

# Analisa Kinerja Kode Konvolusi pada Sistem *Parallel Interference Cancellation Multi Pengguna aktif Detection CDMA* dengan Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* Berbasis Perangkat Lunak

Saretta Nathaniatasha Prawindrijo<sup>1</sup>, Yoedy Moegiharto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

<sup>2</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : [sarettaprawindrijo@yahoo.com](mailto:sarettaprawindrijo@yahoo.com)

## Abstrak

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa terhadap kinerja kode konvolusi pada sistem *Parallel Interference Cancellation Multipengguna aktif Detection CDMA* dengan menggunakan modulasi QPSK. *Encoder* kode konvolusi digunakan di sisi *transmitter* dengan *rate* 1/3 dan *decoder* di sisi *receiver* menggunakan algoritma viterbi. Hasil berupa kurva nilai BER terhadap fungsi SNR.

Kinerja dengan kode konvolusi pada sistem PIC lebih baik 7 dB dibanding tanpa kode konvolusi untuk nilai BER  $10^{-3}$ . Untuk sistem PIC MUD *stage* 3 lebih baik 5 dB dibanding *stage* 2 dan 3 dB dibanding *stage* 1. Penggunaan kode konvolusi dengan *rate* 1/3 lebih baik 4 dB dibanding *rate* 1/2. Penerapan pada pengguna aktif 12 lebih baik dibanding 16 pengguna karena makin banyak pengguna maka nilai SNR yang diperlukan semakin besar.

Kata kunci : Kode Konvolusi, PIC, BER, QPSK

## 1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi telekomunikasi pada sistem seluler membuat jumlah pengguna aktif bertambah yang mengakibatkan semakin sempitnya pita frekuensi yang tersedia karena hanya menggunakan satu kanal frekuensi. Untuk mengatasi masalah semakin banyaknya pengguna aktif tersebut muncul suatu teknik yang dinamakan *spread spectrum*, yaitu teknik yang memungkinkan penggunaan pita frekuensi yang terbatas oleh banyak pengguna aktif secara bersamaan dengan tiap pengguna aktif memiliki kode yang berbeda. Metode akses jamak seperti ini disebut dengan *Code Division Multiple Access (CDMA)*.

Karena menggunakan satu kanal untuk banyak pengguna aktif, sistem CDMA dapat menimbulkan interferensi antar pengguna aktif, yaitu masalah *Multiple Access Interference (MAI)*. Untuk mengatasi masalah MAI ini diperlukan adanya pendeteksi pengguna aktif agar dapat mengetahui informasi yang dikirimkan berasal dari pengguna aktif yang mana. Maka kita menggunakan sebuah *Multipengguna aktif Detection (MUD)* yang berjenis *Parallel Interference Cancellation (PIC)* pada penerima.

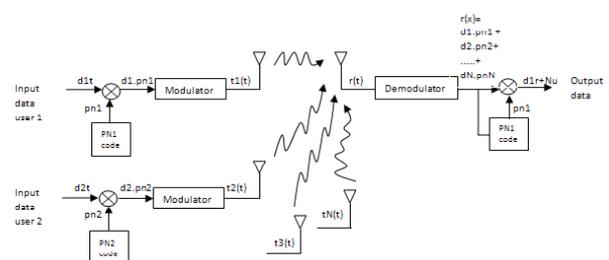
Sinyal informasi yang dikirimkan melalui media transmisi udara akan diterima oleh penerima berupa

penjumlahan dari banyak sinyal, baik yang dipancarkan secara langsung (LOS) atau yang berasal dari pantulan *multipath*. Pantulan ini menyebabkan kuat sinyal informasi yang diterima oleh penerima akan bervariasi dengan cepat, sinyal-sinyal tersebut dapat saling menguatkan ataupun saling melemahkan, yang disebut dengan *fading*. Dalam masalah *fading* ini digunakan teknik *convolutional code*.

## 2. Teori Penunjang

### 2.1 CDMA (*Code Division Multiple Access*)

CDMA merupakan sistem *mobile* komunikasi dimana semua pengguna aktif dapat berkomunikasi dengan menggunakan kanal frekuensi dan waktu yang sama. Penggunaan frekuensi yang sama menyebabkan pita frekuensi semakin sempit ketika jumlah pengguna bertambah, sehingga akan timbul interferensi antar pengguna yang disebut dengan istilah *Multiple Access Interference (MAI)*. Untuk menghadapi masalah tersebut digunakan teknik *spread spectrum* yang memungkinkan banyak pengguna aktif menggunakan kanal yang sama tetapi dengan kode yang berbeda. Kode-kode yang digunakan dalam metode *spread spectrum* berbeda untuk setiap periodenya yang disebut *pseudo random*.



**Gambar 1.** Blok Diagram CDMA

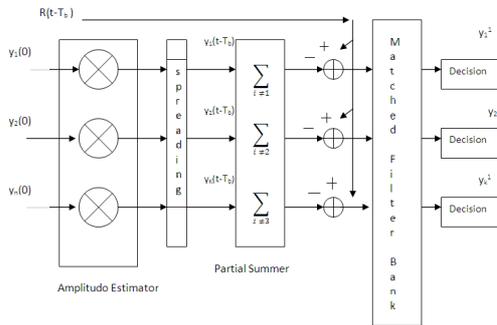
Sinyal CDMA yang diterima :

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

### 2.2 PIC (*Parallel Interference Cancellation*)

PIC adalah salah satu dari pendekatan pendeteksian non-linear *multiuser* aktif, dan dengan hal ini dapat memperoleh peningkatan yang nyata dengan perhitungan kompleksitas yang rendah dan pendek/singkat dalam memproses *delay*. Pada

sistem DS-CDMA dimana terdapat K pengguna aktif memancarkan informasi mereka secara *synchronous* bersama dengan *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dalam satu *channel*.



**Gambar 2.** Skema PIC (*Parallel Interference Cancellation*)

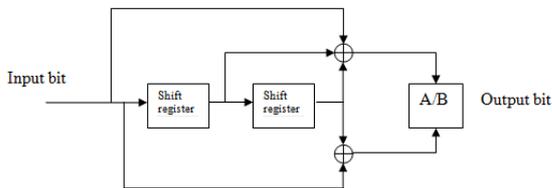
Sinyal output pada *stage* 1 dinyatakan seperti:

$$y_k^{(1)} = y_k - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^K \rho_{ki} y_i \quad \dots(2)$$

### 2.3 Convolutional Code

#### a. Convolutional Encoder

Kode konvolusional dihasilkan dengan melewati urutan informasi yang akan dikirim melalui sebuah *shift register*. Secara umum *shift register* terdiri dari K (k-bit) tahap dan n fungsi aljabar linear generator. input data ke *encoder* yang berupa bilangan biner, digeser ke dalam dan sepanjang *shift register* k bit pada waktu itu. 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 dengan k=1/2

Keluaran dari konvolusional *encoder* yang kemudian melalui proses modulasi dan dikirimkan melalui kanal, kemudian pada sisi penerima melalui proses demodulasi dan kemudian masuk pada dekonvolusional dekoder. Pada bagian *encoder* ini harus dimulai dan diakhiri pada *state*

yang diketahui agar pada *decoder* dapat diperoleh urutan bit yang benar.

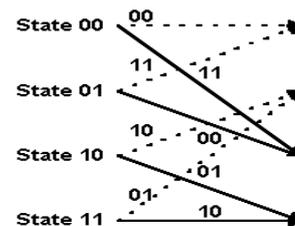
**Tabel 1**  
State dari kode konvolusi (2,1,2)

State Kini	Input	
	0	1
	Output/State Transisi	Output/State Transisi
00	00/00	10/10
01	11/00	01/10
10	11/01	01/11
11	00/01	10/11

#### b. Deconvolutional Decoder

Salah satu teknik *forward error correction* untuk kode konvolusi adalah algoritma viterbi. *Convolutional code* dengan viterbi decoder adalah sebuah FEC teknik yang sesuai dengan sebuah sinyal yang berada dalam saluran *Addictive White Gaussian Noise* (AWGN). Cara kerja dari algoritma viterbi sendiri adalah dengan mencari jarak minimum terkecil yang memiliki nilai akumulasi *error* matriks yang terkecil. Algoritma viterbi biasanya menggunakan trellis diagram untuk penggambarannya.

Untuk mendapatkan nilai akumulasi *error matrix* yang terkecil dari keluaran *encoder* kode konvolusi diperlukan data tentang *state output* dari enkoder kode konvolusi tersebut. Gambar 4 akan menggambarkan tentang hubungan *state* selanjutnya dan *output* pada *encoder* kode konvolusi jika diberi *input* bernilai 1 atau jika *input* bernilai 0. Pada gambar tersebut jika *input* bernilai 1 maka akan digambarkan dengan garis lurus dan tebal, jika *input* bernilai 0 maka digambarkan dengan garis putus-putus.



**Gambar 4.** Hubungan *input, output, state* dan *next state* pada *encoder* kode konvolusi

Dengan mengetahui hubungan antara *input, output, state* dan *next state* maka akan mengerti bagaimana mencari akumulasi *error* yang terkecil yang sesuai dengan *encodernya*.

### 2.4 Modulasi

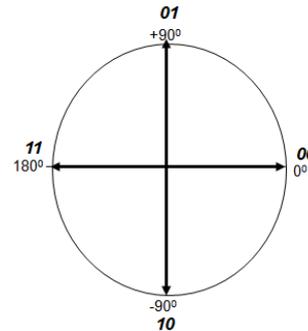
Pada modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), sebuah sinyal pembawa sinusoidal diubah-ubah fasenya dengan menjaga tetap konstan amplitudo dan frekwensinya. Istilah "*quadrature*" mengartikan 4 kemungkinan fase (4-PSK) yang dimiliki oleh sinyal pembawa pada satu waktu.

Empat fasa tersebut masing-masing berkaitan dengan satu dari ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ). Dalam setiap periode waktu, fasa dapat berubah sekali. Karena ada 4 kemungkinan fasa, terdapat 2 bit informasi yang terkandung dalam setiap slot waktu, (00, 01, 10, 11) yang dinamakan dibit. Setiap dibit membangkitkan satu dari 4 kemungkinan fasa. Laju perubahan (*baud*) dalam sinyal tersebut menentukan *bandwidth* sinyal, tetapi bit *rate* QPSK dua kali *baud rate*.

**Tabel 2**  
Kemungkinan Keadaan pada QPSK

Tahap	Data
$0^\circ$	Biner 00
$90^\circ$	Biner 01
$180^\circ$	Biner 10
$270^\circ$	Biner 11

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 untuk meminimalkan BER.



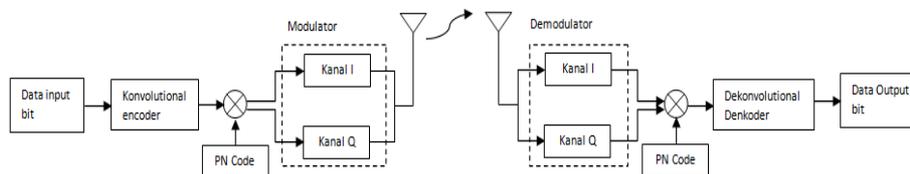
**Gambar 5.** Diagram konstelasi QPSK

### 3. Perencanaan Sistem

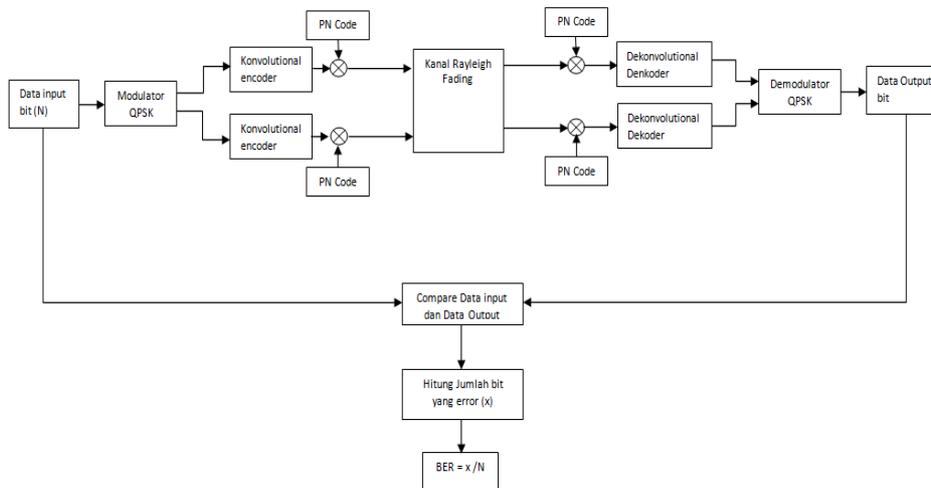
Dalam sistem ini sinyal setelah dibangkitkan secara *random*, sebelum data masuk kedalam *encoder*, akan dilakukan pembagian kanal sesuai dengan modulasinya. Untuk modulasi QPSK, data akan dibagi ke dalam 2 fase, yaitu *Q-phase* dan *I-phase*. Selanjutnya pada proses *encoder*, data akan melewati kode konvolusi dengan *rate* 1/3. Lalu data akan *spreading* oleh *Pseudonoise code* yaitu *goldcode* dengan panjang 31 chip. Hasil dari *spreading* data dengan *Pncode* itu selanjutnya akan melewati kanal, sehingga akan dijadikan

dalam satu fase untuk ditransmisikan. Data akan dikirimkan melalui kanal AWGN sehingga data informasi bercampur dengan *noise* mengalami *error*.

Pada sisi *receiver* sinyal informasi yang bercampur *noise* tersebut akan dibagi lagi menjadi 2 fase kembali sebelum masuk ke proses *spreading* dengan kode yang sama atau identik dengan yang digunakan pada sisi pemancar. Setelah itu data akan dilewatkan ke *decoder* kode konvolusi untuk mendapatkan data asli.



**Gambar 6.** Blok diagram perancangan sistem visualisasi

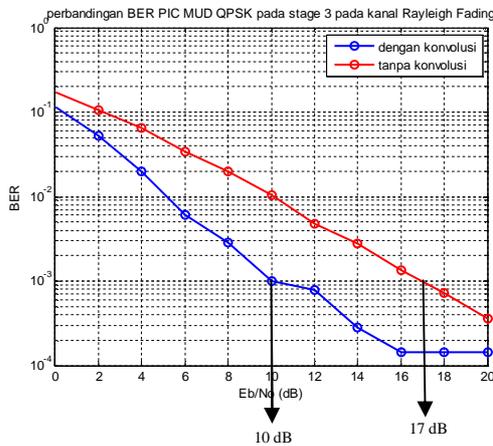


**Gambar 7.** Blok diagram perancangan sistem simulasi

#### 4. Pengujian Sistem

Untuk tabel 3 di bawah ini merupakan nilai BER dari PIC MUD CDMA dengan modulasi QPSK pada kanal *Rayleigh Fading*.

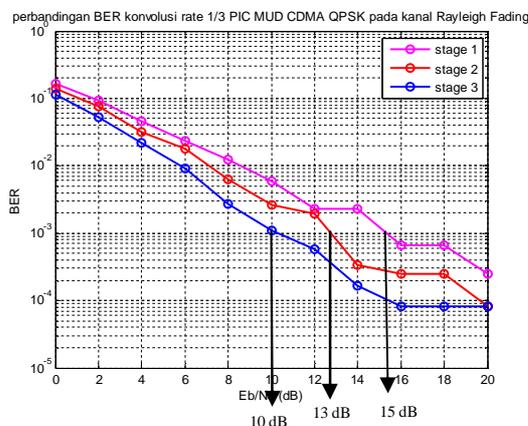
Berikut ini adalah grafik perbandingan dari nilai BER penggunaan kode konvolusi pada sistem dengan yang tidak menggunakan terhadap fungsi SNR :



**Gambar 8.** Grafik perbandingan nilai BER PIC MUD CDMA dengan menggunakan dan tanpa menggunakan kode konvolusi

Dari gambar 8 terlihat bahwa penggunaan kode konvolusi pada sistem berpengaruh pada nilai BER yang dihasilkan, yaitu menjadi lebih baik karena nilai standar komunikasi suara 10<sup>-3</sup> telah dicapai pada saat SNR sebesar 10 dB, sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan kode konvolusi baru mencapai BER 10<sup>-3</sup> pada SNR 17 dB. Dengan adanya selisih sebesar 7 dB ini, dapat dihitung dan diketahui bahwa besar tegangan yang dibutuhkan sistem kode konvolusi untuk mendapatkan nilai *noise* yang sama lebih besar 5x dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan kode konvolusi.

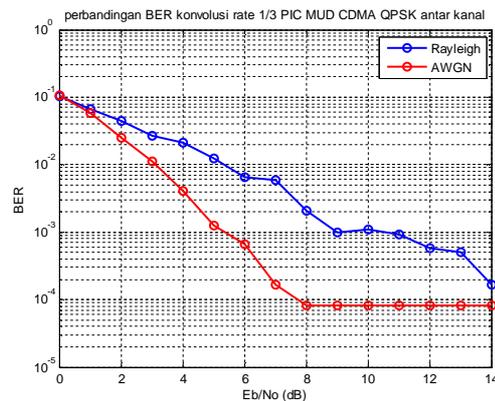
Berikut grafik perbandingan dari nilai BER dari Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar *stage* terhadap fungsi SNR :



**Gambar 9.** Grafik perbandingan nilai BER dari Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar *stage*

Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa BER dari *stage 1*, *stage 2* dan *stage 3* telah memenuhi standart komunikasi suara pada SNR kurang dari 20 dB. Di mana untuk *stage 1* mencapai nilai 10<sup>-3</sup> pada SNR 15 dB, untuk *stage 2* pada SNR 13 dB dan untuk *stage 3* pada SNR 10 dB. Selisih antara nilai BER yang sama dicapai oleh *stage 1* dan *stage 2* sebesar 2 dB, dan pada *stage 1* dan *stage 3* adalah 5 dB. Sehingga untuk mendapatkan tegangan *noise* yang sama, amplitudo untuk *stage 3* lebih kecil 3x dibandingkan amplitudo yang diperlukan *stage 1*.

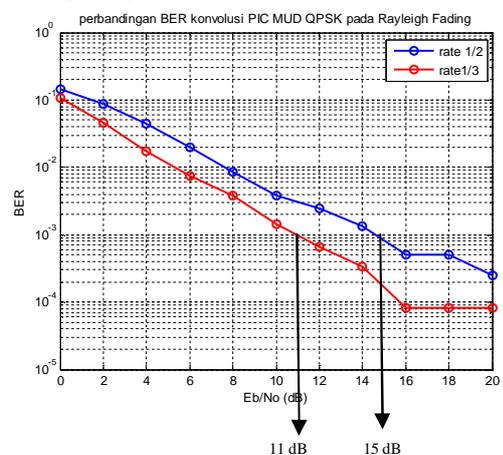
Berikut grafik perbandingan dari nilai nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar kanal terhadap fungsi SNR :



**Gambar 10.** Perbandingan dari nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar kanal

Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa penggunaan kanal AWGN menghasilkan BER yang lebih baik daripada sistem yang menggunakan kanal *Rayleigh Fading*. Nilai BER 10<sup>-3</sup> dB dicapai oleh sistem *Rayleigh Fading* pada saat SNR kurang lebih 9 dB, sedangkan sistem yang menggunakan kanal AWGN mencapai nilai 10<sup>-3</sup> dB pada saat SNR kurang dari 6 dB.

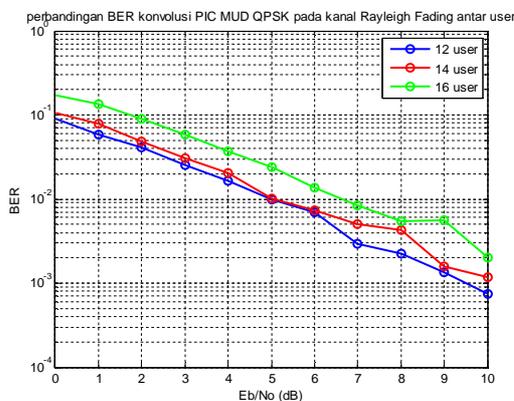
Berikut grafik perbandingan dari nilai nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar *rate* terhadap fungsi SNR :



**Gambar 11.** Perbandingan dari nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar *rate*

Gambar 11 merupakan hasil perbandingan simulasi sistem dengan membandingkan *rate* dari kode konvolusi yang digunakan., yaitu *rate* 1/2 dan *rate* 1/3. Sistem yang menggunakan *rate* kode konvolusi 1/3 menghasilkan BER yang lebih baik daripada sistem yang menggunakan *rate* kode konvolusi 1/2. Nilai BER  $10^{-3}$  dB dicapai oleh sistem *rate* 1/3 pada saat SNR kurang dari lebih 10 dB, sedangkan sistem yang menggunakan *rate* 1/2 mencapai nilai  $10^{-3}$  dB pada saat SNR lebih dari 15 dB. Hal ini dikarenakan pada kode konvolusi *rate* 1/3 menghasilkan bit *output* lebih banyak, yaitu 3xbit *input*. Sesuai dengan teori yang ada, semakin banyak bit yang diproses, maka hasil BER yang didapatkan lebih baik.

Berikut grafik perbandingan dari nilai nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar pengguna aktif terhadap fungsi SNR :



**Gambar 12.** Perbandingan dari nilai BER Kode Konvolusi PIC MUD CDMA QPSK antar pengguna aktif

Gambar 12 merupakan hasil perbandingan simulasi sistem dengan membandingkan pengguna aktif dari program simulasi yang digunakan. Sistem yang menggunakan pengguna aktif paling sedikit, yaitu 12 pengguna menghasilkan BER yang lebih baik daripada sistem yang lainnya. Nilai BER  $10^{-3}$  dB dicapai oleh sistem 12 pengguna pada saat SNR kurang dari 10 dB, sedangkan sistem 14 dan 16 pengguna mencapai nilai  $10^{-3}$  dB pada saat SNR lebih dari 10 dB. Sesuai dengan teori yang ada, semakin sedikit pengguna yang aktif, maka hasil BER yang didapatkan lebih baik.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari sistem konvolusi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan kode konvolusi pada sistem *Parallel Interference Cancellation* Multipengguna aktif *Detection* melalui kanal *flat Rayleigh Fading* dengan modulasi QPSK akan menghasilkan nilai BER yang lebih baik 7 dB bila dibandingkan dengan sistem PIC MUD yang tidak menggunakan kode konvolusi. Hal ini mengindikasikan bahwa

kinerja kode konvolusi dapat mengatasi interferensi yang disebabkan oleh *fading* pada saat melalui kanal *Flat Rayleigh Fading* yang bersifat meredam sinyal yang diterima sehingga berpengaruh besar pada sinyal informasi yang ditransmisikan.

2. Kinerja pada sistem kode konvolusi dengan sistem *Parallel Interference Cancellation* MUD CDMA di sisi penerima yang menggunakan modulasi QPSK melalui kanal *flat Rayleigh Fading* didapatkan semakin tinggi tingkatan *stage*, maka nilai BER yang dihasilkan akan semakin baik. Hal ini dapat terlihat pada nilai BER dari *stage* 3 yang lebih baik 5 dB dibandingkan dengan PIC *stage* 2 dan 3 dB dengan PIC *stage* 1. Sehingga terbukti bahwa sistem PIC MUD dapat mengatasi adanya pengaruh MAI pada penerima.

3. Penggunaan kode konvolusi *rate* 1/3 pada sistem *Parallel Interference Cancellation* MUD CDMA menghasilkan kinerja yang lebih baik 5 dB dibandingkan penggunaan kode konvolusi *rate* 1/2. Hal ini dikarenakan penggunaan *rate* 1/3 akan diproses bit yang lebih banyak pada proses *encoder*, sehingga semakin banyak bit data yang diproses, maka besar kesalahan yang dihasilkan akan semakin kecil.

4. Kinerja kode konvolusi pada sistem PIC *stage* 3 dengan modulasi QPSK melalui kanal *Flat Rayleigh Fading* untuk jumlah pengguna aktif yang berbeda-beda menunjukkan bahwa semakin banyak pengguna aktif yang digunakan maka kinerja sistem secara keseluruhan menjadi semakin buruk. Sehingga untuk kapasitas pengguna semakin banyak diperlukan nilai SNR yang lebih besar pula untuk mencapai BER  $10^{-3}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leija-Hernández, G, "Performance Analysis of Convolutional Coding in CDMA Communication Systems", Journal of Vectorial Relativity. 2009.
- [2] Duel-Hallen, Alexandra and Holtzman, Jack, "Multipengguna aktif Detection for CDMA Systems", IEEE Personal Communication, April. 1995.
- [3] Divsalar, Dariush, "Improved Parallel Interference Cancellation for CDMA", IEEE Personal Communication, Februari. 1998.
- [4] Dingankar, Asif and Anil Kumar, Ravi, "Digital Communications-Multipengguna aktif Detection for Synchronous CDMA", ECPE 5654.
- [5] Proakis, John G., "Digital Communications", McGraw-Hill Book Company, 1989.
- [6] R.Michael Buehrer, dkk, *A Simulation Comparison of Multipengguna aktif Receivers for Cellular CDMA*, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL 49, NO.4, 2000.
- [7] Soo Cho.Yong, dkk, *MIMO-OFDM Wireless Communication with MATLAB*, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 2 Clementi Loop. # 02-01, Singapore, 2010.