

ANALISIS UNJUK KERJA EKUALIZER PADA SISTEM KOMUNIKASI DENGAN ALGORITMA STOP AND GO

Indra Fauziah, Rahmad Fauzi

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: indra.fauziah@students.usu.ac.id or indra.fauzia@gmail.com

Abstrak

Karakteristik kanal komunikasi yang tidak ideal menimbulkan distorsi pada sinyal informasi yang melewatinya. Distorsi tersebut dapat mengakibatkan kenaikan *Symbol Error Rate* (SER) pada data informasi hasil deteksi di sisi penerima. Pengaruh distorsi kanal pada sinyal informasi dapat dikurangi dengan penggunaan ekualizer. Paper ini menyajikan analisis kinerja ekualizer, yang didasarkan pada pendekatan linier dari Ekualizer *Stop and Go* yang dipengaruhi oleh bit yang ditransmisikan, iterasi *Step Size*, panjang filter dan *Signal To Noise Ratio* (SNR) serta penambahan kanal *Fading Rayleigh* dan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *step size*, panjang filter dan SNR sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai SER. Semakin besar nilai *step size* dan panjang filter maka semakin besar pula nilai SER yang diperoleh. Semakin besar nilai SNR semakin kecil nilai SER yang diperoleh.

Kata Kunci: Ekualizer *Stop and Go*, *Symbol Error Rate* (SER), *Step size*, *Panjang Filter*, *Signal To Noise Ratio* (SNR)

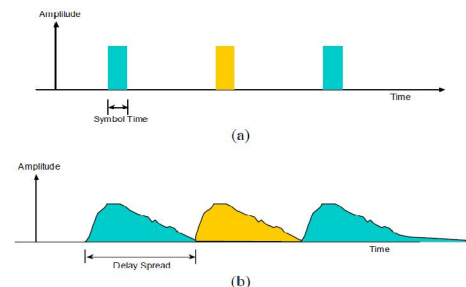
1. Pendahuluan

Pemrosesan sinyal memainkan peran penting dalam banyak sistem komunikasi modern. Pemrosesan ini adalah teknik yang penting untuk menghindari distorsi dan gangguan dalam link komunikasi. Pemerataan saluran merupakan sub-sistem penting dalam penerima komunikasi. Ekualizer adalah teknik yang digunakan untuk menghilangkan *Intersymbol Interference* (ISI) atau gangguan antar-simbol yang dihasilkan karena *bandwidth* terbatas dari saluran transmisi. Tujuan dari ekualizer adalah untuk mengurangi ISI sebanyak mungkin untuk memaksimalkan kemungkinan keputusan yang benar. Paper ini menggunakan algoritma *Stop and Go* sebagai pendekatan linear ekualizer.

2. *Inter Symbol Interference* (ISI)

Dalam telekomunikasi, gangguan ISI merupakan bentuk distorsi sinyal dimana satu simbol mengganggu simbol berikutnya. Oleh karena itu, pada desain filter transmisi diperlukan adanya ekualizer, tujuannya adalah untuk meminimalkan efek dari ISI, dan memberikan data digital ke tujuan dengan tingkat kesalahan sekecil mungkin. Pada Gambar 1(a) ditunjukkan ilustrasi data yang

dikirimkan dan pada Gambar 1(b) ditunjukkan data yang diterima. Terlihat bahwa data yang diterima mengalami pelebaran sinyal akibat adanya delay dari saluran transmisi. Keberadaan ISI sangat tidak diperlukan seperti layaknya *noise* yang dapat mengakibatkan komunikasi kurang baik untuk diandalkan [1].



Gambar 1. (a) Data yang dikirim
(b) Data yang diterima

2.1 Parameter *Step Size*

Kuantisasi merupakan proses pengelompokan pada selang-selang (interval) tertentu. Besarnya selang kuantisasi ini disebut juga dengan istilah *step size*. Banyaknya selang (interval) bergantung pada banyaknya bit yang akan digunakan untuk proses penyandian. Banyaknya jumlah bit yang akan digunakan

untuk proses penyandian akan menentukan banyaknya jumlah selang (interval) kuantisasi. Semakin besar n maka semakin besar pula jumlah selang (interval) yang digunakan. Hal ini juga berarti nilai *step size* semakin kecil. Semakin kecil nilai *step size*, maka proses pemodulasian akan semakin teliti, sehingga sinyal yang diperoleh semakin mendekati sinyal aslinya [2].

2.2 Signal To Noise Ratio (SNR)

SNR merupakan perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap daya noise yang diterima pada suatu titik pengukuran. SNR ini merupakan sebuah parameter untuk menunjukkan tingkat kualitas sinyal pada jalur koneksi. Makin besar nilai SNR, makin tinggi kualitas jalur tersebut. Artinya, makin besar pula kemungkinan jalur itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal dalam kecepatan tinggi. Biasanya SNR diukur pada sisi penerima, karena nantinya digunakan untuk memproses sinyal yang diterima dan menghilangkan derau yang tidak diinginkan. Secara matematis, SNR dinyatakan dalam satuan decibel (dB). Adapun persamaannya adalah sebagai berikut [3] :

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_n} \right) \quad (1)$$

Dimana P_s = Power Signal (Watt)

P_n = Power Noise (Watt).

2.3 Perhitungan Panjang Filter berdasarkan Metode Windowing

Ada beberapa pilihan metode dalam merancang filter digital. Salah satunya metode *windowing*. Ide dasar metode *windowing* adalah untuk memperoleh respon frekuensi ideal filter dan menghitung respon *impulse* nya. Masalahnya respon *impulse* suatu filter panjangnya tidak hingga (*infinite*), berlawanan dengan filter yang kita inginkan. Untuk mengatasinya dilakukan pemotongan respon *impulse*, namun ternyata mengakibatkan *ripple* berlebihan pada *passband* dan *stopband attenuation* yang buruk. Guna memperbaiki respon filter maka diterapkan teknik *windowing*. Bila dimisalkan $w(n)$ adalah fungsi *window* dan $h_d(n)$ adalah respon *impulse* dari filter ideal, maka respon *impulse* dari filter yang sebenarnya akan dirumuskan sebagai [4] :

$$h(n) = h_d(n) w(n) \quad (2)$$

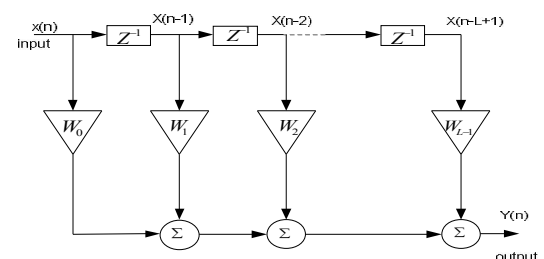
Jika dalam domain frekuensi fungsinya terbatas (non periodik) maka fungsi tersebut dalam domain waktu adalah tak terbatas

(periodik), begitu juga sebaliknya. Karena filter sifatnya adalah terbatas dalam domain frekuensi (hanya melewati frekuensi tertentu) fungsi sistem tersebut dalam domain waktu adalah tak terbatas, padahal kita menginginkan suatu filter yang panjangnya terbatas (*finite*). Karena itu kita “membatasi” panjang filter dalam domain waktu dengan metode *windowing*. Efek dari pembatasan jumlah koefisien pada domain waktu itu adalah filter yang panjangnya tidak terbatas dalam domain frekuensi.

Suatu fenomena yang disebut fenomena Gibbs berkaitan dengan *ripple* dan panjang filter. Fenomena Gibbs menunjukkan bahwa semakin panjang jumlah koefisien atau panjang filter maka *ripple* akan semakin berkurang [4].

2.4 Filter Digital Finite Impuls Respons (FIR)

Filter digital adalah sebuah implementasi algoritma matematik ke dalam perangkat keras dan/atau perangkat lunak yang beroperasi pada sebuah sinyal input digital untuk menyaring sinyal input menjadi sinyal output agar tujuan pemfilteran tercapai. Diagram blok filter digital dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan struktur filter secara garis besar filter digital dapat dibagi menjadi dua yaitu filter digital dengan tanggapan impuls berhingga (FIR) dan filter digital dengan tanggapan impuls tak berhingga (IIR) [5].

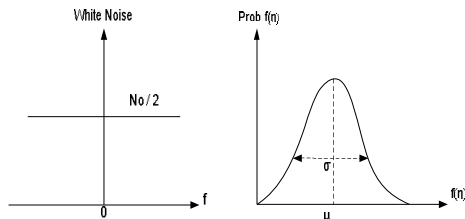


Gambar. 3 Blok Diagram Dari Bentuk Langsung Filter Digital FIR

2.5 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Salah satu jenis noise yang ada pada sistem komunikasi adalah *noise thermal*. *Noise thermal* ini disebabkan oleh pergerakan-pergerakan elektron di dalam konduktor yang ada pada sistem telekomunikasi, misalnya pada perangkat penerima. Pada bidang frekuensi, *noise thermal* ini memiliki nilai kepadatan spektrum daya yang sama untuk daerah frekuensi yang lebar, yaitu sebesar $N_0/2$, seperti

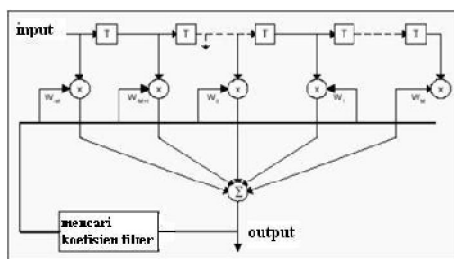
yang dapat dilihat pada Gambar 4 (a) sedangkan fungsi kepadatan probabilitas AWGN ditunjukkan pada Gambar 4 (b) [6].



Gambar. 4 (a) Grafik Kepadatan Spektrum Daya White Noise
(b) Fungsi Kepadatan Probabilitas AWGN

2.5 Ekuwalizer

Ekuwalizer merupakan alat yang digunakan untuk memperbaiki data yang rusak akibat distorsi kanal. Ekuwalizer merupakan filter digital yang dipasang pada sisi penerima yang bertujuan agar sinyal yang masuk pada sisi penerima tidak lagi berupa sinyal yang mengalami interferensi. Untuk kanal komunikasi yang karakteristiknya tidak diketahui filter di penerima tidak dapat didesain secara langsung. Proses ekuwalisasi dapat mengurangi efek ISI dan noise untuk demodulasi yang lebih baik. Struktur ekuwalizer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 [7].



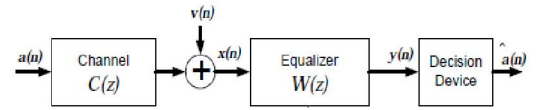
Gambar. 5 Struktur equalizer

2.6 Algoritma Stop And Go

Stop And Go 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 terhadap perubahan yang terjadi.

Algoritma Stop And Go diperkenalkan pertama kali oleh Giorgio Picchi dan Giancarlo Prati yang tidak didasarkan oleh error kompleks output e_n . Istilah “STOP AND GO” menunjukkan bahwa pada setiap waktu koefisien tap tidak disesuaikan. Sebagai gantinya reabilitas error dicek dan kemudian algoritma memutuskan apakah koefisien tap harus

disesuaikan atau tidak. Model saluran linier ekuwaliser dapat ditunjukkan dengan Gambar 6 [3].



Gambar. 6 Sistem Equalizer

Fungsi dari ekuwaliser pada penerima adalah untuk memperkirakan data asli $\{a_n\}$ dari penerima sinyal x_n . Hubungan dari masukan dan keluaran dari sistem QAM dapat dituliskan [8]:

$$x_n = \sum_{i=0}^{K-1} a_{n-i} T c_i + v_n \tag{3}$$

Dan untuk pembaharuan koefisien dari ekuwaliser adaptif adalah [8] :

$$W_{n+1} = W_n - \mu (y_n - D[y_n]) X_n^* \tag{4}$$

fungsi nilai minimisasi dianggap sama dengan algoritma MMSE. Dan fungsi harga tengah nya di definisikan sebagai [8] :

$$J(w) = E[\psi[y_n]] \tag{5}$$

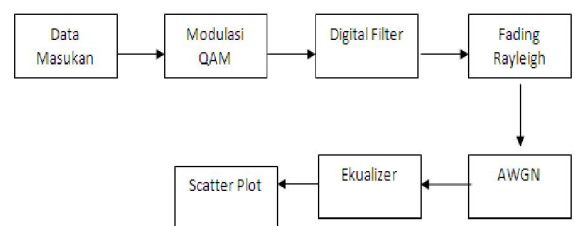
Dan untuk estimasi kesalahannya adalah [8]

$$e(k) = y(k) - \text{sgn}(y(k)) - y(k) \tag{6}$$

Untuk mengetahui kinerja dari algoritma Stop and Go tersebut diperlukan penambahan noise dengan cara menambahkan Fading Rayleigh dan AWGN [8].

3. Pemodelan Sistem Ekuwalizer

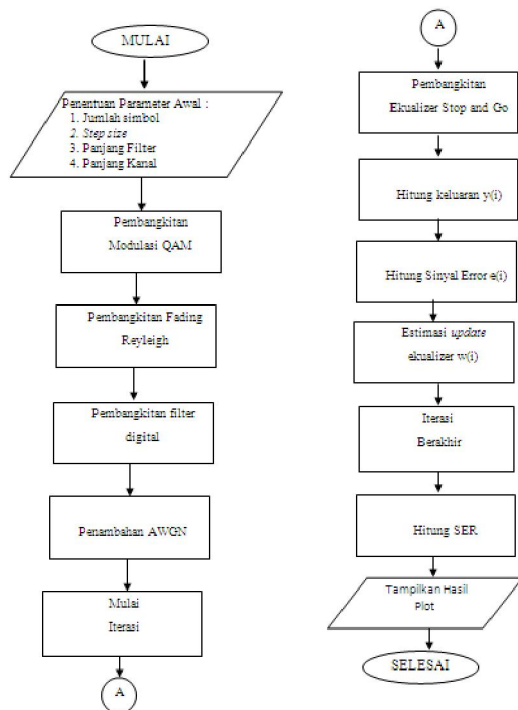
Pada Gambar .7 diilustrasikan model sistem ekuwalizer yang akan dianalisis yang terdiri dari empat blok utama yaitu : random data generator, rectangular 4-QAM, filter digital, kanal AWGN, ekuwalizer, dan beberapa scatter plot. Simulasi ini menggunakan MATLAB R2010a.



Gambar. 7 Pemodelan Sistem Ekuwalizer

3.1 Flowchart Secara Keseluruhan

Flowchart untuk simulasi kinerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar. 8 Algoritma Simulasi Ekuwalizer *Stop And Go*

4. Analisis Unjuk Kerja Ekuwalizer Pada Sistem Komunikasi

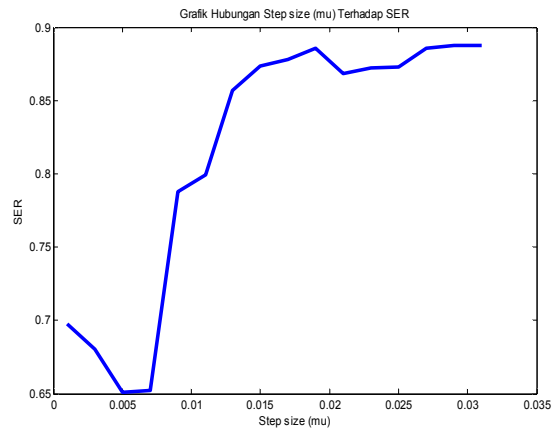
Proses kinerja ekuwalizer menggunakan algoritma *Stop And Go* terdiri dari penentuan parameter sistem yaitu berapa jumlah bit yang dikirim, nilai *step size*, panjang filter, dan nilai SNR yang digunakan. Selanjutnya dibangkitkan bit transmisi acak sejumlah banyak bit yang telah ditentukan.

4.1 Pengaruh *Step Size* Terhadap Nilai SER Menggunakan Ekuwalizer *Stop And Go*

Adapun masukan-masukan pada simulasi ini adalah sebagai berikut :

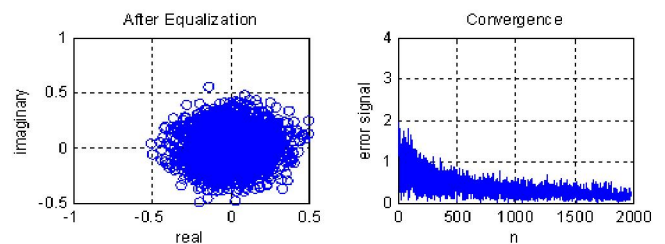
- Jumlah data = 2000 simbol
- SNR = 25 dB
- Panjang Filter = 20
- Panjang Kanal = 1

Gambar. 9 ini diperoleh dengan menjalankan program dengan nilai masukan tertentu. Kemudian dilanjutkan dengan mengganti nilai-nilai μ (*step size*) dari nilai 0.001 sampai 0.032.



Gambar. 9 Grafik hubungan antara nilai *step size* (μ) yang diubah-ubah terhadap nilai SER

Untuk hasil simulasi Ekuwalizer *Stop And Go* hanya diambil satu contoh pencapaian nilai SER pada satu nilai μ , dengan demikian dapat dilihat bagaimana pengaruh nilai *step size* terhadap nilai SER pada sistem komunikasi menggunakan ekuwalizer *Stop And Go*. Dan untuk hasil simulasinya ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar. 10 Scatter Plot Perubahan Nilai *Step Size* Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer *Stop and Go*

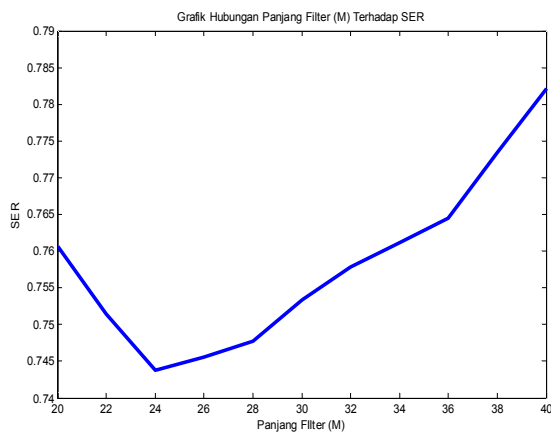
4.2 Pengaruh Panjang Filter Terhadap Nilai SER Pada Ekuwalizer *Stop And Go*

Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah panjang filter (M) yang

digunakan terhadap nilai SER. Adapun masukan-masukan pada simulasi ini adalah sebagai berikut :

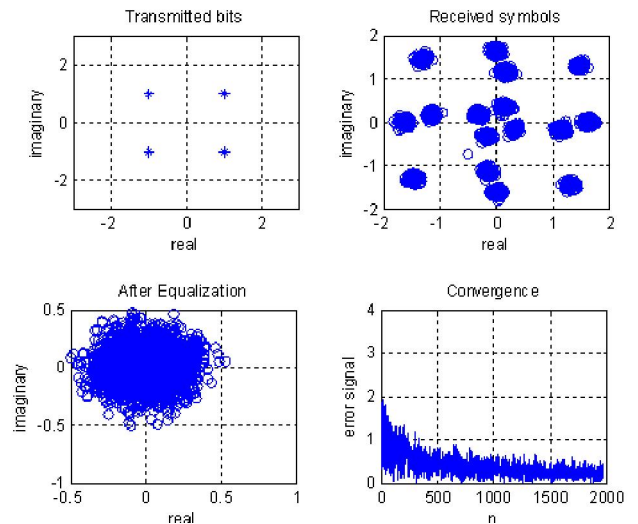
- a. *Step size* = 0.001
- b. Jumlah data = 2000 simbol
- c. SNR = 25 dB
- d. Panjang Kanal = 1

Gambar. 11 diperoleh dengan menjalankan program dengan nilai masukan tertentu. Kemudian dilanjutkan dengan mengganti nilai-nilai panjang filter (M) dari nilai 20 sampai 41, dimana hanya diambil satu contoh pencuplikan nilai SER pada satu panjang filter.



Gambar. 11 Grafik hubungan antara nilai Panjang Filter (M) yang diubah-ubah terhadap nilai SER

Untuk hasil simulasi Ekuwalizer *Stop And Go* hanya diambil satu contoh pencuplikan nilai SER pada satu nilai, dengan demikian dapat dilihat bagaimana pengaruh nilai Panjang Filter (M) terhadap nilai SER pada sistem komunikasi menggunakan ekuwalizer *Stop And Go*. Dan untuk hasil simulasinya ditunjukkan pada Gambar. 12



Gambar. 12 Scatter Plot Perubahan Panjang Filter Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer *Stop And Go*

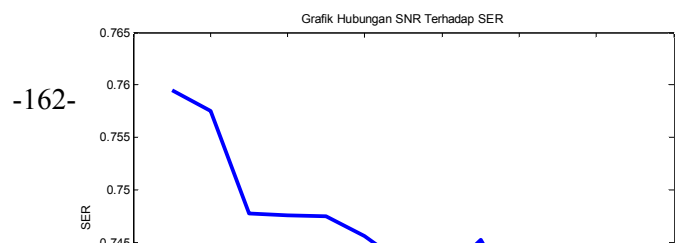
Gambar. 12 menunjukkan hasil simulasi perubahan yang terjadi akibat Panjang Filter yang diubah-ubah. Gambar 12 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar. 12 (b) adalah adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN Gambar. 12 (c) adalah output sinyal dengan menggunakan ekuwalizer *Stop And Go* dan Gambar. 12 (d). sinyal error dari keluaran ekuwalizer *Stop And Go*.

4.3 Pengaruh Nilai SNR Terhadap Nilai SER Menggunakan Ekuwalizer *Stop And Go*

Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai SNR yang digunakan terhadap nilai SER. Adapun masukan-masukan pada simulasi ini adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah bit yang dikirimkan = 2000 simbol
- b. *Step size* = 0.001
- c. Panjang Filter = 20
- d. Panjang Kanal = 1

Gambar. 13 ini diperoleh dengan menjalankan program dengan nilai masukan tertentu. Kemudian dilanjutkan dengan mengganti nilai-nilai SNR.



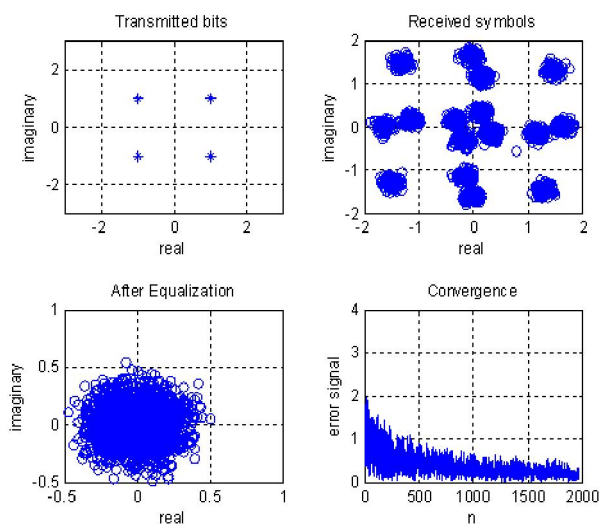
3. Semakin besar nilai *step size* yang digunakan maka nilai SER akan semakin besar. Untuk *step size* mulai dari 0.001 sampai 0.032 besarnya SER 0.6977 sampai 0.8695.

7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Legimin Age dan Hasbiah selaku orang tua penulis, Rahmad Fauzi, ST, MT selaku dosen pembimbing, dan Naemah Mubarakah, ST. MT serta Dr. Ali Hanafiah Rambe, ST. MT yang sudah membimbing penulis dalam menyelesaikan paper ini, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Gambar. 13 Grafik hubungan antara nilai SNR yang diubah-ubah terhadap nilai SER

Dan untuk hasil simulasinya ditunjukkan pada Gambar 14 .



Gambar . 14 Scatter Plot Perubahan Nilai SNR Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer *Stop And Go*

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan diantaranya adalah:

1. Semakin besar nilai SNR yang digunakan pada ekuwalizer *Stop And Go* maka nilai SER akan semakin kecil. Untuk SNR mulai dari 15 dB sampai 27 dB besarnya SER 0.7595 sampai dengan 0.7387
2. Semakin besar panjang filter yang digunakan maka nilai SER akan semakin besar pula. Untuk panjang filter mulai dari 20 sampai 41 besarnya SER 0.7606 sampai 0.7832

8. Daftar Pustaka

- [1]. Chandran Vijaya, “ Equalizer Simulation”, paper, EECS 862 Project II, (https://www.cresis.ku.edu/~rvc/documents/862/862_eqproject.pdf)
- [2]. Indah Susilawati, S.T., M.Eng. 2009, “Teknik Telekomunikasi Dasar, kuliah 5, Jurnal, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana Yogyakarta
- [3]. Arista Wirawan, 1998, “Simulasi Modulasi dan Demodulasi Sinyal F-QPSK pada Kanal yang Dipengaruhi AWGN dan Fading Rayleigh, Jurnal pada Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- [4]. Neily T. Mooniarsih, “Desain dan Simulasi Filter FIR Menggunakan Metode Windowing” Jurnal ilmiah, Universitas Tanjungpura.
- [5]. Ekoaji, 2009 “ Data Communication and Data Transmission”, Jurnal Ilmiah. (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Media%20transmisi%20dan%20Modulasi.pdf>)
- [6] P. Hwei Hsu, Ph.D. (2005) Analog and Digital Communications (2nd ed) [Komunikasi Analog dan Digital]. Jakarta: Penerbit Erlangga
- [7] Aulia Dewi Winda, Yoedy Moegiharto, “Perancangan MMSE Equalizer Dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak”,

Skripsi Jurusan Teknik Telekomunikasi,
Institut Teknologi Surabaya

- [8] *Shafayat Abrar*, 2007. “ *Stop-and-Go Algorithm for Blind Equalization in QAM Data Communication System* Paper, Member IEEE 2003 (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.128.4720>)