

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) berkembang dengan sangat pesat dengan banyaknya inovasi teknologi yang bermunculan, khususnya pada teknologi telekomunikasi. Standard teknologi telekomunikasi generasi kelima (5G) akan diluncurkan pada tahun 2020. Beberapa aplikasi 5G saat ini adalah *Internet of Things* (IoT) [1], Device-to-Device (D2D) communications [2] [3], dan Machine-to-Machine (M2M) communications [4]. Inovasi atas berbagai aplikasi 5G belum berhenti dan masih akan berkembang. Teknologi 5G memiliki beberapa ketentuan yang disyaratkan oleh *International Telecommunications Union* (ITU), yaitu [5]:

1. Kecepatan pengiriman data mencapai 20 Gbps.
2. Ukuran sel yang lebih kecil, misalnya, *nanocell*, dan *femtocell*.
3. Kapasitas jaringan meningkat dengan peningkatan jumlah *cell*, *spectrum*, dan teknologi yang lebih efisien.
4. *Delay* yang lebih kecil, yaitu kurang dari 1 ms, terutama untuk beberapa aplikasi.
5. *Low cost* dan *low power consumption*.
6. Terjadinya pemusatan *Radio Access Network* (RAN), termasuk *cloud* RAN.
7. Menggunakan frekuensi yang lebih tinggi seperti *milimeter Wave* (mmWave).

Kebutuhan jaringan pada beberapa aplikasi 5G memiliki kriteria khusus meliputi *availability*, efisiensi energi, latensi, keandalan, *traffic communications density*, *throughput*, dan mobilitas seperti ditunjukkan pada Tabel 1.1 [5].

**Tabel 1.1:** Contoh penggunaan, syarat, dan nilai parameter teknologi 5G.

Penggunaan	Parameter	Nilai Parameter
Keadaan Darurat	Ketersediaan jaringan <i>Energy efficiency</i>	99,9% korban dideteksi Umur baterai hingga satu minggu
Otomatisasi pabrik	Latensi Keandalan	kurang dari 1 ms Paket hilang kurang dari $10^{-9}$
Kereta kecepatan tinggi	Kepadatan jaringan <i>user throughput</i> Mobilitas Latensi	(DL): 100 Gbps/km <sup>2</sup> , (UL): 50 Gbps/km <sup>2</sup> DL: 50 Mbps, UL: 25 Mbps 500 km/jam 10 ms
<i>Large outdoor event</i>	<i>User throughput</i> Kepadatan jaringan Kepadatan koneksi	30 Mbps 900 Gbps/km <sup>2</sup> 4 perangkat/m <sup>2</sup>
<i>Massive IoT</i>	Kepadatan koneksi Ketersediaan jaringan Efisiensi energi baterai	1.000.000 devices/km <sup>2</sup> 99,9% dideteksi 10 tahun
Operasi jarak jauh dan pemeriksaan	Latensi Keandalan	kurang dari 1 ms 99,999%
<i>Smart City</i>	<i>User throughput</i> Kepadatan jaringan Kepadatan koneksi	DL: 300 Mbps, UL: 60 Mbps 700 Gbps/km <sup>2</sup> 200.000 perangkat/km <sup>2</sup>
<i>Virtual and augmented reality</i>	<i>User throughput</i> Latensi	4–28 Gbps kurang dari 7 ms
<i>Broadband to the home</i>	Kepadatan koneksi Kepadatan jaringan	4.000 devices/km <sup>2</sup> 60 Gbps/km <sup>2</sup>

Menurut Tabel 1.1, latensi rendah di bawah 1 ms diperlukan pada, misalnya, *cell automation* dan *remote surgery*. Sedangkan, *massive IoT* memerlukan masa hidup baterai sampai 10 tahunan. Target ini menantang ditemukannya algoritma dan teknologi baru untuk 5G.

Sistem komunikasi yang membutuhkan keandalan jaringan tinggi dan latensi  $t \leq 1$  ms, disebut dengan *Ultra Reliable and Low Latency Communications* (URLLC) [5]. URLLC membutuhkan sistem yang sederhana, diindikasikan dengan kompleksitas yang lebih rendah, untuk mengurangi waktu pemrosesan pada perangkat keras. Sedangkan, sistem komunikasi yang *reliable* didapatkan dengan *channel coding* yang memiliki kemampuan mengoreksi *error* sangat baik.

Berbagai *coding* yang memiliki kesederhanaan desain telah dikembangkan misalnya [6] [7], yang berbasis *iterative decoding* hanya dengan *memory* 1. Untuk IoT dibuktikan di [8] [9] [10], bahwa *coding* sederhana dengan Raptor juga berpotensi besar karena memiliki *performance* bagus. Tugas Akhir ini memandang bahwa *Quasy-Cyclic Low Density Parity Check (QC-LDPC) codes* adalah salah satu contoh *channel coding* efisien dengan latensi rendah yang diperlukan 5G. Selain itu, QC-LDPC *codes* mudah diimplementasikan pada perangkat keras [11]. Yang penulis maksud dengan kompleksitas rendah adalah penggunaan lebih sedikit jumlah komponen dan jumlah operasi pengolahan sinyal dalam *coding-decoding*. Walaupun QC-LDPC *codes* memiliki latensi lebih besar daripada *convolutional codes*, QC-LDPC *codes* lebih *reliable* karena memiliki kemampuan koreksi *error* lebih baik [12]. Oleh sebab itu, QC-LDPC *codes* menjadi salah satu kandidat terbaik untuk 5G. Tugas Akhir ini mengembangkan QC LDPC *codes* yang memiliki kompleksitas rendah untuk mencapai latensi rendah dan keandalan cukup baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Tugas Akhir ini merumuskan beberapa masalah dalam pengembangan QC-LDPC *codes*, yaitu:

1. Apakah semua QC-LDPC *codes* memerlukan dua matriks  $\mathbf{A}_1$  dan  $\mathbf{A}_2$  yang secara tidak langsung memerlukan dua kali invers matriks?
2. Jika salah satu matriks *quasy-cyclic (QC)*,  $\mathbf{A}_1$  atau  $\mathbf{A}_2$ , diganti dengan matriks yang lebih sederhana, apakah kemampuan koreksi *error* berkurang?

## 1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan teknik pengkodean berlatensi rendah, dan cukup *reliable* dengan cara:

1. Mengevaluasi peluang pengganti matriks  $\mathbf{A}_1$  dengan matriks *identity* sehingga didapat proses decode yang lebih sederhana.
2. Menganalisis performansi *bit-error-rate (BER)* QC-LDPC *codes* dan SB QC-LDPC *codes* serta kompleksitas SB QC-LDPC *codes* terhadap QC-LDPC *codes*.

## 1.4 Batasan Permasalahan

Untuk menjaga agar penelitian ini tidak menyimpang, penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Skenario pengujian hanya berfokus pada *channel encoder* dan *channel decoder* menggunakan *Additive White Gaussian Noise (AWGN) channel*, *slow Rayleigh fading channel*, dan *fast Rayleigh fading channel* dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying (BPSK)*.
2. Rekonstruksi informasi pada perangkat penerima menggunakan *hard decoding*, akan tetapi, usulan sistem ini tetap berlaku untuk *soft decoding*.
3. Analisis kompleksitas dilakukan dengan menganalisis ukuran dan kepadatan matriks *generator G* dan matriks *parity check H*.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut:

- Studi literatur  
Studi ini dimaksudkan untuk mempelajari konsep dan teori untuk mendukung proses perancangan, pemodelan, dan analisis agar hasil penelitian valid dan dapat dipercaya.
- Perancangan sistem  
Metode ini untuk membuat pemodelan sistem blok *channel encoder SB QC-LDPC codes*, sehingga pemodelan dapat mewakili kondisi sesungguhnya dengan parameter-parameter yang ditentukan.
- Simulasi dan analisis  
Metode ini melakukan simulasi dengan komputer dan membuat analisis berdasarkan pemodelan sehingga didapatkan performansi *SB QC-LDPC codes* dan *QC-LDPC codes*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk selanjutnya, Tugas Akhir ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut:

- BAB II DASAR TEORI  
Bab ini menjelaskan teori, alat, dan perlengkapan yang digunakan.

- **BAB III MODEL SISTEM DAN USULAN SB QC-LDPC CODES**  
Bab ini menjelaskan alur kerja dan usulan SB QC-LDPC *codes*.
- **BAB IV ANALISIS PERFORMANSI DAN KOMPLEKSITAS SB QC-LDPC CODES**  
Bab ini menjelaskan pengujian, hasil pengujian, dan analisis atas hasil pengujian.
- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**  
Bab ini memberikan kesimpulan dan saran dari Tugas Akhir ini.