



INTISARI

Pada tugas akhir ini, implementasi dan simulasi *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) telah dieksplorasi. Penggunaan teknik OFDM cukup populer karena kemampuannya dalam mengatasi dampak *multipath fading* dan interferensi antar simbol dalam komunikasi nirkabel dengan lebar pita yang relatif minimal. Dalam proses transmisi dengan menggunakan OFDM, pita frekuensi yang lebar dibagi ke dalam beberapa subkanal frekuensi yang lebarnya lebih sempit dan beberapa *subcarriers* yang saling tegak lurus akan menempati subkanal-subkanal tersebut yang saling *overlapping*. Kemampuan OFDM dalam memitigasi dampak *frequency selective fading* menyebabkan OFDM memainkan peranan yang sangat penting dalam sistem komunikasi modern, khususnya pada jaringan *fourth generation* (4G) dan *fifth generation* (5G). Fokus penelitian yang dilaksanakan dalam tugas akhir ini adalah pada analisis kinerja berbagai teknik modulasi digital, yaitu keluarga *quadrature amplitude modulation* (QAM) dengan 2, 4, 16, dan 64 titik konstelasi, dalam kerangka teknik OFDM dan dengan berbasiskan pada studi simulasi. Indikator kinerja sistem berbasis OFDM di atas, yang dievaluasi dalam tugas akhir ini guna mengukur keandalan sistem, adalah *bit error rate* (BER) sebagai fungsi dari *signal-to-noise-ratio* (SNR). Indikator kinerja tersebut dievaluasi dalam berbagai skenario *multipath fading* pada kanal nirkabel serta berbagai konfigurasi terkait panjang *cyclic prefix* (CP) dan jumlah *subcarrier*.

Untuk merealisasikan proses analisa kinerja sistem di atas, program simulasi berbasis Python telah disusun untuk membandingkan unjuk kerja berbagai skema modulasi dalam berbagai konfigurasi OFDM. Berbagai variasi parameter kunci dievaluasi, termasuk jumlah *subcarrier*, metode penyisipan pilot (model sisir dan blok), serta panjang *cyclic prefix*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skema modulasi berorde rendah, seperti QAM-2 (atau *binary phase shift keying* (BPSK)), memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap *noise* tetapi menawarkan laju data yang relatif rendah, sementara modulasi berorde tinggi seperti QAM-64 secara signifikan meningkatkan *throughput* dengan konsekuensi peningkatan sensitivitas terhadap *noise*. Selain itu, penggunaan *cyclic prefix* yang memadai terbukti efektif dalam mengurangi interferensi antar simbol, sementara teknik estimasi tanggapan kanal berbasis pilot, khususnya penyisipan blok, meningkatkan kinerja sistem dengan memberikan informasi kondisi saluran atau kanal yang lebih akurat. Temuan ini memiliki implikasi penting untuk mengoptimalkan sistem OFDM dalam aplikasi nirkabel praktis, terutama dalam lingkungan yang rentan terhadap *multipath fading* dan gangguan *noise*.

Kata kunci : OFDM, *multipath fading*, *bit error rate*, *quadrature amplitude modulation*, *subcarrier*, *cyclic prefix*, pilot, interferensi antar simbol.

ABSTRACT

This thesis explores the implementation of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) in the form of simulation program. OFDM is a very popular multi-carrier modulation technique that is widely used in wireless communication due to its capability to encounter multipath fading and intersymbol interference under a minimum bandwidth requirement. In OFDM transmission system, a wide frequency band is split into multiple narrowband subchannels. The OFDM data stream is then transmitted over multiple orthogonal subcarriers occupying the aforementioned overlapping narrowband subchannels. Due to its capability to mitigate the impact of frequency-selective fading, OFDM system plays a vital role in the modern communication system that is based on fourth generation (4G) or fifth generation (5G) networks. The research conducted in this final year project concentrates on the performance analysis of the family of quadrature amplitude modulation (QAM) techniques having 2, 4, 16, and 64 constellation points within an OFDM framework using simulation study. In order to evaluate the reliability of the OFDM system, this final project examines the bit error rate (BER) as a function of signal-to-noise-ratio (SNR) as the performance indicator. This performance indicator is evaluated under different multipath fading channels and for various configuration with respect to the length of cyclic prefix (CP) and the number of subcarriers.

In order to conduct the aforementioned system performance analysis, simulation programs based on Python are composed in order to evaluate the performance of different digital modulation techniques under various OFDM configurations. The impact of different key parameters are examined, which include the number of subcarriers, pilot insertion methods (comb and block), as well as the length of the cyclic prefix. The simulation results indicate that the use of lower-order modulation schemes, such as QAM-2 (or binary phase shift keying (BPSK)) offers a better resilience against noise but a relatively lower data rate. On the other hand, the use of higher-order modulation schemes, such as QAM-64, significantly increases the throughput at the cost of higher sensitivity to noise. Furthermore, when the cyclic prefix is sufficiently long, the intersymbol interference is effectively reduced. In addition, pilot-based channel estimation techniques, particularly block insertion, improve system performance by providing a more accurate channel state information. This finding has offered more alternatives to optimize the OFDM systems in practical wireless applications, particularly in environments prone to multipath fading and noise.

Keywords : OFDM, multipath fading, bit error rate, quadrature amplitude modulation, subcarriers, cyclic prefix, pilot, intersymbol interference.