

# ANALISIS UNJUK KERJA EKUALIZER KANAL ADAPTIF DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SATO

**Direstika Yolanda, Rahmad Fauzi**

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: [direstika\\_yolanda@students.usu.ac.id](mailto:direstika_yolanda@students.usu.ac.id) or [yolanda.kamaruddin@yahoo.com](mailto:yolanda.kamaruddin@yahoo.com)

## Abstrak

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 membahas ekualizer *Sato* yang dapat mengurangi interferensi yang terjadi pada sistem komunikasi. 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 *step size* mulai dari 0.001 sampai 0.032 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.7001 sampai 0.7577. Untuk panjang filter (N) mulai 20 sampai 41 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.7248 sampai 0.7832. Untuk SNR mulai 15 sampai 27 adalah 0.7456 sampai 0.7886.

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

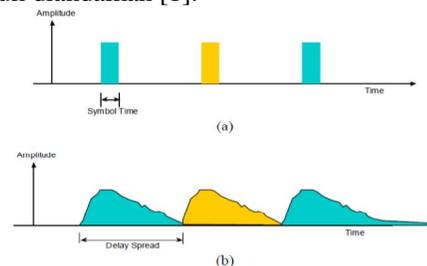
## 1. Pendahuluan

Pemrosesan sinyal adaptif 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. Pada paper ini menggunakan algoritma *Sato*.

## 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

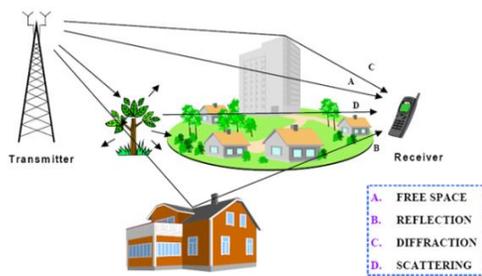
## 2.1 Konsep Modulasi QAM

Modulasi adalah suatu proses untuk merubah gelombang pembawa (*carrier*) sebagai fungsi dari sinyal informasi. Demodulasi adalah proses suatu sinyal modulasi yang dibentuk kembali seperti sinyal aslinya dari suatu gelombang pembawa (*carrier*) yang termodulasi

oleh rangkaian. Kegunaan dari modulasi adalah untuk memudahkan radiasi, multiplexing, mengatasi keterbatasan peralatan, pembagian frekuensi dan mengurangi noise dan *interferensi*. Penelitian ini menggunakan modulasi 4 QAM [2].

**2.2 Fading Rayleigh**

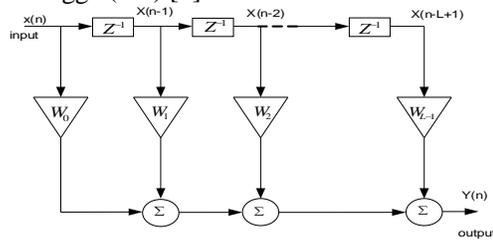
Pada sistem komunikasi terdapat gangguan khusus berupa komponen multipath dari sinyal yang dipancarkan. Multipath merupakan jalur propagasi yang berbeda-beda, yang dilalui sinyal antara pengirim dan penerima, penyebabnya adalah karena pantulan oleh halangan-halangan dan benda-benda yang ada sepanjang propagasi. Lingkungan kanal multipath ditunjukkan pada Gambar 2 [3].



Gambar 2. Lingkungan Kanal Multipath

**2.3 Filter Digital Finite Impuls Respons (FIR)**

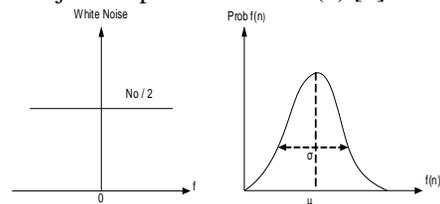
Filter digital adalah sebuah implementasi algoritma matematik ke dalam perangkat keras dan/atau perangkat lunak yang beroperasi pada sebuah sinyal input digital untuk menyaring sinyal input menjadi sinyal output agar tujuan pemfilteran tercapai. Diagram blok filter digital dapat dilihat pada Gambar 3. 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) [4].



Gambar 3. Blok Diagram Dari Bentuk Langsung Filter Digital FIR

**2.4 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) [3].

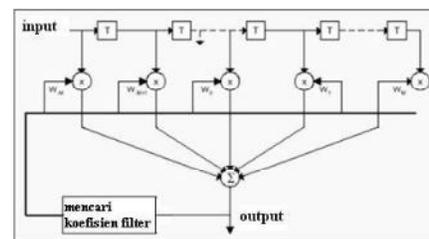


Gambar 4. (a) Grafik Kepadatan Spektrum Daya White Noise  
(b) Fungsi Kepadatan Probabilitas AWGN

**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.

*Linear equalization* sangat mudah diimplementasikan dan sangat efektif untuk kanal yang tidak mengandung ISI (seperti kanal dalam kabel telephone) maupun kanal yang mengandung ISI (seperti kanal *wireless*). Kebanyakan linear equalizer diimplementasikan sebagai linear transversal filter. Struktur ekuwalizer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 [2].



Gambar 5. Struktur equalizer

**2.6 Algoritma SATO**

Dalam mengimplementasikan algoritma SATO, fungsi nilai minimisasi dianggap sama dengan algoritma lainnya. Artinya, algoritma SATO terdiri dari meminimalkan fungsi keluaran berikut ini:

$$J(k) = E[(\hat{x}(k) - y(k))^2] \tag{1}$$

dimana

$J(k)$  : fungsi keluaran ekualizer

$y(k)$  : filter output melintang

$\hat{x}(k)$  : perkiraan urutan data yang ditransmisikan.

Sedangkan nilai  $\hat{x}(k)$  didapatkan dari :

$$\hat{x}(k) = \gamma \text{sgn}[y(k)] \tag{2}$$

dimana  $\text{sgn}[y(k)]$  adalah fungsi signum yang mengembalikan tanda argumen. Nilai konstan  $\gamma$  tersebut mengatur nilai gain equalizer, yang didefinisikan oleh:

$$\gamma = \frac{E[x^2(k)]}{E[|x(k)|]} \tag{3}$$

dan persamaan adaptif untuk algoritma *Sato* adalah :

$$y(k) = u(k)^T w_{abs}(k) \tag{4}$$

$$e(k) = \hat{x}(k) - y(k)$$

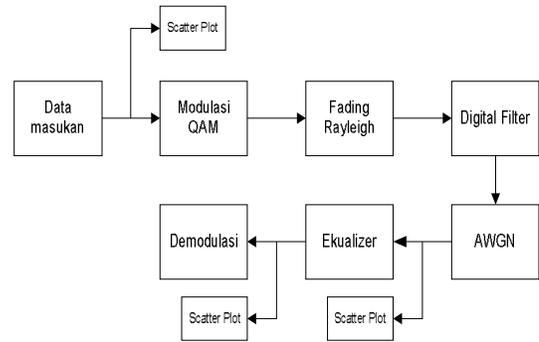
$$= \gamma \text{sgn}(y(k)) - y(k) \tag{5}$$

$$w_{abs}(k+1) = w_{abs}(k) + \mu e(k) u(k) \tag{6}$$

dimana  $e(k)$  adalah kesalahan estimasi dan  $w_{abs}(k)$  adalah koefisien vektor. Untuk mengetahui kinerja dari algoritma *Sato* tersebut diperlukan penambahan noise dengan cara menambahkan Fading Rayleigh dan AWGN, sehingga diperoleh nilai SER untuk 3 parameter yaitu step size ( $\mu$ ), panjang filter ( $N$ ) dan SNR pada rentang nilai yang sudah ditentukan [5].

**3. Permodelan Sistem Ekualizer**

Pada Gambar 6 diilustrasikan model sistem ekualizer yang akan dianalisis yang terdiri dari empat blok utama yaitu : *random data generator*, *rectangular 16-QAM*, *filter digital*, *kanal AWGN*, ekualizer, dan beberapa scatter plot. Simulasi ini menggunakan MATLAB R2010a.



Gambar 6. Permodelan Sistem Ekualizer

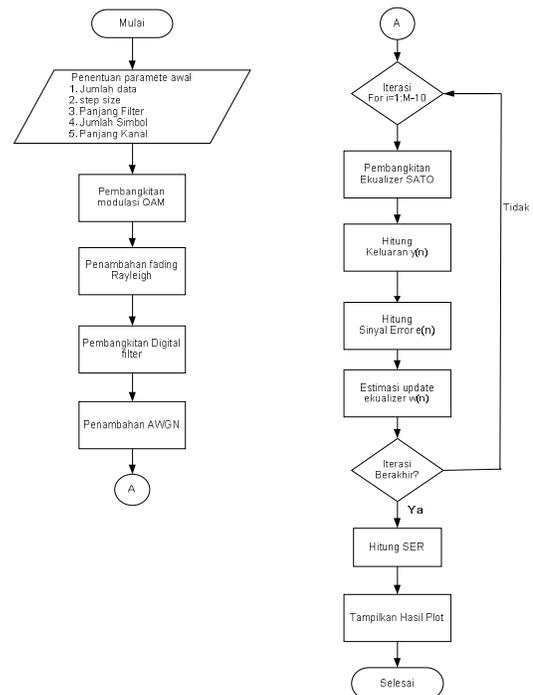
**3.1 Parameter Kinerja Sistem**

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

**3.2 Flowchart Secara Keseluruhan**

Flowchart untuk simulasi kinerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Algoritma Simulasi Ekualizer SATO

**4. Analisis Unjuk Kerja Ekualizer Pada Sistem Komunikasi**

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

- a. Jumlah data : 2000 bit
- b. Stepsize : 0.015
- c. SNR : 27 dB
- d. Panjang Filter : 20
- e. Panjang Kanal : 5

Masing-masing nilai parameter memiliki rentang nilai yang diuji. Sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh parameter tersebut terhadap nilai SER.

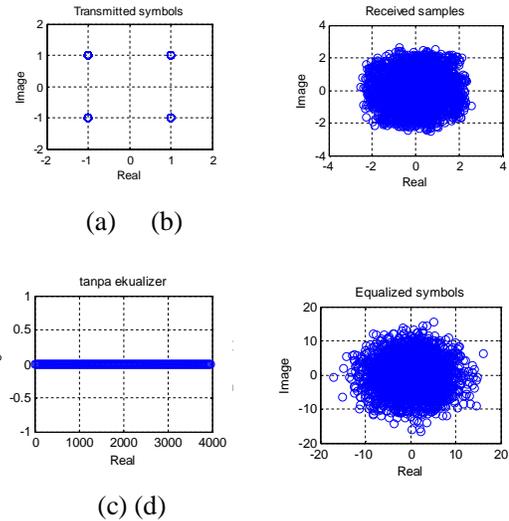
**4.1 Pengaruh Panjang Filter Terhadap Nilai SER Tanpa Ekualizer**

Untuk mengetahui pengaruh nilai step size yang digunakan terhadap nilai SER dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh Nilai Step Size Terhadap SER Menggunakan Ekualizer SATO

<b>mu (step size)</b>	<b>SER tanpa Ekualizer</b>	<b>SER SATO</b>
0.001	1	0.7577
0.002	1	0.7594
0.004	1	0.7517
0.006	1	0.7431
0.008	1	0.7424
0.011	1	0.7391
0.012	1	0.7367
0.014	1	0.7306
0.016	1	0.7288
0.018	1	0.7279
0.021	1	0.7261
0.022	1	0.7245
0.024	1	0.7233
0.026	1	0.7165
0.028	1	0.7155
0.032	1	0.7001

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



Gambar 8. Scatter Plot Perubahan Nilai Step Size Terhadap SER menggunakan Ekualizer SATO

Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi perubahan yang terjadi akibat step size yang diubah-ubah. Gambar 8 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 8 (b) adalah adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN, Gambar 8 (c) adalah output sinyal tanpa menggunakan ekualizer, dan Gambar 8 (d) adalah output sinyal dengan menggunakan ekualizer SATO.

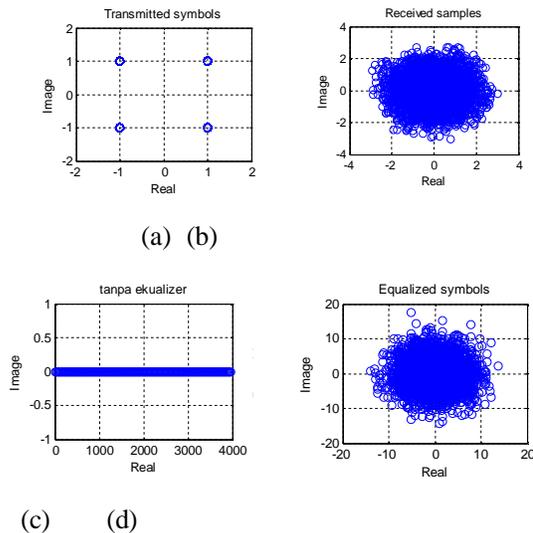
**4.2 Pengaruh Panjang Filter Terhadap Nilai SER Pada Ekualizer SATO**

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.

Tabel 2. Pengaruh Jumlah Panjang Filter Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer SATO

N (Panjang Filter)	SER tanpa Ekuwalizer	SER SATO
20	1	0.7248
21	1	0.7267
23	1	0.7345
25	1	0.7456
27	1	0.7478
29	1	0.7533
31	1	0.7578
33	1	0.7611
35	1	0.7645
37	1	0.7734
39	1	0.7821
41	1	0.7832

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi Ekuwalizer *Sato*.



Gambar 9. Scatter Plot Perubahan Panjang Filter Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer SATO

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi perubahan yang terjadi akibat panjang filter yang diubah-ubah. Gambar 9 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 9 (b) adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN, Gambar 9 (c) adalah output sinyal tanpa menggunakan ekuwalizer dan Gambar 9 (d) adalah output sinyal dengan menggunakan ekuwalizer SATO.

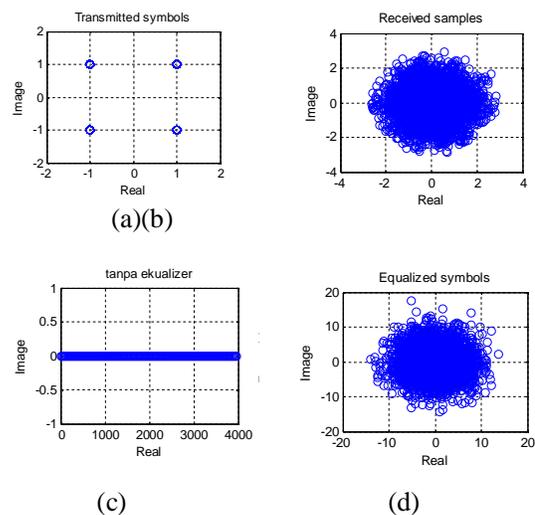
### 4.3 Pengaruh Nilai SNR Terhadap Nilai SER Menggunakan Ekuwalizer SATO

Untuk mengetahui pengaruh nilai SNR yang digunakan terhadap nilai SER dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Nilai SNR Terhadap SER Menggunakan Ekuwalizer SATO

SNR	SER tanpa Ekuwalizer	SER SATO
15	1	0.7456
16	1	0.7461
17	1	0.7478
18	1	0.7534
19	1	0.7541
20	1	0.7621
21	1	0.7651
22	1	0.7667
23	1	0.7734
24	1	0.7741
25	1	0.7834
26	1	0.7856
27	1	0.7886

Tabel 3 diperoleh dengan menjalankan program dengan nilai masukan tertentu. Kemudian dilanjutkan dengan mengganti nilai-nilai SNR dari nilai 15 sampai 27. Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi Ekuwalizer *Sato*.



Gambar 10. Scatter Plot Perubahan Nilai SNR Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer SATO

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi perubahan yang terjadi akibat nilai SNR yang diubah-ubah. Gambar 10 (a) adalah sinyal yang akan ditransmisikan, Gambar 10(b) adalah sinyal yang sudah ditambahkan *noise* atau AWGN, Gambar 10(c) adalah output sinyal tanpa menggunakan ekualizer dan Gambar 10(d) adalah output sinyal dengan menggunakan ekualizer SATO.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan diantaranya adalah:

1. Nilai SER yang dihasilkan pada ekualizer SATO dipengaruhi oleh step size, panjang filter dan SNR.
2. Nilai SER tanpa menggunakan ekualizer adalah 1 sedangkan nilai SER menggunakan ekualizer SATO mencapai 0,7001.
3. Nilai step size yang digunakan mulai 0.001 sampai 0.032 dan menghasilkan SER 0.7001 sampai 0.7577. Untuk panjang filter (N) mulai 20 sampai 41 nilai SER yang dihasilkan 0.7248 sampai 0.7832. Dan untuk nilai SNR 15 sampai 27 nilai SER yang dihasilkan 0.7456 sampai 0.7886.

## 7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada H. Kamaruddin, SP, MM dan Hj. Yusniati selaku orang tua penulis, Rahmad Fauzi, ST, MT selaku dosen pembimbing, dan Ali Hanafiah Rambe, ST, MT, serta Naemah Mubarakah ST, MT, yang sudah membimbing penulis dalam menyelesaikan paper ini, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

## 8. Daftar Pustaka

- [1]. Chandran Vijaya, " Equalizer Simulation", paper, EECS 862 Project II, [https://www.cresis.ku.edu/~rvc/documents/862/862\\_eqproject.pdf](https://www.cresis.ku.edu/~rvc/documents/862/862_eqproject.pdf) (diakses pada tanggal 2 September 2012)
- [2]. Ekoaji, " Data Communication and Data Transmission", <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Media%20transmisi%20dan%20Modulasi.pdf> (diakses pada tanggal 10 Oktober 2012)
- [3]. Arista Wirawan, 1998, "Simulasi Modulasi dan Demodulasi Sinyal F-QPSK pada Kanal yang Dipengaruhi AWGN dan Fading Rayleigh, Skripsi pada Jurusan

Teknik Elektro, Universitas Indonesia. <http://eprints.ui.ac.id/25491/1/Makalah.pdf> (diakses pada tanggal 2 September 2012).

- [4]. Elena Punskeya, [http://www.vyssotski.ch/BasicsOfInstrumentation/SpikeSorting/Design\\_of\\_FIR\\_Filters.pdf](http://www.vyssotski.ch/BasicsOfInstrumentation/SpikeSorting/Design_of_FIR_Filters.pdf) (diakses pada tanggal 2 September 2012)
- [5]. Muhammad Lutfur Rahman Khan, Mohammed H. Wondimagegnehu, Tetsuya Shimamura. 2009. "Blind Channel Equalization with Amplitude Banded Godard and Sato Algorithms" <http://ojs.academypublisher.com/index.php/jcm/article/view/0406388395> (diakses pada tanggal 10 Agustus 2012).