

# ANALISA KINERJA MIMO CDMA DENGAN SPREADING CODE YANG BERBEDA PADA KANAL FADING RAYLEIGH

Ilham, Rezamal<sup>1</sup>, Diafari Djuni, I.G.A.K.<sup>2</sup>, Dewi Wirastuti, Ni Made Ary Esta.<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

<sup>2,3</sup> Staff pengajar jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: [Rezamal.ilham@gmail.com](mailto:Rezamal.ilham@gmail.com)<sup>1</sup>, [igakdjafari@ee.unud.ac.id](mailto:igakdjafari@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id](mailto:dewi.wirastuti@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Perkembangan dunia telekomunikasi dan informasi kini semakin pesat seiring bertambahnya jumlah user. Kualitas performansi yang baik dibutuhkan dalam mengirim dan menerima data informasi. Saat ini yang sedang diimplementasikan yaitu CDMA (Code division Multiple Access) dengan menggunakan jumlah antena yang berbeda baik antena pengirim maupun penerima (2Tx2Rx) atau MIMO (Multiple Input Multiple output) dan dengan menggunakan kode penebar (Spreading Code) yang berbeda. Sehingga dapat meningkatkan kualitas unjuk kerja performansi data informasi. Penelitian ini dilakukan analisa unjuk kerja sistem SISO (Single Input Single Output) dan MIMO CDMA dengan membandingkan kode penebar yang berbeda pada kanal fading rayleigh, melalui simulasi program bantu software Matlab. Tolak ukur keberhasilan sistem diamati berdasarkan hubungan antara nilai BER (Bit Error rate) dengan SNR (Signal Noise to Ratio). Hasil simulasi unjuk kerja kode penebar Walsh pada sistem SISO dan MIMO CDMA dengan jumlah 1 user untuk spreading factor = 8 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 4 dB nilai BER SISO sebesar 0.0507 dan nilai BER MIMO sebesar 0.0391. Sehingga pada SNR mulai dari 4 dB keatas kinerja MIMO CDMA lebih baik daripada SISO, ini diakibatkan terjadi penambahan antenna pada sisi penerima 2Tx dan 2Rx. Hasil simulasi dengan pengaruh kode penebar pada nilai spreading factor yg berbeda dalam sistem MIMO CDMA dengan jumlah 1 user yaitu kode penebar Walsh spreading factor = 4, 8, 16. Untuk kode Walsh Spreading Factor = 4, 8, 16 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 9 dB keatas nilai BER = 0.0012, 0.0009, 0.0006. Spreading factor 16 lebih baik unjuk kerja dibandingkan spreading factor lainnya, karena semakin panjang nilai spreading factor maka kinerja sistem MIMO CDMA semakin baik.

**Kata kunci** : Spread spectrum, CDMA, MIMO, Kode penebar

## Abstract

The world of telecommunications and information is now growing more rapidly with the increasing number of users. The good quality of performance is needed in sending and receiving the data of information. Currently the performance being implemented is CDMA (Code division Multiple Access) using a different number of antennas, both sender and receiver antennas (2Tx2Rx) or MIMO (Multiple Input Multiple Output) and by using a different spreading code. So as to improve the quality of data information performance. This research was conducted by analyzing the performance of the SISO system (Single Input Single Output) and MIMO CDMA by comparing the different spreading code in the rayleigh fading channels through the aids of simulation program of Matlab software. The Measure of success of the system was observed based on the relationship between the value of BER (Bit Error Rate) and SNR (Signal to Noise Ratio). The simulation results of performance at the Walsh code of spreading of SISO and MIMO CDMA system with the number of one user for the spreading factor = 8, it occurred value changes significantly, when the SNR ranging from 4 dB, the SISO BER value was 0.0507 and the MIMO BER value was 0.0391. So that at the SNR of 4 dB and above, the performance of MIMO CDMA was better than SISO, because of the addition of antenna on the receiver side of 2Tx and 2Rx. The simulation results with the spreading code influence on the value of different spreading factor in the MIMO CDMA system with a number of one user namely the spreading code of Walsh code of spreading factor = 4, 8, 16. For Walsh code of Spreading Factor 4, 8, 16, it occurred value changes significantly when the SNR ranging from 9 dB or more, the value of BER = 0.0012, 0.0009, 0.0006. The performance of spreading factor 16 was better than the spreading of other factors, because the longer the value of the spreading factors of the CDMA MIMO system, the better the performance.

**Keywords**: Spread spectrum, CDMA, MIMO, Spreading Code

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi CDMA banyak digunakan sebagai metode akses standar komunikasi seperti CDMAone, CDMA2000 (Evolusi 3G dari CDMAone), dan WCDMA (3G standar yang digunakan oleh provider), atau sering di sebut sebagai CDMA saja. seiring perkembangan jaman dengan bertambahnya jumlah user dibutuhkan kualitas peromansi dengan baik dalam mengirim dan menerima informasi untuk layanan *voice*, *data* maupun *video streaming*.

Sistem CDMA dengan menggunakan jumlah antena yang berbeda baik antena yang mengirimkan dan menerima (2Tx2Rx) serta empat mengirimkan dan empat menerima (4Tx4Rx) dapat meningkatkan kualitas pengiriman dan penerimaan data informasi . Spesifikasi sistem didasarkan pada aplikasi *voice*. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa MIMO-CDMA (2Tx2Rx) meningkat sebesar 43% dari BER [1] dan MIMO CDMA (4Tx4Rx) meningkat sebesar 63% dari kinerja BER dibandingkan dengan CDMA konvensional dengan menggunakan kode penebar yang berbeda dapat juga meningkatkan kualitas unjuk kerja peromansi sistem [2].

Berdasarkan hal tersebut di atas dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pengaruh kanal AWGN dan Rayleigh pada sistem MIMO CDMA serta pengaruh kode penebar pada sistem MIMO-CDMA.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

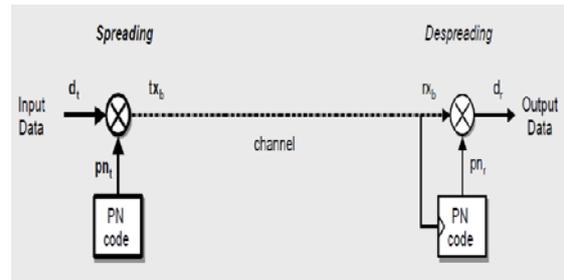
### 2.1 Sistem CDMA

CDMA merupakan sebuah bentuk pemultipleksan dan sebuah metode akses secara bersama yang membagi kanal dengan cara mengkodekan data dengan sebuah kode khusus yang diasosiasikan dengan tiap kanal yang ada dan menggunakan sifat-sifat interferensi konstruktif dari kode-kode khusus itu untuk melakukan pemultipleksan. Sinyal suara pertama adalah digital & data resultan menyebar di seluruh bandwidth. CDMA adalah sebuah bentuk spread spectrum, yang berarti bahwa data yang dikirim dalam potongan-potongan kecil selama beberapa frekuensi diskrit yang tersedia untuk penggunaan di setiap saat dalam kisaran tertentu. CDMA beroperasi baik dalam bandwidth 800 MHz dan 1900 MHz.

### 2.2 Spread Spectrum

*Spread spectrum* adalah teknik pengiriman sinyal informasi yang menggunakan suatu kode untuk menebarkan spektrum energi sinyal informasi dalam bandwidth yang jauh lebih lebar dibandingkan bandwidth sinyal informasi. Pada sistem *spread spectrum* sinyal informasi

disebar pada pita frekuensi yang jauh lebih lebar dari pada lebar pita informasinya. Penyebaran ini dilakukan oleh suatu fungsi penebar yang bebas terhadap sinyal informasinya berupa sinyal acak semu (*pseudorandom*) yang memiliki karakteristik spektral mirip derau (*noise*), disebut *PN-Code* (*Pseudo-Random*) sinyal informasi pada sistem *spread spectrum* dapat di lihat pada Gambar 1 [3].

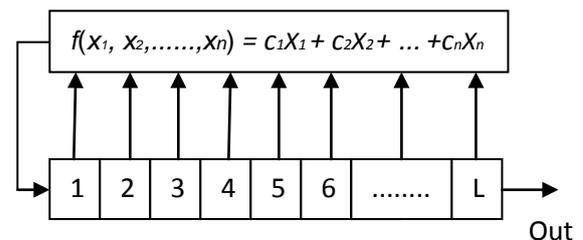


Gambar 1. Proses penransmisian sinyal informasi pada sistem spread spectrum.

### 2.2.1 Kode Pseudo Random Noise (PN)

PN-Code di sebut acak semu karena kelihatan acak dengan keseimbangan -1 dan 1. Menggunakan shift register dengan panjang  $n$ , panjang kode yang dibangkitkan adalah  $2^n - 1$ . Jadi hanya panjang kode ganjil yang dapat dibangkitkan.

Pembangkit kode PN-sequence dibuat dengan menggunakan register geser sederhana (*Simple Shift Register Generator*) seperti pada Gambar 2 [4].EW

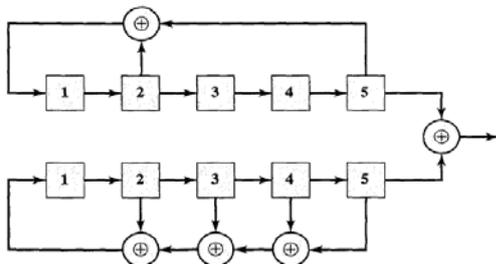


Gambar 2. Simple Shift Register Generator.

Fungsi feedback  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  adalah penjumlahan modulo-2 dari isi register  $x_i$  dengan  $c_i$  adalah koefisien koneksi feedback. Sebuah pembangkit Shift Register dengan  $L$  flip-flop menghasilkan deretan yang tergantung pada panjang register  $L$ , koneksi sadapan (tap) feedback dan kondisi inisial register.

### 2.2.2 Kode Gold

Kode Gold dibangun oleh XOR dua *M-sequence* dengan clock yang sama seperti di perlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kode gold dengan dua shift register.

Secara umum, panjang urutan yang dihasilkan tidak maksimal. Selanjutnya, kode Gold yang diinginkan hanya dapat dihasilkan oleh pasangan yang *M-sequence* yang sesuai (*Preferred Pairs*). Pasangan ini dipilih dari tabel pasangan atau dihasilkan oleh algoritma.

### 2.2.3 Kode Walsh

Kode Walsh merupakan kode *orthogonal* yang dipergunakan untuk memisahkan kanal-kanal untuk sistem CDMA. Kode Walsh digunakan pada *Up-link* untuk memisahkan trafik pengguna satu dengan yang lain. Kode Walsh juga digunakan pada *Down-link* untuk memisahkan banyak kanal kode yang dikirimkan untuk dapat diterima pada satu *mobile station* pelanggan. Pada suatu sektor, setiap kanal kode *Up-link* memiliki kode Walsh yang berbeda. Sama halnya, kanal kode *Down-link* yang berasal dari tiap-tiap pelanggan memiliki kode Walsh yang berbeda pula.

Kode Walsh di bentuk dalam persamaan hadammard Matrik. Kode *Hadammard-Walsh* dihasilkan dalam satu set, kode dengan panjang :

$$N = 2^n \dots\dots\dots (1)$$

Persamaan *Hadammard* Matrik (2) dapat di lihat pada gambar 4.

$$H_n = \begin{bmatrix} H_n/2 & H_n/2 \\ H_n/2 & -H_n/2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

Gambar 4. Matrik hadammard.

Baris atau kolom dari matriks *H<sub>n</sub>* adalah kode *Hadammard-Walsh*.

Contoh *n = 2*, maka :

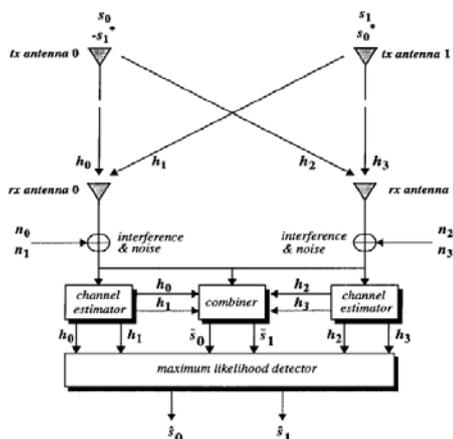
$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

### 2.3 Diversitas (*diversity*)

Diversitas adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan informasi dari beberapa sinyal yang ditransmisikan melalui beberapa jalur *fading*. Tujuannya adalah untuk mengurangi efek dari *fading* dan meningkatkan kemampuan dari transmisi tanpa menambah daya atau mengorbankan bandwidth. Prinsip dasarnya adalah dengan memanfaatkan beberapa replika sinyal informasi yang sama melalui lintasan maupun kanal yang berbeda. Menggabungkan semua sinyal-sinyal replika untuk menaikkan daya total yang diterima, dengan kata lain terdapat *n* buah replika sinyal informasi yang melalui *n* buah lintasan yang berbeda sehingga menyebabkan beberapa replika sinyal mengalami pelemahan sedangkan yang tidak mengalami masih dapat disediakan daya minimum untuk mengambil keputusan pada sisi penerima. Jadi gagasan dasar *diversity* adalah pengulangan atau kelebihan dari informasi. Terdapat beberapa jenis diversitas yaitu diversitas frekuensi (*Frequency diversity*) diversitas waktu (*Time diversity*), diversitas polarisasi (*Polarization diversity*), dan diversitas ruang (*Space diversity*) [5].

#### 2.3.1 Skema *transmit diversity* dua cabang pemancar dengan dua penerima

Terdapat aplikasi di mana sebuah jenis diversitas yang lebih tinggi diperlukan dan multi-antena penerima pada unit tersendiri selalu dapat dikerjakan. Pada kasus tertentu, hal ini memungkinkan untuk menyediakan sebuah jenis diversitas *2M*, dengan dua antenna pengirim dan dua *M* penerima. Gambar 5, memperlihatkan suatu ilustrasi sebuah kasus khusus dua antenna pengirim (*transmit*) dan dua antenna penerima (*receive*) [6].



Gambar 5. Skema baru dengan dua antenna pengirim dan dua antenna penerima.

**2.3.2 Sinyal yang diterima**

Sistem MIMO, sinyal yang di terima receiver merupakan penjumlahan dari sinyal yang di terima oleh masing-masing antenna. Sinyal yang diterima dalam dua interval symbol yang berdekatan dengan notasi yang diperlihatkan pada persamaan (3) :

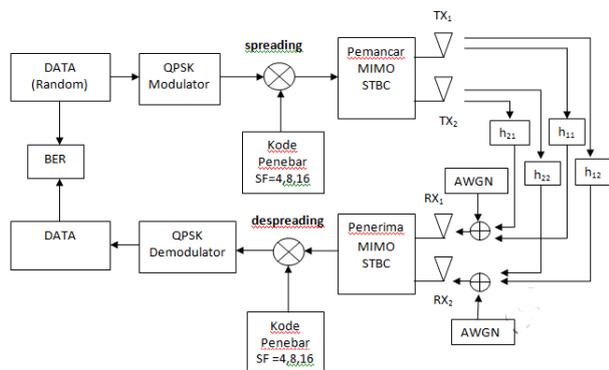
$$\begin{aligned}
 r_0 &= h_0s_0 + h_1s_1 + n_0 \\
 r_1 &= -h_0s_1^* + h_1s_0^* + n_1 \\
 r_2 &= h_2s_0 + h_3s_1 + n_2 \\
 r_3 &= -h_2s_1^* + h_3s_0^* + n_3 \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

$n_0, n_1, n_2,$  dan  $n_3$  adalah variabel acak kompleks yang memperlihatkan *noise thermal* dan interferens *receiver*.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian mengenai analisa kinerja mimo CDMA pada kanal *fading Rayleigh* dilakukan dengan menganalisa tiga *kode spreading* yaitu *kode Walsh*, *kode Hadammard*, dan *kode Pseudo-Noise (PN)* serta perubahan *Spreading factor*.

Tahapan penelitian yang di lakukan adalah Study Literatur, dilakukan tahap pembuatan algoritma program simulasi berdasarkan masalah yang akan dibahas. Kemudian tahap pembuatan program bantu Matlab, kemudian, pelaksanaan uji coba program untuk mengetahui hasil dari program yang telah dibuat, serta melakukan evaluasi apabila terjadi kekurangan atau kesalahan. Tahap analisa hasil simulasi, dianalisis dengan cara membuat grafik perbandingan antara nilai BER dengan SNR sebagai acuan unjuk kerja sistem. Kemudian memberi kesimpulan. Gambar 6 merupakan blok diagram sistem MIMO CDMA dan parameter simulasi dapat dilihat Tabel 1.



**Gambar 6.** Blok diagram sistem MIMO CDMA dengan menggunakan kode penebar secara umum.

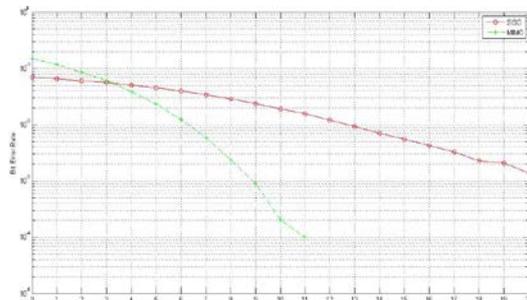
**Tabel 1.** Parameter simulasi.

Parameter	Jumlah
Jumlah user	1 user
Data yang dikirim	1.200.000 Bit
Spreading Factor	3,7, 15 (PN dan Gold) dan 4,8,16 (Walsh)
Modulasi	QPSK
Kode Penebar	PN, Gold dan Walsh
Kanal	Rayleigh fading, dan AWGN

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisa Unjuk kerja Walsh pada Sistem SISO CDMA dengan MIMO CDMA untuk Spreading Factor = 8**

Berdasarkan hasil simulasi, dapat di lihat pada Gambar 7. terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 4 dB ke atas ditujukan dengan peningkatan nilai laju BER yang semakin mengecil dipengaruhi juga oleh nilai laju SNR berbanding terbalik semakin membesar. Sehingga dapat disimpulkan pada SNR mulai dari 4 dB kinerja MIMO CDMA lebih baik daripada SISO, ini diakibatkan terjadi penambahan antenna pada sisi penerima 2Tx dan 2 Rx dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR .

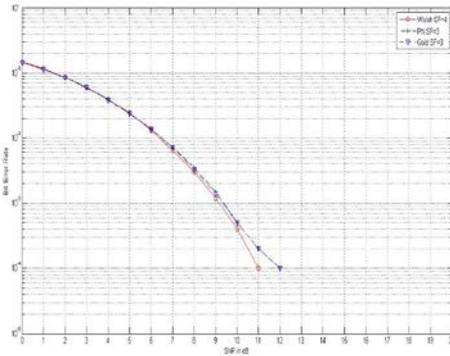


**Gambar 7.** Grafik unjuk kerja Kode Walsh dengan 1 user pada sistem SISO CDMA dengan MIMO CDMA untuk Spreading Factor = 8.

**4.2 Analisa Unjuk Kerja sistem MIMO CDMA dengan Kode Penebar yang berbeda untuk Spreading Factor = 3 (PN dan Gold) , 4 (Walsh)**

Berdasarkan hasil simulasi, dapat di lihat pada Gambar 8, terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 12 dB keatas ditujukan dengan peningkatan nilai laju BER yang semakin mengecil dipengaruhi juga oleh nilai laju SNR berbanding terbalik semakin membesar. Sehingga dapat disimpulkan pada SNR mulai dari 12 dB dengan menggunakan kode penebar *PN* untuk *Spreading Factor* = 3 lebih baik dibandingkan kode penebar lainnya, ini diakibatkan kode *PN* dengan *spreading*

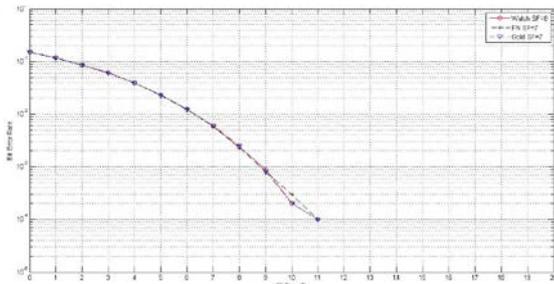
factor 3 mempunyai 1 *M-sequence* atau satu *shift register* dan dipengaruhi juga oleh nilai BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.



**Gambar 8.** Grafik unjuk kerja Kode Walsh pada sistem MIMO CDMA dengan Spreading factor = 4, PN dengan Spreading factor = 3 dan Gold untuk Spreading Factor = 3.

#### 4.3 Analisa Unjuk Kerja MIMO CDMA dengan Kode Penebar yang Berbeda untuk Spreading Factor = 7 (PN dan Gold) , 8 (Walsh)

Berdasarkan hasil simulasi, dapat di lihat pada Gambar 9, terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 8 dB keatas

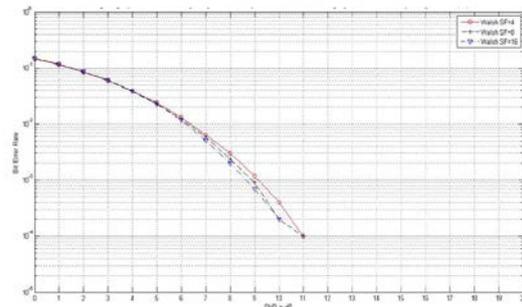


ditujukan dengan peningkatan nilai laju BER) yang semakin mengecil dipengaruhi juga oleh nilai laju SNR berbanding terbalik semakin membesar. Sehingga dapat disimpulkan pada SNR mulai dari 12 dB dengan menggunakan kode penebar PN untuk Spreading Factor = 7 lebih baik dibandingkan kode penebar lainnya, ini diakibatkan kode PN dengan spreading factor 3 mempunyai 1 *M-sequence* atau satu *shift register* dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.

**Gambar 9.** Grafik unjuk kerja Kode Walsh pada sistem MIMO CDMA dengan Spreading factor = 8, PN dengan Spreading factor = 7 dan Gold dengan 1 user untuk Spreading Factor = 7.

#### 4.4 Analisa Unjuk Kerja MIMO CDMA dengan Kode Penebar yang Berbeda untuk Spreading Factor = 15 (PN dan Gold) , 16 (Walsh)

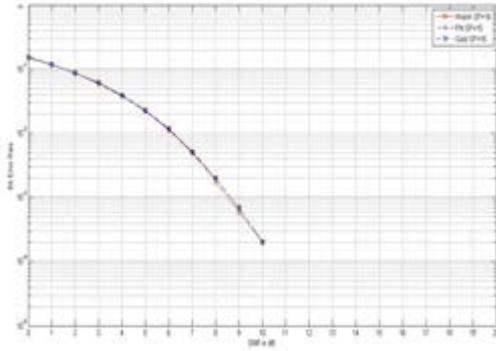
Berdasarkan hasil simulasi, dapat di lihat pada Gambar 10, terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 9 dB keatas ditujukan dengan peningkatan nilai laju BER yang semakin mengecil dipengaruhi juga oleh nilai laju SNR berbanding terbalik semakin membesar. Sehingga dapat disimpulkan pada SNR mulai dari 9 dB dengan menggunakan kode penebar walsh untuk Spreading Factor = 16 lebih baik dibandingkan kode penebar lainnya, ini diakibatkan kode walsh dengan spreading factor 16 mempunyai kode yang saling *orthogonal* satu sama lain dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.



**Gambar 10.** Grafik unjuk kerja Kode Walsh pada sistem MIMO CDMA dengan Spreading factor = 16, PN dengan Spreading factor = 15 dan Gold dengan 1 user untuk Spreading Factor = 15.

#### 4.5 Analisa Unjuk Kerja MIMO CDMA dengan Kode Penebar walsh untuk Spreading Factor = 4, 8 dan 16

Berdasarkan hasil simulasi, dapat di lihat pada Gambar 11, terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 9 dB keatas ditujukan dengan peningkatan nilai laju BER yang semakin mengecil dipengaruhi juga oleh nilai laju SNR berbanding terbalik semakin membesar. Sehingga dapat disimpulkan pada SNR mulai dari 9 dB dengan menggunakan kode penebar walsh untuk Spreading Factor = 16 lebih baik dibandingkan spreading factor lainnya, ini diakibatkan. karena semakin panjang nilai *spreading factor* maka kinerja semakin baik dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.



**Gambar 11.** Grafik unjuk kerja Kode Walsh pada sistem MIMO CDMA dengan Spreading factor = 4, 8 dan 16.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari nilai variabel tabel hasil simulasi unjuk kerja kode penebar walsh pada sistem SISO dengan MIMO CDMA dengan jumlah 1 user untuk Spreading Factor = 8 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 4 dB nilai BER SISO sebesar 0.0507 dan nilai BER MIMO sebesar 0.0391. Sehingga pada SNR mulai dari 4 dB keatas kinerja MIMO CDMA lebih baik daripada SISO, ini diakibatkan terjadi penambahan antenna pada sisi penerima 2Tx dan 2 Rx dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.
2. Dilihat dari nilai variabel tabel hasil simulasi bagaimana pengaruh kode penebar berbeda pada nilai spreading factor yg hampir sama dengan sistem MIMO CDMA dengan jumlah 1 user yaitu kode penebar walsh, PN dan Gold spreading factor = 4, 3, 3. kode penebar walsh, PN dan Gold spreading factor = 8, 7, 7 dan terakhir kode penebar walsh, PN dan Gold spreading factor = 16, 15, 15. Untuk spreading factor = 4, 3, 3 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 4 dB keatas nilai BER = 0, 0.0001, 0 . Untuk spreading factor = 8, 7, 7 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 8 dB keatas nilai BER = 0.0024, 0.0023, 0.0025. Untuk spreading factor = 16, 15, 15 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 9 dB keatas nilai BER = 0.0006, 0.0007, 0.0007 . Sehingga dengan menggunakan kode penebar PN untuk spreading factor = 4, 3, 3. dan = 8, 7, 7 kode PN lebih baik dibandingkan kode penebar lainnya, ini diakibatkan kode PN dengan spreading factor 3 mempunyai 1  $M$ -sequence (preference pairs) atau satu shift register dan untuk spreading factor = 16, 15, 15. Kode Walsh lebih baik ini diakibatkan karena kode ini saling orthogonal satu sama lain. Semua ini dipengaruhi oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.
3. Dilihat dari nilai variabel tabel hasil simulasi bagaimana pengaruh kode penebar berbeda pada nilai spreading factor yg berbeda dengan sistem MIMO CDMA dengan jumlah 1 user yaitu kode penebar Walsh spreading factor = 4, 8, 16. Untuk kode Walsh spreading factor = 4, 8, 16 terjadi nilai perubahan signifikan ketika SNR mulai dari 9 dB keatas nilai BER = 0.0012, 0.0009, 0.0006. Dengan menggunakan spreading factor 16 lebih baik unjuk kerja dibandingkan spreading factor lainnya, karena semakin panjang nilai spreading factor maka kinerja semakin baik dan dipengaruhi juga oleh nilai laju BER yang berbanding terbalik dengan nilai laju SNR.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Baharum, "Performance of analysis of MIMO-CDMA system," jurnal, Teknikal Malaysia Melaka, Faculty of electronic and computer engineering, Melaka, Malaysia, 2008.
- [2] Samundiswary, "Performance Analysis of WCDMA using different spreading codes," Januari 2012, vol. 38, no. 10, p. 4.
- [3] I. J. Meel, "Spread spectrum," jurnal, De nayer instituit, Belgium, 1999.
- [4] R. Basuki, "Simulasi Sistem DS CDMA Dengan Berbagai Kode penebar," jurnal, STT Telkom, Bandung, 2008.
- [5] S. M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless," IEEE, vol. 16, no. 8, p. 8.
- [6] william Stallings, *Wireless Communication & Network 2nd*, Kedua. Upper saddle river, NJ: Pearson education, Inc, 2005.