

ANALISA SPACE TIME BLOCK CODING PADA SISTEM PARALLEL INTERFERENCE CANCELLATION MULTI PENGGUNA DETECTION CDMA DENGAN MENGGUNAKAN MODULASI BPSK BERBASIS PERANGKAT LUNAK

Violetta Wailisahalong, Ir. Yoedy Moegiharto, MT.

Jurusan Teknik Telekomunikasi - Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Kampus PENS-ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya.

Telp : +62+031+5947280; Fax. +62+031+5946011

Email : violetta@student.eepis-its.edu

Abstrak

Proyek akhir ini dilakukan analisa kinerja *Space Time Block Coding* pada sistem *Parallel Interference Cancellation Multi Pengguna Detection CDMA*. Hasilnya berupa kurva nilai *Bit Error Rate* terhadap fungsi *Signal Noise to Ratio*.

Dari hasil simulasi didapatkan kinerja STBC pada sistem PIC MUD CDMA untuk antenna 2Tx-1Rx *stage-2* memiliki kinerja sistem lebih baik 6 dB daripada *stage-1*. Untuk antenna 2Tx-2Rx *stage-2* kinerja sistemnya lebih baik 4 dB dibandingkan *stage-1*.

Kinerja STBC pada sistem PIC MUD CDMA *stage-2* dengan antenna 2Tx-2Rx lebih baik 39 dB dibandingkan dengan kinerja tanpa STBC, dan lebih baik 3 dB dibandingkan dengan antenna 2Tx-1Rx

Untuk antenna 2Tx-2Rx dengan 5 pengguna memiliki kinerja 5.3 dB lebih baik dibandingkan 10 pengguna. Untuk antenna 2Tx-2Rx dengan pembangkitan *gold code* lebih baik 8 dB dibandingkan dengan *kasami code*. Untuk antenna 2Tx-2Rx dengan 63 *chip* memiliki kinerja 1 dB lebih baik dibandingkan 31 *chip*.

Kata kunci : *CDMA, Multiple Access Interference, Parallel Interference Cancellation, Multipath Fading, Space Time Block Coding, Rayleigh, Gold Code.*

1. PENDAHULUAN

Skema CDMA merupakan sistem yang memanfaatkan frekuensi dan waktu yang sama secara bersamaan, dan digunakan kode-kode yang unik untuk dapat mengidentifikasi tiap-

tiap pengguna, kode-kode ini untuk dapat membedakan satu pengguna dengan pengguna yang lain yang disebut dengan *pseudo random* karena sifatnya yang acak. Namun karena CDMA yang bekerja pada frekuensi dan waktu yang sama, dengan bertambah banyaknya jumlah pengguna, maka antar pengguna akan timbul permasalahan interferensi yang disebut MAI (*Multiple Acces Interference*), permasalahan ini dapat diatasi dengan menggunakan PIC MUD (*Parallel Interference Cancellation Multi User Detection*).

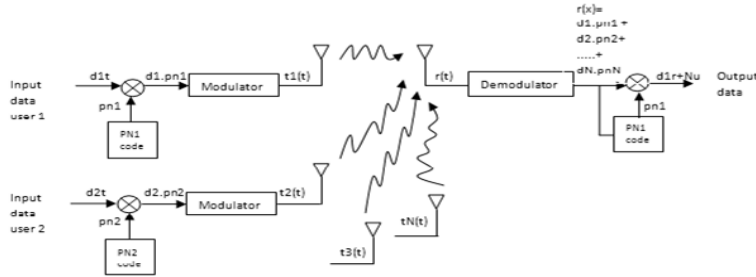
Oleh masalah lain yang ditimbulkan media transmisi komunikasi udara adalah sinyal yang diterima mengalami sinyal-sinyal yang terpantul, sehingga sinyal yang diterima merupakan sinyal campuran yaitu penambahan dari beberapa sinyal yang akan saling menguatkan ataupun melemahkan yang disebut *multipath fading*. Gejala ini akan menurunkan sistem kerja pada komunikasi, dan penggunaan STBC (*Space Time Block Coding*) diharapkan dapat mengatasi permasalahan *multipath fading*.

Dengan menggabungkan STBC dan PIC MUD diharapkan dapat meningkatkan sistem kinerja komunikasi CDMA menjadi lebih baik dari sebelumnya.

2. TEORI PENUNJANG

2.1 CDMA

CDMA (*Code Division Multiple Access*) atau teknik kode akses jamak 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.

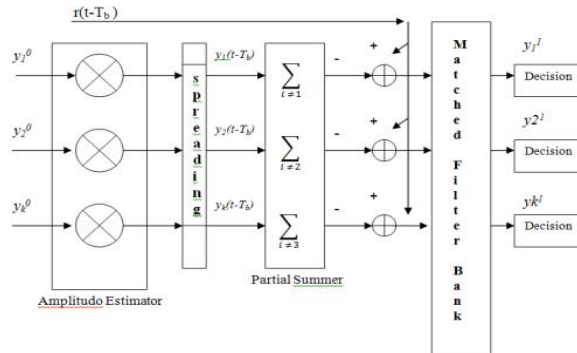


Gambar 2.1 Skema CDMA

2.2 PIC (Parallel Interference Cancellation)

Detektor PIC memperkirakan dan menjumlah semua interferensi / MAI (*Multiple Acces Interference*) untuk setiap pengguna. MAI akan dibangkitkan dengan cara estimasi dan dikurangkan pada sinyal dari tahap sebelumnya. PIC ini bisa terdiri dari beberapa *stage*, dan hasil keputusannya berasal dari *stage* sebelumnya, oleh karena itu keputusan dari *stage* sebelumnya sangat mempengaruhi. Untuk melakukan analisa untuk pengguna-1 maka yang dihitung adalah seluruh sinyal yang

diterima dikurangkan dengan hasil substrak sinyal yang dibangkitkan (MAI) dari keseluruhan pengguna kecuali sinyal dari pengguna-1 itu sendiri dan kemudian menggunakan sinyal tersebut untuk mendeteksi pengguna-1, begitupula proses ini berlaku untuk seluruh pengguna di *parallel*. Kemudian untuk *stage* ke-2 menggunakan bit yang sudah diputuskan (hasil) pada *stage*-1 untuk membangkitkan kembali bentuk sinyal, namun untuk penambahan pada *stage*-3 tidak ditemukan hasil penambahan gain^[3].



Gambar 2.2 Detector PIC (*Parallel Interference Cancellation*)

Untuk analisa pada *stage* ke-1 :

$$y_k^{(1)} = r_{(t-Tb)} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^K \rho_{ki} y_i \quad \dots(2.1)$$

Untuk *stage* 2 :

$$y^{(k)} = r_{(t-Tb)} - (\rho - I)y^{(k-1)} \quad \dots(2.2)$$

Dimana :

- $y_k^{(n)}$: Analisa PIC *stage* ke-n
- y_i : Sinyal MAI
- $r(t-Tb)$: sinyal yang diterima
- ρ : perkalian PN code

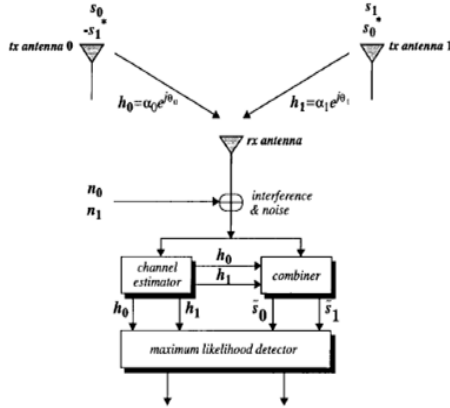
2.3 STBC (Space Time Block Coding)

Space Time Block Coding merupakan skema yang digunakan dalam teknik *transmit diversity*, skema transmisinya adalah membuat sinyal yang akan ditransmisikan *orthogonal* satu dengan lainnya dan perancangannya

tergantung pada jumlah antenna pemancar. Pada proses *encoding* sinyal yang dipancarkan dipengaruhi oleh *fading*, kemudian diterima oleh antenna penerima dimana sinyal yang diterima tersebut juga mengandung *noise*. Sinyal – sinyal yang diterima pada antenna penerima akan masuk *combiner*, dimana terdapat kanal estimasi, sinyal dari *combiner* akan masuk ke *Maximum Likelihood Detector* untuk melakukan keputusan, dimana diharapkan sinyal yang didapatkan adalah sama dengan sinyal input, yaitu s_0 dan s_1 . Sehingga apabila sinyal yang didapat mendekati sinyal aslinya maka dianggap tidak terjadi kesalahan. Hal tersebut berarti apabila nilai s_i (sinyal input) kurang dari atau sama dengan s_k (sinyal yang diterima) maka dianggap tidak terjadi kesalahan sehingga sinyal yang dikeluarkan adalah \tilde{s}_0 . Demikian juga untuk sinyal s_1 , dengan memilih s_i .

2 Pemancar 1 Penerima

Sistem ini data mengirimkan 2 simbol yang berbeda dalam satu waktu. Diasumsikan bahwa s_0 dan s_1 adalah simbol yang telah dimodulasi oleh PSK modulator. Pada waktu pertama (t) antenna ke-1 mengirimkan sinyal berupa simbol s_0 dan antenna ke-2 mengirimkan sinyal berupa simbol s_1 . Kemudian pada waktu kedua ($t+T$) simbol dari masing-masing antenna pemancar tersebut di konjuget sehingga mejadi symbol $-s_1^*$ pada antenna ke-1 dan symbol s_0^* pada antenna ke-2.



Gambar 2.3 Skema Transmisi 2 Transmitter 1 Receiver

$$\begin{matrix}
 & T_{x0} & T_{x1} \\
 t & \begin{bmatrix} S_0 & S_1 \end{bmatrix} \\
 t+1 & \begin{bmatrix} -S_1^* & S_0^* \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Gambar 2.4 Skema Transmisi *Orthogonal* STBC

Kanal pada time t terbentuk oleh $h_0(t)$ pada antenna pemancar 1 dan $h_1(t)$ pada antenna pemancar 2. Diumpamakan 2 simbol tersebut memiliki *fading* (pelemahan daya sinyal yang diterima) yang konstan

Sinyal pada antenna penerima :

$$\begin{aligned}
 r_0 &= r(t) = h_0s_0 + h_1s_1 + n_0 \\
 r_1 &= r(t+T) = -h_0s_1 + h_1s_0^* + n_1 \quad \dots(2.4)
 \end{aligned}$$

Dimana :

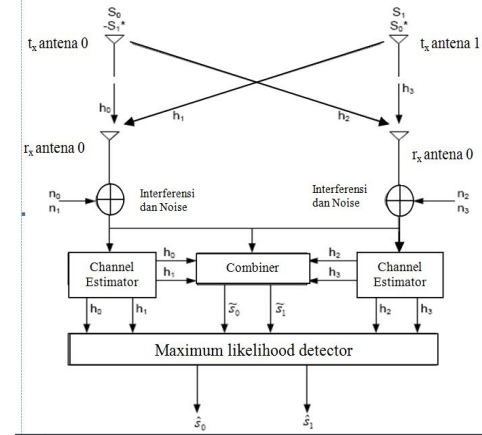
- h : kanal
- s_0 : simbol waktu (t) pada antenna pemancar 1
- $-s_1^*$: simbol waktu ($t+T$) pada antenna pemancar 1
- s_1 : simbol waktu (t) pada antenna pemancar 2

s_0^* : simbol waktu ($t+T$) pada antenna pemancar 2

n_0 dan n_1 : simbol dari noise dan interferensi.

2 Pemancar 2 Penerima

Skema transmisi yang sama dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.5 Skema transmisi 2 Transmitter 2 Receiver

Persamaan sinyal yang diterima pada rx_0 adalah :

$$\begin{aligned}
 r_0 &= h_0s_0 + h_1s_1 + n_0 \\
 r_1 &= -h_0s_1^* + h_1s_0^* + n_1 \quad \dots(2.11)
 \end{aligned}$$

Pada antenna rx_1 persamaan sinyalnya adalah :

$$\begin{aligned}
 r_2 &= h_2s_0 + h_3s_1 + n_2 \\
 r_3 &= -h_2s_1^* + h_3s_0^* + n_3 \quad \dots(2.12)
 \end{aligned}$$

2.4 BPSK (Binary Phase Shift Keying)

BPSK merupakan teknik modulasi digital linear dimana fase dari sinyal *carrier* di ubah-ubah diantara 2 nilai yang sesuai dengan mewakili biner 0 dan 1 dengan beda fase 180° diantara keduanya. Konversi sinyal digital '0' atau '1' menjadi suatu simbol berupa sinyal kontinyu yang memiliki 2 fase yang berbeda

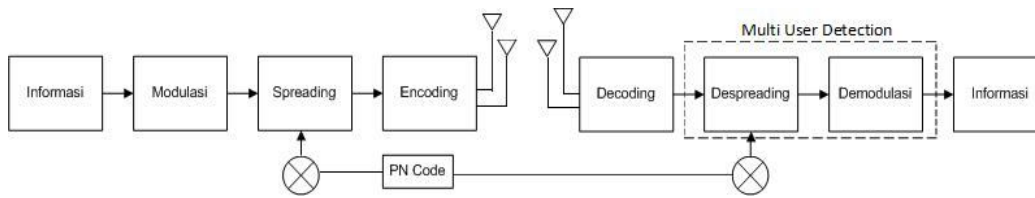
Tabel 2-1 Tabel kebenaran Modulasi BPSK

Binary Input	Output Phase
Logic '0'	180°
Logic '1'	0°

3. PERANCANGAN SISTEM

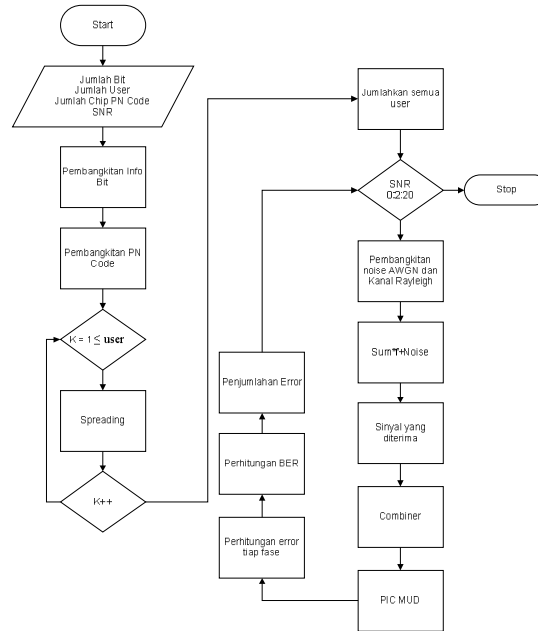
Pada tahap ini yang dilakukan adalah membuat perancangan program simulasi. berdasarkan blok diagram keseluruhan proses yang dilakukan pada Proyek Akhir ini.

Blok diagram sistem keseluruhan adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Flowchart Sistem



Gambar 3.2 Flowchart Sistem

Pada pemancar sinyal informasi dibangkitkan secara random dan di modulasi dengan menggunakan modulasi BPSK, kemudian sinyal di *spreading* yaitu dikalikan dengan *PN code* dengan menggunakan *gold code*, kemudian dilakukan proses *coding* dengan menggunakan skema *Alamouti STBC*, setelah itu sinyal ditransmisikan melalui pemancar, sinyal informasi dilewatkan melalui kanal *Rayleigh* yang juga dipengaruhi oleh adanya *noise AWGN* dan interferensi dari masing masing pengguna. Pada penerima sinyal informasi yang diterima merupakan hasil jumlah dari hasil *encoding* dan *noise*, dilanjutkan prosesnya pada *combiner* yaitu dengan menjumlahkan sinyal yang diterima dengan koefisien koresponden kanal transmisi (*Rayleigh fading*) untuk melakukan keputusan, dimana diharapkan sinyal yang didapatkan adalah sama dengan sinyal input, apabila mendekati sinyal aslinya maka dianggap tidak terjadi kesalahan, kemudian sinyal di *despreading* dengan memisahkan dari *chip-chip PN Code* dan

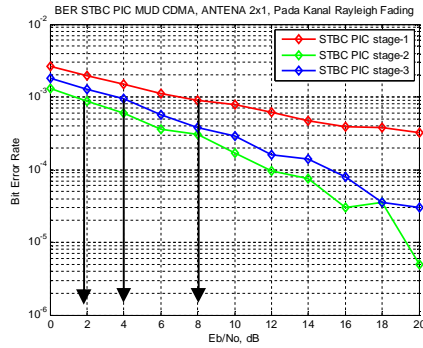
kemudian dilakukan *respreading* kembali untuk proses PIC yaitu dihilangkan sinyal yang terkena MAI, setelah diperoleh sinyal kemudian dilakukan kembali proses *despreading* sinyal dikalikan dengan *PN code* yang sama dengan *PN code* yang dikirim, sehingga *pseudonoise code* dipisahkan dari bit dan hanya didapatkan bit informasi.

4. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian dari hasil program yang dibuat dan dari hasil sistem STBC PIC MUD CDMA dengan modulasi BPSK, kemudian dilakukan suatu analisa sistem sehingga tujuan akhir terpenuhi, yaitu simulasi ini dapat mengetahui kinerja sistem berdasarkan nilai BER (*Bit Error Rate*) terhadap SNR (*Signal Noise to Ratio*).

4.1 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-1Rx Stage 1,2 dan 3 Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-1Rx melalui kanal *Rayleigh* dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 8.

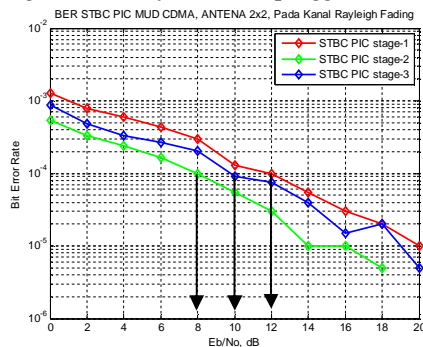


Gambar 4.1 BER STBC PIC MUD Perbandingan *Stage* Pada Antena 2Tx-1Rx

Untuk *stage-1* mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 8$ dB, untuk *stage-2* mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 2$ dB dan untuk *stage-3* mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 4$ dB, *stage-2* kinerjanya lebih baik 6 dB dibandingkan PIC *stage 1*.

4.2 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-2Rx Stage 1,2 dan 3 Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-2Rx melalui kanal *Rayleigh* dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 8.

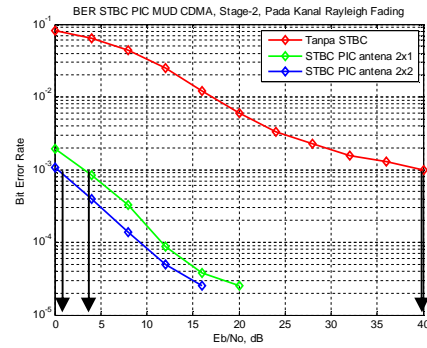


Gambar 4.2 BER STBC PIC MUD Perbandingan *Stage* Pada Antena 2Tx-2Rx

Untuk *stage-1* mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 12$ dB, untuk *stage-2* mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 8$ dB dan untuk *stage-3* mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 10$ dB, *stage-2* kinerjanya lebih baik 4 dB dibandingkan PIC *stage 1*.

4.3 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Stage ke-2 Pada Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada *stage-2* melalui kanal *Rayleigh* dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 4.

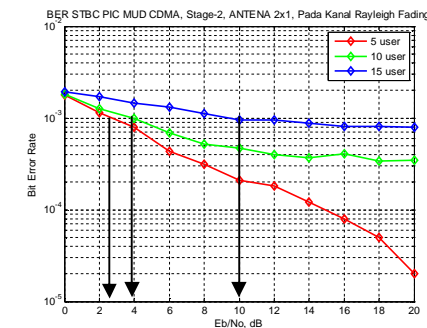


Gambar 4.3 BER STBC PIC MUD Perbandingan Antena Pada *Stage-2*

Kinerja *detector* PIC mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR 40 dB, sedangkan untuk STBC pada sistem PIC MUD antena 2Tx-1Rx mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 4$ dB, dan untuk antena 2Tx-2Rx mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 1$ dB, kinerja antena 2Tx-2Rx lebih baik 3 dB dibandingkan antena 2Tx-1Rx dan lebih baik 39 dB dibandingkan dengan kinerja *detector* PIC tanpa STBC.

4.4 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-1Rx Stage-2 Beda Pengguna Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-1Rx *stage-2* melalui kanal *Rayleigh* dengan bit sebanyak 20000.

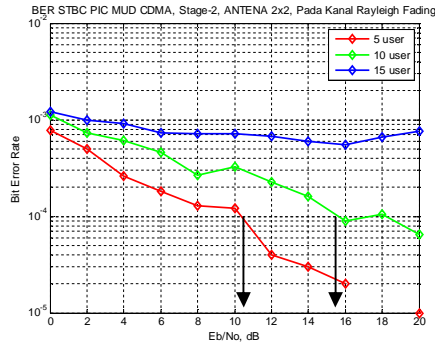


Gambar 4.4 BER STBC PIC MUD Perbandingan Pengguna Pada Antena 2Tx-1Rx

Untuk 5 pengguna aktif mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 3$ dB, untuk 10 pengguna aktif mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 4$ dB dan untuk 15 pengguna aktif mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 10$ dB, 5 pengguna aktif kinerjanya lebih baik 1 dB dibandingkan 10 pengguna aktif dan lebih baik 7dB dibandingkan 15 pengguna aktif.

4.5 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-2Rx Stage-2 Beda Pengguna Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-2Rx stage-2 melalui kanal Rayleigh dengan bit sebanyak 20000.

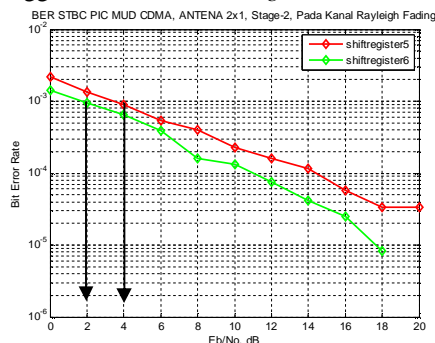


Gambar 4.5 BER STBC PIC MUD Perbandingan Pengguna Pada Antena 2Tx-2Rx

Untuk 5 pengguna aktif mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 10.5$ dB, untuk 10 pengguna aktif mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 15.8$ dB dan untuk 15 pengguna aktif tidak mencapai nilai BER 10^{-4} hingga saat SNR 20 dB namun untuk nilai BER 10^{-3} didapat saat SNR $\cong 4$ dB. 5 pengguna aktif kerjanya lebih baik 5.3 dB dibandingkan 10 pengguna aktif.

4.6 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-1Rx Stage-2 Beda Shift Register Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-1Rx stage-2 melalui kanal Rayleigh dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 4, PN Code gold code.



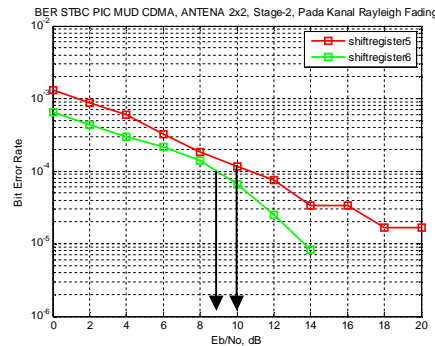
Gambar 4.6 BER STBC PIC MUD Perbandingan Shift Register Pada Antena 2Tx-1Rx

Untuk panjang deret generator 5 (*shift register* 5) yaitu dengan jumlah *chip* 31, mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 4$ dB, sedangkan untuk

panjang deret generator 6 (*shift register* 6) yaitu dengan jumlah *chip* 63, mencapai nilai BER 10^{-3} saat SNR $\cong 2$ dB, performansi *chip* dengan jumlah 63 (*shift register* 6) lebih baik 2 dB dibandingkan jumlah *chip* 31 (*shift register* 5).

4.7 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-2Rx Stage-2 Beda Shift Register Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-2Rx stage-2 melalui kanal Rayleigh dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 4, PN Code gold code.

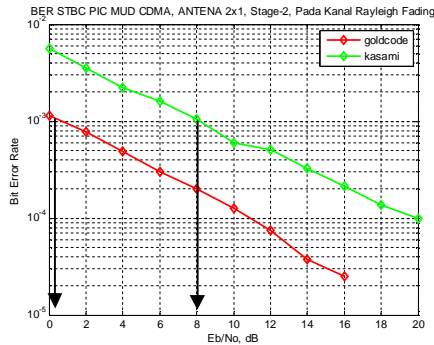


Gambar 4.7 BER STBC PIC MUD Perbandingan Shift Register Pada Antena 2Tx-2Rx

Untuk panjang deret generator 5 (*shift register* 5) yaitu dengan jumlah *chip* 31, mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 10$ dB, sedangkan untuk panjang deret generator 6 (*shift register* 6) yaitu dengan jumlah *chip* 63, mencapai nilai BER 10^{-4} saat SNR $\cong 9$ dB, performansi 63 *chip* (*shift register* 6) lebih baik 1 dB dibandingkan 31 *chip* (*shift register* 5).

4.8 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-1Rx Stage-2 Beda PN Code Melalui Kanal Rayleigh Fading

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-1Rx stage-2 melalui kanal Rayleigh dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 4, 63 *chip*.

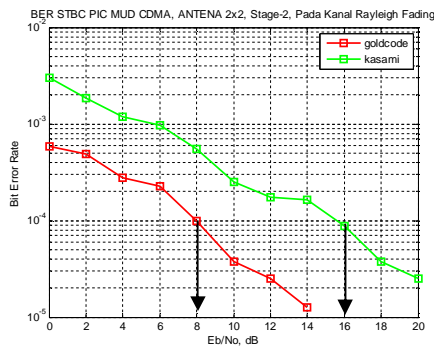


Gambar 4.8 BER STBC PIC MUD Perbandingan *PN Code* Pada Antena 2Tx-1Rx

Untuk pembangkitan *gold code* mencapai nilai BER 10⁻³ saat SNR \cong 0.8 dB, sedangkan pembangkitan *kasami code* mencapai nilai BER 10⁻³ saat SNR \cong 8 dB, yang menunjukkan performansi dari *gold code* lebih baik 7.2 dB dibandingkan dengan *kasami code*.

4.9 Pengujian dan Analisa Hasil Kinerja STBC PIC MUD Pada Antena 2Tx-2Rx Stage-2 Beda *PN Code* Melalui Kanal *Rayleigh Fading*

Hasil simulasi kinerja STBC PIC MUD pada antena 2Tx-2Rx *stage-2* melalui kanal *Rayleigh* dengan bit sebanyak 20000, pengguna aktif 4, 63 *chip*.



Gambar 4.9 BER STBC PIC MUD Perbandingan *PN Code* Pada Antena 2Tx-2Rx

Untuk pembangkitan *gold code* mencapai nilai BER 10⁻⁴ saat SNR \cong 8 dB, sedangkan pembangkitan *kasami code* mencapai nilai BER 10⁻⁴ saat SNR \cong 16 dB, yang menunjukkan performansi dari *gold code* lebih baik 8 dB dibandingkan dengan *kasami code*.

5. KESIMPULAN

Dari hasil Proyek Akhir untuk analisa kinerja STBC pada sitem PIC MUD CDMA dengan menggunakan modulasi BPSK ini dapat disimpulkan :

1. Kinerja STBC pada sistem PIC MUD CDMA pada kanal *Rayleigh* untuk antena 2Tx-1Rx *stage 2* memiliki kinerja sistem lebih baik 6 dB daripada *stage 1* dan untuk antena 2Tx-2Rx *stage 2* kinerja sistemnya lebih baik 4 dB dibandingkan *stage 1*, sehingga kinerja sistem untuk antena 2Tx-2Rx lebih baik daripada antena 2Tx-1Rx.
2. Kinerja STBC pada sistem PIC MUD melalui kanal *Rayleigh* akan memberikan performa yang baik, performa yang paling baik adalah dengan penggunaan STBC PIC MUD dengan antena 2Tx-2Rx, lebih baik 3 dB dibandingkan dengan antena 2Tx-1Rx dan lebih baik 39 dB dibandingkan kinerja sistem PIC MUD tanpa STBC.
3. Kinerja STBC pada sistem PIC MUD melalui kanal *Rayleigh stage-2* untuk antena 2Tx-1Rx, 5 pengguna aktif kinerjanya lebih baik 1 dB dibandingkan 10 pengguna aktif dan lebih baik 7dB dibandingkan 15 pengguna aktif, sedangkan untuk antena 2Tx-2Rx, 5 pengguna aktif kinerjanya lebih baik 5.3 dB dibandingkan 10 pengguna aktif. Untuk kapasitas pengguna yang semakin besar maka nilai SNR-nya harus lebih besar untuk memperoleh nilai BER 10⁻³, sesuai *standart* sistem komunikasi suara^[1].
4. Kinerja STBC pada sistem PIC MUD melalui kanal *Rayleigh stage-2* untuk antena 2Tx-1Rx, 6 *shift register* (63 *chip*) kinerjanya lebih baik 2 dB dibandingkan kinerja 5 *shift register* (31 *chip*), sedangkan untuk antena 2Tx-2Rx, 6 *shift register* (63 *chip*) kinerjanya lebih baik 1 dB dibandingkan kinerja 5 *shift register* (31 *chip*)
5. Kinerja STBC pada sistem PIC MUD melalui kanal *Rayleigh stage-2* untuk antena 2Tx-1Rx, dengan pembangkitan *gold code* 63 *chip* kinerjanya lebih baik 7.2 dB dibandingkan kinerja *kasami code* 63 *chip*, sedangkan untuk antena 2Tx-2Rx, pembangkitan *gold code* 63 *chip* kinerjanya lebih baik 8 dB dibandingkan kinerja *kasami code* 63 *chip*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. S. Gilhousen, et al, "On the Capacity of a Cellular CDMA Sistem", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 40, no. 2, May 1991.
- [2] Dingankar, Aasif. *Digital Communication Multipengguna Detection For Synchronous CDMA*, ECPE 5654.
- [3] Orbita, Maria. *Pembuatan Program Simulasi Teknik Power Control dan*

- Multi Pengguna Detection Pada Sistem Komunikasi Bergerak*, PENS-ITS, 2007.
- [4] Wilman, Candra. *Simulasi dan Pemodelan Kanal Multipath Rayleigh Fading*, PENS-ITS, 2009.
- [5] Riati, Rina. *Analisa Kinerja Kode Konvolusi Pada Sistem Successive Interference Cancellation Multi Pengguna Detection CDMA Berbasis Perangkat Lunak*, PENS-ITS 2010.
- [6] Ghotbi, Mohsen. *Multipengguna Detection of DS-CDMA Signals Using Parallel Interference Cancellation in Wireless Communications*, Concordia University Montreal Quebec Canada, December 2001.
- [7] Alamouti, Siavash.M. *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications*, IEEE JOURNAL ON SELECT AREAS COMMUNICATION VOL 16 NO 8, October 1998.
- [8] Cho, Yong Soo. *MIMO OFDM Wireless Communications With Matlab*, Wiley, John & sons. Pte Ltd, 2 Clementi Loop. #02-01. Singapore 129809, 2010.
- [9] Al-sulaifanie, Bayez.K. *Complexity Reduction and Performance Improvement of Multistage Detector with Parallel Interference Cancellation for DS-CDMA Sistem*, College of Electronics Engineering Computer & Information Engineering Department Mosul-Iraq VOL 16 NO 4, October 2007.
- [10] O.P.S. Wisnu. *Simulasi Transmisi Sinyal Digital Pada Kanal AWGN dan Rayleigh Fading*.
- [11] *Small Scale Fading : Multipath*, Sistem Komunikasi Seluler Teknik Elektro S1 ITT, 2008.
- [12] Jalil, Amir Minayi. *A New Criterion For Determining The Efficiency of CDMA Codes*, XLIM/C2S2 University of Limoges, Glasglow, Scotland, August 24-28 2009.
- [13] Dinan, Esmael.H. *Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks*, IEEE Communications Magazine, September 1998.