

Simulasi Perbandingan Kinerja *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) menggunakan *Gold Code* dan *Walsh Code*

Lucia Jambola, Lita Lidyawati dan Dody Hermansyah
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124
shafihazidrahman@gmail.com, lita.sunoko@gmail.com

Abstrak

Spread spectrum merupakan teknik pengiriman sinyal yang tahan terhadap gangguan dan mempunyai tingkat keamanan informasi yang cukup tinggi pada saat pengiriman. Salah satu teknik *spread spectrum* yang dikembangkan adalah *direct sequence*. DSSS adalah salah satu teknik sistem komunikasi *spread spectrum* yang menggunakan kode unik untuk menebarkan sinyal baseband yang akan dimodulasi digital bersama sinyal informasi. Teknik ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu lebih kebal noise, sulit untuk disadap, dan lebih hemat daya. Perancangan DSSS dilakukan dengan menggunakan Simulink Matlab berupa *Gold Code* dan *Walsh Code* dengan modulasi QPSK. Pengujian dilakukan dengan membandingkan setiap pn code hasil keluaran dari sinyal DSSS dan *Bit Error Rate* pada simulink. Hasilnya Sistem DSSS dengan menggunakan *Walsh code* masih bisa diandalkan saat rasio E_b/N_0 lebih dari 20dB dengan BER 0.0092 dan selisih BER sebesar 0.00925.

Kata kunci : DSSS, Matlab, BER, *Gold Code*, *Walsh Code*.

I. Pendahuluan

Dalam bidang tertentu khususnya di bidang militer, kerahasiaan sebuah informasi merupakan hal yang wajib terpenuhi. Oleh karena itu, dibutuhkan teknik telekomunikasi yang tahan terhadap bermacam-macam gangguan. Gangguan tersebut dapat berupa interferensi bahkan penyadapan. *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) adalah salah satu metode yang tepat untuk mengatasi hal ini. *Direct Sequence* yaitu teknik modulasi dimana data digital dikodekan dengan *bit - bit* yang mempunyai kecepatan tinggi dari kecepatan data. Kode *bit - bit* tersebut dibangkitkan secara *random*, kode *bit* tersebut juga digunakan pada sisi penerima untuk mendapatkan sinyal informasi seperti semula.

Perancangan DSSS ini dilakukan dengan menggunakan Simulink Matlab berupa *Gold Code* dan *Walsh Code* dengan modulasi QPSK. Pengujian dilakukan dengan membandingkan setiap pn code hasil keluaran dari sinyal DSSS dan *Bit Error Rate* pada simulink.

Suatu Jurnal yang dibuat oleh Deb Sunder Swami and Kandarpa Kumar Sarma, yang berjudul “*A Chaos Based PN Sequence Generator For Direct Sequence Spread Spectrum Communication System*” dijelaskan bahwa pada *paper* ini, disusun mengenai urutan generator PN *sequence* berbasis peta logistik. Generator tersebut bekerja sendiri untuk menghasilkan dimensi acak peta logistik untuk menghasilkan PN *sequence*. Nilai *sequence* yang dihasilkan digunakan untuk *spreading sequence* pada modulasi *multipath direct sequence spread spectrum* dengan kanal AWGN dan Rayleigh fading. Kurva BER diperoleh dan dibandingkan antara nilai yang dihasilkan oleh generator PN *sequence* berbasis peta logistik dengan generator PN *sequence* berbasis LFSR dan Kasami *sequence*. Studi komparatif menunjukkan bahwa generator yang diusulkan berkinerja lebih baik daripada keduanya.

Tataq Ajie R, Yoedi Moegiharto, 2011, di Jurusan Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang berjudul “*Studi Perbandingan Kinerja Direct Sequence Spread Spectrum Code Division Multiple Acces (DSSS CDMA) Dengan Kode Penebar Walsh, Gold Dan Kasami*” dijelaskan

bahwa penulis melakukan rangkaian bermacam-macam pn *code*, salah satunya adalah *Gold*, *Kasami*, dan *Walsh*. Tiap pn *code* mempunyai karakteristik berbeda-beda, seperti *auto correlation* dan *cross correlation* yang berbeda-beda. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem keseluruhan. Dengan membandingkan tiap pn *code* kita dapat menilai kinerja sistem dan mencari pn *code* mana yang paling efektif untuk diterapkan. Walsh mempunyai kinerja yang paling baik diantara ketiga pn *code* yang dibandingkan (*gold*, *kasami*, *walsh*). Panjang chip juga menentukan performa sistem. Makin panjang chip yang digunakan, performansinya akan semakin baik.

Firyani Gerard Pietersz, 2010, dalam tugas akhirnya di jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana Jakarta, yang berjudul “**Unjuk Kerja Kode-Kode Direct Sequence CDMA pada Kanal Multipath Fading**” dijelaskan bahwa penulis melakukan performansi pengimplementasian penggunaan kode penebar yang berbeda-beda sistem DS-CDMA pada kanal multipath fading yang terdistribusi Rayleigh Fading dengan melihat hubungan *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) dengan menggunakan beberapa parameter yang berbeda seperti jumlah *user*, *spreading factor*, dan kecepatan pergerakan *user*. Pembahasan pertama dari perbandingan BER dengan SNR diantara kode-kode penebar yang digunakan adalah menggunakan parameter *spreading factor* dan jumlah *user* yang berbeda, yaitu *spreading factor* 16 & 64, dan jumlah *user* 3 & 7. Pembahasan kedua yaitu pengaruh kecepatan pergerakan *user* yang berbeda-beda yaitu 0 Km/jam dan 100 Km/jam pada sistem DS-CDMA yang dilewatkan pada kanal Rayleigh Fading.

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas maka penelitian ini diberi judul, “**SIMULASI PERBANDINGAN KINERJA DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM (DSSS) MENGGUNAKAN GOLD CODE DAN WALSH CODE**”.

II. Dasar Teori

2.1 Spread Spectrum

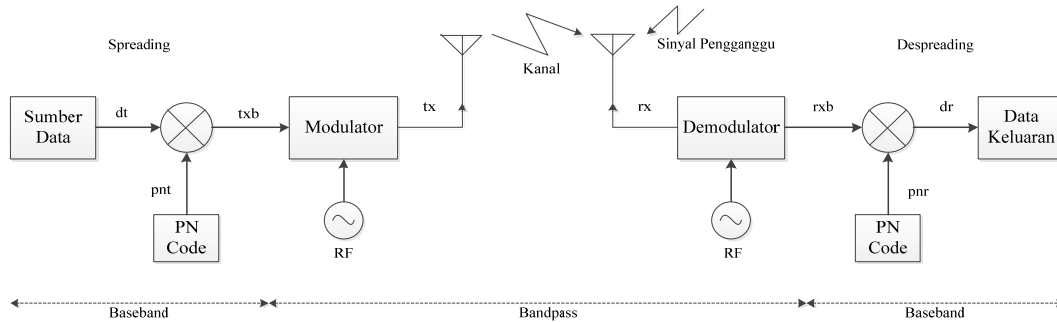
Spread spectrum merupakan teknik pengiriman sinyal informasi yang menggunakan suatu kode untuk menebarkan spektrum energi sinyal informasi dalam pita frekuensi yang jauh lebih besar dari spektrum minimal yang dibutuhkan untuk menyalurkan suatu informasi. Sistem komunikasi *spread spectrum* ini sangat berguna untuk menekan adanya gangguan karena data yang dikirimkan bersifat acak. Konsep ini didasarkan pada teori **C.E Shannon** untuk kapasitas saluran.

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

Ada beberapa teknik modulasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan spectrum sinyal tersebar antara lain yaitu *Direct Sequence*, *Frequency Hopping*, *Hybrid*.

2.2 Direct Sequence

Salah satu teknik sistem komunikasi *spread spectrum* adalah *Direct Sequence*. *Direct Sequence* merupakan teknik *spread spectrum* yang paling luas dikenal dan banyak digunakan, karena sistem ini paling mudah diimplementasikan dan mempunyai data rate yang tinggi. *Direct Sequence* menggunakan kode unik untuk menebarkan sinyal baseband yang akan dimodulasi digital bersama sinyal informasi.



Gambar 1. Blok Diagram Direct Sequence Spread Spectrum

Prinsip kerja DSSS adalah menebarkan sinyal informasi dengan sinyal acak yang dihasilkan oleh *pseudo random*. Sehingga akan menghasilkan sinyal baru dengan lebar periode sinyal yang sama dengan *pn code sequence* yang digunakan. Kemudian sinyal tersebut dimodulasi terlebih dahulu sebelum dipancarkan melalui antena.

Pada proses *spreading* yang terjadi pada *transmitter*, data biner secara ‘langsung’ dikalikan dengan *PN sequence* yang digunakan. Efek dari perkalian tersebut adalah untuk merubah *bandwidth* sinyal R_s menjadi *baseband* R_c . Sedangkan pada proses *despreading*, sinyal *spread spectrum* tidak dapat terdeteksi oleh penerima pada umumnya. Pada penerima, sinyal *baseband* yang diterima rx_b dikalikan dulu dengan *pn Code sequence* pada sisi penerima pn_r .

2.3 Gold Code

Gold Code adalah salah satu non orthogonal code yang merupakan turunan dari *M-Sequence*. *Gold Code* disusun oleh dua buah *M-Sequence* yang masing-masing outputnya ditambahkan (adder modulo 2). Kedua output dari *M-Sequence* ditambahkan (XOR) secara chip per chip menggunakan pulsa - pulsa clock yang sinkron. Kedua *M-Sequence* mempunyai panjang yang sama.

Panjang maksimal (*maximal length*) yang dapat dihasilkan adalah $2^n + 1$ (*M-Sequence* itu sendiri dan $2^n - 1$ dari kombinasi yang dihasilkan dari pergeseran posisi *chip*), atau biasa disebut sebagai *periode Sequence*. Apabila dipilih *M-Sequence* khusus atau yang disebut *preferred pair*, maka *Gold Code* yang dibangkitkan mempunyai 3 nilai *cross correlation*, yaitu:

$$\{-1, -2^{\lfloor (n+2)/2 \rfloor} - 1, 2^{\lfloor (n+2)/2 \rfloor} - 1\} \quad (2)$$

dimana $(n) = \begin{cases} \{2^{(n+1)/2} + 1\} & \text{for odd } n ; \\ \{2^{(n+2)/2} + 1\} & \text{for even } n ; \end{cases}$

2.4 Walsh Code

Walsh Code adalah kode orthogonal yang umum digunakan merupakan turunan dari *M-Sequence*. *Walsh Code* merupakan deretan orthogonal dengan panjang kode yang selalu genap. *Walsh Code* dihasilkan dari transformasi hadamard matrik.

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \bar{H}_N \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dimana \bar{H}_N merupakan *invers* dari H_N . Matriks tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Selanjutnya untuk menurunkan 4 deret walsh orthogonal hanya dengan membangkitkan matriks hadamard orde 4, yaitu

$$H_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Panjang kode (*spreading factor*) walsh adalah 2^N yang dapat dibangkitkan dengan mengikuti operasi matrik *recursive*

$$H_N = \begin{bmatrix} H_{N-1} & H_{N-1} \\ H_{N-1} & -H_{N-1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

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

2.5 Kanal Additive Gaussian White Noise (AWGN)

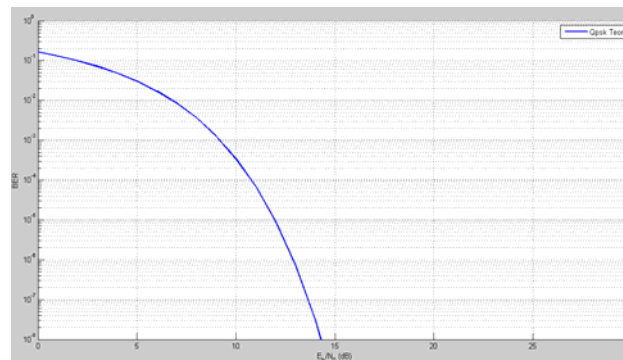
AWGN adalah gangguan yang bersifat additive pada saluran transmisi dan dimodelkan acak dalam distribusi Gaussian. Persamaan matematis untuk sinyal penerima yang melewati kanal AWGN adalah sebagai berikut :

$$r(t) = s(t) + n(t) \quad (7)$$

Dimana $r(t)$ adalah sinyal di sisi penerima, $s(t)$ sinyal di sisi pengirim dan $n(t)$ adalah kanal yang bersifat AWGN.

2.6 Bit Error Rate

BER adalah parameter yang menyatakan rata – rata banyaknya jumlah bit yang mengalami kesalahan dari seluruh bit yang ditransmisikan. Nilai BER secara teori diambil pada *software* MATLAB, dengan memanfaatkan *command* bertool. Dari fungsi bertool pada MATLAB akan menghasilkan BER secara teori untuk sistem yang melalui kanal AWGN dengan karakteristik modulasi QPSK.



Gambar 3 BER Sistem QPSK Secara Teori

Hasilnya BER teori modulasi QPSK terlihat pada Gambar 3. Hasil BER ini dijadikan acuan sebagai BER teori untuk perbandingan data kinerja BER sistem yang dirancang.

3. Perancangan dan Hasil Pengujian DSSS

Mekanisme perancangan ini adalah dasar – dasar proses yang akan dilakukan oleh penulis dalam membangun *system direct sequence spread spectrum* (DSSS). Rancangan ini disusun oleh penulis awalnya dalam membuat *source code* dalam matlab simulink dengan parameter – parameter sebagai berikut

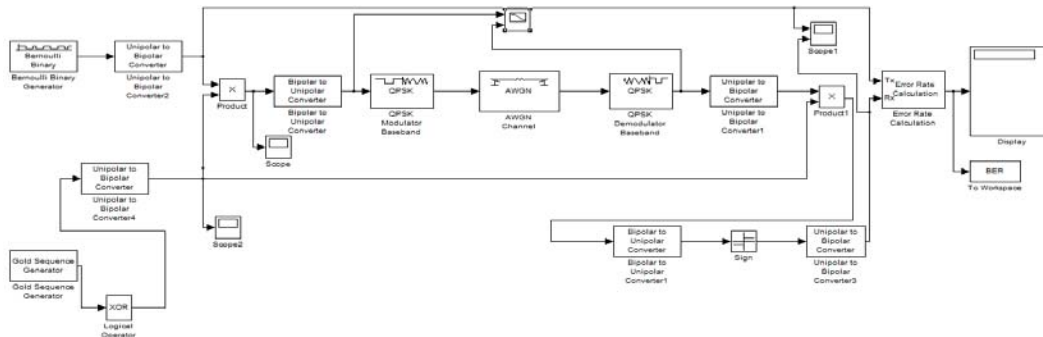
Tabel 1 Parameter Sistem DSSS

NO	Parameter	Spesifikasi
1	Kode PN	64
2	Jenis kode PN	Gold , Walsh

3	Modulasi	QPSK
4	Panjang Data	1000 Bit
5	Kanal	AWGN
6	Eb/No	0 – 30 dB

3.1 Simulasi Menggunakan Simulink untuk Sistem DSSS Menggunakan Gold Code

Pada tahap ini simulasi sistem dilakukan dengan membuat tiap blok sistem berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Ada beberapa tahapan dalam pembuatan blok yaitu *spreading*, modulasi, kanal AWGN, demodulasi, *Despreading*, *output BER*.



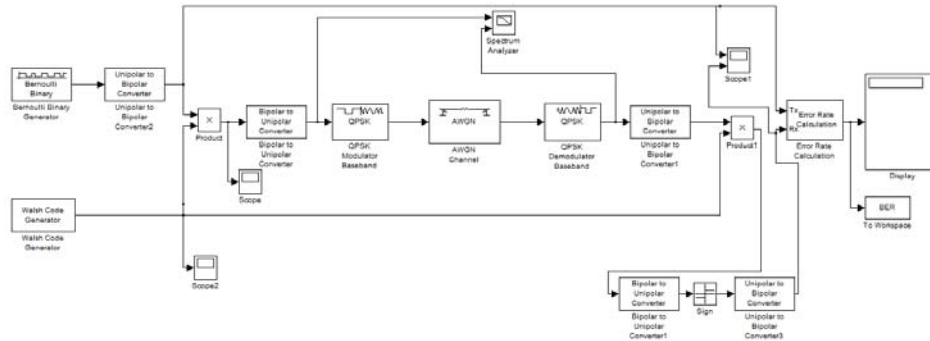
Gambar 7. Blok Simulasi Sistem DSSS Menggunakan Gold Code

Pada Tabel 2 berikut ditunjukkan hasil perubahan BER berdasarkan Kenaikan Eb/No dari 0 dB sampai 30 dB dengan step 2dB

Eb/No	BER	Eb/No	BER
0	0.4400	16	0.0825
2	0.4224	18	0.0346
4	0.3985	20	0.0093
6	0.3671	22	0.0012
8	0.3267	24	0.000049
10	0.2750	26	0
12	0.2133	28	0
14	0.1464	30	0

3.2 Simulasi Menggunakan Simulink untuk Sistem DSSS Menggunakan Walsh Code

Pada tahap ini simulasi sistem dilakukan dengan membuat tiap blok sistem berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Ada beberapa tahapan dalam pembuatan blok yaitu *spreading*, modulasi, kanal AWGN, demodulasi, *Despreading*, *output BER*.



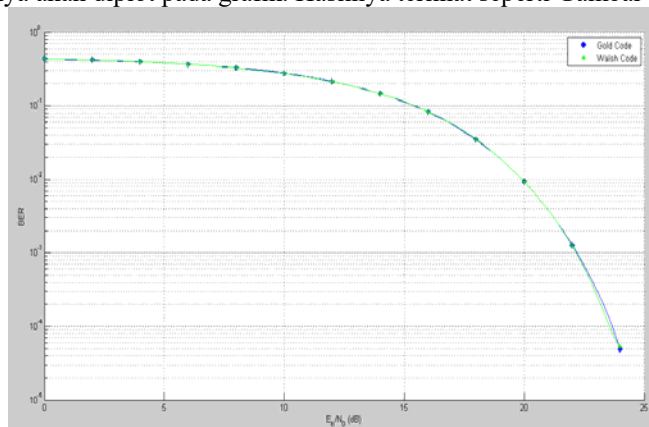
Gambar 8. Blok Simulasi Sistem DSSS Menggunakan Walsh Code

Pada Tabel 3 berikut ditunjukkan hasil perubahan BER berdasarkan Kenaikan E_b/N_0 dari 0 dB sampai 30 dB dengan step 2dB

Tabel 3. Data BER

E_b/N_0	BER	E_b/N_0	BER
0	0.4408	18	0.0349
2	0.4226	20	0.0092
4	0.3985	22	0.0012
6	0.3676	24	0.000053
8	0.3264	26	0
10	0.2744	28	0
12	0.2138	30	0
14	0.1463	18	0.0349
16	0.0829	20	0.0092
		22	0.0012

Setelah data didapat dengan mengubah pada kanal AWGN dengan E_b/N_0 0dB sampai 30dB dengan step sebesar 2dB, selanjutnya akan diplot pada grafik. Hasilnya terlihat seperti Gambar 21.



Gambar 9 . Bit Error Rate (BER) Gold Code Dan Walsh Code

Pada saat rasio E_b/N_0 sangat kecil yakni 0dB sistem DSSS menggunakan *Gold Code* lebih baik kinerjanya dibandingkan dengan sistem DSSS menggunakan *Walsh Code* (dilihat dari nilai BER pada tabel 2 dan 3) dengan nilai selisih BER sebesar 0.4404. Sedangkan untuk rasio E_b/N_0 yang cukup tinggi yakni 20dB

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21, kinerja DSSS menggunakan *Walsh Code* (grafik warna hijau) mulai membaik dibandingkan dengan *Gold Code* dengan selisih BER sebesar 0.00925.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, didapat beberapa perbandingan sistem DSSS menggunakan *Gold Code* dan *Walsh Code*:

1. Sinyal yang diterima pada sistem *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) dengan kode PN *Gold Code* dan *Walsh Code* telah sesuai dengan sinyal yang dikirimkan dalam kondisi stabil.
2. Pada sistem *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) dengan kode PN *Gold Code* dan *Walsh Code* dibutuhkan E_b/N_0 sebesar 26dB agar kinerja BER stabil.
3. Secara keseluruhan kinerja DSSS menggunakan *Gold Code* lebih baik kinerjanya jika dibandingkan dengan sistem DSSS *Walsh Code* saat rasio E_b/N_0 sangat kecil yakni 0dB dengan BER 0.4400 dan selisih BER sebesar 0.4408.
4. Sistem DSSS dengan menggunakan *Walsh Code* masih bisa diandalkan saat rasio E_b/N_0 lebih dari 20dB dengan BER 0.0092 dan selisih BER sebesar 0.00925. Dapat disimpulkan saat rasio E_b/N_0 lebih dari 20dB kinerja DSSS menggunakan *Walsh Code* terus membaik dibandingkan dengan *Gold Code*.

5. Daftar Rujukan

Pustaka yang berupa majalah/jurnal ilmiah/prosiding :

- [1]Swami, S. D., Sarma, K. K. (2014). *A Chaos Based PN Sequence Generator For Direct Sequence Spread Spectrum Communication System*. International Journal Of Circuit, Systems And Signal Processing, Vol. 8, ISSN: 1998-4464.
- [2]Youssef, M. I., Emam, A. E., Abd Elghany, M. (2009). *Direct Sequence Spread Spectrum Technique With Residue Number System*. International Journal Of Electrical And Electronics Engineering 3:4.
- [3]Sohrab Ansari, Md., Mathew Oommen., Velmurugan. S. (2014). *Review On Design And Implementation Of DSSS CDMA Transmitter Using HDL with Raised Cosine Filter To Minimize ISI*. International Journal Of Computer Science And Mobile Computing. Vol.3 Issue.3, pg. 837-844.
- [4]Ajie R, T. (2011). *Studi Perbandingan Kinerja Direct Sequence Spread Spectrum Code Division Multiple Acces (DSSS CDMA) dengan Kode Penebar Walsh, Gold dan Kasami*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5]Pietersz, F. G. (2010). *Unjuk Kerja Kode-Kode Direct Sequence CDMA pada Kanal Multipath Fading*. Universitas Mercu Buana Jakarta.

Pustaka yang berupa buku :

- [1]Peterson, R. L., Ziemer, R.E., Borth, D. E. (1995). *Introduction To Spread Spectrum Communication*: Prentice Hall.