

MODULASI DIGITAL MENGGUNAKAN MATLAB

Wahyu Pamungkas¹ Anggun Fitriani Isnawati² Adi Kurniawan³
^{1,2,3} Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto

Jl. D.I Panjaitan No. 128 Purwokerto, Telp: (0281) 641629

Wahyu_pamungkas@hotmail.com, anggun_fitrian@yahoo.com, adikur46@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam sistem telekomunikasi penentuan sistem modulasi merupakan metode yang penting dalam proses pengiriman informasi dari pengirim ke penerima. Pada simulasi yang dikerjakan menggunakan modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), 8-QAM (*8-Quadrature Amplitude Modulation*), 16-QAM (*16-Quadrature Amplitude Modulation*) yang menggunakan kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dengan menggunakan *software* MATLAB. Pengerjaan simulasi bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana karakteristik bentuk gelombang dari tiap blok modulator, penambahan *noise* pada kanal AWGN dan demodulator. Apabila data informasi ditransmisikan melalui kanal AWGN maka hasil data keluarannya menjadi kasar atau tercampur *noise*. Pengujian kinerja sistem modulasi yang digunakan yaitu metode BER (*bit error ratio*) melihat kesalahan bit dari hasil perbandingan bit sebelum dan sesudah dikirimkan dengan model simulasi Monte Carlo. Pengujian pada simulasi ini menggunakan data masukan sebanyak 10000 data simbol secara acak dan level Eb/No yang bervariasi untuk setiap modulasi yang digunakan. Hasil kinerja BER dengan nilai level Eb/No sebesar 1 dB dari sistem modulasi yang disimulasikan diperoleh nilai BER pada QPSK sebesar 0,0570, 8-QAM sebesar 0,1085 sedangkan 16-QAM sebesar 0,1582 dan maka kinerja modulasi yang terbaik adalah QPSK. Apabila Eb/No dinaikkan menjadi 8 dB maka BER modulasi QPSK menjadi lebih kecil yaitu sebesar 0,00035, pada 8-QAM diperoleh BER sebesar 0,0076 sedangkan pada modulasi 16-QAM menjadi 0,0139.

Kata Kunci : QPSK, 8-QAM, 16-QAM, AWGN dan BER.

ABSTRACT

In telecommunication systems, the determination of the modulation system is an important method in the process of sending information from transmitter to receiver. In the simulation that is done using QPSK modulation system (Quadrature Phase Shift Keying), 8-QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 16-QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation) that uses AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel in the transmission system uses MATLAB software. The execution of the simulation is aimed to describe how the characteristics of the waveform of each block of the modulator, to add noise in the AWGN channel and demodulator. Performance of modulation system testing is used BER (bit error ratio) method. Looking of the faults of comparison bits results of before and after the transmitted bits by using Monte Carlo simulation model. Testing on this simulation using the input data as much as 10.000 data symbols randomly and the level of Eb/No that is various for each modulation used. Performance results BER with the level of Eb / No at 1 dB of the simulated system modulation on the BER values obtained for QPSK 0.0570, 8-QAM at 0.1085 while the 16-QAM at 0.1582 and then the performance of QPSK modulation is the best. If the Eb / No is increased to 8 dB then the becomes BER QPSK smaller modulation is equal to 0.00035, the 8-QAM BER obtained at 0.0076, while the 16-QAM modulation to be 0.0139.

Key Words : QPSK, 8-QAM, 16-QAM, AWGN and BER.

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi media elektronik telah memberikan berbagai kemudahan dalam penyebaran informasi serta peningkatan kualitas dan kuantitas dalam penyampainnya,

ditandai dengan penemuan-penemuan mutakhir di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi seperti; radio, telegraph, telepon dan lainnya^[8].

Proses pentransmisi sebuah informasi melalui kanal maka tidak akan lepas dari kendala

berupa timbulnya kesalahan. Salah satu parameter yang menentukan kualitas sistem modulasi digital adalah *Bit Error Rate* (BER). Untuk mengkaji lebih dalam karakteristik dan pengaruh BER terhadap kualitas pada modulasi digital maka digunakannya simulasi, salah satunya menggunakan *software* MATLAB.

B. PERUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas, maka dapat diketahui beberapa permasalahan yang dapat dikaji lebih lanjut, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik bentuk gelombang modulasi digital khususnya pada *Quaternary Phase Shift Keying* (QPSK), 8 *Quadrature Amplitude Modulation* (8-QAM) dan 16 *Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM) yang melalui kanal AWGN.
2. Bagaimana pengaruh nilai *Eb/No* terhadap *Bit Error Ratio* (BER) jenis modulasi QPSK, 8-QAM dan 16-QAM yang melalui kanal AWGN.

C. BATASAN MASALAH

Adapun pembatasan masalah yang akan dibahas dan dikaji adalah sebagai berikut:

1. Modulasi digital yang digunakan QPSK, 8-QAM dan 16-QAM.
2. Pentramisian sinyal modulasi menggunakan kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*).
3. Pengukuran kinerja modulasi menggunakan nilai *Bit Error Rate* (BER) pada kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*).

D. TUJUAN PENULISAN

Adapun maksud dari penulisan ini, yaitu:

1. Mengetahui bagaimana karakteristik bentuk gelombang modulasi digital khususnya pada QPSK, 8-QAM dan 16-QAM yang melalui kanal AWGN.
2. Mampu mengetahui pengaruh nilai *Eb/No* terhadap *Bit Error Ratio* (BER) jenis modulasi QPSK, 8-QAM dan 16-QAM yang menggunakan kanal AWGN.

E. LANDASAN TEORI

1. Sistem Komunikasi

Pengiriman data dalam sistem komunikasi dapat berupa dalam bentuk analog atau digital, apabila data yang dikirimkan berupa sinyal atau data analog maka diperlukan *analog digital converter* (ADC) yang berfungsi sebagai pengubah sinyal analog menjadi digital (1 dan 0). *Source coding* menerima data dalam bentuk digital dari ADC dan dikodekan kembali dalam bentuk sinyal digital, terdapat *redundancy* yang mempengaruhi dalam kecepatan transmisi data.

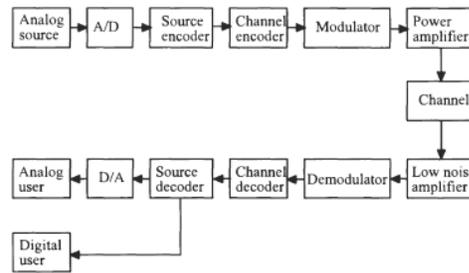
Channel encoder menerima keluaran data dari *source encoder* dan dipancarkan dalam bentuk data digital sesuai dengan panjang data pada *channel encoder*. Terjadinya pengurangan kelebihan data atau kompresi data proses ini disebut pengkodean sumber (*source coding*) yang mengakibatkan adanya *error* yang diakibatkan oleh *noise* atau *interferensi* yang dapat dideteksi atau dikoreksi saat diterima oleh penerima. Dalam pengiriman data yang menggunakan frekuensi

tinggi pentransmisian simbol menggunakan frekuensi pembawa.

Modulator sistem transmisi *baseband* dapat juga sebagai *formator* yang berfungsi sebagai penggambaran bentuk gelombang dari simbol data digital yang dikirimkan. *Amplifier* berfungsi sebagai penguat setelah data dimodulasikan. Media transmisi disebut juga kanal, di dalam kanal terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pentransmisian sinyal yaitu *noise*, *fading* dan *attenuasi* [15].

Data setelah melewati kanal maka akan di terima oleh *Low Noise Amplifier* (LNA) untuk pemfilteran *noise* dari data yang kemudian di terima oleh demodulator. Setelah data diubah kembali dalam bentuk digital maka akan diteruskan *channel decoder* dan *source decoder* penambahan *redundancy* sedemikian sehingga data yang diterima oleh penerima akan seperti data asli yang dikirimkan oleh pengirim.

Digital Analog Converter (DAC) digunakan untuk data digital apabila penerima membutuhkan sinyal analog. Langkah pertama dalam sistem transmisi sinyal *baseband* yaitu informasi diformat terlebih dahulu sehingga sinyal masukan ditampilkan dengan simbol-simbol digital. Bentuk gelombang pulsa ditetapkan untuk menampilkan simbol-simbol sesuai sistem modulasi yang digunakan pada tahap-tahap modulasi pulsa atau modulasi *baseband*. Tahap-tahap pemrosesan sistem komunikasi digital dapat yang sudah dijabarkan pada gambar 1:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Komunikasi [16].

2. Kanal Komunikasi AWGN

Dalam sistem pentransmisian sinyal membutuhkan media atau kanal untuk menyampaikan informasi dari *transmitter* ke *receiver* diantaranya adalah kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN). Kanal AWGN adalah kanal yang ideal memiliki *noise* AWGN di dalamnya. Kanal dalam keadaan ideal yang berarti memiliki *bandwidth* yang tidak terbatas dan respon terhadap semua jenis frekuensi yang tidak mempengaruhi bentuk asli dari sinyal yang dikirim atau tidak mengalami *distorsi* [7].

White noise pada proses AWGN bersifat *power spectral density* (PSD) yaitu memiliki spektrum rapat daya *noise* dianggap memiliki harga yang sama untuk setiap frekuensi yang ditransmisikan maka persamaan dari *white noise* ditunjukkan pada persamaan [9]:

$$S_w(f) = \frac{N_0}{2} \text{ (W/Hz)}$$

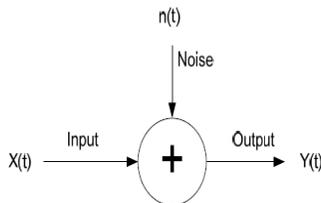
Pola kemunculan *noise* dianggap terdistribusi *Gaussian* dengan nilai rata-rata (*mean*) adalah nol dan memiliki variansi yang tergantung dengan rapat daya yang diperkirakan dari *noise* tersebut. Persamaan nilai variansi AWGN ditunjukkan pada persamaan:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{N_0}{2}, \quad i = 0,1$$

Noise AWGN merupakan gangguan yang bersifat *additive* terhadap sinyal transmisi yang dapat dilihat dari karakteristik dari *noise* AWGN yaitu sinyal keluaran yang melalui kanal AWGN sama dengan sinyal asli di tambah dengan *noise* AWGN.

$$Y(t) = n(t) + X(t)$$



Gambar 2. Kanal AWGN^[6]

3. BER (*Bit Error Rate*)

Cara mengukur kualitas sebuah sinyal salah satunya dapat dilihat dari hasil perumusan dari tiap kesalahan bit (*bit Error*) yang terjadi saat pentransmisi informasi dari sisi pengirim ke penerima dengan cara membandingkan data keluaran dengan data asli atau data masukan. Persamaan umum dari fungsi BER dapat dituliskan seperti pada persamaan berikut:

$$BER = \frac{\text{Jumlah bit error}}{\text{Jumlah total bit kirim}}$$

F. METODOLOGI PENELITIAN

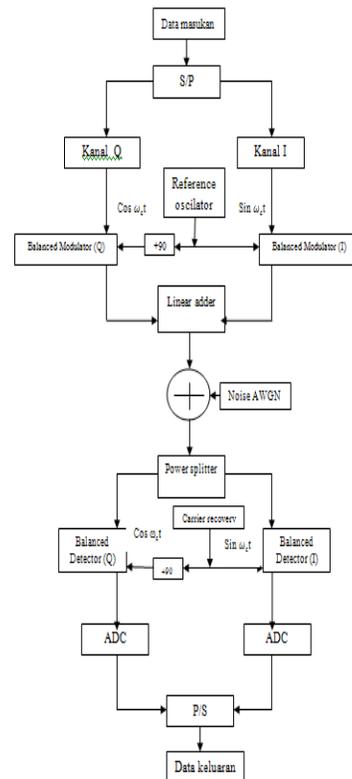
Pembuatan program simulasi modulasi digital yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik bentuk gelombang dan pengaruh nilai parameter E_b/N_0 terhadap *bit error rate* (BER). Karakteristik sinyal tersebut dilewatkan melalui kanal AWGN

dengan menggunakan modulasi digital khususnya modulasi QPSK, 8-QAM dan 16-QAM. Pengerjaan program simulasi memerlukan sebuah *hardware* yaitu berupa *personal computer* (PC) atau laptop yang dilengkapi dengan *software* bahasa pemrograman MATLAB.

Variabel dalam pembuatan program ini berupa parameter yang digunakan pada perhitungan BER (*bit error rate*) adalah E_b/N_0 .

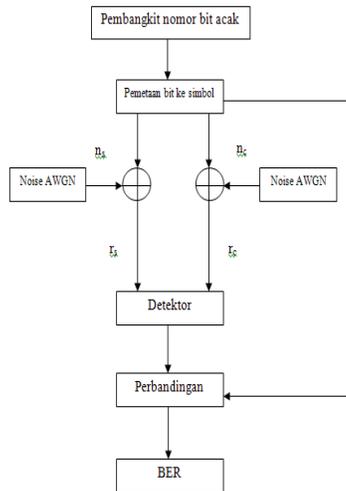
Rancangan dalam proses penyelesaian simulasi modulasi digital *Quaternary Phase Shift Keying* (QPSK), *8-Quadrature Amplitude Modulation* (8-QAM) dan *16-Quadrature Amplitude Modulation* (16-QAM) dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB.

1. Perancangan Simulasi Pembangkitan Sinyal



Gambar 3. Diagram Blok Simulasi Pembangkitan Sinyal

2. Perancangan Simulasi Perhitungan BER (*Bit Error Rate*)

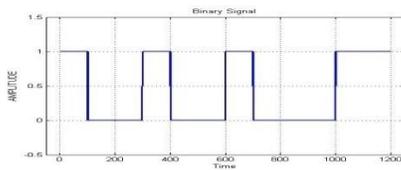


Gambar 4. Diagram Blok Perhitungan BER Menggunakan Monte Carlo

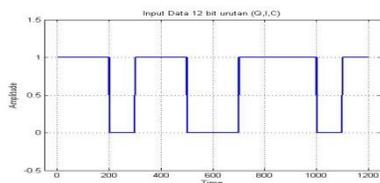
G. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Analisa Blok Data Masukan

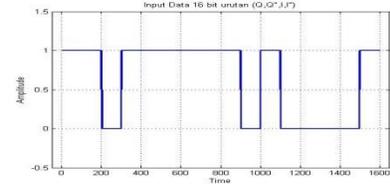
Pada pengujian simulasi menghasilkan data masukan dengan nilai bit 100100100011 untuk QPSK, 110110011101 untuk 8-QAM dan 1101111110100001 untuk 16-QAM.



Gambar 5. Sinyal Digital QPSK



Gambar 6. Sinyal Digital 8-QAM



Gambar 7. Sinyal Digital 16-QAM

Hasil dan Analisa Data Keluaran

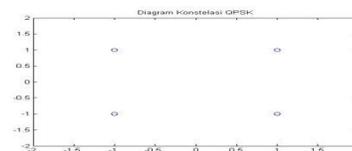
Data keluaran merupakan data hasil keluaran dari P/S yang merupakan penggabungan dua sekuens yaitu dari kanal I dan kanal Q yang diurutkan menjadi data tunggal secara serial.

Tabel 1. Hasil Data Masukan dan Data Keluaran

No	Jenis Modulasi	Data Masukan	Data Keluaran
1	QPSK	100100100011	100100100011
2	8-QAM	110110011101	110110011101
3	16-QAM	1101111110100001	1101111110100001

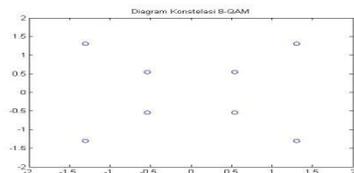
Hasil dan Analisa Diagram Konstelasi

Bentuk diagram konstelasi dari *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) terdapat 4 titik simbol dimana untuk satu titik mewakili 2 bit data yaitu 00,01,10, dan 11 yang memiliki beda fasa sebesar 90° .



Gambar 8. Diagram Konstelasi QPSK

Pada 8-QAM (*8-Quadrature Amplitude modulation*) Bentuk diagram konstelasi terdapat 8 titik simbol dimana untuk satu titik mewakili 3 bit data.



Gambar 9. Bentuk Diagram Konstelasi 8-QAM

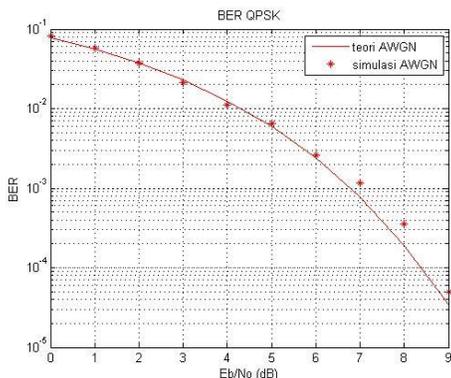
Bentuk diagram konstelasi dari 16-QAM terdapat 16 titik simbol dimana untuk satu titik mewakili 4 bit data.



Gambar 10. Bentuk Konstelasi Diagram 16-QAM

A. Pengujian Kinerja BER

Pengujian simulasi perhitungan QPSK menggunakan variasi level nilai Eb/No dengan nilai 0 sampai dengan 9 dengan rentang 1 dB.

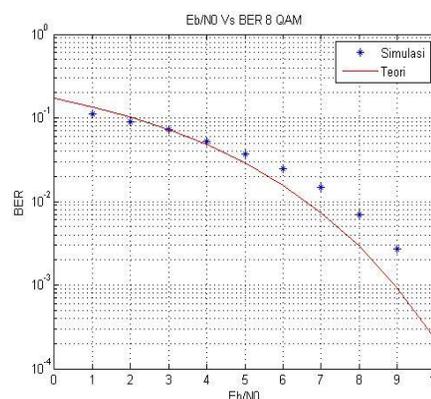


Gambar 11. Grafik Perbandingan Eb/No terhadap BER QPSK

Data masukan berupa variabel acak dengan jumlah $N=10000$ data simbol, rentang pola kemunculan simbol dibagi menjadi empat interval yaitu $(0, 0,25)$, $(0,25, 0,5)$, $(0,5, 0,75)$, dan $(0,75,$

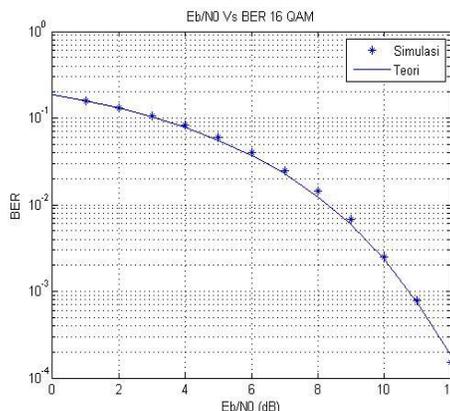
$1,0)$, untuk setiap sub interval melambangkan simbol dengan 00, 01, 11, dan 10.

Pengujian simulasi menggunakan variasi level nilai Eb/No mulai nilai 0 sampai 10 dengan peningkatan level 1dB. Data masukan berupa variabel acak dengan jumlah $N=10000$ data simbol, dengan asumsi setiap simbol memiliki energi 1 dB dan energi rata-ratanya (E_{avb}) sebesar 6 dB.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Eb/No terhadap BER 8-QAM

Pengujian simulasi menggunakan variasi nilai Eb/No mulai nilai 0 sampai 12 dengan peningkatan level 1 dB.

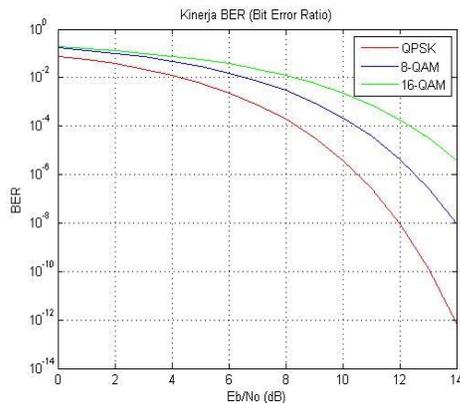


Gambar 13. Grafik Perbandingan Eb/No terhadap BER 16-QAM

Data masukan berupa variabel acak dengan jumlah $N=10000$ data simbol, dengan asumsi setiap simbol memiliki energi 1 dB dan asumsi energi rata-ratanya (E_{avb}) sebesar 10 dB.

B. Perbandingan Kinerja Sistem Modulasi

Hasil perbandingan kinerja dari modulasi QPSK, 8-QAM dan 16-QAM dilihat dari perbandingan E_b/N_0 dengan nilai yang sama terhadap BER dari setiap modulasinya. Contoh nilai E_b/N_0 yang diambil adalah 8 dB maka diperoleh nilai BER pada modulasi QPSK sebesar 0,00035, untuk modulasi 8-QAM diperoleh BER sebesar 0,0076 sedangkan pada modulasi 16-QAM diperoleh BER sebesar 0,0139.



Gambar 14. Kinerja BER

Berdasarkan dari hasil simulasi dan grafik pada gambar 4.46 maka diketahui perbandingan nilai BER dari setiap modulasi dengan level E_b/N_0 yang sama bahwa pada modulasi QPSK memiliki nilai BER lebih kecil daripada modulasi 8-QAM dan 16-QAM. Pemilihan modulasi untuk pentransmisi informasi pada sistem komunikasi

apabila dilihat dari kinerja BER-nya maka lebih optimum menggunakan QPSK.

H. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan:

1. Dalam pembangkitan gelombang tidak dapat mengetahui secara langsung nilai BER-nya dan diasumsikan tidak adanya *error* bit yang ditransmisikan, karena dalam pembangkitan gelombang hanya mendeskripsikan bentuk gelombang secara umum.
2. Hasil perbandingan antara BER simulasi dengan perhitungan secara teoritis atau menggunakan rumus memiliki nilai yang tidak berbeda jauh atau hampir sama. Apabila hasil simulasi dipetakan ke dalam grafik dicontohkan pada modulasi 8-QAM dengan E_b/N_0 level 1 dB dihasilkan nilai BER pada simulasi lebih baik yaitu sebesar 0,1085 apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan rumus yang diperoleh sebesar 0,1105, sedangkan pada titik level 7 dB pada simulasi diperoleh BER yang kurang baik yaitu sebesar 0,0132 dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis atau menggunakan rumus yaitu sebesar 0,1283.
3. Berdasarkan dari hasil simulasi nilai BER pada modulasi QPSK dengan nilai E_b/N_0 1 dB yaitu 0,0570 sedangkan dengan nilai 9 dB diperoleh nilai BER sebesar 0,00005. Pada modulasi 8-QAM dengan E_b/N_0 1 dB maka BER bernilai 0,1085 apabila pentransmisi dengan 9 dB diperoleh nilai BER sebesar 0,0033. Sedangkan pada modulasi 16-QAM dengan level 1 dB diperoleh nilai BER 0,1582 apabila

penstransmisian menggunakan 9 dB diperoleh BER 0,0065, maka dari hasil simulasi tersebut bahwa semakin besar level Eb/No yang digunakan maka nilai BER (*bit error rate*) akan semakin kecil.

4. Semakin tinggi nilai M_{ary} maka semakin banyak jumlah bit yang mewakili dalam satu simbol. Banyaknya jumlah bit adalah \log_2 dari besar nilai M atau kemungkinan simbol yang terbentuk. Maka apabila 1 simbol salah maka sebanyak bit yang mewakili dianggap salah walaupun yang salah hanya satu bit dari bagian simbol tersebut. Hasil dari simulasi penstransmisian menggunakan level Eb/No yang sama untuk modulasi QPSK, 8-QAM dan 16-QAM yaitu sebesar 8 dB dihasilkan nilai BER pada modulasi QPSK sebesar 0,0035, pada modulasi 8-QAM 0.0076 sedangkan pada modulasi 16-QAM sebesar 0,0139. Maka dari hasil simulasi bahwa semakin tinggi tingkatan M_{ary} yang digunakan, dengan nilai level Eb/No yang sama maka semakin besar nilai kesalahan bit atau BER yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aminuddin, J. (2008). *Dasar-Dasar Fisika Komputasi Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Gava Media.
2. Blanchet, G., & Charbit, M. (2006). *Digital Signal and Image Prosesing Using MATLAB*. London: ISTE Ltd.
3. Cahyo, W. N. (2008). Pendekatan Simulasi Monte Carlo untuk Pemilihan Alternatif dengan Decision Tree pada Niali Outcome yang Probabilistik. *Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universtias Islam Indonesia Yogyakarta* , 7.
4. Chaparo, L. (2010). *Signal and System Using MATLAB*. Burlington: Elsevier.
5. Faridah, L., & Pratiarso, A. (2009). Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital 8-QAM, 16-QAM dan 64-QAM Menggunakan Software. *Teknik Telekomunikasi Fakultas Politeknik Elektronika Negeri Surabaya* , 6.
6. G.Proakis, J., & Salehi, M. (1998). *Contemporary Communication Using MATLAB* . Boston: PWS Publishing Company.
7. Hapsara, A. K., & Susanto, I. (2007, 2 4). Kinerja Modulasi Digital dengan Metode PSK (Phase Shift Keying). *Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro* , p. 8.
8. Harada, H., & Prasad, R. (2003). *Simulation and Software Radio for Mobile Communication*. Artech House Universal Personal Communications: Canton Street Norwood.
9. Haykin, S. (2000). *Communication System*.4th ed. *Library of Congress Cataloging-inPublication Data*. New york.
10. <http://www.complextoreal.com>. (n.d.). Retrieved 10 14, 2011, from <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7160E.pdf>
11. M.Hussain, Z., Z.Sadik, A., & O'shea, P. (2011). *Digital Signal Processing And*

Introduction with MATLAB and Application.
New York: Springer Heidelberg Dordrecht
London.

12. Moh.Nazir, P. (2005). *Metode Penelitian.*
Bogor: Ghalia Indonesia.
13. Novia, P., & Pratiarso, A. (2010). Pembuatan
Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital
FSK, BPSK dan QPSK Menggunakan
Software. *Teknik Telekomunikasi Fakultas
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya* , 7.
14. Sklar, B. (2006). *Digital Communications
Fundamentals and Applications Second
Edition.* New Jersey: Prentice Hall PTR.
15. Stallings, W. (2007). *Komunikasi & Jaringan
Nirkabel jilid 2* . jakarta: Erlangga.
16. Xiong, F. (2000). *Digital Modulation
Technique.* Canton Street Norwood: Artech
House Telecommunication Library.