

# Analisis Kinerja Transmisi Citra Menggunakan Teknik Modulasi QAM Pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Fitri Amillia<sup>1</sup>, Mulyono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau  
Kampus Raja Ali Haji Jl.H.R.Soebrantas No.155 KM 18 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
e-mail: fitriamillia@uin-suska.ac.id

## Abstrak

Teknologi telekomunikasi nirkabel yang berkembang pesat saat ini memberikan manfaat bagi operator dan pelanggan. Long Term Evolution merupakan teknologi nirkabel 4G memberikan layanan aplikasi multimedia berupa gambar, video dan audio berkualitas tinggi dan kecepatan internet yang tinggi menggunakan teknik transmisi Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Pada penelitian ini sumber informasi berupa citra warna dikirim melalui kanal AWGN dibandingkan kanal rayleigh fading menggunakan teknik modulasi 16 QAM dengan 64 QAM, selanjutnya dilakukan analisis kinerja transmisi citra menggunakan teknik modulasi QAM pada sistem OFDM. Hasil perbandingan transmisi setiap citra melalui kanal AWGN dan Rayleigh fading menggunakan teknik modulasi 16 QAM lebih cepat mendekati nilai standard BER sebesar  $10^{-3}$  daripada 64 QAM. Sistem kinerja transmisi citra pada teknik modulasi 16 QAM ini menunjukkan kinerja transmisi lebih baik disebabkan rendahnya nilai Eb/No yang dibutuhkan dengan selisih nilai rata-rata sekitar 8 dB mampu memberikan persentase error yang cukup kecil dari pada menggunakan 64 QAM.

**Kata Kunci** : OFDM, AWGN, Rayleigh Fading, QAM, BER

## Abstract

Wireless telecommunications technologies are growing rapidly now provide benefits for operators and customers. Long Term Evolution is a 4G wireless technology provides multimedia application services in the form of image, video and high quality audio and high-speed internet using transmission techniques Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). In this study resources in the form of a color image is sent through AWGN channel compared Rayleigh fading channel using 16 QAM modulation technique with a 64 QAM, transmission performance analysis is then performed using the image on the QAM modulation technique OFDM system. The results of the comparison of each image transmission through AWGN and Rayleigh fading channels using 16 QAM modulation technique is fast approaching the standard value BER of  $10^{-3}$  instead of 64 QAM. System performance image transmission in 16 QAM modulation technique shows better transmission performance due to low Eb/No required by the difference in the average value of about 8 dB is able to provide a fairly small percentage error of using 64 QAM.

**Keywords**: OFDM, AWGN, Rayleigh Fading, QAM, BER

## 1. Pendahuluan

Teknologi telekomunikasi nirkabel yang berkembang pesat saat ini, banyak digunakan para pelanggan untuk mendukung aktifitasnya. Teknologi nirkabel generasi ke 4 (4G) bertujuan untuk memuaskan pelanggan dalam menikmati layanan kecepatan data yang lebih tinggi seperti komunikasi suara, layanan gambar, video dan layanan internet. Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi nirkabel 4G memberikan layanan aplikasi multimedia berupa video dan audio berkualitas tinggi dan kecepatan internet yang tinggi menggunakan Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), [1]. OFDM merupakan sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (multicarrier) yang saling tegak lurus (orthogonal), [2].

Pengiriman atau penerimaan informasi berupa teks, gambar (citra) ataupun video semakin mudah dan cepat dengan hitungan detik saja menggunakan teknologi 4G yaitu LTE dengan teknik transmisi OFDM merupakan hikmah yang disebutkan dalam surat Al Qur'an yaitu An Naml ayat 40 tersebut dibawah ini.

قَالَ الَّذِي عِنْدَهُ عِلْمٌ مِنَ الْكِتَابِ أَنَا آتِيكَ بِهِ قَبْلَ أَنْ يَرْتَدَّ إِلَيْكَ طَرْفُكَ فَلَمَّا رآه مُسْتَقِرًّا عِنْدَهُ قَالَ هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي لِيَبْلُوَنِي أَأَشْكُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَمَنْ شَكَرَ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّي غَنِيٌّ كَرِيمٌ

Artinya:

Berkatalah seorang yang mempunyai ilmu dari Al Kitab: **"Aku akan membawa singgasana itu kepadamu sebelum matamu berkedip"**. Maka tatkala Sulaiman melihat singgasana itu terletak di hadapannya, iapun berkata: "Ini termasuk kurnia Tuhanku untuk mencoba aku apakah aku bersyukur atau mengingkari (akan nikmat-Nya). Dan barangsiapa yang bersyukur maka sesungguhnya dia bersyukur untuk (kebaikan) dirinya sendiri dan barangsiapa yang ingkar, maka sesungguhnya Tuhanku Maha Kaya lagi Maha Mulia".

Beberapa penelitian sebelumnya tentang analisa kinerja OFDM berbasiskan perangkat lunak. Teknik modulasi yang digunakan *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)* mempunyai nilai BER yang lebih baik dibanding dengan *Phase Shift Keying (PSK)*, [3]. Selanjutnya penelitian tentang modulasi yang dapat digunakan pada OFDM adalah QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan *subcarrier* yang digunakan sebesar 512 untuk *bandwidth* 5 MHz, [4].

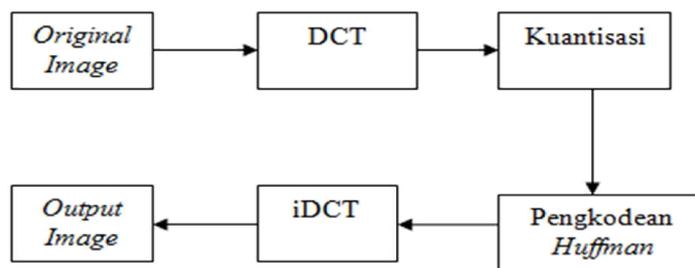
Penelitian yang berjudul evaluasi kinerja pada transceiver OFDM untuk pengiriman citra menggunakan modulasi 16 PSK dan 16 QAM membahas tentang perbedaan pengaruh kedua modulasi untuk mengirimkan citra pada OFDM melalui kanal *Additif White Gaussian Noise (AWGN)* dan citra yang dikirimkan hitam putih berupa nilai *Bit Error Rate (BER)* yang menghasilkan kinerja modulasi 16 QAM lebih bagus dibandingkan modulasi 16 PSK, [5].

Berdasarkan penelitian diatas perlu dikembangkan yaitu input citra warna dikirim melalui kanal AWGN dibandingkan kanal *rayleigh fading* dan modulasi yang dibandingkan 16 QAM dan 64 QAM, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kinerja transmisi citra menggunakan teknik modulasi QAM pada sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*.

#### A. Kompresi Citra

Citra (image) merupakan gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak. Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan. Termasuk ke dalam bidang ini juga adalah kompresi citra, [6]. (Rinaldi Munir, 2004)

Kompresi yang umum pada JPEG adalah *lossy*, yaitu beberapa kualitas visual akan hilang dalam proses dan tidak dapat dikembalikan. Metode kompresi *lossy* data dari *encoding* ketika diterapkan untuk *input* yang memiliki 24 bit per *pixel* (masing-masing delapan untuk merah, hijau dan biru). Berikut blok diagram JPEG *compression* ditunjukkan pada gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram JPEG *compression*

Penjelasan dari gambar 1 Blok Diagram JPEG *compression* sebagai berikut :

#### a. *Discret Cosine Transform (DCT)*

DCT adalah sebuah fungsi dua arah yang memetakan himpunan N buah bilangan *real* menjadi himpunan N buah bilangan *real* pula. Secara umum, DCT satu dimensi menyatakan sebuah sinyal diskrit satu dimensi sebagai kombinasi linier dari beberapa fungsi basis berupa gelombang kosinus dikrit dengan amplitudo tertentu. Masing-masing fungsi basis memiliki frekuensi yang berbeda-beda, karena itu, transformasi DCT termasuk ke dalam transformasi domain frekuensi. Amplitudo fungsi basis dinyatakan sebagai koefisien dalam himpunan hasil transformasi DCT.

## b. Kuantisasi

Tahap kuantisasi akan membuang informasi yang kurang penting yaitu informasi yang tidak berpengaruh secara signifikan terhadap visualisasi ketika sub-citra direkonstruksi.

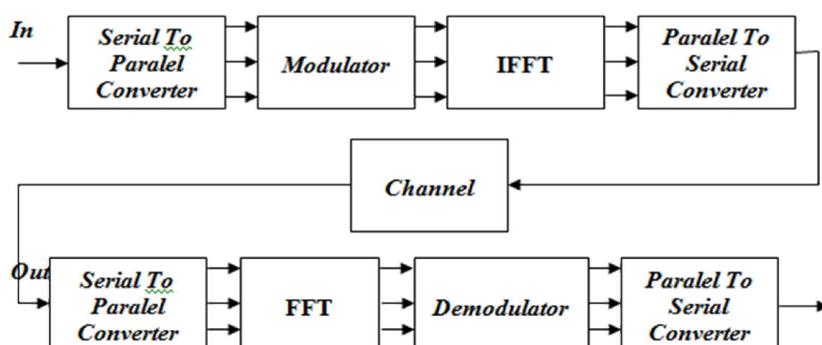
## c. Pengkodean Huffman

Metode pengkodean huffman merupakan salah satu metode yang terdapat pada teknik entropy coding. Dalam pengkodean huffman, panjang blok dari keluaran sumber dipetakan dalam blok berdasarkan panjang variabel. Ide dasar dari metode huffman ini adalah memetakan mulai simbol yang paling banyak terdapat pada sebuah urutan sumber sampai dengan yang jarang muncul menjadi urutan biner. Dalam *variable-length coding*, sinkronisasi merupakan suatu masalah. Ini berarti harus terdapat satu cara untuk memecahkan urutan biner yang diterima ke dalam suatu codeword. [7].

## B. Pengertian dan Prinsip Kerja OFDM

*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (*multicarrier*) yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Dengan persamaan matematika, dua buah sinyal dikatakan *orthogonal* [2].

Prinsip kerja dari OFDM dapat dijelaskan melalui gambar 2 blok diagram berikut ini.



Gambar 2. Blok Diagram OFDM [3]

Pada Gambar 2 di atas dapat dijelaskan secara rinci proses dari OFDM baik pada pengirim maupun penerima. Blok pengirim OFDM terdiri dari blok-blok *serial to paralel*, *modulator*, *IFFT* dan *paralel to serial*. Deretan data yang akan ditransmisikan (*data in*) yaitu deretan bit-bit serial dikonversikan ke dalam bentuk paralel oleh *serial to paralel converter*, sehingga bila *bit rate* semula adalah  $R$  maka *bit rate* di tiap jalur paralel adalah  $R/N$  dimana  $N$  adalah jumlah jalur paralel atau jumlah *subcarrier*. Di penerima terjadi proses kebalikan dari proses yang ada di pengirim. Sinyal yang telah dialirkan ke dalam *FFT* kemudian didemodulasikan dan dikonversi lagi ke dalam bentuk serial oleh *Paralel to Serial Converter* dan akhirnya kembali menjadi bentuk data informasi.

## C. Modulasi

Modulasi adalah proses pengkodean informasi dari sumber pesan dengan cara yang sesuai dengan proses transmisi. Pada umumnya modulasi dapat dilakukan dengan mengubah-ubah amplitudo, fasa, atau frekuensi dari sinyal *carrier* sesuai dengan amplitudo sinyal pesan. Adapun jenis-jenis modulasi yang digunakan pada teknologi LTE dalam arah *downlink* (OFDM) adalah QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM, [8]. Penelitian ini menggunakan modulasi 16-QAM, dan 64-QAM.

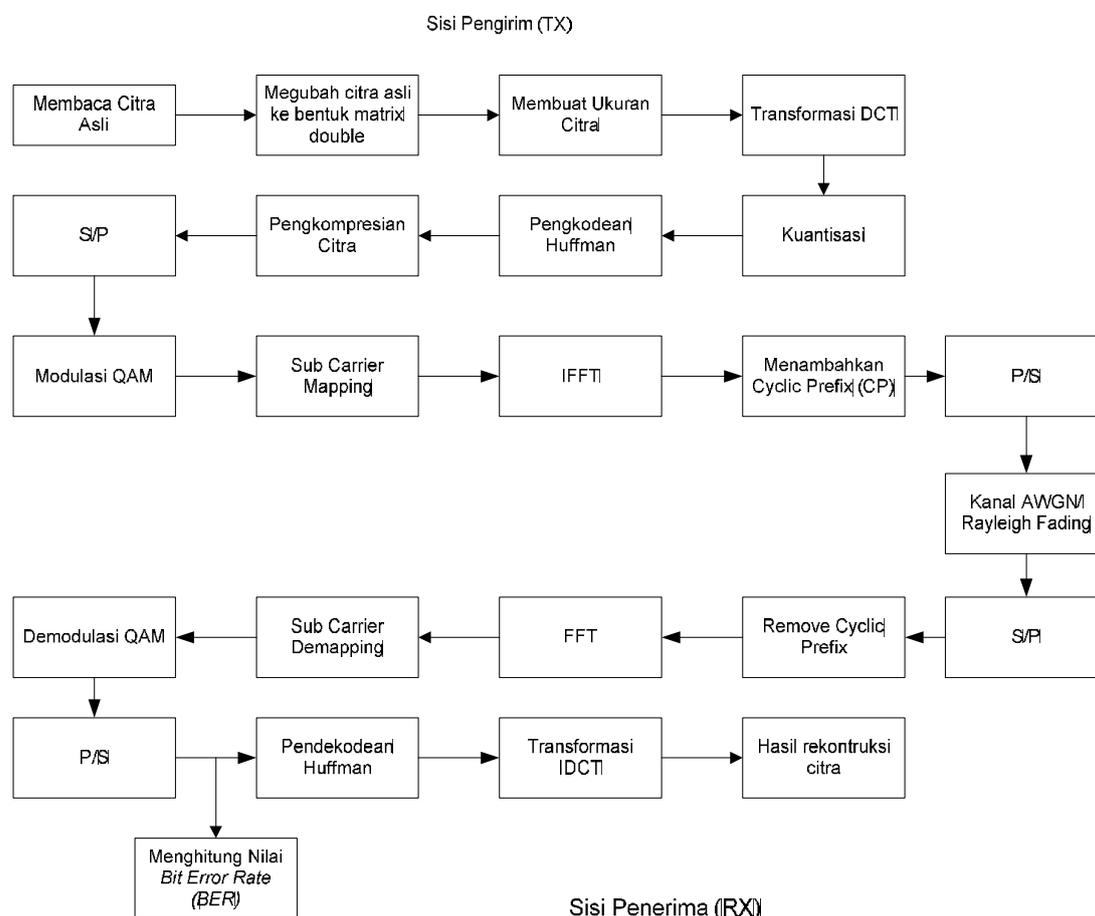
## 2. Metode Penelitian

Pemodelan dan simulasi merupakan alat yang sering digunakan dalam mempelajari atau menganalisis perilaku kerja dari suatu sistem atau proses. Simulasi program komputer untuk menirukan perilaku sistem nyata tertentu. Tujuan pemodelan dan simulasi ini untuk mengevaluasi kinerja sistem OFDM dengan menghitung nilai BER. Pada gambar 3 dibawah ini memperlihatkan Blok Diagram Pemodelan Sistem.

Penentuan parameter merupakan asumsi berdasarkan referensi untuk dimasukkan dalam pemodelan sistem sehingga dapat diuji kinerja transmisi citra pada sistem OFDM berupa nilai BER. Asumsi parameter yang digunakan:

- 1) Input data merupakan citra bertipe RGB.

- 2) Modulasi yang digunakan adalah 16-QAM dan 64-QAM.
- 3) Menggunakan *guard interval* dengan *cyclic prefix* dengan nilai  $\frac{1}{4}$  dari jumlah *subcarrier*.
- 4) Kanal yang digunakan AWGN dan *Rayleigh Fading*.
- 5) Dalam sistem OFDM ini, *transmitter* dan *receiver* diasumsikan berada dalam keadaan tetap (*fixed*).
- 6) Jumlah *subcarrier* pada sistem OFDM adalah 512 titik



Gambar 3. Blok Diagram Pemodelan Sistem

### 3. Hasil dan Analisis

#### A. Masukan Citra Asli

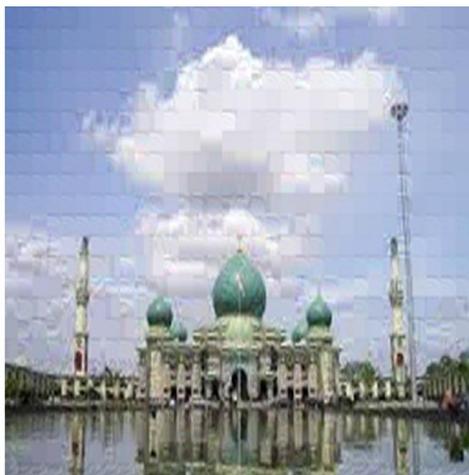
Pada penelitian ini masukan citra asli berupa citra warna RGB dengan format *JPEG* (jpg) digunakan sebagai masukan citra asli untuk simulasi dan pengujian kinerja transmisi citra menggunakan teknik modulasi 16-QAM dan 64-QAM melalui kanal AWGN dan *Rayleigh Fading* ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nama Masukan Citra Asli dan Ukuran

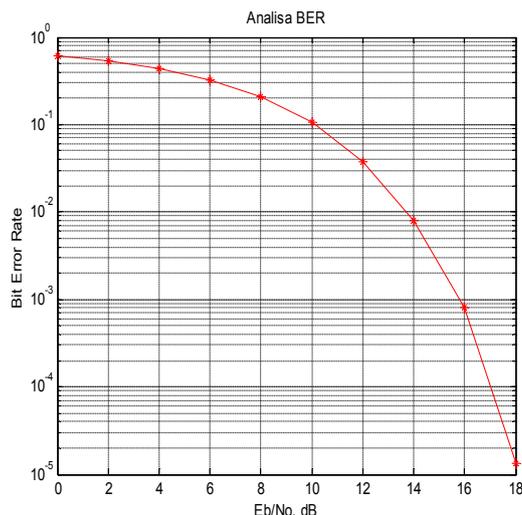
No	Nama Masukan Citra Asli	Ukuran (pixel)
1.	Fitri.jpg	208 x 242
2.	Masjid.jpg	256 x 182
3.	Kucing.jpg	209 x 241
4.	Paprika.jpg	269 x 187

#### B. Hasil kinerja transmisi citra melewati kanal AWGN menggunakan teknik modulasi 16 QAM

Pada paper ini diambil salah satu hasil simulasi transmisi citra berupa masjid.jpg berukuran 256 x 182 pixel untuk dilakukan analisis kinerja transmisi citra melewati kanal AWGN menggunakan teknik modulasi 16 QAM pada sistem OFDM dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 5. Hasil transmisi citra ke dua  
 (a) Masjid.jpg (b) Kurva Eb/No terhadap BER

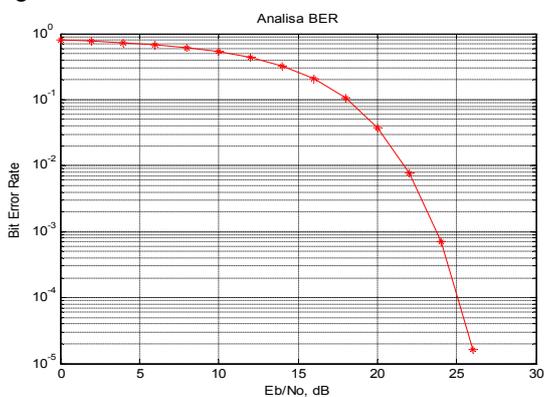
Pada Gambar 5 diatas dapat dilihat hasil transmisi citra yaitu masjid.jpg merupakan hasil transmisi citra melewati kanal AWGN pada sistem OFDM di sisi penerima pada proses citra yang hasil citranya ditunjukkan pada gambar 5 (a). Selanjutnya pada gambar 5 (b) merupakan kurva Eb/No terhadap Bit Error Rate (BER) dapat dilihat untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$  dengan jumlah bit yang ditransmisikan tersebut membutuhkan Eb/No sebesar 15,8 dB.

### C. Hasil kinerja transmisi citra melewati kanal AWGN menggunakan teknik modulasi 64 QAM

Pada paper ini diambil salah satu hasil simulasi transmisi citra berupa masjid. jpg untuk dilakukan analisis kinerja transmisi citra melewati kanal AWGN menggunakan teknik modulasi 64 QAM pada sistem OFDM dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 6. Hasil transmisi citra ke dua  
 (a) Masjid.jpg (b) Kurva Eb/No terhadap BER

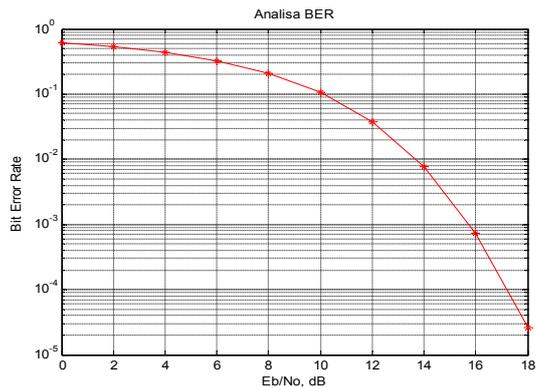
Pada Gambar 6 diatas dapat dilihat hasil transmisi citra yaitu masjid.jpg merupakan hasil transmisi citra melewati kanal AWGN pada sistem OFDM di sisi penerima pada proses citra yang hasil citranya ditunjukkan pada gambar 6 (a). Selanjutnya pada gambar 6 (b) merupakan kurva Eb/No terhadap Bit Error Rate (BER) dapat dilihat untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$  dengan jumlah bit yang ditransmisikan tersebut membutuhkan Eb/No sebesar 23,72 dB.

### D. Hasil kinerja transmisi citra melewati kanal Rayleigh Fading menggunakan teknik modulasi 16 QAM

Pada paper ini diambil salah satu hasil simulasi transmisi citra berupa masjid. jpg untuk dilakukan analisis kinerja transmisi citra melewati kanal *rayleigh fading* menggunakan teknik modulasi 16 QAM pada sistem OFDM dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 7. Hasil transmisi citra ke dua  
 (a) Masjid.jpg (b) Kurva Eb/No terhadap BER

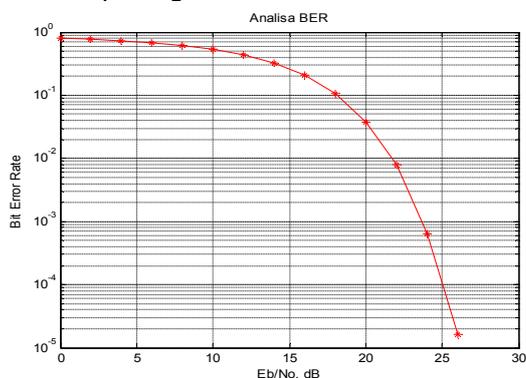
Pada Gambar 7 diatas dapat dilihat hasil transmisi citra yaitu masjid.jpg merupakan hasil transmisi citra melewati kanal *rayleigh fading* pada sistem OFDM di sisi penerima pada proses citra yang hasil citranya ditunjukkan pada gambar 7 (a). Selanjutnya pada gambar 7 (b) merupakan kurva Eb/No terhadap Bit Error Rate (BER) dapat dilihat untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$  dengan jumlah bit yang ditransmisikan tersebut membutuhkan Eb/No sebesar 15,74 dB.

#### E. Hasil kinerja transmisi citra melewati kanal *Rayleigh Fading* menggunakan teknik modulasi 64 QAM

Pada paper ini diambil salah satu hasil simulasi transmisi citra berupa masjid. jpg untuk dilakukan analisis kinerja transmisi citra melewati kanal *rayleigh fading* menggunakan teknik modulasi 64 QAM pada sistem OFDM dapat dilahat pada gambar 8 dibawah ini.



(a)



(b)

Gambar 8. Hasil transmisi citra ke dua  
 (a) Masjid.jpg (b) Kurva Eb/No terhadap BER

Pada Gambar 8 diatas dapat dilihat hasil transmisi citra yaitu masjid.jpg merupakan hasil transmisi citra melewati kanal *rayleigh fading* pada sistem OFDM di sisi penerima pada proses citra yang hasil citranya ditunjukkan pada gambar 8 (a). Selanjutnya pada gambar 8 (b) merupakan kurva Eb/No terhadap Bit Error Rate (BER) dapat dilihat untuk mencapai nilai BER sebesar  $10^{-3}$  dengan jumlah bit yang ditransmisikan tersebut membutuhkan Eb/No sebesar 23,65 dB.

#### F. Analisis Hasil Perbandingan Kinerja Transmisi Citra

Setelah mendapatkan hasil simulasi kinerja transmisi setiap citra yaitu nilai BER dan Eb/No, selanjutnya dibuat tabel hasil perbandingan kinerja transmisi citra kanal AWGN antara teknik modulasi 16 QAM dan 64 QAM yang ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Kinerja transmisi setiap citra yang melewati kanal AWGN

No	Nama Transmisi Citra	Ukuran (pixel)	16 QAM		64 QAM	
			E <sub>b</sub> /N <sub>o</sub> (dB)	BER	E <sub>b</sub> /N <sub>o</sub> (dB)	BER
1.	Fitri.jpg	400 x 300	15,84	10 <sup>-3</sup>	23,73	10 <sup>-3</sup>

2.	Masjid.jpg	256 x 182	15,80	$10^{-3}$	23,72	$10^{-3}$
3.	Kucing.jpg	209 x 241	15,89	$10^{-3}$	23,71	$10^{-3}$
4.	Paprika.jpg	269 x 187	15,71	$10^{-3}$	23,82	$10^{-3}$

Pada tabel 2 diatas dapat dilihat perbandingannya bahwa, pada hasil transmisi masing-masing citra yang berbeda ukuran dalam pixel yang melewati kanal AWGN menggunakan teknik modulasi 16 QAM lebih cepat mendekati nilai standard BER sebesar  $10^{-3}$ , sistem ini memperlihatkan kinerja transmisi lebih baik disebabkan rendahnya nilai Eb/No yang dibutuhkan mampu memberikan persentase *error* yang cukup kecil dari pada menggunakan teknik modulasi 64 QAM.

Pada tabel 3 merupakan hasil hasil perbandingan kinerja transmisi citra kanal *rayleigh fading* antara teknik modulasi 16 QAM dan 64 QAM beikut ini.

Tabel 3. Hasil kinerja transmisi setiap citra yang melewati kanal *Rayleigh Fading*

No	Nama Transmisi Citra	Ukuran (pixel)	16 QAM		64 QAM	
			$E_b/N_0$ (dB)	BER	$E_b/N_0$ (dB)	BER
1.	Fitri.jpg	400 x 300	15,83	$10^{-3}$	24	$10^{-3}$
2.	Masjid.jpg	256 x 182	15,74	$10^{-3}$	23,65	$10^{-3}$
3.	Kucing.jpg	209 x 241	15,81	$10^{-3}$	23,81	$10^{-3}$
4.	Paprika.jpg	269 x 187	15,86	$10^{-3}$	23,73	$10^{-3}$

Pada tabel 3 diatas dapat dilihat perbandingannya bahwa, pada hasil transmisi masing-masing citra yang berbeda ukuran dalam pixel yang melewati kanal *rayleigh fading* menggunakan teknik modulasi 16 QAM lebih cepat mendekati nilai standard BER sebesar  $10^{-3}$ , sistem ini memperlihatkan kinerja transmisi lebih baik disebabkan rendahnya nilai Eb/No yang dibutuhkan mampu memberikan persentase *error* yang cukup kecil dari pada menggunakan teknik modulasi 64 QAM.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan yaitu :

1. Hasil perbandingan transmisi masing-masing citra yang berbeda ukuran dalam pixel yang melalui kanal AWGN maupun kanal *Rayleigh fading* menggunakan teknik modulasi 16 QAM lebih cepat mendekati nilai standard BER sebesar  $10^{-3}$  daripada teknik modulasi 64 QAM.
2. Sistem kinerja transmisi citra pada teknik modulasi 16 QAM ini menunjukkan kinerja transmisi lebih baik disebabkan rendahnya nilai Eb/No yang dibutuhkan dengan selisih nilai rata-rata sekitar 8 dB mampu memberikan persentase *error* yang cukup kecil dari pada menggunakan teknik modulasi 64 QAM.

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan pemodelan transmisi citra pada sistem OFDM dengan menggunakan kanal yang berbeda. Pemodelan transmisi citra dapat menggunakan sistem transmisi SC-FDMA atau sistem transmisi lainnya dan sumber masukan (*input*) lainnya seperti suara atau video.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wang, X. OFDM and Its Application to 4G. *14th IEEE International conference on Wireless and Optical communications*. New York, USA. 2005.
- [2] Johan. Perbandingan *Bit Rate* Antar OFDM-TDMA Dengan OFDMA Pada Teknologi WIMAX. Universitas Sumatera Utara. 2008.
- [3] Kusuma Abdillah. *Analisa Kinerja OFDM Berbasis Perangkat Lunak*. Institut Teknologi Sepuluh November. 2010.
- [4] Myung, Hyung G and David J. Goodman. *Single-Carrier FDMA : A New Air Inteface For Long Term Evolution. 1<sup>st</sup> Edition*. Wiley Series On Wireless Communication And Mobile Computing. 2008.
- [5] Zainul Abidin, Muhammad Tahir, Sundas Rauf. *Evaluating the performance of OFDM transceiver for image transfer using 16PSK and 16QAM modulation schemes, International Journal of Scientific Engineering and Technology* (ISSN : 2277-1581) Volume No.3, Issue No.3, pp : 222-226. 2014.
- [6] Rinaldi Munir. *Pengolahan Citra Digital* dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung : *Informatika*. 2004.
- [7] Hari Antoni Musril. Studi Komparasi Metode *Arithmetic Coding* Dan *Huffman Coding* Dalam Algoritma *Entropy* Untuk Kompresi Citra Digital. *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*, ISSN : 2086 – 4981 Vol. 5 No. 2 September. 2012.
- [8] Siburian, Sandi. Evaluasi Kinerja MIMO-OFDM dengan Modulasi Adaptif pada Long Term Evolution dalam Arah Downlink. Universitas Sumatera Utara. 2011.