

Analisis Unjuk Kerja *Decision Feedback Equalizer* Pada Sistem SCFDMA

Fitri Amillia¹, Mulyono², Rifky Pradifta Eka Putra³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Kampus Raja Ali Haji Jl.H.R.Soebrantas No.155 KM 18 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
e-mail: fitriamillia@uin-suska. ac.id

Abstrak

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SCFDMA) merupakan teknik *multiple access* menggunakan *single carrier* dalam mengirimkan data yang diimplementasikan pada sisi uplink 4G. *Inter symbol interference (ISI)* yaitu suatu gangguan yang besar untuk efisiensi transmisi pada data digital, *ISI* terjadi saat deretan data simbol yang saling tumpang tindih (*over lapping*), sehingga diperlukan suatu teknik equalisasi yaitu *Decision Feedback Equalizer (DFE)* sebagai metode mengatasi *ISI*. Tujuan penelitian ini dilakukan analisis kinerja *DFE* pada sistem komunikasi SCFDMA melalui kanal AWGN dan Rayleigh Fading dengan parameter *Symbol Error Rate (SER)*. Penelitian ini menghasilkan unjuk kerja *DFE* pada sistem komunikasi SCFDMA melewati kanal AWGN dan Rayleigh Fading. Pada kanal AWGN yaitu saat sistem menggunakan *DFE* nilai pada *SER* mencapai 10^{-3} menghasilkan *Es/No* 8 dB, sedangkan tanpa *DFE* nilai *SER* mencapai 10^{-3} menghasilkan *Es/No* yang besar 14 dB. Pada kanal Rayleigh Fading saat menggunakan *DFE* nilai *SER* mencapai 10^{-3} menghasilkan *Es/No* 8 dB, sedangkan tanpa *DFE* hanya mencapai dimana nilai *SER* mencapai 10^{-2} menghasilkan *Es/No* yang besar yaitu 30 dB. Jadi unjuk kerja sistem SCFDMA yang lebih baik pada saat menggunakan *DFE* yaitu menghasilkan nilai *SER* mencapai 10^{-3} sesuai dengan standar komunikasi.

Kata Kunci : SCFDMA, ISI, Equalizer, AWGN, Rayleigh Fading

Abstract

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SCFDMA) is a *multiple access* technique using *single carrier* in transmitting data that is implemented on the 4G uplink side. *Inter symbol interference (ISI)* is a major disturbance for transmission efficiency in digital data, *ISI* occurs when overlapping symbol data. So it needs an equalization technique that is *Decision Feedback Equalizer (DFE)* as a method of overcoming *ISI*. The purpose of this research is to analyze *DFE* performance on SCFDMA communication system through AWGN channel and Rayleigh Fading channel with *Symbol Error Rate (SER)* parameter. This study resulted in the performance of *DFE* on SCFDMA communication system through AWGN and Rayleigh Fading channel. In the AWGN channel when the system uses *DFE* the *SER* value reaches 10^{-3} resulting in *Es/ No* 8 dB, whereas without *DFE* the *SER* value reaches 10^{-3} resulting in a large *Es/No* 14 dB. On the Rayleigh Fading channel when using *DFE* the *SER* values reaches 10^{-3} resulting in *Es/ No* 8 dB, whereas without *DFE* it only reaches where *SER* values reaches 10^{-2} resulting in a large *Es / No* of 30 dB. So the performance of SCFDMA system is better when using *DFE* is to produce *SER* value reach 10^{-3} according to communication standard.

Keywords: SCFDMA, ISI, Equalizer, AWGN, Rayleigh Fading

1. Pendahuluan

Sistem teknologi nirkabel selalu dituntut bebas dari kesalahan-kesalahan bit informasi yang diterima pada saat proses pengiriman sehingga menghasilkan unjuk kerja yang bagus dan sesuai standar komunikasi nirkabel. Salah satu Teknologi nirkabel generasi terbaru yaitu 4G atau sering disebut *Long Term Evolution (LTE)*. Teknologi *Long Term Evolution (LTE)* untuk transmisi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SCFDMA)* di sisi uplink. SCFDMA merupakan teknik komunikasi menggunakan *single carrier*. Uplink merupakan transmisi data dari *unit mobile* (atau ponsel) ke menara BTS. Pada sistem SCFDMA ditambahkan operasi *Fast Fourier Transform (FFT)* di sisi pengirim dan *Invers Fast Fourier Transform (IFFT)* di sisi penerima. [1].

Pada penelitian berjudul "*Comparative Analysis of Equalization Methods for SC-FDMA*". Penelitian ini menganalisa simulasi teknik equalisasi pada sistem Uplink yaitu SCFDMA dengan simulasi pada *Matlab* menggunakan sistem konfigurasi antenna *Single Input Single Output*

(SISO) dan modulasi yang digunakan adalah 16-QAM. Selanjutnya membandingkan tiga teknik ekualisasi yaitu *MMSE equalization (Linier Equalization)*, *decision feedback equalization (DFE)* dan *turbo equalization*. Hasilnya *DFE Equalizer* menunjukkan kemampuan yang baik dalam menghilangkan *ISI*, tetapi untuk mengatasi *error* propagasi lebih cocok ke *Turbo Equalizer*. [2].

Semakin bertambahnya gedung tinggi di perkotaan maka memberikan banyak multipath pada transmisi nirkabel. Fenomena multipath adalah suatu bentuk gangguan atau interferensi yang muncul ketika sinyal memiliki lebih dari satu jalur pada saat ditransmisikan. Propagasi dari multipath mengakibatkan terjadinya perbedaan waktu sehingga dapat menyebabkan terjadinya intersymbol interference (ISI) dimana simbol yang satu akan mengganggu simbol yang lainnya. ISI akan menyebabkan kesalahan pembacaan bit pada sisi penerima, sehingga sinyal yang diterima tidak sama dengan sinyal yang dikirim. Salah satu cara untuk menghilangkan ISI adalah dengan menambahkan sebuah equalizer pada sisi penerima. Pada penelitian ini equalizer yang digunakan *Zero Forcing* dengan modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Kinerja dari *zero forcing equalizer* dilihat dari grafik BER yang dihasilkan. Untuk mendapatkan hasil BER yang bagus maka harus menentukan jumlah tap yang sesuai. [3].

Penelitian berjudul tentang "*Kinerja Adaptive Decision Feedback Equalizer (DFE) Soft Decision Untuk Kanal SUI*" membahas penggabungan antara penggunaan kanal SUI dan *decision feedback equalizer (DFE) soft decision device* untuk mengatasi kesalahan propagasi akibat adanya ISI. *Decision device* untuk *soft feedback equalizer* dioptimalkan menggunakan fungsi harga peminiman *mean square error (MSE)* yang nantinya digunakan lagi sebagai masukan decision device. Selanjutnya, dengan menggunakan modulasi *binary phase shift keying (BPSK)* diperoleh bit error rate (BER) hasil optimasi soft decision device. Hasil simulasi ditunjukkan sebagai perbandingan kinerja BER antara optimasi DFE soft dan DFE hard (konvensional). [4].

Pemodelan sistem teknologi SCFDMA dengan menggunakan *DFE equalizer*, diperlukan suatu standarisasi internasional untuk kanal dan modulasi yang akan digunakan. Standarisasi internasional ini merupakan spesifikasi untuk teknologi *3GPP LTE* yaitu kanal *bandwidth* pada teknologi *LTE* frekuensi yang telah ditetapkan adalah 1.4, 3, 5, 10, 15, dan 20 MHz, modulasi *QPSK*, jarak antar *subcarrier* 15Khz, FFT (5 Mhz *bandwidth*) untuk 512 *subcarrier*. Maka dari itu *subcarrier* dari teknologi SCFDMA pada kanal yang digunakan dapat bekerja dengan baik dan tetap menjaga agar *ISI* tidak semakin besar [1].

A. Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SCFDMA)

Sistem komunikasi SCFDMA pada teknologi *LTE* merupakan sistem yang berada padasisi *uplink* yakni dari pengguna atau *User Equipment (UE)* ke *Evolvod Node B (eNodeB)* atau *Base Transceiver Station (BTS)*. Durasi waktu yang lebih singkat dengan lebar *subcarrier* yang lebih besar dibandingkan *OFDMA*, sehingga apabila terkena *noise* maka variasi daya yang terjadi antara *carrier*-nya tidak terlalu besar merupakan alasan dipilihnya teknologi SCFDMA. [1].

Pada dasarnya Teknologi SCFDMA banyak memiliki kesamaan dengan teknologi *OFDMA* dengan mempertahankan *orthogonal* antar *subcarrier*. Hanya saja pada SCFDMA terdapat penambahan proses DFT (*Discrete Fourier Transform*) pada *transmitter*. Berbeda dengan *OFDMA*, pada SCFDMA ini setiap simbol data disebar di beberapa *subcarrier*, sehingga disebut juga *DFT-spread OFDM*. [5].

B. Modulasi

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal informasi terhadap sinyal pembawa. Modulasi *QPSK* merupakan modulasi yang sama dengan *BPSK*, tetapi pada *QPSK* terdapat empat buah level sinyal, yang merepresentasikan empat kode *binary*, yaitu '00', '01', '11', '10'. Masing-masing level sinyal disimbolkan dengan perbedaan fasa 90°. Kelebihan dan kekurangan modulasi *QPSK* yaitu lebih tahan terhadap interferensi dan laju bit yang rendah. [6]. Sinyal modulasi *QPSK* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2 E_i(t)}{T}} \cos 2\pi f_e t + (2i - 1) \frac{\pi}{4} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

i	= 1,2,3,4
E_i	= <i>energy bit</i> dari sinyal informasi
T	= durasi bit
f_c	= <i>frekuensi carrier</i> dalam Hertz (Hz)

C. Kanal AWGN

Pada kanal transmisi selalu terdapat penambahan *noise* yang timbul karena akumulasi *noise termal* dari perangkat pemancar, kanal transmisi, dan perangkat penerima. *Noise* menyertai sinyal pada sisi penerima dapat didekati dengan model matematis *statistic* AWGN. *Noise* AWGN adalah *noise* yang pasti terjadi dalam jaringan *wireless* mana pun, memiliki sifat-sifat *Additive, White dan Gaussian*. Sifat *Additive* artinya *noise* ini dijumlahkan dengan sinyal, sifat *White* artinya *noise* tidak tergantung dari frekuensi operasi sistem dan memiliki rapat daya yang konstan, dan sifat *Gaussian* artinya besar.

Distribusi AWGN dengan pdf :

$$P(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sigma}\right)^2\right] \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : P(n) = probabilitas kemunculan *noise*

σ	= standar deviasi
m	= rata-rata (<i>mean</i>)
n	= variabel (tegangan atau daya sinyal)

D. Kanal Rayleigh Fading

Perambatan sinyal antara pemancar dan penerima yang berbeda-beda tersebut mengakibatkan kuat sinyal penerimaan menjadi bervariasi. Sinyal yang diterima oleh *receiver* yang melewati suatu kanal *multipath* merupakan jumlah dari keseluruhan sinyal yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*). Pada kanal *multipath* mempunyai *respon impuls* yang bervariasi. *Rayleigh fading* dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$h = h_{re} + h_{im} \dots\dots\dots(3)$$

dimana bagian h_{re} dan h_{im} mempunyai nilai distribusi *Gaussian* dengan nilai mean = 0.

Persamaan distribusi kanal *rayleigh fading* dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$p(t) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\left(\frac{r^2}{2\sigma^2}\right)} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$p(t)$	= fungsi kerapatan probabilitas
r	= amplitudo acak
σ^2	= variansi pdf

E. Decision Feedback Equalizer (DFE)

Decision feedback equalizer (DFE) salah satu ekualiser filter *non linier*. DFE mengatasi *ISI* pada data yang diterima, tetapi juga menggunakan simbol terdeteksi yang terlepas dari *ISI* sebagai simbol sekarang (*current symbol*). [4].

DFE terdiri dari 2 filter, filter pertama adalah *Feed forward Filter* (FF), dimana FF biasanya disebut juga sebagai *fractionally-spaced FIR filter* yang disesuaikan dengan tap koefisien. Filter kedua adalah *Feed Back Filter* (FB), dimana disebut juga sebagai *FIR filter* yang disesuaikan dengan *tap symbol-spaced*. Masukan bagian *feed forward* adalah deretan sinyal yang diterima dan keluaran *feed forward* menjadi inputan *LMS* yang diteruskan ke *feedback* sehingga keluaran *feedback* menjadi inputan untuk proses *IFFT*. [7].

Koefisien tap pada DFE biasanya menggunakan *Mean Square Error* (MSE) dengan memilih Algoritma adaptif *Least Mean Square* (LMS). LMS merupakan algoritma yang digunakan untuk memperbarui/mengubah nilai koefisien ekualiser agar selalu dapat menyesuaikan dengan respon impuls saluran, pada kanal baik AWGN maupun *Rayleigh Fading*. [7].

F. Symbol Error Rate (SER)

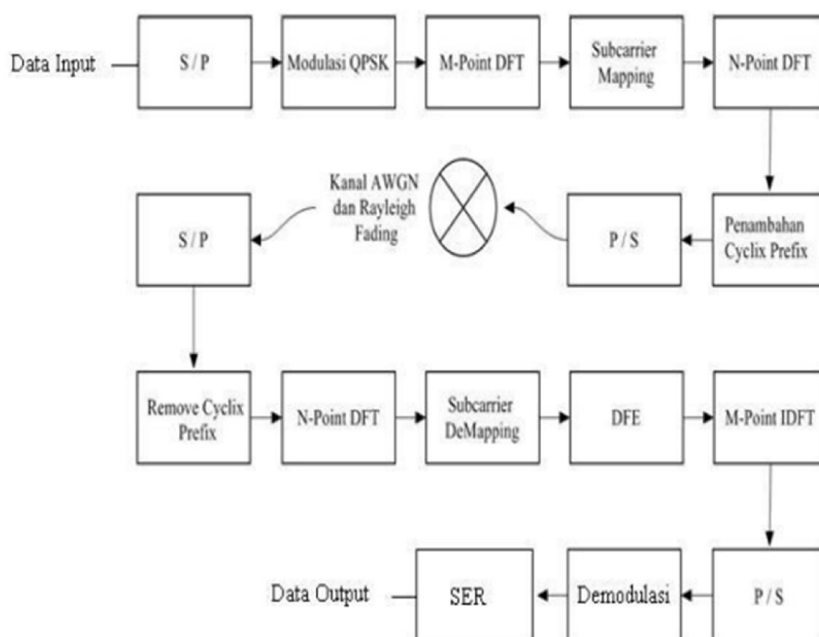
Penelitian tentang "*Symbol Error Rate (SER) for QPSK (4-QAM) modulation*". Simbol pasti akan mengalami *error*, setidaknya nya dari 4 simbol yang ditranmisikan salah satu nya pasti

mengalami *error*. Nilai *Symbol Error Rate* (SER) diperoleh dengan membandingkan jumlah *Es/No* terhadap nilai 10. Dari penelitian diatas menunjukkan bahwa standar komunikasi untuk parameter *SER* adalah 10^{-3} . [8].

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur berupa tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian sebagai berikut :

1. Studi Pendahuluan
 Studi pendahuluan untuk memperoleh bahan referensi tentang teknik ekualisasi *DFE* dan sistem *SCFDMA* yang ada pada penelitian terkait.
2. Studi Pustaka
 Studi pustaka untuk menambahkan dasar teori sebagai kajian pustaka tentang teknik ekualisasi *DFE* dan kinerja sistem *SCFDMA* sebagai landasan logika berpikir dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah.
3. Penentuan Parameter
 Penentuan parameter untuk pemodelan sistem dan simulasi unjuk kerja *Decision Feedback Equalizer* (*DFE*) pada sistem komunikasi *SCFDMA*. Beberapa asumsi dan parameter yang digunakan untuk penelitian ini yaitu:
 - Input data biner yang dibangkitkan sebanyak 1000 bit.
 - Modulasi yang digunakan adalah *QPSK*.
 - Jumlah *FFT* pada sistem *SCFDMA* adalah 512 titik.
 - Menggunakan *guard interval* dengan *cyclic prefix* $\frac{1}{4}$ dari jumlah *FFT*.
 - Kondisi sistem *SCFDMA* dengan *DFE Equalizer* dilewatkan pada kanal *AWGN*.
 - Kondisi sistem *SCFDMA* dengan *DFE Equalizer* dilewatkan pada kanal *Rayleigh Fading*.
 - Perhitungan *Symbol Error Rate* (*SER*).
4. Pemodelan dan Simulasi
 Blok pemodelan sistem ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Blok pemodelan sistem

Pada pemodelan sistem sistem *SCFDMA* terdapat tiga komponen utama yaitu blok pengirim, kanal transmisi dan blok penerima. Secara umum system *SCFDMA* dan *OFDM* memiliki kesamaan, akan tetapi yang membedakan adalah adanya penambahan blok *IFFT* di *transmitter* dan blok *IFFT* pada *receiver* system *SCFDMA*. Selanjutnya ditambahkan teknik ekualisasi *DFE* berisikan 3 komponen utama yaitu *Feedforward*

Filter (FF) dan *Feedback Filter* (FB) menggunakan algoritma koefisien *Least Mean Square* (LMS). Simulasi pemodelan diatas menggunakan software matlab.

5. Analisis Hasil
Pada tahap analisis ini berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan yaitu unjuk Kerja Sistem SCFDMA menggunakan *DFE Equalizer* dan tanpa *DFE Equalizer* pada Kanal AWGN dan *Rayleigh Fading* mendapatkan nilai SER dan Es/No
6. Kesimpulan
Pada tahap akhir ini akan disimpulkan berdasarkan analisis hasil simulasi tentang unjuk kerja sistem SCFDMA.

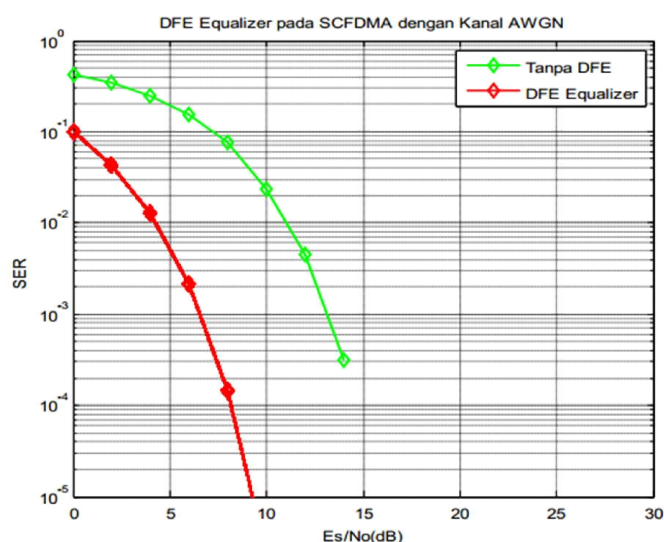
3. Hasil dan Analisis

Setelah melakukan pengaturan parameter yang digunakan untuk pemodelan sistem SCFDMA dengan *DFE Equalizer* dilanjutkan dengan simulasi menghasilkan nilai SER kemudian menganalisis hasil dari simulasi yang telah dilakukan. Hasil dan analisis dijelaskan sebagai berikut :

3.1. Analisis Unjuk Kerja Sistem SCFDMA menggunakan *DFE Equalizer* dan tanpa *DFE Equalizer* pada Kanal AWGN

Pada Gambar 2 dibawah ini, Unjuk Kerja Sistem SCFDMA menggunakan *DFE Equalizer* dan tanpa *DFE Equalizer* pada Kanal AWGN. Sistem tanpa *DFE Equalizer* nilai SER 10^{-3} dengan Es/No sebesar 14 dB sedangkan sistem saat menggunakan *DFE Equalizer* nilai pada SER yaitu 10^{-3} dengan Es/No sebesar 8 dB. Jadi unjuk kerja sistem lebih baik saat menggunakan *DFE Equalizer* karena dengan Es/No 8 dB lebih cepat mencapai nilai SER 10^{-3} yang merupakan standar sistem komunikasi.

Perbedaan nilai Es/No diikuti dengan berpengaruhnya *DFE Equalizer* dalam mengatasi *noise* yang ada pada kanal AWGN, hanya saja Es/No atau *Energy* yang dibutuhkan untuk setiap *Bit* dalam pemetaan ke *symbol* terbilang kecil yaitu 8 dB tetapi tidak mengganggu unjuk kerja sistem transmisi SCFDMA. Kedua filter yang ada pada *DFE* yaitu *Feedforward* dan *FeedBack Filter* memperbaharui kembali *symbol* yang dipengaruhi oleh *noise* seperti *symbol* saat pertama dikirim. Perbedaan saat sebelum menggunakan *DFE Equalizer* dan setelah menggunakan *DFE Equalizer* dikarenakan pada kanal AWGN gangguan atau kesalahan-kesalahan *symbol* hanya dipengaruhi oleh *noise*.

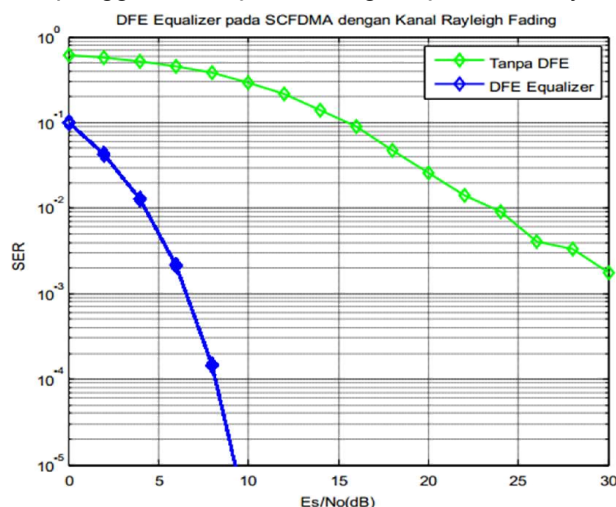


Gambar 2. Unjuk Kerja Sistem SCFDMA menggunakan *DFE Equalizer* dan tanpa *DFE Equalizer* pada Kanal AWGN

3.2. Analisis Unjuk Kerja Sistem SCFDMA tanpa dan menggunakan *DFE Equalizer* pada Kanal *Rayleigh Fading*

Pada Gambar 3 merupakan Unjuk Kerja Sistem SCFDMA tanpa dan menggunakan DFE Equalizer pada Kanal Rayleigh Fading. Sistem tanpa DFE Equalizer nilai SER 10^{-2} dengan Es/No sebesar 40 dB sedangkan sistem saat menggunakan DFE Equalizer nilai pada SER yaitu 10^{-3} dengan Es/No sebesar 8 dB. Jadi unjuk kerja sistem lebih baik saat menggunakan DFE Equalizer karena dengan Es/No 8 dB lebih cepat mencapai nilai SER 10^{-3} yang merupakan standar sistem komunikasi.

Perbedaan nilai SER pada kanal Rayleigh Fading juga dipengaruhi adanya penggunaan DFE Equalizer dalam mengatasi pengandaan atau penumpukan symbol-symbol saat diterima oleh receiver. Kedua filter yang ada pada DFE yaitu Feedforward dan Feedback Filter memperbaharui kembali symbol seperti symbol saat pertama dikirim oleh Transmitter. Berbeda jauh nya nilai SER saat sebelum menggunakan DFE Equalizer dan setelah menggunakan DFE Equalizer dikarenakan pada kanal Rayleigh Fading gangguan atau kesalahan-kesalahan symbol dipengaruhi oleh banyak lintasan yang dilalui oleh symbol-symbol, sehingga mengakibatkan pengandaan symbol dengan symbol asli nya.



Gambar 3. Unjuk Kerja Sistem SCFDMA tanpa dan menggunakan DFE Equalizer pada Kanal Rayleigh Fading.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Unjuk kerja pada sistem komunikasi SCFDMA melalui kanal AWGN, saat sistem menggunakan DFE Equalizer nilai pada SER mencapai 10^{-3} menghasilkan Es/No 8 dB, sedangkan tanpa DFE Equalizer nilai SER mencapai 10^{-3} menghasilkan Es/No yang besar 14 dB.
2. Unjuk kerja pada sistem komunikasi SCFDMA melalui kanal Rayleigh Fading, saat sistem menggunakan DFE Equalizer mampu mencapai standar SER 10^{-3} dengan nilai Es/No sebesar 8 dB, sedangkan tanpa DFE Equalizer hanya mampu mencapai SER 10^{-2} dengan nilai Es/No yang besar yaitu 30 dB.

Saran untuk penelitian selanjutnya menggunakan teknik qualizer yang lain pada sistem SCFDMA dengan jumlah FFT 1024.

Daftar Pustaka

- [1] Myung, Hyung G and David J. Goodman. *Single-Carrier Fdma : A New Air Inteface For Long Term Evolution. 1st Edition. Wiley Series On Wireless Communication And Mobile Computing.* 2008.
- [2] Dogadev, Anton, dan Alexander Kozlov. *Comparative Analysis of Equalization Methods for SC-FDMA.* 2009.
- [3] Akhmad Zainul Khasin, Yoedy Moegiharto. Perancangan Zero Forcing Equalizer dengan modulasi QAM berbasis perangkat lunak, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Makalah Proyek Akhir. 2015

- [4] Arifin, Wirawan, & Endroyono. *Kinerja Adaptive Decision Feedback Equalizer (DFE) Soft Decision Untuk Kanal Sui*. IES. 2003.
- [5] Rudyanto, Yusup. *Lapisan Fisik Pada Teknologi Long Term Evolution (Lte) Di Pt Telkom R&D Center Bandung*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2006.
- [6] Kurniawan usman, Ukke, dkk. *Fundamental Teknologi Selluler Long Term Evolution (LTE)*. Bandung: Rekayasa Sains. 2012.
- [7] Proakis, J., & Salehi, M. Contemporary communication systems using MATLAB. In Brooks/Cole, & T. Learning, *Digital Transmission Through Bandlimited Channels*. 2000.
- [8] Sankar, K. Retrieved 10 06, 2015, from <http://www.dsplog.com/>. 2007.