

ANALISIS UNJUK KERJA TEKNIK MIMO STBC PADA SISTEM ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

T.B. Purwanto¹, N.M.A.E.D. Wirastuti², I.G.A.K.D.D. Hartawan³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: teguhbayu46@rocketmail.com¹, dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id², igak.diafari@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Teknologi Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) merupakan sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi (multi-carrier) yang saling orthogonal. Dimana sederet aliran data berkecepatan tinggi diubah menjadi beberapa deret data berkecepatan rendah. Untuk mengatasi gangguan multipath fading dan noise dapat diatasi dengan penggunaan teknik Multiple Input Multiple Output (MIMO). Teknik MIMO menggunakan sejumlah antena pengirim dan antena penerima. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem OFDM dan sistem MIMO-OFDM menggunakan teknik MIMO Space Time Block Code (STBC) OFDM. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah simulasi menggunakan program MatLab. Hasil dari simulasi didapatkan unjuk kerja MIMO STBC OFDM lebih baik dari sistem OFDM. MIMO STBC OFDM pada kanal AWGN sudah tidak terjadi error saat E_b/N_0 sebesar 12 dB dan pada kanal Rayleigh saat E_b/N_0 sebesar 12 dB. Untuk mencapai BER sebesar 10^{-4} diperlukan E_b/N_0 sebesar 9 dB pada kanal AWGN, dan pada kanal Rayleigh memerlukan E_b/N_0 sebesar 10,5 dB.

Kata kunci: OFDM, MIMO, STBC

1. PENDAHULUAN

Teknologi OFDM merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam mendukung dan mewujudkan tuntutan akan layanan komunikasi yang cepat dan baik. OFDM merupakan sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi (multi-carrier) yang saling tegak lurus (orthogonal). Membagi sederetan data informasi yang berkecepatan tinggi menjadi beberapa deret data informasi yang berkecepatan rendah [1].

Untuk mengatasi *Inter Symbol Interference* (ISI) dari gangguan *multipath fading* dan gangguan akibat noise, dapat diatasi dengan menggunakan teknik MIMO yang menggunakan sejumlah antena pengirim (*transmit*) dan antena penerima (*receive*) bertujuan untuk menjadikan sinyal pantulan sebagai penguat sinyal utama yang saling mendukung [2].

Dengan menggabungkan teknik MIMO pada OFDM dapat menciptakan teknik baru yang dapat meningkatkan *data rate*, efisien *bandwidth* dan peningkatan kualitas sinyal.

Penelitian tentang MIMO-OFDM telah dilakukan sebelumnya yang membahas tentang kinerja sistem MIMO-OFDM pada kanal *Rayleigh* dan AWGN [1]. Penelitian tentang kinerja *Space Time Block Code* pada sistem MIMO melalui kanal fading *Rayleigh* [2].

Jadi pada penelitian ini, akan dilakukan simulasi unjuk kerja sistem OFDM dan MIMO-OFDM dengan teknik MIMO STBC pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading* yang kemudian diambil data yang dapat dipakai untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

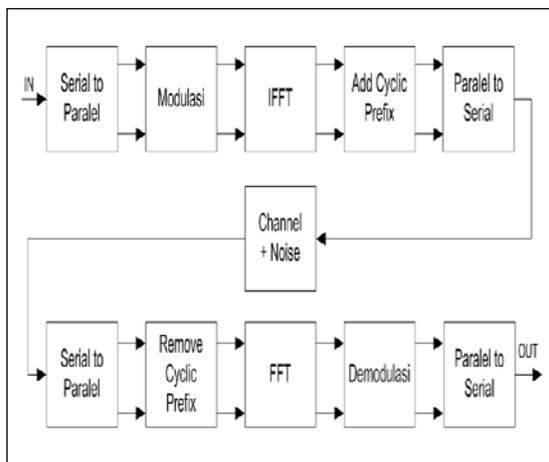
2.1 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM merupakan teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi yang saling tegak lurus (orthogonal). OFDM adalah bentuk khusus dari *multicarrier modulation* yang membagi aliran data dengan kecepatan tinggi ke dalam sejumlah aliran data kecepatan rendah kemudian dikirimkan melalui beberapa *subcarrier*. Pada OFDM,

data masukan dialirkan ke beberapa *subcarrier* paralel yang saling *orthogonal* dengan laju data yang lebih rendah.

Dengan sifat orthogonalitas ini maka antar *subcarrier* dapat dibuat overlap tanpa menimbulkan efek *Inter Carrier Interference* (ICI) dan dapat menghemat *bandwidth* [3].

Sistem OFDM sederhana ditunjukkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem OFDM [1]

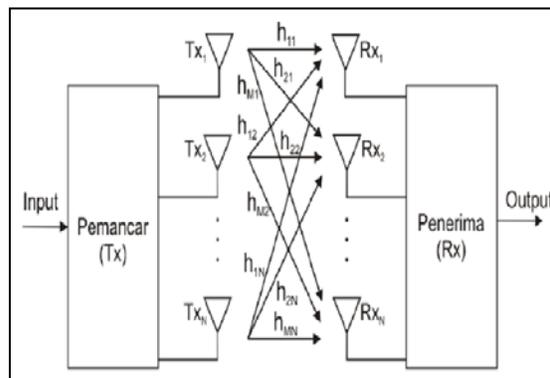
Pada sistem pengirim OFDM, data masukan dipecah menjadi beberapa deret data paralel pada blok Serial to Paralel. Kemudian dilakukan Modulasi pada blok Modulasi. Keluaran blok modulasi kemudian dilakukan proses *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) dan ditambahkan Cyclic Prefix (CP) sebagai guard band mencegah ISI dan *Inter Carrier Interference* (ICI). Kemudian dikonversi menjadi stream serial pada blok Paralel to Serial sebelum ditransmisikan.

Pada sisi penerima merupakan kebalikan dari sisi pengirim OFDM, dimana sinyal yang diterima kembali dipecah menjadi paralel, kemudian pemisahan CP dari data masukan. Kemudian dilakukan proses *Fast Fourier Transform* (FFT). Selanjutnya dilakukan proses Demodulasi untuk mendapatkan data masukan kemudian dikonversi menjadi data stream serial.

2.2 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Teknik MIMO yang dapat memberikan kapasitas yang lebih signifikan. Peningkatkan efisiensi spektrum dan perbaikan kualitas

saluran oleh sistem MIMO dapat dicapai dengan menggunakan multi antenna pada sisi pengirim dan penerima.



Gambar 2 Teknik MIMO

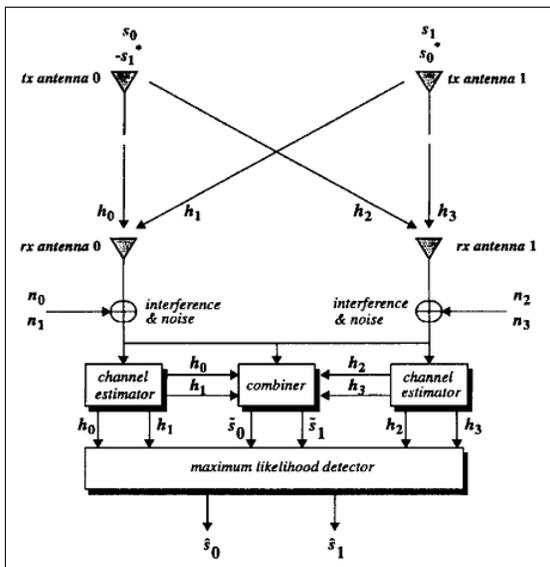
2.3 Space Time Block Code (STBC)

Skema transmisi dari *Space Time Block Code* (STBC) ini merupakan skema transmisi yang pertama kali diperkenalkan oleh Siavash Alamouti pada tahun 1998. STBC adalah skema yang digunakan dalam teknik *transmit diversity* untuk mencapai *diversity gain* pada sistem MIMO tersebut [4].

STBC merupakan teknik pengkodean blok dalam ruang waktu, dimana pengkodean disusun dari beberapa simbol dalam satu ruang melalui beberapa periode waktu [5].

Sistem STBC ini akan mengirimkan dua simbol yang berbeda secara bersamaan. Pada saat waktu t , antenna pertama (Tx_1) akan mengirimkan sinyal S_0 dan antenna kedua (Tx_2) mengirimkan sinyal S_1 . Diasumsikan bahwa S_0 dan S_1 merupakan simbol yang telah dimodulasi. Kemudian pada saat waktu $t+T$, simbol dari masing-masing antenna pemancar dikonjugat sehingga pada antenna pertama (Tx_1) akan mengirimkan sinyal $-S_1^*$ dan pada antenna (Tx_2) mengirimkan sinyal S_0^* .

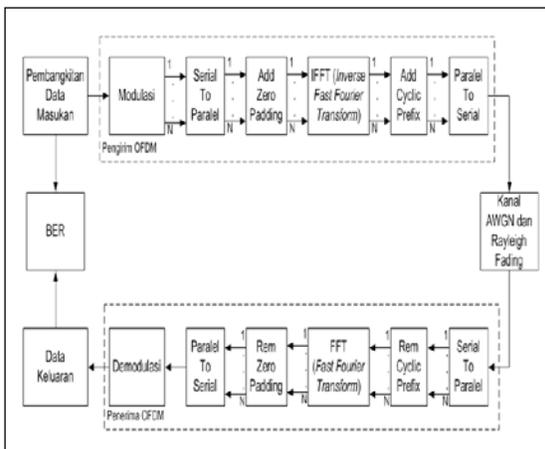
Setelah sinyal diterima oleh antenna penerima selanjutnya sinyal masuk kedalam *combiner*. Dilanjutkan ke *Maximum Likelihood Detector*, yang ditunjukkan pada Gambar 3.



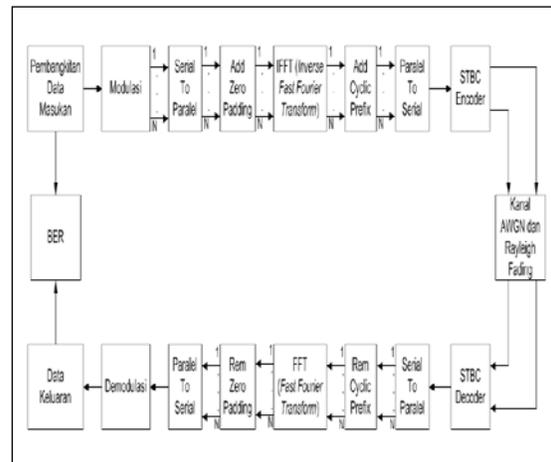
Gambar 3 Skema STBC Alamouti [4]

3. METODE PENELITIAN

Simulasi sistem OFDM dan teknik MIMO STBC OFDM pada kanal AWGN dan Rayleigh fading dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Perbedaan pada Gambar 4 dan 5 terletak pada penambahan blok MIMO STBC encoder pada pengirim dan decoder pada penerima. Masing-masing simulasi dilakukan untuk mencari unjuk kerja yang ditampilkan dalam grafik BER vs Eb/No dari sistem OFDM dan perbandingan teknik MIMO-OFDM yang digunakan.



Gambar 4 Pemodelan Sistem OFDM



Gambar 5 Pemodelan Teknik MIMO STBC

Berikut adalah penjelasan dari pemodelan sistem:

1. Pembangkitan Data Masukan

Pembangkitan data masukan dilakukan secara acak (*random*). Data yang dibangkitkan bentuk biner “1” dan “0” sebanyak 10^6 bit.

2. Pemancar OFDM

Terdapat beberapa blok tahapan dimulai dari modulasi QPSK yang berfungsi sebagai mapper bit yang dibangkitkan. Serial ke Paralel berfungsi untuk mengubah aliran data yang terdiri dari satu baris menjadi 52 *Subcarrier*. Penambahan *Zero Padding* bertujuan untuk menambah durasi sinyal OFDM yang terbentuk.

Blok IFFT yang digunakan yaitu 64, tujuan dari IFFT untuk menghasilkan frekuensi *subcarrier* yang saling orthogonal dan mengubah dari domain frekuensi ke domain waktu. Penambahan *Guard Interval* (GI) dimana menggunakan *Cyclic Prefix* (CP) berjumlah 16 yang bertujuan untuk mencegah ISI dan ICI. Penambahan CP merupakan salinan dari bagian akhir simbol OFDM yang kemudian ditambahkan di awal simbol. Kemudian Paralel ke Serial, dimana sebelum ditransmisikan simbol OFDM masih dalam bentuk *stream* paralel yang dikonversi ke bentuk *stream* serial.

3. Penambahan MIMO STBC

Penambahan teknik MIMO STBC 2x2 dilakukan pada bagian pengirim OFDM dan penerima OFDM. Dimana pada bagian

pengirim, MIMO STBC *encoder* membagi aliran data yang akan dikirim menuju beberapa antena pengirim. Dimana konfigurasi yang digunakan, sebagai berikut [5]:

$$\begin{matrix}
 t & \rightarrow & \begin{bmatrix} Tx_1 & Tx_2 \\ S_0 & S_1 \end{bmatrix} \\
 t + T & \rightarrow & \begin{bmatrix} -S_1^* & S_0^* \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)
 \end{matrix}$$

Pada bagian penerima, MIMO STBC *decoder* berfungsi sebagai *combiner* dari sinyal yang diterima dan melakukan estimasi menggunakan *Maximum Likelihood Detector*.

4. Penerima OFDM

Proses penerima OFDM adalah kebalikan dari pemancar OFDM dimana sinyal yang diterima dikonversi Serial ke Paralel. Selanjutnya Penghilangan CP yang telah disisipkan pada data masukan dipisahkan dan dibuang. Proses (FFT) dimana simbol OFDM akan dipisahkan dari frekuensi *carrier*-nya. Penghilangan *Zero Padding*, kemudian Paralel ke Serial dimana jumlah simbol data dikonversi kembali menjadi bentuk data serial. Proses demodulasi yang berfungsi sebagai demapper yang menggunakan demodulasi QPSK untuk mengembalikan data menjadi deretan bit.

5. Perbandingan BER Sistem OFDM

Setelah mendapatkan data keluaran dari sistem OFDM maka selanjutnya dilakukan perbandingan nilai BER antara data masukan dengan data keluaran dari OFDM tersebut.

Sebagai pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu analisa unjuk kerja dari sistem OFDM dan teknik MIMO STBC OFDM serta perbandingannya, dilihat dari parameter *Bit Error Rate* (BER) yang merupakan jumlah kesalahan bit yang diterima dibagi dengan jumlah total bit yang dikirimkan, dan *Eb/No* (*energy per bit to noise power spectral density ratio*) dari hasil simulasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Simulasi

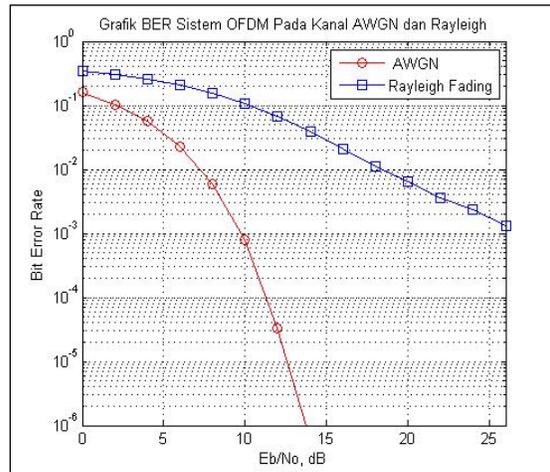
Parameter-parameter yang digunakan pada simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai yang digunakan
Panjang simbol OFDM	64
Jumlah <i>Subcarrier</i>	52
Jumlah simbol FFT	64
Tipe modulasi	QPSK
<i>Guard periode type</i>	<i>Cyclic prefix</i>
Jumlah <i>Cyclic prefix</i>	16
Periode <i>cyclic prefix</i>	0.8 μs
Nilai <i>Eb/No</i> (dB)	0 – 25 dB

4.2 Hasil Simulasi Sistem OFDM

Simulasi ini dilakukan mengikuti pemodelan sistem OFDM. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem OFDM pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading* berdasarkan parameter BER vs *Eb/No*. Grafik unjuk kerja sistem OFDM pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading* dapat dilihat pada Gambar 6.

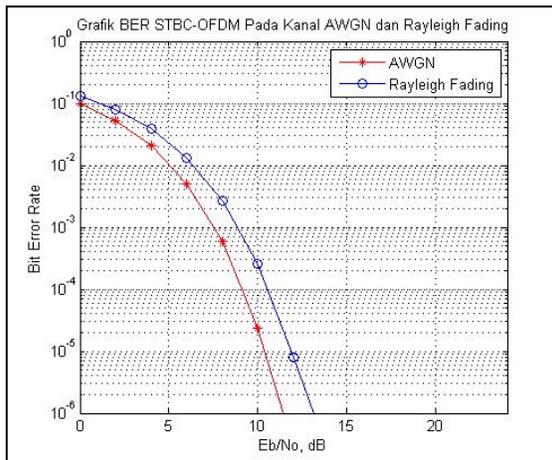


Gambar 6 Unjuk Kerja Sistem OFDM

Dari Gambar 6 didapatkan hasil simulasi sistem OFDM pada kanal AWGN menunjukkan sudah tidak terjadi kesalahan pendeteksian bit pada saat *Eb/No* sebesar 14 dB. Sedangkan pada kanal *Rayleigh fading* menunjukkan penurunan nilai *error* yang semakin besar seiring dengan bertambahnya nilai *Eb/No*. Untuk mencapai nilai BER 10⁻⁴ diperlukan *Eb/No* sebesar 11 dB pada kanal AWGN. Sedangkan pada *Rayleigh fading* diperlukan *Eb/No* lebih dari 25 dB.

4.3 Hasil Simulasi MIMO STBC OFDM

Simulasi ini mengikuti pemodelan MIMO STBC pada sistem OFDM. Simulasi dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari MIMO STBC OFDM pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading* berdasarkan BER vs Eb/No. Teknik MIMO STBC menggunakan 2 antena pengirim dan penerima. Grafik unjuk kerja teknik MIMO STBC OFDM dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Unjuk Kerja MIMO STBC OFDM

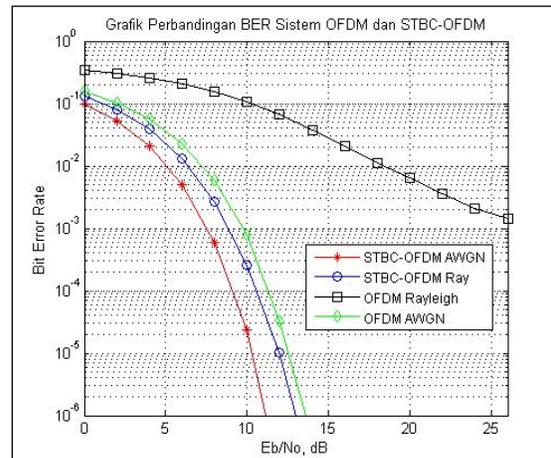
Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi unjuk kerja MIMO STBC OFDM berdasarkan parameter BER vs Eb/No. Didapatkan pada kanal AWGN menunjukkan pada Eb/No sebesar 11 dB sudah tidak terjadi kesalahan pendeteksian bit pada penerima. Pada kanal *Rayleigh* sudah tidak terjadinya kesalahan pendeteksian bit saat Eb/No sebesar 13 dB. Untuk mencapai nilai BER 10^{-4} pada kanal AWGN memerlukan nilai Eb/No sebesar 9 dB, dan pada kanal *Rayleigh fading* sebesar 10,5 dB.

4.4 Perbandingan Unjuk Kerja Sistem OFDM Dengan MIMO STBC OFDM

Dilakukan perbandingan antara hasil simulasi sistem OFDM dan MIMO STBC OFDM berdasarkan parameter BER vs Eb/No. Grafik dari perbandingan sistem OFDM dan MIMO STBC OFDM dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil simulasi didapatkan bahwa kinerja sistem MIMO STBC OFDM memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari pada sistem OFDM

baik pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading*. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan MIMO STBC OFDM menggunakan 2 antena pengirim dan 2 antena penerima yang dapat meningkatkan *data rate* yang diperoleh melalui *transmit diversity* sehingga nilai BER yang diperoleh lebih baik dari sistem OFDM.



Gambar 8 Perbandingan Sistem OFDM dan MIMO STBC OFDM

Untuk mencapai nilai BER 10^{-4} pada sistem OFDM diperlukan Eb/No sebesar 11 dB dan MIMO STBC OFDM membutuhkan Eb/No sebesar 9 dB pada kanal AWGN. Sedangkan pada kanal *Rayleigh fading* dibutuhkan lebih dari 25 dB pada sistem OFDM untuk mencapai BER 10^{-4} dan pada MIMO STBC OFDM diperlukan 10,5 dB.

5. SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya sebagai berikut :

1. Unjuk kerja dari sistem OFDM dengan menggunakan parameter BER vs Eb/No menunjukkan hasil nilai BER yang diperoleh pada kanal AWGN menunjukkan sudah tidak terjadi kesalahan pendeteksian bit pada saat Eb/No sebesar 14 dB, sedangkan pada kanal *Rayleigh* membutuhkan Eb/No lebih dari 25 dB.
2. Unjuk kerja dari MIMO STBC OFDM menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sistem OFDM pada kanal AWGN dan *Rayleigh fading* dilihat dari perbandingan nilai BER vs Eb/No.

3. Untuk mencapai BER 10^{-4} , MIMO STBC OFDM membutuhkan Eb/No sebesar 9 dB, dan sistem OFDM membutuhkan Eb/No sebesar 11 dB. Sedangkan pada kanal *Rayleigh fading*, MIMO STBC OFDM memerlukan Eb/No sebesar 10,5 dB, dan sistem OFDM membutuhkan Eb/No lebih dari 25 dB.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, M. L., 2010. **Analisis Kinerja Sistem MIMO-OFDM Pada Kanal *Rayleigh* Dan AWGN Dengan Modulasi QPSK.** Jurnal TRANSMISI, Vol. 12, No.4.
- [2] Syahputra L. T., D., 2009. **Analisis Kinerja *Space Time Block Code* Pada Sistem MIMO 2x2 Melalui Kanal *Fading Rayleigh*.** Medan: Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara.
- [3] Prasetya, B. & Tjondronegoro, S., 2006. **Kinerja Sistem MIMO-OFDM Dengan Beamforming Pada Kanal *Rayleigh*.** *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI*, Volume 11, No. 2.
- [4] Alamouti, S. M., 1998. **A *Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communication.*** *IEEE Journal on Select Areas in Communications*, Vol. 16, No.8 October 1998
- [5] Gunantara N., 2008. **Analisis Unjuk Kerja Teknik Pengkodean STBC dan Waterfilling Pada Sistem D-MIMO.** Jurnal Teknik Elektro, Vol. 7, No.2 Juli-Desember 2008.