

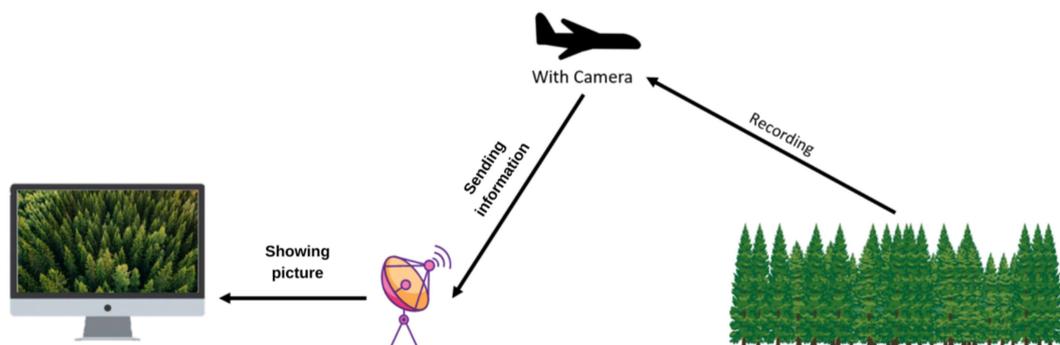
# BAB I

## PENDAHULUAN

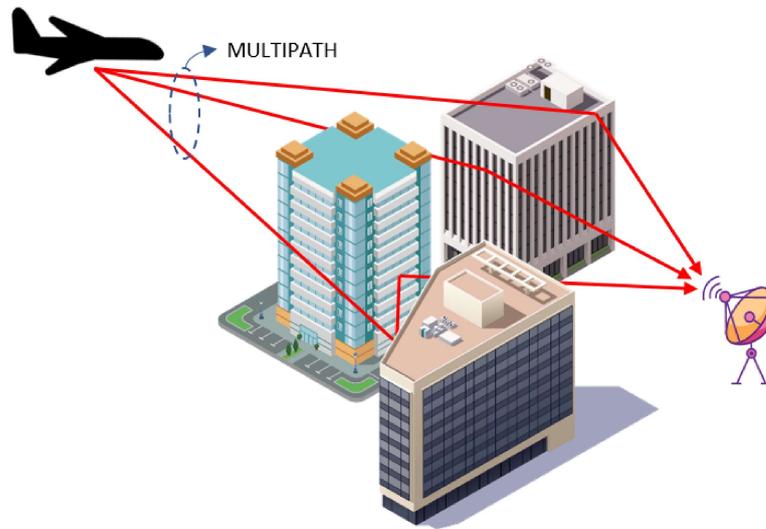
### 1.1 Latar Belakang

Beberapa wahana terbang yang bergerak dengan kecepatan tinggi memiliki kemampuan untuk mengambil dan mengirimkan data multimedia secara *real-time* dengan memanfaatkan sistem komunikasi nirkabel seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1. Namun, permasalahan pada sistem komunikasi nirkabel adalah *multipath fading* yang menyebabkan *receiver* tidak hanya menerima sinyal secara langsung, namun *receiver* juga menerima sinyal dari hasil pantulan pada waktu yang berbeda seperti pada Gambar 1.2. Sinyal yang terlambat datang disebabkan karena pantulan pada permukaan seperti pohon, tebing, gunung, kendaraan, dan bangunan. Sinyal yang mengalami pantulan dapat mengganggu sinyal langsung atau sebaliknya yang menyebabkan *intersymbol interference* (ISI) [1].

Masalah *multipath fading* yang terjadi pada sistem komunikasi *broadband*, yang memiliki *data rate* tinggi, bisa diatasi dengan transmisi paralel, sehingga setiap simbol dapat memiliki durasi lebih panjang dibandingkan dengan durasi simbol pada transmisi serial. Transmisi paralel memiliki metode berupa *multicarrier transmission* dan *multicode transmission*. *Orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) merupakan teknik *multicarrier transmission* yang efisien [1]. Penelitian [2], Leonard J. Cimini, JR. menganalisis serta mensimulasikan kanal digital seluler dengan OFDM. Sistem pada penelitian tersebut menggunakan *discrete Fourier transform* (DFT) untuk menggabungkan beberapa *narrow subchannel* pada



**Gambar 1.1** Ilustrasi pengambilan gambar atau video secara *real-time* menggunakan wahana terbang.



**Gambar 1.2** *Multipath fading* pada komunikasi nirkabel yang terdiri atas tiga *path*.

*rate* yang rendah menjadi satu *channel* dengan *rate* tinggi. Penelitian tersebut membuktikan bahwa OFDM dapat menurunkan efek *multipath fading* secara signifikan.

Permasalahan yang terjadi selain *multipath fading* pada wahana terbang yang bergerak dengan kecepatan tinggi adalah efek Doppler. Efek Doppler menjadikan *receiver* merasakan adanya pergeseran frekuensi, sehingga menyebabkan *intercarrier interference* (ICI) yang merusak pengiriman data secara *real-time*. Tinggi atau rendahnya pergeseran frekuensi yang terjadi tergantung pada kecepatan relatif *transmitter* atau *receiver* dan frekuensi *carrier* yang digunakan. Pergeseran frekuensi bernilai tinggi jika kecepatan dan frekuensi pembawa juga tinggi, begitu pula sebaliknya [3].

Penggunaan teknik OFDM tetap dapat menghasilkan *error* yang disebabkan oleh *multipath fading* karena OFDM rentan terhadap pergeseran frekuensi yang disebabkan oleh efek Doppler dan *noise* fasa [4]. *Channel coding* merupakan *error correction* yang bertugas untuk mendeteksi dan memperbaiki *error*. Akan tetapi, *channel coding* tidak dapat memperbaiki *error-floor* yang disebabkan oleh efek Doppler, namun efek *turbo-cliff* diperkirakan masih dapat dicapai dengan *channel coding*. *Channel coding* memiliki jenis yang bermacam-macam, salah satunya adalah *low-density parity-check* (LDPC) *codes*.

Penelitian [5–7] merancang sistem OFDM dengan menggunakan *channel coding* LDPC *codes* dan membuktikan penggunaan *channel coding* dapat mengurangi *error* yang disebabkan oleh efek Doppler dan *multipath fading*. Penelitian tersebut menggunakan OFDM dan menunjukkan sinyal yang belum dikodekan (*uncoded*)

memiliki *error* yang lebih besar dibandingkan dengan sinyal yang sudah dikodekan (*coded*) dengan menggunakan *channel coding*. Penelitian [8] mengusulkan sistem komunikasi pada wahana terbang berkecepatan tinggi di Indonesia. Sistem yang diusulkan pada penelitian tersebut diuji pada kecepatan maksimal 450 km/h. Penelitian tersebut menggunakan *repetition codes* sebagai *channel codingnya* dan belum menggunakan OFDM.

Tugas Akhir ini mengusulkan *channel coding* untuk sistem komunikasi wahana terbang tanpa awak berkecepatan tinggi seperti *drone* dan peluru kendali. Tugas Akhir ini menggunakan LDPC *codes* sebagai *channel coding* dengan struktur berdasarkan standar *second generation digital terrestrial television broadcasting system* (DVB-T2). LDPC *codes* dipilih karena memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *Turbo codes* yang dikenal memiliki kinerja mendekati *Shannon limit* dan banyak digunakan untuk komunikasi *real-time* dan *high-throughput* [9].

Tugas Akhir ini menggunakan struktur LDPC *codes* berdasarkan standar DVB-T2 karena wahana terbang ini juga memiliki kemampuan untuk mengirimkan data multimedia yang memiliki karakteristik data mirip dengan DVB-T2. Tugas Akhir ini juga menggunakan OFDM untuk teknik transmisinya karena tahan terhadap efek *multipath fading*. Tugas Akhir ini juga mengusulkan beberapa *threshold S* untuk menghindari *irrational bit-error-rate* (BER), yaitu BER yang tiba-tiba membesar meskipun pada *signal-to-noise power ratio* (SNR) tinggi, karena *log-likelihood ratio* (LLR) bernilai tak terhingga (*infinite*) selama proses *decoding*.

Kinerja BER dievaluasi berdasarkan *soft decoding* dengan menggunakan LLR pada kanal *additive white Gaussian noise* (AWGN) dan *multipath Rayleigh fading*. Tugas Akhir ini menggunakan modulasi *4 quadrature amplitude modulation* (4-QAM). Tugas Akhir ini menguji usulan teknologi pada kecepatan maksimal 2450 km/h. Tugas Akhir ini juga menggunakan *pilot-assisted channel estimation* dan metode *minimum mean squared error* (MMSE) *equalization*. Tugas Akhir ini melakukan validasi sistem dengan teori yang berkaitan. Hasil Tugas Akhir ini diharapkan dapat berkontribusi bagi pengembangan sistem komunikasi di Indonesia dan dapat diaplikasikan pada wahana terbang berkecepatan tinggi dengan pengiriman data multimedia secara *real-time*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sistem komunikasi wahana terbang memiliki *transmitter* atau *receiver* yang bergerak. Pergerakan ini menyebabkan *error-floor* karena frekuensi dan fasa seolah-

olah berubah selama pergerakan, apalagi jika kanal yang dialami adalah *multipath fading*. Hal ini menjadi masalah karena data yang dikirimkan mengalami kerusakan dua kali, yaitu: (i) terkena *error-floor* karena efek Doppler dan (ii) terkena *random error* karena *intercarrier interference* dan *random noise*. Hal yang menjadi masalah juga adalah *irrational BER*, karena LLR bernilai *infinite* selama proses *decoding*. Masalah ini dapat menjadi besar jika data yang dikirimkan adalah data multimedia secara *real-time* dari *transmitter* yang bergerak karena mata manusia sensitif terhadap kerusakan pada gambar atau video.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengurangi *error* dan menurunkan *error-floor* yang terjadi pada wahana terbang berkecepatan tinggi dengan menggunakan LDPC *codes* yang strukturnya mengikuti standar DVB-T2 dengan sistem OFDM. Penggunaan LDPC *codes* dengan struktur DVB-T2 mampu mengurangi *random error*, menurunkan *error-floor*, dan mencapai kinerja dengan efek *turbo-cliff* untuk pengiriman data multimedia secara *real-time* dari *transmitter* yang bergerak. Penggunaan nilai *threshold S* mampu menghindari *irrational BER*, karena LLR bernilai *infinite*. Hasil Tugas Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi di Indonesia untuk mendukung komunikasi multimedia.

### 1.4 Batasan Masalah

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

1. Wahana terbang yang ditujukan adalah wahana terbang tanpa awak seperti *drone* dan rudal.
2. Tugas Akhir ini tidak mengusulkan struktur LDPC *codes* baru, namun hanya menggunakan LDPC *codes* dengan standar DVB-T2 yang sudah digunakan sebagai *channel coding* pada teknologi yang mampu mengirimkan data multimedia.
3. Tugas Akhir ini mengusulkan nilai-nilai *threshold S* hanya untuk modulasi 4-QAM dan LDPC *codes* DVB-T2.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima tahapan kerja, antara lain:

1. Studi Literatur

Tahap ini melakukan studi, analisis, dan investigasi masalah pada sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi yang bersumber dari beberapa literatur. Literatur yang digunakan berupa buku referensi, paper, dan jurnal yang diterbitkan secara nasional maupun internasional.

2. Usulan Sistem Komunikasi Wahana Terbang

Tahap ini melakukan perancangan dan pemodelan sistem komunikasi pada wahana terbang berkecepatan tinggi dengan menggunakan teknik OFDM dan *channel coding* LDPC.

3. Simulasi Sistem dengan Menggunakan Simulasi Komputer

Tahap ini melakukan simulasi pergeseran frekuensi pada kecepatan maksimal  $v = 2450$  km/h pada sistem wahana terbang berkecepatan tinggi yang telah diusulkan dengan menggunakan simulasi komputer. Simulasi ini menggunakan modulasi 4-QAM pada kanal *multipath fading* dengan distribusi *noise* AWGN dan *multipatRayleigh fading*. Hasil simulasi disajikan dalam grafik *bit-error-rate* (BER).

4. Analisis dan Validasi Kinerja Sistem

Tahap ini melakukan analisis terhadap kinerja BER pada sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi yang telah didapatkan dengan teori yang ada. kinerja BER dievaluasi berdasarkan *soft decoding* dengan menggunakan LLR.

5. Penarikan Kesimpulan

Tahap ini melakukan penarikan kesimpulan dari Tugas Akhir berdasarkan data-data yang didapatkan dari hasil studi dan simulasi. Tugas Akhir ini diharapkan dapat berkontribusi dan bermanfaat dalam pengembangan sistem komunikasi pada wahana terbang berkecepatan tinggi dengan pengiriman data multimedia secara *real-time*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini untuk selanjutnya disusun sebagai berikut:

- **BAB 2: Konsep Dasar**

Bab ini membahas konsep dasar dari sistem komunikasi nirkabel, LDPC *codes*, modulasi, kanal, efek Doppler, OFDM, *channel estimation*, *equalizer*, *soft decoding*, dan BER teori.

- **BAB 3: Model Sistem dan Usulan *Channel Coding***

Bab ini menjelaskan blok model, usulan LDPC *codes*, usulan *threshold S*, dan diagram alur skenario pengujian usulan *channel coding* untuk komunikasi pada sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi.

- **BAB 4: Analisis dan Hasil**

Bab ini melakukan analisis dan evaluasi kinerja BER yang didapatkan dari hasil simulasi pada sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi yang telah diusulkan.

- **BAB 5: Kesimpulan dan Saran**

Bab ini memaparkan kesimpulan dari hasil studi kinerja sistem komunikasi wahana terbang berkecepatan tinggi yang diusulkan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut dari Tugas Akhir ini di masa mendatang.