

PENERAPAN TEKNIK MODULASI BPSK UNTUK MENINGKATKAN BIT ERROR RATE (BER) CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS (CDMA)

Mohammad Faiz Arrizqi

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : m.arrizqi@mhs.unesa.ac.id

Nur Kholis

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan dan penerapan teknologi komunikasi dan informasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem komunikasi dan informasi di Indonesia. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengirimkan informasi dengan kecepatan tinggi serta dapat mengatasi masalah interferensi, dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim, dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (Signal to Noise Ratio) yang rendah atau tahan terhadap pada derau yang besar. Karakteristik kode penebar dapat meningkatkan kinerja sistem dengan mengurangi *multiple access interferences* (MAI) dan *bit error rate* (BER) Selain itu modulasi yang digunakan juga mempengaruhi tingkat keandalan sistem CDMA. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai *Bit Error Rate* (BER) pada simulasi dengan *Bit Error Rate* (BER) secara teori. Pada simulasi ini digunakan kanal Rayleigh dan juga akan ditambahkan dengan AWGN. Data yang dibangkitkan adalah 10^4 dengan kode penebar menggunakan kode *Walsh Hadamard* dengan kode $N=4, 8, 16, 32$

Kata Kunci: *Code Division Multiple Access* (CDMA), *Bit Error Rate* (BER), kode *Walsh Hadamard*

Abstract

The development and application of world communication and information technology that is developing rapidly, directly or indirectly will affect the development of communication and information systems in Indonesia. This is indicated by the increasing need for a communication system that can transmit information at high speed and can overcome interference problems, can guarantee the confidentiality of information sent, and can operate at low S/N (Signal to Noise Ratio) or resistant to noise. Characteristics of the spreader code can improve system performance by reducing multiple access interferences (MAI) and bit error rate (BER) In addition the modulation used also affects the level of reliability of the CDMA system. The purpose of this study was to compare the value of the Bit Error Rate (BER) in the simulation with the Bit Error Rate (BER) in theory. In this simulation the Rayleigh channel is used and will also be added with AWGN. The generated data is 10^4 with a spreading code using the Walsh Hadamard code with $N=4, 8, 16, 32$

Keywords: *Code Division Multiple Access* (CDMA), *Bit Error Rate* (BER), *Walsh Hadamard Code*

PENDAHULUAN

Perkembangan dan penerapan teknologi komunikasi dan informasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem komunikasi dan informasi di Indonesia. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengirimkan informasi dengan kecepatan tinggi serta dapat

mengatasi masalah interferensi, dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim, dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (*Signal to Noise Ratio*) yang rendah atau tahan terhadap pada derau yang besar. Pada dasarnya keandalan sistem *Spread spectrum* tergantung pada karakteristik kode kode yang digunakan. Karakteristik kode penebar dapat meningkatkan kinerja sistem dengan mengurangi *multiple access interferences* (MAI) dan *bit error rate* (BER) Selain itu modulasi yang digunakan juga

mempengaruhi tingkat keandalan sistem CDMA (Osama,2014).

Masalah utama CDMA adalah *multiple access interference* (MAI) yang merupakan batas kritis dalam kinerja sistem. Oleh karena itu, tujuan utama dari pekerjaan ini adalah untuk meningkatkan kinerja sistem CDMA dalam hal pembatalan MAI dan untuk memperoleh *bit error rate* rendah (BER) dengan struktur *transceiver* sederhana (Wakafuji & Ohtsuki, 2003).

Tiap kode PN mempunyai karakteristik berbeda-beda, seperti autokorelasi dan korelasi silang yang berbeda-beda. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem keseluruhan. Kode Walsh Hadamard yang memiliki sifat orthogonal satu sama lain dan digunakan sebagai penyandi kanal untuk memberikan identitas yang berbeda pada tiap pengguna. Korelasi silang dari kode *Walsh Hadamard* dapat juga bernilai tidak nol dan tidak sinkron yang menyebabkan pengguna dapat berinterferensi satu sama lain

Pada penelitian ini akan dihitung nilai perbandingan antara hasil *Bit Error Rate* (BER) pada simulasi dengan *Bit Error Rate* (BER) secara teoritis pada kanal *Rayleigh* dan AWGN

METODE

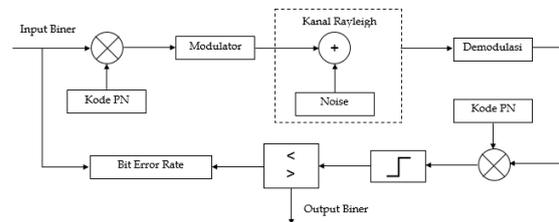
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah salah satu upaya pencarian ilmiah yang didasari oleh filsafat *positivisme logikal* yang beroperasi dengan aturan-aturan yang ketat mengenai logika, kebenaran, hukum-hukum, dan prediksi. Fokus penelitian kuantitatif diidentifikasi sebagai proses kerja yang berlangsung secara ringkas, terbatas dan memilah-milah permasalahan menjadi bagian yang dapat diukur atau dinyatakan dalam angka-angka.

Penelitian ini menggunakan software Matlab sebagai media pembuatan aplikasi dalam pengerjaan skripsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja CDMA dengan memanfaatkan modulasi BPSK

Dalam sistem ini, pada transmitter sinyal data info akan dibangkitkan secara random sepanjang N bit. Selanjutnya data random tersebut dikalikan dengan kode pseudonoise (PN) dalam proses spreading, sehingga mempunyai panjang bit yang lebar. Selanjutnya data dimodulasi dan kemudian ditransmisikan melalui kanal *rayleigh*.

Di sisi penerima, data akan di-demodulasi dengan cara mengalikan kode pseudonoisnya dan pada hasil

akhir data akan kembali dalam bentuk data biner. Setelah data output sistem didapatkan, selanjutnya dihitung nilai BER (Bit Error Rate) terhadap SNR. Nilai BER ini diperoleh dari menghitung jumlah error antara data info dan data output terlebih dahulu lalu dibagi jumlah N bit data yang digunakan. Berikut adalah gambaran untuk blok diagram simulasi dan visualisasi sitem ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem CDMA
Sumber : (Data Primer, 2019)

Pada proses pembangkitan data, digunakan fungsi MATLAB yaitu $x = \text{randin}(\dots)$

Kode penyebar yang digunakan adalah Walsh Hadamard Code. Walsh-Hadamard Code dibangkitkan oleh operasi matriks Hadamard.

Kode ini saling orthogonal untuk setiap baris dari matriks Hadamard. Setiap user menggunakan satu set kode dari satu baris matriks Hadamard. Untuk membangkitkan matriks Hadamard sudah tersedia di Matlab, sehingga kita tinggal memanggil dengan perintah `hadamard(N)` dengan N adalah panjang kode yang kita inginkan dan $N=2^n$, dimana $n=1, 2, 3, \dots$. Pada simulasi ini digunakan panjang kode Walsh 4 atau $N=4$.

Ini adalah salah satu contoh hadamard matriks,

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

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Modulasi merupakan proses switching antara sinyal yang berbeda untuk mentransmisikan informasi yang sudah dikodekan. Secara umum gelombang pembawa modulasi dapat dinyatakan oleh persamaan berikut,

$$s(t) = (2fc + \theta) \quad (1)$$

Additive White Gaussian Noise (AWGN) merupakan gangguan yang bersifat additive terhadap

sinyal transmisi, dimodelkan dalam pola distribusi acak gaussian dengan rata-rata (mean) nol, standar deviasi 1, dan mempunyai rapat spektral daya yang tersebar merata pada lebar pita frekuensi tak berhingga. AWGN mempunyai distribusi derau dengan pdf sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(-m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

Keterangan

- P(X) : Probabilitas Kemunculan Derau
- σ^2 : Standar Deviasi
- m : Harga Rata-Rata
- x : Variabel (tegangan atau daya sinyal yang muncul)
- No : Noise Spectral Density

Transformasi Fourier di Matlab

Transformasi fourier adalah satu bentuk transformasi yang umum digunakan untuk merubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Dalam software matlab, kita dapat menggunakan transformasi fourier untuk menganalisa sebuah sinyal dalam domain frekuensi. FFT adalah diskrit transformasi fourier (DFT) dari sebuah vektor X. Untuk matriks, operasi FFT diaplikasikan untuk setiap kolom. Berikut adalah syntax dari fft dalam matlab.

FFT(X,N) : adalah N-point FFT, dengan zero padding jika X lebih kecil nilainya arau melebihi N

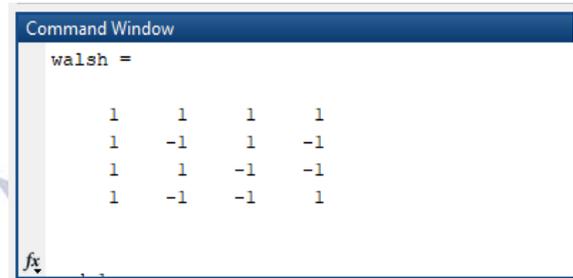
FFT(X,N,DIM) : adalah operasi FFT dengan dimensi DIM

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pembangkitan Kode Penebar

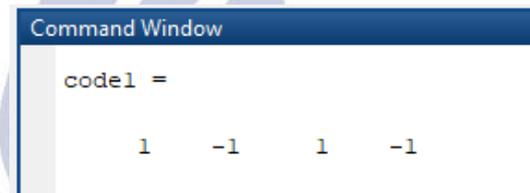
Kode penebar yang digunakan adalah Walsh Hadamard Code. Walsh-Hadamard Code dibangkitkan oleh operasi matriks Hadamard. Kode ini saling orthogonal untuk setiap baris dari matriks Hadamard. Setiap user menggunakan satu set kode dari satu baris matriks Hadamard. Untuk membangkitkan matriks Hadamard sudah tersedia di Matlab, sehingga kita tinggal memanggil dengan perintah `hadamard(N)` dengan N adalah panjang kode yang kita inginkan dan $N=2n$, dimana $n=1, 2, 3, \dots$. Pada simulasi ini digunakan panjang kode Walsh 4. Fungsi MATLAB yang digunakan untuk membangkitkan kode Walsh Hadamard adalah sebagai berikut,

```
n = 4;
walsh=hadamard(n)
code1=walsh(2,:)
code2=walsh(4,:)
```

Jumlah data sub-carrier yang dibangkitkan adalah $n=4$, dimana pada kode walsh akan diperoleh total simbol walsh sebanyak 16 simbol. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan meliputi, pengujian alat sebelum di lapangan dan pengujian alat di lapangan. Rangkaian alat sebelum di lapangan (laboratorium) dapat dilihat pada Gambar 5.

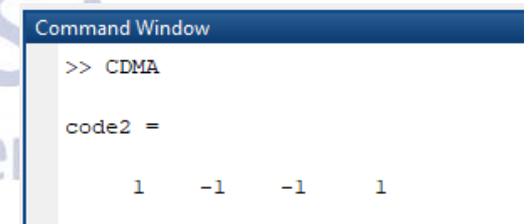


Gambar 2. Matriks Kode Walsh
Sumber : (Data Primer, 2019)



Gambar 2. Matriks Kode *user1* pada baris ke-2
Sumber : (Data Primer, 2019)

Gambar 2 merupakan data *user 1* diman nilai tersebut diperoleh dari deret baris ke-2 pada pembangkitan matriks kode walsh



Gambar 3. Matriks Kode *user2* pada baris ke-4
Sumber : (Data Primer, 2019)

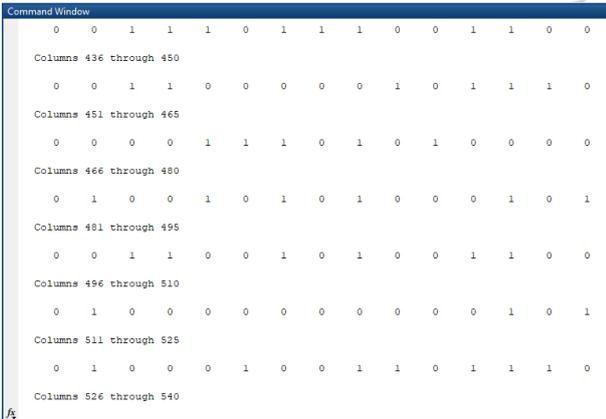
Gambar 3 merupakan data *user 2* diman nilai tersebut diperoleh dari deret baris ke-4 pada pembangkitan matriks kode walsh. Fungsi diatas akan diperoleh deret baris pada matriks walsh, dalam hal ini baris yang diambil adalah baris ke-2, dan baris keempat

Pembangkitan Data User

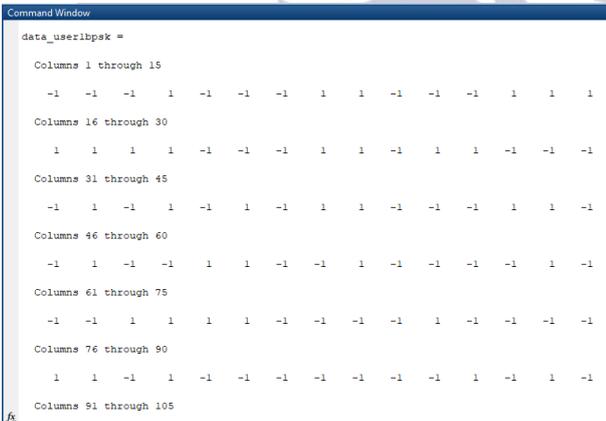
Pembangkitan data yang akan dikirim dilakukan secara acak berdistribusi normal dengan menggunakan fungsi `randint` pada matlab dimana akan menghasilkan nilai bit 1 dan bit 0 yang memiliki pola acak. Besarnya data user yang dibangkitkan pada simulasi ini adalah 104. Fungsi pada MATLAB yang digunakan untuk membangkitkan data user adalah sebagai berikut,

```
data_user1= rand(1,N)>0.5;
data_user1bpsk = 2*data_user1-1;
```

Pada membangkitkan data user 1 yang sudah diubah kedalam modulasi BPSK, diperoleh nilai matriks yang ditunjukkan pada gambar 4,



Gambar 4. Matriks data user 1
Sumber : (Data Primer, 2019)

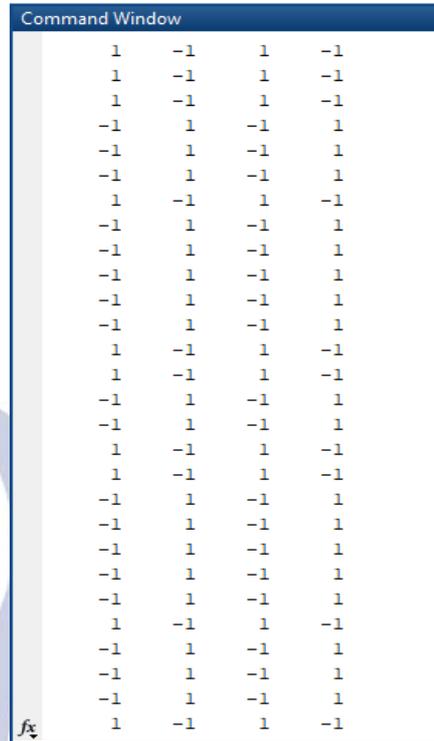


Gambar 5. Matriks data user 1 BPSK
Sumber : (Data Primer, 2019)

Pada proses spreading data sebelum ditransmisikan data tersebut akan dikalikan dengan kode penebar pada masing masing pengguna. Fungsi MATLAB yang digunakan pada proses ini adalah sebagai berikut,

```
data_user11=data_user1bpsk';
spdata1_user1=data_user11*code1
```

data_user1bpsk diinisialisasikan menjadi data_user11, dimana data tersebut akan dikalikan dengan code1, sehingga didapatkan matriks bit berikut,



Gambar 6. Matriks spreading user 1 BPSK
Sumber : (Data Primer, 2019)

Kemudian dilakukan invers fast fourier transform, setelah itu ditambahkan cyclic prefix, lalu ditransmisikan. Adapun syntax MATLAB sebagai berikut,

```
X = ifft(Y)
X = ifft(Y,n)
X = ifft(Y,n,dim)
X = ifft(____,symflag)
```

```
ifftdata_user1=ifft(spdata12);
ifftdata12=ifftdata_user1';
```

```
y=[x (:, end-Ng+1 : end) x]
y1=[ifftdata12(:,[(n-2):n]) ifftdata12];
```

Transmisi Kanal Rayleigh

Data yang telah diproses pada bagian diatas akan ditransmisikan melalui kanal Rayleigh. Sebelum ditransmisikan data user 1 dan data user 2 akan dijadikan satu pada proses transmisi dengan cara ditambahkan. Kemudian ditransmisikan melalui kanal Rayleigh dan juga ditambahkan noise AWGN. Fungsi MATLAB yang digunakan pada proses ini adalah sebagai berikut,

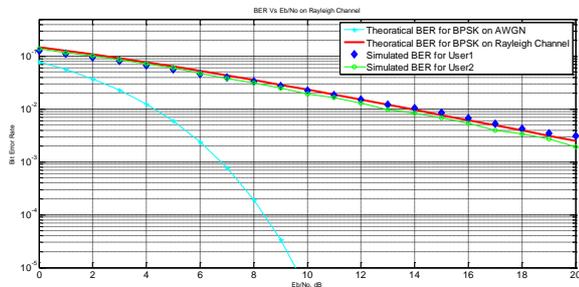
```
data_noise1=data_channel(:);
data_noise2=reshape(data_noise1,1,length(data_nois
e1));
noise=1/sqrt(2)*[randn(1,length(data_noise2))+j*ran
dn(1,length(data_noise2))];
snr = [0:20];
```

Proses Despreading

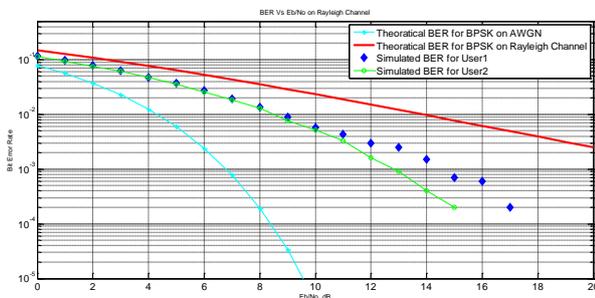
Data yang diterima pada proses ini mengandung noise AWGN kemudian dilakukan penghapusan cyclic Prefix dan kemudian akan lakukan fast fousrier transform.

Perbandingan BER terhadap SNR

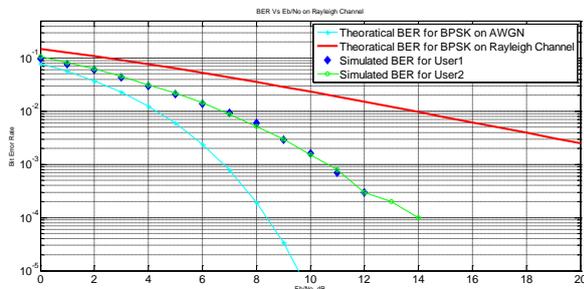
Untuk pengujian sistem akan dikirimkan 10.000 bit data. kemudian dilihat perbandingan BER pada proses simulasi dengan nilai BER secara teori. Kode hadamard yang digunakan adalah n=4, 8, 16, 32. Diperoleh grafik yang ditunjukkan pada gambar 6.



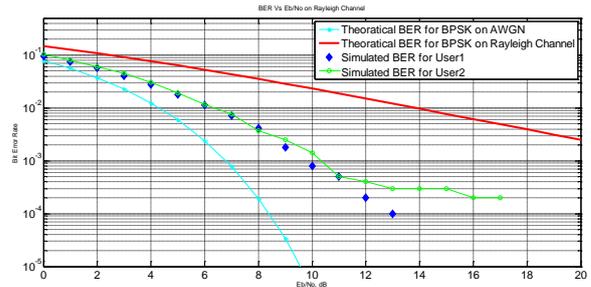
Gambar 7. Grafik BER dengan n=4
Sumber : (Data Primer, 2019)



Gambar 8. Grafik BER dengan n=8
Sumber : (Data Primer, 2019)



Gambar 9. Grafik BER dengan n=16
Sumber : (Data Primer, 2019)

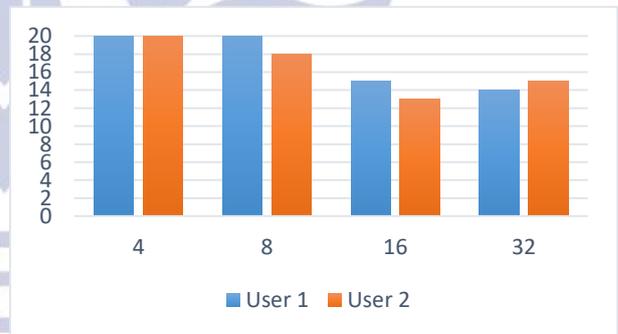


Gambar 9. Grafik BER dengan n=32
Sumber : (Data Primer, 2019)

N kode	Eb/No (dB)	
	User 1	User 2
4	21	21
8	21	18
16	15	13
32	14	15

Tabel 1. Tabel Nilai Error n kode terhadap Eb/No
Sumber : (Data Primer, 2019)

Menggunakan 2 user, dan variasi kode N yaitu 4, 8, 16, 32. Nilai error yang diperoleh pada table diatas adalah nilai ber yang mendekati 0



Gambar 10. Grafik BER terhadap Rb/No
Sumber : (Data Primer, 2019)

Grafik gambar 10 diatas, dapat dijelaskan bahwa untuk mendapatkan nilai BER mendekati 0 membutuhkan Eb/No yang bervariasi, berdasarkan grafik diatas untuk n=4 pada user 1 untuk mendapatkan BER mendekati 0 membutuhkan Eb/No sebesar 20 dB, untuk user 2 Eb/No sebesar 20db. Untuk n=8 user 1 sebesar 20 dB user 2 sebesar 18 dB. Untuk n=16 user 1 sebesar 15 dB, user 2 sebesar 13 dB. Untuk n=32 user 1 sebesar 14 dB, user 2 sebesar 15 dB.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan analisis pada Skripsi ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

Nilai Bit Error Rate (BER) pada simulasi MATLAB lebih besar dibandingkan dengan perhitungan secara teori, untuk AWGN namun pada perhitungan secara teori untuk flat fading didapatkan nilai Bit Error Rate (BER) yang lebih kecil.

Untuk user 1 nilai BER dari proses simulasi yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0.0022, sedangkan nilai BER dari proses perhitungan secara teori AWGN yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0,0000, nilai BER dari proses perhitungan secara teori untuk flat fadding yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0,0025. Untuk user 2 nilai BER dari proses simulasi yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0.0019, sedangkan nilai BER dari proses perhitungan secara teori yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0,0000, nilai BER dari proses perhitungan secara teori untuk flat fadding yang dihasilkan untuk Hadamard 4 adalah 0,0025

Saran

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya. Salah satunya dengan menambah variasi nilai N pada kode walsh hadamard. Serta menambah jumlah *user* yang ada

DAFTAR PUSTAKA

- Debashish Sahoo, Naresh Kumar, and D.R. Rana. 2014. Enhanced Performance Analysis Of Optical CDMA Communication System. Vol. 06
- Dongwoo Kim, Dong Geun Jeong, 2000, Capacity Unbalance Between Uplink and Downlink in Spectrally Overlaid Narrow-Band and Wide Band CDMA Mobile System. IEEE Transaction on Vehicular Technology. Vol 49 no 4..
- Gamal A. Husen, Saied M, and Osama Aly. 2013. An Efficient MAI Cancellation Technique In Optical CDMA. Vol. 06
- Hari Romandi. 2012. Teknik Dasar Perancang dan Realisasi Demodulator. Jakarta: Erlangga.
- J.A. Salehi, C.A. Brackett, Code division multiple access techniques in optical fiber network—Part II: system performance analysis, IEEE Trans. Commun. 37(1989) 834–842.
- Osama, 2014. Lighting the local network: optical code division multiple access and quality of service provisioning. IEEE Netw. Vol. 14 (6) 42–46. (Nov 2014)
- Risa Nuri, 2013. Teknik Dasar Spread Spectrum. Bandung. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

Schwartz, Mischa. 1986. Transmisi informasi, Modulasi, dan Bising. Terjemahan Jatno Wirjosoedijo. Jakarta: Erlangga.

Shanmugan, K Sam, New York, 1979. Digital And Analog Communications Systems, John Wiley & Sons Inc.

Simon, M.; Omura. J.K; Scholtz, R.A. and Levitt, B.K. 1985. Spread Spectrum, Computer Science Press.

Tataq Ajie R, dan Yoedi Moegiharto. 2014. Studi Perbandingan Kinerja Direct Sequence Spread Spectrum Code Division Multiple Access (DS-SS CDMA) dengan Kode Penebar Walsh, Gold, dan Kasami. Surabaya. Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Wakafuji & Ohtsuki, 2003, Complexities, error probabilities and capacities of optical OOK-CDMA communication systems, IEEE Trans. Commun. 50 (12).

Ziemer, R.E and Peterson, R.L, 1985, Digital Communication and Spread Spectrum System.