

ANALISIS KINERJA KODE BOSE CHAUDHURI HOCQUENGHEM PADA DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM PADA KANAL FREKUENSI SELECTIVE FADING

Wahyu Sahputra¹, Nyoman Pramaita², Nyoman Gunantara³

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

Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

Wsahputra31@gmail.com¹, pramaita_@unud.ac.id², gunantara@unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pengkodean Bose Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) (7,4) pada sistem Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) yang menggunakan kode penyebar Pseudo Noise (PN), dalam kondisi kanal frekuensi selective fading dan derau Gaussian putih (AWGN). Simulasi dilakukan menggunakan MATLAB Simulink untuk membandingkan performa sistem terhadap Bit Error Rate (BER) pada berbagai nilai perbandingan energi bit terhadap densitas daya derau (E_b/N_0). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan BCH secara umum meningkatkan performa sistem dengan menurunkan nilai BER secara signifikan. Pada E_b/N_0 tinggi, performa PN + BCH sedikit lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pengkodean dan penyebaran sinyal sangat dipengaruhi oleh kondisi kanal dan tingkat kebisingan. Panjang kode, jenis penyebaran, dan metode koreksi kesalahan memainkan peran penting dalam optimisasi performa komunikasi digital.

Kata kunci : DSSS, BCH(7,4), PN Code, Selective Fading, AWGN, BER, MATLAB Simulink.

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of Bose Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) coding (7,4) in a Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) system using Pseudo Noise (PN) spreading code, under frequency selective fading and white Gaussian noise (AWGN) channel conditions. Simulations were performed using MATLAB Simulink to compare the system performance against Bit Error Rate (BER) at various values of bit energy to noise power density (E_b/N_0). The simulation results show that the use of BCH generally improves system performance by significantly reducing the BER value. At high E_b/N_0 , the performance of PN + BCH is slightly better. This indicates that the effectiveness of signal coding and spreading is strongly influenced by channel conditions and noise levels. Code length, spreading type, and error correction method play an important role in optimizing digital communication performance.

Key Words : DSSS, BCH(7,4), PN Code, Selective Fading, AWGN, BER, MATLAB Simulink.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia telekomunikasi, sistem transmisi data dipandang sebagai bagian dari pendorong pesatnya perkembangan teknologi pentransmisi data. Contoh dari teknologi pentransmisi data yaitu transmisi tanpa kabel atau yang biasa kita sebut sebagai wireless. Masalah yang biasanya sering dijumpai oleh sistem komunikasi wireless tersebut adalah komponen multipath. Efek dari komponen multipath menyebabkan terjadinya interferensi konstruktif dan destruktif pada sinyal yang

diterima, akibat timbul adanya interferensi konstruktif dan destruktif inilah yang menyebabkan sinyal menjadi tidak stabil atau berfluktuasi yang kemudian disebut dengan fading.

Salah satu contoh penerapan dari sistem pentransmisi data yaitu terdapat pada teknologi CDMA. Code Division Multiple Access (CDMA), dimana setiap pengguna/user menggunakan deretan kode spread yang spesifik dan kemudian menyebarkan informasi ke dalam bandwidth yang besar. CDMA juga menerapkan

teknologi spread spectrum yaitu, metode komunikasi di mana seluruh sinyal komunikasi disebarkan ke semua spektrum frekuensi menggunakan lebar bidang yang lebih besar dibandingkan bidang lainnya. Dikarenakan lebar aslek yang tinggi, maka menyebabkan Power Spectral Density lebih kecil sehingga sinyal informasi akan terlihat darau didalam kanal. Jenis spread spectrum yang paling banyak digunakan ialah Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), merupakan sebuah teknik spread spectrum dimana pada sisi penerima dan pengirim, bit-bit informasi dengan pseudo noise Sequence dikalikan.

Pada penelitian ini dilakukan pemrograman dan simulasi sistem komunikasi DSSS yang menggunakan kode spread Pseudo Noise (PN) pada kanal frequency selective fading yang disertai noise Additive White Gaussian Noise (AWGN) menggunakan Simulink Matlab 2018a. Inti dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penerapan kode koreksi kesalahan BCH (7,4) terhadap performa sistem DSSS. Kode BCH dipilih karena kemampuannya dalam memperbaiki banyak kesalahan (multiple error) secara efektif. Modulasi yang diterapkan dalam sistem ini yaitu BPSK karena kemudahannya dalam proses transformasi bit menjadi sinyal. Percobaan ini dilakukan dengan membandingkan performa dari sistem DSSS dengan BCH (7,4) dan tanpa menggunakan kode BCH (7,4) pada kanal selective fading untuk melihat efeknya terhadap nilai Bit Error Rate (BER).

2. KAJIAN PUSTAKA

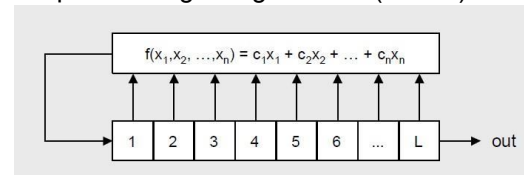
2.1 Direct Sequence Spread spectrum

Dalam teknik Spread Spectrum, metode yang paling sering diterapkan dalam pengaplikasiannya yaitu metode direct sequence. Metode ini menjadi metode 10 yang paling populer dikarenakan pengaplikasiannya yang mudah dan juga menghasilkan data rate yang tinggi. cara kerja DSSS adalah dengan cara mengalikan bit dengan kode yang memiliki data rate lebih tinggi atau yang biasa disebut dengan chip. Sehingga akan menghasilkan sinyal baru yang periodenya akan mengikuti periode dari chip yang dibangkitkan. Setelah sinyal dikirimkan, di sisi penerima, sinyal tersebut akan dikalikan kembali dengan salinan dari kode chip yang sama dengan kode chip di sisi pengirim, hal ini bertujuan

untuk mengembalikan data dari informasi yang dikirim.

2.2 PN Code

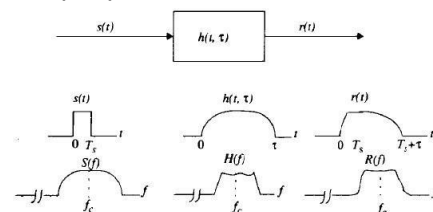
Kode PN adalah kode non-orthogonal, kode spreading yang cross-correlation function (CCF)-nya tidak bernilai nol. Kode (deretan) maximal 12 length merupakan bentuk deretan pseudo noise (PN). Deretan pseudo noise adalah deretan periodik biner yang mempunyai bentuk gelombang seperti noise, yang dihasilkan dengan memakai simple shift register generator (SSRG)



Gambar 1 Simple Shift Register

2.3 Frequency Selective Fading

Frequency selective fading adalah jenis *fading* yang mempunyai *bandwidth* sinyal lebih besar dibandingkan *bandwidth* pada kanal dan memiliki *delay spread* pada jenis *fading* ini lebih besar nilainya dari kecepatan symbol per periode waktu



Gambar 2 Karakteristik Frequency Selective Fading

2.4 Kode BCH

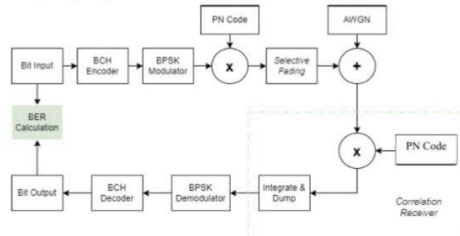
Kode BCH (*Bose Chaudhuri Hocquenghem*) merupakan bentuk kode kesalahan siklis yang dibuat dengan menerapkan polinomial pada *finite field* (*Galois Field*).

Kode BCH dapat diterapkan dengan $m \geq 3$ dan $t = (n-k) / m$ dan memiliki sifat kode sebagai berikut.

- Panjang kode : $n = 2^m - 1$
- Bit Pesan : k
- Jumlah error maksimal : t
- Chekbit $c = m \times t$ dengan $n - k \leq m \times t$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Blok diagram model sistem komunikasi digital penerapan kode BCH (7,4) pada DSSS dengan kanal *Selective Fading* dan AWGN dengan kode penebar PN



Gambar 3 Blok Diagram kode PN

Simulasi yang dilakukan terdiri atas beberapa tahapan pemrosesan sinyal. Tahap awal dimulai dengan pembentukan data masukan berupa simbol digital yang direpresentasikan sebagai rangkaian bit. Bit masukan tersebut dihasilkan secara acak menggunakan Bernoulli Binary Generator pada perangkat lunak MATLAB Simulink 2014a. Data yang digunakan dalam simulasi ini berjumlah 1.000.000 bit dengan nilai biner 0 dan 1, serta variasi rasio E_b/N_0 yang ditetapkan pada rentang 0 dB hingga 10 dB. Selanjutnya, deretan bit yang telah dibangkitkan akan diproses melalui BCH encoder untuk keperluan pengkodean kanal.

Output dari proses pengkodean BCH kemudian diteruskan ke tahap modulasi digital. Skema modulasi yang diterapkan pada sistem ini adalah Binary Phase Shift Keying (BPSK). Setelah modulasi dilakukan, sinyal yang dihasilkan akan diproses menggunakan teknik spread spectrum, yaitu dengan mengombinasikan sinyal termulasi tersebut dengan kode PN yang dibangkitkan secara acak melalui operasi logika XOR.

Setelah proses *spread* dilakukan, langkah selanjutnya data dari hasil *spread* dikirimkan melalui kanal transmisi. Kanal transmisi yang dipergunakan pada simulasi sistem ini adalah kanal *Selective Fading* dengan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). Dalam proses transmisi, sinyal akan mengalami *Selective Fading*, yaitu kondisi sinyal akan merambat sejumlah N jalur akibat pemantulan terhadap halangan yang terdapat disekitar lingkungan dengan amplitudo dan *delay* dari setiap *path*

Kondisi kanal pada simulasi ini diasumsikan memiliki karakteristik yang setara dengan kanal *selective* jika ditinjau dari domain frekuensi. Setelah sinyal ditransmisikan melalui kanal dan proses pengiriman berakhir, sinyal keluaran akan melalui tahap ekualisasi menggunakan *correlation receiver*. Pada tahap ini dilakukan proses *despreading* dengan cara mengoperasikan sinyal terima menggunakan kode PN yang sama seperti pada proses *spreading* di sisi pemancar, sehingga sinyal informasi awal dapat dipulihkan. Ekualisasi dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan karakteristik sinyal agar dapat diterima dan diproses secara optimal.

Sinyal yang dihasilkan dari *correlation receiver* selanjutnya diproses melalui tahap demodulasi BPSK guna memperoleh kembali data digital berupa bit keluaran yang dikirimkan oleh transmitter. Hasil dari proses demodulasi tersebut kemudian diteruskan ke BCH decoder, yang berfungsi untuk melakukan pendeteksian serta koreksi kesalahan bit melalui mekanisme pendekodean

Setelah proses pendekodean, bit keluaran akan disesuaikan dengan bit input awal menggunakan perhitungan Bit Error Rate (BER). Pada simulasi ini, kinerja sistem komunikasi digital DSSS yang menggunakan kode PN akan dianalisis pada kanal *selective fading* dan AWGN.

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	Selective Fading
Jenis Noise	Additive White Gaussian Noise (AWGN)
Distribusi Fading	Rayleigh Fading
Nilai E_b/N_0	0 - 10 dB
Panjang Kode PN	7
Sample Time (T_s)	1
Periode Chip (T_c)	$\frac{1}{2}$

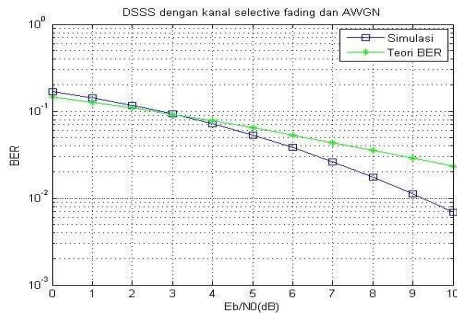
Gambar 4 Parameter Simulasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi BER (Bit Error Rate) DSSS dengan Kanal Selective Fading dan AWGN menggunakan kode penebar PN

Simulasi pada komunikasi *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) yang menerapkan kode Pseudo Noise (PN) sebagai *spreading code*. disimulasi memfokuskan pada kanal *selective fading*

yang juga melibatkan gangguan AWGN, dan juga tidak menggunakan teknik pengkodean koreksi kesalahan. Adapun sasaran utama dari simulasi ini adalah untuk mengevaluasi performa penyebaran sinyal menggunakan kode PN terhadap kualitas penerimaan data, yang diukur melalui parameter *Bit Error Rate* (BER) terhadap variasi E_b/N_0 .



Gambar 5 Hasil Simulasi

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)	
	Simulasi	Teori
0	0,1677	0,1464
1	0,1417	0,1267
2	0,1163	0,1085
3	0,0929	0,0919
4	0,0718	0,0771
5	0,0533	0,0642
6	0,0381	0,0530
7	0,0261	0,0435
8	0,0173	0,0355
9	0,0111	0,0288
10	0,0069	0,0233

Tabel 1 Hasil Simulasi BER

berdasar pada hasil simulasi yang Ditunjukkan melalui Tabel diatas, tampak bahwa nilai BER menurun secara konsisten seiring dengan kenaikan pada nilai E_b/N_0 . Hal ini memperlihatkan bahwa semakin besar daya sinyal per bit dibandingkan dengan daya noise (E_b/N_0), maka semakin baik juga kinerja sistem dalam hal akurasi penerimaan data. Contohnya, pada $E_b/N_0 = 0$ dB, nilai BER simulasi sebesar 0,1677, sementara pada $E_b/N_0 = 10$ dB turun menjadi 0,0069. Hal ini

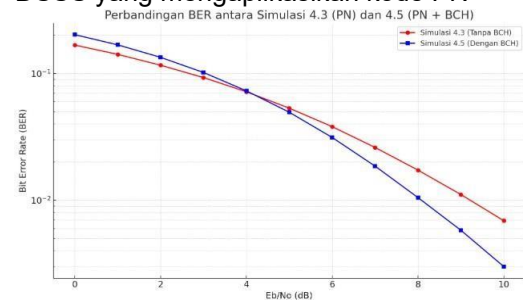
memastikan bahwa sistem DSSS dengan kode PN mampu menurunkan kesalahan bit secara signifikan ketika daya sinyal meningkat

Jika dibandingkan dengan nilai teoritis kanal Rayleigh, hasil simulasi mengarah lebih tinggi pada E_b/N_0 rendah, namun mendekati nilai teoritis seiring dengan kenaikan nilai E_b/N_0 . Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh selektivitas kanal fading serta noise yang masih kuat pada kondisi E_b/N_0 yang rendah, mengakibatkan penyebaran sinyal menjadi tidak optimal. Ketika E_b/N_0 meningkat, efek noise dan distorsi dari kanal berkurang, sehingga sistem DSSS dapat mendekati kinerja ideal sesuai teori Rayleigh..

Secara garis besar, simulasi memperlihatkan bahwa sistem DSSS dengan menggunakan kode PN pada kanal *selective fading* dan AWGN masih memiliki kinerja yang cukup baik, walaupun masih terdapat celah dibandingkan nilai teoritis pada E_b/N_0 rendah. Ini memperlihatkan bahwa pada E_b/N_0 tinggi, sistem mampu menyesuaikan diri dengan kanal dan membuat kinerja yang ideal.

4.2 Simulasi BER (*Bit Error Rate*) DSSS dengan Kanal Selective Fading dan AWGN menggunakan Kode Penebar PN dan BCH (7,4)

Pada bagian ini dilakukan untuk meneliti performa sistem Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) dengan kanal *selective fading* dan AWGN menggunakan kode spread Pseudonoise (PN) yang dikombinasikan dengan kode koreksi kesalahan BCH (7,4). Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengamati sejauh mana peningkatan kinerja BER setelah ditambahkan kode BCH terhadap sistem DSSS yang mengaplikasikan kode PN



Gambar 7 Hasil simulasi menggunakan BCH

Eb/No (dB)	BER Simulasi 4.1 (tanpa BCH)	BER Simulasi 4.2 (dengan BCH)
0	0,1677	0,2026
1	0,1417	0,1684
2	0,1163	0,1342
3	0,0929	0,1019
4	0,0718	0,0730
5	0,0533	0,0495
6	0,0381	0,0313
7	0,0261	0,0186
8	0,0173	0,0105
9	0,0111	0,0058
10	0,0069	0,0030

Tabel 2 Perbandingan Hasil Simulasi

Menurut hasil simulasi yang diperlihatkan melalui Tabel 2, bisa diketahui bahwasanya nilai BER menurun secara konsisten seiring dengan kenaikan nilai Eb/No. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar daya sinyal per bit dibandingkan dengan daya noise (Eb/No), maka semakin baik pula kinerja sistem dalam hal akurasi penerimaan data. Contohnya, pada Eb/No = 0 dB, nilai BER simulasi sebesar 0,1677, sementara pada Eb/No = 10 dB turun menjadi 0,0069. Hal ini memastikan bahwa sistem DSSS dengan kode PN mampu memperkecil kesalahan bit secara signifikan ketika daya sinyal meningkat.

Jika dibandingkan dengan nilai teoritis kanal Rayleigh, hasil simulasi mengarah ke lebih tinggi pada nilai Eb/No rendah, namun hampir mendekati nilai teoritis seiring dengan meningkatnya Eb/No. Perbedaan ini dikarenakan oleh pengaruh selektivitas kanal fading serta noise yang masih kuat pada kondisi Eb/No rendah, yang mengakibatkan penyebaran sinyal menjadi tidak optimal. Ketika Eb/No meningkat, efek noise dan distorsi dari kanal berkurang,

sehingga sistem DSSS dapat mendekati performa ideal sesuai dengan teori Rayleigh.

5. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisis pada sistem Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) dengan berbagai susunan kode penyebar dan kanal komunikasi, didapatkan beberapa kesimpulan seperti dibawah ini:

1. Hasil simulasi sistem DSSS pada kanal selective fading dan AWGN menunjukkan nilai Bit Error Rate (BER) yang sangat mendekati hasil teori BER BPSK pada kanal Rayleigh dan AWGN. Hal tersebut memperlihatkan jika model simulasi yang digunakan telah valid dan sesuai untuk pengujian performa sistem.
2. Penggunaan kode PN menunjukkan performa BER yang baik pada rentang Eb/No menengah hingga tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat korelasi kode PN yang lebih baik dalam mengurangi interferensi sinyal, serta kemampuannya untuk mempertahankan kestabilan performa ketika noise rendah. Dengan panjang kode PN yang lebih besar, energi bit tersebar lebih luas, sehingga memungkinkan sistem untuk lebih efektif dalam menghadapi *multipath fading* yang kompleks.
3. Penerapan pengkodean korektif BCH (7,4) pada sistem DSSS baik dengan PN, secara signifikan mampu menurunkan nilai BER. Hal ini menunjukkan bahwa pengkodean BCH (7,4) berperan

penting dalam meningkatkan ketahanan sistem terhadap gangguan kanal.

4. Dari seluruh konfigurasi yang diuji, sistem DSSS dengan kode PN dan pengkodean BCH (7,4) memberikan hasil BER terbaik pada kondisi

Eb/No tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam sistem DSSS dengan kanal selective fading dan AWGN, kode PN lebih unggul dalam menjaga integritas data transmisi, terutama ketika kualitas sinyal membaik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.C. Iossifides and S. Louvros ; "A New Aspect of Walsh-Hadamard Coding Over Rayleigh Fading Channels" 2012 IEEE Latin America Transactions, Vol. 10, NO. 3, April 2012
- [2] Abdillah K., Moegiharto Y. 2010. "Analisa Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Berbasis Perangkat Lunak". Surabaya: Politeknik Elektro Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November (PENS-ITS).
- [3] Amilatul Husna., 2015. "Implementation and Performance Evaluation of Encoder/Decoder Bose, Chaudhuri, Hocquenghem (BCH) using M-ary Quadrature Amplitude Modulation (M-QAM) in Wireless Open-Access Research Platform (WARP)". Sepuluh Nopember Institut of Technology Surabaya.
- [4] Do-hong, Tuan. 2013. "Principle of Digital Communications". CONNEXIONS.Rice University, Houston, Texas.
- [5] Edy S., 2009. "Analisa Kinerja Kode BCH". Medan : Universitas Sumatera Utara. J. Meel. 1999. "Spread Spectrum". De Nayer

Institut.

-
- [6] Khotman Hilmi Fajriani., 2010.
"Simulasi *Error Correction* dengan
Penggabungan Teknik *Reed-
Solomon Code* (15,5) dan *BCH
code* (15,5) Menggunakan DSK
TMS320C6713 Berbasis Simulink".
Depok : Unuiversitas Indonesia.
- [7] Linda Nurmala & Maksum Pinem
;,"*Analisis Perbandingan Teknologi
Spread Spectrum FHSS dan DSSS
pada sistem CDMA*". Fakultas
Teknik
Universitas Sumatera utara.
- [8] Lita Lidyawati, Lucia Jambola dan
Nelly., 2018.
"Simulasi
Perbandingan Kinerja *Forward
Error Correction* (FEC) pada Sistem
Direct Sequence Spread Spectrum
(DSSS) menggunakan *Hamming
Code* dan *Reed-Solomon Code*".
Bandung : Institut Teknologi
Nasional.
- [9] 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.
- [10] Mosa Ali Abu-Rgheff. 2007.
"*Introduction to CDMA Wireless
Communications*" Elsevier Ltd.
Type Set : Charon Tec.