

Analisa Kinerja Sistem *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access* untuk Transmisi Citra

Gilang Ramadhan

yugiyugioh2@gmail.com
Universitas Jember

Alfredo Bayu Satriya

alfredobayu.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Dodi Setiabudi

dodi@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) menggunakan 2 sistem pada sisi yang berbeda, yaitu pada sisi *downlink* dengan OFDMA dan SC-FDMA pada sisi *uplink*. SC-FDMA memiliki kelebihan pada sisi efisiensi daya dibandingkan dengan OFDMA. Berdasarkan 3GPP Release 8, modulasi LTE meliputi QPSK, 16-QAM dan 64QAM. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik BER dan PAPR terhadap SNR, menganalisis perbandingan BER dan PAPR terhadap SNR pada sistem SC-FDMA, dan mengetahui perbandingan kinerja teknik modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Hasil kinerja sistem melewati kanal yang berdistribusi *Rayleigh*. 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 SC-FDMA memiliki ketahanan *noise* yang lebih tinggi saat menggunakan modulasi QPSK dengan BER = 0 dB saat SNR = 13 dB dan PAPR yang stabil di angka 0,9 dB.

Kata Kunci — LTE, PAPR, SC-FDMA, BER

Abstract

Long Term Evolution (LTE) technology uses 2 systems on different sides, namely on the downlink side with OFDMA and SC-FDMA on the uplink side. SC-FDMA has advantages in terms of efficiency compared to OFDMA. Based on 3GPP Release 8, LTE modulation is based on QPSK, 16-QAM and 64QAM. This study aims to study the characteristics of BER and PAPR on SNR, analyze BER and PAPR on SNR on SC-FDMA systems, and study supporting the improvement of QPSK, 16-QAM and 64-QAM modulation techniques. The results of the current system are distributed *Rayleigh*. The study was conducted by simulating image transmission through *Rayleigh Fading* channels using QPSK, 16-QAM, and 64-QAM modulation. The SNR parameter issued is 0-16 dB. The simulation results show that SC-FDMA has a higher noise increase when using QPSK modulation with BER = 0 dB when SNR = 13 dB and stable PAPR at 0.9 dB

Keywords — LTE, PAPR, SC-FDMA, BER

dalam perkembangan teknologi hingga saat ini adalah kebutuhan dalam kecepatan data. Permasalahan tersebut selalu menuntut tingkat efisiensi yang tinggi serta penyederhanaan arsitektur dan interface yang terbuka. Dengan permasalahan tersebut, LTE adalah salah satu solusi yang dapat menyelesaikannya dengan standar 3GPP release 8. Teknologi ini sudah mendukung dan memperbaiki beberapa fitur yang belum ada pada teknologi terdahulunya yaitu *mobile phone* generasi 3 (3G). Pada sisi transmisi, teknologi LTE menggunakan 2 teknologi berbeda yaitu OFDMA dan SC-FDMA. Teknologi OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) digunakan pada sisi *downlink* dan SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *uplink*.

Perbedaan dari kedua sistem komunikasi ini adalah pada sistem komunikasi SC-FDMA ditambahkan operasi *Fast Fourier Transform* (FFT) di *transmitter*nya dan *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) di *receiver*nya. Kelebihan dari sistem komunikasi SC-FDMA pada sisi nilai *Power Average Power Ratio* (PAPR) yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem komunikasi OFDM sehingga dapat menghemat daya dari *User Equipment* [1]. Standart modulasi yang digunakan pada teknologi LTE telah ditetapkan oleh 3GPP yaitu modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM.

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*. Kekurangan pada sistem OFDM ini dapat diselesaikan dengan menggunakan menggunakan SC-FDMA di sisi *uplink* karena efisiensi dayanya yang lebih baik. Oleh karena itu, artikel ini akan membahas perbandingan kinerja sistem SC-FDMA yang akan dibandingkan pada sisi perubahan modulasi ditinjau dari nilai *Bit Error Rate* (BER) dan *Peak to Average Power Ratio* (PAPR).

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini bertambah pesat khususnya sistem wireless. Permasalahan utama

II. METODE PENELITIAN

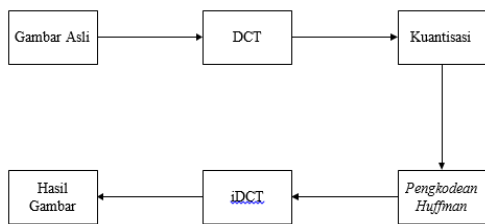
Berdasarkan latar belakang, pemodelan transmisi citra yang dirancang menggunakan sumber masukan berupa

gambar dan masih menggunakan sistem OFDM. Sementara pada, modulasi QPSK menghasilkan nilai BER dan PAPR paling baik daripada modulasi QAM yang tidak diteliti pada. Untuk menguji kinerja transmisinya, penulis melakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan kinerja dari OFDM dan SC-FDMA pada kanal *Rayleigh fading* menggunakan QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Sumber masukan berupa citra warna yang telah dilakukan pengkompresian citra. Tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan kinerja transmisi citra pada OFDM dan SC-FDMA dengan melihat hasil BER dan PAPR terhadap SNR.

A. Kompresi Citra

Citra merupakan sekumpulan titik, garis, warna serta bidang yang tersusun secara teratur membentuk suatu objek 2 dimensi maupun 3 dimensi. Bentuk objek 2 dimensi biasanya berupa foto, lukisan maupun 3 dimensi yang berupa patung. Seiring berkembangnya jaman, citra tidak hanya berbentuk lukisan, tetapi juga berbentuk foto atau gambar yang diambil bersararkan pencahayaan yang cukup, serta berisi informasi penting. Citra juga berisi simbol atau gambar sebagai informasi yang digunakan untuk bertukar data atau komunikasi satu sama lain. Citra yang berkualitas biasanya memiliki ukuran yang besar.

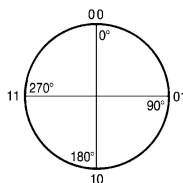
Kompresi citra (Gambar 1) bertujuan untuk mengurangi redundansi pada citra sehingga ukuran citra yang akan ditransmisikan lebih kecil dan lebih efisien tanpa mengubah informasi yang ada dalam citra. Terdapat 2 teknik kompresi citra yaitu *loseless compression* dan *lossy compression*.



Gbr. 1 Diagram Kompresi Citra

B. Metode QPSK

Teknik modulasi QPSK digunakan pada transmisi digital dengan mengirimkan 1 dari 4 gelombang sinyal yang mungkin selama interval waktu tertentu dimana setiap sinyal unik sama dengan (pasangan bit) 00, 01, 11, 10. Pada QPSK sinyal yang ditumpangkan pada sinyal pembawa, memiliki 4 kemungkinan dari setiap pasangan bitnya.

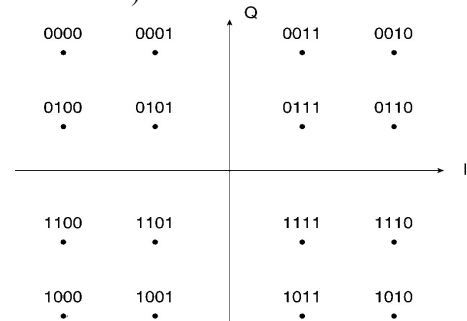


Gbr. 2 Diagram Konstelasi QPSK

Untuk diagram konstelasi pada Gambar 2, pada setiap titiknnya dengan perbedaan sudut fasanya sebesar 90°.

C. Metode QAM

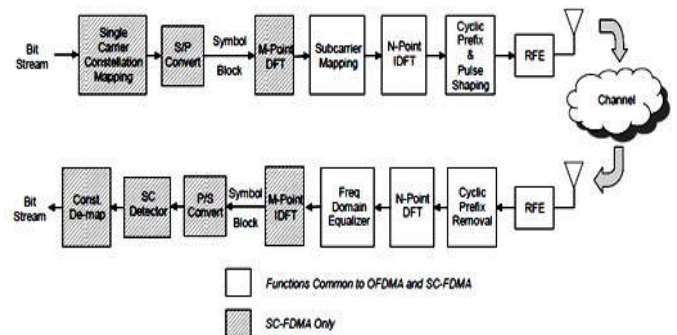
Modulasi 16-QAM (Gambar 3) merupakan modulasi QAM yang menggunakan inputan 4 bit dengan 16 kondisi logika. 16-QAM adalah teknik *encoding* M-er dengan nilai M sebesar 16 dimana ada 16 keluaran yang memiliki amplitudo dan fasa yang berbeda. Data masukan di bagi menjadi 4 bit ($2^4 = 16$) /yang disebut QUADBIT. Sedangkan pada 64-QAM merupakan teknik pengkodean QAM dengan M=64 sehingga untuk masukan digital kemodulator adalah sinyal dengan jumlah bit sebanyak 6. Teknik Modulasi 16-QAM adalah modulasi QAM dimana pada satu simbolnya memuat 4 bit data yang ditransmisikan. *Symbol* dapat menyatakan 16 nilai yang berbeda (0000, 0001, 0010,.....1111). Sedangkan Modulasi 64-QAM setiap simbol dapat menyatakan dalam 64 nilai (000000, 000001, 000010,.....111111).



Gbr. 3 Diagram Modulasi 16-QAM

D. Single Carrier-Frequency Division Multiple Access

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) dan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) adalah pengembangan skema dari OFDM dan SC/FDE. Teknik akses jamak SC-FDMA mengirimkan beberapa sinyal secara bersamaan. Semua teknik pembagian frekuensi ortogonal menggunakan *subcarrier* ortogonal diskrit yang didistribusikan di seluruh *bandwidth*. *Long Term Evolution* menggunakan sistem komunikasi SC-FDMA pada sisi *uplink* yakni dari *User Equipment* (UE) ke *Evolvod Node B* (eNodB).



Gbr. 4 Sistem Tranmisi SC-FDMA

SC-FDMA memiliki struktur dan performa yang hampir sama dengan OFDM, hanya pada teknik ini terdapat penambahan teknik DFT (*Discrete Fourier Transform*) pada sisi *transmitter*. Berbeda dengan OFDM, pada SCFDMA ini setiap simbol data disebar di beberapa *subcarrier*, sehingga bisa disebut *DFT-spread OFDM*. Proses transmisi pada SC-FDMA dapat dilihat pada Gambar 4.

E. Kanal Propagasi

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).

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

F. Variabel Output

Pada penelitian ini variabel yang diteliti meliputi SNR sebagai variabel independen, dan 2 variabel lain yaitu BER dan PAPR sebagai variabel dependen.

1. Bit Error Rate (BER)

Nilai BER merupakan sejumlah bit digital yang diterima pada suatu aliran jalur komunikasi yang berubah karena adanya gangguan *noise*. BER diukur dengan membandingkan sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima, dan menghitung jumlah kesalahan dibagi jumlah total bit yang ditransmisikan. Nilai BER dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$BER = n/N \tag{2}$$

Dimana :

n=jumlah bit yang salah.

N=jumlah bit yang dikirimkan.

Standar nilai *Bit Error Rate* yang terdapat pada sistem komunikasi SCFDMA adalah 10^{-3} [2].

2. Peak to Average Power Ratio (PAPR)

Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) merupakan suatu performa yang mengindikasikan efisiensi dari suatu transmitter. Secara definisi, PAPR merupakan rasio perbandingan puncak daya sinyal pada waktu *t* dengan daya rata-rata keseluruhan, yang dapat menggunakan persamaan 3.

$$PAPR = \frac{\text{daya puncak } x(t)}{\text{daya rata-rata } x(t)} \tag{3}$$

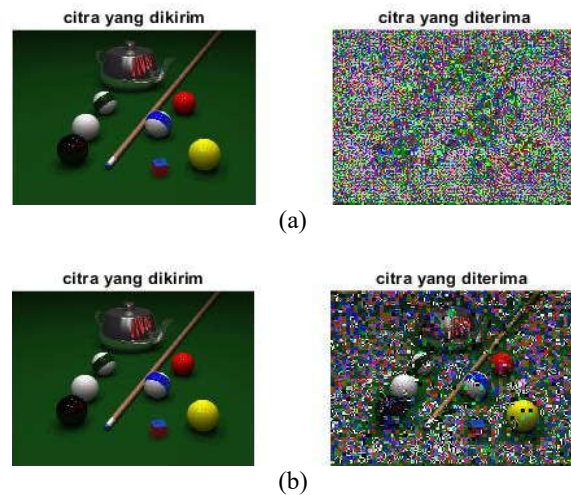
Nilai PAPR yang positif dalam dB berarti kita membutuhkan *backoff* daya dalam daerah linier dari *power amplifier*. *Backoff* daya berarti reduksi dari daya *output* ketika menurunkan daya *input* [3].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan variabel pengujian dengan 3 citra yang berbeda, yaitu dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

TABEL I
SPESIFIKASI CITRA

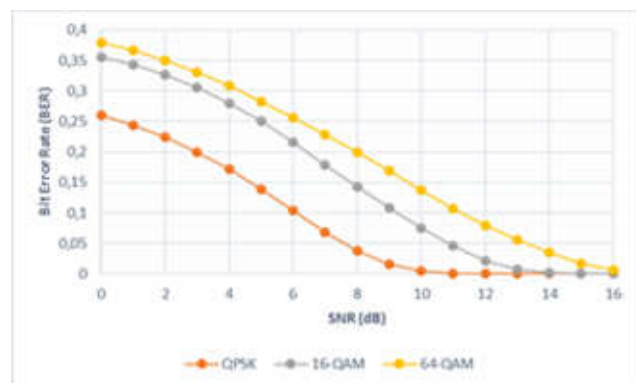
Data ke-	Nama Citra Asli	Jenis Warna	Dimensi Citra (pixel)
1	<i>cameraman.jpg</i>	Grayscale	256 x 256
2	<i>pool.jpg</i>	RGB	510 x 383
3	<i>lena.jpg</i>	RGB	512 x 512



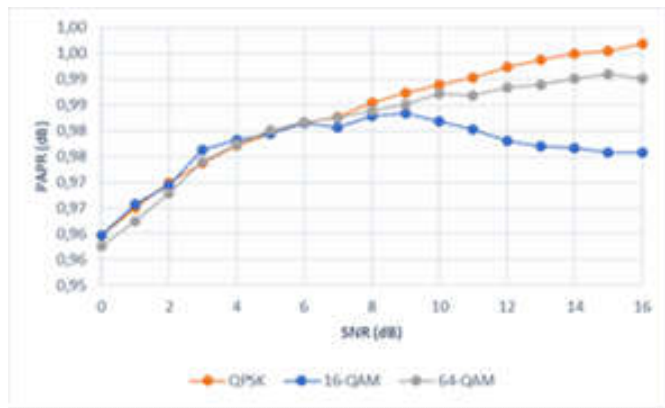
Gbr. 5 Output Citra *pool.jpg* menggunakan Modulasi 16-QAM pada saat (a) SNR=0 dB (b) SNR=13 dB

Gambar 5 merupakan hasil citra *pool.jpg* yang dikirim dan diterima saat SNR sebesar 0 dan 13. Pada saat SNR semakin besar maka gambar yang diterima memiliki kualitas yang semakin baik terbukti dengan peningkatan nilai BER.

Pada SC-FDMA, QPSK memiliki nilai BER terendah dibandingkan dengan 16-QAM dan 64-QAM, dan 16-QAM memiliki nilai bit *error* yang lebih rendah dari 64-QAM. Sementara dengan 16-QAM dan 64-QAM, SNR = 16 dB belum cukup untuk menghasilkan nilai BER = 0. Sementara itu, QPSK membutuhkan SNR = 13 dB untuk menghasilkan nilai BER = 0.



Gbr. 6 Grafik BER terhadap SNR dengan Variasi Modulasi pada Sistem SC-FDMA Menggunakan *lena.jpg*



Gbr. 7 Grafik PAPR terhadap SNR dengan Variasi Modulasi pada Sistem SC-FDMA menggunakan lena.jpg

Sementara itu, nilai PAPR yang didapatkan saat SNR = 0 dB dengan QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM masing-masing yaitu 0,95770 dB, 0,95409 dB, dan 0,95629. Jika dilihat melalui grafik, nilai PAPR dari tertinggi menuju terendah dengan QPSK cenderung menghasilkan nilai yang paling tinggi, dilanjutkan 64-QAM dan 16-QAM. Perbandingan nilai antara ketiga modulasi juga tidak terlalu jauh sehingga nilai PAPR pada sistem SC-FDMA.

TABEL II
NILAI BER PADA SISTEM SCFDMA MENGGUNAKAN CITRA LENA.JPG

SNR	Bit Error Rate (BER)		
	QPSK	16-QAM	64-QAM
0	0,26008	0,35573	0,37986
1	0,24412	0,34225	0,36634
2	0,22405	0,32557	0,34973
3	0,20004	0,30547	0,33062
4	0,17142	0,28027	0,30775
5	0,13929	0,24995	0,28289
6	0,10351	0,21577	0,25655
7	0,06802	0,17901	0,22870
8	0,03693	0,14271	0,20006
9	0,01527	0,10791	0,16890
10	0,00399	0,07515	0,13696
11	0,00051	0,04553	0,10645
12	0,00002	0,02179	0,07934
13	0	0,00728	0,05571
14	0	0,00142	0,03421
15	0	0,00011	0,01701
16	0	0,000003	0,00599

Saat SNR sebesar 0 dB, nilai BER dengan modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM masing-masing yaitu 0,26008, 0,35573, dan 0,37986. Jika dilihat melalui grafik pada Gambar 6, modulasi QPSK memiliki nilai BER yang paling rendah dibandingkan dengan modulasi 16-QAM dan 64-QAM, dan modulasi 16-QAM memiliki nilai BER yang lebih rendah dari 64-QAM. Nilai BER QPSK seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2 memiliki nilai 0 pada SNR 13 hingga 16 dB, menunjukkan QPSK bekerja dengan baik.

Sementara dengan modulasi 16-QAM dan 64-QAM, SNR senilai 16 dB belum cukup untuk menghasilkan nilai BER sebesar 0. Perbandingan nilai BER ketiga modulasi dapat dilihat pada Gambar 4.10 di mana terlihat bahwa garis QPSK berada di bawah 16-QAM dan 64-QAM yang menunjukkan bahwa saat SNR tertentu, nilai BER dengan QPSK lebih rendah daripada dua modulasi lainnya. Hasil ini sesuai dengan teori titik konstelasi di mana modulasi QPSK memiliki nilai BER paling rendah. Sementara itu, modulasi QPSK membutuhkan SNR sebesar 13 dB untuk menghasilkan nilai BER sebesar 0.

TABEL III
NILAI PAPR PADA SISTEM SCFDMA MENGGUNAKAN CITRA LENA.JPG

SNR	Peak to Average Power Ratio (PAPR) (dB)		
	QPSK	16-QAM	64-QAM
0	0,95770	0,95409	0,95629
1	0,96780	0,96623	0,96141
2	0,97163	0,96960	0,96375
3	0,97297	0,97712	0,97637
4	0,97898	0,98006	0,97701
5	0,98112	0,98073	0,98072
6	0,98153	0,98233	0,98090
7	0,98451	0,97985	0,98260
8	0,98572	0,98354	0,98270
9	0,98632	0,98339	0,98501
10	0,99023	0,98056	0,98732
11	0,99039	0,98082	0,98654
12	0,99271	0,97843	0,98898
13	0,99394	0,97702	0,99039
14	0,99498	0,97721	0,99094
15	0,99553	0,97587	0,99093
16	0,99687	0,97577	0,99020

Sementara itu, nilai PAPR yang didapatkan saat SNR sebesar 0 dB dengan menggunakan modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM masing-masing yaitu 0,95770 dB, 0,95409 dB, dan 0,95629 dB serta menghasilkan PAPR rata-rata sebesar 0,98323 dB, 0,97664 dB, dan 0,98091 dB. Jika dilihat melalui grafik, nilai PAPR dari tertinggi menuju terendah dengan modulasi QPSK cenderung menghasilkan nilai yang paling tinggi, dilanjutkan modulasi 64-QAM dan 16-QAM. Namun pada saat SNR sebesar 3 dB, QPSK memiliki nilai yang paling rendah daripada modulasi 16-QAM dan 64-QAM, yaitu sebesar 0,97297 dB.

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Dapat disimpulkan pada penelitian ini semakin besar orde modulasi, nilai BER yang didapatkan semakin besar sehingga rentan terhadap noise. Pada simulasi ini, sistem SC-FDMA memiliki ketahanan noise yang tinggi melalui kanal Rayleigh Fading saat menggunakan modulasi QPSK dengan nilai BER terbaik sebesar 0 ketika nilai SNR 13 dB hingga 16 dB. Pada

variabel PAPR, nilai PAPR pada variasi modulasi hampir sama yaitu berada pada nilai 0,97 hingga 0,99.

REFERENSI

- [1] H. G. Myung, J. Lim, and D. J. Goodman. 2006. *Single Carrier Fdma for Uplink Wireless Transmission*. vol. 1, no. 3, sept. IEEE Vehicular Technology Mag.
- [2] Shaikh, Abdul Samad and Khatri Chandan Kumar. 2010. Performance Evaluation of LTE Physical layer using SCFDMA and OFDMA. Thesis is presented as part of Degree of Master of Science in Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology.
- [3] 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.

