

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Evolusi dari dunia teknologi informasi dan komunikasi yang sejalan dengan perkembangan ekonomi digital menyebabkan percepatan dalam perluasan infrastruktur telekomunikasi (Pan et al., 2022). Berdasarkan data tinjauan *International Telecommunication Union* (ITU) pada tahun 2021 tentang status konektivitas digital global terdapat 95% populasi dunia yang memiliki akses ke jaringan *mobile broadband* (Y. Li et al., 2023). Jaringan tersebut termasuk jaringan 5G yang memiliki kemampuan dalam data berkecepatan tinggi, latensi yang sangat rendah, dan dapat menjangkau untuk sejumlah besar perangkat yang terhubung (Tsoulos et al., 2024).

Sistem komunikasi 5G memerlukan sistem transmisi yang dapat bekerja dengan baik dengan adanya kebutuhan jaringan yang sangat tinggi. Sistem komunikasi 5G banyak menggunakan sistem dengan teknik transmisi FBMC (*Filter Bank Multi-Carrier*), UFMC (*Universal Filtered Multi-Carrier*), WOLA (*Wavelet OFDM with Low PAPR*) dan OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) (Mohammed & Abdulwahhab, 2024). Hasil dari penelitian Pratiwi et al., (2023) menunjukkan penggunaan teknik transmisi OFDM dapat menghasilkan kinerja yang baik untuk sistem komunikasi 5G. Teknik OFDM merupakan teknik yang digunakan untuk mentransmisikan data dalam waktu yang bersamaan dengan cara menggabungkan beberapa sub kanal frekuensi kecil (*subcarrier*) (Wahyuningrum et al., 2024). Teknik OFDM juga dapat menyediakan metode transmisi yang sangat efisien untuk komunikasi nirkabel karena dapat menggabungkan *multiplexing* dengan *cyclic prefix* (Lavanya et al., 2019). Dengan menambahkan *cyclic prefix* ke setiap simbol OFDM dapat mengatasi efek *Intersymbol Interference* (ISI) (Nain & Pachamuthu, 2021). Efek ISI pada OFDM berpotensi menyebabkan distorsi pada sinyal yang diterima. Hal ini biasanya disebabkan oleh kanal *multipath fading*.

Kanal *multipath fading* dapat menyebabkan refleksi, difraksi, dan refraksi gelombang radio sehingga membuat sinyal menjadi perlahan menghilang (Wei et al., 2019). Pengaruh kanal *multipath fading* pada proses transmisi sinyal yaitu menyebabkan efek ISI sehingga menyebabkan distorsi dan fluktuasi pada sinyal. Selain kanal *multipath fading*, model kanal yang umum digunakan adalah kanal AWGN. Kanal ini biasa digunakan untuk analisis dasar karena modelnya lebih sederhana dan yang hanya memperhitungkan gangguan berupa derau aditif dengan distribusi Gaussian yang merata di seluruh spektrum frekuensi tanpa *multipath*. Oleh karena itu, kanal AWGN tidak rentan terhadap gangguan dan derau selama proses transmisi sinyal. Pada penelitian ini kanal AWGN dan *multipath fading* digunakan untuk menganalisis sistem OFDM.

Pada penelitian Setyowati & Surahegara (2020) teknik modulasi yang digunakan untuk sistem komunikasi 5G adalah M-ary *Quadrature Amplitude Modulation* (M-QAM). Teknik modulasi ini memiliki *bandwidth* yang terbatas namun memiliki transmisi laju bit yang lebih tinggi. Peran teknik modulasi pada sistem transmisi yaitu untuk menentukan efisiensi spektrum, ketahanan terhadap gangguan, dan kualitas sinyal. Penelitian ini menggunakan teknik modulasi M-QAM sebesar 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM untuk komunikasi 5G.

Kemudian untuk teknik pengkodean yang dapat digunakan dalam sistem komunikasi 5G salah satunya adalah teknik pengkodean *Low Density Parity check* (LDPC). Teknik pengkodean ini berfungsi untuk mendeteksi kesalahan pada proses transmisi data dengan cara menambahkan bit pada data. Teknik pengkodean LDPC memiliki performansi yang mirip dengan *Shannon Limit* (Zhang & Jiang, 2023). *Shannon limit* atau dikenal sebagai kapasitas Shannon merupakan laju transmisi maksimum yang dapat dicapai dalam suatu saluran komunikasi tanpa adanya kesalahan dengan mempertimbangkan tingkat gangguan tertentu (Delezoide et al., 2022). Penelitian ini menggunakan teknik pengkodean LDPC dengan menggunakan $code\ rate = \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; \frac{8}{9}$ pada komunikasi 5G.

Untuk meninjau seberapa baik performansi dari sistem komunikasi diperlukan penilaian proses transmisi data. Kinerja transmisi data diukur melalui kurva *Bit Error Rate* (BER) dan *Signal Noise Ratio* (SNR). BER berfungsi untuk mengukur seberapa banyak peluang kesalahan yang ada pada proses transmisi. SNR berfungsi untuk mengukur kualitas informasi dan sinyal melalui rasio sinyal terhadap derau (Pratiwi et al., 2023). Selain itu, skema modulasi multicarrier membutuhkan *Peak to Average Power Ratio* (PAPR) dan *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) yang berfungsi sebagai parameter untuk mengukur banyak *subcarrier* pada sinyal (Li et al., 2019). PAPR adalah nilai yang merepresentasikan rasio antara daya puncak sinyal dan daya rata-rata yang berfungsi untuk mengukur rentang dinamis sinyal. Sedangkan CCDF merupakan fungsi probabilitas yang bertujuan untuk menyediakan ukuran statistik puncak sinyal. Kinerja PAPR terhadap CCDF penting karena dapat mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja bentuk gelombang (Kumar et al., 2023).

Dalam mengevaluasi kinerja komunikasi 5G terdapat penelitian terkait yang telah dilakukan. Salah satu penelitian dari Rakhmania et al., (2023) membahas performa sistem modulasi *downlink* LTE dan 5G yang diterapkan di kanal AWGN. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa teknik modulasi QPSK pada *downlink* 5G memberikan kinerja terbaik. Sementara itu, penggunaan modulasi 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM memiliki performansi yang kurang baik untuk komunikasi LTE dan 5G. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada penerapan teknik modulasi saja pada LTE dan 5G tanpa ada penggunaan pengkodean LDPC.

Penelitian selanjutnya adalah dari Pratiwi et al., (2023) membuat perbandingan performansi antara teknik modulasi OFDM dan UFMC pada modulasi M-QAM dan kanal AWGN di sistem komunikasi 5G dan penerapan teknik pengkodean LDPC dengan *code rate* $\frac{1}{2}$. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan OFDM dengan modulasi 64-QAM memiliki performansi lebih baik daripada 256-QAM. Kemudian, hasil dari penggunaan teknik transmisi UFMC menggunakan 64-QAM dan 256-QAM belum dapat menghasilkan kinerja yang baik karena hasil dari BER dan PAPR yang lebih tinggi. Namun, penelitian hanya

fokus kepada perbandingan terhadap teknik transmisi UFMC dan OFDM tanpa ada penggunaan kanal yang berbeda.

Penelitian ketiga dari Zhang & Jiang, (2023) yang meneliti tentang optimasi genetik kode LDPC 5G-NR untuk menurunkan tingkat kesalahan sistem BICM (*Bit-Interleaved Coded Modulation*) dengan menggunakan kanal AWGN. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengkodean LDPC dalam teknologi 5G-NR dapat dioptimalkan, kompatibel, dan memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah. Namun, penelitian ini hanya fokus kepada penggunaan optimasi pengkodean LDPC sehingga tidak terdapat variasi teknik modulasi pada sistem komunikasi 5G.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang mengkaji tentang penggunaan teknik transmisi OFDM, modulasi M-QAM, dan pengkodean LDPC menjanjikan untuk sistem komunikasi 5G. Namun, belum ada studi komprehensif yang menggabungkan perbandingan penggunaan variasi teknik modulasi M-QAM, variasi kanal, variasi *code rate* pengkodean LDPC pada sistem OFDM. Penelitian ini akan menguji performansi transmisi sinyal pada sistem komunikasi 5G. Penelitian ini diharapkan dapat mengevaluasi kinerja sistem OFDM dengan dengan variasi modulasi M-QAM, variasi kanal, dan variasi pengkodean LDPC sehingga dapat mengkritisi komunikasi 5G melalui proses transmisi sinyal yang kompatibel dan efisien. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian yang berjudul “**Analisis Kinerja Sistem OFDM Menggunakan Modulasi M-QAM dan Pengkodean LDPC pada Implementasi Komunikasi 5G**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan maka rumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya:

1. Bagaimana kinerja sistem OFDM dengan variasi teknik modulasi 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM menggunakan pengkodean LDPC $code\ rate = \frac{1}{2}$ pada kanal AWGN pada implementasi komunikasi 5G?

2. Bagaimana kinerja sistem OFDM dengan variasi teknik pengkodean LDPC dengan $code\ rate = \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; \frac{8}{9}$ menggunakan modulasi 64-QAM pada kanal AWGN pada implementasi komunikasi 5G?
3. Bagaimana kinerja sistem OFDM dengan variasi kanal AWGN serta *Multipath fading* pada teknik pengkodean LDPC $code\ rate = \frac{1}{2}$ dan modulasi 64-QAM pada implementasi komunikasi 5G?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis kinerja sistem OFDM dengan variasi teknik modulasi 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM menggunakan kanal AWGN dan pengkodean LDPC $code\ rate = \frac{1}{2}$ pada implementasi komunikasi 5G.
2. Untuk menganalisis kinerja sistem OFDM dengan variasi teknik pengkodean LDPC dengan $code\ rate = \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; \frac{8}{9}$ menggunakan kanal AWGN dan modulasi 64-QAM pada implementasi komunikasi 5G.
3. Untuk menganalisis kinerja sistem OFDM dengan variasi kanal AWGN serta *multipath fading* menggunakan teknik pengkodean LDPC $code\ rate = \frac{1}{2}$ dan modulasi 64-QAM pada implementasi komunikasi 5G.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat dari penelitian untuk seluruh pihak. Adapun manfaat dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat secara teoritis pada penelitian ini yaitu untuk menganalisis parameter sistem yang dapat menghasilkan kinerja optimal di sistem OFDM pada komunikasi 5G. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan variasi teknik modulasi M-QAM, variasi $code\ rate$ teknik pengkodean LDPC, dan variasi penggunaan kanal yaitu AWGN dan *multipath fading*.

2. Manfaat Praktis

Manfaat secara praktis pada penelitian ini diantaranya:

a. Bagi penulis

- Menambah pemahaman tentang prinsip kerja proses transmisi data OFDM pada komunikasi jaringan 5G.
- Menambah keahlian dalam merancang dan membuat konfigurasi sistem dengan teknologi 5G.

b. Bagi pengembangan ilmu

- Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk memperkaya pengalaman belajar mahasiswa dalam sistem komunikasi digital tentang simulasi pengkodean sumber melalui proses transmisi data pada teknologi 5G.
- Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mendorong pengembangan berkelanjutan tentang proses transmisi data OFDM pada jaringan 5G.

c. Bagi perusahaan

- Hasil penelitian dapat diimplementasikan sebagai pengembangan arsitektur sistem komunikasi 5G.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Pembahasan pada penelitian ini mengenai simulasi kinerja sistem OFDM pada sistem komunikasi 5G dengan menggunakan *software* MATLAB R2024a.
2. Input bit yang digunakan adalah general random bit.
3. Sistem transmisi yang digunakan adalah sistem OFDM.
4. Sistem OFDM menggunakan teknik modulasi 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM.
5. Sistem OFDM menggunakan teknik pengkodean kanal LDPC (*Low Density Parity check*) dengan $code\ rate = \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; \frac{8}{9}$.
6. Sistem OFDM menggunakan kanal AWGN dan *multipath fading*.
7. Kanal *multipath fading* menggunakan distribusi *rayleigh fading*.
8. Analisis kinerja dari penelitian dibatasi oleh BER terhadap SNR dan PAPR terhadap CCDF.