

Analisa Perbandingan BER dan PAPR dalam Transmisi Citra pada Sistem 4G LTE

Deschie Tri Aksara

Deschie96@gmail.com
Universitas Jember

Alfredo Bayu Satriya

alfredobayu.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Dodi Setiabudi

dodi@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Teknologi telekomunikasi saat ini menuntut penggunaan *data rate* yang tinggi dalam proses pengiriman data. OFDM merupakan teknologi *multiplexing* yang didasarkan pada penyebaran data yang dimodulasikan pada kecepatan data rendah. OFDM memiliki keunggulan tahan terhadap *multipath delay spread*, *frequency selective fading*, serta modulasi dan demodulasi yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik BER dan PAPR terhadap SNR dan mengetahui perbandingan kinerja teknik modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Penelitian dijalankan dengan melakukan simulasi pengiriman citra melalui kanal *Rayleigh Fading* menggunakan modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Parameter SNR yang diteliti sebesar 0-16 dB. Hasil simulasi menunjukkan bahwa OFDM memiliki ketahanan *noise* yang lebih tinggi saat menggunakan modulasi 16-QAM dengan BER = 0 dB saat SNR 10 dB dan rata-rata nilai PAPR yang semakin meningkat dari SNR 0 dB hingga 16 dB.

Kata Kunci — Transmisi Citra, OFDM, Rayleigh Fading, BER, dan PAPR

Abstract

Today's telecommunications technology requires a higher use of data rate in the process of data transmission. OFDM is a multiplexing technology based on data spreading which is modulated at low data rates. OFDM has advantages of being resistant to multipath delay spread, frequency selective fading, and efficient modulation and demodulation. This research aims to determine the characteristics of BER and PAPR to SNR and determine the performance comparison of QPSK, 16-QAM and 64-QAM modulation techniques. The research was conducted by simulating image transmission through Rayleigh Fading channels using QPSK, 16-QAM, and 64-QAM modulation. SNR parameters studied were 0-16 dB. The simulation results show that OFDM has a higher noise resistance when using 16-QAM with BER = 0 dB at SNR = 10 dB and an average PAPR value increasing from SNR 0 dB to 16 dB.

Keywords — Image Transmission, OFDM, Rayleigh Fading, BER, and PAPR

I. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi berbasis wireless saat inikan lama semakin berkembang baik dalam hal kecepatan maupun kualitas data yang tinggi. Perkembangan teknologi tersebut

merupakan hal yang dibutuhkan dalam sistem komunikasi digital di mana mempunyai efisiensi yang tinggi dengan bandwidth yang terbatas, namun mampu memberikan performansi yang baik. Teknologi 4G Long Term Evolution (LTE) menawarkan kecepatan akses data yang tinggi dalam sistem komunikasi baik berupa pengiriman gambar, video, dan layanan internet [1].

OFDM merupakan sistem yang sesuai untuk diterapkan pada transmisi berbasis wireless berkecepatan tinggi karena ketahanannya melawan multipath propagation dan penggunaan bandwidth yang efisien. OFDM ini dapat mengurangi *Inter-Symbol Interference* (ISI) dan *noise* dalam kanal komunikasi. Meski demikian, sistem OFDM memiliki permasalahan, yaitu sensitif terhadap *frequency offset* dan besarnya nilai *Peak to Average Power Ratio* (PAPR). Besarnya nilai PAPR menyebabkan daya pada amplifier tidak efisien sehingga perlu dikurangi dengan tujuan menghemat daya (*power saving*). Adanya distorsi dalam penransmisian sinyal melalui kanal membuat OFDM menghasilkan nilai PAPR yang besar. Mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu teknik yang dapat menurunkan level interferensi dan *noise* pada sisi *uplink*. Sementara itu, OFDM hanya dapat bekerja pada transmisi *downlink* [2].

Transmisi citra dalam kecepatan yang tinggi menjadi ketentuan utama yang diharapkan dalam sistem komunikasi 4G LTE. Umumnya, transmisi citra menggunakan transformasi FFT di mana masih memiliki kekurangan seperti banyaknya jumlah carrier, meningkatnya estimasi *delay*, tingginya nilai ISI dan ICI. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, transmisi citra dalam sistem komunikasi pada penelitian ini menggunakan teknik transformasi DCT dalam sistem OFDM. Teknik ini dapat membuat sistem untuk mereduksi nilai PAPR.

Pada [1], dianalisis kinerja transmisi citra yang ditransmisikan melalui 2 kanal komunikasi yang berbeda, yaitu kanal AWGN dan kanal *Rayleigh fading* dengan skema modulasi 16-QAM dan 64-QAM pada OFDM. Hasil penelitian menunjukkan 16-QAM lebih cepat mendekati nilai BER = 10^{-3} dan menghasilkan nilai Eb/No yang kecil dengan selisih rata-rata ± 8 dB.

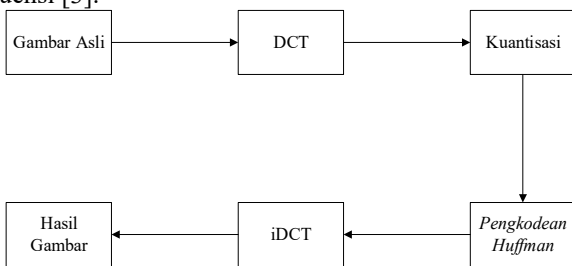
Berdasarkan [1], pemodelan transmisi citra yang dirancang menggunakan sumber masukan berupa gambar dengan hanya mengevaluasi variabel BER saja. Untuk menguji kinerja transmisinya, penulis melakukan penelitian lebih lanjut

dengan membandingkan kinerja dari OFDM dengan menggunakan skema modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM pada kanal *Rayleigh fading*. Sumber masukan berupa citra warna yang telah dilakukan pengkompresian citra. Tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan kinerja transmisi citra pada OFDM menggunakan skema QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM dengan melihat hasil BER dan PAPR terhadap SNR.

II. METODE PENELITIAN

A. Kompresi Citra

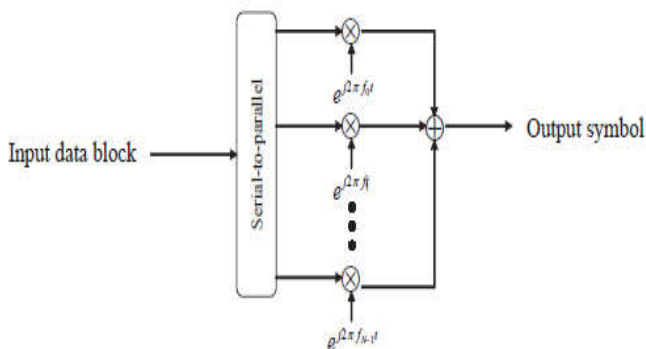
Kompresi citra terbagi menjadi dua teknik, yaitu *lossy* dan *loseless*. Teknik kompresi citra *loseless* bekerja dengan membuat kapasitas *file* dari citra sekecil mungkin yaitu dengan mengoptimalkan teknik pengkodean data redundan yang terdapat pada citra asli. Dalam hal tersebut, kompresi *loseless* terjadi tanpa ada perubahan data. Salah satu metode yang menerapkan teknik kompresi *loseless* yaitu metode *Huffman*. Teknik kompresi citra *lossy* bekerja dengan mengurangi jumlah bit pada informasi detail citra seperti *luminance* dan *chrominance* (warna). Salah satu metode yang menerapkan teknik kompresi *lossy* yaitu DCT dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) di mana bekerja dalam domain frekuensi [3].



Gbr. 1 Diagram Blok Kompresi Citra

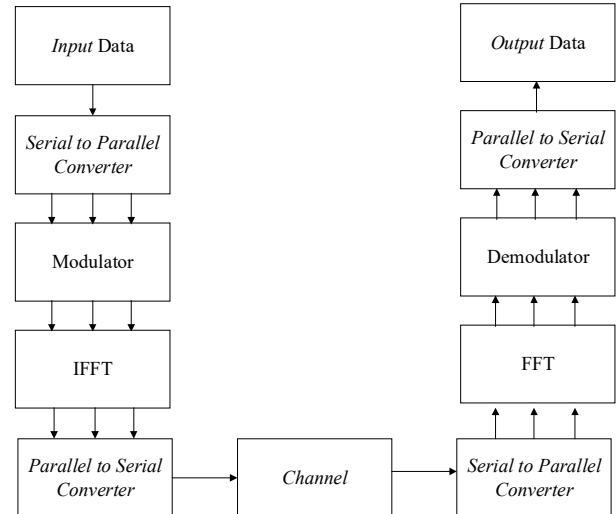
B. Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDM)

OFDM merupakan sistem *multi-carrier* seperti pada Gambar 2 di mana periode simbol dan spektrum sinyal mempunyai bentuk $\text{sinc}(x)/x$. Tiap kanal FDM dipisahkan dari kanal lainnya oleh *frequency guard band* untuk mengurangi interferensi antar kanal yang berdekatan.



Gbr. 2 Sistem Modulasi Multi-Carrier

Gambar 2 mengilustrasikan konsep dari sinyal OFDM dan hubungan antara domain frekuensi dan waktu. Pada domain frekuensi, beberapa sinyal yang berdekatan (*subcarrier*) secara independen dimodulasikan dengan data kompleks. Invers transformasi FFT (IFFT) digunakan pada *subcarrier* domain frekuensi untuk menghasilkan simbol OFDM dalam domain waktu. Sementara pada domain frekuensi, *guard interval* disisipkan di antara tiap simbol untuk mencegah timbulnya *inter-symbol interference* (ISI) pada *receiver* yang disebabkan oleh *delay* yang tersebar di kanal radio. Beberapa simbol dapat digabungkan untuk membentuk *burst signal* OFDM. Pada *receiver*, transformasi FFT digunakan pada simbol OFDM untuk membentuk kembali bit data asli [4].



Gbr. 3 Diagram Blok Sistem OFDM

C. Modulasi

Modulasi merupakan proses mevariasikan satu atau lebih sifat/ karakteristik (amplitudo, fasa, dan frekuensi) dari gelombang periodik yang disebut sinyal pembawa, dengan sinyal modulasi yang khususnya mengandung informasi untuk ditransmisikan. *The 3rd Generation Partnership Project* (3GPP) telah menetapkan standar modulasi yang dapat digunakan dalam LTE dalam arah *uplink* maupun *downlink* yaitu modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), *16-level Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM), dan *64-level Quadrature Amplitude Modulation* (64-QAM). Pada saat daya transmisi penuh, modulasi QPSK memungkinkan efisiensi daya *transmitter* lebih baik daripada QAM. Pada sistem 4G, masing-masing *subcarrier* dapat menggunakan skema modulasi sesuai dengan kualitas kanal atau biasa disebut dengan modulasi adaptif [5].

D. Kanal Rayleigh Fading

Rayleigh fading terjadi apabila sinyal yang tiba pada penerima berasal dari pantulan. Fungsi densitas probabilitas (*probability density function*, pdf) dari kanal *Rayleigh fading* dirumuskan dalam persamaan (1) berikut.

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), 0 \leq r \tag{1}$$

dengan r merupakan amplitudo selubung sinyal yang diterima, σ merupakan rms tegangan sinyal keluaran sebelum deteksi selubung, dan σ^2 merupakan daya rata-rata sinyal keluaran sebelum deteksi selubung. Besarnya σ^2 yaitu sebagai berikut.

$$\sigma^2 = \frac{2\sigma_r^2}{4-\pi} \tag{2}$$

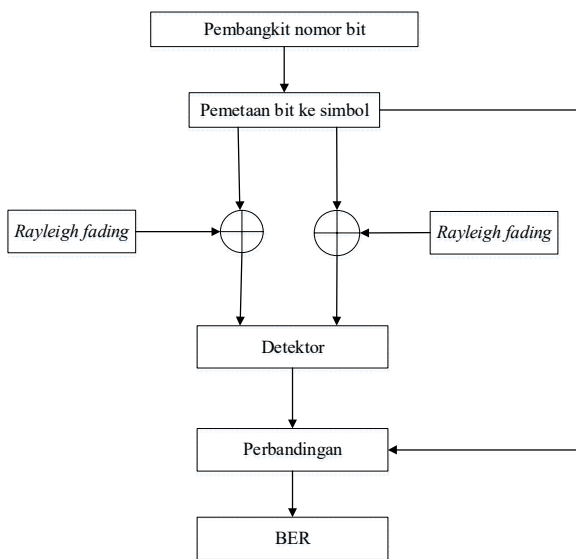
dengan σ_r^2 merupakan variasi sinyal yang diterima.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem OFDM dengan menghitung nilai BER dan PAPR. Penelitian ini menggunakan MATLAB R2019a. Berikut ini merupakan variabel pengujian data yang digunakan:

1. Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate merupakan parameter untuk mengevaluasi transmisi data dari suatu sistem dengan melihat jumlah bit yang salah pada penerima dengan membandingkan bit yang dikirim. BER dihitung dengan membandingkan deretan bit yang ditransmisikan terhadap bit yang diterima dan menghitung banyaknya *error* [6].

Sementara itu, perhitungan BER secara diagram alir dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gbr. 4 Diagram Perhitungan BER

Adapun nilai *bit error rate* dapat menggunakan persamaan (3) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$BER = \frac{\text{jumlah bit error}}{\text{jumlah total bit dikirim}} \tag{3}$$

2. Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR, S/N) membandingkan level daya sinyal terhadap level daya *noise* dengan satuan *decibels* (dB). Nilai SNR yang besar mengindikasikan bahwa kualitas sinyal yang ditransmisikan baik yang artinya lebih banyak informasi (sinyal) yang berguna daripada data yang tak diinginkan (*noise*).

3. Peak to Average Power Ratio (PAPR)

Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) merupakan suatu parameter untuk mengevaluasi efisiensi dari suatu *transmitter*. Secara definisi, PAPR merupakan rasio perbandingan antara daya puncak sintal pada waktu t dan daya rata-rata pada waktu t , yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$PAPR = \frac{\text{daya puncak } x(t)}{\text{daya rata-rata } x(t)}$$

$$PAPR = \frac{|x(t)|^2}{\frac{1}{NT} \int_0^{NT} |x(t)|^2 dt} \tag{4}$$

dengan $x(t)$ merupakan sinyal domain waktu yang telah ditransmisikan, w_c merupakan frekuensi *carrier*, N merupakan jumlah simbol, T merupakan durasi simbol, $p(t)$ merupakan pulsa *baseband*, dan nT merupakan durasi sinyal. Sementara $x(t)$ yaitu sebagai berikut.

$$x(t) = e^{jw_c t} \sum_{n=0}^{N-1} x_n p(t - nT) a_n \tag{5}$$

Nilai PAPR yang positif dalam dB berarti kita membutuhkan *backoff* daya dalam daerah linier dari *power amplifier*. *Backoff* daya berarti reduksi dari daya *output* ketika menurunkan daya *input* [5].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Masukan Citra

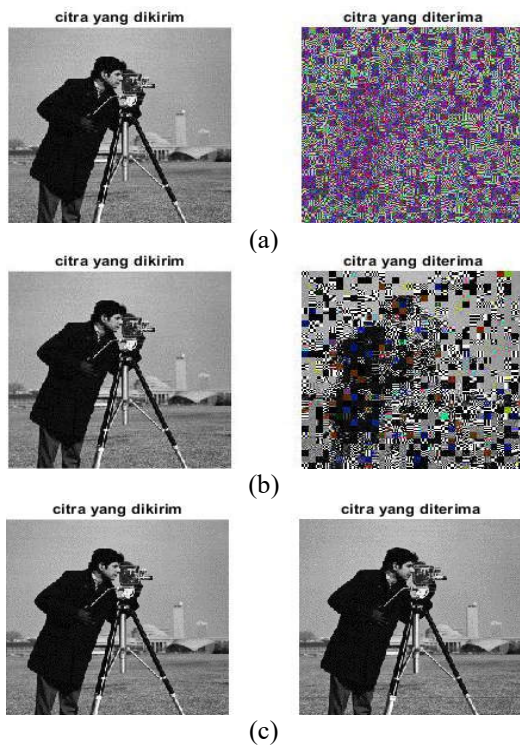
Penelitian ini menggunakan masukan berupa citra *grayscale* dan warna RGB dengan format JPEG (jpg) dan dimensi citra yang berbeda yang tertera pada Tabel 1.

Pada pengujian pertama, program transmisi citra pada sistem OFDM dijalankan dengan menggunakan teknik QPSK terlebih dahulu, kemudian dengan 16-QAM dan 64-QAM.

TABEL I
CITRA SEBAGAI DATA MASUKKAN

Data ke-	Nama Citra Asli	Jenis Warna	Dimensi Citra (pixel)
1	cameraman.jpg	Grayscale	256 x 256
2	pool.jpg	RGB	510 x 383
3	lena.jpg	RGB	512 x 512

B. Hasil Pengujian Kinerja pada OFDM



Gbr. 5 Output Transmisi Citra pada OFDM saat (a) SNR = 0 dB, (b) SNR = 8, dan (c) SNR = 16 dB.

Gambar 5 menunjukkan citra yang dikirim dan citra yang diterima ketika SNR = 0-16 dB. Dengan meningkatnya nilai SNR, tingkat *noise* selama proses transmisi semakin mengecil. Ketika SNR = 0 dB, citra yang diterima terlihat sangat buram, kemudian citra yang diterima terlihat membaik ketika SNR = 8 dB hingga SNR = 16 dB. Berkurangnya *noise* menjelaskan bahwa nilai *error bit* yang didapat juga berkurang. Penurunan nilai *error bit* mengakibatkan nilai *Bit Error Rate* (BER) yang didapat menjadi kecil

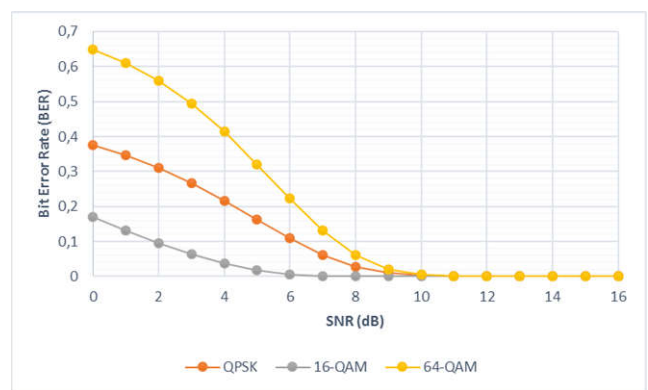
C. Analisa Perbandingan Kinerja pada Modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM.

Berdasarkan Tabel 2, hasil BER saat SNR sebesar 0 dB dengan modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM berturut-turut sebesar 0,37629, 0,17077, dan 0,64975. Nilai BER terendah yaitu 16-QAM di mana ketika SNR = 11 dB, nilai BER sudah mencapai 0 dan nilai BER tertinggi yaitu 64-QAM. Semakin kecil orde modulasi, semakin baik kinerja jaringan dari sistem. Artinya, 16-QAM yang memiliki orde modulasi lebih kecil daripada 64-QAM memiliki kinerja jaringan yang baik di mana *error bit* yang didapat semakin kecil.

TABEL II
NILAI BER DENGAN LENA.JPG

SNR	Bit Error Rate		
	QPSK	16-QAM	64-QAM
0	0,37629	0,17077	0,64975
1	0,34682	0,13248	0,60936

2	0,30971	0,09630	0,55853
3	0,26636	0,06408	0,49303
4	0,21631	0,03675	0,41398
5	0,16306	0,01693	0,32119
6	0,10928	0,00578	0,22235
7	0,06228	0,00134	0,13095
8	0,02834	0,00020	0,06082
9	0,00962	0,00001	0,02127
10	0,00228	0	0,00507
11	0,00033	0	0,00070
12	0,00002	0	0,00004
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0



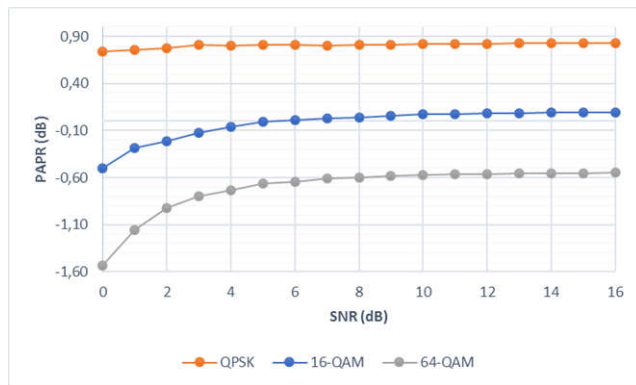
Gbr. 6 Grafik BER terhadap SNR dari QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM pada sistem OFDM dengan lena.jpg

Sementara itu, nilai PAPR yang didapatkan saat SNR = 0 dB dengan QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM masing-masing yaitu 0,74040 dB, -0,44460 dB, dan -1,57150 dB. Dapat diketahui bahwa nilai PAPR tertinggi pada OFDM saat menggunakan QPSK dan terendah saat menggunakan modulasi 64-QAM.

TABEL III
NILAI PAPR DENGAN LENA.JPG

SNR	Peak to Average Power Ratio (dB)		
	QPSK	16-QAM	64-QAM
0	0,74040	-0,44460	-1,57150
1	0,75984	-0,27307	-1,12580
2	0,77497	-0,20490	-0,87887
3	0,80586	-0,12641	-0,79675
4	0,80353	-0,07356	-0,72395
5	0,81321	-0,02261	-0,66822
6	0,80671	0,01242	-0,65541
7	0,79908	0,01468	-0,60673
8	0,81171	0,04667	-0,59225
9	0,81895	0,05839	-0,58972
10	0,81905	0,06427	-0,56813

11	0,81676	0,07713	-0,56103
12	0,82450	0,08283	-0,55936
13	0,82798	0,08368	-0,55503
14	0,82763	0,08995	-0,55081
15	0,83037	0,09250	-0,55110
16	0,83063	0,09463	-0,54757
Rata-rata	0,80587	-0,02840	-0,71480



Gbr. 7 Grafik PAPR terhadap SNR dari QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM pada sistem OFDM dengan *lena.jpg*

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dibahas, terdapat beberapa kesimpulan yaitu semakin besar orde modulasi, nilai BER yang didapatkan semakin besar sehingga rentan terhadap *noise*. Pada simulasi ini, OFDM memiliki ketahanan *noise* yang tinggi saat menggunakan 16-QAM di mana

menghasilkan nilai BER terbaik sebesar 0 ketika nilai SNR = 10 dB, dilanjutkan dengan QPSK dan 64-QAM yang menghasilkan nilai BER terbaik sebesar 0 ketika nilai SNR = 13 dB. Sementara itu, nilai PAPR terbaik terdapat pada 64-QAM dengan nilai PAPR rata-rata terendah yaitu -0,71480 dB.

Penelitian selanjutnya sebaiknya membandingkan sistem dengan OFDM konvensional sehingga pengaruh kompresi JPG dengan metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Huffman Encoding* serta pengaruh *subcarrier mapping* dapat diketahui. Selain itu, pengujian PAPR pada sistem OFDM dapat dilakukan dengan menggunakan teknik reduksi PAPR, seperti *tone reservation* (TR), *selective mapping* (SM), *clipping and filtering*, *partial transmit sequence* (PTS), atau teknik reduksi PAPR lainnya.

REFERENSI

- [1] Amilia, F. dan Mulyono, M., "Analisis Kinerja Transmisi Citra Menggunakan Teknik Modulasi QAM pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing," *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*, 2017, pp. 368-374.
- [2] Juwono, F. H., R. S. Putra dan D. Gunawan, "A Study on Peak-To-Average Power Ratio in DWT-OFDM Systems," *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, vol. 12, pp. 3955 – 3961.
- [3] Margiutomo, S.A.S, "Algoritma Huffman Coding untuk Optimalisasi untuk Meningkatkan Rasio Kompresi Citra," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2012, vol. 3, pp. 93-202.
- [4] Myung, H. G. dan D. J. Goodman, *Single Carrier FDMA: a new air interface for long term evolution*. USA: Wiley Series on Wireless Communication and Mobile Computing, 2008.
- [5] Sari, I. V, Analisis Peak to Average Power Ratio (PAPR) Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) pada Long Term Evolution (LTE), Malang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 2013.
- [6] Isnawati, A. F., W. Pamungkas dan A. Fitri, *Simulasi Modulasi Berbasis PSK dan QAM pada Kanal Rayleigh Fading Menggunakan Matlab*. Purwokerto: STT Telematika Telkom, 2016.

