

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, terutama pada teknologi *Internet of Things (IoT)*. *IoT* merupakan teknologi untuk komunikasi dan bertukar data secara otomatis melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Dengan meningkatnya penggunaan *IoT* dalam berbagai bidang seperti pertanian, pemantauan lingkungan, sistem keamanan, dan transportasi, kebutuhan akan sistem komunikasi nirkabel yang andal dan efisien menjadi semakin penting [1].

Berbagai model media transmisi data nirkabel telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan komunikasi yang berbeda, bergantung pada jenis dan jarak transmisi data yang diperlukan. Beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang umum digunakan di antaranya adalah *Bluetooth*, *BLE (Bluetooth Low Energy)*, *Zigbee*, *WiFi*, dan *LoRa*. Masing-masing teknologi ini memiliki keunggulan dan keterbatasan dalam aspek jarak jangkauan, konsumsi daya, dan kapasitas transmisi data [1].

Diantara teknologi tersebut, *LoRa (Long Range)* memiliki keunggulan dalam jangkauan transmisi yang luas dengan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya solusi ideal untuk komunikasi jarak jauh dalam sistem berbasis *IoT*. *LoRa* mampu mengirimkan data dengan jarak 2-15 km, terutama di daerah *rural* dan *suburban*, di mana infrastruktur jaringan seluler masih terbatas [1]. Teknologi ini memanfaatkan *modulasi spread spectrum*, yang membuat lebih tahan terhadap interferensi dibandingkan dengan teknologi komunikasi jarak jauh lainnya [2]. Oleh karena itu, *LoRa* banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti pemantauan cuaca, pengukuran kualitas udara, pemantauan aset, dan sistem pelacakan [3].

Meskipun *LoRa* memiliki keunggulan dalam jangkauan luas dan efisiensi energi, teknologi ini tetap memiliki tantangan dalam keandalan transmisi data. Faktor seperti interferensi sinyal, hambatan fisik (misalnya dinding, pohon, atau bangunan), serta kondisi lingkungan dapat menyebabkan *packet loss* dan meningkatkan *Bit Error Rate (BER)* dalam komunikasi data [4]. Saat kondisi transmisi yang tidak optimal, banyak paket data yang dikirim tidak dapat diterima dengan benar oleh penerima, sehingga menyebabkan penurunan akurasi data sistem.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan teknik *Forward Error Correction (FEC)* yang memungkinkan deteksi dan koreksi kesalahan secara otomatis tanpa memerlukan retransmisi data. *Forward Error Correction* bekerja dengan menambahkan bit redundansi ke dalam data yang dikirim, sehingga penerima dapat mendeteksi dan mengoreksi kesalahan yang terjadi selama transmisi tanpa perlu meminta pengiriman transmisi data ulang. *Hamming Code* dan *Reed-Solomon Code* merupakan dua algoritma *Forward Error Correction* yang banyak digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel karena kemampuannya dalam meningkatkan keandalan data.

Hamming Code bekerja dengan menambahkan *bit redundansi* pada data untuk mendeteksi dan mengoreksi kesalahan satu bit dalam sebuah blok data, sehingga cocok untuk sistem komunikasi yang memiliki error dalam jumlah kecil [5]. Sementara itu, *Reed-Solomon Code* memanfaatkan kode berbasis *polinomial* untuk memperbaiki kesalahan dalam blok data yang lebih besar, menjadikannya lebih efektif dalam kondisi transmisi yang lebih kompleks [6]. Terutama dalam menangani *burst errors*, yaitu kesalahan yang terjadi secara berkelompok dalam paket data [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi efektivitas algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam mengoptimalkan transmisi data pada *LoRa* [7]. Penelitian ini akan membandingkan performa komunikasi dengan dan tanpa *Forward Error Correction*, serta menganalisis pengaruh *Forward Error Correction* dalam mengurangi *packet loss* pada berbagai kondisi transmisi. Selain itu, akan dilakukan perbandingan antara kedua algoritma berdasarkan parameter *Packet Loss Rate (PLR)*, *Bit Error Rate (BER)*, *Overhead*, dan *Processing Time*.

Pemilihan algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik masing-masing metode dalam menangani kesalahan transmisi. *Hamming Code* dikenal efisien dalam mendeteksi dan mengoreksi kesalahan satu bit, dan tidak memberatkan perangkat, sehingga cocok untuk alat-alat kecil seperti *IoT* yang punya daya dan memori terbatas. Sementara itu, *Reed-Solomon* mampu memperbaiki *burst error* atau kesalahan berurutan yang sering terjadi dalam lingkungan dengan banyak gangguan, seperti kondisi *Non-Line-of-Sight (NLoS)*.

Algoritma lain seperti *Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH)* atau *Turbo Code* memang memiliki keunggulan tingkat koreksi yang tinggi, namun implementasinya lebih kompleks, membutuhkan waktu pemrosesan lebih besar, dan cenderung tidak

optimal untuk mikrokontroler berdaya rendah seperti *ESP32*. Oleh karena itu, pemilihan *Hamming* dan *Reed-Solomon* menjadi solusi ke efisiensi pemrosesan pada komunikasi *LoRa*. [8]

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai efektivitas teknik *Forward Error Correction* dalam meningkatkan keandalan transmisi data *Lora*, serta menentukan algoritma yang lebih optimal untuk diterapkan dalam sistem komunikasi nirkabel jarak jauh. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembang sistem komunikasi berbasis *LoRa* dalam meningkatkan ketahanan data terhadap gangguan, khususnya dalam kondisi lingkungan yang ekstrem.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam *Forward Error Correction (FEC)* pada komunikasi *LoRa* ?
2. Apakah penerapan algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dapat meningkatkan keandalan transmisi data dibandingkan dengan komunikasi *LoRa* tanpa *FEC* ?
3. Bagaimana performa algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam kondisi transmisi *Line-Of-Sight (LoS)* dan *Non-Line-of-Sight (NLoS)* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun sebelumnya, maka dapat dijelaskan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji penerapan algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam *FEC* pada komunikasi *LoRa*.
2. Mengevaluasi pengaruh penerapan algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* terhadap keandalan transmisi data pada komunikasi *LoRa*.
3. Menganalisis performa algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* dalam kondisi *Line-Of-Sight (LoS)* dan *Non-Line-of-Sight (NLoS)*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, terutama bagi mahasiswa, akademik, dan peneliti. Berikut adalah manfaat yang dapat diperoleh:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi mahasiswa mengenai penerapan *Forward Error Correction (FEC)* dalam komunikasi *LoRa*, khususnya melalui algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon*. Dengan adanya penelitian ini, mahasiswa dapat memahami bagaimana teknik *Forward Error Correction* dapat meningkatkan kualitas transmisi data dalam sistem komunikasi nirkabel.
2. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi dalam bidang akademik dengan memperkaya literatur mengenai optimasi transmisi data dalam jaringan *LoRa*. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan kurikulum atau penelitian lebih lanjut yang berfokus pada komunikasi nirkabel, pengolahan sinyal digital, dan teknik *Forward Error Correction* dalam jaringan IoT.
3. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam menganalisis efektivitas algoritma *Hamming* dan *Reed-Solomon* pada kondisi transmisi yang berbeda, seperti *Line-of-Sight (LoS)* dan *Non-Line-of-Sight (NLoS)*. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi komunikasi *LoRa* yang lebih andal

1.5. Batasan Masalah

Untuk menghindari cakupan yang meluas, maka diterapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Perangkat yang digunakan dalam pengujian adalah *ESP32* dan *LoRa SX1262* sebagai *transmitter* dan *receiver*
2. Frekuensi *LoRa* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 923 MHz, sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2019, yang menetapkan bahwa pita frekuensi 920-923 MHz dialokasikan untuk keperluan *IoT* dan *LPWAN (Low Power Wide Area Network)* di Indonesia.

3. Sistem ini tidak mencakup *enkripsi* data komunikasi, sehingga aspek keamanan data hanya sebatas perlindungan standar dari protokol *LoRa*
4. Pengujian sistem dilakukan dalam dua kondisi utama, *LoS (line-of-Sight)* dan *NLOS (Non-Line-of-Sight)* untuk mengetahui jangkauan dan keandalan sinyal *LoRa* di berbagai medan. Untuk *LoS* dengan jarak 150m dan untuk *NLoS* 250m, dan 350m
5. Parameter yang diuji meliputi *Packet Loss Rate (PLR)*, *Bit Error Rate (BER)*, *overhead* akibat *FEC*, *processing Time*, *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* dan *Signal-to-noise ratio (SNR)*.
6. Sistem diujikan pada kondisi cuaca yang cerah dan tidak hujan.
7. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan gangguan elektromagnetik eksternal tidak menjadi variabel utama dalam penelitian ini.
8. Evaluasi hanya berfokus pada keandalan transmisi data berdasarkan parameter yang telah ditentukan, tanpa mengukur dampak *FEC* terhadap konsumsi daya perangkat.