)

Pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk mengevaluasi kualitas layanan transmisi data antara perangkat dan klien, khususnya dari aspek *delay*, *throughput*, dan *packet loss* (Putra et al., 2021). Nilai *delay* dari hasil pengujian QoS dapat dihitung dengan persamaan (7) (Putra et al., 2021):

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket Diterima}} \quad (7)$$

Nilai *throughput* dari hasil pengujian QoS dapat dihitung dengan persamaan (8):

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data dikirim (kb)}}{\text{Waktu pengiriman (s)}} \quad (8)$$

Nilai *packet loss* dari hasil pengujian QoS dapat dihitung dengan persamaan (9):

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima}}{\text{Paket dikirim}} \times 100\% \quad (9)$$

Kemudian, nilai QoS yang diperoleh dibandingkan dengan standar QoS menurut TIPHON yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori QoS

Kategori	<i>Throughput</i>	<i>Delay</i>	<i>Packet Loss</i>	<i>Indeks</i>
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



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

Tidak Bagus	338 – 700 kbps	>450 ms	25%	1
Buruk	0 – 338 kbps	-	-	0

Sumber: (Putra, et al., 2021)

2.18 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya dapat berfungsi sebagai rujukan dalam suatu kajian ilmiah, terutama karya-karya yang relevan yang dapat dijadikan landasan bagi penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa sumber acuan dari penelitian terdahulu disajikan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Variabel	Hasil Analisis	Catatan
1	(Siddarth et al., 2026)	<i>Design and Implementation of a Zone-Based BLE Indoor Localization System Using ESP32</i>	ESP32, BLE, RSSI, zone-based system	Sistem berhasil melakukan deteksi lokasi berbasis zona dengan peningkatan akurasi dari 74% menjadi 91% menggunakan filtering sederhana <i>sliding window</i>	Menggunakan filtering sederhana berbasis <i>sliding window</i> sehingga belum memanfaatkan pendekatan estimasi rekursif seperti <i>Kalman Filter</i> untuk meningkatkan stabilitas RSSI pada lingkungan yang dinamis.
2	(Ismar et al., 2022)	Implementasi Metode Kalman Filter	Zigbee, RSSI, <i>Kalman Filter</i>	<i>Kalman Filter</i> mampu mengurangi <i>noise</i> RSSI dan	Fokus pada stabilisasi RSSI menggunakan ZigBee dan belum



© 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

No	Nama	Judul	Variabel	Hasil Analisis	Catatan
		Untuk Mengurangi Noise Sinyal RSSI pada ZigBee		membuat sinyal lebih stabil	mengimplementasi kan mekanisme lokalisasi tingkat ruangan berbasis BLE pada lingkungan <i>indoor</i> .
3	(Suseenthiran et al., 2021)	<i>Indoor Positioning Utilizing Bluetooth Low Energy RSSI on LoRa System</i>	BLE, RSSI, LoRa, <i>particle filter</i>	Sistem mampu menghasilkan <i>error</i> posisi kurang dari 2,6 meter pada sebagian besar pengujian	Berorientasi pada estimasi posisi berbasis koordinat menggunakan <i>particle filter</i> yang relatif lebih kompleks, sehingga belum mengkaji pendekatan klasifikasi lokasi tingkat ruangan yang lebih sederhana dan ringan untuk implementasi IoT.
4	(Şeker et al., 2024)	<i>Physical Tracking of ESP32 IoT Devices with RSSI Based Indoor Position</i>	ESP32, RSSI, <i>tracking system</i>	RSSI dapat digunakan untuk pelacakan perangkat IoT secara <i>real-time</i> di dalam ruangan	Menunjukkan pemanfaatan RSSI untuk pelacakan perangkat, namun belum menerapkan mekanisme penyaringan sinyal yang memadai untuk mengurangi



© 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

No	Nama	Judul	Variabel	Hasil Analisis	Catatan
		<i>Calculation</i>			fluktuasi RSSI dan meningkatkan konsistensi hasil lokalisasi.
5	(Bai et al., 2020)	<i>A Low Cost Indoor Positioning System Using Bluetooth Low Energy</i>	BLE, RSSI, <i>fingerprinting</i> , <i>grid-based</i> , <i>machine learning</i>	Penggunaan metode klasifikasi berbasis <i>Location-of-interest</i> (LoI) terbukti lebih efisien karena hanya membutuhkan pengumpulan data <i>ground truth</i> pada titik-titik penting daripada seluruh area ruangan	Mengandalkan metode <i>fingerprinting</i> yang memerlukan proses kalibrasi dan pemeliharaan basis data sidik jari sinyal, sehingga kurang fleksibel ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan.

Berdasarkan daftar penelitian terdahulu pada Tabel 2.3, belum ditemukan penelitian yang menggabungkan teknologi BLE *advertising* dengan *Kalman Filter* untuk lokalisasi tingkat ruangan. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem lokalisasi tingkat ruangan berbasis BLE yang memanfaatkan *Kalman Filter* untuk meningkatkan stabilitas RSSI dan akurasi identifikasi ruangan pada lingkungan *indoor*.



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

Sistem yang dirancang dan dibangun pada penelitian ini merupakan sistem lokalisasi dalam ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau keberadaan aset atau objek secara *real-time* pada tingkat ruangan (*room-level localization*). Sistem terdiri atas perangkat *tag* berbasis ESP32-C3 yang memancarkan sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan *gateway* berbasis ESP32-S3 yang ditempatkan pada setiap ruangan untuk menerima sinyal BLE. Data RSSI yang diterima *gateway* kemudian dikirimkan ke *server* menggunakan protokol MQTT untuk diproses dan disimpan ke dalam basis data PostgreSQL. Hasil pemrosesan selanjutnya ditampilkan melalui *dashboard* berbasis web sebagai media pemantauan lokasi aset secara *real-time*.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen. Data yang dihasilkan berupa nilai RSSI, hasil estimasi lokasi, waktu perpindahan ruangan, serta parameter komunikasi jaringan yang diperoleh dari hasil pengujian sistem. Data tersebut dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam menentukan lokasi aset pada tingkat ruangan, stabilitas sinyal RSSI setelah penerapan *Kalman Filter*, serta kualitas komunikasi data yang digunakan dalam proses pemantauan.

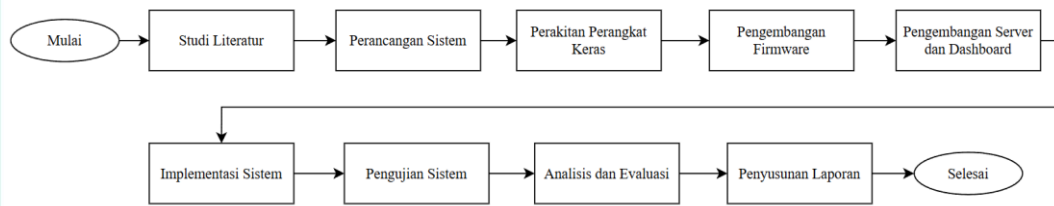
3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjabarkan serangkaian proses yang dilakukan untuk melaksanakan penelitian. Setiap tahapan dilakukan secara berurutan untuk memastikan sistem dirancang, diimplementasikan, dan dievaluasi sesuai dengan tujuan penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan alur tahapan penelitian yang dilakukan.



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 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap awal dilakukan dengan mempelajari berbagai sumber referensi seperti jurnal, buku, prosiding, dan dokumentasi teknis yang berkaitan dengan *Bluetooth Low Energy (BLE)*, *Internet of Things (IoT)*, *Kalman Filter*, *MQTT*, serta sistem lokalisasi dalam ruangan.

2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang meliputi identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan diagram blok sistem, perancangan basis data, perancangan alur komunikasi data, serta perancangan antarmuka *dashboard* pemantauan.

3. Perakitan Perangkat Keras

Tahap ini dilakukan dengan merakit perangkat *tag* berbasis ESP32-C3 dan perangkat *gateway* berbasis ESP32-S3, serta integrasi baterai Li-Po dan modul pengisian daya TP4056 pada perangkat *tag*.

4. Pengembangan *Firmware*

Pengembangan *firmware* dilakukan pada perangkat *tag* dan *gateway* menggunakan Arduino IDE. *Firmware tag* berfungsi untuk memancarkan sinyal BLE *advertising* secara berkala, sedangkan *firmware gateway* bertugas memindai sinyal BLE dan mengirimkan data RSSI ke *server* menggunakan protokol MQTT.

5. Pengembangan *Server* dan *Dashboard*



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 tahap ini dilakukan pengembangan *server* menggunakan Node.js untuk menerima data dari *gateway*, melakukan pemrosesan RSSI menggunakan *Kalman Filter*, menentukan lokasi *tag* berdasarkan data yang diterima, serta menyimpan hasil pemrosesan ke dalam basis data PostgreSQL. Selain itu, dikembangkan *dashboard* berbasis web untuk menampilkan informasi lokasi aset secara *real-time*.

6. Implementasi Sistem

Tahap ini mencakup penerapan sistem yang telah selesai dibangun untuk dilakukan evaluasi kinerja sistem melalui pengujian fungsionalitas, pengujian stabilitas RSSI dan *Kalman Filter*, pengujian akurasi lokalisasi tingkat ruangan, serta pengujian *Quality of Service* (QoS).

7. Analisis dan Evaluasi

Data hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi performa sistem yang telah dibangun. Analisis dilakukan terhadap kestabilan RSSI setelah proses *filtering*, tingkat akurasi lokalisasi, serta kualitas komunikasi data.

8. Penyusunan Laporan

Tahap terakhir dilakukan dengan menyusun laporan penelitian yang berisi seluruh proses penelitian, hasil implementasi, hasil pengujian, analisis, serta kesimpulan yang diperoleh.

3.3 Objek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem lokalisasi dalam ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau keberadaan aset atau objek secara *real-time* pada tingkat ruangan (*room-level localization*). Objek yang diamati dalam penelitian ini adalah aset atau barang yang dipasang perangkat pelacak (*tag*) berbasis ESP32-C3.

Sistem ini digunakan untuk menentukan posisi aset berdasarkan sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang dipancarkan oleh perangkat *tag* dan diterima oleh *gateway* berbasis ESP32-S3 yang ditempatkan pada setiap ruangan. Data hasil pembacaan

sinyal RSSI kemudian dikirim ke *server* untuk diproses dan ditampilkan melalui *dashboard* berbasis web sebagai media pemantauan lokasi aset secara *real-time*.



© 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



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 lokalisasi tingkat ruangan dirancang menggunakan ESP32-C3 sebagai BLE *tag* dan ESP32-S3 sebagai *gateway* pemindai. Sistem digunakan untuk memantau keberadaan aset secara *real-time* di dalam ruangan berdasarkan nilai RSSI yang diterima oleh *gateway*. Data hasil pemindaian dikirim ke *server* menggunakan protokol MQTT untuk diproses dan disimpan ke dalam basis data PostgreSQL, kemudian ditampilkan melalui *dashboard* berbasis *web*. Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menjelaskan kebutuhan *hardware* dan *software* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.1 Kebutuhan *Hardware*

No	Hardware	Deskripsi	Spesifikasi
1	ESP32-C3	Mikrokontroler yang berfungsi sebagai <i>tag</i> BLE untuk memancarkan paket <i>advertising</i> secara periodik.	• CPU: RISC-V <i>Single Core</i> hingga 160 MHz • RAM: 400 KB SRAM • Flash: 4 MB • Bluetooth: BLE 5.0 • Wi-Fi: 2.4 GHz 802.11 b/g/n • Tegangan Operasi: 3.3 V • Konsumsi Daya: <i>Low Power Mode</i>
2	ESP32-S3	Mikrokontroler yang berfungsi sebagai <i>gateway</i> untuk memindai sinyal BLE dan mengirimkan data ke <i>server</i> melalui MQTT.	• CPU: Dual-Core Xtensa LX7 hingga 240 MHz • RAM: 512 KB SRAM • Flash: 8 MB



© 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

No	Hardware	Deskripsi	Spesifikasi
			• Bluetooth: BLE 5.0 • Wi-Fi: 2.4 GHz 802.11 b/g/n • Tegangan Operasi: 3.3 V
3	Antena Eksternal 2.4 GHz	Meningkatkan sensitivitas penerimaan sinyal BLE pada gateway.	• Frekuensi: 2.4 GHz • Gain: 3 dBi • Impedansi: 50 Ω • Konektor: IPEX/U.FL
4	Baterai Li-Po	Sumber daya untuk perangkat tag.	• Tegangan Nominal: 3.7 V • Kapasitas: 1100 mAh • Rechargeable Battery
5	TP4056	Mengatur proses pengisian baterai Li-Po dan proteksi baterai.	• Input: 5 V DC • Output: 4.2 V DC • Charging Current: hingga 1 A • Proteksi Overcharge & Overdischarge
6	Kabel Jumper	Kabel koneksi antar komponen pada rangkaian elektronik.	• Kawat tembaga tunggal/pejal. • Diameter 0.5mm.
7	PCB	Papan sirkuit tempat komponen dipasang dan dihubungkan	• Ukuran: 5x7 cm • Jumlah lubang: 432 (24x18) • Diameter lubang: +/- 1mm • Jarak lubang: 2.54mm
8	Casing	Pelindung fisik perangkat dari debu, air, dan benturan	• Filamen PLA+ • Infill 60%



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

No	Hardware	Deskripsi	Spesifikasi
			• <i>Layer Height</i> 0.2

Tabel 4.2 Kebutuhan *Software*

No	Software	Deskripsi	Versi
1	C++	Bahasa pemrograman untuk <i>firmware</i> ESP32.	GCC 8.4.0
2	Node.js	<i>Runtime environment</i> di sisi <i>backend</i> .	24.14.0
3	Visual Studio Code	Platform untuk pengembangan terintegrasi.	1.124.2
4	Arduino IDE	Platform untuk mengembangkan <i>firmware</i> perangkat.	2.3.9
5	Mosquitto MQTT Broker	Protokol komunikasi <i>publish-subscribe</i> untuk menghubungkan perangkat dengan <i>server</i> .	2.1.1
6	PostgreSQL	<i>Database</i> relasional untuk penyimpanan pelacakan.	14.23

Sistem memiliki beberapa kebutuhan fungsional sebagai berikut:

1. *Tag* ESP32-C3 dapat memancarkan paket *advertising* BLE secara periodik.
2. *Gateway* ESP32-S3 dapat menerima nilai RSSI dari *tag* BLE yang terdeteksi.
3. *Gateway* dapat mengirimkan data RSSI ke *server* menggunakan protokol MQTT.
4. *Backend* dapat menerima, mengolah, dan menyimpan data RSSI ke dalam basis data.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan 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

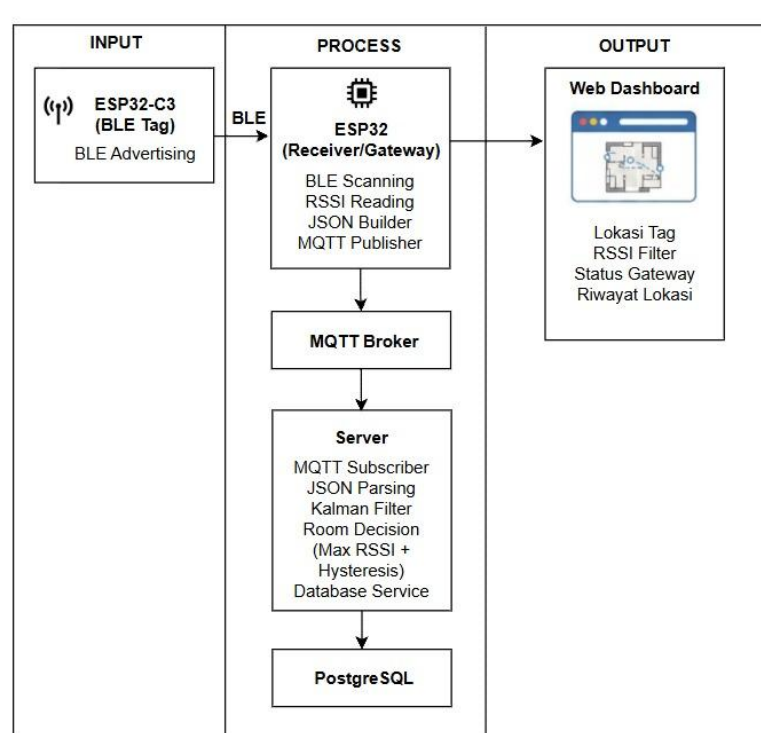
5. Sistem dapat menentukan lokasi aset pada tingkat ruangan berdasarkan data RSSI yang diterima.
6. *Dashboard web* dapat menampilkan lokasi aset dan riwayat perpindahan secara *real-time*.
7. Sistem dapat menyimpan histori perpindahan aset untuk kebutuhan pemantauan dan pelacakan.

4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan penjabaran rencana sistem sebelum diwujudkan, yang meliputi diagram blok (*block diagram*), diagram alir (*flowchart*), rangkaian skematik (*schematic diagram*), dan rancangan *pinout*.

4.2.1 Diagram Blok

Rancangan sistem pada penelitian ini divisualisasikan melalui diagram blok. Sistem tersebut dikelompokkan ke dalam tiga bagian utama, yakni *input*, *process*, dan *output*. Gambar 4.1 menunjukkan diagram blok dari sistem.



Gambar 4.1 Diagram Blok



© 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

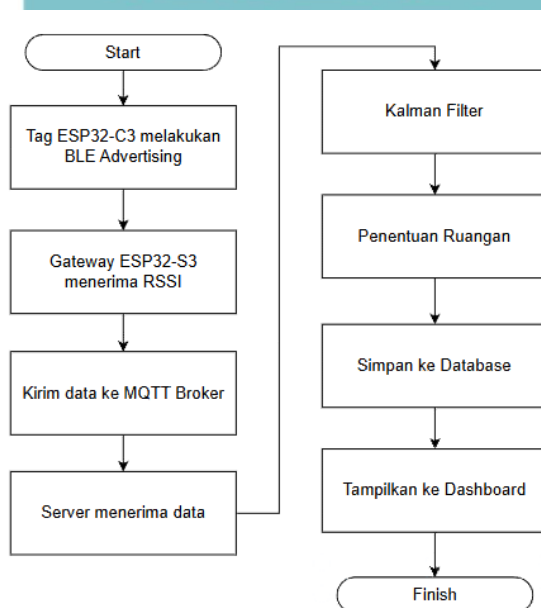
Pada bagian *input*, terdapat perangkat *tag* berbasis ESP32-C3 yang dipasang pada objek yang akan dilacak. *Tag* berfungsi memancarkan sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) secara periodik sehingga dapat dideteksi oleh *gateway* yang berada di sekitar area pemantauan.

Pada bagian *process*, terdapat *gateway* berbasis ESP32-S3 yang bertugas menerima sinyal BLE dari *tag*. Data RSSI tersebut kemudian ditransmisikan ke *server* melalui protokol MQTT menggunakan jaringan Wi-Fi. Selanjutnya, *server* menyaring sinyal RSSI menggunakan *Kalman Filter* dan mengolah data tersebut untuk menentukan lokasi *tag* berdasarkan nilai RSSI yang diterima dari setiap *gateway*.

Pada bagian *output*, sistem akan menampilkan hasil penentuan lokasi *tag* melalui *dashboard web*. *Dashboard* digunakan untuk menampilkan informasi posisi *tag* berdasarkan ruangan yang terdeteksi serta riwayat perpindahan lokasi yang tersimpan pada basis data.

4.2.2 Diagram Alur (Flowchart)

Diagram alur (*flowchart*) menggambarkan alur kerja sistem yang dibangun pada penelitian ini. Diagram alur yang dibuat terdiri dari *flowchart* keseluruhan sistem dan *flowchart* server. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan diagram alur sistem yang digunakan.





Hak Cipta :

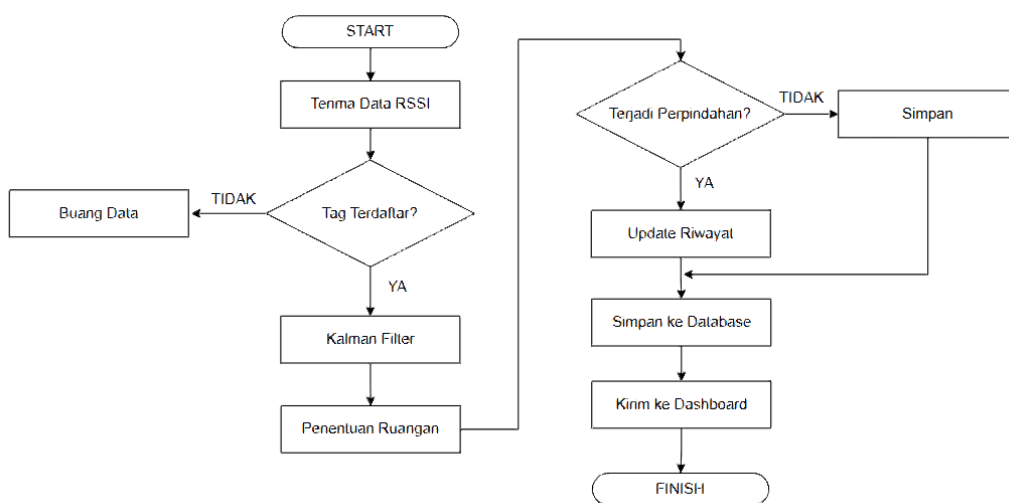
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 4.2 *Flowchart* Keseluruhan Sistem

Gambar 4.2 menunjukkan *flowchart* keseluruhan sistem pelacakan dalam ruangan yang dibangun. Proses dimulai ketika *tag* memancarkan sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) secara periodik. Sinyal tersebut kemudian diterima oleh *gateway* yang berada pada setiap ruangan.

Gateway melakukan pembacaan nilai RSSI dari sinyal yang diterima dan mengirimkan data tersebut ke *server* melalui protokol MQTT. Selanjutnya, *server* melakukan penyaringan menggunakan *Kalman Filter* dan pengolahan data untuk menentukan lokasi *tag* berdasarkan nilai RSSI yang diterima dari *gateway*. Hasil pengolahan kemudian disimpan ke dalam basis data sebagai data histori sistem.

Data lokasi yang telah tersimpan selanjutnya ditampilkan pada *dashboard web* sehingga pengguna dapat memantau posisi *tag* dan riwayat perpindahan lokasi secara *real-time*.



Gambar 4.3 *Flowchart* Server

Gambar 4.3 menunjukkan *flowchart* proses yang berlangsung pada *server*. Proses dimulai ketika *server* menerima data RSSI yang dikirim oleh *gateway* melalui protokol MQTT. Data yang diterima kemudian divalidasi berdasarkan identitas *tag* yang terdaftar pada sistem. Jika *tag* tidak terdaftar, maka data akan ditolak dan tidak diproses lebih lanjut



Hak Cipta :

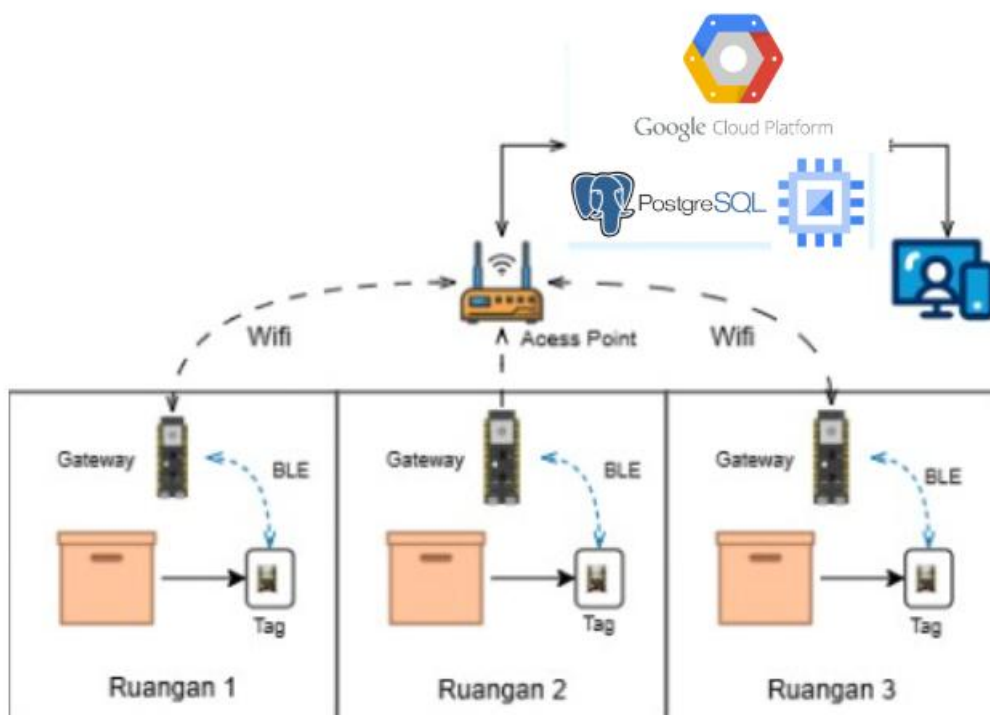
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Apabila *tag* terdaftar, *server* akan melakukan proses penyaringan data RSSI menggunakan algoritma *Kalman Filter* satu dimensi untuk mengurangi fluktuasi sinyal. Hasil penyaringan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan lokasi *tag* pada ruangan yang sesuai dengan menggunakan algoritma *proximity*.

Setelah lokasi berhasil ditentukan, *server* akan memeriksa apakah terjadi perpindahan ruangan dibandingkan dengan posisi sebelumnya. Jika terjadi perpindahan, data lokasi akan diperbarui dan disimpan ke dalam basis data. Selanjutnya, informasi lokasi terbaru dikirim ke *dashboard web* sehingga pengguna dapat memantau posisi *tag* secara *real-time*.

4.2.3 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem menggambarkan hubungan antar komponen yang terlibat dalam proses pelacakan lokasi objek, mulai dari perangkat *tag*, *gateway*, *server*, hingga *dashboard web*. Arsitektur sistem dirancang menggunakan konsep *client-server*, di mana proses akuisisi data dilakukan oleh perangkat IoT, sedangkan proses pengolahan data dilakukan secara terpusat pada *server*. Gambar 4.4 menunjukkan arsitektur sistem yang diimplementasikan pada penelitian ini.





Gambar 4.4 Arsitektur Sistem

Pada sisi perangkat, terdapat *tag* ESP32-C3 yang dipasang pada objek yang akan dilacak. *Tag* memancarkan paket *Bluetooth Low Energy (BLE) Advertising* secara periodik sehingga dapat dideteksi oleh *gateway* ESP32-S3 yang berada pada setiap ruangan. *Gateway* melakukan proses *scanning* terhadap sinyal BLE, kemudian memperoleh informasi berupa identitas *tag* dan nilai *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*.

Data RSSI yang diperoleh *gateway* selanjutnya dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* menuju *Mosquitto MQTT Broker* yang berjalan pada *Virtual Machine* di lingkungan Google Cloud Platform (GCP). *MQTT Broker* berfungsi sebagai perantara komunikasi antara *gateway* dan aplikasi *backend* sehingga proses pengiriman data dari setiap *gateway* dapat dilakukan secara efisien.

Pada sisi *server*, seluruh layanan dijalankan pada satu *Virtual Machine* yang terdiri atas *Mosquitto MQTT Broker*, *Node.js Backend*, dan *PostgreSQL Database*. *Node.js Backend* bertindak sebagai *MQTT Subscriber* yang menerima data RSSI dari setiap *gateway*. Data yang diterima kemudian diproses menggunakan *Kalman Filter* untuk mengurangi fluktuasi sinyal RSSI. Selanjutnya, sistem menentukan lokasi *tag* berdasarkan hasil pembacaan dari seluruh *gateway* yang mendeteksi *tag*. Hasil pengolahan tersebut kemudian disimpan ke dalam *Postgre Database* sebagai data historis dan informasi lokasi.

Pada sisi pengguna, sistem menyediakan *dashboard web* sebagai antarmuka pemantauan dan pengelolaan perangkat. *Dashboard* berkomunikasi dengan *backend* menggunakan REST API untuk memperoleh data yang tersimpan di dalam *database*, seperti data *tag*, *gateway*, ruangan, laporan analitik, dan riwayat lokasi. Selain itu, *dashboard* juga menggunakan *WebSocket* untuk menerima pembaruan data secara *real-time*, sehingga perubahan lokasi *tag*, status *gateway*, maupun informasi pemantauan lainnya dapat ditampilkan secara langsung tanpa perlu melakukan penyegaran halaman.

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

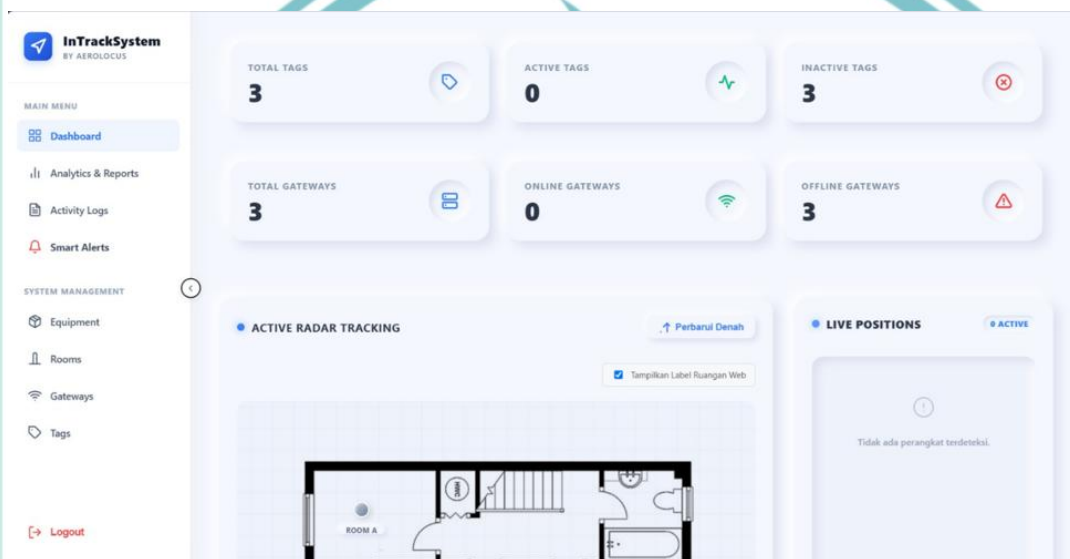


Hak Cipta :

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

4.2.4 Rancangan Antarmuka *Dashboard Web*

Rancangan antarmuka *dashboard web* dibuat sebagai media interaksi antar pengguna dengan sistem *Indoor Room-Level Localization*. *Dashboard* berfungsi untuk menampilkan hasil pemantauan posisi *tag* secara *real-time*, mengelola data perangkat, serta menyajikan informasi yang dihasilkan oleh *backend server*. Gambar 4.5 menunjukkan tampilan antarmuka *dashboard web* yang dikembangkan pada penelitian ini.



Gambar 4.5 Halaman *Dashbaord Web*

Pada halaman *dashboard* ditampilkan ringkasan kondisi sistem melalui beberapa *summary cards* yang berisi informasi jumlah total *tags*, *active tags*, *inactive tags*, total *gateways*, *online gateways*, dan *offline gateways*. Informasi tersebut diperbarui secara otomatis berdasarkan data yang diterima *backend* sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi perangkat secara cepat. Halaman *dashboard* menampilkan panel *Active Radar Tracking* yang digunakan untuk memvisualisasikan posisi *tag* pada denah bangunan.

Halaman *Analytics & Reports* digunakan untuk menyajikan hasil analisis berdasarkan data yang telah tersimpan pada *database*. Informasi yang ditampilkan meliputi riwayat aktivasi *tag*, durasi keberadaan *tag* pada setiap ruangan (*dwell time*), serta berbagai laporan yang dihasilkan dari proses pengolahan data oleh



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

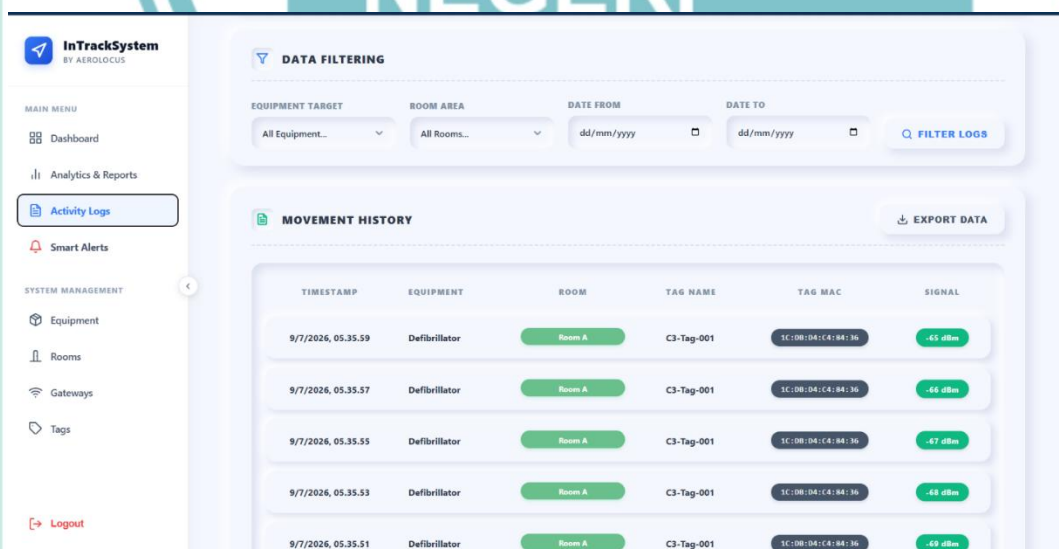
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

backend. Gambar 4.6 menunjukkan tampilan halaman *Analytics & Reports* yang digunakan pada sistem.



Gambar 4.6 Halaman *Analytics & Reports*

Halaman *Activity Logs* digunakan untuk menampilkan riwayat aktivitas yang dicatat selama sistem beroperasi. Informai yang ditampilkan meliputi identitas *tag*, *gateway* yang mendeteksi sinyal, lokasi *tag*, serta waktu terjadinya aktivitas. Gambar 4.7 menunjukkan tampilan halaman *Activity Logs* yang dikembangkan pada penelitian ini.



Gambar 4.7 Halaman *Activity Logs*

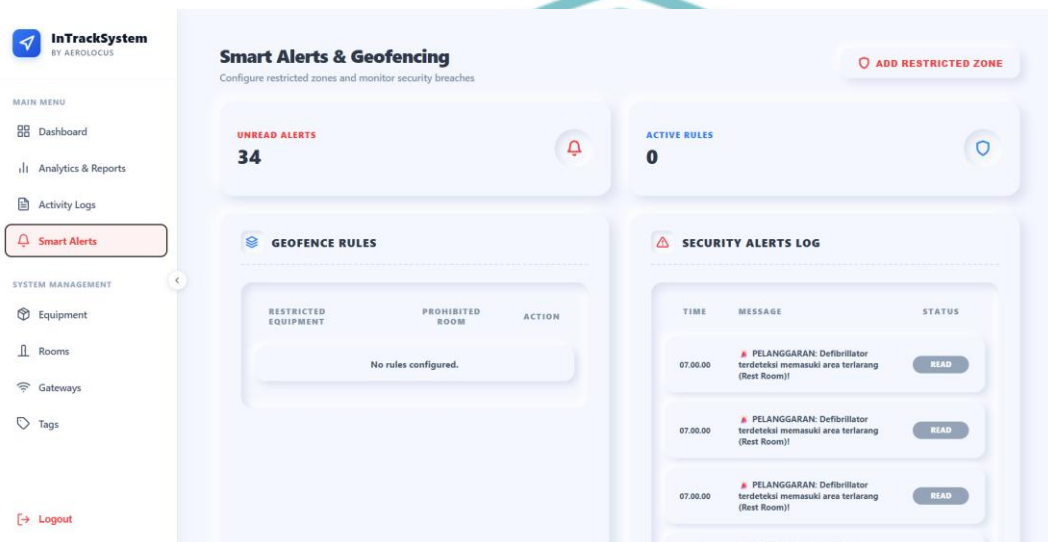


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Halaman *Smart Alerts* digunakan untuk menampilkan berbagai notifikasi yang dihasilkan secara otomatis oleh sistem berdasarkan kondisi tertentu yang terdeteksi oleh *backend*. Gambar 4.8 menunjukkan tampilan halaman *Smart Alerts* yang digunakan pada sistem.



Gambar 4.8 Halaman *Smart Alerts*

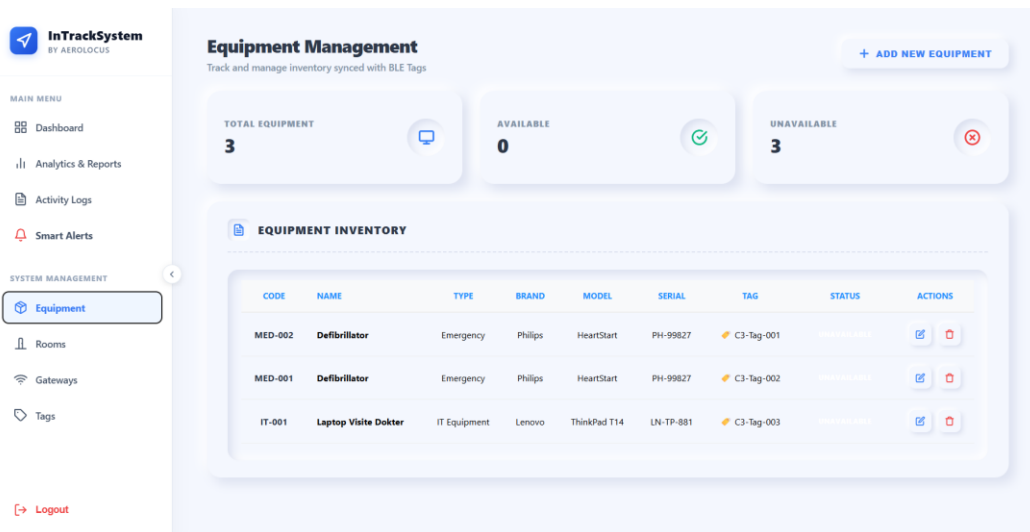
Halaman *Equipment Management* digunakan untuk mengelola data peralatan atau aset yang dipantau oleh sistem. Pada halaman ini pengguna dapat menambahkan, mengubah, maupun menghapus data peralatan yang dikaitkan dengan *tag* BLE. Gambar 4.9 menunjukkan tampilan halaman *Equipment Management* yang dikembangkan pada penelitian ini.



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

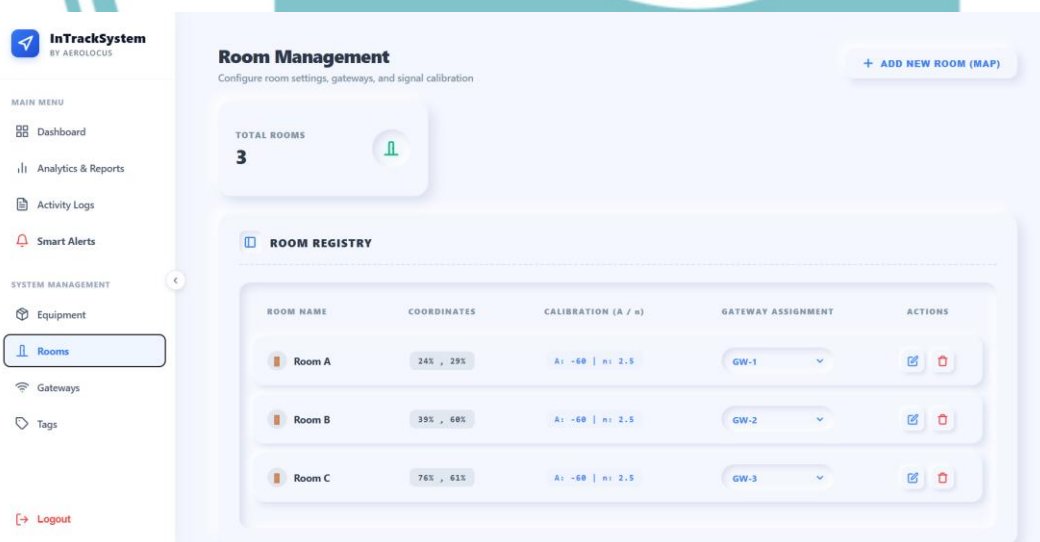
Hak Cipta :

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



Gambar 4.9 Halaman *Equipment Management*

Halaman *Rooms Management* digunakan untuk mengelola data ruangan yang terdapat pada area pemantauan. Selain informasi identitas ruangan, halaman ini juga digunakan untuk mengatur parameter RSSI Base (A) dan *Path Loss Exponent* (n) yang digunakan oleh *backend* dalam proses pengolahan data RSSI. Gambar 4.10 menunjukkan tampilan halaman *Rooms Management* yang digunakan pada sistem.



Gambar 4.10 Halaman *Rooms Management*

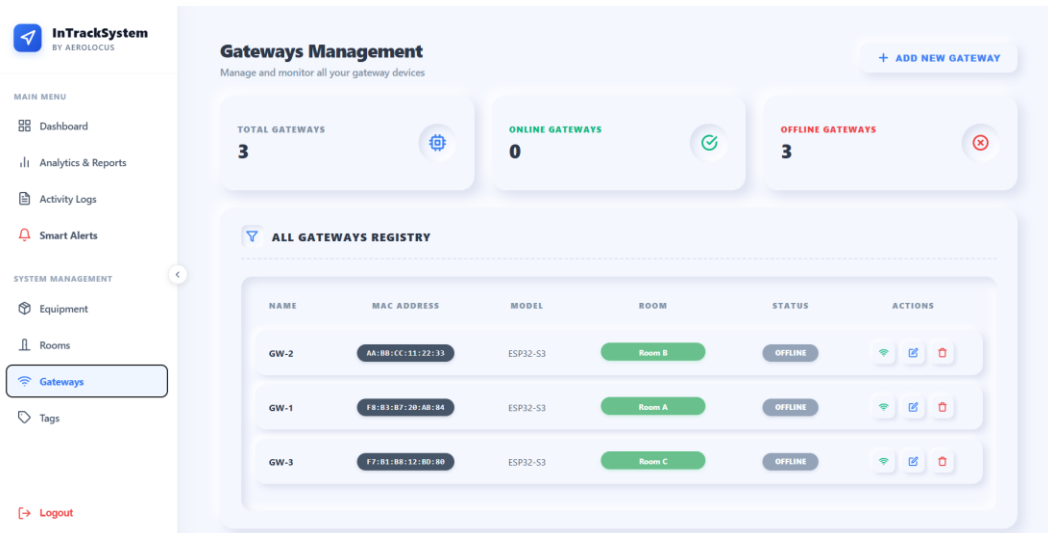


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

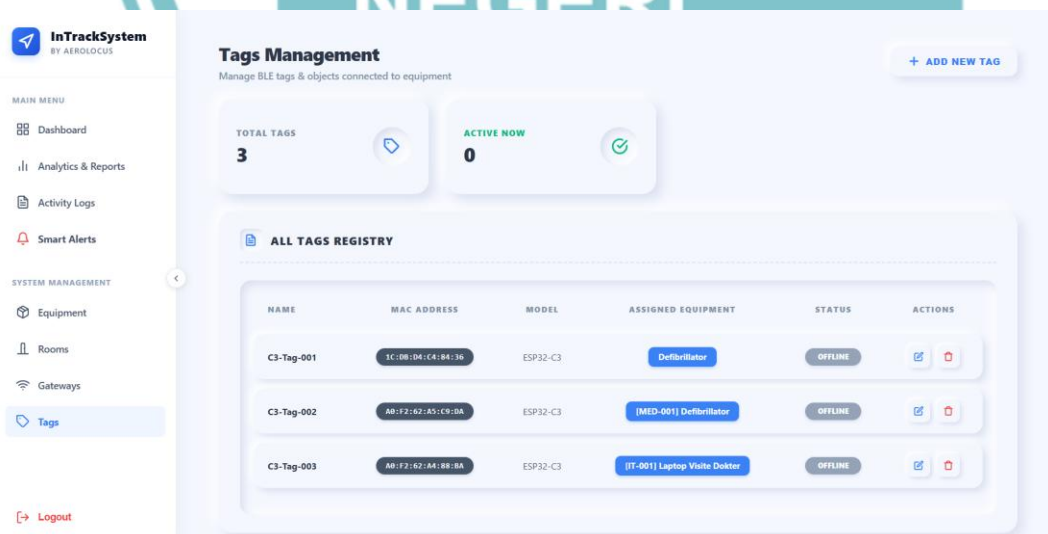
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Halaman *Gateway Management* digunakan untuk mengelola seluruh perangkat *gateway* ESP32-S3 yang digunakan pada sistem. Gambar 4.11 menunjukkan tampilan halaman *Gateway Management* yang dikembangkan pada penelitian ini.



Gambar 4.11 Halaman *Gateway Management*

Halaman *Tag Management* digunakan untuk mengelola seluruh perangkat *tag* berbasis ESP32-C3 yang menjadi objek pemantauan. Halaman ini menampilkan informasi identitas *tag*, alamat MAC, serta status perangkat. Gambar 4.12 menunjukkan tampilan halaman *Tag Management* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4.12 Halaman *Tag Management*

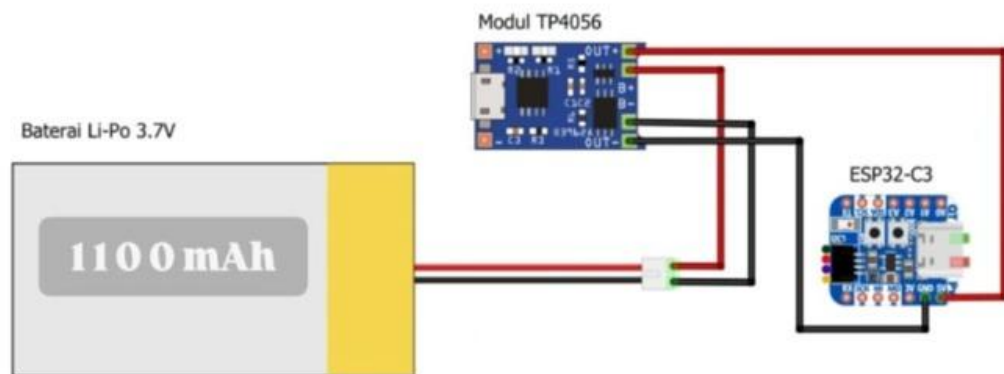


Hak Cipta :

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

4.2.5 Rancangan Skematik dan *Pinout*

Rancangan skematik menggambarkan hubungan antar komponen yang digunakan pada sistem. Sistem terdiri dari perangkat *tag* berbasis ESP32-C3 yang berfungsi sebagai pemancar sinyal BLE dan perangkat *gateway* berbasis ESP32-S3 yang berfungsi sebagai penerima sinyal BLE. Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan rancangan skematik perangkat yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4.13 Rangkaian Skematik *Tag*

Pada perangkat *tag*, sumber daya berasal dari baterai Li-Po 3,7 V yang terhubung ke modul TP4056. Modul TP4056 berfungsi sebagai pengisi daya sekaligus proteksi baterai. Keluaran dari modul TP4056 kemudian dihubungkan ke pin VIN dan GND pada ESP32-C3 sehingga perangkat dapat beroperasi dan memancarkan sinyal BLE secara periodik.

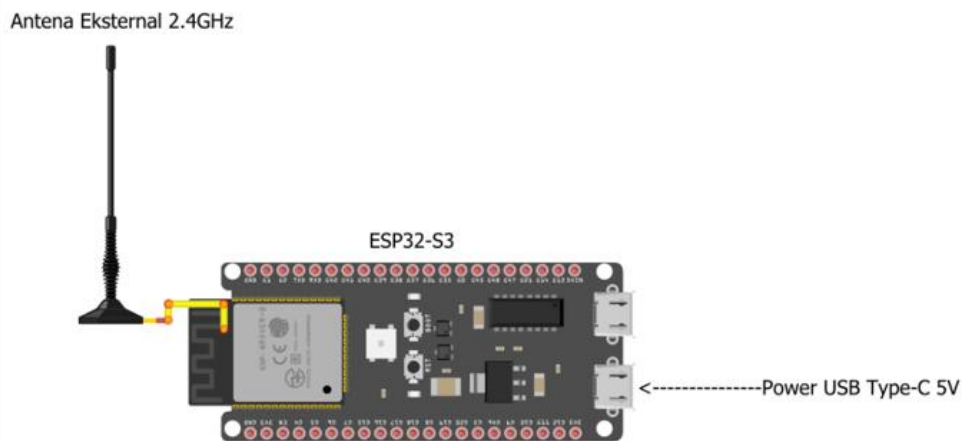
Tabel 4.3 Rancangan *Pinout Tag*

Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32-C3
TP4056	OUT+	VIN
	OUT-	GND
Baterai Li-Po	Positif (+)	B+ TP4056
	Negatif (-)	B- TP4056



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 4.14 Rancangan Skematik *Gateway*

Pada perangkat *gateway*, ESP32-S3 memperoleh sumber daya melalui port USB Type-C 5V. *Gateway* juga dilengkapi antena eksternal 2,4 GHz yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan penerimaan sinyal BLE dari perangkat *tag*. Data RSSI yang diterima *gateway* selanjutnya dikirimkan ke *server* melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol MQTT.

Tabel 4.4 Rancangan *Pinout Gateway*

Komponen	Koneksi
Adaptor 5V	Port USB Type-C ESP32-S3
Antenna 2,4 GHz	Konektor Antena ESP32-S3

4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem menjelaskan tahapan-tahapan dalam pembuatan sistem. Implementasi dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu implementasi perangkat keras, MQTT *Broker*, *backend server*. *database* PostgreSQL, serta *dashboard web*.



Hak Cipta :

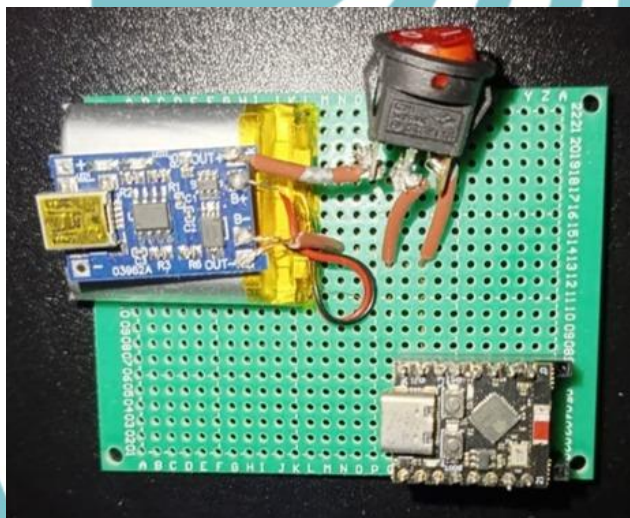
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras terdiri dari perangkain koneksi *tag* ESP32-C3 dan *gateway* ESP32-S3 dengan komponen lain seperti baterai Li-Po dan modul TP4056 di PCB.

4.3.1.1 Implementasi Perangkat *Tag*

Perangkat *tag* digunakan sebagai penanda aset yang akan dilacak. Perangkat ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32-C3 yang memiliki fitur *Bluetooth Low Energy* (BLE) terintegrasi. ESP32-C3 dikonfigurasi untuk memancarkan sinyal BLE *advertising* secara berkala sehingga dapat dideteksi oleh *gateway* yang berada di sekitarnya. Gambar 4.15 menunjukkan hasil perakitan PCB.



Gambar 4.15 Implementasi *Tag* PCB

4.3.1.2 Implementasi Perangkat *Gateway*

Perangkat *gateway* digunakan untuk menerima sinyal BLE yang dipancarkan oleh *tag* dan meneruskannya ke *server* melalui jaringan Wi-Fi. *Gateway* dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 yang memiliki kemampuan *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan Wi-Fi dalam satu perangkat.

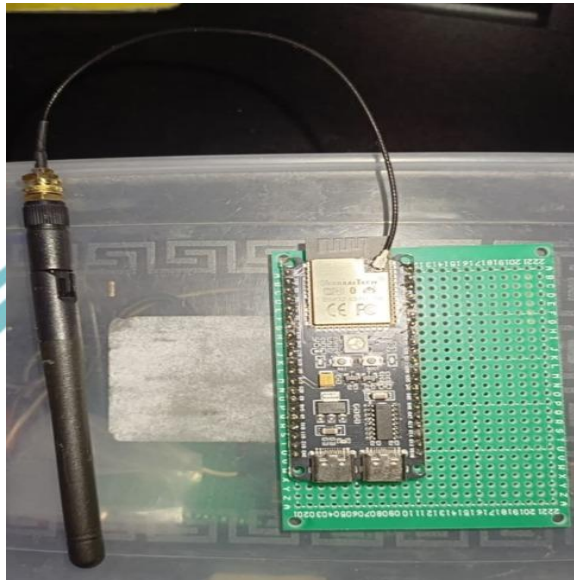
Sumber daya *gateway* berasal dari adaptor DC 5V yang dihubungkan langsung melalui port USB Type-C pada board ESP32-S3. Selain itu, perangkat



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 antena eksternal 2,4 GHz yang terhubung melalui konektor U.FL/IPEX untuk meningkatkan jangkauan dan kestabilan penerimaan sinyal BLE dari perangkat *tag*. Gambar 4.16 menunjukkan hasil perakitan PCB.



Gambar 4.16 Implementasi *Gateway* PCB

4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak terdiri dari pembuatan program untuk ESP32-C3 dan ESP32-S3, implementasi *Kalman* Filter, konfigurasi *MQTT Broker*, dan konfigurasi PostgreSQL.

4.3.2.1 Program ESP32-C3

ESP32-C3 berfungsi sebagai pemancar sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang dipasang pada aset yang akan dilacak. Fungsi utama ESP32-C3 ini adalah memancarkan paket BLE *advertising* secara berkala sehingga dapat diterima oleh *gateway* yang berada di sekitar area pemantauan.

Ketika perangkat dinyalakan, fungsi *setup()* akan melakukan inisialisasi modul BLE dengan identitas unik yang digunakan sebagai penanda setiap aset. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem mengatur daya pancar Bluetooth dan membentuk paket *advertising* yang berisi informasi identitas perangkat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17.



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

```

8 void setup() {
9   Serial.begin(115200);
10  Serial.println("Initializing BLE Beacon...");
11
12  BLEDevice::init(TAG_ID);
13  BLEDevice::setPower(ESP_PWR_LVL_P3);
14  BLEAdvertising *pAdvertising = BLEDevice::getAdvertising();
15
16  BLEAdvertisementData advData;
17  advData.setName(TAG_ID);
18  advData.addTxPower();
19
20  pAdvertising->setAdvertisementData(advData);
21  pAdvertising->setMinInterval(ADV_INTERVAL_UNITS);
22  pAdvertising->setMaxInterval(ADV_INTERVAL_UNITS);
23  pAdvertising->start();
24
25  Serial.println("BLE Beacon started successfully.");
26 }

```

Gambar 4.17 Implementasi Fungsi Setup ESP32-C3

ESP32-C3 membuat objek *advertising* melalui *BLEDevice::getAdvertising()* untuk menyiapkan data yang akan dipancarkan. Data *advertising* dibentuk menggunakan *BLEAdvertisementData*, yang berisi nama tag (*TAG_ID*) dan informasi daya transmisi (*addTxPower()*). Data ini dikemas dan diatur agar dikirim secara periodik dengan interval yang ditentukan oleh *ADV_INTERVAL_UNITS*.

Proses pemancaran sinyal BLE dimulai dengan *pAdvertising->start()*. Pada tahap ini, ESP32-C3 mulai memancarkan paket BLE yang berisi identitas *tag* dan kekuatan sinyal, sehingga dapat dideteksi oleh gateway ESP32-S3.

Dalam fungsi *loop()*, sistem tidak melakukan pemrosesan tambahan, melainkan hanya menjalankan *delay* 1 detik menggunakan *vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS)* untuk menjaga kestabilan tugas dan memberi waktu bagi sistem operasi FreeRTOS pada perangkat. Dengan demikian, ESP32-C3 akan terus memancarkan sinyal BLE secara periodik selama perangkat aktif.

4.3.2.2 Program ESP32-S3

Peran utama ESP32-S3 adalah mengelola komunikasi antar komponen, yaitu modul Wi-Fi untuk koneksi internet, modul BLE untuk mendeteksi sinyal BLE dari



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

ESP32-C3, serta menangani proses pengiriman data ke *server* melalui protokol MQTT. Saat perangkat dinyalakan, ESP32 langsung mengeksekusi fungsi *setup()* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.

```

116 void setup() {
117     Serial.begin(115200);
118     delay(1000);
119
120     Serial.println("\n--- GATEWAY ESP32-DEVKIT V1 MENYALA ---");
121
122     WiFi.begin(ssid, password);
123     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
124         delay(500);
125         Serial.print(".");
126     }
127     Serial.println("\n WiFi OK");
128
129     mqttClient.setServer(MQTT_BROKER, MQTT_PORT);
130     mqttClient.setBufferSize(512);
131
132     BLEDevice::init(GATEWAY_MAC);
133     pBLEScan = BLEDevice::getScan();
134     pBLEScan->setAdvertisedDeviceCallbacks(new MyCallbacks());
135     pBLEScan->setActiveScan(true);
136     pBLEScan->setInterval(100);
137     pBLEScan->setWindow(99);
138
139     xTaskCreatePinnedToCore(TaskMQTT, "MQTT_Task", 8192, NULL, 1, NULL, 1);
140     xTaskCreatePinnedToCore(TaskScan, "Scan_Task", 4096, NULL, 1, NULL, 0);
141 }
  
```

Gambar 4.18 Implementasi Fungsi Setup ESP32-S3

ESP32-S3 mengaktifkan modul BLE dengan MAC *address gateway*. Proses scanning BLE dilakukan secara aktif dengan interval dan window tertentu. *Callback* MyCallbacks digunakan untuk mendeteksi perangkat BLE yang memiliki nama dengan prefiks *tag_esp32c3_*. Jika *tag* terdeteksi, sistem mencatat MAC *address*, nilai RSSI, TX power, serta *timestamp*, lalu menyimpannya ke dalam *queue* untuk diproses lebih lanjut.

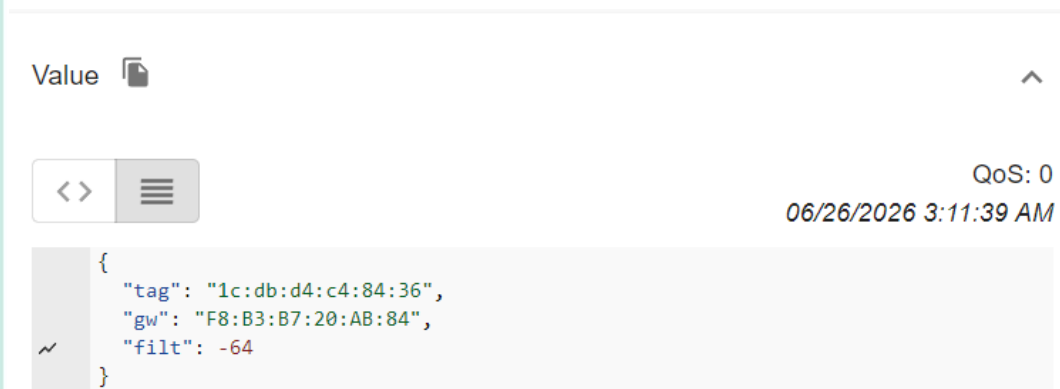
Program ini menggunakan dua task paralel berbasis FreeRTOS. *Task* pertama adalah TaskScan, yang bertugas melakukan *scanning* BLE secara periodik dan memasukkan hasil deteksi ke dalam *queue*. *Task* kedua adalah TaskMQTT, yang bertugas menjaga koneksi Wi-Fi dan MQTT tetap aktif. Apabila koneksi terputus, sistem akan mencoba menyambung ulang secara otomatis. Jika koneksi masih aktif, *task* ini mengambil data dari *queue*, merangkai *payload* JSON berisi informasi *tag*



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

dan *gateway*, lalu mengirimkannya ke *broker* MQTT. *Payload* yang dikirim berformat *string* JSON seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Format *String* JSON

Fungsi *loop()* tidak digunakan untuk logika utama, melainkan hanya memanggil *vTaskDelete(NULL)* karena seluruh proses sudah dijalankan oleh *task-task* FreeRTOS. Dengan arsitektur ini, ESP32-S3 mampu mendeteksi *tag* BLE, memproses nilai RSSI, dan mengirimkan data ke *server* MQTT secara periodik dan *real-time*.

4.3.2.3 Implementasi *Kalman Filter*

Kalman Filter digunakan untuk mengurangi fluktuasi nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) yang diperoleh dari hasil pemindaian sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE). Fluktuasi RSSI terjadi akibat adanya interferensi lingkungan, pantulan sinyal (*multipath fading*), maupun keberadaan objek di sekitar area pengukuran. Kondisi tersebut menyebabkan nilai RSSI yang diterima *gateway* berubah-ubah meskipun posisi *tag* tidak mengalami perpindahan. Oleh karena itu, sebelum digunakan dalam proses penentuan lokasi, setiap data RSSI terlebih dahulu diproses menggunakan *Kalman Filter* satu dimensi sehingga diperoleh nilai RSSI yang lebih stabil. Gambar 4.20 menunjukkan rancangan implementasi *Kalman Filter* yang diterapkan pada sistem.



© 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

```
const kalmanMemories = new Map();

getSmoothedRssiAndBestRoom: (tagId, gatewayId, rawRssi, roomId) => {

  const memoryKey = `${tagId}_${gatewayId}`;

  if (!kalmanMemories.has(memoryKey)) {
    kalmanMemories.set(memoryKey, new KalmanFilter(0.01, 1));
  }

  const kf = kalmanMemories.get(memoryKey);
  const smoothedRssi = kf.filter(rawRssi);

  return {
    smoothedRssi: Math.round(smoothedRssi),
    bestRoomId: finalBestRoomId
  };
}
```

Gambar 4.20 Implementasi *Kalman Filter*

Implementasi *Kalman Filter* dilakukan pada sisi *server*, sehingga *gateway* hanya bertugas menerima sinyal BLE dari *tag* dan mengirimkan nilai RSSI ke *server* melalui protokol MQTT. Setelah data RSSI diterima, *server* akan melakukan proses *filtering* menggunakan kelas *KalmanFilter* sebelum data digunakan pada proses penentuan lokasi *tag*. Gambar 4.21 menunjukkan implementasi kelas *Kalman Filter*.

```
class KalmanFilter {
  constructor(Q = 0.01, R = 1) {
    this.Q = Q;
    this.R = R;
    this.A = 1;
    this.C = 1;
    this.cov = NaN;
    this.x = NaN;
  }
}
```

Gambar 4.21 Implementasi Kelas *Kalman Filter*



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

Kelas tersebut menyimpan beberapa parameter yang digunakan selama proses *filtering*, yaitu *Process Noise* (Q), *Measurement Noise* (R), *State Transition* (A), *Measurement Model* (C), nilai estimasi (*state estimate*), serta kovarians estimasi. Tabel 4.5 menunjukkan parameter yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4.5 Parameter *Kalman Filter*

Parameter	Nilai	Keterangan
Q	0,01	<i>Process Noise</i>
R	1	<i>Measurement Noise</i>
A	1	<i>State Transition</i>
C	1	<i>Measurement Model</i>

Nilai Q = 0.01 dipilih untuk mengakomodasi perubahan kecil pada kondisi sinyal, sedangkan R = 1 digunakan sebagai tingkat ketidakpastian data hasil pengukuran RSSI. Karena penelitian ini hanya memproses satu variabel, yaitu nilai RSSI, maka digunakan *Kalman Filter* satu dimensi, sehingga nilai A dan C ditetapkan sebesar 1.

Ketika *server* menerima data RSSI untuk pertama kali dari suatu pasangan *tag* dan *gateway*, sistem belum memiliki nilai estimasi sebelumnya. Oleh karena itu, data RSSI pertama digunakan sebagai estimasi awal (*initial estimate*), sedangkan nilai kovarians diinisialisasi menggunakan nilai *Measurement Noise* (R). Gambar 4.22 menunjukkan proses implementasi tersebut.

```
if (isNaN(this.x)) {
    this.x = (1 / this.C) * measurement;
    this.cov = (1 / this.C) * this.R * (1 / this.C);
}
```

Gambar 4.22 Proses Inisialisasi Filter

Setelah proses inisialisasi selesai, setiap data RSSI berikutnya diproses menggunakan tahapan *prediction* dan *correction*. Pada tahap *prediction*, 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

memperkirakan nilai RSSI berdasarkan estimasi sebelumnya menggunakan persamaan $\hat{x}_{\bar{k}} = A\hat{x}_{k-1}$.

Selain memperkirakan nilai RSSI, sistem juga menghitung kovarians prediksi menggunakan persamaan $P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$.

Implementasi kedua persamaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.23.

```
const predX = this.A * this.x;
const predCov = (this.A * this.cov * this.A) + this.Q;
```

Gambar 4.23 Prediction

Selanjutnya sistem menghitung *Kalman Gain* (K) yang berfungsi sebagai faktor pembobot antara hasil prediksi dan data RSSI hasil pengukuran tertentu. Nilai

Kalman Gain dihitung menggunakan persamaan $K_k = \frac{P_k^- C^T}{CP_k^- C^T + R}$.

Implementasi perhitungan *Kalman Gain* ditunjukkan pada Gambar 4.24.

```
const K =
  predCov *
  this.C *
  (
    1 /
    ((this.C * predCov * this.C) + this.R)
  );
```

Gambar 4.24 Perhitungan Kalman Gain

Nilai *Kalman Gain* berada pada rentang 0 sampai 1. Semakin besar nilai *Kalman Gain*, maka hasil estimasi akan semakin mengikuti data RSSI hasil pengukuran terbaru. Sebaliknya, apabila nilai *Kalman Gain* semakin kecil, maka hasil estimasi akan lebih mempertahankan estimasi sebelumnya sehingga perubahan nilai RSSI menjadi lebih halus.



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

Tahap berikutnya adalah melakukan pembaruan estimasi (*correction*) menggunakan data RSSI hasil pengukuran terbaru. Estimasi baru dihitung menggunakan persamaan $\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - C\hat{x}_k^-)$.

Setelah estimasi diperoleh, kovarians diperbarui menggunakan persamaan $P_k = P_k^- - K_k C P_k^-$.

Implementasi kedua proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.25.

```

this.x =
    predX +
    K *
    (
        measurement -
        (this.C * predX)
    );

this.cov =
    predCov -
    (
        K * this.C * predCov
    );
  
```

Gambar 4.25 *Correction*

Nilai estimasi yang dihasilkan pada tahap *correction* merupakan RSSI hasil *filtering* yang selanjutnya digunakan pada proses penentuan lokasi *tag*. Sebagai ilustrasi penerapan algoritma, diasumsikan *gateway* menerima dua data RSSI secara berturut-turut sebesar -67 dBm dan -72 dBm. Pada data pertama, sistem melakukan proses inisialisasi sehingga diperoleh nilai estimasi awal sebesar -67 dBm dengan kovarians awal sebesar 1. Ketika data kedua diterima, sistem terlebih dahulu melakukan proses *prediction*. Karena nilai $A = 1$, maka estimasi prediksi tetap sebesar -67 dBm, sedangkan kovarians prediksi dihitung sebesar 1,01.

Selanjutnya, nilai *Kalman Gain* dihitung sebagai berikut.

$$K = \frac{1,01}{1,01 + 1} = 0,5025$$



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

Nilai *Kalman Gain* tersebut kemudian digunakan untuk memperbarui estimasi RSSI sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{x} &= -67 + 0,5025 (-71 - (-67)) \\ &= -67 + 0,5025(-5) \\ &= -69,5125 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai RSSI hasil *filtering* menjadi -69,51 dBm, sedangkan kovarians diperbarui menjadi.

$$P = 1,01 - (0,5025 \times 1,01) = 0,5025$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Kalman Filter* tidak langsung mengikuti perubahan nilai RSSI mentah dari -67 dBm menjadi -72 dBm, tetapi menghasilkan estimasi yang lebih halus, yaitu -69,51 dBm. Proses ini terus dilakukan secara berulang setiap kali *server* menerima data RSSI baru sehingga nilai RSSI yang digunakan pada proses penentuan lokasi menjadi lebih stabil.

4.3.2.4 Konfigurasi MQTT *Broker*

MQTT broker digunakan sebagai protokol komunikasi utama antara *gateway* dengan *server*. Pada penelitian ini, *broker* MQTT Mosquitto di-*install* dan dijalankan pada mesin virtual di Google Cloud Platform (GCP). Namun, akses *broker* dibatasi melalui *firewall* pada lingkungan GCP agar hanya *gateway* yang terdaftar yang dapat melakukan koneksi ke *server* dan *broker* berjalan pada *port* standar 1883. Gambar 4.26 menunjukkan hasil konfigurasi untuk *service* mosquitto.conf.



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

```
GNU nano 6.2 /etc/mosquitto/mosquitto.conf *
# Place your local configuration in /etc/mosquitto/conf.d/
#
# A full description of the configuration file is at
# /usr/share/doc/mosquitto/examples/mosquitto.conf.example

pid_file /run/mosquitto/mosquitto.pid

persistence true
persistence_location /var/lib/mosquitto/

log_dest file /var/log/mosquitto/mosquitto.log

include_dir /etc/mosquitto/conf.d

listener 1883
allow_anonymous true

log_type all
connection_messages true
```

Gambar 4.26 Konfigurasi Mosquitto.conf.

4.3.2.5 Konfigurasi Database PostgreSQL

PostgreSQL digunakan sebagai *database* relasional untuk menyimpan data pelacakan aset dari perangkat IoT. Pada penelitian ini, PostgreSQL di-*install* langsung pada mesin virtual di Google Cloud Platform (GCP). PostgreSQL berjalan pada *port* standar 5432. Gambar 4.27 menunjukkan hasil konfigurasi utama PostgreSQL.

```
GNU nano 6.2 /etc/postgresql/14/main/postgresql.conf

#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----

# - Connection Settings -

listen_addresses = '*'          # what IP address(es) to listen on;
                                # comma-separated list of addresses;
                                # defaults to 'localhost'; use '*' for all
                                # (change requires restart)
port = 5432                     # (change requires restart)
max_connections = 100           # (change requires restart)
#superuser_reserved_connections = 3 # (change requires restart)
unix_socket_directories = '/var/run/postgresql' # comma-separated list of directories
                                # (change requires restart)
#unix_socket_group = ''         # (change requires restart)
#unix_socket_permissions = 0777 # begin with 0 to use octal notation
                                # (change requires restart)
#bonjour = off                  # advertise server via Bonjour
                                # (change requires restart)
#bonjour_name = ''              # defaults to the computer name
                                # (change requires restart)
```

Gambar 4.27 Konfigurasi Utama PostgreSQL



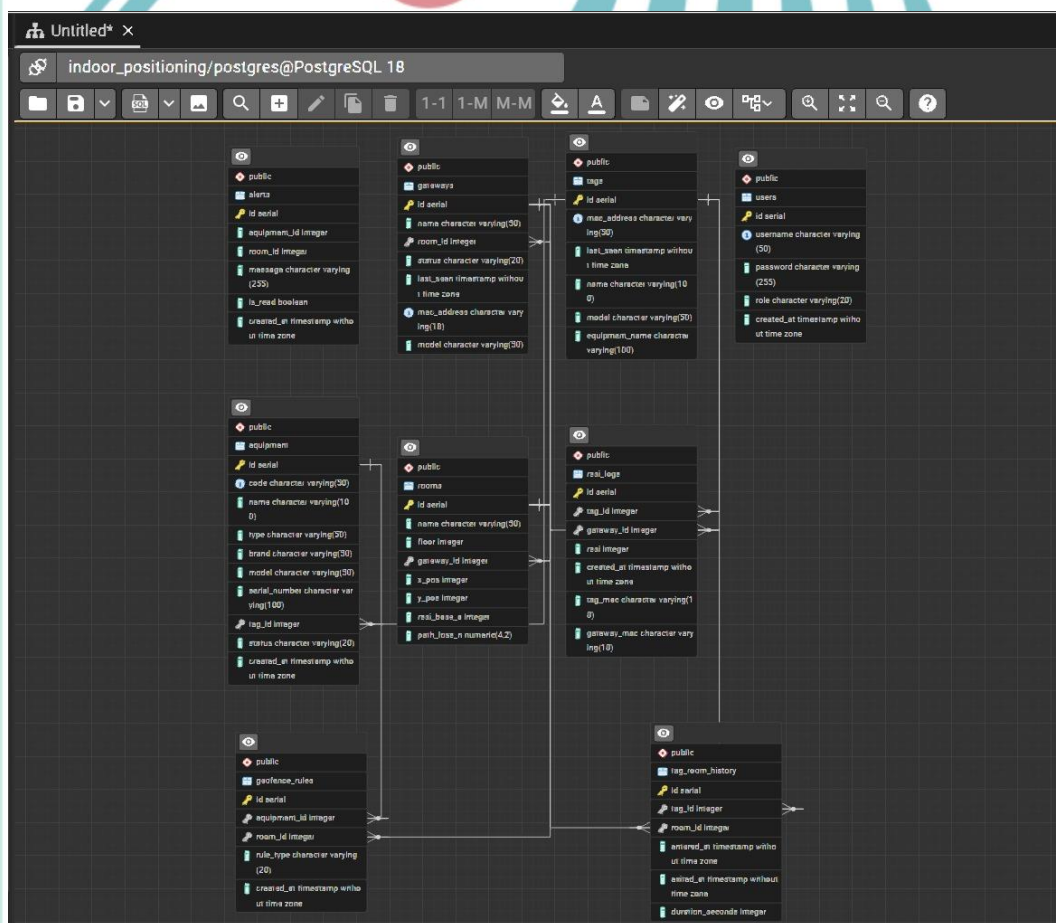
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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 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

Struktur *database* terdiri atas beberapa tabel utama, yaitu tabel *tags*, *gateways*, *rooms*, *equipment*, *rsi_logs*, *tag_room_history*, *geofence_rules*, *alerts*, dan *users*. Tabel *tags* digunakan untuk menyimpan informasi perangkat *tag* yang dipasang pada aset. Tabel *gateways* menyimpan informasi perangkat *gateways* yang digunakan sebagai pemindai BLE. Tabel *rooms* digunakan untuk menyimpan data ruangan beserta koordinat visualisasi pada peta.

Tabel *equimpent* digunakan untuk menghubungkan aset fisik dengan perangkat *tag* yang digunakan. Sementara itu, tabel *rsi_logs* berfungsi menyimpan data RSSI mentah dan RSSI hasil filter. Gambar 4.28 menunjukkan skema *database* yang digunakan dalam sistem.



Gambar 4.28 Skema Tabel *Database*



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 Pengujian Sistem

Bagian ini menjelaskan tahapan pengujian yang dilakukan terhadap setiap komponen sistem *Indoor Room-Level Localization* berbasis ESP32 yang telah dirancang, beserta hasil dan analisisnya. Pengujian dilakukan untuk menjawab tiga rumusan masalah penelitian, yaitu: (1) kemampuan arsitektur sistem dalam melakukan akuisisi data RSSI, (2) kinerja transmisi data secara *real-time* antara *gateway* dan *server* melalui protokol MQTT berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS), serta (3) pengaruh penerapan *Kalman Filter* terhadap stabilitas nilai RSSI dan dampaknya pada akurasi identifikasi ruangan. Bagian ini terdiri dari deskripsi pengujian, prosedur pengujian, data hasil pengujian, serta analisis data dan evaluasi hasil pengujian.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 dalam menentukan lokasi perangkat pada tingkat ruangan menggunakan parameter RSSI yang telah distabilkan dengan *Kalman Filter*. Pengujian dalam penelitian ini disusun berdasarkan aspek yang relevan dengan tujuan penelitian dan kebutuhan sistem, serta mengacu pada metode pengujian sistem *Internet of Things* (IoT) dan referensi penelitian sebelumnya. Pengujian yang dilakukan meliputi empat aspek berikut.

1. Pengujian fungsionalitas, untuk memastikan setiap komponen sistem mulai dari perangkat ESP32-C3 *tag*, ESP32-S3 *gateway*, hingga *server* dan *dashboard* berjalan sesuai rancangan.
2. Pengujian stabilitas RSSI dan *Kalman Filter*, untuk membandingkan data RSSI mentah dengan data yang telah difilter, serta menghitung seberapa besar standar deviasi yang dihasilkan oleh algoritma *Kalman Filter*.
3. Pengujian komparasi akurasi lokalisasi tingkat ruangan, untuk mengevaluasi dan membandingkan tingkat keakuratan sistem dalam menentukan lokasi *tag* berdasarkan *gateway* dengan nilai RSSI tertinggi ketika menggunakan data RSSI mentah tanpa *Kalman Filter* dengan data RSSI yang telah diproses dengan *Kalman Filter*.



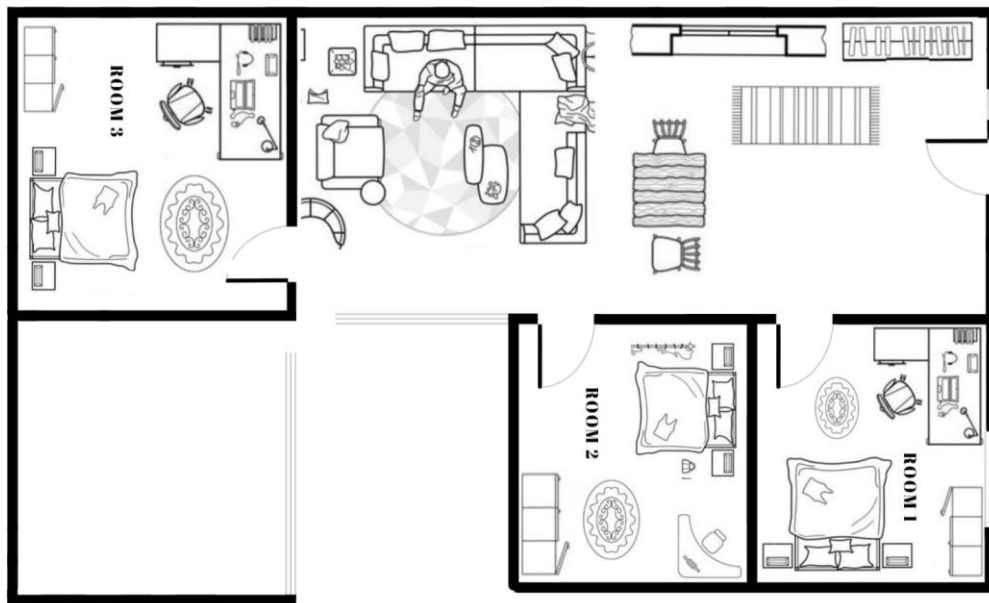
Hak Cipta :

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. Pengujian *Quality of Service* (QoS), meliputi *delay*, *throughput*, dan *packet loss*, untuk menilai kualitas transmisi data *real-time* antara *gateway* dan *server* melalui protokol MQTT.

4.4.2 Lingkungan Pengujian

Pengujian sistem lokalisasi ini dilakukan di sebuah rumah tinggal yang terdiri dari tiga ruangan tertutup, yaitu *Room 1*, *Room 2*, dan *Room 3*. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk merepresentasikan kondisi lingkungan dalam ruangan (*indoor*) yang sebenarnya, di mana terdapat redaman sinyal yang disebabkan oleh dinding pembatas dan perabotan rumah. Tata letak dari ketiga ruangan yang digunakan sebagai area pengujian dapat dilihat pada denah di Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Denah Lingkungan Pengujian

Selain denah, kondisi fisik dari lorong dan pintu masuk menuju masing-masing ruangan pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.30. Kondisi fisik ini memperlihatkan lingkungan asli pengujian yang memiliki potensi interferensi dan pelemahan sinyal RSSI akibat adanya halangan fisik serta potensi terjadinya *ping-pong effect*, yaitu masalah saat sistem pelacakan secara keliru mendeteksi aset



© 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

berpindah-pindah posisi dengan cepat antara dua titik yang berbeda, walaupun pengguna tersebut sedang diam.



Gambar 4.30 Kondisi Fisik Asli Area Pengujian di Luar Ruangan 1, 2, 3

4.4.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian menjelaskan langkah-langkah yang ditempuh dalam melaksanakan setiap jenis pengujian agar diperoleh data valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

4.4.2.1 Prosedur Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan terhadap sistem yang telah dirancang menggunakan metode *black box testing*. Metode ini dipilih karena pengujian berfokus pada kesesuaian antara *input* dan *output* setiap komponen tanpa memperhatikan struktur internal maupun kode sumber dari masing-masing komponen. Tabel 4.6 menunjukkan skenario pengujian fungsionalitas yang dilakukan.



Tabel 4.6 Prosedur Pengujian Fungsionalitas

No.	Metode Pengujian	Tujuan Pengujian
1.	Mengaktifkan perangkat ESP32-C3 <i>tag</i> dan memantau pancaran sinyal BLE menggunakan aplikasi pemindai BLE pada <i>smartphone</i> .	Menguji fungsionalitas <i>tag</i> dalam memancarkan sinyal BLE dan memverifikasi bahwa sinyal dapat dikenali oleh perangkat pemindai standar.
2.	Menjalankan fungsi pemindaian pada ESP32-S3 <i>gateway</i> dan memantau <i>output</i> melalui <i>Serial Monitor</i> .	Menguji fungsionalitas <i>gateway</i> dalam menerima sinyal BLE dan mengekstrak nilai RSSI dari sinyal yang diterima.
3.	Mengirimkan data RSSI dari <i>gateway</i> ke MQTT <i>Broker</i> dan memantau data yang masuk melalui MQTT <i>client</i> .	Menguji fungsionalitas <i>gateway</i> dalam mengirim data serta MQTT <i>Broker</i> dalam menerima dan meneruskan data ke topik yang sesuai.
4.	Menjalankan <i>server backend</i> dan memantau <i>log</i> penerimaan data dari MQTT <i>Broker</i> .	Menguji fungsionalitas <i>backend</i> dalam melakukan koneksi ke MQTT <i>Broker</i> dan menerima <i>payload</i> data RSSI.
5.	Memverifikasi proses <i>Kalman Filter</i> dengan membandingkan data RSSI sebelum dan sesudah <i>filtering</i> pada <i>log backend</i> .	Menguji fungsionalitas algoritma <i>Kalman Filter</i> dalam memproses data RSSI yang diterima.
6.	Memeriksa <i>database</i> untuk memastikan data RSSI dan informasi lokasi tersimpan dengan benar.	Menguji fungsionalitas <i>backend</i> dalam menyimpan data hasil pemrosesan ke dalam <i>database</i> .
7.	Memantau komunikasi WebSocket melalui fitur <i>Network</i> pada <i>browser dashboard</i> .	Menguji fungsionalitas WebSocket dalam mengirimkan data secara <i>real-time</i> dari <i>server</i> ke <i>dashboard</i> .

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

No.	Metode Pengujian	Tujuan Pengujian
8.	Mengakses <i>endpoint</i> REST API menggunakan Postman untuk memverifikasi respons.	Menguji fungsionalitas REST API dalam melayani permintaan data dari klien.
9.	Menjalankan <i>dashboard web</i> dan memverifikasi bahwa lokasi aset ditampilkan sesuai dengan data yang diterima.	Menguji fungsionalitas <i>dashboard</i> dalam menampilkan informasi lokasi secara visual.

Prosedur pengujian fungsionalitas dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Menyiapkan seluruh komponen sistem, meliputi perangkat ESP32-C3 *tag*, ESP32-S3 *gateway*, serta *server backend*.
2. Memastikan seluruh perangkat terhubung pada jaringan yang sama dan seluruh layanan pada *server* dalam keadaan aktif.
3. Melakukan pengujian terhadap sembilan skenario secara berurutan, dimulai dari lapisan perangkat keras, lapisan komunikasi data, lapisan pemrosesan, lapisan penyimpanan, hingga lapisan antarmuka.
4. Mencatat hasil setiap skenario pengujian, baik berhasil maupun gagal, beserta detail hasil yang teramati.

4.4.2.2 Prosedur Pengujian Stabilitas RSSI

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana algoritma *Kalman Filter* mampu memperhalus fluktuasi sinyal RSSI, serta untuk menentukan kombinasi nilai *process noise covariance* (Q) dan *measurement noise covariance* (R) yang paling sesuai. Skenario pengujian bersifat statis, di mana beberapa parameter nilai Q dan R diujicobakan untuk memperoleh hasil *filtering* terbaik. Tabel 4.7 menunjukkan parameter pengujian.

Tabel 4.7 Prosedur Pengujian Stabilitas RSSI

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Lokasi Pengujian	<i>Room 1</i>



© 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	Jumlah <i>Gateway</i> Aktif	3 (<i>Gateway</i> 1, 2, 3)
3	<i>Gateway</i> Data Utama	<i>Gateway</i> 1
4	Posisi <i>Tag</i>	Statis
5	Ketinggian <i>Tag</i>	± 1 meter dari lantai
6	Jumlah Sampel	100 data
7	Jenis Data Direkam	<i>Raw RSSI</i> dan <i>RSSI Kalman Filter</i>
8	Kombinasi Parameter Diuji	(a) $R=1$, $Q=0.01$; (b) $R=1$, $Q=1$; (c) $R=1$, $Q=0.1$; (d) $R=100$, $Q=0.1$

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Mempersiapkan perangkat *tag*, *gateway*, dan *server backend*.
2. Menghidupkan seluruh *gateway*.
3. Menerapkan parameter *Kalman Filter* pada kombinasi awal: $R=1$, $Q=0.01$.
4. Mencatat 100 sampel data RSSI dari *gateway* 1, meliputi nilai RSSI tanpa filter dan RSSI menggunakan *Kalman Filter*.
5. Mengulangi dua langkah sebelumnya untuk tiga kombinasi parameter lainnya, yaitu $R=1$, $Q=1$; $R=1$, $Q=0.1$; serta $R=100$, $Q=0.1$.
6. Melakukan perhitungan rata-rata dan standar deviasi pada setiap kombinasi.
7. Menentukan kombinasi parameter dengan penurunan fluktuasi terbaik serta responsivitas yang masih memadai untuk digunakan pada pengujian akurasi lokalisasi berikutnya.

4.4.2.3 Prosedur Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu mengidentifikasi lokasi *tag* pada tingkat ruangan berdasarkan nilai RSSI tertinggi yang diterima oleh *gateway*. Selain itu, pengujian ini secara khusus bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan tingkat ketepatan prediksi lokasi antara penggunaan data RSSI tanpa *Kalman Filter* dan data RSSI yang telah difilter dengan *Kalman Filter*. Pengujian dilakukan pada tiga ruangan berbeda dengan lima titik uji pada masing-masing ruangan. Tabel 4.8 menunjukkan parameter pengujian yang digunakan.



Tabel 4.8 Prosedur Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Jumlah Ruangan	3 (<i>Room 1, Room 2, Room 3</i>)
2	Jumlah <i>Gateway</i>	3 (masing-masing 1 per ruangan)
3	Titik Uji per Ruangan	5 (T1: tengah, T2: dekat <i>gateway</i> , T3: sudut terjauh, T4: dekat dinding pemisah 1, T5: dekat pintu masuk)
4	Kondisi Data Uji	2 Kondisi (Data RSSI mentah vs Data RSSI <i>Kalman Filter</i>)
5	Perekaman per Titik	4 kali
6	Interval Perekaman	5 detik
7	Waktu Stabilisasi per Titik	10 detik
8	Total Data per Ruangan	20 data pengambilan (5 titik × 4 perekaman)
8	Total Data Keseluruhan	60 data pengambilan (3 ruangan × 20 data)
9	Ketinggian <i>Tag</i>	1 meter dari lantai
10	Posisi <i>Tag</i>	Horizontal

Untuk memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai tata letak pengujian, visualisasi titik penempatan *gateway* beserta sebaran kelima titik uji mulai dari T1 hingga T5 pada masing-masing ruangan ditunjukkan pada Gambar 4.31.

Hak Cipta :

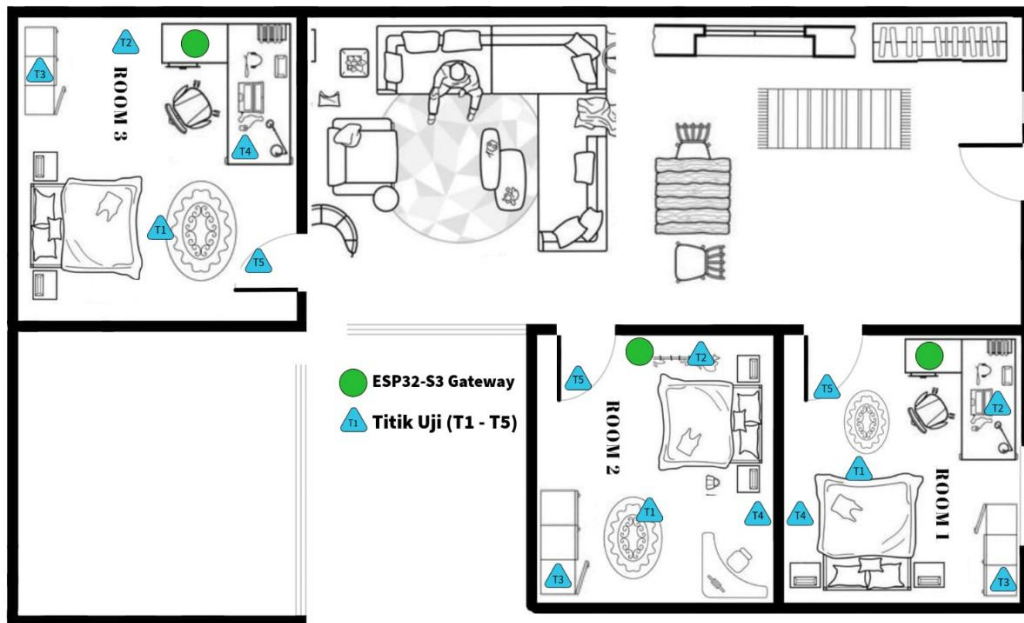
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



© 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 4.31 Pemetaan Posisi *Gateway* dan Sebaran Titik Uji (T1-T5)

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Menyiapkan perangkat ESP32-C3 *tag*, tiga unit ESP32-S3 *gateway*, *server backend*, dan *dashboard*.
2. Menempatkan *gateway* 1 di Room 1, *gateway* 2 di Room 2, dan *gateway* 3 di Room 3 pada posisi tetap yang telah ditentukan.
3. Menentukan lima titik uji (T1 sampai T5) secara presisi pada setiap ruangan sesuai dengan pemetaan.
4. Menempatkan *tag* pada setiap titik uji secara bergantian dengan ketinggian 1 meter dari lantai pada posisi horizontal.
5. Memberikan waktu stabilisasi 10 detik pada setiap titik uji sebelum data mulai direkam.
6. Merekam data RSSI yang dipancarkan oleh *tag* sebanyak 4 kali dengan interval 5 detik pada setiap titik uji.
7. Mencatat dan mengelompokkan dua jenis nilai RSSI yang diterima oleh masing-masing *gateway*, yaitu nilai RSSI mentah tanpa *Kalman Filter* dan nilai RSSI hasil pemrosesan *Kalman Filter*.



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

8. Menentukan ruangan hasil prediksi untuk masing-masing kondisi berdasarkan *gateway* yang menangkap nilai RSSI tertinggi, kemudian membandingkannya dengan ruangan *tag* yang aktual.
9. Mengulangi prosedur dari langkah 4 hingga langkah 8 untuk setiap titik uji di *Room 1*, *Room 2*, *Room 3* hingga terkumpul total 60 basis data pengujian.

4.4.2.4 Prosedur Pengujian *Quality of Service* (QoS)

Pengujian *Quality of Service* (QoS) dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan transmisi data antara *gateway* dan *server*, khususnya pada parameter *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Tabel 4.9 menunjukkan parameter pengujian QoS.

Tabel 4.9 Prosedur Pengujian *Quality of Service* (QoS)

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Jumlah Paket Dikirim	30 paket
2	Protokol Komunikasi	MQTT (TCP)
3	QoS MQTT	QoS 0 (<i>fire and forget</i>)
4	Ukuran <i>Payload</i> per Paket	Rata-rata 128 byte
5	Sinkronisasi Waktu	<i>Network Time Protocol</i> (NTP)
6	Parameter Diukur	<i>Delay, Throughput, Packet Loss</i>
7	Alat Monitoring	<i>Log Server</i>
8	Kondisi Jaringan	Jaringan lokal (LAN)

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Mengaktifkan perangkat *gateway*, *server backend*, dan *access point*.
2. Melakukan sinkronisasi waktu antara *gateway* dan *server* menggunakan NTP.
3. Mengirimkan 30 paket data RSSI dari *gateway* ke *server* melalui protokol MQTT dengan QoS 0.
4. Memantau lalu lintas data menggunakan *log server*.
5. Mencatat waktu pengiriman dan waktu penerimaan setiap paket untuk menghitung nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.



Hak Cipta :

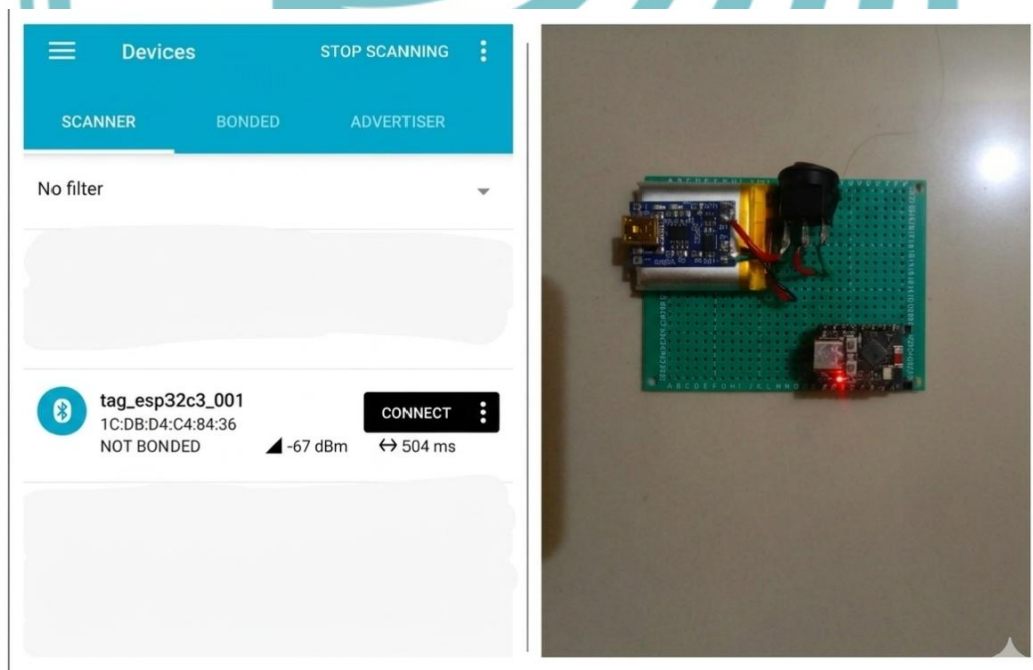
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

4.4.3 Data Hasil Pengujian

Bagian ini menyajikan data hasil yang diperoleh dari seluruh skenario pengujian yang telah dilakukan pada sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32, meliputi hasil pengujian fungsionalitas, stabilitas RSSI dan *Kalman Filter*, akurasi identifikasi, serta *Quality of Service* (QoS).

4.4.3.1 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan menguji *output* dari setiap *input* yang diberikan pada masing-masing komponen sistem. Gambar 4.32 menunjukkan proses pengujian fungsionalitas, yaitu deteksi sinyal BLE dari ESP32-C3 *tag* melalui aplikasi pemindai BLE pada *smartphone* serta perangkat keras ESP32-C3 *tag* yang digunakan.



Gambar 4.32 Pengujian Fungsionalitas

Tabel 4.10 menjabarkan data hasil pengujian fungsionalitas yang telah dilakukan terhadap sistem.

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas

No.	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Status
1	Mengaktifkan perangkat <i>tag</i> dan memantau pemancaran sinyal BLE.	Sinyal BLE dari <i>tag</i> berhasil terdeteksi.	Berhasil
2	Menjalankan fungsi pemindaian pada <i>gateway</i> .	<i>Gateway</i> berhasil menerima data RSSI dari <i>tag</i> .	Berhasil
3	Memantau data pada MQTT <i>Broker</i> .	Data RSSI berhasil dikirim dan diterima <i>Broker</i> .	Berhasil
4	Menjalankan <i>server backend</i> .	<i>Backend</i> berhasil menerima data dari <i>Broker</i> .	Berhasil
5	Memverifikasi proses <i>Kalman Filter</i> .	Proses <i>filtering</i> berjalan dengan baik.	Berhasil
6	Memeriksa <i>database</i> .	Data berhasil tersimpan ke dalam <i>database</i> .	Berhasil
7	Memantau komunikasi WebSocket.	Data berhasil dikirim secara <i>real-time</i> .	Berhasil
8	Mengakses layanan REST API.	API berhasil melayani permintaan data.	Berhasil
9	Menjalankan <i>dashboard web</i> .	Lokasi aset berhasil ditampilkan pada <i>dashboard</i> .	Berhasil

4.4.3.2 Data Hasil Pengujian Stabilitas RSSI

Setelah seluruh tahapan pengambilan data dilakukan, terkumpul 100 nilai RSSI tanpa filter dan 100 nilai RSSI menggunakan *Kalman Filter* untuk setiap kombinasi parameter Q dan R. Keempat kombinasi parameter tersebut diuji untuk mengetahui kombinasi mana yang menghasilkan reduksi fluktuasi paling baik. Tabel 4.11 menunjukkan ringkasan statistik hasil pengujian.



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



Tabel 4.11 Ringkasan Statistik Hasil Pengujian Stabilitas RSSI

Parameter	Kombinasi (a)	Kombinasi (b)	Kombinasi (c)	Kombinasi (d)
Nilai Q dan R	R=1, Q=0.01	R=1, Q=1	R=1, Q=0.1	R=100, Q=0.1
Jumlah Data	100	100	100	100
Rata-rata RSSI tanpa filter	-81,78 dBm	-81,57 dBm	-79,49 dBm	-83,89 dBm
Rata-rata RSSI <i>Kalman Filter</i>	-81,51 dBm	-81,46 dBm	-79,85 dBm	-83,07 dBm
Standar Deviasi RSSI tanpa filter	3,24 dBm	3,45 dBm	3,97 dBm	3,81 dBm
Standar Deviasi RSSI <i>Kalman Filter</i>	1,61 dBm	3,06 dBm	2,55 dBm	1,17 dBm

Tabel 4.12 menampilkan 30 data sampel pertama untuk kombinasi parameter R=1, Q=0.01.

Tabel 4.12 Data Sampel Hasil Pengujian Stabilitas RSSI

Sampel ke-	RSSI tanpa Filter (dBm)	RSSI <i>Kalman Filter</i> (dBm)	Selisih (dBm)
1	-77	-77	0
2	-83	-78	5
3	-78	-78	5
4	-82	-79	3
5	-83	-79	4
6	-81	-79	2
7	-81	-80	1
8	-82	-80	1

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 mengumpukan 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

Sampel ke-	RSSI tanpa Filter (dBm)	RSSI <i>Kalman Filter</i> (dBm)	Selisih (dBm)
9	-83	-80	3
10	-82	-80	2
11	-85	-81	4
12	-77	-81	4
13	-90	-81	9
14	-81	-81	0
15	-74	-81	7
16	-79	-81	2
17	-85	-81	4
18	-79	-81	2
19	-77	-80	3
20	-76	-80	4
21	-81	-80	1
22	-76	-80	4
23	-79	-80	1
24	-81	-80	1
25	-78	-80	2
26	-82	-80	2
27	-80	-80	0
28	-79	-80	1
29	-78	-80	2
30	-77	-79	2

4.4.3.3 Data Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan

Pengujian akurasi dilakukan sebanyak 20 kali pengambilan data pada masing-masing ruangan sehingga total percobaan berjumlah 60 data. Pada pengujian ini, dilakukan perbandingan terhadap hasil prediksi ruangan menggunakan data RSSI mentah dan data RSSI yang telah diproses menggunakan *Kalman Filter*.



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

Tabel 4.13 menunjukkan rekapitulasi hasil pengujian akurasi lokalisasi untuk setiap ruangan, yang memperlihatkan peningkatan persentase akurasi secara signifikan setelah fluktuasi sinyal direduksi oleh algoritma *Kalman Filter*.

Tabel 4.13 Rekap Hasil Pengujian Komparasi Akurasi Lokalisasi

Ruangan Aktual	Jumlah Percobaan	Prediksi Benar (Tanpa Filter)	Prediksi Benar (Dengan Filter)	Akurasi Tanpa Filter	Akurasi Dengan Filter
Room 1	20	16	20	80%	100%
Room 2	20	15	20	75%	100%
Room 3	20	18	20	90%	100%
Total	60	49	60	81,6%	100%

Untuk melihat rincian distribusi hasil prediksi sistem terhadap lokasi aktual, Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 menunjukkan *Confusion Matrix* dari masing-masing kondisi pengujian. Pada Tabel 4.14, terlihat adanya kesalahan prediksi yang dominan antara Room 1 dan Room 2 akibat posisinya bersebelahan dan terhalang satu dinding pemisah yang sama.

Tabel 4.14 *Confusion Matrix* Hasil Lokalisasi (Tanpa *Kalman Filter*)

Aktual / Prediksi	Room 1	Room 2	Room 3
Room 1	16	4	0
Room 2	5	15	0
Room 3	1	1	18

Tabel 4.15 *Confusion Matrix* Hasil Lokalisasi (Dengan *Kalman Filter*)

Aktual / Prediksi	Room 1	Room 2	Room 3
Room 1	20	0	0
Room 2	0	20	0
Room 3	0	0	20



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

Tabel 4.16 menunjukkan detail pencatatan data pengujian pada *Room 1*. Data ini disusun secara berurutan berdasarkan titik uji (T1 hingga T5), di mana setiap titik uji direkam sebanyak 4 kali. Dapat diamati bahwa kesalahan prediksi pada data RSSI mentah terjadi secara terpusat pada percobaan ke-13 hingga ke-16, yang merupakan titik uji T4 (dekat dinding pemisah dengan *Room 2*), di mana nilai RSSI dari *gateway 2* seringkali berfluktuasi melampaui *gateway 1*.

Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Akurasi pada *Room 1*

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Tanpa Filter	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
1	T1 (Tengah)	-68, -82, -85	<i>Room 1</i>	-69, -83, -86	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
2	T1	-69, -84, -87	<i>Room 1</i>	-69, -84, -87	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
3	T1	-70, -81, -88	<i>Room 1</i>	-70, -82, -87	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
4	T1	-68, -83, -86	<i>Room 1</i>	-69, -83, -86	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
5	T2 (Dekat GW)	-55, -85, -84	<i>Room 1</i>	-56, -85, -85	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
6	T2	-54, -86, -87	<i>Room 1</i>	-55, -86, -87	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
7	T2	-56, -85, -86	<i>Room 1</i>	-56, -85, -86	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar
8	T2	-55, -84, -89	<i>Room 1</i>	-55, -84, -89	<i>Room 1</i>	<i>Room 1</i>	Benar / Benar



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

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW2)	Prediksi Tanpa Filter	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
9	T3 (Sudut)	-74, -83, -85	Room 1	-74, -83, -85	Room 1	Room 1	Benar / Benar
10	T3	-76, -84, -87	Room 1	-75, -84, -87	Room 1	Room 1	Benar / Benar
11	T3	-75, -85, -87	Room 1	-75 -85, -87	Room 1	Room 1	Benar / Benar
12	T3	-74, -82, -86	Room 1	-74, -83, -86	Room 1	Room 1	Benar / Benar
13	T4 (Dinding)	-78, -75, -90	Room 2	-76, -79, -90	Room 1	Room 1	Salah / Benar
14	T4	-79, -74, -88	Room 2	-77, -79, -88	Room 1	Room 1	Salah / Benar
15	T4	-77, -76, -89	Room 2	-76, -78, -89	Room 1	Room 1	Salah / Benar
16	T4	-78, -75, -90	Room 2	-77, -79, -90	Room 1	Room 1	Salah / Benar
17	T5 (Pintu)	-71, -81, -80	Room 1	-71, -82, -82	Room 1	Room 1	Benar / Benar
18	T5	-70, -82, -79	Room 1	-70, -83, -81	Room 1	Room 1	Benar / Benar
19	T5	-71, -80, -78	Room 1	-71, -81, -80	Room 1	Room 1	Benar / Benar
20	T5	-72, -81, -79	Room 1	-71, -82, -81	Room 1	Room 1	Benar / Benar



4.4.3.4 Data Hasil Pengujian Quality of Service (QoS)

Setelah pengujian dilakukan, waktu pengiriman dari *gateway* dan waktu penerimaan di *server* dicatat untuk menghitung nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Tabel 4.17 menunjukkan ringkasan hasil pengujian QoS dari 30 paket yang dikirimkan.

Tabel 4.17 Ringkasan Hasil Pengujian *Quality of Service* (QoS)

Parameter	Nilai
Jumlah Paket Dikirim	30
Jumlah Paket Diterima	30
<i>Packet Loss</i>	0%
<i>Delay</i> Minimum	31 ms
<i>Delay</i> Maksimum	103 ms
<i>Delay</i> Rata-rata	52 ms
<i>Throughput</i> Rata-rata	0,59 kbps
Ukuran <i>Payload</i> Rata-rata	1032 bit (129 byte)

Tabel 4.18 menunjukkan 30 sampel data hasil pengujian QoS.

Tabel 4.18 Data Sampel Hasil Pengujian QoS

Paket ke-	<i>Payload</i> (bit)	Waktu Kirim	Waktu Terima	<i>Delay</i> (ms)	<i>Throughput</i> (kbps)
1	1032	06:38:53.184	06:38:53.219	0.035	24,49
2	1032	06:38:54.695	06:38:54.768	0.073	14,14
3	1032	06:38:56.726	06:38:56.829	0.103	10,02
4	1032	06:38:58.747	06:38:58.788	0.041	25,17
5	1032	06:39:00.758	06:39:00.798	0.040	25,80
6	1032	06:39:02.789	06:39:02.848	0.059	17,49
7	1032	06:39:04.810	06:39:04.896	0.086	12,00
8	1032	06:39:06.832	06:39:06.868	0.036	28,67

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

Paket ke-	Payload (bit)	Waktu Kirim	Waktu Terima	Delay (ms)	Throughput (kbps)
9	1032	06:39:08.853	06:39:08.888	0.035	29,49
10	1032	06:39:10.884	06:39:10.938	0.054	19,11
11	1032	06:39:12.905	06:39:12.996	0.091	11,34
12	1032	06:39:14.936	06:39:14.968	0.032	32,25
13	1032	06:39:16.957	06:39:16.998	0.041	25,17
14	1032	06:39:18.978	06:39:19.027	0.049	21,06
15	1032	06:39:21.009	06:39:21.077	0.068	15,18
16	1032	06:39:23.021	06:39:23.076	0.055	18,76
17	1032	06:39:23.172	06:39:23.225	0.053	19,47
18	1032	06:39:23.843	06:39:23.878	0.035	29,49
19	1032	06:39:25.544	06:39:25.577	0.033	31,27
20	1032	06:39:25.845	06:39:25.887	0.042	24,57
21	1032	06:39:27.066	06:39:27.117	0.051	20,24
22	1032	06:39:29.087	06:39:29.157	0.070	14,74
23	1032	06:39:31.608	06:39:31.648	0.040	25,80
24	1032	06:39:34.649	06:39:34.710	0.061	16,92
25	1032	06:39:36.671	06:39:36.737	0.066	15,64
26	1032	06:39:36.892	06:39:36.947	0.055	18,76
27	1032	06:39:38.693	06:39:38.727	0.034	30,35
28	1032	06:39:40.714	06:39:40.758	0.044	23,45
29	1032	06:39:42.735	06:39:42.777	0.042	24,57
30	1032	06:39:45.256	06:39:45.287	0.031	33,29
Rata-rata				0.052	0,59

4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengujian yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya, dengan tujuan untuk mengevaluasi sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 dalam menentukan lokasi pada tingkat ruangan.

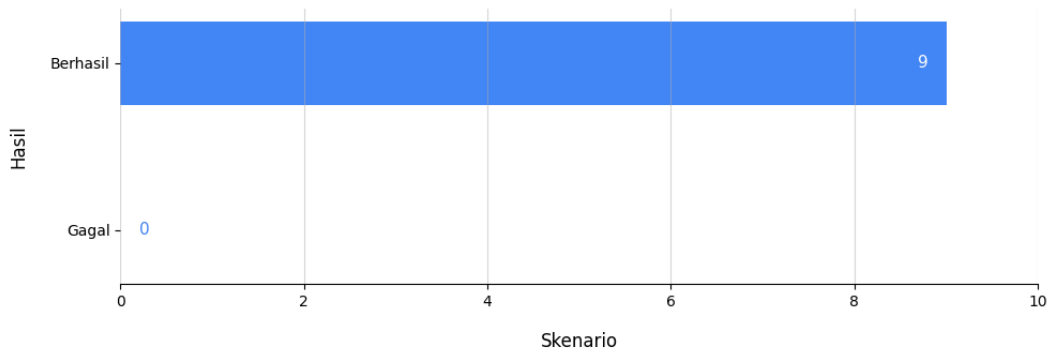


Hak Cipta :

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

4.4.4.1 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Fungsionalitas

Berdasarkan pengujian fungsionalitas yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebanyak 9 dari 9 skenario berjalan dengan baik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas

Persentase *error* sistem dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Total Pengujian} - \text{Pengujian Berhasil}}{\text{Total Pengujian}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Error} = \frac{9 - 9}{9} \times 100\% = 0\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan nilai *error* sebesar 0%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan pengujian fungsionalitas mencapai 100%. Seluruh fungsi utama sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan. Keberhasilan pada setiap titik integrasi, mulai dari pemancaran sinyal BLE oleh ESP32-C3 *tag*, pemindaian oleh ESP32-S3 *gateway*, hingga pengiriman data secara *real-time* ke *dashboard* melalui WebSocket dan REST API, membuktikan bahwa arsitektur sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 yang dirancang telah berhasil diimplementasikan dengan baik dan tidak ditemukan anomali fungsi.

4.4.4.2 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Stabilitas RSSI

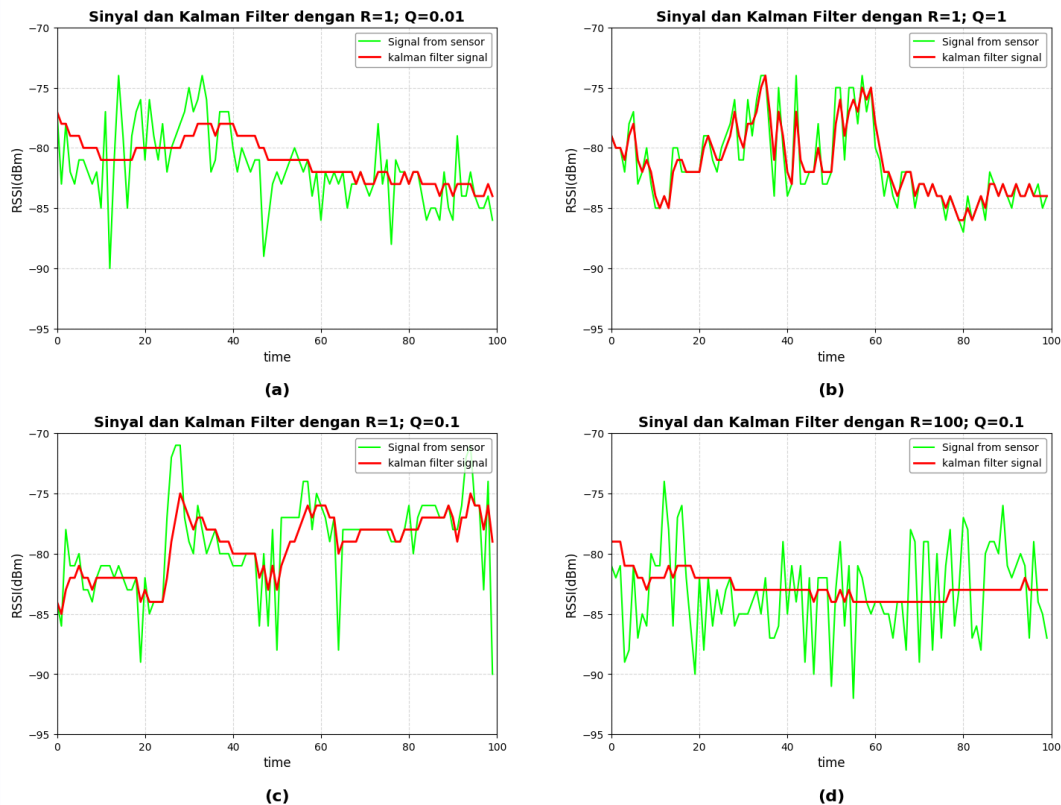
Berdasarkan pengujian stabilitas RSSI dan *Kalman Filter* yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengukuran RSSI tanpa filter dan RSSI menggunakan *Kalman Filter* dari 100 sampel data untuk empat kombinasi parameter Q dan R, seperti yang



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

ditunjukkan pada Tabel 4.11. Gambar 4.34 menunjukkan grafik perbandingan antara RSSI tanpa filter dan RSSI menggunakan *Kalman Filter* untuk setiap kombinasi parameter.



Gambar 4.34 Perbandingan Pengaruh Variasi Parameter R dan Q pada Estimasi Sinyal RSSI Tanpa Filter dan RSSI *Kalman Filter*

Nilai rata-rata RSSI dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Nilai standar deviasi dihitung menggunakan persamaan (3).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Untuk kombinasi R=1, Q=0.01:

$$\bar{x}_{raw} = \frac{-8.178}{100} = -81,78 \text{ dBm}, \quad \bar{x}_{kalman} = \frac{-8.151}{100} = -81,51 \text{ dBm}$$



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

$$s_{raw} = \sqrt{\frac{1.038,84}{99}} = 3,24 \text{ dBm}, \quad s_{kalman} = \sqrt{\frac{256,32}{99}} = 1,61 \text{ dBm}$$

Untuk kombinasi R=1, Q=1:

$$\bar{x}_{raw} = \frac{-8.157}{100} = -81,57 \text{ dBm}, \quad \bar{x}_{kalman} = \frac{-8.146}{100} = -81,46 \text{ dBm}$$

$$s_{raw} = \sqrt{\frac{1.177,77}{99}} = 3,45 \text{ dBm}, \quad s_{kalman} = \sqrt{\frac{928,22}{99}} = 3,06 \text{ dBm}$$

Untuk kombinasi R=1, Q=0.1:

$$\bar{x}_{raw} = \frac{-7.949}{100} = -79,49 \text{ dBm}, \quad \bar{x}_{kalman} = \frac{-7.985}{100} = -79,85 \text{ dBm}$$

$$s_{raw} = \sqrt{\frac{1.559,99}{99}} = 3,97 \text{ dBm}, \quad s_{kalman} = \sqrt{\frac{643,64}{99}} = 2,55 \text{ dBm}$$

Untuk kombinasi R=100, Q=0.1:

$$\bar{x}_{raw} = \frac{-8.389}{100} = -83,89 \text{ dBm}, \quad \bar{x}_{kalman} = \frac{-8.307}{100} = -83,07 \text{ dBm}$$

$$s_{raw} = \sqrt{\frac{1.434,79}{99}} = 3,81 \text{ dBm}, \quad s_{kalman} = \sqrt{\frac{135,73}{99}} = 1,17 \text{ dBm}$$

Keberhasilan *Kalman Filter* ditunjukkan oleh penurunan nilai standar deviasi RSSI setelah proses penyaringan dibandingkan dengan data RSSI mentah. Parameter Q merepresentasikan *process noise covariance*, yaitu tingkat kepercayaan sistem terhadap model proses, sedangkan parameter R merepresentasikan *measurement noise covariance*, yaitu tingkat kepercayaan sistem terhadap data pengukuran.

Kombinasi R=100, Q=0.1 menghasilkan penurunan standar deviasi terbesar, yaitu dari 3,81 dBm menjadi 1,17 dBm. Akan tetapi, grafik (d) pada Gambar 4.34 memperlihatkan bahwa garis RSSI *Kalman* sangat halus dan kurang responsif terhadap dinamika RSSI mentah. Kondisi ini diperkuat oleh selisih rata-rata sebesar



© 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

0,82 dBm, yang merupakan selisih terbesar di antara seluruh kombinasi. Nilai R yang terlalu besar menyebabkan filter mengabaikan sebagian besar variasi data pengukuran, sehingga berpotensi menyebabkan sistem gagal mendeteksi perpindahan *tag* antar ruangan secara responsif.

Kombinasi $R=1$, $Q=1$ menghasilkan penurunan standar deviasi terkecil, yaitu dari 3,45 dBm menjadi 3,06 dBm. Grafik (b) pada Gambar 4.34 memperlihatkan bahwa garis RSSI *Kalman* hampir seluruhnya mengikuti fluktuasi RSSI mentah. Nilai Q yang terlalu besar menyebabkan filter memperlakukan setiap perubahan, termasuk *noise*, sebagai bagian dari dinamika sistem, sehingga RSSI hasil *filtering* masih mengandung fluktuasi signifikan dan tidak memberikan kontribusi berarti terhadap peningkatan kualitas sinyal.

Kombinasi $R=1$, $Q=0.1$ menghasilkan penurunan standar deviasi dari 3,97 dBm menjadi 2,55 dBm. Grafik (c) pada Gambar 4.34 menunjukkan adanya keseimbangan antara kemampuan meredam *noise* dan responsivitas terhadap perubahan sinyal. Namun demikian, penurunan standar deviasi yang dihasilkan masih berada di bawah kombinasi $R=1$, $Q=0.01$.

Kombinasi $R=1$, $Q=0.01$ menghasilkan penurunan standar deviasi dari 3,24 dBm menjadi 1,61 dBm, dengan selisih rata-rata hanya sebesar 0,27 dBm. Grafik (a) pada Gambar 4.34 menunjukkan bahwa garis RSSI *Kalman* mampu meredam fluktuasi tanpa kehilangan kemampuan dalam mengikuti kecenderungan RSSI mentah. Rentang RSSI hasil *filtering* berada pada kisaran -77 dBm hingga -84 dBm, lebih sempit dibandingkan RSSI mentah yang berkisar antara -74 dBm hingga -90 dBm sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.11. Hal ini mengindikasikan bahwa filter berhasil mengeliminasi nilai-nilai ekstrem yang dapat mengganggu proses lokalisasi.

Berdasarkan perbandingan keempat kombinasi parameter, kombinasi $R=1$, $Q=1$ tidak dipilih karena penurunan standar deviasi yang dihasilkan terlalu kecil. Kombinasi $R=100$, $Q=0.01$ tidak dipilih karena meskipun menghasilkan penurunan standar deviasi terbesar, responsivitas filter terhadap perubahan sinyal aktual terlalu



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

rendah. Dengan mempertimbangkan keseimbangan antara penurunan standar deviasi dan responsivitas, kombinasi $R=1$, $Q=0.01$ ditetapkan sebagai parameter optimal untuk digunakan pada pengujian akurasi lokalisasi tingkat ruangan.

4.4.4.3 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi Tingkat Ruangan

Berdasarkan pengujian akurasi lokalisasi tingkat ruangan yang telah dilakukan sebanyak 60 kali percobaan, evaluasi performa sistem dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi menggunakan data RSSI mentah dengan data yang telah diproses menggunakan *Kalman Filter* dengan parameter optimal $R=1$ dan $Q=0.01$.

Tingkat akurasi sistem secara keseluruhan dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Seluruh Pengujian}} \times 100\%$$

Berdasarkan data rekapitulasi, akurasi sistem sebelum menggunakan *Kalman Filter* mengalami penurunan akibat fluktuasi sinyal

$$\text{Akurasi (Tanpa Filter)} = \frac{49}{60} \times 100\% = 81,67\%$$

Namun, setelah proses *filtering* menggunakan *Kalman Filter*, sistem berhasil menebak seluruh lokasi dengan tepat.

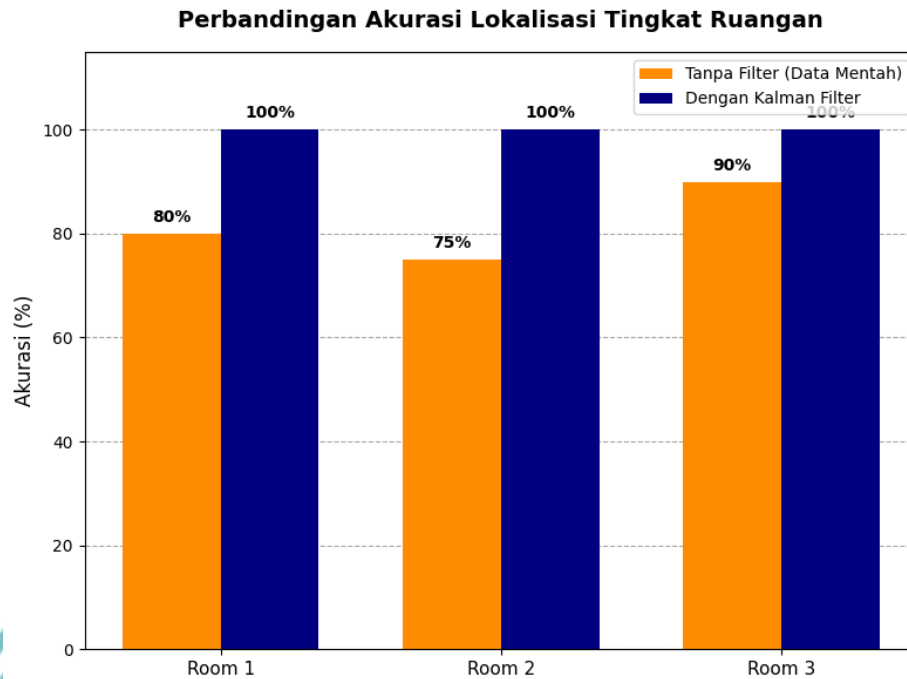
$$\text{Akurasi (Dengan Filter)} = \frac{60}{60} \times 100\% = 100\%$$

Perbandingan tingkat akurasi untuk masing-masing kondisi dan ruangan ditunjukkan pada Gambar 4.35.



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 4.35 Grafik Hasil Pengujian Akurasi Lokalisasi

Selain akurasi, nilai *precision* dan *recall* juga digunakan untuk mengevaluasi secara spesifik performa klasifikasi untuk setiap ruangan. *Precision* dihitung menggunakan persamaan (5) dan *recall* dihitung menggunakan persamaan (6).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Berdasarkan *Confusion Matrix* yang telah disajikan pada Tabel 4.14 dan tabel 4.15, perhitungan *True Positive* (TP), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN) untuk masing-masing kondisi dapat dirangkum. Hasil perhitungan *precision*, *recall*, dan akurasi per ruangan ditunjukkan pada Tabel 4.19.



Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *Precision*, *Recall*, dan Akurasi

Ruangan	Kondisi	TP	FP	FN	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	Akurasi
Room 1	Tanpa Filter	16	6	4	72,72%	80,00%	80%
	Dengan Filter	20	0	0	100%	100%	100%
Room 2	Tanpa Filter	15	5	5	75,00%	75,00%	75%
	Dengan Filter	20	0	0	100%	100%	100%
Room 3	Tanpa Filter	18	0	2	100%	90,00%	90%
	Dengan Filter	20	0	0	100%	100%	100%

Hasil analisis pada Tabel 4.19 menunjukkan adanya kendala klasifikasi yang signifikan pada data RSSI mentah, khususnya pada *Room 1* dan *Room 2* yang posisinya bersebelahan. Nilai *precision* dan *recall* pada kedua ruangan tersebut berada di kisaran 72% hingga 80%. Hal ini terjadi karena fenomena *multipath fading* dan kebocoran sinyal yang menembus dinding pemisah. Saat *tag* berada sangat dekat dengan dinding, lonjakan *noise* sesekali menyebabkan *gateway* di ruangan sebelah menangkap nilai RSSI yang seolah-olah lebih kuat, sehingga memicu *false positive* dan *false negative*.

Sebaliknya, pada *Room 3* yang posisinya lebih terisolasi, interferensi dari ruangan lain lebih minim, dibuktikan dengan nilai *precision* data mentah yang tetap mencapai 100% dan *recall* 90%. Setelah *filtering* dilakukan, nilai *precision* dan *recall* untuk seluruh ruangan mencapai 100%. Nilai *precision* 100% membuktikan tidak terdapat kesalahan prediksi yang menyebabkan sistem menganggap *tag* berada pada suatu ruangan padahal sebenarnya tidak. Nilai *recall* 100% berarti sistem tidak melewatkan satu pun keberadaan *tag* pada ruangan yang seharusnya. Keberhasilan ini mengonfirmasi bahwa algoritma *Kalman Filter* sangat efektif

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



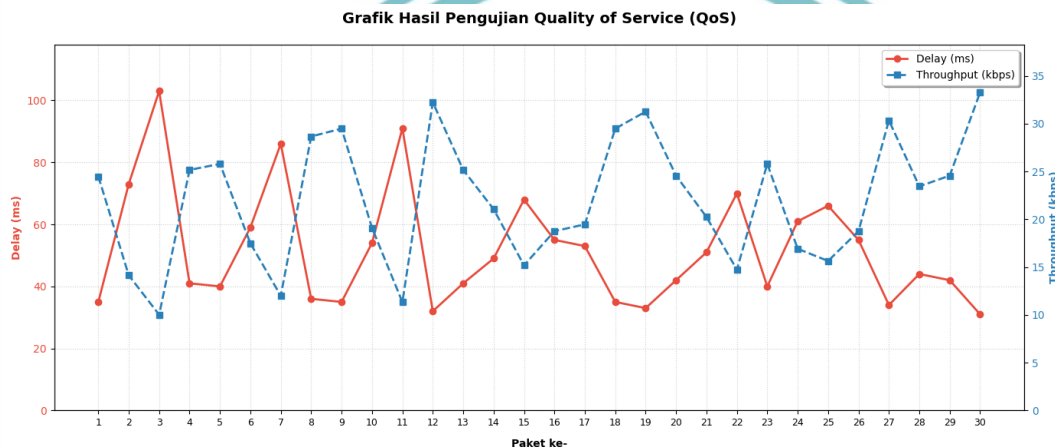
Hak Cipta :

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 menstabilkan RSSI, sehingga selisih sinyal antar *gateway* menjadi lebih konsisten.

4.4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Hasil Pengujian *Quality of Service* (QoS)

Gambar 4.36 menunjukkan hasil pengujian *delay* dan *throughput* pada pengujian QoS.



Gambar 4.36 Grafik Hasil Pengujian *Quality of Service* (QoS)

Dari 30 sampel data yang dikirim selama pengujian, rata-rata *delay* dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket Diterima}}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{1.555}{30} = 52 \text{ ms}$$

Rata-rata *throughput* dapat dihitung menggunakan persamaan (8).

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

$$\text{Throughput} = \frac{30,96}{52,103} = 0,59 \text{ kbps}$$



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 *packet loss* dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

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

$$\text{Packet Loss} = \frac{30 - 30}{30} \times 100\% = 0\%$$

Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata *delay* sebesar 52 ms yang termasuk kategori sangat baik, *throughput* rata-rata sebesar 0,59 kbps yang termasuk kategori kurang baik, serta *packet loss* sebesar 0% yang termasuk kategori sangat baik, berdasarkan standar kategori QoS pada Tabel 2.2. Rendahnya nilai *throughput* disebabkan oleh ukuran *payload* data MQTT yang didesain sangat ringkas, hanya berisi informasi esensial seperti ID *Tag*, ID *Gateway*, dan nilai RSSI, serta adanya jeda waktu antar pengiriman paket yang disengaja untuk efisiensi daya pada perangkat ESP32.

**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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *indoor room-level localization* berbasis ESP32 yang telah dilakukan, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Sistem *indoor room-level localization* berhasil dirancang dan dibangun menggunakan ESP32-C3 sebagai *tag* pemancar sinyal *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan ESP32-S3 sebagai *gateway* penerima sinyal. Sistem mampu melakukan akuisisi data *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dari perangkat yang dipantau dan meneruskannya ke *server* untuk proses penentuan lokasi pada tingkat ruangan. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem dapat berfungsi dengan baik dengan persentase keberhasilan mencapai 100% dari 9 skenario yang diujikan.
2. Mekanisme komunikasi data antara ESP32-S3 dan *server* menggunakan protokol MQTT berhasil diimplementasikan. Data RSSI yang diterima *gateway* dapat dikirimkan secara *real-time* melalui MQTT Broker menuju *server* untuk diproses lebih lanjut. Hasil pengujian *Quality of Service* (QoS) menunjukkan bahwa komunikasi data mampu berjalan dengan baik dengan rata-rata *delay* sebesar 52 ms, *throughput* sebesar 0,59 kbps, dan *packet loss* sebesar 0%, sehingga mendukung kebutuhan sistem monitoring secara *real-time*.
3. Penerapan *Kalman Filter* memberikan pengaruh positif terhadap stabilitas nilai RSSI yang digunakan dalam sistem *room-level localization*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi parameter $R=1$ dan $Q=0.01$ memberikan hasil terbaik di antara empat kombinasi yang diuji, dengan standar deviasi RSSI menurun dari 3,24 dBm menjadi 1,61 dBm setelah proses filtering. Peningkatan stabilitas tersebut membantu sistem dalam menentukan lokasi berdasarkan *gateway* dengan nilai RSSI tertinggi



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

sehingga diperoleh tingkat akurasi identifikasi ruangan sebesar 100% dari total 60 kali pengujian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengujian pada lingkungan yang lebih luas dan kompleks dengan jumlah ruangan yang lebih banyak untuk mengetahui kinerja sistem pada skenario penggunaan yang lebih beragam.
2. Mengkaji penggunaan metode *filtering* atau algoritma lokalisasi lainnya sebagai pembanding *Kalman Filter* untuk mengetahui metode yang memberikan performa terbaik dalam meningkatkan akurasi *room-level localization*.
3. Mengembangkan sistem agar mampu melakukan pelacakan terhadap lebih banyak perangkat secara bersamaan sehingga dapat diterapkan pada skenario monitoring aset yang lebih besar.

**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 PUSTAKA

- Ayuningtyas, P. K., Atmodjo, D. W., & Rachmadi, P. 2023. Performance And Functional Testing With The Black Box Testing Method. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 39(2), 212-218.
- Bai, L., Ciravegna, F., Bond, R. dan Mulvenna, M., 2020. A Low Cost Indoor Positioning System Using Bluetooth Low Energy. *IEEE Access*, 8, pp. 136858-136871. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012342.
- Beigi, K., & Mansouri, H, S. 2023. An Intelligent Indoor Positioning Algorithm Based on Wi-Fi and Bluetooth Low Energy. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, P. 1-6.
- Daniswara, H., Musayyanah, Susanto, P. and Harianto (2024) 'The influence of Kalman filtering on the received signal strength indicator in multi-node Bluetooth low energy communications', *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 24(2), pp. 108-114.
- Dubey, A., 2023. Enhancing Real Time Communication and Efficiency With Websocket. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 10(8), pp. 891-895.
- El-Basioni, B, M, M. 2024. A Conceptual Modeling Approach of MQTT for IoT-Based Systems. *Mohammad El-Basioni Journal of Electrical Systems and Inf Techno*, 11(62), 1-31.
- Eclipse Mosquitto, 2025. Eclipse Mosquitto™ An Open Source MQTT Broker. [Online] Available at: <https://mosquitto.org/> [Accessed 27 Juni 2025].
- Hercog, D., Lerher, T., Truntiĉ, M., & Težak, O., 2023. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15), hal. 6739[cite: 8]. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23156739>[cite: 8].



© 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

Ismar, M.R., Atmaja, A.P., Fajar, M.S. dan Hafidhoh, N., 2022. Implementasi Metode Kalman Filter Untuk Mengurangi Noise Sinyal RSSI pada Protokol ZigBee. *JEECAE: Journal of Electrical, Electronic, Control and Automotive Engineering*, 7(2), 11-16.

Jaguemont, J., & Barde, F. (2025). Fast-charging model of lithium polymer cells. *World Electric Vehicle Journal*, 16, p. 376.

Khrijil, S. et al. 2021. Design and implementation of a cloud-based event-driven architecture for real-time data processing in wireless sensor networks. *The Journal of Supercomputing*. doi:10.1007/s11227-021-03910-5.

Kim, M., Stenett, T., Sinha, S. & Orso, A., 2024. A Multi-Agent Approach for REST API Testing with Semantic Graphs and LLM-Driven Inputs.

Koulouras, G., Katsoulis, S. and Zantalis, F., 2025. A Hybrid Advertising Mode for Device Discovery in Bluetooth Low Energy Networks. *Sensors*, 25(4), p. 996. Available at: <<https://doi.org/10.3390/s25040996>> [Accessed 10 June 2026].

Koulouras, G., Katsoulis, S. and Zantalis, F., 2025. Evolution of Bluetooth Technology: BLE in the IoT Ecosystem. *Sensors*, [online] 25(4), p. 996. Available at: <https://doi.org/10.3390/s25040996> [Accessed 10 June 2026].

Kurniawan, M.D. dan Budjianto, A., 2025. IMPLEMENTASI SISTEM PROGRAMABLE TIMER MENGGUNAKAN ESP32-C3 SUPERMINI DENGAN TAMPILAN OLED DAN INDIKATOR BUZZER. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(6), 9950–9956.

Kyritsis, A.I., Kostopoulos, P., Deriaz, M. dan Konstantas, D., 2016. A BLE-Based Probabilistic Room-Level Localization Method. Geneva: University of Geneva.



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

Mouha, R. A., 2021. Internet of Things (IoT). Journal of Data Analysis and Information Processing, Volume 9, pp. 77-101.

Misal, S.R., Prajwal, S.R., Niveditha, H.M., Vinayaka, H.M. dan Veena, S., 2020. Indoor Positioning System (IPS) Using ESP32, MQTT and Bluetooth. Dalam: Proceedings of the Fourth International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC 2020). IEEE, pp. 79-82. doi: 10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-00015.

Nemlaha, E., Střelec, P., Horák, T., Kováč, S. dan Tanuška, P., 2023. Suitability of MQTT and REST Communication Protocols for AIoT or IIoT Devices Based on ESP32 S3. Dalam: R. Silhavy, dkk., ed. Computer Science Systems and Cybernetics (CoMeSySo 2022). Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 596. Cham: Springer Nature Switzerland AG, pp. 225-233. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21435-6_19.

Putra, I. B. A. E. M., Adnyana, M. S. I. & Jasa, L., 2021. Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 20(1), pp. 95-102.

Putri, A. A., 2024. RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM DETEKSI PELANGGARAN MEROKOK BERBASIS IOT DENGAN DILENGKAPI OBJECT DETECTION MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOv5s, Depok: Politeknik Negeri Jakarta.

Prawira, Y., Hanum, L. & Syaifuddin, M., 2022. Osase Information System In Web-Based Operation And Device Monitoring At Pt. Telkom Indonesia Arnet Witel Division Medan. Journal of Information System and Technology Research, 1(2), pp. 1-8.

Ramirez, R. et al. (2021) 'A practice of BLE RSSI measurement for indoor positioning', Sensors, 21, p. 5181. doi:10.3390/s21155181.



© 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

- Rathnayake, R.M.M.R., Maduranga, M.W.P., Tilwari, V. and Dissanayake, M.B. (2023) 'RSSI and machine learning-based indoor localization systems for smart cities', Eng, 4, pp. 1468-1494. doi:10.3390/eng4020085.
- Refly, S., Putra, G.R.M. and Kusuma, H.A. (2025) 'Pengisian baterai ion litium dengan variasi arus menggunakan modul TP4056 dan TP5100', Newton-Maxwell Journal of Physics, 6(2), pp. 63-70.
- Salunke, S.V. and Ouda, A. (2024) 'A performance benchmark for the PostgreSQL and MySQL databases', Future Internet, 16, p. 382. doi:10.3390/fi16100382.
- Şeker, Ö., Şahin, B., Akdoğan, T. dan Dalkılıç, G., 2024. Physical Tracking of ESP32 IoT Devices with RSSI Based Indoor Position Calculation. Journal of Millimeterwave Communication, Optimization and Modelling, 4(1), pp. 13-16.
- Shen, Z., Jiang, H., Fan, R. and Guo, H. (2023) 'A hybrid advertising mode for device discovery in Bluetooth low energy networks', IEEE Transactions on Mobile Computing, 22(4), pp. 2262-2280.
- Siddarth, S., Harshanya, M. dan Akash, M., 2026. Design and Implementation of a Zone-Based BLE Indoor Localization System Using ESP32. ITM Web of Conferences, 85, art. no. 03007. doi: 10.1051/itmconf/20268503007.
- Silva, D., Carvalho, L. I., Soares, J. & Sofia, R. C., 2021. "A Performance Analysis of Internet of Things Networking Protocols: Evaluating MQTT, CoAP, OPCUA. Appl. Sci., 11(4879), pp. 1-30.
- Suseenthiran, K., Ja'afar, A.S., Heng, K.W., Abd Aziz, M.Z.A., Md Isa, A.A., Husin, S.H. dan Hashim, N.M.Z., 2021. Indoor positioning utilizing bluetooth low energy RSSI on LoRa system. Indonesian Journal of Electrical Engineering



© 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

and Computer Science, 23(2), pp. 927–937. Available at: <https://doi.org/10.11591/ijeeecs.v23.i2.pp927-937>.

Syahfitri, A., 2025. “Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya.” *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 3(1), 113-120.

Tseng, C.H. dan Tsaur, W.-J., 2023. “FFK: Fourier-Transform Fuzzy-c-means Kalman-Filter Based RSSI Filtering Mechanism for Indoor Positioning.” *Sensors*, 23(19), art. no. 8274. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23198274>.

Wang, B. et al. 2023. “Kalman filter and its application in data assimilation.” *Atmosphere*, 14, p. 1319. doi:10.3390/atmos14081319.

Wojcicki, P. et al. 2021. “Estimation of the path-loss exponent by Bayesian filtering method.” *Sensors*, 21, p. 1934. doi:10.3390/s21061934.

Zambak, M, F., et al. 2023. “A compact 2.4 GHz L-Shaped Microstrip Patch Antenna for ISM-Band Internet of Things (IoT) Applications.” *Electronics*, 12, p. 2149. doi:10.3390/electronics12092149.

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



Ibrahim Alvaro

Lahir pada tahun 2004, saat ini berdomisili di Bekasi. Putra kedua dari 3 bersaudara. Lulus dari pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2019, dan Sekolah Menengah Kejuruan tahun 2022. Berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan Diploma IV di Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengujian parameter $R=1$, $Q=0.01$

R = 1 Q = 0.01	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-77	-77
-83	-78
-78	-78
-82	-79
-83	-79
-81	-79
-81	-80
-82	-80
-83	-80
-82	-80
-85	-81
-77	-81
-90	-81
-81	-81
-74	-81
-79	-81
-85	-81
-79	-81
-77	-80
-76	-80
-81	-80
-76	-80
-79	-80
-81	-80
-78	-80
-82	-80
-80	-80
-79	-80
-78	-80
-77	-79
-75	-79
-77	-79
-76	-78

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



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

$$R = 1 \mid Q = 0.01$$

Raw RSSI	Filtered RSSI
-74	-78
-76	-78
-82	-78
-81	-79
-77	-78
-77	-78
-77	-78
-80	-78
-82	-79
-80	-79
-81	-79
-82	-79
-81	-79
-81	-80
-89	-80
-86	-81
-83	-81
-82	-81
-83	-81
-82	-81
-81	-81
-80	-81
-81	-81
-82	-81
-81	-81
-84	-82
-82	-82
-86	-82
-82	-82
-83	-82
-82	-82
-83	-82
-82	-82
-85	-82
-83	-82
-83	-83
-82	-82
-83	-83



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

R = 1 Q = 0.01	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-84	-83
-83	-83
-78	-82
-83	-82
-81	-82
-88	-83
-81	-83
-82	-83
-82	-82
-83	-83
-82	-82
-82	-82
-84	-83
-86	-83
-85	-83
-85	-83
-86	-84
-82	-83
-85	-83
-86	-84
-79	-83
-84	-83
-84	-83
-82	-83
-84	-84
-85	-84
-85	-84
-84	-83
-86	-84

Lampiran 2. Data Pengujian parameter R=1, Q=1

R = 1 Q = 1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-79	-79



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

R = 1 Q = 1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-80	-80
-80	-80
-82	-81
-78	-79
-77	-78
-83	-81
-82	-82
-80	-81
-83	-82
-85	-84
-85	-85
-84	-84
-85	-85
-80	-82
-80	-81
-82	-81
-82	-82
-82	-82
-82	-82
-79	-80
-79	-79
-81	-80
-82	-81
-80	-81
-79	-80
-78	-79
-76	-77
-81	-79
-81	-80
-76	-78
-79	-78
-76	-77
-74	-75
-74	-74
-79	-77
-84	-81
-75	-77



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

R = 1 Q = 1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-80	-79
-84	-82
-83	-83
-74	-77
-83	-81
-83	-82
-82	-82
-82	-82
-78	-80
-83	-82
-83	-82
-82	-82
-75	-78
-75	-76
-81	-79
-75	-77
-75	-76
-78	-77
-74	-75
-77	-76
-75	-75
-80	-78
-81	-80
-84	-82
-82	-82
-84	-83
-85	-84
-82	-83
-82	-82
-82	-82
-85	-84
-83	-83
-83	-83
-84	-84
-83	-83
-84	-84
-84	-84
-84	-84
-86	-85



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

R = 1 Q = 1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-84	-84
-85	-85
-86	-86
-87	-86
-84	-85
-86	-86
-85	-85
-84	-84
-86	-85
-82	-83
-83	-83
-84	-84
-83	-83
-84	-84
-85	-84
-83	-83
-84	-84
-84	-84
-83	-83
-84	-84
-83	-84
-85	-84
-84	-84

Lampiran 3. Data Pengujian parameter R=1, Q=0.1

R = 1 Q = 0.1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-84	-84
-86	-85
-78	-83
-81	-82
-81	-82
-80	-81
-83	-82



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

R = 1 Q = 0.1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-83	-82
-84	-83
-82	-82
-81	-82
-81	-82
-81	-82
-82	-82
-81	-82
-82	-82
-83	-82
-83	-82
-82	-82
-89	-84
-82	-83
-85	-84
-84	-84
-84	-84
-84	-84
-77	-82
-72	-79
-71	-77
-71	-75
-77	-76
-79	-77
-80	-78
-76	-77
-78	-77
-80	-78
-79	-78
-78	-78
-80	-79
-80	-79
-80	-79
-81	-80
-81	-80
-81	-80
-80	-80
-80	-80



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

$R = 1 \mid Q = 0.1$

Raw RSSI	Filtered RSSI
-80	-80
-86	-82
-80	-81
-86	-83
-78	-81
-88	-83
-77	-81
-77	-80
-77	-79
-77	-79
-77	-78
-74	-77
-74	-76
-78	-77
-75	-76
-76	-76
-77	-76
-79	-77
-77	-77
-88	-80
-78	-79
-78	-79
-78	-79
-78	-79
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-78	-78
-79	-78
-79	-79
-79	-79
-78	-78
-76	-78
-80	-78
-77	-78



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

$R = 1 \mid Q = 0.1$

Raw RSSI	Filtered RSSI
-76	-77
-76	-77
-76	-77
-76	-77
-77	-77
-77	-77
-76	-76
-78	-77
-78	-79
-76	-77
-72	-77
-71	-75
-76	-76
-76	-76
-83	-78
-74	-76
-90	-79

Lampiran 4. Data Pengujian parameter $R=100$, $Q=0.1$

$R = 100 \mid Q = 0.1$

Raw RSSI	Filtered RSSI
-81	-79
-82	-79
-81	-79
-89	-81
-88	-81
-81	-81
-87	-82
-85	-82
-86	-83
-80	-82
-81	-82
-81	-82
-74	-82



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

R = 100 Q = 0.1	
Raw RSSI	Filtered RSSI
-78	-81
-86	-82
-77	-81
-76	-81
-82	-81
-86	-81
-90	-82
-82	-82
-88	-82
-82	-82
-86	-82
-83	-82
-85	-82
-83	-82
-82	-82
-86	-83
-85	-83
-85	-83
-85	-83
-84	-83
-83	-83
-85	-83
-82	-83
-87	-83
-87	-83
-86	-83
-79	-83
-85	-83
-81	-83
-84	-83
-81	-83
-89	-83
-82	-83
-90	-84
-82	-83
-82	-83
-82	-83
-91	-84



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

R = 100 | Q = 0.1

Raw RSSI	Filtered RSSI
-83	-84
-79	-83
-86	-84
-81	-83
-92	-84
-81	-84
-82	-84
-84	-84
-85	-84
-84	-84
-84	-84
-85	-84
-85	-84
-87	-84
-84	-84
-84	-84
-88	-84
-78	-84
-79	-84
-89	-84
-79	-84
-79	-84
-88	-84
-80	-84
-87	-84
-81	-84
-78	-83
-86	-83
-83	-83
-77	-83
-78	-83
-87	-83
-86	-83
-88	-83
-80	-83
-79	-83
-79	-83
-80	-83



© 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

$$R = 100 \mid Q = 0.1$$

Raw RSSI	Filtered RSSI
-76	-83
-81	-83
-82	-83
-81	-83
-80	-83
-81	-82
-87	-83
-79	-83
-84	-83
-85	-83
-87	-83

Lampiran 5. Data Hasil Pengujian Akurasi pada *Room 2*

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Mentah	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
1	T1 (Tengah)	-82, -68, -85	Room 2	-83, -69, -86	Room 2	Room 2	Benar / Benar
2	T1	-84, -69, -87	Room 2	-84, -69, -87	Room 2	Room 2	Benar / Benar
3	T1	-81, -70, -88	Room 2	-82, -70, -87	Room 2	Room 2	Benar / Benar
4	T1	-83, -68, -86	Room 2	-83, -69, -86	Room 2	Room 2	Benar / Benar



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

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Mentah	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
5	T2 (Dekat GW)	-85, -55, -84	Room 2	-85, -56, -85	Room 2	Room 2	Benar / Benar
6	T2	-86, -54, -87	Room 2	-86, -55, -87	Room 2	Room 2	Benar / Benar
7	T2	-85, -56, -86	Room 2	-85, -56, -86	Room 2	Room 2	Benar / Benar
8	T2	-84, -55, -89	Room 2	-84, -55, -89	Room 2	Room 2	Benar / Benar
9	T3 (Sudut)	-83, -74, -85	Room 2	-83, -74, -85	Room 2	Room 2	Benar / Benar
10	T3	-84, -76, -87	Room 2	-84, -75, -87	Room 2	Room 2	Benar / Benar
11	T3	-85, -75, -87	Room 2	-85, -75, -87	Room 2	Room 2	Benar / Benar
12	T3	-82, -74, -86	Room 2	-83, -74, -86	Room 2	Room 2	Benar / Benar
13	T4 (Dinding)	-75, -78, -90	Room 1	-79, -76, -90	Room 2	Room 2	Salah / Benar
14	T4	-74, -79, -88	Room 1	-79, -77, -88	Room 2	Room 2	Salah / Benar



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

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Mentah	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
15	T4	-76, -77, -89	Room 1	-78, -76, -89	Room 2	Room 2	Salah / Benar
16	T4	-75, -78, -90	Room 1	-79, -77, -90	Room 2	Room 2	Salah / Benar
17	T5 (Pintu)	-76, -79, -82	Room 1	-79, -77, -82	Room 2	Room 2	Salah / Benar
18	T5	-81, -73, -79	Room 2	-82, -72, -80	Room 2	Room 2	Benar / Benar
19	T5	-80, -72, -78	Room 2	-81, -72, -79	Room 2	Room 2	Benar / Benar
20	T5	-81, -71, -79	Room 2	-82, -71, -80	Room 2	Room 2	Benar / Benar

Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Akurasi pada Room 3



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

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Mentah	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
1	T1 (Tengah)	-85, -82, -68	Room 3	-86, -83, -69	Room 3	Room 3	Benar / Benar
2	T1	-87, -84, -69	Room 3	-87, -84, -69	Room 3	Room 3	Benar / Benar
3	T1	-88, -81, -70	Room 3	-87, -82, -70	Room 3	Room 3	Benar / Benar
4	T1	-86, -83, -68	Room 3	-86, -83, -69	Room 3	Room 3	Benar / Benar
5	T2 (Dekat GW)	-84, -85, -55	Room 3	-85, -85, -56	Room 3	Room 3	Benar / Benar
6	T2	-87, -86, -54	Room 3	-87, -86, -55	Room 3	Room 3	Benar / Benar
7	T2	-86, -85, -56	Room 3	-86, -85, -56	Room 3	Room 3	Benar / Benar
8	T2	-89, -84, -55	Room 3	-89, -84, -55	Room 3	Room 3	Benar / Benar
9	T3 (Sudut)	-85, -83, -74	Room 3	-85, -83, -74	Room 3	Room 3	Benar / Benar
10	T3	-87, -84, -76	Room 3	-87, -84, -75	Room 3	Room 3	Benar / Benar
11	T3	-87, -85, -75	Room 3	-87, -85, -75	Room 3	Room 3	Benar / Benar



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

Perc. Ke-	Titik Uji	RSSI Mentah (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Mentah	RSSI Kalman Filter (GW1, GW2, GW3)	Prediksi Kalman Filter	Aktual	Hasil (Mentah / KF)
12	T3	-86, -82, -74	Room 3	-86, -83, -74	Room 3	Room 3	Benar / Benar
13	T4 (Dinding)	-88, -85, -76	Room 3	-88, -86, -77	Room 3	Room 3	Benar / Benar
14	T4	-89, -84, -75	Room 3	-89, -85, -76	Room 3	Room 3	Benar / Benar
15	T4	-87, -86, -77	Room 3	-88, -86, -77	Room 3	Room 3	Benar / Benar
16	T4	-88, -85, -75	Room 3	-88, -86, -76	Room 3	Room 3	Benar / Benar
17	T5 (Pintu)	-82, -81, -71	Room 3	-82, -82, -71	Room 3	Room 3	Benar / Benar
18	T5	-79, -82, -80	Room 1	-82, -83, -79	Room 3	Room 3	Salah / Benar
19	T5	-80, -78, -81	Room 2	-81, -81, -79	Room 3	Room 3	Salah / Benar
20	T5	-81, -82, -72	Room 3	-81, -83, -71	Room 3	Room 3	Benar / Benar

Lampiran 7. Source Code ESP32-C3

```
#include <BLEDevice.h>
#include <BLEAdvertising.h>

#define TAG_ID "tag_esp32c3_001"
#define ADV_INTERVAL_UNITS 800
```



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

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initializing BLE Beacon...");

  BLEDevice::init(TAG_ID);
  BLEDevice::setPower(ESP_PWR_LVL_P3);
  BLEAdvertising *pAdvertising =
  BLEDevice::getAdvertising();

  BLEAdvertisementData advData;
  advData.setName(TAG_ID);
  advData.addTxPower();

  pAdvertising->setAdvertisementData(advData);
  pAdvertising->setMinInterval(ADV_INTERVAL_UNITS);
  pAdvertising->setMaxInterval(ADV_INTERVAL_UNITS);
  pAdvertising->start();

  Serial.println("BLE Beacon started successfully.");
}

void loop() {
  vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
}
```

Lampiran 8. Source Code ESP32-C3

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <BLEDevice.h>
#include <BLEUtils.h>
#include <BLEScan.h>
#include <BLEAdvertisedDevice.h>
#include <queue>

#define GATEWAY_MAC "F8:B3:B7:20:AB:84"
#define MQTT_BROKER "34.128.120.106"
#define MQTT_PORT 1883
const char* ssid = "ada nona ambon di sini?";
const char* password = "apaajaboleh";

#define TAG_PREFIX "tag_esp32c3_"
#define MQTT_TOPIC "ble/rssi"

struct TagEvent {
  string tag_mac;
  int rssi_raw;
  int tx_power;
  unsigned long timestamp;
};

std::queue<TagEvent> eventQueue;
portMUX_TYPE queueMux = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

WiFiClient espClient;
PubSubClient mqttClient(espClient);
BLEScan* pBLEScan;
```



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

```
class MyCallbacks: public BLEAdvertisedDeviceCallbacks {
    void onResult(BLEAdvertisedDevice device) {
        if (!device.haveName()) return;
        String name = device.getName().c_str();

        if (name.startsWith(TAG_PREFIX)) {
            TagEvent event;
            event.tag_mac =
device.getAddress().toString().c_str();
            event.rssi_raw = device.getRSSI();
            event.tx_power = device.getTXPower();
            event.timestamp = millis();

            Serial.print(" [BLE] Tag Terdeteksi! MAC: ");
            Serial.print(event.tag_mac);
            Serial.print(" | RSSI: ");
            Serial.println(event.rssi_raw);

            portENTER_CRITICAL(&queueMux);
            if (eventQueue.size() < 50) {
                eventQueue.push(event);
            }
            portEXIT_CRITICAL(&queueMux);
        }
    }
};

void TaskMQTT(void * pvParameters) {
    for(;;) {
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            Serial.println("Menunggu koneksi wiFi...");
            WiFi.begin(ssid, password);
            vTaskDelay(5000 / portTICK_PERIOD_MS);
            continue;
        }

        if (!mqttClient.connected()) {
            Serial.print("Mencoba koneksi MQTT ke ");
            Serial.print(MQTT_BROKER);
            Serial.print("...");

            if (mqttClient.connect(GATEWAY_MAC)) {
                Serial.println(" BERHASIL TERSAMBUNG!");
            } else {
                Serial.print(" GAGAL. Kode Error (rc) = ");
                Serial.println(mqttClient.state());
                vTaskDelay(5000 / portTICK_PERIOD_MS);
                continue;
            }
        }

        mqttClient.loop();

        while (!eventQueue.empty()) {
            TagEvent event;
            portENTER_CRITICAL(&queueMux);
            event = eventQueue.front();
            eventQueue.pop();
            portEXIT_CRITICAL(&queueMux);

            String payload = "{";
```



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

```

payload += "\"tag\\":\"" + event.tag_mac +
"\",\";
payload += "\"gw\\":\"" + String(GATEWAY_MAC) +
"\",\";
payload += "\"filt\\":\" +
String(event.rssi_raw);
payload += \"}\";

if(mqttClient.publish(MQTT_TOPIC,
payload.c_str())) {
    Serial.print(" [MQTT] Payload Terkirim ->
");
    Serial.println(payload);
}
}
vTaskDelay(10 / portTICK_PERIOD_MS);
}

void TaskScan(void * pvParameters) {
    Serial.println(" & Memulai Tugas Scanning BLE...");
    for(;;) {
        pBLEScan->start(2, false);
        pBLEScan->clearResults();
        vTaskDelay(10 / portTICK_PERIOD_MS);
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(1000);

    Serial.println("\n--- GATEWAY ESP32-DEVKIT V1 MENYALA -
--");

    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("\n wiFi OK");

    mqttClient.setServer(MQTT_BROKER, MQTT_PORT);
    mqttClient.setBufferSize(512);

    BLEDevice::init(GATEWAY_MAC);
    pBLEScan = BLEDevice::getScan();
    pBLEScan->setAdvertisedDeviceCallbacks(new
MyCallbacks());
    pBLEScan->setActiveScan(true);
    pBLEScan->setInterval(100);
    pBLEScan->setWindow(99);

    xTaskCreatePinnedToCore(TaskMQTT, "MQTT_Task", 8192,
NULL, 1, NULL, 1);
    xTaskCreatePinnedToCore(TaskScan, "Scan_Task", 4096,
NULL, 1, NULL, 0);
}

void loop() {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

}

```
vTaskDelete(NULL);
```



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