



**ANALISIS MEKANISME *FIRMWARE OVER-THE-AIR*
PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL
MENGUNAKAN ARSITEKTUR *GATEWAY*
BLUETOOTH LOW ENERGY**

SKRIPSI

RAFI RASHYA HUSEIN PANJAITAN

2207421038

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



**ANALISIS MEKANISME *FIRMWARE OVER-THE-AIR*
PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL
MENGUNAKAN ARSITEKTUR *GATEWAY*
BLUETOOTH LOW ENERGY**

SKRIPSI

**Dibuat Untuk Melengkapi Syarat Syarat yang Diperlukan Untuk Memperoleh
Diploma Empat Politeknik**

RAFI RASHYA HUSEIN PANJAITAN

2207421038

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafi Rashya Husein Panjaitan
NIM : 2207421038
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul skripsi : Analisis Mekanisme Firmware Over-the-Air pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Arsitektur Gateway Bluetooth Low Energy

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, 16 Juni 2026

Yang membuat pernyataan

(Rafi Rashya Husein Panjaitan)

NIM 2207421038



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

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Rafi Rashya Husein Panjaitan
NIM : 2207421038
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Analisis Mekanisme Firmware Over-the-Air pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Arsitektur Gateway Bluetooth Low Energy

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu, Tanggal 1, Bulan Juli, 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

Ketua



Dr. Anisa 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Mekanisme Firmware Over-the-Air pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Arsitektur Gateway Bluetooth Low Energy" yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Komputer di Politeknik Negeri Jakarta. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.
2. Ibu Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, masukan, dan bimbingan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, restu, serta dukungan moral dan material kepada penulis.
4. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan angkatan 2022 yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
5. Zahra Aulia Choerunnisa yang senantiasa mendampingi dengan penuh kesabaran, memberikan semangat, kebahagiaan, serta dukungan emosional yang tiada henti di setiap tahapan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi informasi dan komunikasi.

Depok, 25 Juni 2026

Rafi Rashya Husein Panjaitan



© 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 : Rafi Rashya Husein Panjaitan
NIM : 2207421038
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:

ANALISIS MEKANISME FIRMWARE OVER-THE-AIR PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL MENGGUNAKAN ARSITEKTUR GATEWAY BLUETOOTH LOW ENERGY

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,



(Rafi Rashya Husein Panjaitan)

NIM.2207421038



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

Analisis Mekanisme *Firmware Over-the-Air* pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Arsitektur *Gateway Bluetooth Low Energy*

ABSTRAK

Pengelolaan pemeliharaan Jaringan Sensor Nirkabel secara manual tidak efisien, sehingga pembaruan firmware nirkabel sangat dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis kinerja transmisi data FOTA berbasis arsitektur gateway Bluetooth Low Energy 5.0 pada WSN dibandingkan protokol ESP-NOW sebagai pembanding. Metode penelitian adalah rekayasa eksperimental menggunakan gateway ESP32-S3 dan node ESP32-C3 dengan variasi jarak 1 hingga 15 meter, hambatan LOS dan NLOS, serta ukuran berkas. Hasil pengujian menunjukkan FOTA BLE sukses 100% pada jarak 1-5 meter. Namun, BLE sensitif terhadap hambatan beton, di mana pada 10m NLOS, rasio retransmisi BLE melonjak tajam hingga 1432,19% pada berkas kecil dan 869,63% pada berkas sedang, sedangkan ESP-NOW tetap stabil di kisaran 100-102%. Dari segi kecepatan, ESP-NOW mengungguli BLE dengan throughput rata-rata mencapai 165,19 Kbps pada berkas kecil dan 185,93 Kbps sedang pada 1m LOS, berbanding BLE yang hanya mencapai 138,72 Kbps dan 105,84 Kbps. Pada 15m NLOS, kedua protokol gagal transmisi dengan Success Rate 0%. Disimpulkan bahwa meskipun FOTA BLE stabil pada jarak dekat, protokol ini memiliki keterbatasan keandalan dan throughput yang signifikan pada kondisi berpenghalang dibandingkan ESP-NOW.

Kata Kunci: *Bluetooth Low Energy, ESP-NOW, ESP32, Firmware Over-the-Air, Jaringan Sensor Nirkabel, Retransmisi, Throughput.*



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

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ..	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Sejenis	6
2.2 ESP32-S3.....	9
2.3 ESP32-C3	9
2.4 Bluetooth Low Energy	10
2.5 Firmware pada Jaringan Sensor Nirkabel	10
2.6 Mekanisme Firmware Over-the-Air.....	11
2.7 Sensor Akselerometer ADXL345.....	11
2.8 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT).....	11
2.9 Sistem Multitasking FreeRTOS.....	12
2.10 NimBLE <i>Stack</i>	12
2.11 Google Cloud Storage	13
2.12 TimescaleDB	13
2.13 Pengujian Sistem	14
BAB III	16
METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Rancangan Penelitian	16
3.2 Tahapan Penelitian.....	16
3.3 Objek Penelitian	17
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Analisis Kebutuhan.....	17
4.1.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras.....	17
4.1.1.1 Node Sensor	18



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

4.1.1.2 Gateway.....	19
4.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	21
4.1.3 Analisis Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional	22
4.1.3.1 Kebutuhan Fungsional	22
4.1.3.2 Kebutuhan Non-Fungsional	23
4.2 Perancangan Sistem.....	24
4.2.1 Blok Diagram.....	24
4.2.2 Arsitektur Sistem.....	25
4.2.3 Diagram Alir	26
4.2.4 Rancangan Skematik Perangkat.....	30
4.2.4.1 Skematik <i>Node</i> Sensor	30
4.2.4.2 Skematik Gateway	33
4.2.5 Rancangan Komunikasi Data.....	35
4.2.5.1 Rancangan Protokol MQTT	35
4.2.5.2 Rancangan Profil GATT BLE	36
4.2.6 Rancangan Partisi Memori.....	37
4.2.7 Rancangan Basis Data	39
4.2.7.1 Entity Relationship Diagram.....	39
4.2.7.2 Deskripsi Tabel Basis Data	40
4.2.7.3 Pengelolaan Data <i>Time-Series</i> Menggunakan TimescaleDB	41
4.3 Implementasi Sistem	42
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras	42
4.3.1.1 Implementasi <i>Node</i> Sensor.....	42
4.3.1.2 Implementasi <i>Gateway</i>	43
4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak Mikrokontroler.....	44
4.3.2.1 Implementasi <i>Firmware</i> <i>Node</i> Sensor.....	44
4.3.2.2 Implementasi <i>Firmware</i> <i>Gateway</i>	48
4.3.3 Implementasi Broker MQTT	52
4.3.4 Implementasi Backend dan Basis Data.....	55
4.3.4.1 Implementasi Layanan Backend	55
4.3.4.2 Implementasi Komunikasi <i>Message</i> Broker	57
4.3.5 Implementasi Antarmuka Pengguna	59
4.3.5.1 Visualisasi Data Telemetri Pemantauan Kesehatan Struktur	59
4.3.5.2 Panel Pemicu dan Riwayat Pembaruan FOTA.....	60
4.3.5.3 Halaman Pustaka Berkas <i>Firmware</i>	61
4.4 Pengujian Sistem	61
4.4.1 Deskripsi Pengujian	61
4.4.2 Prosedur Pengujian	62
4.4.2.1 Prosedur Pengujian Fungsionalitas Sistem	62
4.4.2.2 Prosedur Pengujian Kinerja Jaringan Komparatif.....	63
4.4.3 Data Hasil Pengujian	64
4.4.3.1 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem	65
4.4.3.2 Hasil Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Kecil.....	69
4.4.3.3 Hasil Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Sedang.....	71
4.4.3.4 Hasil Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Besar	72



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Pengujian	73
4.4.4.1 Analisis Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	73
4.4.4.2 Analisis Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Kecil	74
4.4.4.3 Analisis Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Sedang	76
4.4.4.4 Analisis Pengujian Kinerja Transmisi Berkas Besar	77
BAB V	80
PENUTUP.....	80
5.1 Simpulan.....	80
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	82
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	86
LAMPIRAN	87





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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Metrik Teknologi Nirkabel	10
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Broker MQTT dan <i>Publisher Subscriber</i>	12
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	16
Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem	24
Gambar 4.2 Arsitektur Sistem	25
Gambar 4.3 Diagram Sekuensial Proses FOTA	27
Gambar 4.4 Diagram Alir Fragmentasi dan Transmisi Data	28
Gambar 4.5 Diagram Alir Penerimaan Data dan Manajemen Partisi	29
Gambar 4.6 Skematik Node Sensor	30
Gambar 4.7 Skematik <i>Gateway</i>	33
Gambar 4.8 Entity Relationship Diagram Basis Data	40
Gambar 4.10 Implementasi Node Sensor	42
Gambar 4.11 Implementasi <i>Gateway</i>	43
Gambar 4.12 Karakteristik BLE GATT OTA	45
Gambar 4.13 Implementasi Pembacaan Sensor ADXL345	46
Gambar 4.14 Implementasi Fase Inisialisasi OTA	47
Gambar 4.15 Implementasi Fase Penulisan OTA	47
Gambar 4.16 Implementasi Fase Finalisasi Perintah OTA	48
Gambar 4.17 Implementasi <i>Event Handler</i> dan Pemrosesan <i>Payload</i> JSON	49
Gambar 4.18 Implementasi Penerimaan Notifikasi Telemetri dan Negosiasi MTU ..	50
Gambar 4.19 Algoritma Fragmentasi FOTA	51
Gambar 4.20 Implementasi Validasi Versi Pasca-Pembaruan	52
Gambar 4.21 Tampilan Dasbor Utama Deployment EMQX Serverless	52
Gambar 4.22 Daftar Klien yang Terhubung pada Broker EMQX	53
Gambar 4.23 Konfigurasi Otorisasi Akses Topik MQTT	53
Gambar 4.24 Format <i>Payload</i> Instruksi Pembaruan pada Topik <i>shm/ota/trigger</i>	54
Gambar 4.25 Implementasi Pesan Status Pembaruan pada Topik <i>shm/ota/status</i>	55
Gambar 4.26 Implementasi <i>Bucket</i> GCS	55
Gambar 4.27 Implementasi Worker Membuat Signed URL dan Payload MQTT	56
Gambar 4.28 Implementasi Kode Menangani Status Pembaruan	57
Gambar 4.29 Implementasi <i>Timeout</i> pada <i>Worker</i> FOTA	57
Gambar 4.30 Implementasi Koneksi Klien MQTT dan Pengaturan TLS	58
Gambar 4.31 Implementasi Kanal Langganan pada Topik Status	59
Gambar 4.32 Antarmuka Visualisasi Real-Time Telemetri Sensor SHM	60
Gambar 4.33 Antarmuka Panel Orkestrasi dan Tabel Riwayat Pembaruan FOTA	60
Gambar 4.34 Halaman Pustaka Berkas <i>Firmware</i>	61
Gambar 4.35 Respons Log <i>Gateway</i> saat Inisialisasi dan Penerimaan Data Telemetri	67
Gambar 4.36 Fluktuasi Grafik Telemetri Berdasarkan Simulasi Gangguan Fisik	67
Gambar 4.37 Inisiasi Perintah FOTA pada Antarmuka Web	68
Gambar 4.38 Proses Transmisi <i>Firmware</i> dari <i>Gateway</i> menuju <i>Node</i>	68
Gambar 4.39 Verifikasi Integritas Versi <i>Firmware</i> Pasca- <i>Reboot</i> oleh <i>Gateway</i>	69
Gambar 4.40 Sinkronisasi Status Keberhasilan OTA pada Tabel Dashboard	69



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 4.41 Grafik Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	74
Gambar 4.42 Grafik Komparasi Throughput Berkas Kecil BLE vs ESP-NOW	74
Gambar 4.43 Grafik Komparasi Rasio Retransmisi Berkas Kecil BLE vs ESP-NOW	75
Gambar 4.44 Grafik Komparasi Throughput Berkas Sedang BLE vs ESP-NOW	76
Gambar 4.45 Grafik Komparasi Rasio Retransmisi Berkas Sedang BLE vs ESP-NOW	77
Gambar 4.46 Grafik Komparasi Throughput Berkas Besar BLE vs ESP-NOW	78
Gambar 4.47 Grafik Komparasi Rasio Retransmisi Berkas Besar BLE vs ESP-NOW	79





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 Tabel Penelitian Terdahulu	6
Tabel 4.1 Spesifikasi Node Sensor.....	19
Tabel 4.2 Spesifikasi Gateway	20
Tabel 4.3 Kebutuhan Perangkat Lunak	21
Tabel 4.4 Kebutuhan Fungsional Sistem.....	22
Tabel 4.5 Kebutuhan Non-Fungsional	23
Tabel 4.6 Pemetaan Jalur Subsistem Manajemen Daya	31
Tabel 4.7 Pemetaan Jalur Subsistem Pengolahan Data	31
Tabel 4.8 Pemetaan Jalur Subsistem Akuisisi Data Getaran	32
Tabel 4.9 Pemetaan Jalur Subsistem Pemantauan Tegangan Baterai.....	33
Tabel 4.10 Pemetaan Jalur Subsistem Gateway	34
Tabel 4.11 Rancangan Topik dan Payload MQTT	36
Tabel 4.12 Rancangan Profil GATT BLE Kustom.....	37
Tabel 4.13 Tabel Partisi Memori Flash ESP32-C3	38
Tabel 4.14 Deskripsi Tabel Basis Data.....	41
Tabel 4.15 Prosedur Pengujian Fungsionalitas Sistem	62
Tabel 4.16 Skenario Pengujian Kinerja Jaringan dan Mekanisme FOTA.....	63
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sistem	65
Tabel 4.18 Data Pengujian Transmisi Berkas Kecil.....	69
Tabel 4.19 Data Pengujian Transmisi Berkas Sedang.....	71
Tabel 4.20 Data Pengujian Transmisi Berkas Besar	72

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Internet of Things (IoT) telah mengalami pertumbuhan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir, dengan adopsi yang meluas di berbagai sektor industri, mulai dari pertanian cerdas, pemantauan infrastruktur, hingga logistik. Dalam implementasi skala besar, teknologi ini sering berwujud Jaringan Sensor Nirkabel atau *Wireless Sensor Network* (WSN) yang terdiri dari ratusan hingga ribuan *node* sensor. Perangkat-perangkat ini seringkali beroperasi tanpa pengawasan di lokasi yang beragam dan untuk jangka waktu yang lama, sehingga metode pemeliharaan perangkat secara manual tidak lagi efektif untuk implementasi skala besar yang heterogen (Arakadakis et al., 2022; Braten et al., 2020).

Pengelolaan perangkat dalam skala masif menghadirkan tantangan besar, terutama ketika perangkat mengalami *bug* perangkat lunak pasca-perilisan, membutuhkan penambalan celah keamanan, atau memerlukan penyesuaian logika bisnis baru (Bauwens et al., 2020). Dari berbagai aspek pemeliharaan, pembaruan *firmware* merupakan aktivitas yang paling kritis sekaligus paling menantang. Berbeda dengan perubahan konfigurasi parameter yang ringan, perbaikan *bug* logika atau penambahan fitur membutuhkan penggantian seluruh blok kode program pada memori mikrokontroler. Tanpa mekanisme nirkabel, teknisi harus mengakses fisik perangkat satu per satu untuk melakukan *flashing* ulang via kabel. Hal ini menjadi tidak efektif secara biaya dan waktu, bahkan mustahil dilakukan pada infrastruktur WSN yang *node*-nya tertanam permanen di lokasi yang sulit dijangkau, seperti pada struktur bangunan tinggi atau area tertutup (M. A. Mostafa et al., 2025; Peter et al., 2023).

Oleh karena itu, mekanisme *Firmware Over-the-Air* (FOTA) menjadi kebutuhan yang relevan untuk diimplementasikan, bukan sekadar fitur tambahan. Namun, implementasi FOTA pada WSN memiliki kendala ketat terkait efisiensi energi. *Node* sensor umumnya beroperasi menggunakan sumber daya baterai terbatas dan diharapkan bertahan dalam hitungan tahun. Penggunaan protokol hemat energi seperti Bluetooth Low Energy (BLE) kini menjadi standar industri untuk komunikasi jarak



© 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

dekat, menggantikan *Wi-Fi* yang dinilai boros daya. Hal ini divalidasi oleh studi komparatif terbaru yang menunjukkan kesenjangan konsumsi energi yang signifikan, pada pengujian aktivitas pemindaian berdurasi 60 detik protokol *Wi-Fi* mencatat konsumsi daya rata-rata sebesar 218 mW, hampir dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan BLE yang hanya mengonsumsi 134 mW (Chakraborty et al., 2024).

Meskipun BLE ideal untuk operasional WSN berdaya rendah, penerapannya untuk mekanisme FOTA menghadirkan kompleksitas tersendiri. Berbeda dengan *Wi-Fi* yang memiliki *throughput* tinggi sebesar 6-30 Mbps, kecepatan BLE yang terbatas pada 1 Mbps dapat memperpanjang durasi transfer *firmware* secara signifikan (Jaouhari & Bouvet, 2022). Hal ini menciptakan kontradiksi, proses FOTA yang lambat berpotensi menguras energi baterai karena radio harus aktif lebih lama, serta meningkatkan risiko kegagalan transfer di tengah jalan. Mekanisme OTA konvensional yang mengirimkan *firmware* secara utuh tanpa manajemen partisi yang baik memungkinkan proses mengalami kegagalan pada protokol berdaya rendah ini.

Strategi arsitektur sistem yang memanfaatkan perangkat perantara seperti *gateway* untuk mengelola distribusi pembaruan diperlukan mengatasi permasalahan tersebut. *Gateway* bertugas menjembatani komunikasi antara *server* pusat dengan *node* sensor yang terisolasi, serta mengatur fragmentasi data agar sesuai dengan karakteristik paket BLE. Tantangan utamanya adalah merancang mekanisme transfer yang mampu menyeimbangkan kebutuhan pembaruan perangkat lunak dengan keandalan kanal transmisi BLE. Untuk mengukur batas performa dan keandalan FOTA berbasis BLE tersebut, diperlukan perbandingan langsung dengan protokol nirkabel berkarakteristik berbeda. Protokol ESP-NOW, yang merupakan teknologi komunikasi nirkabel berbasis Wi-Fi fisik dari Espressif, dapat digunakan sebagai parameter pembanding karena menawarkan kecepatan tinggi dan jangkauan luas tanpa *overhead* koneksi.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini diarahkan untuk melakukan analisis kinerja mekanisme *Firmware Over-the-Air* pada jaringan sensor nirkabel berbasis arsitektur *gateway* BLE. Penelitian ini berfokus pada analisis mendalam aspek *throughput*, waktu pengiriman, tingkat keberhasilan, dan rasio retransmisi BLE pada variasi jarak dan penghalang fisik, dengan menyandingkan kinerjanya terhadap protokol ESP-NOW sebagai pembanding evaluasi.



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

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan mekanisme pembaruan FOTA pada jaringan sensor nirkabel dengan arsitektur *gateway* berbasis protokol BLE?
- b. Bagaimana performa kecepatan transmisi dan durasi waktu FOTA pada arsitektur berbasis BLE yang dibangun jika dibandingkan dengan protokol ESP-NOW?
- c. Bagaimana dampak redaman jarak transmisi dan adanya hambatan fisik terhadap rasio retransmisi dan tingkat keberhasilan FOTA berbasis BLE?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan pengembangan sistem ini, serta untuk menjaga fokus penelitian pada implementasi mekanisme pembaruan *firmware* berbasis BLE, penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

- a. Implementasi sistem dilakukan pada mikrokontroler jenis ESP32-S3 sebagai *gateway* dan ESP32-C3 sebagai *node* sensor dengan protokol BLE versi 5.0.
- b. Fokus utama penelitian adalah mekanisme transmisi data *firmware* dari perangkat *gateway* menuju *node* menggunakan protokol BLE. Mekanisme komunikasi antara *server* ke *gateway* melalui *Wi-Fi* atau Internet hanya dibahas sebatas fungsionalitas pengunduhan *file* dan tidak dianalisis secara mendalam.
- c. Proses pembaruan *firmware* ke banyak *node* dilakukan secara sekuensial oleh mekanisme antrian pada *backend*, bukan secara paralel langsung dari *gateway* untuk menjaga stabilitas koneksi dan integritas data pada kanal BLE.
- d. Analisis kinerja sistem dibatasi pada pengukuran parameter *throughput*, efisiensi konsumsi daya selama proses OTA, jumlah transmisi ulang paket pada proses OTA, dan tingkat keberhasilan proses pembaruan.
- e. Pembacaan data sensor getaran ADXL345 dan tegangan baterai pada *node* sensor hanya berfungsi sebagai data telemetri prototipe untuk mensimulasikan kondisi operasional jaringan sensor nirkabel. Penelitian ini tidak membahas kalibrasi presisi, validasi akurasi pembacaan fisik sensor getaran, maupun analisis kelayakan struktural dari atap baja itu sendiri.



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

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

- a. Mengembangkan mekanisme pembaruan *firmware* nirkabel pada Jaringan Sensor Nirkabel berbasis ESP32 dengan menerapkan arsitektur *gateway* yang memanfaatkan protokol BLE.
- b. Menganalisis performa kecepatan transmisi dan durasi FOTA berbasis BLE dengan membandingkannya terhadap protokol ESP-NOW sebagai tolok ukur pada berbagai ukuran berkas.
- c. Menganalisis dampak jarak dan hambatan fisik terhadap rasio retransmisi dan tingkat keberhasilan FOTA berbasis BLE untuk memetakan batas toleransi keandalannya.

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari hasil perancangan sistem ini antara lain:

- a. Meningkatkan efisiensi operasional teknis dalam melakukan pemeliharaan perangkat lunak pada *node* sensor yang sulit dijangkau.
- b. Memperpanjang usia pakai baterai pada *node* sensor melalui penerapan metode transmisi BLE yang dioptimalkan.
- c. Menyediakan data analisis empiris mengenai karakteristik dan kinerja transfer *firmware* via BLE yang dapat dimanfaatkan sebagai referensi akademis untuk pengembangan sistem IoT *low-power* di masa depan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas dasar pemikiran dilakukannya penelitian yang mencakup latar belakang masalah mengenai urgensi efisiensi pembaruan perangkat lunak pada jaringan sensor nirkabel berbasis *gateway*. Selanjutnya, bab ini menjabarkan rumusan masalah, batasan masalah untuk menjaga fokus penelitian, tujuan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ingin dicapai, manfaat penelitian bagi pengembangan ilmu dan industri, serta diakhiri dengan sistematika penulisan laporan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori yang dapat mendukung penelitian, meliputi spesifikasi teknis mikrokontroler ESP32-S3 dan ESP32-C3, arsitektur protokol BLE, serta mekanisme *Over-the-Air (OTA) Update*.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode penelitian dengan pendekatan rekayasa sistem, mencakup rancangan visualisasi dan alur logika sistem IoT pada mikrokontroler mulai dari analisis hingga pengujian. Pembahasan meliputi spesifikasi sumber dan teknik pengumpulan data melalui eksperimen perangkat keras, teknik analisis kinerja teknis, serta dilengkapi dengan jadwal pelaksanaan dan rincian anggaran biaya.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan data hasil analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem, realisasi implementasi perangkat keras, serta pengembangan perangkat lunak mikrokontroler dan antarmuka pemantauan berbasis web. Bab ini juga membahas evaluasi hasil pengujian fungsionalitas, analisis performa jaringan, serta analisis komparatif konsumsi daya *node* sensor.

e. BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan simpulan akhir dari seluruh rangkaian pengujian dan evaluasi kinerja sistem yang telah dirancang, serta saran-saran teoretis dan praktis yang diajukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya di masa depan.

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 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan analisis pengujian sistem *Firmware Over-the-Air* pada jaringan sensor nirkabel menggunakan arsitektur *Gateway* BLE, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Mekanisme FOTA dengan arsitektur *gateway* berbasis BLE 5.0 berhasil diimplementasikan secara asinkron mulai dari *cloud storage*, *backend* Go, broker MQTT EMQX, hingga transmisi data nirkabel dari *gateway* ESP32-S3 ke *node* sensor ESP32-C3 menggunakan protokol BLE secara stabil.
2. Pengujian throughput membuktikan keunggulan protokol ESP-NOW secara konsisten di semua ukuran berkas dibandingkan dengan BLE. Pada kondisi ideal pada 1 meter LOS, ESP-NOW mencatatkan throughput rata-rata hingga 165,19 Kbps pada berkas 150 KB, 185,93 Kbps pada berkas 585 KB, dan 138,49 Kbps pada berkas 1,2 MB berbanding BLE yang hanya mencapai 138,72 Kbps pada berkas 150 KB, 105,84 pada berkas 585 KB, dan 137,78 Kbps pada berkas sebesar 1,2 MB.
3. Protokol BLE sangat sensitif terhadap hambatan beton, di mana rasio retransmisi BLE melonjak tajam hingga 1432,19% pada berkas 150 KB dan 869,63% pada berkas 585 KB di jarak 10 meter NLOS, sedangkan ESP-NOW tetap mempertahankan kestabilan rasio retransmisi di kisaran 100% s.d. 102%. Pada jarak ekstrim 15 meter NLOS kedua protokol mengalami kegagalan transfer total, namun pada kondisi tanpa halangan yaitu 15 meter LOS ESP-NOW menunjukkan keandalan transfer yang lebih baik dibandingkan dengan BLE.

5.2 Saran

Saran yang dapat diimplementasikan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Sistem dapat dikembangkan menerapkan algoritma penyesuaian parameter interval koneksi secara dinamis yang digabungkan dengan BLE *mesh* untuk memperkuat ketahanan sinyal di lingkungan berpenghalang.



© 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. Perlu diuji coba menggunakan lebih banyak node yang terintegrasi dengan satu *gateway* yang sama untuk melihat kemampuan koneksi dan transmisi data protokol Bluetooth Low Energy pada ESP32-S3 secara bersamaan.
3. Pengujian FOTA komparatif selanjutnya disarankan menggunakan variasi protokol nirkabel berdaya rendah lainnya seperti Zigbee atau LoRaWAN untuk memetakan performa transmisi pada cakupan topologi jaringan sensor yang lebih luas.





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

- Aprianto, A. D., & Ramayanti, D. (2024). Penggunaan Klasifikasi Objek dalam Aplikasi Android untuk Melestarikan Kuliner Khas Indonesia. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 16(1), 25. <https://doi.org/10.22441/fifo.2024.v16i1.003>
- Arakadakis, K., Charalampidis, P., Makrogiannakis, A., & Fragkiadakis, A. (2022). Firmware Over-the-air Programming Techniques for IoT Networks- A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54(9). <https://doi.org/10.1145/3472292>
- Ayuningtyas, P. K., Atmodjo, D., & 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. <http://portal.perbanas.id>.
- Baazaoui, M. K., Ketata, I., Fakhfakh, A., & Derbel, F. (2023). Modeling of Packet Error Rate Distribution Based on Received Signal Strength Indications in OMNeT++ for Wake-Up Receivers. *Sensors*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052394>
- Bauwens, J., Ruckebusch, P., Giannoulis, S., Moerman, I., & De Poorter, E. (2020). Over-the-Air Software Updates in the Internet-of-Things: An Overview of Key Principles. *IEEE Communications Magazine*. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900125>
- Behnke, I. (2024). *Real-Time Aware IP-Networking for Resource-Constrained Embedded Devices*. <https://doi.org/10.14279/depositonce-20667>
- Braten, A. E., Kraemer, F. A., & Palma, D. (2020). Autonomous IoT Device Management Systems: Structured Review and Generalized Cognitive Model. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3035389>
- Cahyono, E. B., Setia Budi, A., & Akbar, S. R. (2023). Pengembangan Gateway untuk Mendukung Proses Over The Air Firmware Update pada Perangkat WSN berbasis Bluetooth Low Energy. *Jurnal Pengembangan Teknologi*



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

Informasi Dan Ilmu Komputer, 7(2), 953–959. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/12354>

Chakraborty, A., Sadhukhan, P., Das, P. K., & Roy, N. (2024). *Statistical Real-time Power Consumption Analysis of Wi-Fi and BLE Scan Operation: A Comparative Study*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4696654/v1>

Dodik Kurniawan, M., & Budjianto, A. (2025). IMPLEMENTASI SISTEM PROGRAMABLE TIMER MENGGUNAKAN ESP32-C3 SUPERMINI DENGAN TAMPILAN OLED DAN INDIKATOR BUZZER. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Number 6). <https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.15785>

Ferrina, Q., Ratna Sulistiyanti, S., & Junaidi, dan. (2022). Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Akselerometer ADXL345. In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 10, Number 02).

Formanek, L., Kubascik, M., Karpis, O., & Kolok, P. (2025). Advanced System for Remote Updates on ESP32-Based Devices Using Over-the-Air Update Technology. *Computers*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/computers14120531>

Hakim, L., Kusuma, W. A., Faiqurahman, M., & Supriyanto. (2021). Over The Air Update Firmware pada Perangkat IoT Dengan Protokol MQTT. *Jurnal Sistem Dan Informatika (JSI)*, 14(2), 99–105. <https://doi.org/10.30864/jsi.v14i2.244>

Hariyadi, A., Taufik, M., Hidayati, N., Eka Rakhmania, A., & Hendra Yoga Perdana, R. (n.d.). *Efisiensi Daya Perangkat Wireless Sensor Network Pada Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Algoritma Leach*.

Jaouhari, S. El, & Bouvet, E. (2022, January 26). *Toward a generic and secure bootloader for IoT device firmware OTA update*. <https://doi.org/10.1109/ICOIN53446.2022.9687242>



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

- Liu, C., Zhang, Y., & Zhou, H. (2021). A comprehensive study of bluetooth low energy. *Journal of Physics: Conference Series*, 2093(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2093/1/012021>
- Mahfoudhi, F., Sultania, A. K., & Famaey, J. (2022). Over-the-Air Firmware Updates for Constrained NB-IoT Devices. *Sensors*, 22(19). <https://doi.org/10.3390/s22197572>
- Mazzi, Y., Gaga, A., & Errahimi, F. (2021). Benchmarking and Comparison of Two Open-source RTOSs for Embedded Systems Based on ARM Cortex-M4 MCU. *Indian Journal of Science and Technology*, 14(16), 1261–1273. <https://doi.org/10.17485/IJST/v14i16.387>
- Milić, L., Jelenković, L., & Magdalenic, I. (2025). Minimizing IoT Energy Consumption Using BLE and Metaprotocol Architecture. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/dsn/7859748>
- Mostafa, J., Wehbi, S., Chilingaryan, S., & Kopmann, A. (2022, August 23). SciTS: A Benchmark for Time-Series Databases in Scientific Experiments and Industrial Internet of Things. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3538712.3538723>
- Mostafa, M. A., Mohamed, M. K., & Ezzat, R. W. (2025). Enhancing AUTOSAR-Based Firmware Over-the-Air Updates in the Automotive Industry with a Practical Implementation on a Steering System. <http://arxiv.org/abs/2503.05839>
- Nakakaze, O., Koren, I., Brillowski, F., & Klamma, R. (2024). Adaptive retrofitting for industrial machines: utilizing webassembly and peer-to-peer connectivity on the edge. *World Wide Web*, 27(1). <https://doi.org/10.1007/s11280-024-01237-8>
- Nemlaha, E., Střelec, P., Horák, T., Kováč, S., & Tanuška, P. (2023). Suitability of MQTT and REST Communication Protocols for AIoT or IIoT Devices Based on ESP32 S3. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 596 LNNS, 225–233. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21435-6_19



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

Nguyen, H. D., Sommer, N. Le, & Mahéo, Y. (2024). Over-the-Air Firmware Update in LoRaWAN Networks: A New Module-based Approach. *Procedia Computer Science*, 241, 154–161.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.022>

Peter, C. S., Penning, L., Zimpeck, A., Marques, F., & Yamin, A. (2023). An Approach to Remote Update Embedded Systems in the Internet of Things. *Journal of Internet Services and Applications*, 14(1), 151–159. <https://doi.org/10.5753/jisa.2023.3078>

Putra, I. B. A. E. M., Adnyana, M. S. I. D., & Jasa, L. (2021). Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(1), 95. <https://doi.org/10.24843/mite.2021.v20i01.p11>

Skýpalová, E., Boroš, M., Loveček, T., & Veľas, A. (2025). Innovative Indoor Positioning: BLE Beacons for Healthcare Tracking. *Electronics (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/electronics14102018>

Subagiyo, H., Rhamadani, R., & Wahyuni, R. T. (2023). Penghematan Daya Pada Sensor Node Sistem Monitoring Kualitas Udara. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 13(2). <https://doi.org/10.22146/ijeis.81886>

Ul Haq, S., Singh, Y., Sharma, A., Gupta, R., & Gupta, D. (2023). A survey on IoT & embedded device firmware security: architecture, extraction techniques, and vulnerability analysis frameworks. In *Discover Internet of Things* (Vol. 3, Number 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s43926-023-00045-2>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Rafi Rashya Husein Panjaitan



Lahir pada tahun 2004, saat ini berdomisili di Jakarta. Putra kedua dari tiga bersaudara. Lulus dari pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2019, dan Sekolah Menengah Atas dengan jurusan pada tahun 2022. Berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan Diploma IV di Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, 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





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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Datasheet ESP32-S3

https://documentation.espressif.com/esp32-s3_datasheet_en.pdf

Lampiran 2. Datasheet ESP32-C3

https://documentation.espressif.com/esp32-c3_datasheet_en.pdf

Lampiran 3. Panduan API BLE ESP32-C3

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32c3/api-guides/ble/overview.html>

Lampiran 4. Panduan API BLE ESP32-S3

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v5.5.2/esp32s3/api-guides/ble/overview.html>

Lampiran 5. Source Code Sistem

<https://github.com/RafiRashya/SHM-OTA-NODE.git>

<https://github.com/RafiRashya/SHM-OTA-GATEWAY.git>

<https://github.com/RafiRashya/fota-server.git>

https://github.com/RafiRashya/fota-web_admin.git

Lampiran 6. Data Pengujian BLE Berkas Kecil

TABEL: 10M_NLOS.csv					TABEL: 10M_NLOS.csv					TABEL: 15M_NLOS.csv					TABEL: 1M_NLOS.csv				
Status	Waktu	Totality	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry
SUCCESS	13.08	150000	300	753	SUCCESS	17.09	150000	300	1084	SUCCESS	12.13	150000	300	660	SUCCESS	8.58	150000	300	303
SUCCESS	10.82	150000	300	517	SUCCESS	14.58	150000	300	926	SUCCESS	14.42	150000	300	890	SUCCESS	8.45	150000	300	306
SUCCESS	11.79	150000	300	623	SUCCESS	57.71	150000	300	5216	SUCCESS	12.76	150000	300	720	SUCCESS	8.57	150000	300	303
SUCCESS	13.45	150000	300	791	SUCCESS	51.72	150000	300	4619	SUCCESS	16.66	150000	300	1073	SUCCESS	8.60	150000	300	307
SUCCESS	13.39	150000	300	786	SUCCESS	53.88	150000	300	4835	SUCCESS	14.72	150000	300	896	SUCCESS	8.69	150000	300	304
SUCCESS	12.88	150000	300	689	SUCCESS	84.16	150000	300	7863	SUCCESS	19.09	150000	300	1343	SUCCESS	8.69	150000	300	317
SUCCESS	13.26	150000	300	729	SUCCESS	58.10	150000	300	5257	SUCCESS	16.92	150000	300	1054	SUCCESS	8.57	150000	300	303
SUCCESS	10.49	150000	300	489	SUCCESS	75.61	150000	300	7007	SUCCESS	20.00	150000	300	980	SUCCESS	8.62	150000	300	301
SUCCESS	13.27	150000	300	746	FAILED	38.30	65000	130	3680	SUCCESS	18.85	150000	300	1225	SUCCESS	8.58	150000	300	304
SUCCESS	12.19	150000	300	661	SUCCESS	24.14	150000	300	1860	SUCCESS	17.53	150000	300	1181	SUCCESS	8.57	150000	300	301
TABEL: 1M_NLOS.csv					TABEL: 1M_NLOS.csv					TABEL: 1M_NLOS.csv					TABEL: 1M_NLOS.csv				
Status	Waktu	Totality	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Totality	Expected	TotalRetry
SUCCESS	9.43	150000	300	390	SUCCESS	9.75	150000	300	321	SUCCESS	16.30	150000	300	2256					
SUCCESS	9.30	150000	300	376	SUCCESS	9.18	150000	300	365	SUCCESS	17.73	150000	300	1220					
SUCCESS	9.17	150000	300	363	SUCCESS	9.24	150000	300	364	SUCCESS	17.27	150000	300	1171					
SUCCESS	9.52	150000	300	395	SUCCESS	9.45	150000	300	392	SUCCESS	17.08	150000	300	1156					
SUCCESS	9.50	150000	300	398	SUCCESS	9.02	150000	300	349	SUCCESS	18.58	150000	300	1306					
SUCCESS	8.73	150000	300	321	SUCCESS	10.09	150000	300	442	SUCCESS	15.96	150000	300	1043					
SUCCESS	9.33	150000	300	371	SUCCESS	9.17	150000	300	363	SUCCESS	18.42	150000	300	1288					
SUCCESS	9.28	150000	300	376	SUCCESS	9.83	150000	300	425	SUCCESS	16.44	150000	300	1091					
SUCCESS	10.00	150000	300	445	SUCCESS	11.72	150000	300	614	SUCCESS	15.13	150000	300	896					
SUCCESS	8.91	150000	300	323	SUCCESS	11.72	150000	300	526	SUCCESS	18.70	150000	300	1301					



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Lampiran 7. Data Pengujian BLE Berkas Sedang

TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv				
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry
SUCCESS	58.97	58536	1171	2726	SUCCESS	159.02	58536	1171	1208	SUCCESS	161.22	58536	1171	12880	SUCCESS	44.16	58536	1171	1236
SUCCESS	82.51	58536	1171	5087	SUCCESS	172.31	58536	1171	14012	FAILED	188.77	321000	642	17123	SUCCESS	43.72	58536	1171	1215
SUCCESS	79.85	58536	1171	4799	SUCCESS	183.28	58536	1171	13128	SUCCESS	168.16	315000	1030	13980	SUCCESS	44.44	58536	1171	1215
SUCCESS	101.52	58536	1171	6929	SUCCESS	83.16	58536	1171	5024	SUCCESS	128.73	58536	1171	9658	SUCCESS	45.35	58536	1171	1305
SUCCESS	108.15	58536	1171	7645	SUCCESS	117.57	58536	1171	8453	SUCCESS	91.70	58536	1171	5934	SUCCESS	43.81	58536	1171	1136
SUCCESS	100.53	58536	1171	6869	FAILED	70.13	185000	370	5520	SUCCESS	60.80	58536	1171	2832	SUCCESS	47.50	58536	1171	1530
SUCCESS	88.40	58536	1171	5674	FAILED	123.53	330000	660	10551	SUCCESS	70.89	58536	1171	3846	SUCCESS	43.44	58536	1171	1130
SUCCESS	79.50	58536	1171	4743	SUCCESS	141.17	58536	1171	10950	SUCCESS	91.76	58536	1171	5980	SUCCESS	44.17	58536	1171	1230
SUCCESS	79.49	58536	1171	4429	SUCCESS	118.02	58536	1171	8633	SUCCESS	87.77	58536	1171	5555	SUCCESS	43.03	58536	1171	1128
SUCCESS	104.81	58536	1171	7264	SUCCESS	98.22	58536	1171	6659	SUCCESS	66.40	58536	1171	3394	SUCCESS	43.29	58536	1171	1069

Lampiran 8. Data Pengujian BLE Berkas Besar

TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv				
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry
SUCCESS	152.76	1200000	2400	10206	SUCCESS	277.91	1200000	2400	23654	SUCCESS	113.13	1200000	2400	6902	SUCCESS	67.83	1200000	2400	2582
SUCCESS	115.46	1200000	2400	7380	SUCCESS	268.22	1200000	2400	22685	SUCCESS	92.85	1200000	2400	5050	SUCCESS	73.95	1200000	2400	2708
SUCCESS	139.04	1200000	2400	9283	SUCCESS	254.17	1200000	2400	22280	SUCCESS	82.5	1200000	2400	3976	SUCCESS	68.42	1200000	2400	2577
SUCCESS	96.51	1200000	2400	4881	SUCCESS	234.85	1200000	2400	19346	SUCCESS	91.15	1200000	2400	4851	SUCCESS	66.23	1200000	2400	2472
SUCCESS	81.14	1200000	2400	3958	SUCCESS	255.13	1200000	2400	21378	SUCCESS	85.55	1200000	2400	4582	SUCCESS	66.8	1200000	2400	2482
SUCCESS	86.8	1200000	2400	4500	SUCCESS	272.42	1200000	2400	23105	SUCCESS	90.14	1200000	2400	4767	SUCCESS	68.98	1200000	2400	2578
SUCCESS	85.8	1200000	2400	4357	SUCCESS	275.69	1200000	2400	23426	SUCCESS	78.59	1200000	2400	3644	SUCCESS	74.4	1200000	2400	2702
SUCCESS	96.05	1200000	2400	4646	SUCCESS	192.89	1200000	2400	15149	SUCCESS	81.48	1200000	2400	3881	SUCCESS	71.13	1200000	2400	2752
SUCCESS	76.01	1200000	2400	3368	SUCCESS	166.16	1200000	2400	13377	SUCCESS	87.31	1200000	2400	4526	SUCCESS	71.13	1200000	2400	2982
SUCCESS	78.75	1200000	2400	3673	SUCCESS	155.91	1200000	2400	11453	SUCCESS	73.31	1200000	2400	4526	SUCCESS	68.52	1200000	2400	2483

Lampiran 9. Data Pengujian ESP-NOW Berkas Kecil

TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv				
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry
SUCCESS	15.33	150000	682	690	SUCCESS	24.57	150000	682	707	SUCCESS	11.75	150000	682	687	SUCCESS	7.16	150000	682	683
SUCCESS	11.88	150000	682	688	SUCCESS	21.67	150000	682	704	SUCCESS	15.15	150000	682	729	SUCCESS	7.16	150000	682	683
SUCCESS	12.00	150000	682	686	SUCCESS	25.07	150000	682	709	SUCCESS	26.49	150000	682	705	SUCCESS	7.10	150000	682	683
SUCCESS	68.49	150000	682	729	SUCCESS	11.55	150000	682	689	SUCCESS	11.55	150000	682	687	SUCCESS	7.12	150000	682	683
SUCCESS	17.71	150000	682	690	SUCCESS	8.50	150000	682	685	SUCCESS	15.17	150000	682	688	SUCCESS	7.65	150000	682	683
SUCCESS	18.64	150000	682	712	SUCCESS	16.54	150000	682	694	SUCCESS	10.02	150000	682	684	SUCCESS	7.55	150000	682	683
SUCCESS	17.11	150000	682	690	FAILED	8.02	1760	8	20	SUCCESS	8.74	150000	682	683	SUCCESS	7.13	150000	682	683
SUCCESS	10.47	150000	682	685	SUCCESS	43.53	150000	682	732	FAILED	23.08	150000	682	691	SUCCESS	7.28	150000	682	683
SUCCESS	8.72	150000	682	684	SUCCESS	8.48	150000	682	685	SUCCESS	11.68	150000	682	687	SUCCESS	7.05	150000	682	683
SUCCESS	12.76	150000	682	687	SUCCESS	11.14	150000	682	688	SUCCESS	10.88	150000	682	686	SUCCESS	7.50	150000	682	683

Lampiran 10. Data Pengujian ESP-NOW Berkas Sedang

TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv					TABEL: 1SM_IOS.csv				
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetry
SUCCESS	32.06	58536	2662	2669	SUCCESS	48.89	538608	2449	2483	SUCCESS	29.68	58536	2662	2667	SUCCESS	23.70	58536	2662	2663
SUCCESS	25.25	58536	2662	2663	SUCCESS	32.80	538608	2449	2460	SUCCESS	30.96	58536	2662	2665	SUCCESS	24.79	58536	2662	2663
SUCCESS	27.19	58536	2662	2664	SUCCESS	36.04	538608	2449	2459	SUCCESS	30.56	58536	2662	2665	SUCCESS	25.06	58536	2662	2663
SUCCESS	27.14	58536	2662	2663	SUCCESS	37.84	538608	2449	2465	SUCCESS	28.40	58536	2662	2663	SUCCESS	24.71	58536	2662	2663
SUCCESS	27.45	58536	2662	2665	SUCCESS	45.59	538608	2449	2474	SUCCESS	28.32	58536	2662	2665	SUCCESS	25.10	58536	2662	2663
SUCCESS	28.93	58536	2662	2664	FAILED	15.46	28380	129	149	SUCCESS	37.33	58536	2662	2678	SUCCESS	27.56	58536	2662	2663
SUCCESS	29.10	58536	2662	2663	FAILED	51.59	807120	1396	1445	SUCCESS	28.58	58536	2662	2667	SUCCESS	28.73	58536	2662	2663
SUCCESS	15.74	58536	2662	2676	SUCCESS	97.75	538608	2449	2529	SUCCESS	25.56	58536	2662	2663	SUCCESS	24.59	58536	2662	2663
SUCCESS	36.54	58536	2662	2678	FAILED	50.99	237600	1080	1127	SUCCESS	27.60	58536	2662	2664	SUCCESS	23.84	58536	2662	2663
SUCCESS	33.87	58536	2662	2669	SUCCESS	109.33	538608	2449	2541	SUCCESS	26.14	58536	2662	2663	SUCCESS	24.71	58536	2662	2663



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11. Data Pengujian ESP-NOW Berkas Besar

TABEL: 10M_LOS.csv					TABEL: 10M_NLOS.csv					TABEL: 15M_LOS.csv					TABEL: 15M_NLOS.csv				
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetri	Status	Waktu	TotalByte	Expected	TotalRetri	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetri	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetri
SUCCESS	72.93	1200000	5455	5473	SUCCESS	135.81	1200000	5455	5550	SUCCESS	96.85	1200000	5455	5493	SUCCESS	64.53	1200000	5455	5456
SUCCESS	82.98	1200000	5455	5483	SUCCESS	114.62	1200000	5455	5520	SUCCESS	90.94	1200000	5455	5477	SUCCESS	54.38	1200000	5455	5456
SUCCESS	250.64	1200000	5455	5726	SUCCESS	93.57	1200000	5455	5503	SUCCESS	92.14	1200000	5455	5488	SUCCESS	60.26	1200000	5455	5456
SUCCESS	83.30	1200000	5455	5483	SUCCESS	103.23	1200000	5455	5516	SUCCESS	132.51	1200000	5455	5531	SUCCESS	80.45	1200000	5455	5457
SUCCESS	78.71	1200000	5455	5469	SUCCESS	92.34	1200000	5455	5504	SUCCESS	83.29	1200000	5455	5475	SUCCESS	78.00	1200000	5455	5456
SUCCESS	70.61	1200000	5455	5469	SUCCESS	99.91	1200000	5455	5517	SUCCESS	197.03	1200000	5455	5638	SUCCESS	65.30	1200000	5455	5456
SUCCESS	69.33	1200000	5455	5467	SUCCESS	107.53	1200000	5455	5528	SUCCESS	71.86	1200000	5455	5463	SUCCESS	77.79	1200000	5455	5456
SUCCESS	73.91	1200000	5455	5471	SUCCESS	84.35	1200000	5455	5495	SUCCESS	101.40	1200000	5455	5505	SUCCESS	83.07	1200000	5455	5456
SUCCESS	82.67	1200000	5455	5488	SUCCESS	66.44	1200000	5455	5473	SUCCESS	70.40	1200000	5455	5463	SUCCESS	69.93	1200000	5455	5456
SUCCESS	77.56	1200000	5455	5470	SUCCESS	84.71	1200000	5455	5496	SUCCESS	68.72	1200000	5455	5463	SUCCESS	69.93	1200000	5455	5456
TABEL: 1M_NLOS.csv					TABEL: 5M_LOS.csv					TABEL: 5M_NLOS.csv									
Status	Waktu	TotalByte	ExpectedChunk	TotalRetri	Status	Waktu	TotalByte	Expected	TotalRetri	Status	Waktu	Total	Expected	TotalRetri					
SUCCESS	76.85	1200000	5455	5485	SUCCESS	56.78	1200000	5455	5456	SUCCESS	111.00	1200000	5455	5538					
SUCCESS	65.36	1200000	5455	5468	SUCCESS	58.52	1200000	5455	5456	FAILED	102.98	386760	1758	1880					
SUCCESS	73.00	1200000	5455	5471	SUCCESS	76.40	1200000	5455	5468	SUCCESS	99.04	1200000	5455	5502					
SUCCESS	192.45	1200000	5455	5690	SUCCESS	101.12	1200000	5455	5470	SUCCESS	127.90	1200000	5455	5550					
SUCCESS	64.17	1200000	5455	5457	SUCCESS	60.01	1200000	5455	5457	SUCCESS	162.61	1200000	5455	5589					
SUCCESS	64.99	1200000	5455	5458	SUCCESS	55.95	1200000	5455	5457	SUCCESS	132.94	1200000	5455	5556					
SUCCESS	64.42	1200000	5455	5464	SUCCESS	55.10	1200000	5455	5458	SUCCESS	140.31	1200000	5455	5638					
SUCCESS	62.81	1200000	5455	5457	SUCCESS	54.18	1200000	5455	5456	SUCCESS	134.65	1200000	5455	5554					
SUCCESS	76.06	1200000	5455	5458	SUCCESS	53.82	1200000	5455	5456	SUCCESS	96.09	1200000	5455	5503					
SUCCESS	71.74	1200000	5455	5457	SUCCESS	54.20	1200000	5455	5456	SUCCESS	80.75	1200000	5455	5487					

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