

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dari tahun ke tahun, kebutuhan manusia akan jasa pengiriman barang melalui laut semakin meningkat, hal ini dibuktikan dalam buku Laporan Tahunan PT Pelabuhan Indonesia II tahun 2018 yang melaporkan bahwa trafik arus kontainer mencapai 7,6 juta *Twenty-Foot Equivalent Unit* (TEUs), 7,57% lebih tinggi dari Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP) 2018 dan naik 10,33% dibandingkan 2017. Kunjungan kapal menunjukkan tren positif baik dari sisi unit maupun *Gross Tonnage* (GT) kapal, masing-masing mencapai 3,28% dan 11,90% di atas target yaitu sebesar 35.771 unit dan 224,3 juta GT. Apabila dibandingkan dengan tahun sebelumnya, maka capaian tersebut mengalami peningkatan masing-masing sebesar 3,20% dari sisi unit dan 10,95% berdasarkan satuan GT [1].

Bersamaan dengan peningkatan arus kontainer tersebut, proses *monitoring* menjadi sangat penting dilakukan untuk meningkatkan layanan logistik kontainer di pelabuhan. Hal ini didukung pula oleh revolusi industri 4.0 yang ditandai dengan otomatisasi dan digitalisasi, yang bertujuan untuk meningkatkan daya saing dan produktivitas industri nasional. Pada tahun 2023, diprediksi pasar logistik akan menjadi salah satu industri terbesar di dunia, namun saat ini pelabuhan di Indonesia kurang memiliki daya saing dibandingkan negara lain karena biaya logistik yang mahal dan *dwelling time* masih tinggi. Padahal Indonesia memiliki peluang besar karena merupakan negara maritim yang dilewati 40% perdagangan logistik dunia. Maka dari itu Indonesia sedang berusaha menuju *smart harbor* dan *smart supply chain* untuk mewujudkan *4th generation harbor*, yang memungkinkan seluruh proses di pelabuhan saling terintegrasi, diakses, dan diawasi dalam satu sistem yang terpadu [2].

Salah satu kendala dalam menuju *smart harbor* tersebut adalah sistem komunikasi yang belum maksimal di pelabuhan, hal tersebut dikarenakan sistem komunikasi masih disamakan dengan sistem komunikasi pada umumnya, padahal pelabuhan memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda. Gambar 1.1 menunjukkan bahwa di pelabuhan terdapat medan yang terdiri atas banyak *obstacle* logam sehingga mengakibatkan sinyal yang ditransmisikan dari *transmitter* ke *receiver* lebih banyak mengalami refleksi, difraksi dan *scattering* sehingga memperburuk



Gambar 1.1. Karakteristik lingkungan pelabuhan yang terdiri atas banyak besi sehingga menyebabkan *multipath effect*.

tingkat *multipath effect*. Sinyal dari lintasan berbeda yang memiliki fase berbeda dapat mengakibatkan cacat pada sinyal yang diterima yang disebut sebagai efek *multipath fading* [3]. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan sistem komunikasi di pelabuhan memerlukan *channel coding* tersendiri yang tidak bisa disamakan dengan sistem komunikasi pada umumnya. *Channel coding* yang sesuai dengan *harbour channel model* perlu diusulkan, apabila tidak didapatkan akan menimbulkan *uneficiency power*.

Tugas Akhir ini melakukan studi kemudian mengusulkan *channel model* pelabuhan dan *channel coding* yang *reliable* untuk sistem komunikasi *wireless* di pelabuhan. Pada *channel coding* dilakukan teknik tertentu sehingga dapat memperkecil kemungkinan *error* yang terjadi ketika sinyal melewati kanal transmisi. Untuk setiap kondisi kanal tertentu terdapat kapasitas *Shannon* yang menunjukkan laju maksimum transmisi. Batas teoritis *Shannon* tersebut memberikan patokan utama untuk desain *channel coding* [4].

Perancangan dimulai dengan pemodelan kanal. Kanal perlu dimodelkan sehingga menghasilkan desain sistem komunikasi yang dapat meminimalkan *error* serta memaksimalkan transmisi informasi [5]. Model kanal didapatkan dari *software* NYUSIM yang parameternya disesuaikan dengan karakteristik lingkungan pelabuhan di Indonesia. Model kanal dinyatakan dalam *Power Delay Profile* (PDP). PDP adalah sebuah profil yang menggambarkan *power* dan *delay* untuk setiap lin-

tasannya [5]. Setelah itu dilakukan pengkodean kanal menggunakan *channel coding* sederhana yaitu *repetition codes* dengan *doped accumulator*.

Penelitian mengenai aplikasi *accumulator* telah banyak dilakukan seperti modulasi dengan penggunaan *channel coding repetition codes* telah diusulkan pada [6]. *Accumulator* juga dapat diaplikasikan pada *multiple access* seperti yang diusulkan pada [7] dan [8]. OFDM tanpa *cyclic prefix* juga dapat dibantu oleh *accumulator* seperti yang diusulkan pada [9]. Aplikasi *accumulator* untuk *source* yang mirip diusulkan pada [10].

Pelabuhan yang dijadikan parameter dalam Tugas Akhir ini adalah Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta Utara yang dianggap mewakili pelabuhan di Indonesia. Pemilihan tersebut dilakukan karena Pelabuhan Tanjung Priok merupakan salah satu pelabuhan utama di Indonesia yang menjadi pintu gerbang konektivitas dengan dunia internasional. Pelabuhan Tanjung Priok saat ini menangani lebih dari 30% komoditi non migas Indonesia dan 50% dari seluruh arus barang yang keluar masuk Indonesia sehingga saat ini dianggap sebagai tulang punggung pembangunan nasional dan menjadikan pelabuhan Tanjung Priok menjadi pelabuhan terbesar dan tersibuk di Indonesia [11]. Hasil Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi untuk pengembangan sistem komunikasi *wireless* yang *reliable* untuk pelabuhan-pelabuhan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Tugas Akhir ini mengangkat masalah utama komunikasi pelabuhan, yaitu belum optimalnya komunikasi di pelabuhan karena tingkat *multipath effect* yang tinggi akibat karakteristik lingkungan pelabuhan yang dipadati bahan logam, namun *power* dan *delay profile*-nya belum diketahui. Saat ini *channel coding* yang digunakan belum memperhatikan *channel model*-nya sehingga *setting* untuk sistem komunikasi di pelabuhan belum optimal. Di sisi lain, penambahan jumlah kontainer yang semakin hari semakin meningkat mengakibatkan *monitoring* kontainer semakin penting dilakukan, sehingga memerlukan sistem komunikasi *wireless* yang lebih *reliable* dan sesuai dengan model kanal di pelabuhan.

1.3 Tujuan

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengusulkan *channel coding* yang *reliable* untuk sistem komunikasi *wireless* di pelabuhan sesuai dengan *channel model* pelabuhan. Desain *channel coding* didapat dari evaluasi EXIT *chart* yang diujikan

sesuai dengan karakteristik kanal komunikasi di pelabuhan. Tugas Akhir ini diharapkan mampu menjadi solusi untuk mengatasi kendala *monitoring* di pelabuhan-pelabuhan Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang diterapkan selama pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pelabuhan yang dijadikan objek penelitian adalah Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta Utara yang dianggap mewakili pelabuhan di Indonesia.
2. Sinkronisasi dan *channel estimation* dianggap sempurna.
3. Pemodelan kanal menggunakan *software* NYUSIM dan MATLAB.
4. *Channel coding* dipilih untuk simulasi adalah *repetition codes* dengan *doped accumulator*.
5. Modulasi yang digunakan adalah QPSK *Gray* dan *non-Gray*.
6. Pengujian dilakukan pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading*.
7. Evaluasi kinerja sistem berdasarkan EXIT *chart*, BER, FER dan *outage performances*.
8. Sistem dievaluasi menggunakan simulasi komputer.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang diterapkan selama pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Tahap ini melakukan pencarian informasi dan analisis mengenai permasalahan dalam penelitian Tugas Akhir yang diusulkan. Sumber referensi yang digunakan berasal dari buku, jurnal, *paper conference*, dan internet.
2. Pemodelan Kanal pelabuhan
Tahap ini melakukan simulasi pemodelan kanal menggunakan *software* NYUSIM dan MATLAB berdasarkan parameter pelabuhan yang didapatkan. Hasil pada tahap ini berupa model kanal pelabuhan di Indonesia.

3. Perancangan dan simulasi sistem komunikasi pelabuhan yang diusulkan
Tahap ini melakukan perancangan sistem komunikasi yang diusulkan, simulasi dilakukan pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading*. Simulasi menggunakan OFDM *numerology 0* dan modulasi QPSK *Gray* dan *non-Gray plus doped accumulator*. *Channel coding* yang digunakan adalah *repetition codes* yang memiliki kemampuan *iterative decoding*.
4. Menghitung *Outage Performances*
Tahap ini menghitung *outage performances* dari model kanal pelabuhan untuk beberapa *channel coding rate*.
5. Validasi Performansi Sistem
Tahap ini melakukan analisis batas *demapper* terbaik, pengujian EXIT *chart*, BER dan FER dengan teori *outage performance*.
6. Penarikan Kesimpulan
Tahap ini melakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil dan analisis yang telah didapat dari simulasi yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini selanjutnya adalah sebagai berikut:

- **BAB II KONSEP DASAR**
Bab ini menjelaskan konsep dasar yang akan mendukung pengerjaan bab selanjutnya, meliputi *multipath effect*, kapasitas kanal *narrowband* dan *broadband*, pemodelan kanal, *repetition codes*, *accumulator*, OFDM, modulasi dan demodulasi QPSK, *equalizer MMSE*, EXIT *chart*, *outage performance*, dan parameter kinerja sistem yaitu BER dan FER.
- **BAB III PERANCANGAN SISTEM PENGKODEAN DAN SKENARIO PENGUJIAN**
Bab ini menjelaskan model sistem, tahapan pemodelan kanal, pengkodean kanal, perhitungan kinerja kanal menggunakan *outage performances*, tahapan mendapatkan EXIT *chart*, dan validasi kinerja sistem menggunakan BER dan FER.
- **BAB IV EVALUASI DAN ANALISIS PERFORMANSI**
Bab ini menjelaskan hasil yang telah diperoleh berupa *representative PDP* yang mewakili model kanal pelabuhan dan evaluasi kinerja usulan *channel*

coding menggunakan EXIT *chart*, serta menganalisis performansi *channel coding* yang diusulkan menggunakan BER, FER dan *outage performances*.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian Tugas Akhir ini di masa depan.