

# BAB I

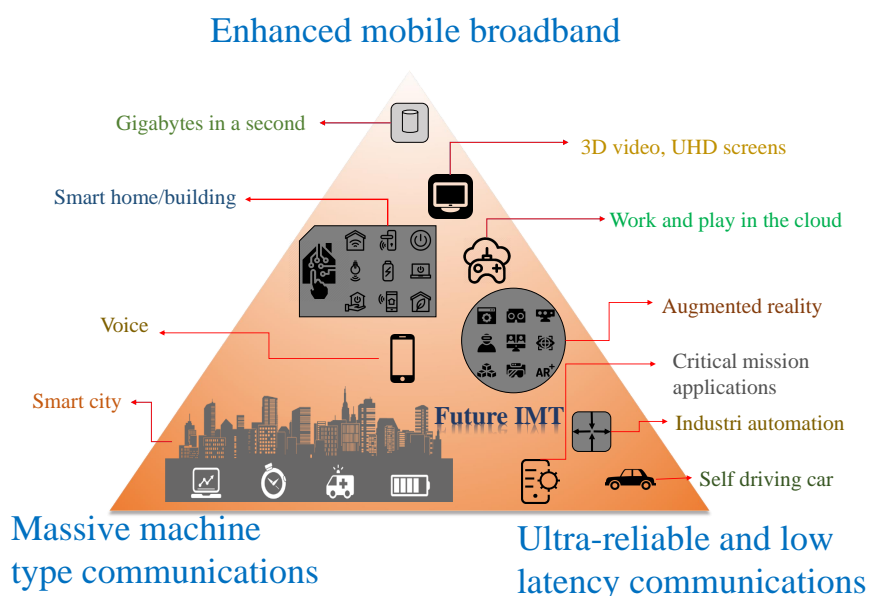
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Layanan telekomunikasi nirkabel dan bergerak saat ini sudah mencapai titik yang sangat *human-centric* [1]. Berbagai layanan yang ditawarkan mampu melayani kebutuhan pengguna seperti layanan *Full High Definition Video* (FHD) *stream*, *video call*, dan berbagai jenis layanan multimedia lainnya. Bahkan, pada sistem telekomunikasi masa depan atau *the fifth telecommunication new radio* (5G NR) akan menghadirkan layanan yang tidak pernah terbayangkan sebelumnya seperti *High Definition Video stream*, *Augmented Reality* (AR), *Machine to Machine* (M2M) *communication*, *Device to Device* (D2D) *communication*, dan sebagainya. Hal ini sesuai dengan tiga misi utama 5G NR yang dikeluarkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU) tentang *5G NR requirements* seperti pada Gambar 1.1. Tiga misi utama 5G NR sesuai dengan Gambar 1.1 yaitu *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Massive Machine type Communication*, dan *Ultra-reliable and Low Latency Communication* [2]. Tiga hal ini diprediksi membuat volume trafik data melonjak tajam 1000 kali lebih tinggi di tahun 2020 jika dibandingkan dengan saat ini. Layanan *e-commerce*, *e-banking*, *e-health*, dan layanan sejenisnya dinilai menjadikan aktivitas sehari-hari lebih mudah.

Teknologi 5G NR dikembangkan untuk menghadirkan layanan yang lebih baik dibandingkan *Long Term Evolution* (LTE) dan *Advanced-LTE*. Teknologi ini membawa misi untuk memperbaiki *data rates*, meningkatkan kapasitas sistem, mengurangi *latency*, dan mendukung perkembangan *Internet of Things* (IoT) [3]. Sistem dapat mencapai *data rates* 10 sampai 100 kali lebih tinggi dari LTE jika sistem menggunakan modulasi orde tinggi seperti *256 Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) [4]. Modulasi orde tinggi sangat cocok untuk digunakan pada sistem yang menginginkan kapasitas besar [5], namun kekurangannya adalah kompleksitas komputasinya sangat tinggi.

Pada awal Januari 2018, *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project* (3GPP) telah menetapkan standar TS 38.211 dengan 256-QAM menjadi orde tertinggi pada sistem 5G NR [6]. Modulasi 256-QAM mempunyai banyak keunggulan daripada modulasi dengan indeks lebih rendah seperti *binary phase shift keying* (BPSK), *quadrature phase shift* (QPSK), 16-QAM, dan 64-QAM [4]. Modulasi 256-QAM mampu



**Gambar 1.1** Skenario penggunaan 5G NR berdasarkan standar IMT untuk tahun 2020 dan seterusnya.

membawa simbol lebih banyak daripada BPSK, QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Simbol yang dibawa oleh 256-QAM adalah 256 simbol. Selain itu dalam satu simbol, 256-QAM mampu membawa lebih banyak bit yaitu 8 bit sedangkan untuk BPSK, QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM secara berurutan adalah 1, 2, 4, dan 6 bit. Akan tetapi konstelasi yang besar ini menjadikan 256-QAM mempunyai kekurangan yaitu rentan terhadap *noise* dan interferensi, membutuhkan daya besar, dan memiliki *error probability* yang tinggi [7]. Tugas Akhir ini mengusulkan suatu teknik modifikasi pada sisi *receiver* yaitu pada *demapper*. *Demapper* yang diusulkan mempunyai kemampuan *iterative decoding*. Penambahan teknik iterasi antara proses *demapping* dan *decoding* ini membuat sistem menjadi lebih kompleks. Namun, proses iterasi mampu menurunkan nilai *bit error* secara signifikan. Pada proses deteksi bit, *demapper* dibantu oleh *channel coding* untuk dapat mengembalikan simbol menjadi bit menggunakan nilai *soft in/out*. *Channel coding* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah *channel coding* yaitu *Repetition Codes*.

Proses iterasi dievaluasi menggunakan *Extrinsic Transfer Information (EXIT) Chart* untuk mengetahui *iterative behavior* nilai *Log-Likelihood Ratio (LLR)* pada *demapper* dan *decoder* [8]. Estimasi BER dapat diketahui melalui bentuk *EXIT chart* antara kedua komponen tersebut. Selain itu, *EXIT chart* juga digunakan untuk menentukan apakah 256-QAM *demapper* cocok untuk proses iterasi atau tidak. Lebih lanjut, *EXIT chart* bermanfaat untuk mengetahui jumlah iterasi antara *demapper* dan *decoder*. Namun, permasalahannya adalah bentuk *EXIT chart demapper*

256-QAM 5G NR belum diketahui, sehingga penelitian mengenai bentuk EXIT *chart* perlu dilakukan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka Tugas Akhir ini menjadi penting untuk melakukan penyelidikan terhadap karakteristik *demapper* 256-QAM 5G NR standar dan *demapper* 256-QAM 5G NR usulan menggunakan EXIT *chart*. Bentuk EXIT *chart* diselediki dan dievaluasi untuk menentukan *decoder* yang sesuai untuk proses *iterative decoding*. Evaluasi kinerja *demapper* 256-QAM 5G NR disajikan dalam bentuk kurva BER pada kanal *narrowband*. Selain itu, Tugas Akhir ini menyajikan kinerja *demapper* 256-QAM 5G NR standar dan *demapper* 256-QAM 5G NR usulan. Tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan teori yang ada menjadi indikator untuk menentukan keandalan sistem. Tugas Akhir ini memberikan informasi mengenai karakteristik *mapper* 256-QAM 5G NR standar dan *mapper* 5G NR usulan sehingga manfaat dari karakteristik ini dapat digunakan untuk menunjang penelitian selanjutnya dan implementasi 5G NR di Indonesia di tahun 2020 atau tahun setelahnya.

## 1.2 Permasalahan

Teknologi 5G NR membutuhkan modulasi orde tinggi yaitu 256-QAM untuk mendukung sistem yang menginginkan kapasitas besar, *data rates* tinggi, dan meningkatkan *spectrum efficiency*. Namun, ukuran konstelasi yang besar membuat 256-QAM rentan terhadap *noise* dan interferensi, membutuhkan daya yang besar, dan memiliki *error probability* yang tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan modulasi ini adalah *iterative decoding* yang dapat menurunkan *error probability* secara signifikan. Teknik *iterative decoding* tidak berfungsi jika karakteristik 256-QAM *mapper* dalam standar 5G NR belum diketahui.

## 1.3 Tujuan

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik modulasi 256-QAM 5G NR menggunakan EXIT *chart*. Validasi karakteristik modulasi ini bermanfaat untuk mengetahui tingkat kecocokan modulasi 256-QAM 5G NR dengan *demapper* usulan yang memiliki kemampuan *iterative decoding*. Perancangan *demapper* berkemampuan *iterative* menjadi penting karena sistem ini menggunakan modulasi dengan orde tinggi yaitu 256-QAM yang rentan terhadap kesalahan pendeteksian bit, sehingga penerapan *demapper* usulan ini diharapkan mampu menurunkan tingkat kesalahan tersebut. EXIT *chart* digunakan pada *demapper* dan *decoder*. Se-

makin kecil *gap* antara EXIT *chart demapper* dan *decoder* maka semakin bagus kinerja *demapper* yang dirancang.

## 1.4 Batasan Permasalahan

Tugas Akhir ini memiliki batasan permasalahan sebagai berikut.

1. *Channel coding* yang digunakan pada sistem adalah *channel coding* sederhana yaitu *repetition codes* dengan *rate*  $\frac{1}{3}$ .
2. Modulasi yang digunakan dalam simulasi adalah *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) dan *256-Quadrature Amplitude Modulation*.
3. Skema modulasi yang diteliti Tugas Akhir ini adalah skema modulasi *Gray* dan *non-Gray*.
4. Model kanal yang digunakan adalah *narrowband* atau *single path* yang memiliki jumlah kanal 1.
5. Distribusi *noise* yang digunakan Tugas Akhir ini adalah distribusi *Additive White Gaussian Noise* dan distribusi *Rayleigh Fading*.
6. Sistem divalidasi menggunakan EXIT *chart* dan kurva *bit error rate* (BER).

## 1.5 Metode Penelitian

Terdapat lima metode untuk dapat membantu menyelesaikan penelitian ini. Ke lima metode penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

### 1. Studi Literatur

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis, menginvestigasi, dan mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan penelitian ini dari penelitian yang sudah dikaji di berbagai literatur. Literatur yang menjadi rujukan adalah buku referensi, journal atau *internasional conference paper* yang dipublikasikan IEEE, dan standar 5G NR yang dikeluarkan oleh 3GPP.

### 2. Perancangan Sistem

*Demapper* dirancang sehingga berkemampuan *iterative decoding*. Penambahan *accumulator* pada sistem dilakukan untuk membantu sistem dalam menurunkan nilai BER. Sebelum melakukan perhitungan BER, sistem divalidasi dengan menggunakan EXIT *chart* untuk menentukan *demapper* terbaik.

### 3. Uji Coba Kasus

Sistem diuji coba pada sistem *non-iterative*, sistem *iterative* tanpa *accumulator*, dan sistem *iterative* menggunakan *accumulator*.

### 4. Perhitungan EXIT chart

Keluaran *demapper* dan *decoder* adalah berupa nilai LLR. Tren dari LLR ini kemudian dihitung untuk menentukan apakah *demapper* dan *decoder* cocok untuk melakukan proses iterasi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini untuk selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Bab 2: Konsep Dasar  
Bab ini membahas konsep dasar *Repetition Codes*, *mapper*, kanal, *demapper*, EXIT chart, dan perhitungan BER teori.
- Bab 3: Perancangan *Demapper* 256-QAM 5G NR Berkemampuan *Iterative Decoding*  
Bab ini berisi cara memodifikasi *demapper* QPSK dan 256-QAM 5G NR, cara mendapatkan EXIT chart dan perhitungan BER.
- Bab 4: Validasi Usulan *Demapper* 256-QAM 5G NR  
Bab ini menganalisis performansi *demapper* 256-QAM 5G NR dan usulan *demapper* 256-QAM 5G NR pada kanal AWGN dan *Rayleigh Fading* dalam bentuk BER. Masing-masing kanal sehingga berkemampuan *iterative decoding* menggunakan EXIT chart dan divalidasi menggunakan BER.
- Bab 5: Kesimpulan dan Saran  
Bab ini berisi kesimpulan dan saran Tugas Akhir ini.