

SIMULASI DAN KINERJA SPREAD SPEKTRUM TERHADAP MODULASI, PROCESSING GAIN, JUMLAH USER DAN KODE PENEBAR

Fadilla Zennifa, Ghina Shalihat, Fitri Yanti, Muhandre, Ilham Putra, Anisa Putriana¹ Fitrilina²

1. Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Andalas Program Studi Telekomunikasi

2. Dosen Teknik Elektro Universitas Andalas

ABSTRAK

Dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan sistem komunikasi yang kebal terhadap masalah interferensi dan penyadapan, maka dikembangkan sistem komunikasi spektrum tersebar pada pertengahan tahun 1950. Sistem ini dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (signal to noise ratio) yang rendah atau tahan terhadap derau yang besar.

Dalam Spread Spectrum sinyal yang memiliki bandwidth sempit dilebarkan dengan menggunakan suatu kode penebar. Kinerja penyebaran sinyal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis modulasi dan kode penebar yang digunakan, Jumlah variasi user serta nilai processing gain dalam sistem tersebut.

Paper ini membahas kinerja yang mempengaruhi sistem spread spectrum terhadap faktor faktor yang disebutkan pada paragraf sebelumnya. Dengan melakukan simulasi proses spread spectrum pada program Matlab, didapatkan kinerja pada proses spread spektrum dalam sistem yang menggunakan jenis modulasi dan kode penebar yang digunakan, Jumlah User dan nilai processing gain dalam sistem.

Keynote: Spread Spectrum, Processing Gain, Jumlah User, Kode Penebar.

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan komunikasi tanpa kabel yang sedemikian cepat mengakibatkan dibutuhkannya suatu proses penransmisian data yang aman dan memberikan kemudahan kepada user. Selain masalah kecepatan dan kapasitas, teknologi telekomunikasi juga menghadapi masalah interferensi dan penyadapan, kedua masalah ini berkaitan dengan privasi dan keamanan pelanggan pengguna layanan telekomunikasi.

Dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan sistem komunikasi yang kebal terhadap masalah interferensi dan penyadapan, maka dikembangkan sistem komunikasi spektrum tersebar pada pertengahan tahun 1950. Sistem ini dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (signal to noise ratio) yang

rendah atau tahan terhadap derau yang besar. Cara menyebar spektrum antara lain :

- a. Runtun Langsung (*direct sequence spread spectrum*, DSSS)
- b. Lompatan Frekuensi (*frequency hopping spread spectrum*, FHSS)
- c. Lompatan Waktu (*time hopping spread spectrum*, THSS)
- d. Gabungan (*hybrid spread spectrum*)

Teknik spreading yang banyak dipilih para produsen dalam desain produk adalah *Direct Sequence Spread Spektrum* (DSSS). Sistem ini dipilih karena adanya kemudahan dalam mengacak data yang akan di-*spreading*. Teknik modulasi yang biasa digunakan pada DS_SS adalah BPSK dan QPSK. BPSK adalah salah satu teknik modulasi sinyal dengan konversi sinyal digital “0” atau “1” menjadi suatu simbol berupa sinyal kontinyu yang mempunyai dua fase yang berbeda. Pada

modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), sebuah sinyal pembawa *sinusoidal* diubah-ubah fasenya dengan menjaga tetap konstan amplitudo dan frekuensinya. Selain jenis modulasi hal lain yang mempengaruhi hasil kinerja dari DS_SS adalah keadaan BER dan kode yang digunakan, semua hal ini akan berdampak pada jumlah user yang mampu dilayani serta kualitas dari sinyal informasi yang dikirim serta daya yang digunakan, sehingga dalam *paper* ini akan di bahas bagaimana pengaruh dari kinerja DSSS dengan kedua modulasi tersebut serta kelebihan dan kekurangan dari sistem ini.

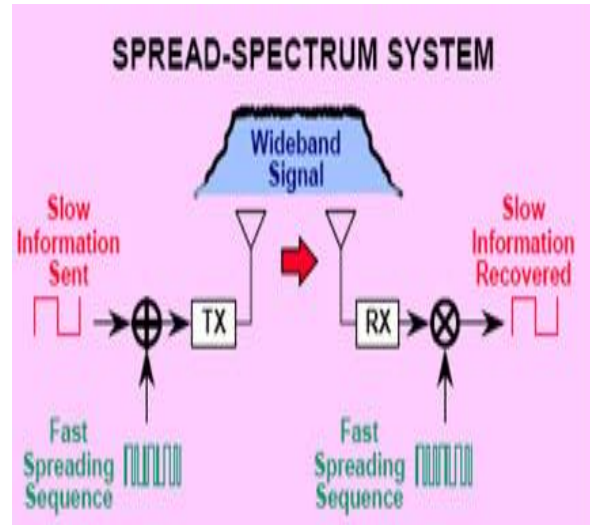
1.2 Tujuan

Tujuan dari *paper* ini adalah untuk mengetahui teknik modulasi PPSK dan QPSK pada metode DSSS, serta kelebihan dan kekurangan dari metode ini sehingga diketahui bagaimana pengaruh BER terhadap jumlah user, modulasi QPSK dan BPSK terhadap jumlah user serta serta hubungan BER terhadap prosesing gain dan E_b/I_o . Selain itu *paper* ini membahas mengenai pengaruh kode penalar terhadap nilai *bit error rate* (BER).

2.1 Pengertian Spread Spectrum

Spektrum tersebar adalah teknik pengiriman sinyal informasi yang menggunakan suatu kode untuk menebarkan spektrum energi sinyal informasi dalam bandwidth yang jauh lebih lebar dibandingkan bandwidth sinyal informasi. Pada sistem spektral tersebar sinyal informasi disebarkan pada pita frekuensi yang jauh lebih lebar dari pada lebar pita informasinya. Penyebaran ini dilakukan oleh suatu fungsi penalar yang bebas terhadap sinyal informasinya berupa sinyal acak semu (*pseudorandom*) yang memiliki karakteristik spektral mirip derau (*noise*), disebut *pseudorandom noise* (PN code).

Secara ringkas proses dari penransmisian sinyal informasi dengan sistem spektrum tersebar dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 1. Proses penransmisian sinyal info pada spektrum tersebar

Ada beberapa teknik penyebaran sinyal informasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan spektrum sinyal tersebar antara lain:

- *Direct Sequence Spread Spectrum* (DS-SS) dimana sinyal pembawa informasi dikalikan secara langsung dengan sinyal penyebar yang berkecepatan tinggi.
- *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FH-SS) dimana frekuensi pembawa sinyal informasi berubah-ubah sesuai dengan deretan kode yang diberikan dan akan konstan selama periode tertentu yang disebut T (periode chip).
- *Time Hopping Spread Spectrum* (TH-SS) dimana sinyal pembawa informasi tidak dikirimkan secara kontinu tetapi dikirimkan dalam bentuk *short burst* yang lamanya *burst* tergantung dari sinyal pengkodeannya, dan
- *Hybrid Modulation* yang merupakan gabungan dari dua atau lebih teknik modulasi di atas yang bertujuan untuk menggabungkan keunggulan masing-masing teknik.

Parameter – parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja spektrum tersebar:

1. Probability of error

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \quad (\text{modulasi BPSK koheren}) \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\left(\frac{Ps}{Pj}\right) \left(\frac{Rc}{Rb}\right)} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Ps}{Pj_{eff}}} \end{aligned}$$

dimana:

$$Pj_{eff} = \text{daya jamming efektif} = \frac{Pj}{G}$$

$$\frac{Ps}{Pj} = \text{perbandingan daya sinyal yang diinginkan terhadap daya jamming}$$

$$\frac{Rc}{Rb} = \text{perbandingan laju chip terhadap laju data}$$

Probability of error disebut juga bit error rate yang merupakan salah satu penentu kualitas sistem. Semakin kecil nilai BER maka semakin baik kinerja sistem tersebut.

Untuk modulasi BPSK rumus probabilitas error seperti ditunjukkan pada rumus di atas, sedangkan untuk modulasi QPSK mempunyai nilai probability of error dua kali BPSK.

2. Processing gain

Processing gain dari spektrum tersebar didefinisikan sebagai perbedaan kinerja antara sistem yang menggunakan spektrum tersebar dengan sistem yang tidak menggunakan spektrum tersebar. Pendekatan yang sering digunakan untuk menyatakan *processing gain* adalah perbandingan antara lebar pita frekuensi spektrum tersebar dengan laju bit informasi (data) seperti yang ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$G = \eta = \frac{W_c}{W_s} = \frac{W_c}{R_b}$$

dimana:

$$G = \eta = \text{processing gain (10 log G dB)}$$

$$W_c = \text{lebar pita frekuensi spektrum tersebar (Hz)}$$

$$W_s = \text{lebar pita frekuensi sinyal digital / data (Hz)}$$

$$R_b = \text{laju bit data (bps)}$$

Processing Gain (PG) merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan salah satu sifat unik Spread yang membantu untuk mengukur keuntungan kinerja spread spectrum terhadap bentuk gelombang narrowband.

2.2 Jenis—jenis Modulasi pada Spread Spectrum

Modulasi Spread Spectrum adalah salah satu metode keamanan pada proses transmisi data. Keunggulan teknik modulasi spread spectrum adalah dapat menolak interferensi pada gelombang transmisi dan dapat mereduksi densitas energi gelombang transmisi dan dapat digunakan pada modulasi digital berbasis FSK, ASK dan PSK.

Terdapat teknik modulasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan spread spectrum diantaranya adalah Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

Pada *direct-sequence spread spectrum*, suatu deretan *kode PN* dibangkitkan di modulator. Deretan ini digunakan dalam hubungan dengan modulasi PSK (*Phase Shift Keying*) untuk menggeser fase sinyal PSK secara *pseudorandom* pada laju chip yang merupakan integer dari laju simbol informasi.

Sebagai contoh adalah sistem DSSS dengan modulasi BPSK (Gambar 2.) dengan input data biner, dt yang berlaju simbol, $R_s = 1/T_s$ (=laju bit, R_b untuk BPSK) dan kode *pseudo-noise*, pnt dengan laju chip, $R_c = 1/T_c$ (integer dari R_s).

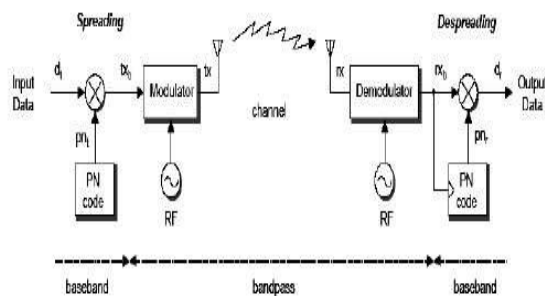
Pada pemancar DSSS, data dikodekan dengan deret kode berkecepatan tinggi. Pada proses pengkodean inilah terjadi penyebaran spektrum. Sinyal spektrum tersebar ini kemudian dimodulasi BPSK (Binary Phase Shift Keying) dan ditransmisikan. Penerima DSSS terdiri dari dua bagian, yaitu bagian sinkronisasi deret kode dan demodulator BPSK. Ketika sinkronisasi deret telah tercapai, akan terjadi peristiwa pemampatan spektrum sinyal DSSS ke data base band semula. Sinyal hasil pemampatan spektrum ini adalah sinyal BPSK yang siap untuk didemodulasikan.

2.3 Pengaruh Jumlah User

Jumlah user dapat mempengaruhi kualitas dari informasi yang diterima. Jumlah user dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$K = 1 + \left[\frac{W}{R} \left\{ \frac{1}{(E_b / I_0)} - \frac{1}{SNR} \right\} \right]$$

Dengan:



Gambar 2. Sistem DSSS Modulasi BPSK

K → Jumlah user yang dapat dilayani oleh sistem

W → Bandwidth sistem

R → kecepatan pengiriman informasi dalam bit rate

E_b/I_0 → *energy bit to interference*, yaitu perbandingan antara *energy* per bit terhadap rapat spektrum daya penginterferensi

SNR → Signal to noise Ratio, yaitu perbandingan antara Daya Sinyal terhadap

daya noise, semakin besar nilai SNR maka semakin baik system komunikasi

Persamaan untuk E_b/I_0 →

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{S/R}{S(N-1)/W} = \frac{W/R}{N-1}$$

Dengan

S → Sinyal terimapaadakanal

R → Kecepatan pengiriman informasi

N → Jumlah User dalam satu sel

W → Bandwidth

Berdasarkan rumus dapat kita ketahui bahwa jumlah user berbanding terbalik dengan E_b/I_0 . Jika user semakin bertambah maka kualitas sinyal semakin berkurang.

2.4 Pengaruh Kode Penebar pada Spread Spectrum

Pada sistem DS-CDMA, sejumlah user menggunakan lebar pita frekuensi yang sama dan dalam waktu yang bersamaan. Tiap user dibedakan oleh kode unik (kode penebar). Tetapi yang sering terjadi adalah adanya korelasi antar kode penebar yang digunakan, sehingga setiap user akan mengalami interferensi antar user. Hal ini sangat dipengaruhi oleh tingkat orthogonalitas dari kode penebar yang digunakan. Kode yang digunakan adalah PN-sequence, Walsh code, Zadoff-Chu code dan Golay Code. Lalu akan dibandingkan kinerja sistem ketika ada variabel yang berubah.

Seperti bagaimana perbaikan kinerja sistem (BER) ketika jenis kode dan panjang kode berubah. Dari simulasi kinerja sistem pada kondisi kanal AWGN dan Rayleigh, target BER layanan voice yaitu 10^{-3} dicapai pada rentang nilai SNR 5–10 dB untuk kode Walsh dan Golay, sedangkan untuk kode PN dan Zadoff tidak bisa mencapai target BER. Pada kondisi terburuk ketika kanal pada kondisi frekuensi selektif, kode Golay masih

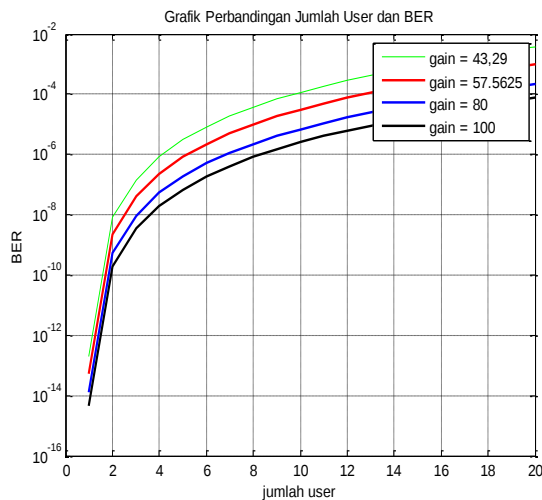
lebih baik dibandingkan dengan yang lain. Untuk kapasitas sistem sangat dipengaruhi oleh panjang kode penebar yang digunakan. Ketika jumlah user yang aktif mendekati panjang kode penebar yang digunakan maka kinerja sistem akan mengalami titik jenuh.

Beberapa kode yang sering digunakan pada pembangkitan PN Code ini antara lain M Sequence, Gold Sequence dan Kasami Code ini menggunakan teknik sift register :

3.1 Variasi Jumlah User Dengan Processing Gain Konstan

Processing gain yang bernilai konstan pada suatu sistem yang memiliki user bertambah akan menyebabkan kualitas sistem akan semakin menurun, hal ini dibuktikan pada grafik hasil simulasi di bawah ini dapat dilihat semakin besar jumlah user maka nilai BER akan semakin besar pula. Hal ini disebabkan karena interferensi antar pengguna dalam sistem CDMA. Pada sistem CDMA setiap pengguna akan menduduki kanal pada frekuensi dan waktu yang sama sehingga semakin banyak pengguna semakin besar pula interferensi dengan pengguna lain dalam sistem yang sama.

Grafik Hasil:

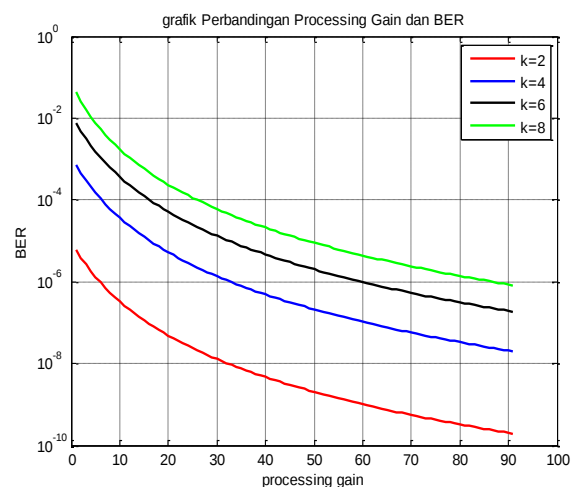


Gambar 3. Grafik Perbandingan Jumlah User dan BER

3.2 Variasi Processing Gain Dengan Jumlah User Konstan

Pada simulasi dengan keadaan variasi processing gain dengan jumlah user konstan didapatkan hasil bahwa untuk jumlah user yang sama, semakin besar processing gain maka kualitas sistem akan semakin baik. Dapat dilihat pada grafik hasil simulasi di bawah ini, semakin besar processing gain, maka nilai BER akan semakin kecil, hal ini dikarenakan dengan meningkatnya processing gain, maka jumlah chip kode PN yang digunakan semakin banyak pengguna yang dapat ditampung dalam sistem dan semakin baik pula kinerja dari sistem.

Grafik Hasil:

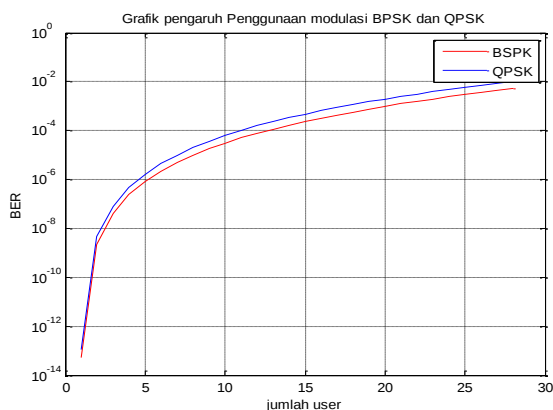


Gambar 4. Grafik Perbandingan Processing Gain dan BER

3.3 Pengaruh Perbedaan Modulasi BPSK dan QPSK Dengan Jumlah User Konstan

Modulasi BPSK merupakan salah satu modulasi digital yang merepresentasikan 1 simbol untuk 1 bit sehingga terdapat 2 level nilai output yang berbeda 180° , sedangkan modulasi QPSK merupakan pengembangan dari BPSK yang merepresentasikan 1 simbol untuk 2 bit sehingga akan ada 4 level output. Dari segi bandwidth QPSK lebih hemat

dibanding BPSK, namun dari segi kualitas sistem yang dihasilkan BPSK lebih baik. Dapat dilihat dari grafik hasil simulasi di bawah ini, untuk kondisi processing gain tetap yakni sebesar 57.5625 dan jumlah user tetap, modulasi BPSK menghasilkan nilai BER yang lebih kecil dari QPSK. Hal ini dikarenakan pada modulasi QPSK peluang terjadinya interferensi akan semakin besar karena pada QPSK akan ada 4 jenis level input dan 4 jenis level output, dalam hal ini kemungkinan terjadinya interferensi lebih besar dibandingkan BPSK yang hanya mempunyai 2 level input dan 2 level output. Grafik Hasil:



Gambar 5. Grafik Pengaruh Penggunaan Modulasi BPSK dan QPSK

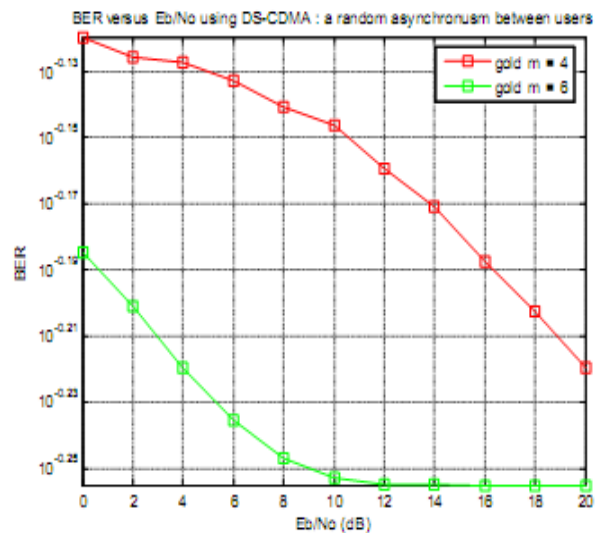
3.4 Pengaruh Jenis Kode Penebar terhadap nilai BER

Hasil simulasi pengaruh jenis kode penebar ini diambil berdasarkan jurnal penelitian yang dilakukan oleh orang lain dengan judul “Studi Perbandingan Kinerja Direct Sequence Spread Spectrum Code Division Multiple Acces (DS-SS CDMA) dengan Kode Penebar Walsh, Gold,dan Kasami “ oleh Tataq Ajie dan Yoedi Moegiharto dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi. Simulasi yang dilakukan mengenai pengaruh panjang kode pada terhadap nilai BER dengan kode yang sama dan perbandingan kinerja BER dengan

variasi jenis kode penebar dengan panjang kode yang sama. Hasil simulasi yang didapatkan ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

a. Kode Gold

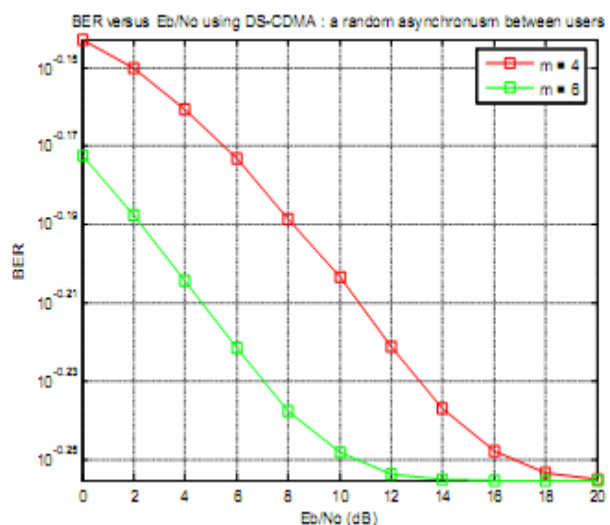
Grafik Hasil:



Gambar 6. Bit Error Rate kode gold m=4 dan gold m=6

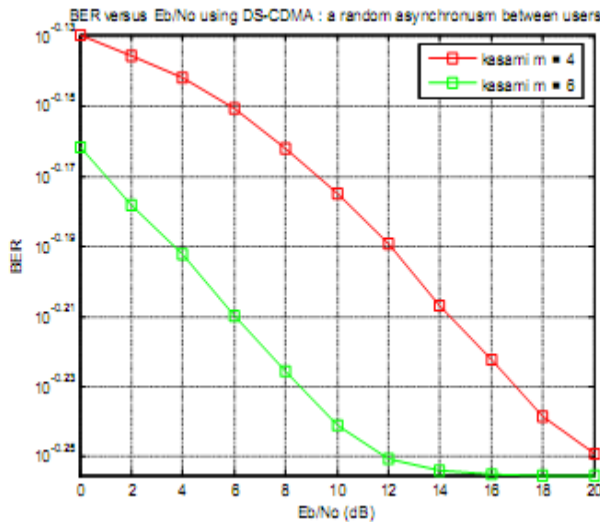
b. Kode Walshad

Grafik Hasil:



Gambar 7 . Bit Error

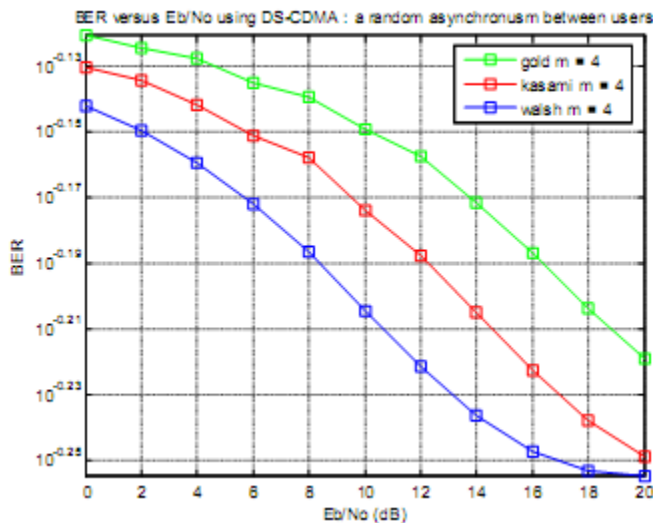
C. Kasami
Grafik Hasil:



Gambar 8 . Bit Error Rate kode kasami
m=4 dan kasami m=6

d. BER dengan variasi kode dengan m konstan

Grafik Hasil:



Gambar 9. BER dengan variasi kode dengan m konstan

Berdasarkan hasil simulasi dari Kode Penebar, dapat dianalisis sebagai berikut :

a. Pengaruh Panjang Kode Terhadap Nilai BER Untuk Kode Yang Sama

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan, untuk jenis kode yang sama semakin besar nilai m (panjang kode), maka kualitas sistem akan semakin baik, hal ini

dapat dilihat pada gambar 4,5, dan 6 untuk kode yang sama nilai BER pada m = 6 lebih kecil dibandingkan dengan m = 4. Semakin kecil nilai BER maka kualitas sistem akan semakin baik. Hal ini dikarenakan semakin besar panjang kode, maka semakin panjang kode yang dapat dibuat dan semakin banyak kode yang dapat dibuat dan hal ini dapat mengurangi interferensi setiap user sehingga kualitas sistem meningkat.

b. Pengaruh Jenis Kode Dengan Panjang Kode Yang Sama

Pada gambar 7 dapat dilihat, jenis kode yang menghasilkan kualitas terbaik adalah jenis kode wals dibandingkan kode kasami dan gold. Hal ini dikarenakan faktor keortoganitasan dari kode tersebut. Kode wals merupakan kode yang ortogonal dengan cross korelasi sama degan 0. Sedangkan kode kasami dan gol mempunyai nilai cross corelasi yang sangat kecil tapi tidak sama dengan nol sehingga memungkinkan terjadinya interferensi. Hal ini akan berpengaruh pada proses despreading. Kode wals merupakan kode yang ortogonal yang bernilai genap sehingga cross korelasi 0. Sehingga performansi kode walsh lebih baik dibandingkan 2 kode lainnya.

4. KESIMPULAN

1. Teknik spreading yang banyak dipilih para produsen dalam desain produk adalah *Direct Sequence Spread Spektrum* (DSSS). Sistem ini dipilih karena adanya kemudahan dalam mengacak data yang akan di-spreading.
2. Teknik modulasi yang biasa digunakan pada DS_SS adalah BPSK dan QPSK. BPSK adalah salah satu teknik modulasi sinyal dengan konversi sinyal digital “0” atau “1” menjadi suatu simbol berupa sinyal

kontinyu yang mempunyai dua fase yang berbeda.

3. Berdasarkan simulasi terhadap Processing gain yang bernilai konstan pada suatu sistem yang memiliki user bertambah akan menyebabkan kualitas sistem akan semakin menurun
4. Pada simulasi dengan keadaan variasi processing gain dengan jumlah user konstan didapatkan hasil bahwa untuk jumlah user yang sama, semakin besar processing gain maka kualitas sistem akan semakin baik.
5. Pengaruh Perbedaan Modulasi BPSK dan QPSK pada simulasi di dapatkan *bandwith* QPSK lebih hemat dibanding BPSK, namun dari segi kualitas sistem yang dihasilkan BPSK lebih baik.
6. Hasil simulasi pengaruh jenis kode penalar untuk jenis kode yang sama semakin besar nilai *m* (panjang kode), maka kualitas sistem akan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

http://www.ee.ui.ac.id/online/mhs_semta/show/id/238 diakses 26-Maret-2013 pukul 20.04 WIB

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26258-coding-utilities/content/gold.m> diakses 26-Maret-2013 pukul 21.05 WIB

http://digilib.ittelkom.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=726:sistem-direct-sequence-spread-spectrum-dsss&catid=11:sistem-komunikasi&Itemid=14 diakses 26-Maret-2013 pukul 20.17 WIB

<http://id.wikipedia.org/wiki/Modulasi> diakses pada 26-Maret-2013 pukul 20.20

<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=sitem+spektrum+tersebar+dengan+DSSS&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDoQFjAB&url=http%3A%2F%2Fpurwakarta.org%2Fflash%2FDS.pdf>

<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=proses+modulasi+qpsk+pada+dsss&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eepis.its.edu%2Fuploadata%2Fdownloadmk.php%3Fid%3D1379&ei=ldTUfOaBMTTrQfBk4DADw&usg=AFQjCNF949pEru2AkYsCohmLA1RcMQZSw&bvm=bv.44342787,d.bmk> diakses pada 28-Maret-2013 pukul 11.00

<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=paper+keunggulan+spektrum+tersebar&source=web&cd=6&cad=rja&ved=0CGIQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.unwahas.ac.id%2Fpublikasiilmiah%2Findex.php%2FMOMENTUM%2Farticle%2Fview%2F3%2F3&ei=GMxTUcPOEoTlrQeCtYDYCg&usg=AFQjCNGyZjCrGMwISDQQUhp7k94inEEWg&bvm=bv.44342787,d.bmk> diakses pada 28-Maret-2013 pukul 11.10

<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=paper+keunggulan+spektrum+tersebar&source=web&cd=6&cad=rja&ved=0CGIQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.unwahas.ac.id%2Fpublikasiilmiah%2Findex.php%2FMOMENTUM%2Farticle%2Fview%2F3%2F3&ei=GMxTUcPOEoTlrQeCtYDYCg&usg=AFQjCNGyZjCrGMwISDQQUhp7k94inEEWg&bvm=bv.44342787,d.bmk> diakses pada 28-Maret-2013 pukul 11.25