

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunikasi merupakan komponen krusial dalam sistem militer, tidak hanya untuk komunikasi antarpersonel, tetapi juga sebagai jalur transmisi data sensor yang mendukung pengambilan keputusan berbasis informasi [1], [2]. Kendaraan militer modern berfungsi sebagai platform operasi yang dilengkapi berbagai perangkat elektronik dan sensor, sehingga membutuhkan solusi komunikasi yang efisien, ringan, bersifat temporer, serta tidak mengganggu sistem utama kendaraan selama tahap pengujian [3], [4].

Teknologi ber-bandwidth tinggi seperti VHF/UHF, LTE, dan 5G memang menawarkan laju data besar dan latensi rendah, tetapi konsumsi dayanya tinggi dan bergantung pada infrastruktur jaringan eksternal, karakteristik yang kurang sesuai untuk pengujian kendaraan di area operasi tidak ideal [5]. Di ranah Low Power Wide Area Network (LPWAN), alternatif seperti Sigfox, NB-IoT, LTE-M, dan Zigbee masing-masing memiliki keterbatasan cakupan, kapasitas data, atau ketergantungan operator [6]. Sebaliknya, LoRa menawarkan jangkauan jauh dengan konsumsi daya sangat rendah, namun hanya mencakup lapisan fisik dan MAC dasar sehingga kurang memadai untuk skala besar yang memerlukan manajemen jaringan dan keamanan menyeluruh [7] - [9].

LoRaWAN dikembangkan di atas modulasi LoRa untuk menyediakan manajemen terpusat, klasifikasi perangkat, dan enkripsi end-to-end AES-128, sehingga lebih cocok bagi lingkungan dinamis dan terbatas [10] - [12]. Meski demikian, studi terdahulu tentang komunikasi kendaraan militer, seperti karya Fadillah et al. [13], masih terbatas pada LoRa dasar tanpa dukungan LoRaWAN dan tanpa mekanisme redundansi data lokal, sehingga rentan kehilangan data ketika transmisi terputus.

Studi ini mengusulkan arsitektur komunikasi berbasis LoRaWAN lengkap dengan logging microSD sebagai redundansi data, lalu mengevaluasinya secara langsung pada dua platform kendaraan: Open Body Military Vehicle (OBMV) yang berstruktur terbuka dan Armored Military Vehicle (AMV) yang berstruktur baja tertutup. Uji lapangan dilakukan pada dua kondisi, lintasan terkontrol dan medan berbukit terjal, untuk merepresentasikan area operasi yang tidak ideal. Kinerja sistem dianalisis menggunakan metrik Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Packet Delivery Ratio (PDR), disertai perhitungan path loss dan link budget, guna menilai pengaruh desain kendaraan serta topografi terhadap reliabilitas komunikasi.

Dengan demikian, studi ini bertujuan mengisi celah riset mengenai performa LoRaWAN pada skenario pengujian kendaraan militer bergerak sekaligus

memberikan rekomendasi konfigurasi adaptif yang mampu mempertahankan integritas data sensor di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

Rumusan masalah berikut disusun untuk mengidentifikasi tantangan utama yang harus diatasi agar sistem komunikasi LoRaWAN dapat diterapkan secara terpercaya pada kendaraan militer di area operasi tidak ideal.

1. Bagaimana caranya untuk menjaga sistem komunikasi data sensor pada kendaraan militer bergerak di area operasi yang tidak ideal?

Solusi: Menerapkan protokol LoRaWAN lengkap dengan manajemen jaringan terpusat, enkripsi end-to-end, dan menerapkan sistem redundansi lokal guna meminimalkan kehilangan paket sekaligus meningkatkan keamanan.

2. Sejauh mana desain fisik kendaraan (terbuka vs. tertutup) mempengaruhi kualitas sinyal?

Solusi: Melakukan pengujian komparatif pada OBMV dan AMV, kemudian menyesuaikan posisi antena serta memilih parameter transmisi (SF, BW, CR) yang paling optimal untuk masing-masing desain.

3. Bagaimana memastikan integritas data ketika konektivitas gateway terganggu?

Solusi: Menambahkan mekanisme redundansi data lokal melalui pencatatan microSD di setiap node, sehingga data mentah tetap tersimpan dan dapat dikirim ulang setelah koneksi pulih.

4. Bagaimana karakteristik medan (datar vs. berbukit) memengaruhi kualitas sinyal komunikasi?

Solusi: Melakukan uji lapangan di dua lingkungan berbeda untuk memetakan degradasi sinyal, lalu merekomendasikan ketinggian antena dan penggunaan gateway relai apabila diperlukan.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini memiliki tujuan-tujuan sebagai berikut:

1. Mengukur dan membandingkan metrik RSSI, SNR, dan PDR LoRaWAN pada OBMV dan AMV di dua jenis medan (terkontrol dan berbukit).

2. Menganalisis pengaruh struktur kendaraan terhadap performa komunikasi LoRaWAN.
3. Mengevaluasi dampak topografi terhadap path loss dan link budget pada skenario kendaraan bergerak.
4. Memvalidasi efektivitas pencatatan data lokal berbasis microSD sebagai solusi redundansi saat konektivitas terganggu.
5. Menyusun rekomendasi konfigurasi antena, parameter transmisi, dan strategi jaringan untuk meningkatkan kegunaan LoRaWAN di area operasi yang tidak ideal.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan keterukuran ruang lingkup penelitian, serta memastikan bahwa hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, maka penelitian ini dibatasi pada poin-poin berikut:

1. Teknologi komunikasi yang digunakan terbatas pada LoRaWAN, dengan implementasi menggunakan modul RFM95W/SX1276 dan gateway RAK7268V2. Penelitian ini tidak membandingkan atau mengintegrasikan teknologi komunikasi nirkabel lainnya seperti Zigbee, NB-IoT, LTE-M, atau 5G.
2. Ruang lingkup pengujian hanya mencakup dua tipe kendaraan militer, yaitu Open-Body Military Vehicle (OBMV) dan Armored Military Vehicle (AMV), yang mewakili perbedaan signifikan dalam struktur fisik kendaraan (terbuka vs tertutup). Kendaraan lain yang mungkin digunakan dalam operasi militer tidak menjadi objek uji pada penelitian ini.
3. Lokasi pengujian dibatasi pada dua lingkungan yang dianggap merepresentasikan kondisi operasi tidak ideal, yaitu fasilitas uji kendaraan militer (medan datar terkendali) dan wilayah berbukit Sukawana (medan ekstrem alami). Penelitian ini tidak mencakup variasi lingkungan lain seperti hutan lebat, gurun, atau area urban padat.
4. Evaluasi performa komunikasi hanya menggunakan lima parameter utama, yaitu Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Packet Delivery Ratio (PDR), path loss, dan link budget. Aspek lain seperti jitter, latency, dan throughput tidak dianalisis dalam penelitian ini.
5. Redundansi data dibatasi pada pencatatan lokal menggunakan modul microSD, yang bekerja secara paralel dengan pengiriman data ke gateway. Sinkronisasi data lokal dengan server pusat secara otomatis (misalnya

dengan mekanisme sinkronisasi ke cloud) tidak diimplementasikan dalam cakupan tugas akhir ini.

6. Sistem keamanan hanya mengandalkan enkripsi end-to-end AES-128 bawaan dari protokol LoRaWAN. Tidak dilakukan pengujian penetrasi atau analisis terhadap potensi serangan keamanan jaringan seperti replay attack, sniffing, maupun denial-of-service (DoS).
7. Pengolahan data sensor (payload decoding dan visualisasi) dilakukan oleh tim pengembang dashboard dan tidak termasuk dalam ruang lingkup implementasi teknis dalam laporan ini. Fokus utama studi ini adalah pada aspek komunikasi dan integrasi node-to-gateway.
8. Firmware yang dikembangkan terbatas pada pengiriman data dalam format biner (± 26 byte) secara periodik, tanpa menyertakan protokol kompresi data lanjutan atau optimisasi protokol aplikasi.
9. Pengujian dilakukan dalam kecepatan kendaraan terbatas (~ 20 km/jam) untuk menjaga kestabilan data selama uji lapangan. Performa sistem dalam kondisi kendaraan dengan kecepatan tinggi tidak dievaluasi dalam penelitian ini.

Dengan batasan-batasan tersebut, studi ini berupaya menjaga kualitas, kedalaman, dan validitas penelitian agar tetap sesuai dengan tujuan dan kapabilitas teknis yang telah direncanakan. Segala pembahasan dan kesimpulan yang disampaikan dalam laporan ini hanya berlaku dalam cakupan parameter yang telah ditetapkan di atas.

1.5 Penjadwalan Kerja

Tabel 1.1 dan 1.2 menggambarkan penjadwalan kerja yang dilakukan.

Tabel 1. 1 Penjadwalan Kerja Periode 2024

No	Kegiatan	2024																											
		Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Studi Literature																												
2	Analisis Kebutuhan																												
3	Perancangan																												
4	Implementasi																												
5	Pengujian																												
6	Dokumentasi																												
7	Laporan																												

Tabel 1. 2 Penjadwalan Kerja Periode 2025

No	Kegiatan	2025											
		Januari				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literature												
2	Analisis Kebutuhan												
3	Perancangan												
4	Implementasi												
5	Pengujian												
6	Dokumentasi												
7	Laporan												