

Analisis Kinerja Modulasi M-PSK Menggunakan *Least Means Square (LMS) Adaptive Equalizer* pada Kanal Flat Fading

ARSYAD RAMADHAN DARLIS, FADDIA NURA PUTRI B, DWI ARYANTA

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
Email: arsyad@itenas.ac.id

ABSTRAK

Dalam proses sistem pentransmisi, sinyal dilewatkan pada sebuah media atau kanal untuk mengirim suatu informasi dari transmitter menuju receiver. Pada sistem komunikasi dengan menggunakan kanal, sinyal informasi yang dikirimkan pasti mengalami gangguan (noise) yang mengakibatkan terjadinya kesalahan pada sisi penerima. Untuk menekan pengaruh noise, dapat digunakan equalizer pada sisi penerima. Equalizer yang digunakan dalam perancangan ini adalah equalizer adaptif. Equalizer adaptif adalah equalizer yang secara otomatis menyesuaikan dengan karakteristik dari kanal yang selalu berubah-ubah sepanjang waktu. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah simulasi sistem transmisi menggunakan kanal Flat Fading dengan modulasi Phase Shift Keying M-array (M-PSK), dimana di penerima digunakan equalizer linier adaptif menggunakan Algoritma Least Mean Square (LMS). Hasil pengujian terhadap kinerja BER pada sistem transmisi M-PSK sebelum dan sesudah menggunakan equalizer pada rentang E_b/N_0 0 hingga 40 dB menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5838 sampai dengan 0,0841.

Kata Kunci : kanal flat fading, equalizer adaptif, LMS, BER dan M-PSK

ABSTRACT

In the process of the transmission system, the signal is passed to a medium or channel to send the information from the transmitter to the receiver. In the communication system by using the channel, the information transmitted signal may experience interference (noise) which resulted an errors at the receiver side. To suppress the influence of noise, it can be used equalizer at the receiver side. Equalizer used in this design was the adaptive equalizer. The adaptive equalizer was the equalizer that automatically adjusted to the characteristics of the channel that always changing over time. This research designed a transmission system using Flat Fading channel with Phase Shift Keying modulation M-array (M-PSK), which was used in the receiver adaptive equalizer linier using Least Mean Square Algorithm (LMS). The test results of the BER performance of M-PSK transmission systems before and after using the equalizer in the range of E_b/N_0 0 of Up 40 dB showed improved system performance by 0,5838 to 0,0841.

Keywords : flat fading channel, adaptive equalizer, LMS, BER and M-PSK.

1. PENDAHULUAN

Dalam proses sistem pentransmisi, permasalahan yang sering muncul pada sistem komunikasi dengan menggunakan sebuah kanal, yaitu sinyal informasi yang dikirimkan pasti mengalami gangguan (*noise*) sehingga mengakibatkan kesalahan pada sisi penerima. Salah satu metoda untuk menekan pengaruh *noise* adalah menambahkan *equalizer* disisi penerima, dimana *equalizer* yang digunakan dalam perancangan ini adalah *adaptive equalizer* dengan menerapkan algoritma *Least Means Square* (LMS). Algoritma *Least Mean Square* (LMS) adalah algoritma *equalizer* adaptif yang digunakan untuk mengupdate koefisien filter (bobot) yang diharapkan, dimana nilai koefisien filter diatur untuk memperoleh nilai MSE (*Means-Square Error*) yang minimum (Haykin, 2003).

Penelitian yang dibuat oleh Winda Aulia Dewi (Winda, 2010), memiliki judul "Perancangan MMSE *Equalizer* dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak". Pada penelitian tersebut dianalisis kinerja *Equalizer* Linier Adaptif pada kanal multipath dengan menggunakan modulasi QAM. *Equalizer* yang akan dirancang menggunakan algoritma *Minimum Mean-Square Error* (MMSE).

Penelitian yang dibuat oleh Wahyu Pamungkas (Wahyu, 2012) memiliki judul "Modulasi Digital Menggunakan Matlab". Pada penelitian tersebut dianalisis kinerja sistem modulasi dengan melihat kesalahan bit dari hasil perbandingan bit sebelum dan sesudah dikirimkan dengan model simulasi Monte Carlo.

Penelitian lainnya dibuat oleh Dwi Aryanta (Aryanta D, 2004), dengan judul penelitian "Analisis *Equalizer* pada Kanal Fading Rayleigh". Pada penelitian tersebut dianalisis kinerja *equalizer* linier adaptif pada kanal fading, dengan menggunakan 2 buah *equalizer* yaitu Algoritma *Least Means Square* (LMS) dan *Recursive Least Square* (RLS), serta modulasi yang digunakan BPSK.

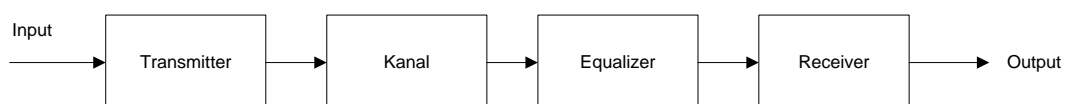
Kemudian penelitian yang dibuat oleh Fredi Sukresno (Fredi, 2012), dengan judul penelitian "Reduksi Suara Jantung dari Rekaman Suara Paru- Paru menggunakan *Filter* Adaptif dengan Algoritma *Recursive Least Square* (RLS)". Dalam penelitiannya, dirancang sebuah sistem untuk mereduksi suara jantung dari rekaman suara paru – paru dengan menggunakan metoda *Adaptive Noise Cancellation* (ANC) dengan algoritma RLS atau *filter* RLS-ANC.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pada penelitian ini telah dirancang sebuah sistem transmisi menggunakan kanal Flat Fading dengan modulasi digital Phase Shift Keying M-array (M-PSK), dimana pada sistem tersebut akan dipasang sebuah *equalizer* adaptif. Pada perancangan tersebut akan diterapkan algoritma LMS untuk *equalizernya*.

2. METODOLOGI

2.1 Perancangan Simulasi Sistem Transmisi

Sistem yang akan dirancang pada sistem ini adalah seperti Gambar 1, dimana pada sistem ini menggunakan modulasi digital M-PSK dengan mengubah-ubah nilai *M-array* dan kanal *flat fading*.

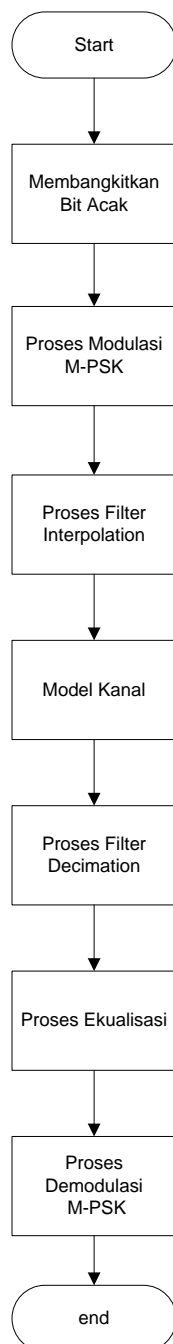


Gambar 1. Perancangan Simulasi Sistem Transmisi

Terlihat pada Gambar 1, sistem perancangan simulasi ini terbagi dalam beberapa tahap, antara lain input - output, transmitter - receiver, kanal, dan equalizer. Pada blok transmitter terjadi proses modulasi dan *filtering*, dimana modulasi yang digunakan akan bervariasi nilai level modulasinya. Untuk perancangan *equalizer*, akan dilakukan proses deteksi kinerja BER pada saat sebelum menggunakan *equalizer* dan sesudah menggunakan *equalizer*.

2.2 Flow *chart* Kinerja Sistem

Berdasarkan pada blok diagram sebelumnya yaitu pada Gambar 1, pada blok diagram alir (flow chart) akan diperjelas perancangan simulasi yang terjadi pada proses transmisi menggunakan modulasi M-PSK sebelum dan sesudah menggunakan equalizer.



Gambar 2. Flowchart simulasi sistem menggunakan *equalizer*

Pada Gambar 2 dijelaskan secara detail tahapan pada perancangan simulasi berdasarkan blok diagram pada Gambar 1, antara lain membangkitkan data, proses modulasi (modulator), proses *filtering*, pemodelan kanal, dan proses demodulasi (demodulator). Untuk melihat kinerja BER ada dua tahapan, yaitu dengan memasang *equalizer* sebelum proses demodulasi dan tanpa menggunakan *equalizer*.

2.2.1 Membangkitkan Data *Random*

Dalam sistem transmisi komunikasi digital, data yang dikirimkan harus diubah kedalam bentuk biner sehingga data yang ditransmisikan dalam bentuk deretan bit. Data yang dibangkitkan berupa data acak (*random*) dimana data tersebut dijadikan sebagai *input* untuk modulasi M-PSK. Kemudian data diubah kedalam bentuk simbol untuk diproses pada blok transmisi. Setiap simbol yang dikirimkan terdiri dari beberapa bit, sesuai dengan level modulasi. Untuk modulasi QPSK dalam 1 simbol terdiri dari 2 bit, 8-PSK terdiri dari 3 bit, 16-PSK 4 bit, 32-PSK 5 bit, dan 64-PSK 6 bit.

2.2.2 Proses Modulasi M-PSK

Setelah dihasilkan sinyal digital acak tersebut, maka sinyal akan dilakukan proses modulasi M-PSK. Pada proses modulasi tersebut, sinyal pembawa akan berubah fasa sesuai dengan nilai simbol "0" dan "1" dari sinyal informasi. Modulasi yang digunakan antara lain QPSK, 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK, dan 64-PSK. Selanjutnya hasil dari sinyal yang termodulasi, akan ditampilkan kedalam bentuk sinyal konstelasi. Perancangan sinyal konstelasi digunakan untuk mengetahui bahwa modulasi yang digunakan sudah sesuai dengan teori.

2.2.3 Proses *Filter Interpolation*

Pada sisi pengirim sinyal yang dihasilkan setelah proses modulasi akan di *filter* menggunakan jenis *filter raised cosine* sebagai *filter* pembentuk pulsa atau *pulse-shaping filter*. Metoda yang digunakan pada *filter* ini adalah *interpolation* (penyisipan/penambahan), yaitu proses menambahkan sampel bit sehingga mengubah data ke *sample rate* yang lebih tinggi yang merupakan bentuk *Upsampling*. *Filter* ini digunakan untuk mengendalikan bentuk sinyal data digital, sehingga dihasilkan sinyal yang lebih dekat dengan bentuk aslinya. Untuk membangun struktur *filter* pulsa, digunakan parameter – parameter seperti berikut :

- a. Faktor *Oversampling* = 4
- b. Faktor *roll-off* = 0,25
- c. *Filter Order* = 32
- d. Frekuensi *cut-off* = $1/2(T_{sym})$

2.2.4 Model Kanal

Pada simulasi ini sinyal yang ditransmisikan akan dilewatkan pada kanal *flat fading*. Pemodelan kanal flat fading yang digunakan dalam simulasi ini merupakan kanal multipath rayleigh fading dengan *frekuensi doppler* 5 Hz yang ditambahkan noise AWGN. Model kanal *rayleigh fading* merupakan model kanal yang sering dipakai untuk simulasi.

2.2.5 Proses *Filter Decimation*

Keluaran dari blok kanal, kemudian sinyal dilakukan proses *filter decimation*. *Filter* ini menggunakan metoda *decimation*, yaitu proses kebalikan dari *interpolation*. Proses yang terjadi pada *filter* ini adalah untuk mengurangi laju sampling, sehingga sistem beroperasi pada tingkat sampling yang lebih rendah yang merupakan bentuk *downsampling*. Keluaran sinyal dari *filter* ini sudah lebih halus, dan sampling sinyal sudah berkurang sehingga memudahkan proses pengolahan pada demodulasi.

2.2.6 Proses Demodulasi M-PSK

Proses demodulasi merupakan kebalikan dari proses modulasi, yaitu proses mendapatkan kembali data awal. Dalam proses demodulasi akan menghilangkan sinyal pembawa dan mengubah bentuk sinyal menjadi sinyal awal agar bisa terbaca di sisi penerima.

Setelah proses *filter decimation* (pengurangan/penipisan), kemudian sinyal dimasukkan pada blok demodulator (proses demodulasi) dan dilakukan perhitungan delay. Proses tersebut dirancang untuk simulasi tanpa menggunakan equalizer, dimana sinyal yang diterima langsung di *downsampling* dan dilakukan perhitungan jumlah bit yang salah.

Hasil yang didapat pada proses ini didapat nilai BER yang tinggi, sehingga untuk menghasilkan nilai BER rendah maka digunakan *equalizer* yang diletakkan di sisi penerima

2.2.7 Proses Equalizer

Pada simulasi menggunakan *equalizer*, sinyal yang diterima masuk ke dalam blok *equalizer* dahulu kemudian masuk ke blok demodulator. *Equalizer* diletakkan pada sisi penerima bertujuan agar sinyal yang diterima tidak lagi berupa sinyal yang terinterferensi.

Equalizer adaptif pada umumnya dilengkapi dengan algoritma adaptasi yang digunakan untuk memperbaharui nilai koefisien *filter* agar dapat menyesuaikan dengan karakteristik dari kanal (**Haykin, 1996**). Algoritma yang digunakan pada simulasi ini adalah algoritma *Least Mean Square* (LMS), dengan parameter yang digunakan yaitu step size (μ) 0,01 dan nilai bobot *filter* ($nWeight$) adalah 1.

Jumlah blok yang dikirimkan pada simulasi ini sebanyak 50 blok dimana dalam 1 blok (*frame*) terdiri dari *training squence*, *payload* (data user), dan *tail squence*. Pada blok tersebut, deretan bit awal yang dikirim adalah *training squence*. Ketika *training squence* habis, selanjutnya bit data user siap dikirim. *Training squence* dirancang untuk memperoleh koefisien *filter* dari kondisi kanal. Ketika bit data user diterima, algoritma adaptif dari *equalizer* mengikuti perubahan karakteristik kanal. Respon *equalizer* dilihat dari nilai koefisien *filter* dan bobot *filter*, dimana respon *equalizer* harus memiliki respon yang sama dengan respon kanal. Sehingga diperoleh nilai koefisien *filter* dalam keadaan mantap, dimana sinyal yang diterima mendekati sinyal yang dikirim. Kemudian dilakukan deteksi sehingga didapat nilai BER minimum.

3. HASIL PENGUJIAN

Berikut akan ditampilkan hasil pengujian terhadap kinerja ekualiser dengan menggunakan algoritma LMS untuk modulasi M-PSK dengan merubah – ubah nilai level modulasi. Level modulasi yang akan digunakan antara lain, $M = 4$, $M = 8$, $M = 16$, $M = 32$, dan $M = 64$.

Untuk parameter jumlah data (*Payload*), *training squence*, dan *tail squence* menggunakan nilai yang sama pada setiap level modulasi. Nilai step size pada algoritma LMS dipilih 0.01 dan nilai frekuensi doppler (f_d) = 5 Hz. Sedangkan jumlah blok yang dikirimkan dipilih 50 blok. Kemudian untuk evaluasi nilai BERnya pada rentang E_b/N_0 dari 0 dB sampai dengan 40 dB.

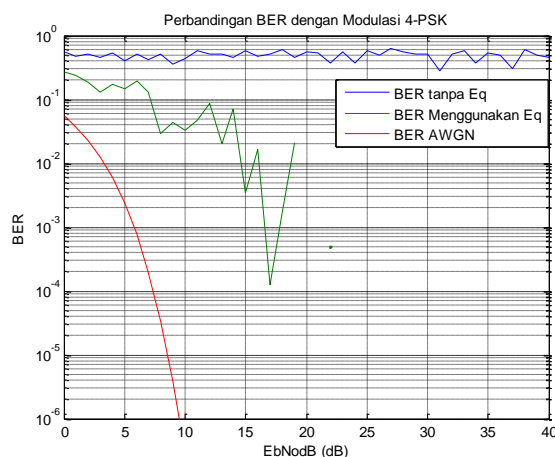
Dari sistem perancangan ini akan menganalisis pengaruh *equalizer* terhadap nilai BER sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer*, dengan membandingkan kinerja BER pada setiap level modulasi yang berbeda. Berikut beberapa gambar hasil simulasi untuk nilai level modulasi berbeda.

3.1 Hasil Kurva Perbandingan Kinerja BER Menggunakan M-PSK

Berikut akan ditampilkan hasil pengujian kinerja sistem transmisi sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* dilihat dari perbandingan nilai BER pada modulasi QPSK, 8-PSK, 16-PSK, 32-PSK, dan 64-PSK. Hasil kurva BER tanpa *equalizer* ditandai dengan garis berwarna biru, kurva BER menggunakan *equalizer* ditandai dengan garis berwarna hijau, dan kurva BER ideal ditandai garis berwarna merah.

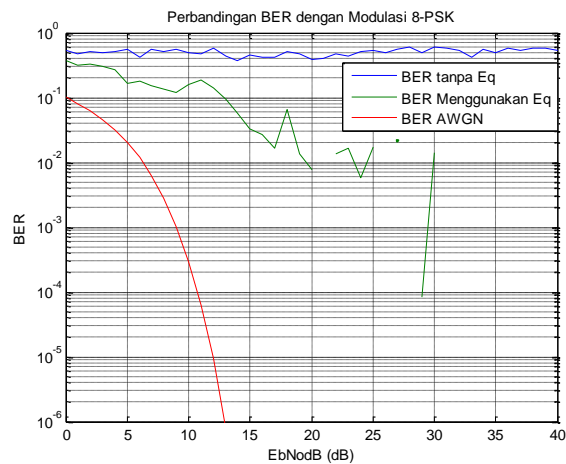
Berdasarkan Gambar 3, hasil kurva BER menggunakan *equalizer* (garis berwarna hijau) pada rentang E_b/N_0 20 sampai 40 dB garis kurva terputus. Hal ini bukan kesalahan pada sistem melainkan hasil BER yang didapat bernilai 0 karena pada simulasi nilai BER sebesar 0 tidak akan terplot pada kurva, namun hasil nilai akan tetap ditampilkan pada *command window*. Hasil BER bernilai 0 menyatakan nilai BER yang sangat baik, artinya tidak terdapat bit error pada sistem tersebut.

Pada kinerja BER modulasi QPSK diambil contoh nilai E_b/N_0 15 dB, maka diperoleh nilai BER pada kinerja BER menggunakan *equalizer* sebesar 0,0034, sedangkan hasil BER tanpa *equalizer* sebesar 0,5839. Jika membandingkan hasil BER tersebut, nilai BER tanpa menggunakan *equalizer* sangat tinggi. Ketika dipasang *equalizer* pada sisi penerima, BER yang dihasilkan mengalami perbaikan nilai BER sebesar 0,5805. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *equalizer* pada sistem transmisi ini berpengaruh terhadap kinerja BER, sehingga bisa menurunkan nilai BER.



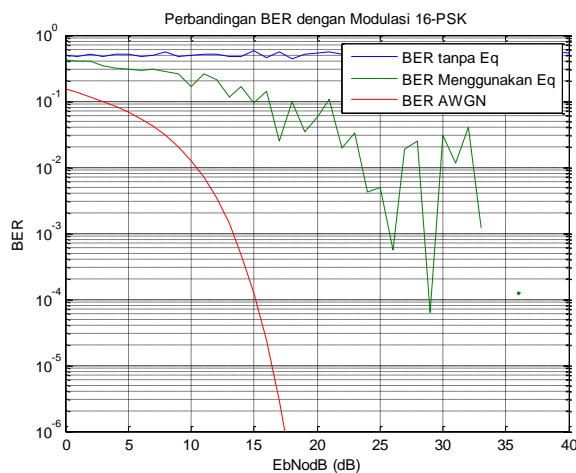
Gambar 3. Kurva BER untuk level modulasi QPSK

Berdasarkan Gambar 4, untuk E_b/N_0 20 dB dihasilkan kinerja sistem BER pada saat menggunakan Eq sebesar 0,009 sedangkan kinerja sistem BER tanpa menggunakan Eq sebesar 0,5. Dari kedua kinerja sistem BER tersebut dapat dilihat bahwa nilai BER menggunakan Eq lebih kecil dibandingkan nilai BER tanpa Eq, sehingga pengaruh *equalizer* untuk kinerja sistem BER yaitu dapat menekan efek *noise* yang mengakibatkan nilai BER yang tinggi.



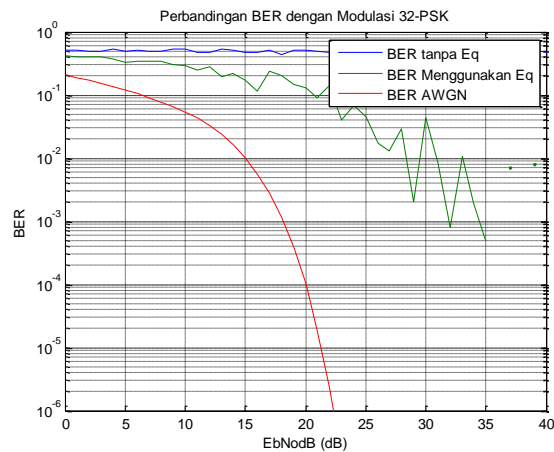
Gambar 4. Kurva BER untuk level modulasi 8-PSK

Pada Gambar 5, (modulasi 16-PSK), jika dibandingkan kinerja sistem BER AWGN dengan BER menggunakan Eq, dilihat pada saat E_b/N_0 5 dB diperoleh nilai BER 0,07. Untuk sistem menggunakan *equalizer* nilai BER sebesar 0,07 diperoleh pada saat E_b/N_0 20 dB. Dari kedua kinerja BER tersebut didapat nilai BER yang sama namun pada nilai E_b/N_0 yang berbeda, yaitu dengan selisih E_b/N_0 sebesar 15 dB. Sehingga dapat disimpulkan pada kinerja BER menggunakan *Equalizer*, untuk mendapatkan nilai BER sesuai dengan nilai BER (ideal) diperlukan tambahan daya sebesar 15 dB.



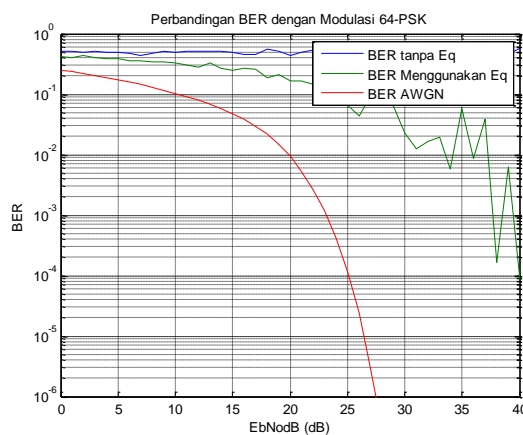
Gambar 5. Kurva BER untuk level modulasi 16-PSK

Pada Gambar 6, jika dibandingkan dari ketiga kinerja sistem BER tersebut pada saat E_b/N_0 20 dB untuk BER AWGN dihasilkan nilai BER sebesar 0,0001, BER menggunakan Eq sebesar 0,2, dan BER tanpa Eq sebesar 0,6.



Gambar 6. Kurva BER untuk level modulasi 32-PSK

Jika dibandingkan hasil kurva untuk setiap modulasi, pada modulasi 64-PSK (Gambar 7) hasil kurva BER menggunakan *equalizer* pada rentang 0 sampai 40 dB tidak terdapat garis terputus. Hal ini dikarenakan nilai BER minimum yang diperoleh pada rentang Eb/No tersebut tidak didapat nilai BER sebesar 0, dimana nilai BER minimum yang didapat sebesar 0,0001.



Gambar 7. Kurva BER untuk level modulasi 64-PSK

3.2 Perbandingan Laju Perbaikan BER M-PSK

Berikut ini merupakan nilai – nilai BER yang diterima pada saat sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer*, yang diperoleh dari penggunaan modulasi yang berbeda saat Eb/No bernilai 0 – 40 dB dengan kenaikan setiap 5 dB. Nilai – nilai tersebut dikalkulasi sehingga mendapatkan nilai selisih BER saat sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer*. Nilai selisih tersebut digunakan untuk mempermudah menganalisis hasil BER pada setiap modulasi.

3.2.1 Laju Perbaikan BER Pada Modulasi QPSK

Dari Tabel 1 didapat hasil kinerja BER pada sistem transmisi QPSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5805 sampai 0,2558. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada rentang 0 sampai 40 dB *equalizer* memperbaiki sebesar 0,05/5dB (nilai yang diperoleh pada kenaikan 5 dB).

Tabel 1. Nilai BER dari Hasil Simulasi untuk level modulasi QPSK

Eb/No (dB)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
BER tanpa Eq	0,5568	0,4018	0,4457	0,5839	0,5571	0,5761	0,5155	0,5259	0,4500	
BER Meng. Eq	0,2726	0,146	0,033	0,0034	0	0	0	0	0	
Δ BER	0,2842	0,2558	0,4127	0,5805	0,5571	0,5761	0,5155	0,5259	0,4500	
Laju Perbaikan	0,2842	0,3342	0,3842	0,4342	0,4842	0,5342	0,5842	0,6342	0,6842	
Laju rata-rata perbaikan										0,05

3.2.2 Laju Perbaikan BER Pada Modulasi 8-PSK

Dari Tabel 2 didapat hasil kinerja BER pada sistem transmisi 8-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5838 sampai 0,1545. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada rentang 0 sampai 40 dB *equalizer* memperbaiki sebesar 0,0594/5dB.

Tabel 2. Nilai BER dari Hasil Simulasi untuk level modulasi 8-PSK

Eb/No (dB)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
BER tanpa Eq	0,5298	0,5466	0,4931	0,4507	0,3868	0,5417	0,598	0,4959	0,5342	
BER Meng. Eq	0,3753	0,167	0,1573	0,0333	0,0077	0,0173	0,0142	0	0	
Δ BER	0,1545	0,3796	0,3358	0,4174	0,3791	0,5244	0,5838	0,4959	0,5342	
Laju Perbaikan	0,1545	0,2139	0,2733	0,3327	0,3921	0,4515	0,5109	0,5703	0,6297	
Laju rata-rata perbaikan										0,0594

3.2.3 Laju Perbaikan BER Pada Modulasi 16-PSK

Dari Tabel 3 didapat hasil kinerja BER pada sistem transmisi 16-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5316 sampai 0,0841. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada rentang 0 sampai 40 dB *equalizer* memperbaiki sebesar 0,0591/5dB (nilai yang diperoleh pada kenaikan 5 dB).

Tabel 3. Nilai BER dari Hasil Simulasi untuk level modulasi 16-PSK

Eb/No (dB)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
BER tanpa Eq	0,4959	0,5055	0,4889	0,5748	0,5249	0,4407	0,5286	0,4727	0,5316	
BER Meng. Eq	0,4118	0,3074	0,1634	0,0936	0,0573	0,0049	0,0304	0	0	
Δ BER	0,0841	0,1981	0,3255	0,4812	0,4676	0,4358	0,4982	0,4727	0,5316	
Laju Perbaikan	0,0841	0,1432	0,2023	0,2614	0,3205	0,3796	0,4387	0,4978	0,5569	
Laju rata-rata perbaikan										0,0591

3.2.4 Laju Perbaikan Pada Modulasi 32-PSK

Dari Tabel 4 didapat hasil kinerja BER pada sistem transmisi 32-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,4770 sampai 0,1063. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada rentang 0 sampai 40 dB *equalizer* memperbaiki sebesar 0,0517/5dB (nilai yang diperoleh pada kenaikan 5 dB).

Tabel 4. Nilai BER dari Hasil Simulasi untuk level modulasi 32-PSK

Eb/No (dB)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
BER tanpa Eq	0,5219	0,5017	0,5267	0,467	0,5242	0,5217	0,4822	0,431	0,4656
BER Meng. Eq	0,4156	0,3282	0,2881	0,1758	0,1291	0,0447	0,0438	0,0005	0
Δ BER	0,1063	0,1735	0,2386	0,2912	0,3951	0,4770	0,4384	0,4305	0,4656
Laju Perbaikan	0,1603	0,212	0,2637	0,3154	0,3671	0,4188	0,4705	0,5222	0,5739
Laju rata-rata perbaikan									0,0517

3.2.5 Laju Perbaikan Pada Modulasi 64-PSK

Dari Tabel 5 didapat hasil kinerja BER pada sistem transmisi 64-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5746 sampai 0,1007. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada rentang 0 sampai 40 dB *equalizer* memperbaiki sebesar 0,0638/5dB (nilai yang diperoleh pada kenaikan 5 dB).

Tabel 5. Nilai BER dari Hasil Simulasi untuk level modulasi 64-PSK

Eb/No (dB)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
BER tanpa Eq	0,5176	0,4954	0,4963	0,4899	0,4295	0,5719	0,4427	0,5017	0,5747
BER Meng. Eq	0,4169	0,3922	0,3248	0,2523	0,1675	0,0666	0,0227	0,0583	0,0001
Δ BER	0,1007	0,1032	0,1715	0,2376	0,2620	0,5053	0,4200	0,4434	0,5746
Laju Perbaikan	0,1007	0,1645	0,2283	0,2921	0,3559	0,4197	0,4835	0,5473	0,6111
Laju rata-rata perbaikan									0,0638

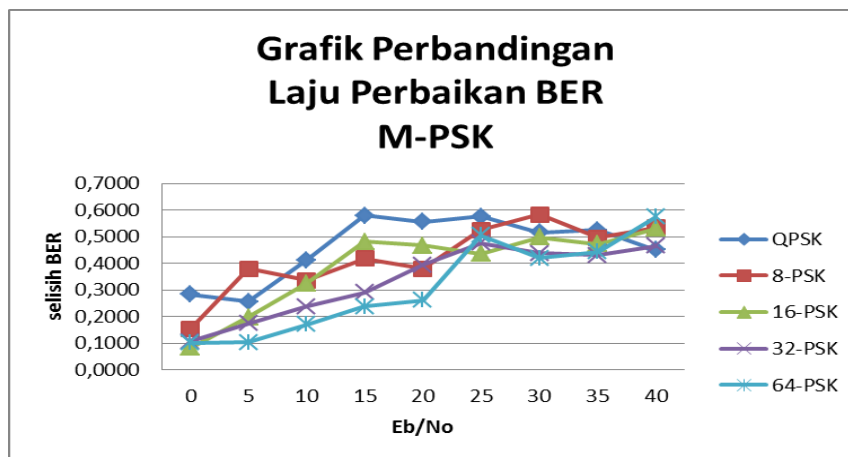
Dari hasil tabel – tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kinerja *equalizer* tertinggi dalam memperbaiki BER terjadi pada rentang 15 sampai 40 dB, sedangkan pada saat 0 dB *equalizer* menunjukkan perbaikan BER yang rendah.

Pada Tabel 6 dibawah ini merupakan hasil selisih kinerja BER pada sistem transmisi M-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer*. Pada modulasi QPSK nilai kinerja BER tertinggi bernilai 0,5805, modulasi 8-PSK 0,5838, modulasi 16-PSK 0,5316, modulasi 32-PSK 0,477 dan modulasi 64-PSK bernilai 0,5746. Sedangkan nilai kinerja BER terendah pada setiap modulasi yaitu QPSK sebesar 0,2558, 8-PSK sebesar 0,1545, 16-PSK sebesar 0,0841, 32-PSK sebesar 0,1063 dan modulasi 64-PSK sebesar 0,1007.

Dengan demikian diperoleh kinerja BER tertinggi sebesar 0,5838 pada modulasi 8-PSK dan terendah sebesar 0,0841 pada modulasi 16-PSK.

Tabel 6. Perbandingan kinerja BER sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* pada modulasi M-PSK

level modulasi	Eb/No (dB)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
QPSK	0,2842	0,2558	0,4127	0,5805	0,5571	0,5761	0,5155	0,5259	0,4500
8-PSK	0,1545	0,3796	0,3358	0,4174	0,3791	0,5244	0,5838	0,4959	0,5342
16-PSK	0,0841	0,1981	0,3255	0,4812	0,4676	0,4358	0,4982	0,4727	0,5316
32-PSK	0,1063	0,1735	0,2386	0,2912	0,3951	0,477	0,4384	0,4305	0,4656
64-PSK	0,1007	0,1032	0,1715	0,2376	0,262	0,5053	0,42	0,4434	0,5746



Gambar 8. Grafik Perbandingan Perbaikan BER M-PSK

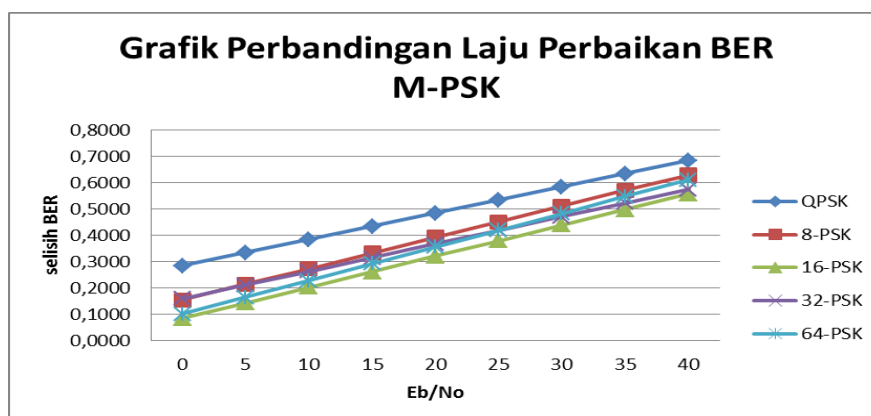
Pada Gambar di atas dapat dilihat bahwa pada modulasi 64-PSK dalam rentang Eb/no 0 sampai 40 dB menunjukkan laju perbaikan yang semakin tinggi dengan kenaikan tiap 5 dB sebesar 0,0638. Jika dibandingkan dengan modulasi QPSK dalam rentang 0 sampai 40 dB menunjukkan laju perbaikan dengan kenaikan tiap 5 dB sebesar 0,05.

Pada Tabel 7 di bawah ini merupakan nilai laju perbaikan dan *slope*, yang digunakan untuk memudahkan dalam melihat perbandingan kinerja *equalizer* dalam memperbaiki BER. Semakin besar nilai *slope*, menunjukkan bahwa kinerja *equalizer* semakin baik. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat hasil grafik pada pada Gambar 4.9 dibawah ini.

Tabel 7. Perbandingan laju perbaikan dan slope

level modulasi	Eb/No (dB)									Slope
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
QPSK	0,2842	0,3342	0,3842	0,4342	0,4842	0,5342	0,5842	0,6342	0,6842	0,05
8-PSK	0,1545	0,2139	0,2733	0,3327	0,3921	0,4515	0,5109	0,5703	0,6297	0,0594
16-PSK	0,0841	0,1432	0,2023	0,2614	0,3205	0,3796	0,4387	0,4978	0,5569	0,0591
32-PSK	0,1603	0,212	0,2637	0,3154	0,3671	0,4188	0,4705	0,5222	0,5739	0,0517
64-PSK	0,1007	0,1645	0,2283	0,2921	0,3559	0,4197	0,4835	0,5473	0,6111	0,0638

Dari Gambar 9 di bawah ini bisa disimpulkan bahwa semakin landai laju grafik yang diperoleh, menunjukkan nilai slope yang tinggi. Hal ini ditunjukkan pada grafik modulasi 64-PSK.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Laju Perbaikan BER M-PSK

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan simulasi yang dijalankan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kinerja equalizer tertinggi dalam memperbaiki BER terjadi pada rentang Eb/No 15 sampai 40 dB, sedangkan pada saat Eb/No 0 dB *equalizer* hanya menunjukkan perbaikan BER yang tidak terlalu tinggi. Sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi nilai Eb/No maka daya sinyal yang dikirimkan semakin besar sehingga dapat menurunkan nilai BER.
2. Hasil kinerja BER pada modulasi M-PSK sebelum dan sesudah menggunakan *equalizer* menunjukkan perbaikan kinerja sistem sebesar 0,5838 sampai 0,0841 pada rentang Eb/No 0 sampai 40 dB.
3. Semakin besar slope yang dihasilkan menunjukkan semakin baik kualitas dari equalizer untuk memperbaiki BER. Dimana nilai slope tertinggi terdapat pada modulasi 64-PSK sebesar 0,0638/5dB dan terendah pada modulasi QPSK sebesar 0,05/5dB.

4.2 Saran

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Dapat menggunakan dua macam *equalizer* untuk membandingkan kinerja dari *equalizer* tersebut.
2. Dapat menggunakan model kanal lain, seperti kanal *selective fading*, *fast fading*, dan *slow fading*.
3. Dapat menggunakan teknik modulasi digital lain sebagai pembanding dengan merubah nilai M-array, seperti modulasi QAM.

DAFTAR RUJUKAN

Haykin., S. (2002). *Adaptive Filter Theory*, Prentice Hall.

Haykin., S. (2003). *Least Mean Squares Adaptive Filter*. Wiley.

Aryanta, Dwi. (2004). *Analisi Ekualiser Pada Kanal Fading Rayleigh*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Dewi, Winda Aulia. (2010). *Perancangan MMSE Equalizer dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Sukresno, Fredi. (2012). *Reduksi Suara Jantung dari Rekaman Suara Paru – Paru Menggunakan Filter Adaptif dengan Algoritma Recursive Least Square (RLS)*. Badnung: Institu Teknologi Telkom.

Pamungkas, Wahyu. (2012). *Modulasi Digital Menggunakan Matlab*. Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Shandy Putra Purwokerto.