

# Implementasi Direct Sequence Spread Spectrum pada DSK TMS320C6416T

Nanang Arif Haryadi, Suwadi, dan Titiek Suryani

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* nanang11@mhs.ee.its.ac.id, suwadi110@gmail.com, titiks@ee.its.ac.id

**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*. Pada sistem *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) digunakan *pseudo-noise* pada proses transmisi sebagai gelombang modulasi untuk ‘menyebarkan’ energi sinyal melalui *bandwidth* yang lebih besar dari *bandwidth* sinyal informasi. Modulator dan demodulator *Direct Sequence Spread Spectrum* dapat dirancang menggunakan *software* MATLAB yang kemudian diimplementasikan pada *board* DSP yaitu DSK TMS320C6416T. Dengan ukurannya yang relatif kecil dan dapat dioperasikan dengan daya yang kecil dan *portable*. Aplikasi umum dengan *DSP processor* bekerja pada frekuensi 0-96 kHz yang merupakan standar dalam sistem telekomunikasi. Untuk mengetahui tingkat ketahanan teknik DSSS terhadap pengaruh sinyal pengganggu, maka dilakukan simulasi dan implementasi modulasi dan demodulasi DSSS yang telah terkena *jamming* secara real ke dalam *DSP Starter Kit* TMS320C6416T. Terdapat dua implementasi sistem yaitu sistem DSSS dengan gangguan *single tone* dan gangguan *multitone* dengan masing-masing gangguan dibedakan lagi dalam tiga frekuensi kerja yang berbeda. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pada DSK TMS320C6416T yang ditampilkan dalam bentuk grafik *Bit Error Rate* terhadap variasi nilai daya sinyal *jamming* dengan mengirimkan 10.000 bit. Kinerja sistem terbaik didapat ketika daya sinyal *jamming* lebih kecil atau sama dengan daya sinyal *carrier*. Pada kondisi tersebut besarnya  $E_b/N_0$  dapat berpengaruh baik pada kinerja sistem. Rata-rata sistem akan mencapai nilai BER 1.00E-04 pada saat besar daya sinyal *jamming* 60% dan 70% dari daya sinyal pembawa.

**Kata Kunci**—DSSS, *Single tone Jamming*, *Multitone jamming*, DSK TMS320C6416T, Matlab

## I. PENDAHULUAN

Dalam proses pengiriman data terdapat berbagai macam teknik modulasi yang dapat digunakan untuk mendapatkan kualitas sinyal yang baik. Selain kualitas yang baik, informasi juga harus tahan terhadap gangguan dan menuntut adanya keamanan informasi pada saat pengiriman. Salah satu teknik yang dibutuhkan untuk hal tersebut adalah teknik *spread spectrum*. Salah satu teknik *spread spectrum* yang dikembangkan adalah *direct sequence*. *Direct sequence spread spectrum* (DSSS) ini merupakan teknik transmisi dimana kode *pseudo-noise* yang independent dari data informasi digunakan sebagai gelombang modulasi untuk ‘menyebarkan’ energi sinyal melalui *bandwidth* yang jauh lebih besar dari *bandwidth* sinyal informasi.

Untuk membuat modulator dan demodulator DSSS dapat dilakukan menggunakan bahasa C, bahasa *assembly*, dan DSP simulink *blockset* yang terdapat pada *software*

MATLAB yang kemudian diimplementasikan pada DSK TMS320C6416T yang merupakan suatu *hardware* yang digunakan untuk memproses sinyal digital, *speech*, hingga *image processing*.

Oleh karena itu akan diimplementasikan modulasi dan demodulasi DSSS yang ditambahkan *jamming* secara real ke dalam DSK TMS320C6416T. Pemodelan sistemnya di-generate dengan menggunakan *software* MATLAB melalui bantuan *software* *Code Composer Studio* yang merupakan *interface board* untuk DSK TMS320C6416T.

## II. TEORI PENUNJANG

### A. *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 *spectrum* 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 [1]

$$C = W \log_2 (1+S/N) \quad (1)$$

Dimana: C= Kapasitas kanal transmisi

W= Lebar pita frekuensi transmisi

S= Daya Sinyal

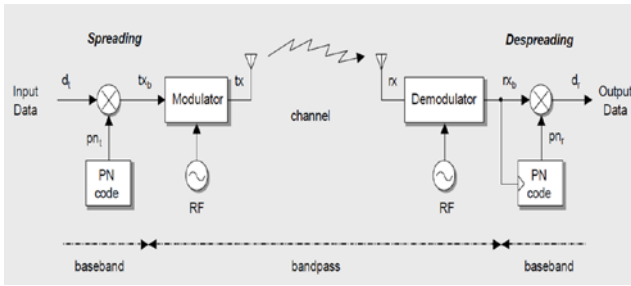
N= Daya Nosisie

Ada beberapa teknik modulasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan *spectrum* sinyal tersebar antara lain [1]:

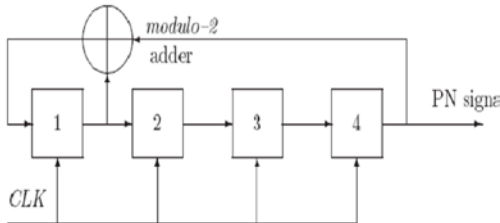
1. *Direct Sequence*, yaitu teknik modulasi dimana data digital dikodekan dengan bit-bit yang mempunyai kecepatan lebih tinggi dari kecepatan data. Kode bit-bit tersebut dibangkitkan secara random, kode bit tersebut juga digunakan pada sisi penerima untuk mendapatkan sinyal informasi seperti semula.
2. *Frequency Hopping*, yaitu teknik modulasi dimana data akan ditransmisikan pada frekuensi yang berbeda-beda atau berpindah-pindah (*Hopping*) dalam waktu yang cepat.
3. *Hybrid*, yaitu teknik modulasi gabungan antara *direct sequence* dan *frequency hopping*.

### B. *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. [1, 2]



Gambar. 1. Blok Pemancar dan Penerima Direct Sequence Spread Spectrum



Gambar. 2. Diagram MLS PN Generator

Prinsip Kerja DSSS adalah menebarkan sinyal informasi sinyal informasi dengan sinyal acak yang dihasilkan oleh *pseudo random*. Sehingga akan menghasilkan sinyal baru dengan lebar periode sinyal yang sama dengan *pseudo noise*. 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. Efek dari perkalian tersebut adalah untuk merubah bandwidth sinyal  $R_s$  menjadi bandwidth baseband  $R_c$ . Sedangkan pada proses *despreading*, sinyal *spread spectrum* tidak dapat terdeteksi oleh penerima pada umumnya. Pada penerima, sinyal baseband yang diterima  $r_x$  dikalikan dulu dengan PN sequence pada sisi penerima  $p_n$ .

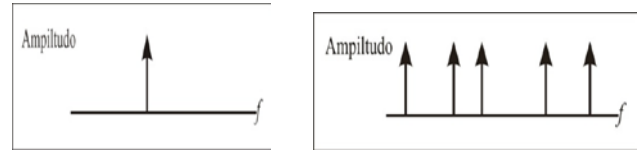
C. Pseudo Noise (PN)

Bisa disebut juga *pseudorandom sequence* adalah biner *sequence* dengan autokorelasi yang mirip dalam satu periode. Pada sistem DSSS *pseudorandom sequence* sangat berperan dalam proses *spreading* dan *despreading* dari sinyal *baseband*. PN-code mempunyai satuan *chips*, yang merupakan sinyal pelebar informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan pengguna yang lain. [1]

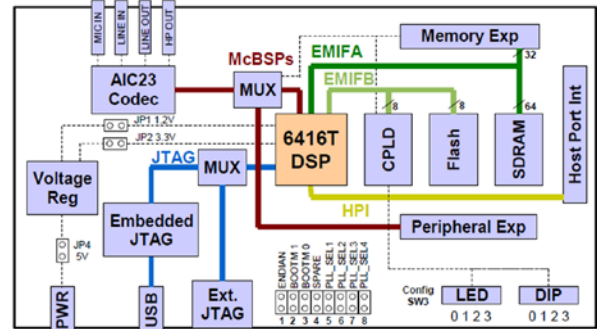
Salah satu cara untuk menghasilkan sinyal PN adalah dengan menggunakan *Maximum Length Sequences (MLS)*, yang menggunakan konsep *polynomial*. Suatu MLS dibentuk dari gabungan *shift register* dan kumpulan sirkuit *logic* pada sistem *feedback*-nya, serta *clock* untuk mengatur periode pembangkitan *chip* pada deretan bit-bit sekuensi.

D. Teknik Jamming

Pada dasarnya *jamming* adalah suatu sinyal dari luar sistem yang bertujuan untuk mengganggu sinyal informasi yang dikirim. Sebuah *jammer* dapat menggunakan beberapa strategi masing-masing yang memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri dan mungkin menjadi strategi "terbaik" terhadap seperangkat target tertentu. Dalam kategori ini adalah *tone noise*, *wideband noise*, *parsial-band noise*, dan *narrowband noise*[4]. Untuk jenis *tone jamming* dapat dibedakan lagi menjadi *singletone* dan *multitone*.



Gambar. 3. Spektrum Singletone dan Multitone Jamming



Gambar. 3. DSK TMS320C6416T [6].

E. DSP Starter Kit TMS320C6416T

Texas Instruments DSK TMS320C6416T adalah *low cost development platform* untuk aplikasi pemrosesan sinyal digital secara *real-time*. Terdiri dari sebuah papan sirkuit kecil berisi DSP TMS320C6416 *fixed-point* dan *interface* rangkaian analog (codec) TLV320AIC23 yang terhubung ke PC melalui port USB [5]. *Digital Signal Processor* digunakan untuk berbagai aplikasi, dari komunikasi, *speech control* dan *image processing*. Aplikasi umum yang menggunakan DSP ini yaitu untuk frekuensi 0-96 kHz. Frekuensi tersebut merupakan standar dalam sistem telekomunikasi untuk *sample speech* di 8 kHz (satu sampel setiap 0,125 ms).

Fasilitas *card expansion* dan dua konektor 80-pin juga disediakan untuk *external peripheral* dan *external memory interfaces*. *JTAG emulation* melalui *on-board JTAG emulator* dengan *USB host interface* atau *external emulator*. Konfigurasi *software board* melalui register diimplementasikan pada CPLD serta pemilihan *configured boot* dan *clock input* [6].

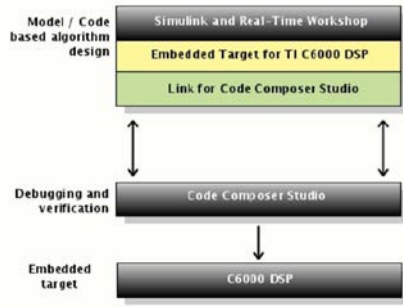
Terdapat empat konektor pada DSK untuk *input* dan *output*:

- MIC IN untuk *input* dari *microphone*.
- LINE IN untuk *input* dari *function generator*.
- LINE OUT untuk *output*.
- HEADPHONE untuk *output* pada *headphone*.

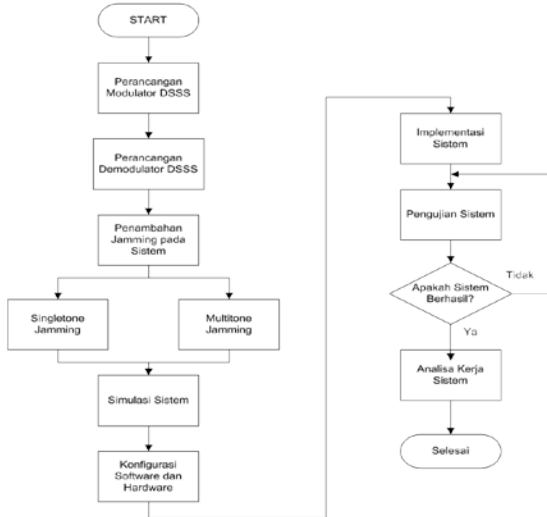
F. Code Composer Studio v3.1

CCS merupakan sebuah *Integrated Development Environment (IDE)* untuk Texas Instruments (TI) *embedded processor*. CCS menyediakan IDE untuk pemrosesan sinyal digital *real-time* berdasarkan bahasa pemrograman C. CCS menghasilkan kode seperti *assembler*, *C compiler*, dan *linker* untuk keluaran *DSK Texas Instrument*.

CCS memiliki kemampuan grafis dan mendukung *real-time debugging*. *C compiler* mengkompilasi sebuah program dalam bahasa C dengan ekstensi *\*.c*, untuk menghasilkan file *assembly* menggunakan ekstensi *\*.asm*. *Assembler* memproses file *\*.asm* untuk menghasilkan file bahasa mesin dengan ekstensi *\*.obj*. Kemudian *linker* menggabungkan file-file tersebut menjadi *executable file* dengan ekstensi *\*.out*. File ini kemudian dimasukkan ke dalam prosesor C6714. Untuk analisis *real-time* dapat menggunakan fasilitas *real-time data exchange (RTDX)* yang



Gambar. 4. Diagram alir antara Simulink, CCS, dan C6000 DSP .



Gambar. 5 diagram Alir Perancangan

memungkinkan pertukaran data antara PC dan DSK tanpa melepas DSK [6].

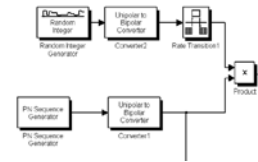
Pada *software* Matlab telah disediakan sebuah fungsi untuk berkomunikasi dengan DSK TMS320C6x dengan bantuan CCS. Kemudian CCS mengintegrasikan simulasi yang sudah dibentuk dari Simulink Matlab kemudian mengkonversikan ke dalam bahasa C maupun *assembly*.

### III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

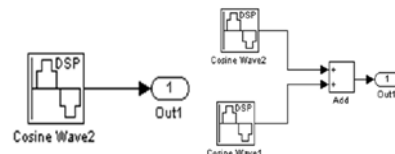
Dalam melakukan perancangan sistem perlu dilakukan beberapa tahapan diantaranya tahap perencanaan sistem dan simulasi serta tahap implementasi sistem.

Secara umum, terdapat 6 proses yang dilakukan pada simulasi ini yaitu *Spreading*, Modulasi, Demodulasi, *Jamming*, *Despreading*. Perhitungan BER. Berikut penjelasan singkat dari proses tersebut :

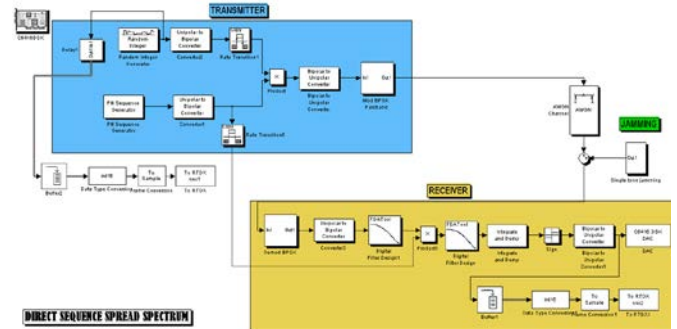
1. *Spreading*, dalam proses ini sinyal info akan dikalikan dengan sinyal keluaran *PN sequence* sehingga menghasilkan sinyal baru yang mempunyai *bit rate* lebih kecil.
2. Modulasi, sistem ini melakukan penggeseran frekuensi sinyal info sesuai dengan frekuensi pada sinyal pembawa.
3. Demodulasi, proses ini merupakan kebalikan dari proses modulasi yaitu untuk memisahkan sinyal info dan sinyal pemodulasinya. Sinyal hasil modulasi dikalikan kembali dengan gelombang *cosinus* untuk mendapatkan kembali sinyal infonya.
4. *Jamming*, dalam proses ini dibangkitkan sinyal dari luar sistem untuk mengganggu sinyal yang sedang dalam proses pengiriman.
5. *Despreading*, proses ini merupakan kebalikan dari proses *spreading*. Setelah didapatkan kembali sinyal info yang



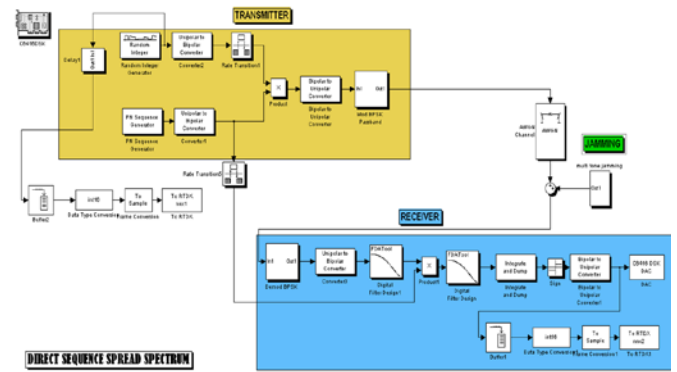
Gambar. 6. Proses *spreading*



Gambar. 7. Blok *Singleton Jamming* dan *Multitone Jamming*



Gambar. 8. Implementasi Sistem Modulasi dan Demodulasi *Direct Sequence Spread Spectrum (Singleton Jamming)*



Gambar. 9. Implementasi Sistem Modulasi dan Demodulasi *Direct Sequence Spread Spectrum (Multitone Jamming)*

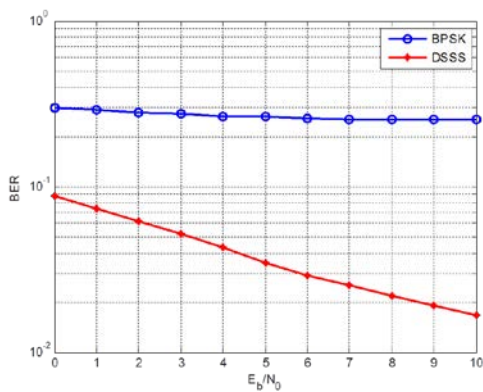
telah terdemodulasi, sinyal akan dikalikan kembali dengan *PN sequence* yang sama dengan yang ada dalam proses *spreading*. Sehingga didapatkan kembali sinyal dengan *bit rate* seperti sinyal info awal.

Pada pemodelan kali ini, dalam proses *spreading* akan dikalikan dengan sinyal dari *PN Generator* dengan *polynomial* [1 1 0 1 0 1 0 1] dan *initial state* [0 0 0 0 0 0 1] dengan *chip rate* 8 kali lebih cepat dari *bit rate* sinyal info.

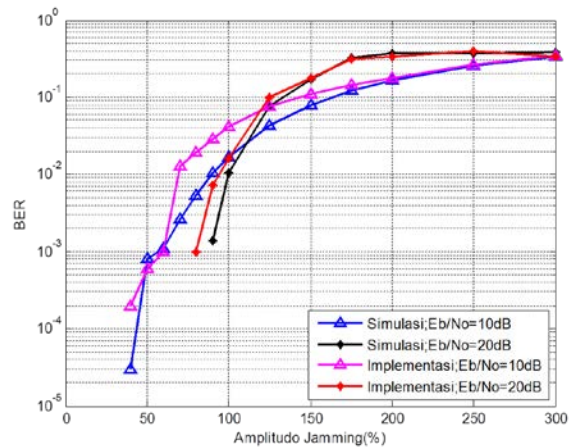
Pada kanal transmisi ditambahkan sinyal *jamming* yang bekerja pada 3 frekuensi yang berbeda untuk mengganggu sinyal info.

Pada pemodelan sistem sistem gambar 7 sinyal *jamming* akan bekerja pada frekuensi 38 Hz, 40Hz, dan 42 Hz dengan daya (amplitudo) sinyal *jamming* yang divariasikan.

Pada pemodelan sistem sistem gambar 7 sinyal *jamming* akan bekerja pada frekuensi 38 Hz & 42 Hz, 40Hz & 42 Hz, serta 38 Hz & 42 Hz dengan daya (amplitudo) sinyal *jamming* yang divariasikan.



Gambar. 10. Grafik BER vs  $E_b/N_0$  pada sistem yang tanpa PN Sequence dan sistem yang menggunakan PN sequence.



Gambar. 11. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 40 Hz

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari simulasi maupun implementasi modulasi dan demodulasi *Direct Sequence Spread Spectrum*. Hasil pengujian kinerja sistem akan ditampilkan pada grafik BER vs Amplitudo sinyal jamming. Proses analisis hasil data yang diperoleh dari simulasi DSSS terbagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Analisis kinerja sistem tanpa PN sequence (BPSK) dan dengan PN sequence (DSSS).
2. Analisis kinerja sistem DSSS pada simulasi dan implementasi dengan gangguan *single tone jamming*.
3. Analisis kinerja sistem DSSS pada simulasi dan implementasi dengan gangguan *multitone jamming*.

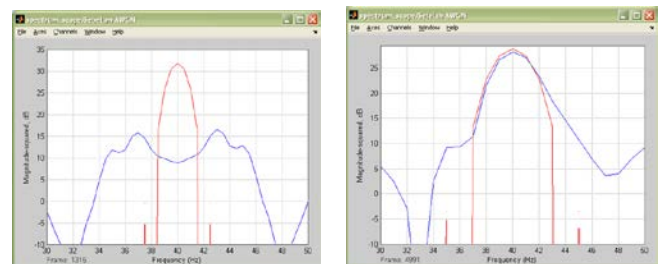
A. Analisis Kinerja Sistem Tanpa PN sequence dan dengan PN Sequence

Pada analisa ini bertujuan untuk mengetahui apakah adanya PN sequence dalam sistem yang dirancang berpengaruh terhadap kinerja sistem yang terganggu oleh sinyal jamming. Untuk mengetahui kinerja sistem yang terganggu oleh sinyal jamming, dapat dilihat dari nilai BER terhadap  $E_b/N_0$  dengan membandingkan nilai BER sistem yang tanpa menggunakan PN sequence dengan sistem yang menggunakan PN sequence. Bit yang dikirimkan sebanyak 10.000 bit. Sinyal jamming yang digunakan adalah sinyal *cosinus* dengan frekuensi dan daya yang sama dengan sinyal *carrier* pada sistem.

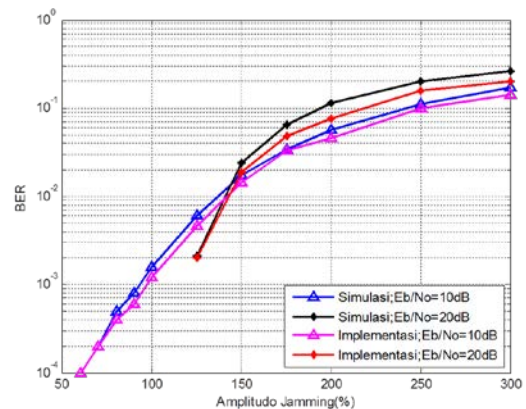
Pada gambar 9 menunjukkan bahwa nilai BER yang dihasilkan oleh sistem dengan menggunakan PN sequence lebih kecil (lebih baik) sebesar 86,9%. dibandingkan dengan sistem yang tanpa menggunakan PN sequence jika sinyal informasi terkena pengaruh sinyal jamming.

B. Analisis Kinerja Sistem DSSS pada Simulasi dan Implementasi dengan Gangguan Single tone Jamming

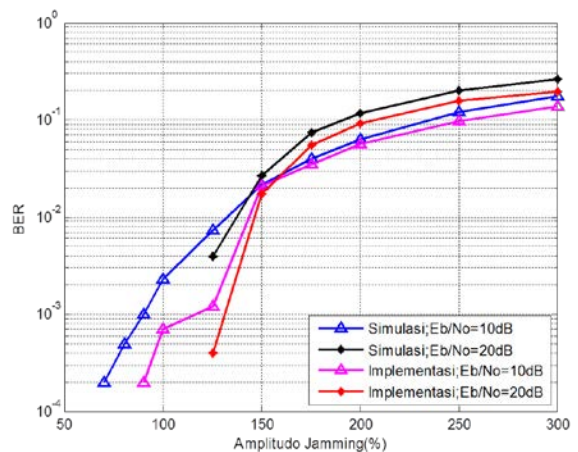
Simulasi dibuat seperti yang dijelaskan sebelumnya dimana sistem ini yang akan diimplementasikan pada DSK TMS320C6416T. Dalam simulasi dan implementasi ini sistem akan diuji dengan gangguan jamming, yaitu jenis *single tone jamming* pada kondisi  $E_b/N_0$  10 dB dan 20 dB dengan jumlah bit yang dikirim sebanyak 10.000 bit. Frekuensi *carrier* pada sistem bekerja pada frekuensi 40 Hz sedangkan frekuensi jamming juga bekerja pada frekuensi 40 Hz, 38 Hz, dan 42 Hz. Hasil pengujian berupa grafik BER VS Daya sinyal jamming (%).



Gambar.12. Spektrum Sinyal Info dan sinyal Jamming Sebelum dan Sesudah AWGN

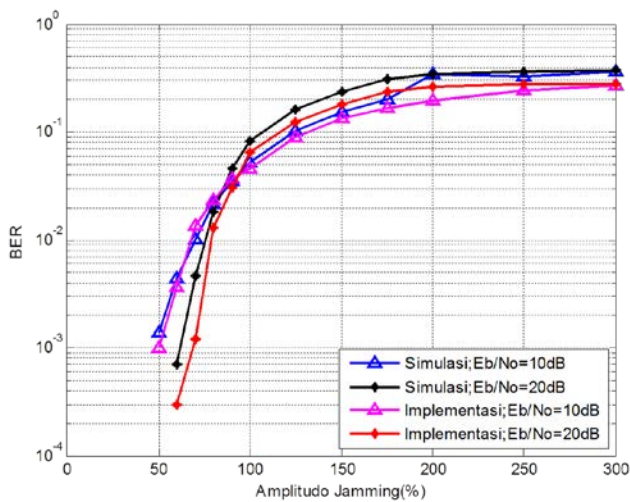


Gambar. 13. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 38 Hz



Gambar. 13. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 42 Hz

Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa hasil simulasi dan implementasi tidak jauh berbeda. Ketika daya dari sinyal



Gambar. 14. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 38 Hz & 42 Hz

jamming semakin besar dibanding daya sinyal info, maka akan semakin besar pula jumlah bit yang error. Nilai Eb/No terlihat berpengaruh baik yaitu ketika besarnya daya sinyal jamming lebih kecil atau sama dengan besarnya daya sinyal pembawa. Semakin besar nilai Eb/No akan semakin kecil nilai BER yang dihasilkan pada kondisi tersebut.

Pada gambar 11 ditunjukkan perbedaan spektrum sinyal info (biru) dan sinyal jamming (merah) sebelum kanal AWGN dan sesudah kanal AWGN. Dalam simulasi dan implementasi ini, sinyal jamming akan ditambahkan setelah sinyal info melewati kanal AWGN.

Berikut adalah grafik hasil simulasi dan implementasi sistem DSSS untuk frekuensi kerja sinyal jamming 38 Hz, 40 Hz dan 40 Hz.

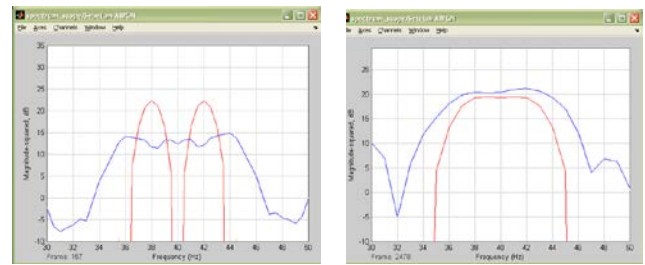
### C. Analisis Kinerja Sistem DSSS pada Simulasi dan Implementasi dengan Gangguan Multitone Jamming

Kondisi sistem DSSS untuk pengujian simulasi dan implementasi sistem direct sequence spread spectrum dengan gangguan multitone jamming akan sama seperti ketika sistem diganggu oleh singletone jamming. Eb/No 10 dB dan 20 dB dengan jumlah bit yang dikirim sebanyak 10.000 bit. Frekuensi carrier pada sistem bekerja pada frekuensi 40 Hz sedangkan frekuensi jamming juga bekerja pada frekuensi 38 Hz & 42 Hz, 40 Hz & 42 Hz, 38 Hz & 42 Hz. Hasil pengujian berupa grafik BER VS Daya sinyal jamming (%) seperti ditunjukkan pada gambar 12.

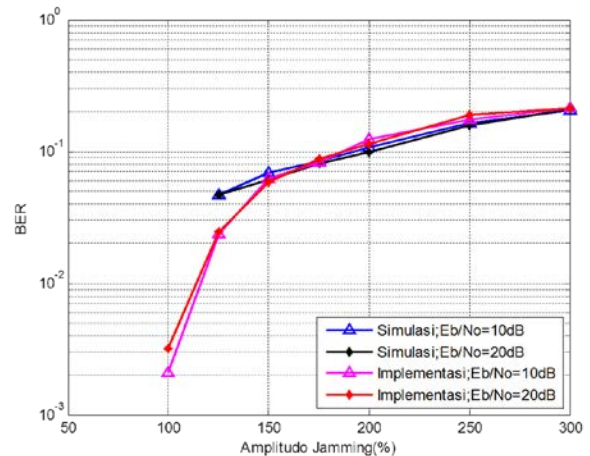
Pada Gambar 12 menunjukkan bahwa hasil simulasi dan implementasi juga tidak jauh berbeda. Besar daya sinyal jamming berpengaruh besar pada banyaknya bit yang error. Ketika daya dari sinyal jamming semakin besar dibanding daya sinyal info, maka akan semakin besar pula jumlah bit yang error. Nilai Eb/No terlihat berpengaruh baik yaitu ketika besarnya daya sinyal jamming lebih kecil atau sama dengan besarnya daya sinyal pembawa. Semakin besar nilai Eb/No akan semakin kecil nilai BER yang dihasilkan pada kondisi tersebut.

Pada gambar 15 ditunjukkan perbedaan spektrum sinyal info (biru) dan sinyal jamming (merah) sebelum dan sesudah kanal AWGN.

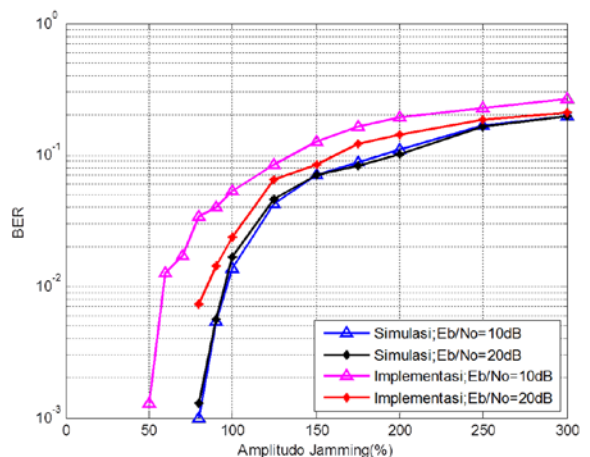
Berikut adalah grafik hasil simulasi dan implementasi sistem DSSS untuk frekuensi kerja sinyal jamming 40 Hz & 42 Hz dan 38 Hz & 40 Hz.



Gambar. 15 Spektrum Sinyal Info dan sinyal Jamming Sebelum dan Sesudah AWGN



Gambar. 16. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 40 Hz & 42 Hz



Gambar. 17. Grafik BER vs daya sinyal jamming Simulasi dan Implementasi Pada frekuensi 38 Hz & 40 Hz

Untuk tingkat keamanan sistem jika jammer ingin mengetahui data informasi pada sinyal yang dikirim. maka jumlah kombinasi yang harus dilakukan jammer untuk mendapatkan nilai PN sequence sesuai yang dijelaskan pada bab 2 adalah :

$$X = 2^8 = 256$$

$$Y = 2^7 = 128$$

Jadi jumlah seluruh kombinasi yang harus dilakukan jammer untuk mendapatkan nilai PN yang sesuai adalah  $256 \times 128 = 32768$

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Adanya sinyal jamming berpengaruh besar terhadap kinerja sistem, hal yang sangat berpengaruh adalah daya sinyal jamming itu sendiri. Semakin besar daya dari

- sinyal *jamming* semakin besar pula kesalahan bit yang diterima pada sisi penerima.
2. Pada kondisi frekuensi sinyal *jamming* sama dengan frekuensi kerja dan daya sinyal *jamming* sama dengan sinyal *carrier*, penggunaan PN *sequence* dapat memperbaiki kinerja sistem dengan jumlah kesalahan bit yang lebih sedikit. Terbukti ketika mengirimkan 10.000 bit, teknik DSSS mempunyai performa 86,9% lebih baik dibanding teknik modulasi biasa.
  3. Pada *jamming* jenis *singletone*, rata-rata nilai BER mencapai nilai  $1.00E-04$  ketika nilai Eb/No 10 dB pada saat besar daya sinyal *jamming* 60% dari daya sinyal *carrier*. Sedangkan ketika nilai Eb/No 20 dB BER  $1.00E-04$  rata-rata didapat ketika besar daya sinyal *jamming* 90% dari sinyal *carrier*.
  4. Pada *jamming* jenis *multitone*, rata-rata nilai BER mencapai nilai  $1.00E-04$  ketika nilai Eb/No 10 dB pada saat besar daya sinyal *jamming* 70% dari daya sinyal *carrier*. Sedangkan ketika nilai Eb/No 20 dB BER  $1.00E-04$  rata-rata didapat ketika besar daya sinyal *jamming* 80% dari sinyal *carrier*.
  5. Untuk jenis *singletone* dan *multitone jamming*, besarnya nilai Eb/No akan berpengaruh baik pada sistem ketika daya sinyal *carrier* dari sistem sama atau lebih besar daripada daya dari sinyal *jamming*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Torrieri, Don. "*Principle of Spread Spectrum Communication Systems*". Springer. New York. 2005.
- [2] Sklar, Bernard. "*Digital Communications Fundamentals and Applications*". Prentice Hall. California 2001.
- [3] Proakis, John G. "*Digital Communication Fourth Edition*". Prentice Hall. 2006.
- [4] Poisel, Richard A. "*Modern communication Jamming Principles and Techniques*". Artech House. Norwood MA. 2011.
- [5] \_\_\_\_\_. "*TMS320C6416T DSK Technical Reference*". Spectrum Digital, Inc. 2004.
- [6] Chassaing, Rulph., Reay, Donald. "*Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK*", second edition: Wiley-Interscience. 2008
- [7] Matworks. "*Documentation*".
- [8] <http://www.mathworks.com/help/>