

DESAIN PROGRAM SIMULASI PENERAPAN KODE BOSE CHAUDHURI HOCQUENGHEM PADA DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM

M. Husnul Ullum Azhari¹, Nyoman Pramaita², I Gst A. Komang Diafari Djuni H³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

m.husnululumazhari98@gmail.com¹, pramaita@ee.unud.ac.id², igakdiafari@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan desain program simulasi penerapan kode Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) pada Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) untuk mengetahui kinerja pengaruh DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4) dengan penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN. Simulasi ini terdiri dari simulasi BER penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN, simulasi BER penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal AWGN, simulasi pengaruh Eb/No terhadap varian *noise* pada sistem DSSS dan simulasi BER sebagai fungsi varian *noise*. Simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN dianalisis berdasarkan Bit Error Rate (BER) berbanding Energy Bit per Noise (Eb/No). Penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN menghasilkan kinerja lebih baik dari DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4). Pada nilai Eb/No 10 dB, simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN menghasilkan nilai BER yang lebih mendekati 0 dengan nilai BER 0,0188, sedangkan simulasi DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4) menghasilkan nilai BER 0,0228.

Kata kunci : BCH, DSSS, *Flat fading*, AWGN, BER, Eb/No, *Variance noise*

ABSTRACT

This study proposes a design of simulation program for implementing Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) code on Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) to knowing the performance of the effect of DSSS with flat fading channel and AWGN without BCH code (7,4) with the application of BCH code (7,4) on DSSS with flat fading and AWGN channel. This simulation consist of simulation of BER application of BCH code (7,4) on DSSS with flat fading and AWGN channel, simulation of BER application code BCH (7,4) on DSSS with AWGN channel, simulation of the effect of Eb/No on noise variance in the DSSS system, and BER simulation as a function of noise variance on the DSSS system. Simulation of application BCH code (7,4) on DSSS with flat fading and AWGN channel analyzed based on Bit Error Rate (BER) versus Energy Bit per Noise (Eb/No). The application of BCH code (7,4) on DSSS with flat fading channel and AWGN shows better performance than DSSS with flat fading channels and AWGN without BCH coding (7,4). On the Eb/No value 10 dB, simulation application BCH code (7,4) on DSSS with flat fading channel and AWGN generate BER value which is approaching 0 with BER value 0.0188, while the DSSS simulation with flat fading channel and AWGN without BCH code (7.4) generate a BER value of 0.0228.

Keywords : BCH, DSSS, *Flat fading*, AWGN, BER, Eb/No, *Noise variance*

1. PENDAHULUAN

Suatu sistem pengiriman data yang handal dalam dunia telekomunikasi dianggap sebagai bagian dari pendorong cepatnya perkembangan teknologi komunikasi digital. Salah satu indikasi dari

sistem komunikasi yang handal adalah sistem yang dapat mengatasi *error* kesalahan yang disebabkan oleh *noise* maupun interferensi ketika data/bit melewati media transmisi harus dikurangi [1].

Salah satu metode transmisi data adalah *Spread spektrum*. *Spread Spectrum* adalah penggunaan lebar bidang yang jauh lebih tinggi daripada yang lain. Karena lebar bidang yang lebih tinggi, *Power Spektral Density* lebih rendah, sehingga sinyal informasi kelihatan seperti derau dalam kanal. *Direct Sequence Spread spektrum (DSSS)* merupakan metode *spread spektrum* dengan kode *sequence* dan jumlah *chip* dalam kode menentukan besarnya penyebaran yang terjadi. Dalam proses pengiriman data pada DSSS tidak dapat mendeteksi dan mengoreksi *error* pada saat proses transmisi. Adanya *error* pada informasi yang dikirim pada proses transmisi DSSS disebabkan oleh *noise* maupun interferensi. *Error* yang terjadi membuat data yang dikirim tidak sesuai dengan data yang diterima. Untuk membuat sistem DSSS dapat mempertahankan informasi yang dikirim hingga sampai ke pengguna tanpa adanya *error*, perlu diterapkan sebuah algoritma pengkodean yang dapat mendeteksi dan mengoreksi kesalahan bit [2].

Pada sistem komunikasi, salah satu jenis teknik pengkodean adalah kode siklis. Kode siklis dapat mendeteksi dan mengoreksi adanya kesalahan data yang diterima. Kode *Bose Chaudhuri Hoquenghem (BCH)* [3] adalah teknik pengkodean siklis yang dibuat dengan menggunakan polinomial pada bidang *finite field* (terbatas). Teknik ini mampu mendeteksi dan mengoreksi *error* pada saat proses transmisi dengan menggunakan deretan kode atau *checkbit* yang diproses secara matematis sebelum data dikirimkan dan diterima.

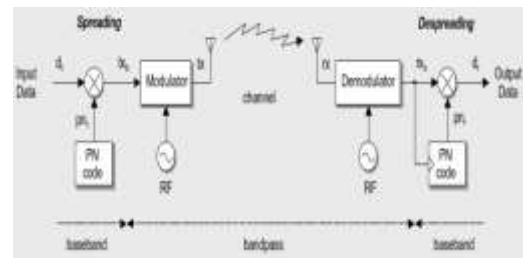
Pada penelitian ini akan dibuat desain program simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS menggunakan kode penebar Walsh pada kanal *flat Fading dan AWGN*. Parameter BCH (7,4) dipilih dalam karena proses matematisnya BCH (7,4) lebih sederhana dengan 4 bit pesan yang akan dideteksi dan dikoreksi *errornya* saat bit pesan ditransmisikan. Modulasi yang digunakan dalam simulasi ini adalah BPSK karena dalam penggunaannya lebih mudah dalam pengkonversian bit. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil dari proses transmisi data DSSS tanpa adanya teknik pengkodean BCH dan dengan adanya penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Direct Sequence Spread Spectrum

Gambar 1 merupakan merupakan blok diagram dari *system DSSS*. *Input DSSS* berupa data biner d_t dan *pseudo noise* kode pn_t . Pada *transmitter* terdapat proses *spreading DSSS*, data biner d_t dikalikan dengan *PN sequence* pn_t yang terpisah dari *baseband* yang datanya biner, untuk membuat sinyal *baseband* yang ditransmisikan tx_b maka berlaku persamaan:

$$tx_b = d_t \times pn_t \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 1 Blok Diagram DSSS

Sinyal *spread* spektrum pada *dispreading DSS*, tidak terdeteksi oleh penerima sinyal *narrowband* konvensional. Pada *receiver*, sinyal yang diterima rx_b dikalikan dengan *PN sequence* pn_r .

Jika $pn_r = pn_t$ dan disinkronisasi ke *PN sequence* pada data yang diterima, data *binary* yang dipulihkan akan diproduksi pada d_t . Perkalian antara sinyal *spread spectrum* rx_b dengan *PN sequence* pn_t yang digunakan pada *transmitter* adalah untuk *despread bandwidth* rx_b ke R_s . Untuk mendemodulasi, sinyal yang diterima dikalikan dengan pn_r , (*PN sequence* yang sama seperti pn_t) dan disinkronisasikan dengan *PN sequence* pada sinyal rx_b yang diterima. Proses ini disebut *despreading*, karena akibatnya adalah membalikkan proses *spreading* pada *transmitter*.

Jika $pn_r \neq pn_t$, kemudian tidak terjadi *despread*. Sinyal d_t memiliki *spread spectrum*. Penerima tidak akan mengetahui *PN sequence* dari *transmitter* yang menyebabkan tidak dapat memproduksi kembali data yang telah dikirim [4].

2.2 Walsh Code

Matriks Hadamard orde 4 dibangkitkan menggunakan 4 deret *Walsh orthogonal* menggunakan persamaan (2).

$$H_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

Panjang kode (*spreading factor*) walsh adalah 2^N yang dapat dibangkitkan dengan operasi matrik sebagai berikut.

$$H_N = \begin{bmatrix} H_{N-1} & H_{N-1} \\ H_{N-1} & -H_{N-1} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

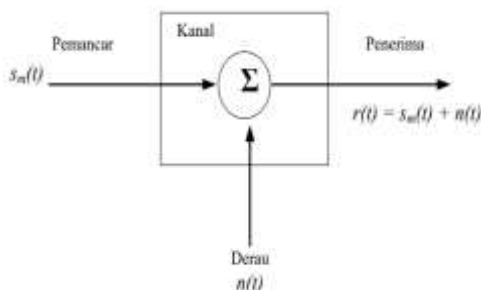
Matriks H_N dengan ukuran $2^N \times 2^N$ dibentuk menggunakan matriks H_{N-1} dengan ukuran $2^{N-1} \times 2^{N-1}$ dengan H_2 . Setiap baris dari matrik H_N memberikan satu kode untuk satu *user* [5].

2.3 Binary Phase Shift Keying

Modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) merupakan salah satu jenis modulasi *Phase Shift Keying* (PSK), yaitu informasi yang dikirimkan menyebabkan fase sinyal pembawa bergeser mengikuti bit informasi. PSK adalah salah satu sistem modulasi digital yang mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi memiliki sudut fase yang berbeda. Dalam modulasi BPSK sinyal pembawa dimodulasi secara bertahap, fase sinyal pembawa bergeser sebesar 180° sesuai data biner yang masuk.

2.4 Additive White Gaussian Noise

Additive White Gaussian Noise (AWGN) mempunyai karakteristik respon frekuensi yang sama disepanjang frekuensi dan mempunyai varian sama dengan satu. Pada kanal transmisi terdapat penambahan *noise* yang timbul akibat akumulasi *noise* termal dari perangkat pemancar, kanal transmisi, dan perangkat penerima [4]. Model kanal ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pemodelan Kanal AWGN

Varian *noise* pada kanal AWGN dinyatakan sebagai berikut [6].

$$\sigma^2 = \frac{P \times T_{sym}}{T_{samp} \times 10^{\frac{k \times E_b/N_0}{10}}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

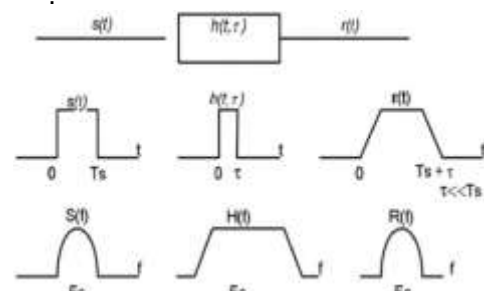
- σ^2 : Noise variance
- P : Signal power, referenced to 1 ohm (watts)
- T_{sym} : symbol period (s)
- T_{samp} : Sample Time (s)
- k : Number of bit of BPSK Modulated symbol
- E_b/N_0 : Energy bit per Noise (dB)

Varian *noise* dan *noise power* memiliki hubungan sebagai berikut:

$$N_0 = 2\sigma^2 \dots\dots\dots(5)$$

2.5 Kanal Flat Fading

Jika kanal radio bergerak memiliki *gain* yang konstan dan respon fase linier terhadap nilai *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* sinyal yang ditransmisikan, kanal tersebut dapat dikatakan sebagai kanal *flat Fading* [7]. Karakteristik kanal *flat Fading* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Karakteristik Kanal Flat Fading

2.6 Parameter Eb/No

Parameter E_b/N_0 biasa digunakan dalam komunikasi digital. Parameter ini sangat berguna saat membandingkan performa bit error rate (BER) untuk modulasi digital yang berbeda-beda tanpa menyertakan parameter pita frekuensi [8]. Besarnya energi tiap bit akan menghasilkan nilai BER yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan energi bit yang besar maka *noise* tidak terlalu mempengaruhi proses transmisi setiap bit, sehingga bit yang *error* semakin kecil.

2.7 Bit Error Rate

BER (*Bit Error Rate*) adalah jumlah total kesalahan bit yang ditransmisikan dari titik asal ke titik tujuan. Semakin besar nilai BER, maka kinerja suatu sistem komunikasi

digital semakin buruk karena kesalahan informasi yang dikirim dan diterima mengalami banyak perubahan selama proses transmisi [9]. Persamaan BER untuk modulasi BPSK pada kanal *Rayleigh Fading* dan AWGN seperti pada persamaan (7) dan BER untuk modulasi BPSK pada kanal AWGN seperti pada persamaan (8) digunakan pada penelitian ini.

$$P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \dots \dots \dots (7)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \times \text{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \dots \dots \dots (8)$$

2.8 Kode BCH

Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem (BCH) code adalah sebuah metode *error correction* yang dibangun pada bidang *finite* (terbatas). Kode ini merupakan generalisasi dari *Hamming code* untuk *multiple error correction*. Kode BCH diperkenalkan pertama kali oleh A. Hocquenghem pada tahun 1959 dan secara terpisah pada tahun 1960 oleh R. C. Bose dan Ray-Chaudhuri [3].

Kode BCH dapat diimplementasikan dengan $m \geq 3$ dan $t = \frac{n-k}{m}$ dan memiliki property kode sebagai berikut.

- Panjang Kode : $n = 2^m - 1$
- Bit Pesan : k
- Jumlah *error* maksimal : t

Cheqbit: $c = m \times t$, dengan $n - k \leq m \times t$. Cara kerja kode BCH memiliki urutan sebagai berikut [9]:

- a. Proses Pengkodean, yaitu proses dibentuknya *checkbit* yang dikirim bersama bit pesan.
 1. Bentuk *Galois Field*, $GF(2^m)$
 2. Menentukan $2t$ minimal polinomial. Karena polinomial pangkat genap merupakan duplikasi dari polinomial pangkat ganjil, maka polinomial pangkat ganjil saja yang diambil.
 3. Membentuk generator polinomial dengan menentukan KPK dari hasil perkalian semua minimal polinomial yang dipilih.
 4. Menambahkan bit 0 dibelakang bit biner pesan dengan panjang bit 0 yang ditambahkan sebesar derajat dari generator polinomial.
 5. Menentukan *checkbit* dengan membagi gabungan pesan dan bit 0 dengan generator polinomial.

- b. Proses Pendekodean, yaitu proses pendeteksian dan pengoreksian *error* jika ditemukan bit *error* selama proses transmisi.

- i. Proses pendeteksian kesalahan (*error detection*).

1. Mencari nilai sisa bagi antara gabungan dari informasi dan *checkbit* dengan generator polinomial.
2. Jika sisa bagi = 0, berarti tidak terdapat *error* maka tidak ada proses pengkoreksian *error* dan pesan $p(x)$ akan langsung dikirim ke penerima.
3. Jika sisa pembagian $\neq 0$, berarti terdapat *error*.

- ii. Prosedur pengoreksian kesalahan (*error correction*).

1. Menentukan $2t$ buah minimal polinomial.
2. Menghitung sindrom ($S_1 \dots S_{2t}$) dari *codeword* (bit pesan + *checkbit*) yang diterima. Dalam hal ini terdapat $2t$ komponen dalam vektor.
3. Membentuk tabel BCH dengan menggunakan algoritma Peterson-Berlekamp untuk menemukan *persamaan error locator* dengan polinomial dengan cara sebagai berikut.

- a) Set nilai awal dari beberapa variabel berikut:

$$\begin{aligned} \sigma^{(-1)}(x) &= 1 \\ \sigma^{(0)}(x) &= 1 \\ l_{-1} &= 0 \\ l_0 &= 0 \\ d_{-1} &= 1 \\ d_0 &= S_1 \end{aligned}$$

- b) Jika $d_n = 0$ maka berlaku persamaan berikut.

$$\sigma^{(n+1)}(x) = \sigma^{(n)}(x), \text{ dan } l_{n+1} = l_n \dots \dots \dots (9)$$

- c) Jika, $d_n \neq 0$, cari $\sigma^{(m)}(x)$ sebelum $\sigma^{(m)}(x)$ sedemikian sehingga $d_m \neq 0, 1 \leq m \leq n$, dan nilai $m - l_m$ memiliki nilai maksimum, kemudian hitunglah nilai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma^{(n+1)}(x) &= \\ \sigma^{(n)}(x) d_n d_m^{-1} x^{n-m} \sigma^{(m)}(x) \dots \dots \dots (10) \end{aligned}$$

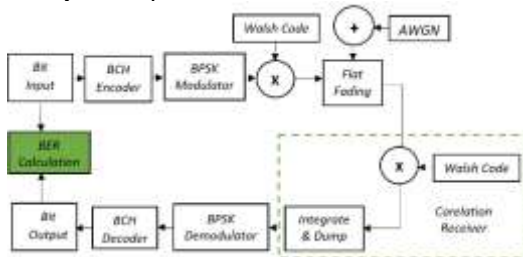
$$l_{n+1} = \max[l_n, l_m + n - m] \dots\dots\dots(11)$$

- d) Untuk setiap $d_n = 0$ atau $d_n \neq 0$, variasi d berikutnya adalah:
 $d_{n+1} = S_{n+2} + S_{n+1}\sigma_1^{(n+1)} + \dots + S_{n+2-l_{n+1}}\sigma_{l_{n+1}}^{(n+1)} \dots\dots(12)$

dengan: $\sigma_i^{(n+1)}$ adalah koefisien ke- i dari $\sigma^{(n+1)}(x)$ dan $1 \leq i \leq l_{n+1}$.
- e) Hasil akhir $\sigma^{(n)}(x)$ merupakan persamaan polinomial pendeteksi *error*.
- f) Setelah persamaan polinomial pendeteksi *error* ditemukan, cari akar dari persamaan polinomial tersebut dengan metode trial and *error*, metode tersebut dilakukan dengan mencoba semua elemen dari $GF(2^m)$. Nilai tersebut merupakan akar jika hasil proses perhitungan polinomial = 0.
- g) Kemudian mencari nilai kebalikan dari akar-akar tersebut yang merupakan posisi bit *error* yang diperbaiki.

3 METODE PENELITIAN

Blok diagram pemodelan sistem komunikasi digital penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

Simulasi ini berawal dari sinyal informasi masukan yang akan diproses direpresentasikan dalam bentuk simbol yang tersusun dari bit-bit. Pada sistem ini, bit masukan (*input bit*) dibangkitkan secara *random* menggunakan *Bernoulli Binary Generator* yang terdapat didalam *Simulink* MATLAB 2014a. Diasumsikan data yang

dibangkitkan berjumlah 1.000.000 bit dalam bentuk biner 0 dan 1 dengan rentang nilai E_b/N_0 yang digunakan adalah 0 dB sampai 10 dB. Bit-bit yang telah dibangkitkan menggunakan *Bernoulli Binary Generator* kemudian dikodekan dengan menggunakan pengkodean BCH dengan parameter panjang kode $n = 7$, jumlah pesan $k = 4$, dan *error* maksimal yang dapat dikoreksi $t = \frac{7-4}{3} = 1$ bit *error* oleh kode BCH (7,4).

Setelah melalui proses pengkodean BCH (7,4), bit-bit hasil pengkodean akan melalui proses modulasi *Binary Phase Shift Keying (BPSK)*. Hasil modulasi ini diproses *spread spectrum*, yaitu hasil modulasi mengalami operasi XOR dengan kode Wals yang dibangkitkan secara *random*.

Data hasil modulasi dikirimkan melalui kanal *flat fading* dan *Additive White Gaussian Noise (AWGN)*. Dalam proses transmisi, sinyal akan mengalami *flat fading*, yaitu kondisi sinyal yang merambat pada sejumlah jalur akibat pemantulan terhadap halangan yang terdapat di sekitar lingkungan dengan amplitudo dan *delay* dari setiap *path* diasumsikan sama dengan 0 sehingga seperti kondisi *flat* dilihat dari domain frekuensi. Sinyal keluaran dari proses transmisi akan terekualisasi dengan menggunakan *correlation receiver* melalui proses *despreading* untuk mendapatkan sinyal awal yang dikirimkan oleh *transmitter* dengan dilakukan XOR kembali dengan kode yang sama dengan deret *spread* awal.

Sinyal keluaran dari proses *correlation receiver* akan didemodulasi menggunakan jenis BPSK untuk mendapatkan sinyal asli (*output bit*) yang dikirimkan oleh *transmitter*. Kemudian sinyal keluaran demodulasi BPSK akan melalui proses BCH decoder untuk dideteksi dan dikoreksi *errormya* melalui proses pendekodean BCH (7,4).

Sinyal keluaran proses dekode akan dilihat perbandingan *error*-nya dengan sinyal awal menggunakan BER calculation. Pada simulasi ini, BER sistem komunikasi digital penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS akan dibandingkan dengan BER sistem komunikasi digital DSSS tanpa pengkodean BCH. Hal ini bertujuan untuk mengetahui signifikansi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS yang disimulasikan dilihat dari nilai BER berbanding E_b/N_0 .

Simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dilakukan dengan parameter sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

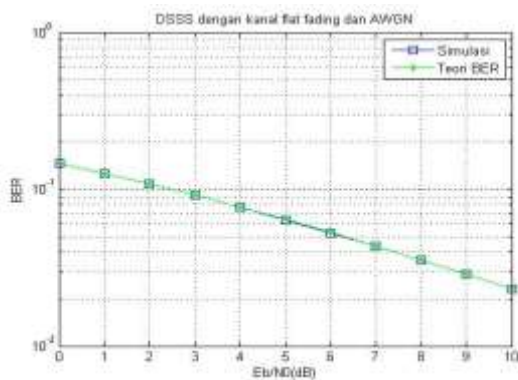
Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
BCH (n,k,t)	(7,4,1)
Jumlah Bit	1.000.000 bit
Jenis Modulasi	Binary Phase Shift Keying (BPSK)
Jenis Pengguna	Single user
Jenis Kanal	Flat Fading
Jenis Noise	Additive White Gaussian Noise (AWGN)
Distribusi Fading	Rayleigh Fading
Nilai Eb/No	0 : 10 dB
Panjang Kode Walsh	4
Sample Time (Ts)	1
Periode Chip (Tc)	¼

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Bit Error Rate (BER) DSSS dengan Kanal Flat Fading dan AWGN

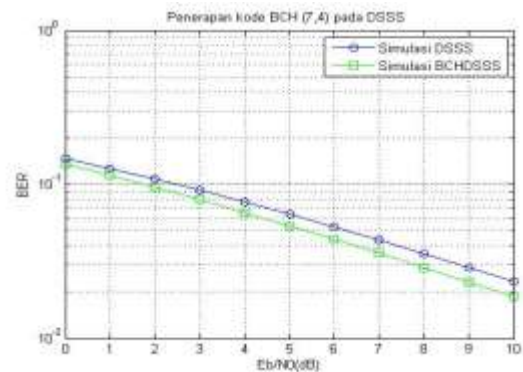
Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN. Hasil trend maupun nilai BER yang dihasilkan pada gambar 5 sudah mendekati nilai BER secara teori. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN yang dilakukan sudah valid.



Gambar 5 Hasil Simulasi DSSS dengan Kanal Flat Fading dan AWGN

4.2 Simulasi Bit Error Rate (BER) Penerapan Kode BCH (7,4) pada DSSS dengan Kanal Flat Fading dan AWGN

Gambar 6 menunjukkan simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN. Hasil analisis menunjukkan bahwa simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN lebih baik dari simulasi DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4). Pada Eb/No 10 dB, simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN menghasilkan nilai BER yang lebih mendekati 0 dengan nilai BER 0,0188 dari simulasi DSSS dengan kanal flat fading dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4) yang menghasilkan nilai BER 0,0228.

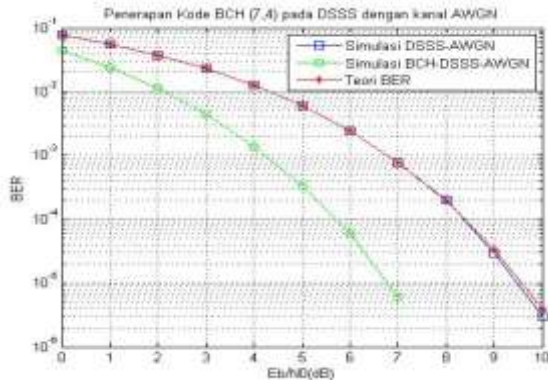


Gambar 6 Hasil Simulasi Penerapan Kode BCH (7,4) pada DSSS dengan Kanal Flat Fading dan AWGN

4.3 Simulasi Bit Error Rate (BER) Penerapan Kode BCH (7,4) pada DSSS dengan Kanal AWGN

Gambar 7 menunjukkan simulasi DSSS dengan kanal AWGN. Berdasarkan gambar 7, dapat dilihat hasil trend maupun nilai BER yang dihasilkan sudah mendekati dengan nilai BER secara teori. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi DSSS dengan kanal AWGN yang dilakukan sudah valid. Berdasarkan Gambar 7, simulasi BER penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal AWGN lebih baik dari DSSS dengan kanal AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4). Pada simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal AWGN, nilai Eb/No yang diperlukan adalah 8 dB untuk memperoleh BER sama dengan 0, sedangkan pada simulasi DSSS dengan kanal AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4), diperlukan Eb/No

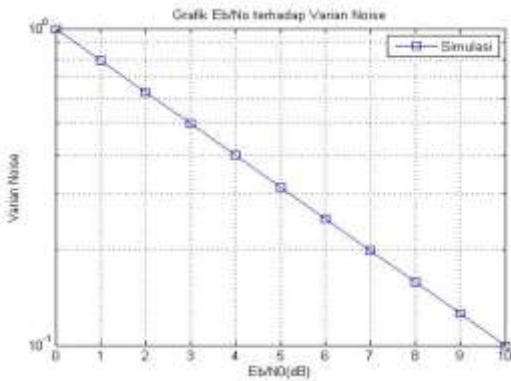
dengan nilai 10 dB untuk menghasilkan BER yang mendekati 0.



Gambar 7 Hasil Simulasi Penerapan Kode BCH (7,4) pada DSSS dengan Kanal AWGN.

E_b/N_0 berpengaruh terhadap varian *noise*, bertambahnya nilai E_b/N_0 akan menyebabkan nilai varian *noise* berkurang. Hasil simulasi pengaruh E_b/N_0 terhadap varian *noise* pada sistem DSSS dapat dilihat pada Gambar 8.

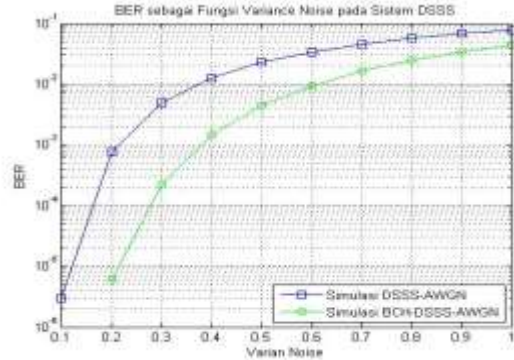
Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat sebuah grafik serta nilai E_b/N_0 terhadap varian *noise*. Meningkatnya E_b/N_0 menyebabkan penurunan varian *noise* sesuai persamaan (6).



Gambar 8 Grafik E_b/N_0 terhadap Varian *Noise* pada Sistem DSSS

Semakin besar nilai varian *noise* maka BER DSSS dengan kanal AWGN semakin besar begitu juga sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai varian *noise* menyebabkan N_0 (*Noise power*) yang semakin tinggi berdasarkan persamaan $N_0 = 2\sigma^2$, dengan σ^2 merupakan varian *noise* sehingga membuat semakin banyaknya error pada bit-bit yang dikirimkan. Hasil simulasi BER sebagai

fungsi varian *noise* pada sistem DSSS dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik BER sebagai Fungsi Varian *Noise* pada Sistem DSSS

Gambar 9 merupakan grafik BER sebagai fungsi varian *noise*. Hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan varian *noise* yang diperlukan untuk memperoleh nilai BER sama dengan 0 atau mendekati 0. Pada simulasi penerapan kode BCH (7,4) DSSS dengan kanal AWGN, dengan nilai varian *noise* 0,2000 diperoleh nilai BER sama dengan 0. Sedangkan pada simulasi DSSS dengan kanal AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4), dengan nilai varian *noise* 0,1000 diperoleh nilai BER sama dengan 0.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi penerapan kode *Bose Chaudhuri Hocquenghem* (BCH) pada *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Simulasi BER DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN dengan teori BER BPSK dengan *Rayleigh Channel* dan *AWGN Channel* menunjukkan nilai *trend* sama dan hasil nilai BER simulasi mendekati nilai BER teori sehingga simulasi sudah valid.
2. Simulasi BER penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN menunjukkan kinerja lebih baik. Pada E_b/N_0 10 dB, simulasi penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN menghasilkan nilai BER yang lebih mendekati 0 dengan nilai BER 0,0188, sedangkan simulasi DSSS dengan kanal *flat fading* dan AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4) menghasilkan nilai BER 0,0228.
3. Simulasi BER penerapan kode BCH

- (7,4) pada DSSS dengan kanal AWGN dengan teori BER BPSK dengan *AWGN Channel* menunjukkan hasil nilai BER simulasi mendekati nilai BER secara teori sehingga simulasi sudah valid.
4. Simulasi BER penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal AWGN menunjukkan kinerja lebih baik dengan nilai E_b/N_0 yang diperlukan adalah 8 dB untuk memperoleh BER sama dengan 0 sedangkan simulasi DSSS dengan kanal AWGN tanpa pengkodean BCH (7,4) memerlukan E_b/N_0 dengan nilai 10 dB untuk menghasilkan BER yang mendekati 0.
 5. Semakin besar nilai varian *noise* menyebabkan N_0 (*Noise power*) yang semakin tinggi berdasarkan persamaan $N_0 = 2\sigma^2$ dan membuat BER semakin besar. Dengan nilai varian *noise* 0,2000 diperoleh nilai BER sama dengan 0 pada simulasi BER sebagai fungsi varian *noise* dengan penerapan kode BCH (7,4). Sedangkan pada simulasi BER sebagai fungsi varian *noise* tanpa pengkodean BCH (7,4), dengan nilai varian *noise* 0,1000 diperoleh nilai BER sama dengan 0.
- [6] Proakis, John G. 2001. "4th Edition *Digital Communications*". McGraw-Hill.
 - [7] Rappaport, Theodore S. *Wireless Communications Principle and Practice 2nd Edition*. Upper Saddle River: Prentice Hall
 - [8] Yuniari, N.P.E.A., dkk. 2016. *Analisis Perbandingan Performansi Sistem MC-SS MIMO dengan OFDM MIMO pada Kanal Fading*. Jurnal Teknologi Elektro. Vol. 15, No. 2.
 - [9] Purwanto Teguh Bayu, 2015. "Analisis Unjuk Kerja Teknik MIMO STBC dan V-BLAST Pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing," ST. Skripsi, Denpasar: Universitas Udayana.
 - [10] Edy S., 2009. "Analisa Kinerja Kode BCH". Skripsi, Medan: Universitas Sumatera Utara.

6 DAFTAR PUSTAKA.

- [1] M. Sutarto, Suwadi, T. Suryani, "Implementasi Encoder dan Decoder BCH menggunakan DSK TMS320C6416T". Sepuluh Nopember *Institut of Techology* Surabaya.
- [2] P.Mozhiarasi, C.Gayathri, V.Deepan., 2015. "An Enhanced (31,11,5) Binary BCH Encoder and Decoder for Data Transmission". *International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 2, Part 2, March-April, 2015 ISSN 2091-273*
- [3] Lin, Shu. Costello, Daniel Jr. *Error Control Coding: Fundamentals and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.1983
- [4] Meel J. 1999. "Spread Spectrum". De Nayer Institut.
- [5] Lita Lidyawati, Lucia Jambola dan Dody Hermansyah., 2018. "Simulasi Perbandingan Kinerja *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) menggunakan *Gold Code* dan *Walsh Code*". Bandung : Institut Teknologi Nasional.