

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur kereta di seluruh dunia menggunakan sebuah jaringan radio komunikasi yang dinamakan *Global System for Mobile Communication - Rail* (GSM-R), untuk komunikasi suara dan sistem persinyalan kereta. GSM-R merupakan *Modified Off The Shelf technology* (MOTS) yang berdasarkan GSM komersial namun dimodifikasi, sehingga mampu mendukung operasi di kereta.

Penggunaan teknologi MOTS merupakan cara yang mahal, dikarenakan peralatan yang digunakan merupakan modifikasi dari alat yang komersial dan menggunakan spektrum frekuensi yang tidak komersial. GSM-R menggunakan teknologi seluler generasi kedua dan tertinggal jauh dari teknologi generasi yang sedang digunakan dan dikembangkan yaitu generasi empat dan generasi lima. Komunitas kereta Eropa mengidentifikasi masalah ini dan memutuskan bahwa pengganti GSM-R dibutuhkan agar dapat mendukung kebutuhan kereta dan dapat mengikuti perkembangan teknologi seluler selanjutnya.

Terrestrial Trunked Radio (TETRA) merupakan standar radio digital selain GSM-R dan didesain secara spesifik untuk jaringan keamanan publik, agensi pemerintahan, dan layanan darurat [1]. TETRA menggunakan *packet switch* yang menawarkan berbagai kelebihan seperti reliabilitas maksimal dan jaringan transport yang fleksibel [2].

TETRA dan GSM-R memiliki masalah yang sama, yaitu kapasitas yang terbatas [4]. *Long Term Evolution* (LTE) digunakan untuk meningkatkan kemampuan GSM-R [5] dan merupakan teknologi *backwards compatible* dengan menggunakan LTE core yang disebut sebagai *Evolved Packet Core* (EPC). EPC dapat melakukan *handover* antara jaringan GSM-R dan LTE-R serta melancarkan transisi menuju *Future Railway Mobile Railway Communication* (FRMCS).

FRMCS adalah standar telekomunikasi untuk kereta yang didesain oleh *Union Internationale des Chemins de fer* (UIC) bekerja sama dengan *The European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) [3] sebagai pengganti GSM-R. FRMCS juga didesain dengan *forward compatibility* untuk dapat beradaptasi dengan perkembangan generasi seluler. FRMCS diharapkan dapat mencapai tahap percobaan pada tahun 2023 dan implementasi diharapkan dapat mulai pada tahun

2025. Pengimplementasian FRMCS mengingat peralatan GSM-R diprediksi akan usang pada tahun 2030.

FRMCS menggantikan seluruh sistem persinyalan kereta, termasuk kereta cepat. Kereta cepat memiliki kekurangan dalam persinyalan dikarenakan efek Doppler mempengaruhi kinerja, dan meningkatkan *error* yang terjadi. Tugas Akhir ini menganalisis *channel coding* 5G, yaitu *Quasi-cyclic Low Density Parity Check* (QC-LDPC) *codes* yang diajukan untuk FRMCS yang akan ditetapkan oleh UIC di Eropa. QC-LDPC *codes* dipilih, karena mampu beradaptasi terhadap perubahan kanal pada kereta cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Kinerja FRMCS di Indonesia masih belum dapat diprediksi, karena standar *channel coding* untuk *wireless signaling* FRMCS belum ditentukan, padahal *channel coding* memberikan peranan penting dalam keselamatan, karena menentukan keberhasilan *signaling system*. Standar yang belum pasti menyebabkan kesulitan pada: (a) evaluasi kinerja FRMCS di Indonesia, dan (b) rencana manufaktur dan pengembangan pada dunia industri untuk memproduksi perangkat yang digunakan pada kereta cepat di Indonesia.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis *channel coding* 5G di *channel model* FRMCS Indonesia. Kinerja dievaluasi berdasarkan EXIT *chart*. Hasil Tugas Akhir ini berupa analisis kinerja QC-LDPC *codes* pada *channel model* FRMCS Indonesia, yaitu *channel model* yang telah terpengaruh oleh kecepatan tinggi (500 km/h). Tugas Akhir ini diharapkan dapat berkontribusi besar bagi perangkat lunak maupun perangkat keras FRMCS kereta cepat Indonesia di lapangan.

1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup pembahasan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa hal dengan rincian sebagai berikut:

1. Evaluasi kinerja sistem hanya berdasarkan *Extrinsic Information Transfer* (EXIT) *chart* dengan menggunakan simulasi komputer pada kanal *Binary Erasure Channel* (BEC).

2. Modulasi yang digunakan adalah *Complex-Binary Phase Shift Keying* (C-BPSK), tetapi dapat dikembangkan lebih lanjut dengan modulasi orde tinggi seperti 256 *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) pada teknologi 5G NR.
3. *Erasure probability* (ϵ) yang digunakan pada kanal BEC menggunakan hasil *Bit-Error-Rate* (BER) yang sudah menggunakan kanal FRMCS Indonesia.
4. *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM) tidak digunakan, karena Tugas Akhir ini mengasumsikan bahwa OFDM bekerja dengan sempurna, yaitu CP lebih panjang dari *multipath*, sehingga *capacity* cukup diwakili oleh $1 - \epsilon$.

1.5 Metode Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, metode penelitian yang dilakukan meliputi:

- a. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi yang dibutuhkan untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan yaitu penelitian yang melibatkan efek Doppler, *channel coding*, *fading*, dan FRMCS.
- b. Pemodelan sistem komunikasi untuk simulasi
Sistem komunikasi FRMCS yang digunakan mengikuti standar 5G NR, dengan modulasi C-BPSK, dan dengan kecepatan 500 km/h.
- c. Simulasi EXIT *chart* pada FRMCS Indonesia dengan *channel coding*
Iterasi yang dilakukan menggunakan sistem komunikasi yang disusun pada tahap b, dan menggunakan *channel coding* QC-LDPC *codes*.
- d. Analisis kinerja dan laporan
Tahap ini melakukan analisis hasil iterasi EXIT *chart*.
- e. Penarikan kesimpulan
Tahap ini melakukan penarikan kesimpulan dengan data-data yang didapatkan dengan hasil studi yang dievaluasi dan dianalisis pada QC-LDPC *codes* untuk FRMCS.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. BAB II KONSEP DASAR

Bab ini menjelaskan mengenai konsep dasar FRMCS, *channel coding*, EXIT *chart*, dan aspek-aspek yang terkait.

2. BAB III MODEL SISTEM DAN PENGUJIAN *CHANNEL CODING* FRMCS

Bab ini menjelaskan model sistem yang digunakan pada Tugas Akhir ini mulai dari blok sistem, skenario pengujian, dan usulan penggunaan BER untuk mencari EXIT *chart*.

3. BAB IV ANALISIS KURVA EXIT *CHART* UNTUK QC-LDPC *CODES* PADA *CHANNEL MODEL* BEC

Bab ini melakukan evaluasi dan analisis kurva EXIT *chart* yang didapatkan menggunakan konversi BER yang diusulkan.

4. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menarik kesimpulan dari hasil studi *channel coding* QC-LDPC *codes* yang diusulkan dan saran terkait pengembangan sistem komunikasi FRMCS pada perangkat kereta cepat di Indonesia.