

ANALISIS UNJUK KERJA EKUALIZER PADA SISTEM KOMUNIKASI DENGAN ALGORITMA *GODARD*

Butet Nata M Simamora, Rahmad Fauzi

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: butetnatasimamora@students.usu.ac.id or nata.simamora@gmail.com

Karakteristik kanal komunikasi yang tidak ideal dapat menimbulkan terjadinya interferensi pada sinyal informasi yang melewatinya. Pada sistem telekomunikasi saat ini, gangguan *Inter Symbol Interference* (ISI) dan juga *noise* merupakan bentuk distorsi sinyal dimana satu simbol dapat mengganggu simbol berikutnya. Distorsi tersebut dapat mengakibatkan kenaikan *Symbol Error Rate* (SER) data informasi yang diamati di sisi penerima. Paper ini akan membahas ekualizer *Godard* yang dapat mengurangi interferensi. Agar ekualizer adaptif dapat bekerja dengan baik, maka parameter-parameter ekualizer perlu diatur terlebih dahulu. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan diperoleh besarnya SER untuk sinyal yang dipengaruhi oleh AWGN dan Fading Rayleigh pada SNR = 20 sampai 41 adalah 0.7164 sampai 0.7909. Untuk panjang filter (N) mulai 20 sampai 41 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.7267 sampai 0.7832. Untuk *step size* mulai dari 0.001 sampai 0.035 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.7091. sampai 0.7842.

Kata Kunci: *Symbol Error Rate (SER), Godard, ekualizer, Intersymbol Interference (ISI)*

1. Pendahuluan

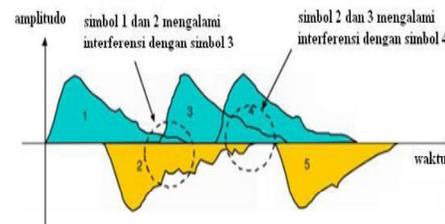
Pada sistem telekomunikasi, gangguan intersymbol (ISI) merupakan bentuk distorsi sinyal dimana satu simbol mengganggu simbol berikutnya. Hal ini dapat terjadi karena pantulan sinyal (*refleksi*) yang menyebabkan penerimaan sinyal informasi berulang dengan waktu yang berbeda (*delay*), sehingga mengakibatkan pelebaran pulsa yang memungkinkan terjadinya *interferensi* antar simbol. Distorsi-distorsi yang terjadi dapat mengakibatkan nilai *error* pada sisi penerima semakin besar. Sehingga perlu diminimalisasi dengan menggunakan ekualizer. Pada paper ini menggunakan algoritma *Godard* yang merupakan salah satu algoritma untuk aplikasi adaptif ekualizer.

2. Intersymbol Interference (ISI)

ISI dapat menyebabkan kesalahan penerjemahan bit dari informasi yang diterima. Hal ini terjadi karena adanya penerimaan sinyal informasi yang berulang dengan waktu yang berbeda, sehingga memungkinkan sebuah sinyal bertumpuk dengan sinyal berikutnya [1]. Salah satu penyebab gangguan *Intersymbol Interference* (ISI) adalah propagasi *multipath* dimana sinyal nirkabel dari pemancar mencapai penerima melalui banyak jalur yang berbeda. Ini

berarti bahwa sebagian atau seluruh simbol tertentu akan menyebar ke simbol berikutnya, sehingga mengganggu deteksi yang benar dari simbol-simbol.

Untuk menghilangkan ISI dapat dilakukan dengan memberikan filter ekualizer disisi penerima. Selain gangguan yang berupa ISI, gangguan lain yang biasanya terjadi adalah *noise*. Gambar 1 menunjukkan sinyal yang dikirimkan mengalami banyak peristiwa pada kanal yang mengakibatkan sinyal tersebut tercampur dengan *noise* dan mengalami ISI sehingga pada saat diterima simbol-simbol melebar dan mengganggu simbol yang lain.

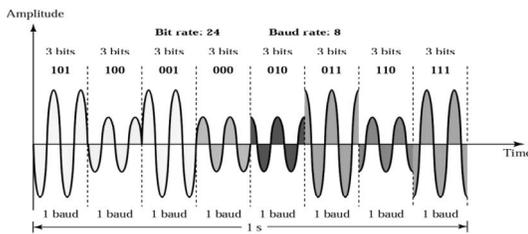


Gambar 1. *Intersymbol Interference*[2]

2.1 Konsep Modulasi *Quadrature Ampiltude Modulation* (QAM)

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadi suatu sinyal yang mampu membawa sinyal

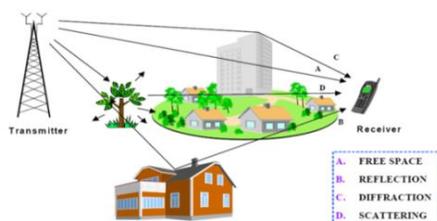
informasi[3]. *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) merupakan salah satu teknik modulasi digital yang merupakan gabungan antara modulasi fasa dan modulasi amplitudo, dimana beberapa bit dibawa oleh sinyal *carrier* dalam bentuk perubahan fasa dan beberapa bit yang lainnya dalam bentuk amplitudo. Orde QAM yang sering dinyatakan sebagai M-ary QAM menunjukkan jumlah simbol QAM yang dapat dihasilkan ($M = 2^n$), dengan n adalah jumlah bit penyusun satu simbol. Bentuk sinyal modulasi QAM dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk sinyal 8-QAM untuk jumlah bit = 3

2.2 Fading Rayleigh

Fading dapat didefinisikan sebagai perubahan fasa, polarisasi dan atau level dari suatu sinyal terhadap waktu. Untuk sistem komunikasi bergerak terdapat gangguan khusus berupa komponen *multipath* dari sinyal yang dipancarkan. Lingkungan kanal *multipath* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Lingkungan kanal *multipath*

2.3 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

AWGN merupakan salah satu jenis *noise thermal* yang ada pada sistem komunikasi adalah *noise thermal*. *Noise thermal* disebabkan oleh pergerakan-pergerakan elektron didalam yang ada pada sistem telekomunikasi, contohnya pada perangkat penerima. Persamaan Distribusi Gaussian AWGN:

$$f(n) = \frac{e^{-\left(\frac{z^2}{2\sigma^2}\right)}}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \quad (1)$$

Dimana: σ = standar deviasi, z = nilai data.

2.4 Filter Finite Impulse Response (FIR)

Filter *Finite Impulse Response* (FIR) merupakan salah satu filter digital yang mempunyai *unit sample response* yang berhingga. Filter FIR (*nonrecursive*) sering digunakan pada aplikasi filter adaptif dari ekualizer adaptif pada sistem komunikasi digital sistem pengontrol *noise* adaptif.

Filter digital FIR dapat dituliskan dengan Persamaan (2) dan (3):

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n-k) \quad (2)$$

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)z^{-k} \quad (3)$$

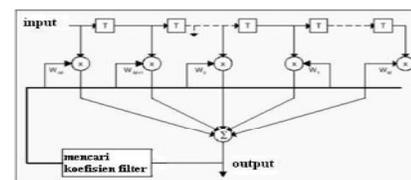
Dimana : $k = 0, 1, \dots, N-1$ adalah respons impuls atau koefisien dari filter, $H(z)$ adalah fungsi alih dari filter, N adalah panjang dari filter yang merupakan jumlah dari koefisien filter.

2.5 Ekualizer

Ekualizer merupakan filter digital yang dipasang pada sisi penerima yang bertujuan agar sinyal yang masuk pada sisi penerima tidak lagi berupa sinyal yang mengalami interferensi. Ada beberapa jenis ekualizer diantaranya :

1. *Maximum Likelihood (ML) Sequence Detection*, ekualizer jenis ini bekerja secara optimal namun tidak ada dalam praktik.
2. *Linear Equalization*, ekualizer jenis ini bekerja tidak begitu optimal namun sederhana.
3. *Non-Linear Equalization*, ekualizer jenis ini digunakan untuk beberapa jenis ISI.

Struktur ekualizer jenis *Linear Equalization* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4[2].



Gambar 4 Struktur Ekualizer

2.6 Algoritma Godard

Algoritma *Godard* adalah salah satu algoritma untuk sistem adaptif yang baru dan belum banyak digunakan. Sistem adaptif ini adalah sistem yang dirancang untuk mengatasi

gangguan dari berbagai sumber yang berubah-ubah dengan menyesuaikan diri terhadap perubahan yang terjadi. Algoritma *Godard* ini diperkenalkan oleh Godard pada tahun 1980.

Fungsi nilai dari algoritma Godard adalah[8]:

$$J(k) = E[(|y(k)|^p - R_p)^2] \quad (4)$$

Dimana $y(k)$ adalah keluaran filter transversal, p adalah suatu bilangan bulat positif dan, R_p adalah suatu bilangan konstan riil positif yang ditentukan oleh Persamaan (5).

$$R_p = \frac{E[|x(k)|^{2p}]}{E[|x(k)|^p]} \quad (5)$$

Dimana E menandakan ekspektasi nilai rata-rata yang diharapkan, $x(k)$ adalah input data *random*. Kesalahan isyarat dapat dihitung seperti Persamaan (6).

$$e(k) = y(k)|y(k)|^{p-2}(R_p - |y(k)|^p) \quad (6)$$

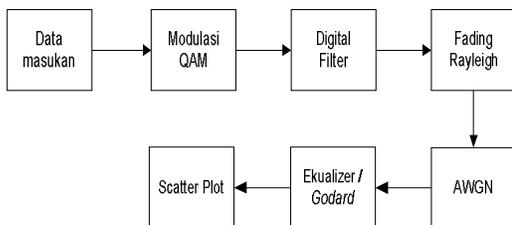
Pada iterasi k , aktualisasi adaptif untuk algoritma *Godard* diberi oleh:

$$\begin{aligned} y(k) &= u(k)^T w_g(k) \quad (7) \\ e(k) &= y(k)|y(k)|^{p-2}(R_p - |y(k)|^p) \\ w_g(k+1) &= w_g(k) + \mu e(k)u(k) \quad (8) \end{aligned}$$

Dimana $u(k)$ adalah input filter, $w_g(k+1)$ adalah koefisien vektor, dan μ adalah *step size*.

3. Permodelan Ekuwalizer Dan Sistem Komunikasi

Penganalisisan suatu sistem yang efektif adalah dengan cara memodelkan dan menjalankan sistem tersebut. Permodelan merupakan penggambaran dari sistem yang sebenarnya. Penganalisisan kinerja ekuwalizer dapat dimodelkan seperti Gambar 5.



Gambar 5 Permodelan Sistem Ekuwalizer

3.1 Asumsi-Asumsi Yang Digunakan

Asumsi atau landasan awal untuk digunakan pada pemrograman ini antara lain adalah:

1. Modulasi yang digunakan QAM
2. Pengkodean menggunakan *Godard code*
3. *Noise* yang digunakan adalah AWGN, yaitu *noise* yang terdapat pada semua spektrum frekuensi dan merupakan *noise thermal* yang sifatnya menjumlah.

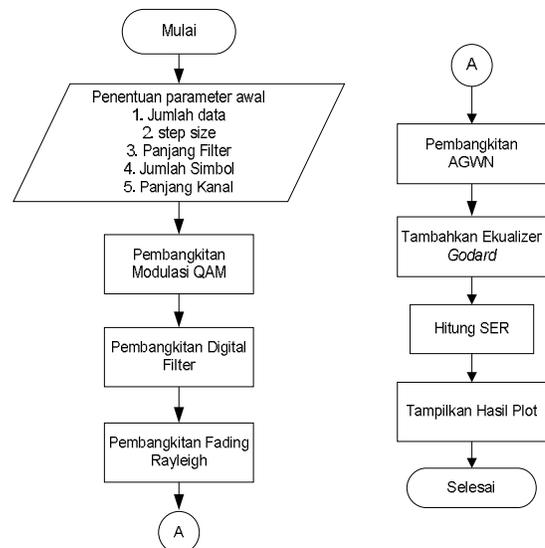
3.2 Parameter Kinerja Sistem

Parameter kinerja dari sistem ini sangat diperlukan karena akan membantu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Parameter lainnya yang akan dilibatkan dalam simulasi mencakup:

- a. Jumlah bit data
- b. Jumlah Simbol
- c. Panjang Filter
- d. *Step size*
- e. Panjang Kanal

3.3 Flowchart Keseluruhan Sistem

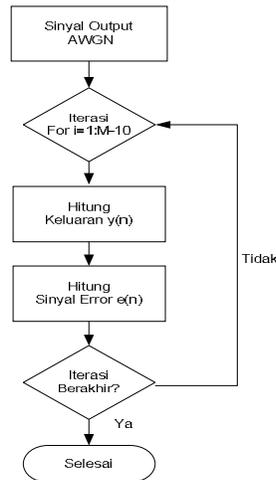
Flowchart untuk simulasi kinerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Flowchart Keseluruhan Sistem

3.4 Flowchart Algoritma Godard

Untuk Gambar 7 merupakan flowchart dari algoritma Godard secara tersendiri, yang mana nilai masukannya adalah sinyal output dari AWGN.



Gambar 7 Flowchart Algoritma Godard

4. Hasil Simulasi dan Analisis

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Matlab, berikut adalah hasil analisis untuk melihat kinerja SER pada sistem komunikasi menggunakan algoritma Godard.

4.1 Analisis Unjuk Kerja Ekuwalizer Pada Sistem Komunikasi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui besarnya probabilitas *error* (SER) yang terjadi pada sistem komunikasi dengan menggunakan algoritma *Godard*. Adapun nilai parameter sebagai masukan untuk simulasi ini adalah sebagai berikut:

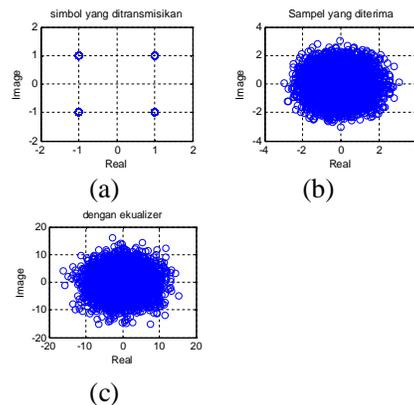
- a. Jumlah data : 4000 bit
- b. Jumlah bit : 2500
- c. SNR : 27 dB
- d. Panjang Filter : 20
- e. Panjang Kanal : 5

4.2 Pengaruh Step Size Terhadap Nilai SER Dengan MMSE

Tabel 1 Pengaruh Nilai *Step Size* Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard*.

No	μ	SER
1	0.001	0.7842
2	0.003	0.7815
3	0.005	0.7581
4	0.007	0.7567
5	0.010	0.7591
6	0.013	0.7554
7	0.015	0.7396
8	0.020	0.7433
9	0.023	0.7507
10	0.025	0.7225
11	0.030	0.7135
12	0.035	0.7091

Dari Tabel 1 dapat diamati pengaruh besarnya nilai *step size* yang digunakan terhadapnya nilai SER. Semakin besar nilai *step size* yang digunakan maka nilai SER dengan menggunakan ekuwalizer *Godard* akan semakin kecil. Untuk nilai $\mu = 0.001$ memberikan SER 0.7842. Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi Ekuwalizer *Godard*.



Gambar 8 Scatter Plot Pengaruh Nilai *Step Size* Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard* Pada Saat $\mu = 0.35$

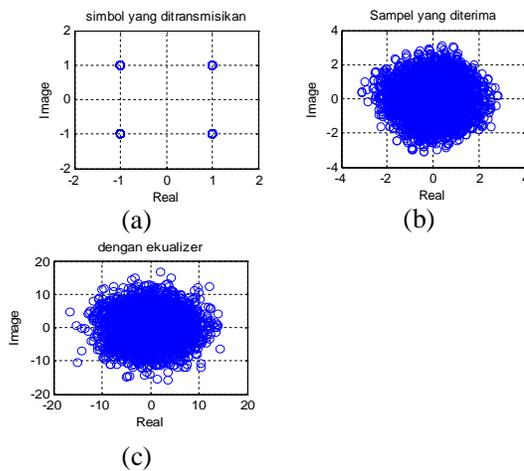
Gambar 8 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 8 (b) adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN dan Gambar 8 (c) adalah output sinyal dengan menggunakan ekuwalizer *Godard*.

4.3 Pengaruh Panjang Filter Terhadap Nilai SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard*

Tabel 2 Pengaruh Jumlah Panjang Filter Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard*

No	N	SER
1	20	0.7169
2	21	0.7267
3	23	0.7345
4	25	0.7456
5	27	0.7478
6	29	0.7533
7	31	0.7578
8	33	0.7611
9	35	0.7645
10	37	0.7734
11	39	0.7821
12	41	0.7832

Dari Tabel 2 dapat diamati pengaruh besarnya panjang filter yang digunakan terhadap SER. Semakin besar panjang filter yang digunakan maka nilai SER akan semakin besar pula. Untuk nilai $N=20$ memberikan SER 0.7169. Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi Ekuwalizer *Godard*.



Gambar 9 Scatter Plot Perubahan Panjang Filter Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard* Pada Saat Panjang Filter = 20

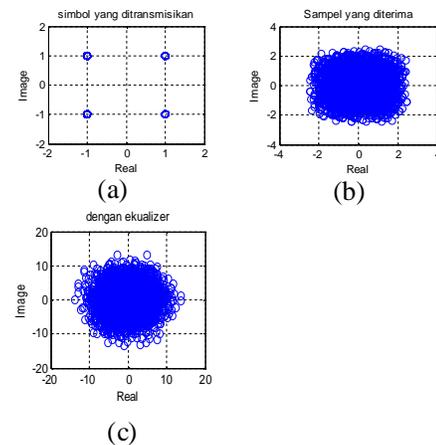
Gambar 9 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 9 (b) adalah adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN dan Gambar 9 (c) adalah output sinyal dengan menggunakan ekuwalizer *Godard*.

4.4 Pengaruh Nilai SNR Terhadap Nilai SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard*

Tabel 3 Pengaruh nilai SNR terhadap SER menggunakan ekuwalizer *Godard*

No	SNR	SER
1	20	0.7376
2	21	0.7903
3	23	0.7376
4	25	0.7866
5	27	0.7718
6	29	0.7386
7	31	0.7500
8	33	0.7258
9	35	0.7517
10	37	0.7164
11	39	0.7909
12	41	0.7624

Dari Tabel 3 dapat diamati pengaruh besarnya panjang filter yang digunakan terhadap SER. Untuk nilai $SNR=37$ memberikan SER = 0.7164. Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi Ekuwalizer *Godard*.



Gambar 10 Scatter Plot Pengaruh Nilai SNR Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer *Godard* Pada Saat SNR = 41

Gambar 10 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 10 (b) adalah adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN dan Gambar 10 (c) adalah output sinyal dengan menggunakan ekuwalizer *Godard*.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan diantaranya adalah:

1. Dalam sistem komunikasi dibutuhkan sebuah ekualizer adaptif yang bisa memperkecil / mengurangi interferensi dan *noise*.
2. Nilai *Symbol Error Rate* (SER) yang dihasilkan pada ekualizer *Godard* dipengaruhi oleh nilai *step size*, panjang filter dan besarnya nilai SNR, dimana SNR adalah perbandingan daya sinyal dan daya *noise*.
3. Semakin besar nilai SNR yang digunakan maka semakin kecil nilai SER.
4. Semakin besar nilai *step size* yang digunakan pada ekualizer *Godard* maka nilai SER akan semakin kecil.
5. Semakin besar panjang filter yang digunakan pada ekualizer *Godard* maka nilai SER akan semakin besar pula.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada T. Simamora dan M. Purba selaku orang tua penulis, Rahmad Fauzi, ST.MT selaku dosen pembimbing yang sudah membimbing penulis dalam menyelesaikan paper ini, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Analisa Kinerja Transmisi Citra Menggunakan Transformasi Wavelet Melalui Kanal Multipath.pdf (diakses pada tanggal 22 Januari 2013).
- [2] Aulia Dewi Winda, Yoedy Moegiharto, "Perancangan MMSE Equalizer Dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak", Skripsi Jurusan Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Surabaya. www.eepis-its.edu/.../downloadmk.php?id (diakses pada tanggal 4 Desember 2012).
- [3] Modulasi dan Demodulasi <http://sekaraindya.wordpress.com/2011/11/28/modulasi-dan-demodulasi/> (diakses pada tanggal 30 April 2013).
- [4] P. Hwei Hsu, Ph.D. (2005) Analog and Digital Communications (2nd ed) [Komunikasi Analog dan Digital]. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [5] Ekoaji, "Data Communication and Data Transmission" <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Media%20transmisi%20dan%20Modulasi.pdf> (diakses pada tanggal 12 Desember 2012).
- [6] Transmitter Precoding And Code-Sharing Techniques Using Block Transmission System.pdf (diakses pada tanggal 22 Januari 2013).
- [7] Gurrapu O (2009) Adaptive Filter Algorithms For Channel Equalization. University College Of Borås, Sweden.pdf (diakses pada tanggal 21 Januari 2013).
- [8] Blind Channel Equalization with Amplitude Banded Godard and Sato Algorithms JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 4, NO. 6, JULY 2009 (diakses pada tanggal 18 Desember 2012)
- [9] Salman. M, 2009, "Analisa Performasi Sistem Diversitas Alamouti menggunakan Teknik Estimasi Kanal, Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara. (diakses pada tanggal 18 Desember 2013).