

# Analisa Kinerja Kode Konvolusi pada Sistem *Successive Interference Cancellation Multiuser Detection* CDMA Dengan Modulasi QPSK Berbasis Perangkat Lunak

Ais Musfiro Pujiastutik, Yoedy Moegiharto  
Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Kampus ITS, Surabaya 60111  
Email : [ais.musfiro@gmail.com](mailto:ais.musfiro@gmail.com)

## ABSTRAK

Pada proyek akhir ini dilakukan analisa kinerja kode konvolusi pada sistem *Successive Interference Cancellation Multi User Detection* (MUD) CDMA dengan modulasi QPSK. *Encoder* kode konvolusi pada sisi *transmitter* memiliki rate  $\frac{1}{2}$ . Sedangkan pada sisi *receiver* dilakukan metode *Successive Interference Cancellation* (SIC) dan proses *dekoder* menggunakan algoritma viterbi.

Hasil berupa kurva nilai *bit error rate* (BER) sebagai fungsi SNR. Pada BER  $10^{-3}$  untuk kanal Rayleigh fading stage 3 lebih baik 5.26 dB dibandingkan SIC stage 1 dan stage 2. Untuk Sistem dengan kode konvolusi diperoleh hasil pada 10-3 dB dan pada stage ke 3 didapatkan hasil 12.66 dB lebih baik dibanding tanpa kode konvolusi pada kanal Rayleigh fading. Dan semakin sedikit jumlah *user* maka kinerja sistem akan semakin baik.

Kata Kunci : CDMA, *Successive Interference Cancellation*, kode konvolusi, QPSK, *multipath fading*

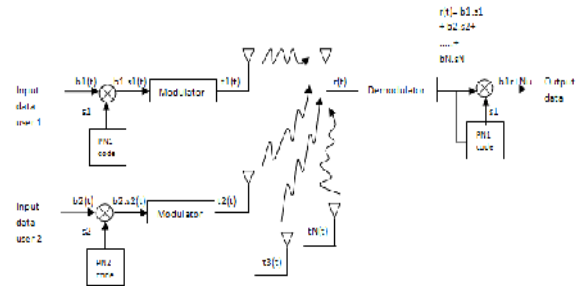
## 1. Pendahuluan

Pada sistem CDMA karena penggunaan band frekuensi yang sama pada saat bersamaan sehingga terjadi Interferensi antar user yang disebut dengan MAI (*Multiple Access Interference*), dan untuk mengatasinya digunakan teknik *multiuser detection* dan salah satu jenisnya adalah SIC (*Successive Interference Cancellation*). Masalah yang lainnya adalah pengiriman sinyal yang tidak semuanya LOS sehingga timbul masalah *fading*, untuk mengatasi pengaruh *fading* digunakan sebuah teknik kode konvolusi.

## 2. Teori Penunjang

### 2.1 CDMA

Teknik kode akses jamak, atau yang sering disebut CDMA adalah sistem mobile komunikasi dimana semua pengguna dapat berkomunikasi dengan menggunakan kanal frekuensi yang sama dan waktu yang sama, dengan menerapkan pemberian kode yang berbeda untuk setiap pengguna.



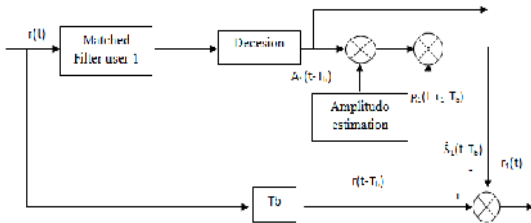
Gambar 1. Blok diagram CDMA sistem

Sinyal yang diterima

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k b_k s_k(t) + \sigma n(t) \quad (1)$$

### 2.2 SIC (*Successive Interference Cancellation*)

SIC (*Successive Interference Cancellation*) adalah detektor yang mendeteksi user secara serempak. SIC beroperasi secara sederhana mengurangi penambahan dari MAI dengan pengurangan kekuatan sinyal dari user. Misalnya user 1 ingin menghubungi B maka diusahakan user 1 dapat dengan langsung berhubungan dengan B dengan kata lain user 1 dan b saja yang berkomunikasi, tetapi seringkali ada sinyal lain yang mengganggu atau interferensi yang disebabkan oleh *user* lain. Untuk itu SIC digunakan, SIC menganggap *user* lain sebagai noise. Bila di kanal ada banyak user, ada user 1, user 2 user 3 sampai user k. Maka user 2 + 3 + user k ini disebut MAI (*Multiple Access Interference*). Cara kerja dari SIC yaitu membatalkan sinyal interferensi dengan daya terkuat terlebih dahulu atau yang paling dianggap mengganggu, lalu diikuti oleh sinyal dengan daya terkuat selanjutnya, dan seterusnya sampai diperoleh bentuk sinyal yang diinginkan. SIC awalnya memberi peringkat dahulu terhadap kekuatan dari sinyal tersebut sebelum dibatalkan.



**Gambar 2.** Successive Interference Cancellation – Stage pertama

Pada langkah yang terakhir, setelah user ke-k terdeteksi dan di-cancel, maka akan didapatkan sinyal yang dirumuskan sebagai berikut:

$$r_k(t) = r(t) - \sum_{j=k}^K A_j \hat{b}_j s_j \quad (2)$$

Dinama :

$r_k(t)$  = Sinyal hasil *cancellation* pada stage ke k

$r(t)$  = sinyal yang diterima

$A_j$  = Deretan amplitudo

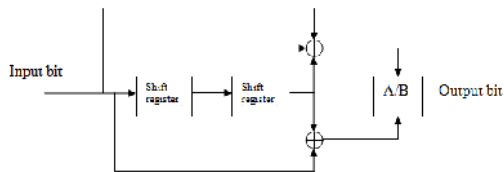
$b_j$  = Deretan bit hasil estimasi

$s_j$  = Deretan *chips*

### 2.3 Kode Konvolusi

#### 2.3.1 Encoder Kode Konvolusi

Kode konvolusi dihasilkan dengan melewati urutan informasi yang akan dikirim melalui sebuah shift register. Jumlah bit output untuk setiap urutan input k-bit adalah n bit. Parameter K disebut panjang batas dari kode konvolusional. Pada rangkaian konvolusional encoder ini terdapat dua komponen dasar yaitu shift register dan gerbang ex-or, dimana gerbang ex-or ini berupa komponen adder. Seperti gambar dibawah ini merupakan contoh dari bentuk rangkaian *convolutional encoder* generator yang terdiri dari 2 buah shift register.



**Gambar 3.** Rangkaian *Convolutional Encoder* generator

#### 2.3.2 Dekoder Kode Konvolusi

Pada Penerima terdapat sebuah *Deconvolutional Decoder* untuk mendapatkan deretan bit asli setelah melewati proses *convolutional coding*. Jenis algoritma yang digunakan pada *deconvolutional decoder* untuk mengetahui urutan bit yang benar digunakan algoritma viterbi, teknik yang sering digunakan adalah teknik trellis.

Pada teknik trellis ini harus ditentukan terlebih dahulu current state, sehingga pada saat diberi nilai input akan mengetahui next statenya. Dan jalur yang diambil untuk mendapatkan nilai bit yang benar adalah dengan cara memilih jalur yang terpendek.

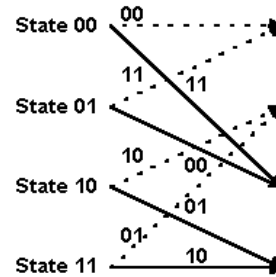
**Tabel 1.** Penentuan Next State

Current State	Input = 0	Input = 1
00	00	10
01	00	10
10	01	11
11	01	11

**Tabel 2.** Penentuan Output Symbol

Current State	Input = 0	Input = 1
00	00	11
01	11	00
10	10	01
11	01	10

Garis tebal yang menghubungkan titik-titik dalam diagram mewakili state transisi bila bit input adalah satu. Garis putus-putus mewakili state transisi ketika input bit adalah nol.



**Gambar 4.** Gambar penentuan stage transisi

Dari tabel diatas dapat ditentukan next state dari current state yang telah diberi input 0 / 1, dan nilai dari output symbol tersebut sesuai dengan tabel diatas yang terdiri dari dua bit. Dan dari output symbol yang diperoleh maka akan dibandingkan dengan nilai output dari encoder yang merupakan deretan bit hasil *convolutional coding*, perbandingan tersebut dilakukan per dua bit. Perbandingan tersebut diperoleh nilai accumulated error metric. Dan dari nilai accumulated error metric tersebut akan diambil nilai terkecil untuk menentukan jalur state untuk memperoleh bit yang asli. Dan input state yang dipilih untuk menuju state berikutnya yang lebih pendek dan akan diputuskan sebagai input decoder atau deretan bit informasi yang asli.

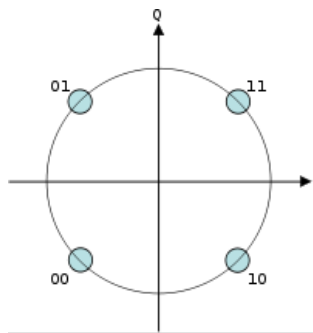
## 2.4 QPSK

QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) adalah sebuah sistem modulasi sinyal digital ke sinyal carrier frekuensi radio menggunakan empat tahap fase ke dua bit kode. Karena QPSK mempunyai 4 kemungkinan keadaan, QPSK mampu mengkodekan 2 bit per simbol.

**Tabel 3.** Kemungkinan Keadaan pada QPSK

Tahap	Data
45 derajat	Biner 00
135 derajat	Biner 01
225 derajat	Biner 11
315 derajat	Biner 10

Tahapan pada QPSK juga dapat dilihat pada diagram konstelasi yang terdapat 4 titik tahap. Dengan empat tahap, QPSK dapat mengkodekan dua bit per simbol, yang ditunjukkan pada diagram dengan *Gray Coding* untuk meminimalkan BER.



**Gambar 5.** Diagram konstelasi QPSK Menggunakan *Gray Coding*

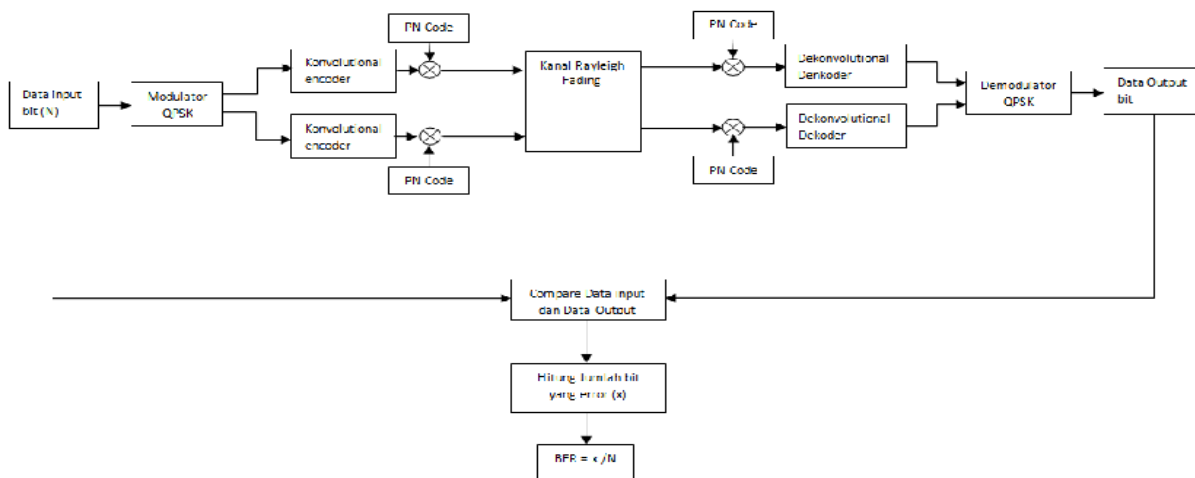
## 3. Perancangan Sistem

Pada tahap ini yang dilakukan adalah membuat perancangan program simulasi dan visualisasi. Perancangan program simulasi dan visualisasi tersebut berdasarkan blok diagram keseluruhan proses yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini. Blok diagram sistem adalah seperti gambar 6 dibawah ini.

Pada blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa pada sisi *transmitter* sebelum sinyal ditransmisikan sinyal informasi mengalami proses encoder kode konvolusi, spreading, dan modulasi QPSK. Proses transmisi dilakukan melalui kanal mulyipath fading. Sedangkan pada *Receiver*, sinyal yang diterima kemudian akan mengalami proses *successive interference cancellation multiuser detection* yang didalamnya terdapat proses demodulasi dan *despreading* dan yang terakhir adalah proses dekonvolusional dekode untuk mendapatkan bit informasi asli.

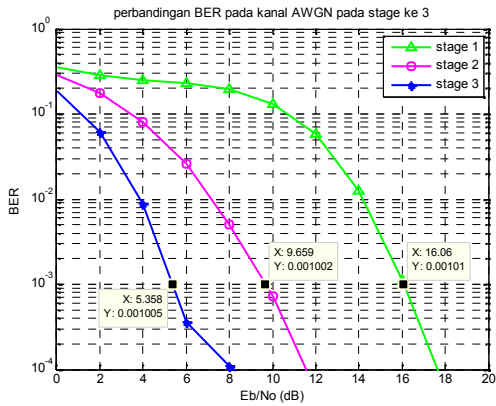
## 4. Hasil dan Analisa Sistem

Pada Pembuatan Kode Konvolusi pada sistem *successive interference cancellation multiuser detection* CDMA dengan modulasi QPSK, akan diketahui kinerja kode konvolusi pada sistem tersebut. Pada sisi pengirim bit informasi dikodekan dengan menggunakan kode konvolusi kemudian dilakukan proses spreading dan modulasi QPSK, pada sisi penerima terdapat *successive interference cancellation multiuser detection* proses dekode kode konvolusi dan demodulasi QPSK untuk mendapatkan bit informasi kembali. Proses transmisi sistem tersebut dilakukan pada kanal AWGN dan *rayleigh fading*.



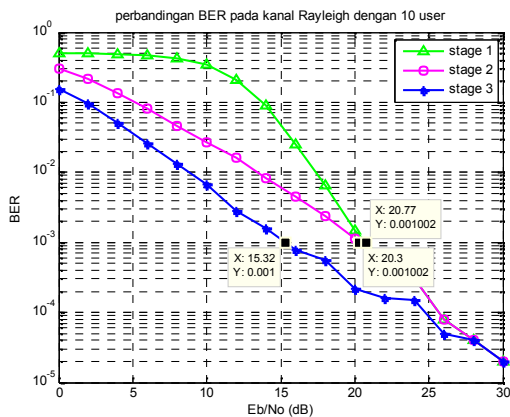
**Gambar 6.** Blok diagram sistem simulasi

#### 4.1 Hasil Simulasi Kode Konvolusi pada Sistem Successive Interference Cancellation Multiuser Detection CDMA dengan Modulasi QPSK



**Gambar 7.** Hasil BER Kode Konvolusi pada Sistem SIC MUD CDMA dengan Modulasi QPSK pada kanal AWGN

Pada gambar 7 diatas merupakan BER kode konvolusi pada *successive interference cancellation multiuser detection* CDMA dengan modulasi QPSK pada kanal AWGN. Jumlah user aktif pada sistem tersebut 10 dan bit informasi yang dibangkitkan 100000. Nilai BER tersebut ditampilkan pada 3 stage proses SIC. Semakin tinggi stage pada tahap SIC akan diperoleh kinerja semakin baik hal ini dikarenakan semakin meningkat tahapan stage maka jumlah MAI juga akan semakin berkurang. Pada saat mencapai nilai BER  $10^{-3}$  yang sesuai dengan standar komunikasi suara digital pada stage ke 3 SIC lebih baik 4.3 dB dari stage 2 SIC dan lebih baik 10.7 dB dari stage 1.

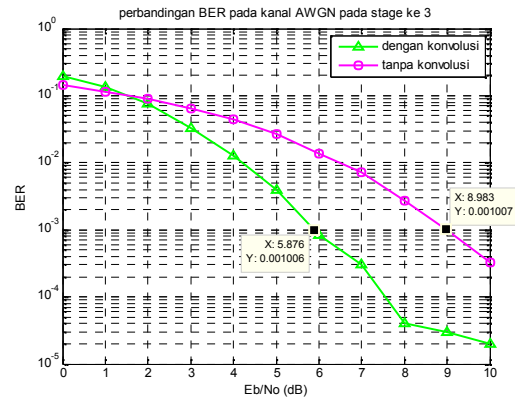


**Gambar 8.** Hasil BER Kode Konvolusi pada Sistem SIC MUD CDMA dengan Modulasi QPSK pada Kanal Rayleigh Fading

Pada gambar 8 diatas merupakan BER kode konvolusi pada *successive interference cancellation*

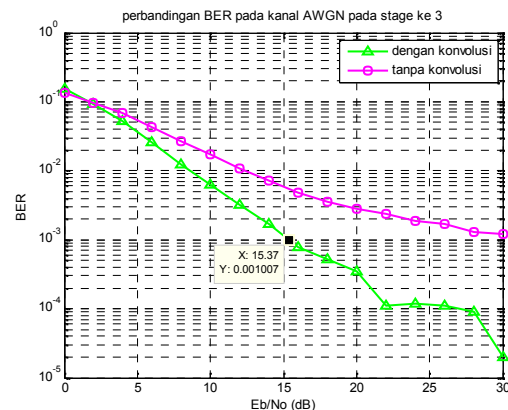
*multiuser detection* CDMA dengan modulasi QPSK pada kanal rayleigh fading. Jumlah user aktif pada sistem tersebut 10 dan bit informasi yang dibangkitkan 100000. Untuk stage 1 dan stage 2 mencapai nilai BER  $10^{-3}$  sesuai standar komunikasi suara digital pada SNR yang hampir sama yaitu sekitar 20 dB. Pada BER  $10^{-3}$  stage 3 SIC lebih baik 5 dB daripada stage 2.

#### 4.2 Hasil Simulasi Perbandingan Sistem Dengan dan Tanpa Kode Konvolusi



**Gambar 9.** Hasil tampilan BER pada Sistem Dengan dan Tanpa Kode Konvolusi pada Kanal AWGN

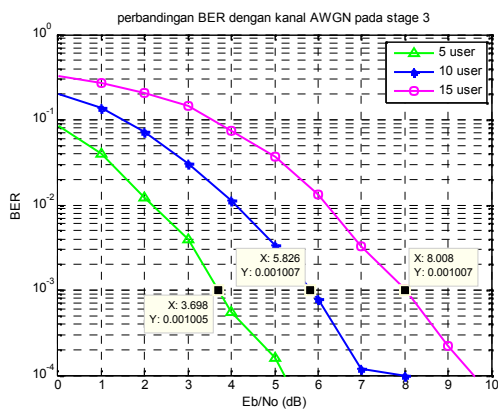
Pada gambar 9 diatas merupakan BER dari sistem *successive interference cancellation multiuser detection* CDMA dengan modulasi QPSK pada kanal AWGN dengan menggunakan kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi. Jumlah user aktif pada sistem tersebut 10 dan jumlah bit informasinya 100000. Sistem dengan kode konvolusi mencapai nilai BER  $10^{-3}$  pada SNR 5.8 dB sedangkan sistem tanpa menggunakan kode konvolusi baru mencapai BER  $10^{-3}$  pada nilai SNR 8.9 dB. Pada nilai BER yang sama yaitu  $10^{-3}$  sistem dengan kode konvolusi lebih baik 3.1 dB dibanding dengan sistem tanpa kode konvolusi.



**Gambar 10.** Hasil tampilan BER pada Sistem Dengan dan Tanpa Kode Konvolusi pada Kanal Rayleigh Fading

Selain pada kanal AWGN, pada kanal Rayleigh fading kinerja sistem akan lebih baik dengan menggunakan kode konvolusi. Hal itu dapat dilihat pada gambar 4.5, sistem dengan menggunakan kode konvolusi sudah mulai mencapai nilai BER  $10^{-3}$  pada saat SNR 15.37 dB, sedangkan sistem yang tidak menggunakan kode konvolusi belum mencapai nilai BER  $10^{-3}$  sampai nilai SNR 30, jadi SNR harus ditambah lagi.

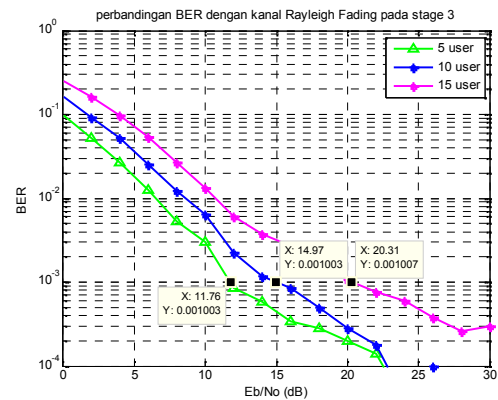
### 4.3 Hasil Simulasi Perbandingan User pada Kode Konvolusi pada Sistem SIC MUD CDMA dengan Modulasi QPSK



**Gambar 11.** Hasil tampilan BER pada Simulasi Sistem Dengan Membandingkan jumlah User Aktif Pada Kanal AWGN

Pada gambar 11 merupakan BER pada sistem dengan membandingkan jumlah user aktif, jumlah user yang dibandingkan adalah 5 user aktif, 10 user aktif dan 15 user aktif dengan jumlah bit informasi yang dibangkitkan 50000. Kinerja sistem dengan jumlah 5 user akan lebih baik daripada sistem dengan 10 user, dan 10 user akan lebih baik daripada sistem dengan 15 user. Hal ini dapat dilihat dari nilai BER dari sistem tersebut, sistem dengan 5 user mencapai nilai  $10^{-3}$  pada saat SNR 3.7 dB, sedangkan sistem dengan 10 user mencapai nilai  $10^{-3}$  pada saat SNR 5.8 dB. Dan sistem dengan 15 user mencapai nilai  $10^{-3}$  pada saat SNR 8 dB. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah user pada sistem tersebut maka jumlah MAI juga akan semakin banyak.

Selain pada kanal AWGN, Pada kanal Rayleigh fading juga dapat membuktikan bahwa semakin banyak jumlah user aktif pada kanal tersebut maka kinerja sistem juga akan semakin menurun akibat bertambah pula jumlah MAI. Pengujian sistem dengan membandingkan jumlah user aktif pada kode konvolusi pada sistem successive interference cancellation multiuser detection CDMA pada kanal Rayleigh fading dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini.



**Gambar 12.** Hasil tampilan BER pada Simulasi Sistem Dengan Membandingkan jumlah User Aktif Pada Kanal Rayleigh Fading

Hasil BER perbandingan jumlah user aktif pada kanal rayleigh fading, jumlah user yang dibandingkan adalah 5, 10 dan 15, bit informasi yang dibangkitkan adalah 10000. Sistem dengan 5 user aktif akan lebih baik daripada sistem dengan 10 user aktif dan 15 user aktif. Sistem dengan 5 user aktif mencapai nilai BER  $10^{-3}$  sesuai pada saat SNR 11.7 dB, sistem dengan 10 user aktif akan mencapai nilai BER  $10^{-3}$  dB pada saat SNR 14.9 dB dan sistem dengan 15 user aktif akan mencapai nilai BER  $10^{-3}$  pada saat SNR 20.3 dB.

### 5. Kesimpulan Sementara

Dari pembuatan kode konvolusi pada sistem successive interference cancellation multiuser detection CDMA dengan modulasi QPSK dapat diperoleh kesimpulan :

1. Semakin besar tingkatan stage pada proses SIC maka kinerja sistem akan menjadi lebih baik karena jumlah MAI akan semakin berkurang.
2. Kode konvolusi dapat memperbaiki kinerja sistem, terbukti bahwa sistem dengan kode konvolusi pada kanal AWGN pada BER  $10^{-3}$  lebih baik 3 dB daripada sistem tanpa kode konvolusi. Sedangkan pada kanal rayleigh fading sistem dengan kode konvolusi pada nilai  $10^{-3}$  lebih baik 12.66 dB daripada sistem tanpa kode konvolusi.
3. Jumlah user pada sistem dapat mempengaruhi kinerja sistem, dengan SNR yang sama jumlah user yang lebih sedikit akan diperoleh nilai BER yang lebih baik.

### 6. Daftar Pustaka

[1] Meel, J., "Spread Spectrum", IWT HOBU Founds, De Nayer Institute, October 1999

- [2] Dingankar, Aasif, dkk, "Digital Communication Multiuser Detection For Synchronous CDMA", ECPE 5654
- [3] Rina Riati, *Tugas Akhir Analisa Kinerja Kode Konvolusi Pada Sistem Successive Interference Cancellation Multi User Detection CDMA Berbasis Lunak*, PENS-ITS, Surabaya, 2010
- [4] Chandra Wilman, *Tugas Akhir Simulasi dan Pemodelan kanal Multipath Rayleigh Fading*, PENS-ITS, Surabaya, 2009
- [5] M. Patzold, U. Killat, F. Laue, and Y. Li, "On the Statistic Properties of Deterministic Simulation Models for Mobile Fading Charnels", *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol. 47, no. 1, pp. 254-269, Feb. 1998
- [6] G Leija-Hernandez, dkk, *Performance Analysis of Convolutionl Coding in CDMA Communication System*, Journal of Vectorial Relativity, 2009
- [7] Pulin Patel, Jack Holtzman, *Analysis of a Simple Successive Interference Cancellation in DS/CDMA System*, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATION, VOL 12, NO.5, 1994
- [8] R. Michael Buehrer, dkk, *A Simulation Comparison of Multiuser Receivers for Cellular CDMA*, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL 49, NO.4, 2000
- [9] Soo Cho.Yong, dkk, *MIMO-OFDM Wireless Communication with MATLAB*, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 2 Clementi Loop. # 02-01, Singapore, 2010