

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di dalam kesehariannya, manusia membutuhkan komunikasi. Secara umum, seringkali kanal komunikasi bersifat *noisy* (derau) yang berarti kanal tersebut penuh dengan derau yang tidak diinginkan. Akibatnya, terdapat kesalahan (*error*) pada informasi yang sampai di pihak penerima. Fenomena ini merupakan dasar berkembangnya ilmu teori informasi. Salah satu masalah utama di dalam teori informasi adalah bagaimana membangun metode *encoding* dan *decoding* yang dapat diandalkan sehingga seseorang dapat mengirimkan informasi sebanyak-banyaknya dengan jumlah kesalahan yang sesedikit mungkin.

Claude E. Shannon membangun fondasi teori informasi dengan paper yang ditulisnya pada tahun 1948. Di dalam paper tersebut, Shannon menulis teorema *source coding* dan *channel coding* [1]. Shannon mengajukan model kanal (*channel*) yang bersifat *stochastic* yang ketidakpastian informasinya direpresentasikan sebagai probabilitas kondisional transformasi dari simbol  $x$  menjadi simbol  $y$ ,  $P(y|x)$ . Shannon membuktikan bahwa untuk setiap kanal terdapat sebuah bilangan *real* yang disebut sebagai kapasitas kanal (*channel capacity*). Shannon juga membuktikan bahwa suatu sistem komunikasi yang andal dapat dicapai jika suatu sistem komunikasi memiliki *rate* (laju data) di bawah *channel capacity*.

Sejak saat itu, perancangan *coding* yang mencapai kapasitas (*capacity achieving codes*) dengan kompleksitas rendah menjadi fokus dari teori *coding* maupun teori informasi. Selama sekitar enam puluh tahun telah banyak penelitian dilakukan untuk mencari teknik *coding* yang bisa mencapai Shannon *capacity*. Berbagai jenis *coding* mulai dari *coding* linier seperti Hamming *codes*, Golay *codes*, dan Reed-Solomon *codes* sampai *probabilistic coding* seperti Convolutional *codes* dan Turbo *codes* telah dikembangkan. Akan tetapi, semua teknik tersebut hanya bisa mendekati kapasitas kanal dan belum bisa mencapai kapasitas teoritis yang diturunkan Shannon.

Polar *codes* [2] yang ditemukan oleh Erdal Arikan adalah skema koding pertama yang terbukti mencapai Shannon *capacity*. *Coding* ini memiliki kompleksitas *encoding* dan *decoding* yang rendah untuk kelas *binary-input discrete memoryless channels* (B-DMC). Selain mampu mencapai kapasitas Shannon, *coding* ini juga

memperkenalkan konsep polarisasi [3] yang menjanjikan untuk perkembangan teori *coding* di masa depan.

Ide dasar dari *Polar codes* [4] adalah membuat  $N$  *channel* ekstrem dari  $N$  *channel* basis  $W : X \rightarrow Y$  yang independen. Sebuah *channel* disebut ekstrem jika *channel* tersebut dalam keadaan salah satu dari dua: sempurna (*perfect*) atau benar-benar *noisy*. *Polar codes* dapat mencapai kanal-kanal ekstrem ini dengan melakukan transformasi di sisi input dari  $N$  kanal independen  $W$  tersebut dan menerapkan *successive cancellation* (SC) *decoding* dengan urutan tertentu pada sisi penerima (*receiver*). Dalam SC *decoding*, *decoder* pada suatu tahap  $i$  bukan hanya akan melihat *output* dari kanal-kanal basis tetapi juga  $i - 1$  bit sebelumnya yang telah ter-*decode*. Kanal-kanal yang dihasilkan dari SC *decoding* ini bersifat lebih baik atau lebih buruk daripada kanal aslinya. Menurut Arikan dalam papernya, kanal-kanal ini pada akhirnya akan terpolarisasi menjadi sempurna atau tidak sempurna. Arikan juga membuktikan bahwa ketika  $N$  mendekati tak hingga, rasio antara *channel* yang sempurna dengan  $N$  akan mencapai nilai *channel capacity*  $W$ . Setelah hal ini tercapai, maka yang perlu dilakukan untuk membuat *channel* yang mencapai Shannon *capacity* adalah mengirimkan informasi dari input-input yang berkorespondensi dengan kanal-kanal yang sempurna dan memberitahunya kepada *encoder* dan *decoder*.

Saat ini *Polar codes* hanya mampu mencapai kapasitas kanal secara teori karena diasumsikan beroperasi dalam *block-length* yang tidak terbatas. Perlu ada riset lebih lanjut terhadap efisiensi *Polar codes* karena kualifikasi teknologi telekomunikasi generasi kelima (5G) [5] bekerja pada *block length* yang terbatas. Mekanisme perubahan *frozen bit* pada *Polar codes* juga belum diketahui. Tugas Akhir ini menguji skema polarisasi *Polar codes* dengan menganalisis *extrinsic information transfer* (EXIT) untuk mengetahui reaksi polarisasi atas *frozen bit* dan *information bit* apakah skema polarisasi kanal menggunakan *Polar codes* dapat bekerja dengan baik dalam *block-length* yang terbatas. Tugas Akhir ini juga mengungkap karakter dan mekanisme perubahan *frozen bit* pada *Polar codes*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sistem 5G [5] menggunakan *low density parity check* (LDPC) [6] *codes* dan *Polar codes* [7] sebagai sistem *channel coding*. *Channel coding* yang baik ialah yang mampu mencapai Shannon *capacity*, namun LDPC [8] belum mampu mencapai kapasitas kanal tersebut secara matematis.

Berbeda dengan LDPC *codes*, *Polar codes* merupakan skema *error correction codes* yang mampu mencapai Shannon *capacity* [9] secara matematis. Namun, *Polar codes* belum teruji performansinya untuk *block-length* yang terbatas. Performan-

si pada *block-length* terbatas penting untuk dievaluasi karena teknologi 5G [10] juga bekerja pada *block-length* yang terbatas. Rahasia perubahan *frozen bit* pada Polar codes juga masih belum terungkap, sehingga kekeliruan peletakan bit informasi dan bit *frozen* dapat menyebabkan error yang tinggi.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menguji dan membuktikan performa Polar codes pada *block-length* terbatas dan mengungkap rahasia perubahan *frozen bit* pada saat terjadi polarisasi kanal. Apabila mekanisme perubahan *frozen bit* pada Polar codes telah diketahui maka penemuan ini akan berguna untuk inovasi realibilitas dan keamanan transmisi.

### 1.4 Batasan Masalah

Tugas Akhir ini membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Analisis dan implementasi dilakukan pada bagian *decoding*.
2. Proses *decoding* yang diasumsikan adalah *successive cancellation decoding*.
3. *Block-length* yang diuji adalah 4-point dan 8-point. Namun, cara yang sama bisa dilakukan untuk panjang blok yang lebih tinggi.
4. Analisis kerja berdasarkan pada teori metode parameter Bhattacharyya [11].
5. Sistem dievaluasi menggunakan simulasi komputer.

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam memecahkan permasalahan Tugas Akhir ini adalah:

1. **Studi literatur:** Tahap ini melakukan studi literatur dari jurnal-jurnal internasional untuk mempelajari *state of the art* dari aplikasi Polar codes dan EXIT chart.
2. **Penurunan matematis EXIT chart:** Tahap ini melakukan penurunan matematis untuk menemukan algoritma *decoding* Polar codes yang tepat dengan menggunakan teorema *check nodes* dan *variable nodes* pada Polar codes.
3. **Simulasi dan analisis:** Tahap ini melakukan simulasi EXIT pada Polar *decoding* menggunakan perangkat lunak MATLAB dan menganalisis hasil yang didapatkan secara detail serta membandingkannya dengan teori *decoding* Polar codes yang menggunakan parameter Bhattacharyya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini untuk selanjutnya adalah sebagai berikut:

### Bab II KONSEP DASAR

Bab ini berisi konsep dasar dari *entropy*, *mutual information*, *channel coding*, *Shannon theory*, *Polar codes*, *EXIT chart*, *variable node*, dan *check node*.

### Bab III MODEL SISTEM DAN SKENARIO ANALISIS EXIT UNTUK POLAR CODES

Bab ini berisi penjelasan tentang model sistem yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, yang akan disajikan dalam bentuk diagram dan skenario-skenario penelitian.

### Bab IV ANALISIS EXIT UNTUK *ITERATIVE DECODING* PADA POLAR CODES

Bab ini berisi langkah simulasi dan pengujian yang dilakukan, hasil pengujian, dan analisis dari hasil pengujian yang didapat.

### Bab V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran Tugas Akhir ini.