

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KODE PENEBAR PADA MODULASI GMSK TERHADAP DSCDMA DAN OFDM DITINJAU DARI BER SISTEM

Sudi Mariyanto Al Sasongko¹

¹ Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Mataram

Masuk: 11 Juli 2007, revisi masuk: 26 Mei 2008, diterima: 11 Juni 2008

ABSTRACT

The important parameter to justify the performance of a communication system is the value of Bit Error Rate, which should be small enough, the use of limited bandwidth, and the use of limited power emission. Some popular applied modulations in wireless communication for high data rate are GMSK in GSM system, QPSK in DSCDMA system, and QAM in OFDM system. This research was to simulate the performance of Bit Error Rate of GMSK which was added with a spreading code in data input. The evaluation of Bit Error Rate is done on Direct Sequence GMSK baseband and passband, Direct Sequence CDMA passband, and OFDM 64QAM baseband through AWGN channel and Multipath channel. Procedure of evaluation is simulate model with increasing SNR every 1dB until reaches threshold of BER as 10^{-4} . Analysis is based on program simulation in Simulink Matlab 6.5.1. Based on simulation result, for AWGN channel with threshold BER as 10^{-4} are found: DSGMSK passband have level need 1,5dB, DSCDMA passband have level need 7,5dB, DSGMSK baseband have level need 10dB, and OFDM baseband have level need 27dB. In multipath channel environment, DSGMSK passband configuration is need 1,5dB less than DSCDMA configuration that are 6dB and 7,5dB.

Keywords: Direct Sequence, Baseband, Passband, Constellation Diagram.

INTISARI

Parameter penting yang menjadi tinjauan baik buruknya sistem komunikasi adalah Kualitas Bit Error Rate yang kecil, penggunaan bandwidth yang efisien, dan penggunaan emisi daya yang efisien. Beberapa modulasi yang populer diaplikasikan pada komunikasi wireless untuk data kecepatan tinggi yaitu GMSK pada sistem GSM, QPSK pada sistem DSCDMA, dan QAM pada sistem OFDM. Penelitian ini akan disimulasikan kinerja Bit Error Rate modulasi GMSK yang diberikan kode penebar pada data masukan sistem. Pengujian kinerja Bit Error Rate dilakukan pada model Direct Sequence GMSK baseband dan passband, Direct Sequence CDMA passband, dan OFDM 64QAM baseband dengan model kanal AWGN dan model kanal Multipath. Pengujian dilakukan dengan merubah kenaikan SNR sebesar 1dB sampai diperoleh batas ambang BER sebesar 10^{-4} . Analisis didasarkan pada nilai statistik rata-rata dari hasil program simulasi model modulasi ditinjau pada Matlab Simulink 6.5.1. Berdasarkan analisa hasil pengujian, untuk kanal AWGN dengan batas ambang BER sebesar 10^{-4} diperoleh urutan: DSGMSK passband memerlukan level SNR sebesar 1,5dB, DSCDMA passband memerlukan level SNR sebesar 7,5dB, DSGMSK baseband memerlukan level SNR sebesar 10dB, serta OFDM baseband memerlukan level SNR sebesar 27dB. Pada Kanal multipath, model DSGMSK passband memerlukan 1,5dB lebih kecil dibanding model DSCDMA yang masing-masing sebesar 6dB dan 7.5dB.

Kata Kunci: Direct Sequence, Baseband, Passband, Diagram Konstelasi.

PENDAHULUAN

Modulasi mempunyai peranan yang penting dalam sistem komunikasi, dimana saat ini yang banyak dikembangkan oleh (Couch Leon W, 2001)

adalah sistem modulasi digital, diantaranya modulasi digital Mary. Berapa modulasi yang populer diaplikasikan pada komunikasi wireless untuk data dengan kecepatan tinggi yaitu GMSK,

QPSK dan QAM. Modulasi GMSK merupakan dasar arsitektur yang dipakai pada standart sistem GSM, modulasi QPSK banyak dipakai pada sistem DS-CDMA karena sifat spektrum dayanya lebih besar, kemudian modulasi QAM banyak diujicoba pada sistem OFDM. Modulasi GMSK merupakan modifikasi dari modulasi MSK yang mempunyai keunggulan dalam hal efisiensi penggunaan spektrum frekuensi 3dB kurang lebih lima kali lebih sempit dibanding modulasi QPSK, menurut (Zou. H dkk, 1999).

Pada kanal komunikasi, sinyal yang dikirim akan mengalami berbagai distorsi atau gangguan, diantaranya adalah disebabkan oleh derau. Derau yang secara alamiah terjadi adalah derau thermal yang karakteristiknya menyerupai AWGN (Additive White Gaussian Noise). Selain dalam sistem komunikasi wireless sangat dipengaruhi oleh lintasan jamak oleh pantulan obyek disekitarnya yang menyebabkan multipath fading. Adanya berbagai gangguan dan derau pada kanal ini akan menyebabkan sinyal yang diterima tidak sama dengan yang dikirimkan, artinya akan terdapat error pada hasil estimasi bit-bit informasi oleh detektor di penerima.

Pada penelitian ini akan dianalisis pemodelan komunikasi pita lebar dengan memanfaatkan keunggulan kode penebar yang tahan noise dan modulasi GMSK yang efisien bandwidth, hasilnya akan dibandingkan dengan sistem komunikasi baseband pita lebar DS-CDMA dan sistem OFDM. Pengaruh penambahan kode penebar pada modulasi GMSK terhadap kinerja Bit Error Rate sistem akan dikaji untuk beberapa nilai SNR sampai diperoleh harga yang optimum sesuai dengan harga toleransi BER pada peralatan komunikasi wireless PT. Telkom Mataram khususnya pesawat IRT 2000 dan DRMASS yakni 10^{-4} .

Pengukuran Bit Error Rate pada sistem komunikasi digital bukanlah merupakan hal yang istimewa dalam perancangan modulasi, tetapi model komunikasi yang mempunyai kemampuan lebih dalam hal mengatasi gangguan di kanal terus dikembangkan untuk berbagai ba-

sis modulasi dalam rangka mengurangi BER sistem.

Masalah yang menarik untuk diteliti dan dianalisa dari modulasi yang digunakan dalam komunikasi wireless adalah :

- Bagaimana pengaruh penambahan kode penebar pada standart GSM untuk aplikasi pita lebar terhadap kinerja Bit Error Rate sistem.
- Seberapa besar perubahan BER sistem, serta bagaimana kinerja BER sistem tersebut terhadap sistem DSCDMA dan OFDM.

Permasalahan inilah yang akan diteliti dan dianalisa dengan menggunakan model komunikasi Direct Sequence GMSK dengan cara simulasi perangkat lunak yang didukung data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dan simulasi kinerja Bit Error Rate modifikasi sistem DSGMSK, DSCDMA dan OFDM pada kanal AWGN dan kanal multipath.

Dengan diperoleh hasil pengujian terhadap modifikasi modulasi yang sudah ada, dapat dikembangkan sistem yang lebih kompromis dan handal untuk komunikasi wireless, sehingga dapat dirancang suatu arsitektur komunikasi wireless dengan kinerja yang baik, menurut (Aker Mohammad S, 1999) misalkan dengan mengembangkan sistem Multi Carrier Direct Sequence GMSK.

Sistem komunikasi tanpa kabel (*wireless*) bukanlah merupakan hal yang baru dan telah banyak digunakan orang di jaman modern ini. Salah satu komponen penting dalam komunikasi wireless adalah karakteristik kanal propagasi sinyal kirim. Ada tiga mekanisme dasar yang berbenturan dengan propagasi sinyal dalam sistem komunikasi radio, yaitu refleksi, difraksi dan scattering. Tiga hal tersebut menyebabkan munculnya beragam lintasan dari pengirim ke penerima yang disebut multipath yang menyebabkan pelemahan sinyal/fading terdistribusi Rayleigh (Sasongko S, 2000).

Pemodelan kanal multipath pada umumnya menitikberatkan pada lintasan-lintasan dominan yang secara empiris didapatkan 6 lintasan dengan faktor penguat masing-masing lintasan digunakan

adalah 0,5562; 0,2493; 0,1118; 0,0501; 0,0225; 0,0101 (Sasongko S. M, 2000).

Modulasi GMSK adalah modifikasi dari modulasi MSK yang berbasis Frekuensi Modulasi dengan masukan sinyal baseband. Untuk modulasi GMSK, suatu data (pulsa kotak) difilter oleh sebuah filter yang memiliki karakteristik tanggapan frekuensi berbentuk Gaussian sebelum data dimodulasikan ke dalam carrier. Transfer function dari Low Pass Filter gaussian adalah :

$$H(f) = e^{-\left[\left(\frac{f}{B}\right)^2 \left(\ln 2 / 2\right)\right]} \dots\dots(1)$$

dengan B adalah bandwidth 3dB dari filter tersebut. Nilai BTb yang rendah, spektrum sidelobe ini tereduksi dengan cepat, tetapi Intersymbol Interferensi bertambah. GMSK dengan BTb=0,3 merupakan format modulasi yang digunakan pada sistem telepon selular maupun GSM. (Couch Leon.W, 2001).

Sistem selular DSCDMA tidak mengalokasikan frekuensi ataupun slot pengguna, tetapi memberikan hak kepada semua pengguna untuk menggunakan keduanya secara simultan. Untuk dapat melakukan hal ini, sistem DSCDMA menggunakan suatu teknik yang disebut dengan nama spread spektrum. Teknik spread spektrum ini dapat mengedarkan sinyal informasi melalui bandwidth lebar (1,25MHz). Setiap pengguna diberikan kode penebar tertentu melalui teknik tertentu sehingga hanya kode tertentu yang dapat merecover sinyal pada penerima (Suwardi, 2003).

Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing (OFDM) adalah suatu bentuk dari modulasi multi carrier. Bandwidth total yang tersedia dibagi menjadi beberapa sub kanal dengan band sempit, yang akan mengirimkan dan menerima sinyal secara parallel. Mengingat setiap sub kanal hanyalah satu bagian kecil dari bandwidth aslinya, maka diperlukan equalizer pada setiap sub kanal, dimana setiap sub carrier akan mengalami fading yang berbeda (Zou Hanli., dkk, 1999).

Dalam sistem Multi Carrier bandwidth $B_u = 1 / T_c = N / T_d = N B_d$ dibagi menjadi N sub carrier dengan bandwidth dari masing-masing $B_d = B_u / N = 1 / T_d$. Setiap sub carrier mempunyai satu fre-

kuensi tengah yang unik $f_{c,j}$, dengan formula :

$$f_{c,j} = f_c + \frac{j-1}{T_d} \dots\dots\dots(2)$$

kondisi tersebut untuk meyakinkan bahwa sub carrier saling orthogonal. Setiap sub carrier frekuensi dapat dimodulasikan dicontohkan, (BPSK/QAM) satu dari N simbol penebar. Sejumlah N sinyal termodulasi kemudian dijumlahkan sebelum dikirimkan melalui kanal (Akhter M. S, 1999).

Pada sistem OFDM, dalam kawasan frekuensi data dikirimkan melalui sub pembawa dengan pita sempit. Data ditransformasi ke dalam kawasan waktu menggunakan IFFT pada sisi pengirim, dan ditransformasi balik ke dalam kawasan frekuensi menggunakan FFT pada sisi penerima. Sehingga, pulsa kotak dengan amplitudou (n) dan durasi T/N yang akan dikirimkan sebagai sinyal perwujudan simbol OFDM daripada sinyal kontinyu multi carrier (Chiu Yun. dkk, 2000)

Pita frekuensi antara 0,4 sampai 0,5 dari kecepatan sampling merupakan masukan yang kurang baik, dikarenakan adanya karakteristik roll-off filter yang landai dan adanya faktor peredaman yang tidak ideal pada daerah stopband filter. Dengan memperhatikan kondisi tersebut, sampling frekuensi yang merepresentasikan amplitudo sinyal antara 0,4 sampai 0,5 dari kecepatan sampling tidak digunakan untuk mengirimkan data. Standart 802.11a merekomendasikan hanya 52 dari total 64 sub pembawa yang digunakan untuk mengirimkan data. (Prot Sebastian. dkk, 2003)

Dalam metode simulasi Monte Carlo untuk harga BER sampai 1e-1 dibangkitkan minimal 1000 data biner, untuk harga BER sampai 1e-2 dibangkitkan minimal 10.000 data biner, untuk harga BER sampai 1e-3 dibangkitkan minimal 100.000 data biner, demikian seterusnya. Untuk memenuhi distribusi normal diperlukan data minimal 30 kali pengamatan. (Miniawati E., 2000).

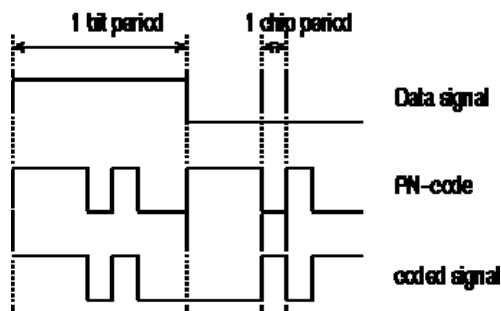
Berdasarkan standart pengiriman suara dan data pada gelombang mikro serta peralatan IRT 2000 dan DRMASS PT Telkom, standart BER sebesar 10^{-4} , sehingga dalam simulasi diperlukan pem-

bangkitan masukan pada sistem minimal 1.000.000 data biner untuk nilai SNR tertentu. Jumlah perbedaan data masukan pengirim dibandingkan dengan data keluaran penerima akan menentukan nilai BER sistem.

Teknologi CDMA memfokuskan diri pada teknologi direct sequence spread spectrum. *Direct sequence* adalah suatu teknik *spread spectrum* dimana *bandwidth* ditambah dengan menambah kecepatan bit data. Hal ini dilakukan dengan mengalikan tiap-tiap bit dengan sejumlah *subbit* yang dinamai *chips*. Jika diasumsikan ada 10bit, tiap bit dari sinyal asli dibagi dengan 10bit terpisah (*chips*). Hasil dari proses ini akan meningkatkan kecepatan 10 kali lipat, dengan meningkatnya kecepatan data ini maka *bandwidth* akan meningkat 10 kali lipat juga.

Sinyal informasi dikalikan dengan Pseudo-Noise code (PN code). PN code adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai polar dari 1 ke -1 atau non polar 1 ke 0. Pemakaian sejumlah chip kode ini dimaksudkan untuk mendapatkan sinyal-sinyal dalam bit-bit kecil dalam kode PN dari sinyal asli. Hal ini dilakukan dengan mengalikan sinyal asli termodulasi dengan kode PN berkecepatan tinggi yang akan membagi sinyal menjadi bit-bit kecil, oleh karena itu lebar band menjadi bertambah. Proses tersebut diatas ditunjukkan pada Gambar 1. Jumlah kode chip yang dipakai untuk melebarkan *bandwidth* berbanding lurus dengan jumlah chip yang digunakan.

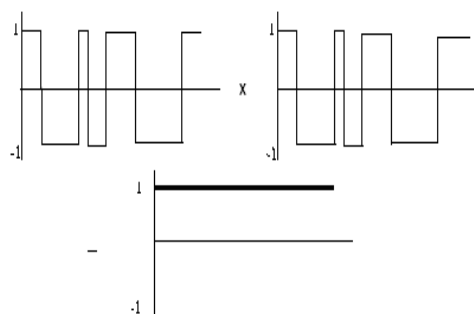
Pada bagian pemancar data masukan terkodekan dimultipleks terlebih dahulu, masing-masing data dikalikan dengan pseudo noisenya masing-masing



Gambar 1 Proses pengkodean bit data dengan kode PN

$P_I(x)$ dan $P_Q(x)$ yang kemudian sebagai (*Quadrature Phase Shift Keying*). Setelah disebarakan dalam *bandwidth*, masing-masing sinyal ditransmisikan. Karena banyak sinyal ditransmisikan dari *transmitter* yang berbeda dalam waktu yang bersamaan, proses transmisi ini diwujudkan dengan penjumlahan spektrum secara sederhana.

Pada bagian penerima, sinyal yang diterima akan berupa sinyal *spread spectrum*. Untuk mendapatkan kembali masing-masing data dalam sinyal tersebut maka dilakukan perkalian terhadap sinyal penerimaan tersebut dengan kode PN yang sesuai. Karena sinyal asli pada pemancar telah dikalikan dengan kode PN, dan kembali dikalikan dengan kode PN yang sama pada penerima, maka kode PN yang lain dapat dihilangkan dari data yang diterima. Gambar 2 mengilustrasikan bagaimana kode PN dieliminasi.



Gambar 2 Pengeliminasian Kode PN

Dengan mengeliminasi kode PN maka akan didapatkan pesan yang diinginkan dari sinyal spektrum tersebar. Rangkaian penerima yang melakukan hal ini disebut *correlator*. Correlator akan menurunkan kembali sinyal *spread spectrum* menjadi sinyal asli dengan band sempit yang berpusat pada frekuensi pembawa pemodulasi. Sinyal hasil proses ini kemudian dilewatkan pada *Band Pass Filter* (BPF) pada frekuensi pembawa. Operasi tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan kembali sinyal yang diinginkan dan menolak semua sinyal selain frekuensi sinyal yang diinginkan. Peristiwa penolakan ini dikenal dengan *processing gain* dari proses *despreading correlation*. Akhirnya sinyal akan didemodulasi untuk menghilangkan frekuensi *carrier*.

Kode Penebar yang digunakan pada sistem DSCDMA bisa berupa urutan kode Gold ataupun kode Pseudo Noise. Kedua kode penebar tersebut sebagai dasarnya adalah komponen penggeser memori (*shift Register*) yang diberikan tap pada point tertentu sesuai dengan urutan polinomial yang digunakan. Kode Gold diperoleh dari dua buah urutan PN yang di jumlahkan secara modulo 2. Dalam simulasi ini digunakan masing-masing untuk kode penebar I-phase dan Q-phase adalah kode PN dengan panjang 15 bit dengan urutan polinomialnya :

$$P_I(x) = x^{15} + x^{13} + x^9 + x^8 + x^7 + x^5 + 1 \quad (3)$$

$$P_Q(x) = x^{15} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1 \quad (4)$$

Ditinjau dari Bit Error Rate dengan acuan modulasi yang digunakan adalah QPSK, dalam lingkup AWGN besarnya diperkirakan sebesar :

$$P_{e, QPSK} = Q \left(\sqrt{\frac{2 E_b}{N_0}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Cara kerjanya adalah sebagai berikut, deretan data informasi yang akan dikirim dikonversikan kedalam bentuk parallel, sehingga bila *bit rate* semula adalah R , maka *bit rate* di tiap-tiap jalur parallel adalah R/M dimana M adalah jumlah jalur parallel (sama dengan jumlah *subcarrier*). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap *sub-carrier*. Modulasi ini bisa berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi dari ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM. Kemudian sinyal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*), untuk pembuatan simbol OFDM. Penggunaan IFFT memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling *orthogonal*. Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi kedalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim. Data yang diterima pada masing-masing antena penerima selanjutnya masuk ke *demodulator* OFDM.

Dari Bit Error Rate dengan acuan modulasi dan digunakan adalah MQAM,

dalam lingkup noise AWGN besarnya diperkirakan sebesar :

$$P_{e, QAM} = 4 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \right) Q \left(\sqrt{\frac{3 E_{av}}{(M-1) N_0}} \right) \dots(6)$$

Teknik modulasi GMSK (*Gaussian Minimum shift keying*) akan bekerja dengan melewati data yang akan dimodulasi melalui *filter Gaussian*. *Filter* ini menghilangkan sinyal-sinyal harmonik dari gelombang pulsa data. *Bandwidth* yang dialokasikan untuk tiap frekuensi pembawa adalah 200kHz. Pada kenyataannya, *bandwidth* sinyal tersebut lebih besar dari 200kHz, bahkan pada saat dilakukan pemfilteran *Gaussian*. Akibatnya sinyal akan masuk pada kanal-kanal disebelahnya. Jika pada suatu sel terdapat BTS dengan frekuensi pembawa yang sama atau bersebelahan kanal, maka akan terjadi interferensi akibat *overlapping*. Alasan inilah yang menyebabkan mengapa dalam satu sel atau antara sel-sel yang berdekatan tidak boleh menggunakan kanal yang sama atau berdekatan. (Miniawati, E, 2000).

Modulasi GMSK dapat dipandang sebagai modulasi MSK dengan masukan berupa sinyal baseband terfilter raise cosine jenis gaussian. Sedangkan modulasi MSK sendiri merupakan kasus khusus dari modulasi OQPSK dengan masukan berupa setengah fungsi cosinus, sehingga proses transisinya menjadi lebih teratur (tidak terjadi lonjakan phase yang merupakan kelipatan 180°).

Jika ditinjau dari Bit Error Rate dengan acuan modulasi yang digunakan adalah GMSK, dalam lingkup noise AWGN besarnya diperkirakan sebesar :

$$P_{e, GMSK} = Q \left(\sqrt{\frac{2 \alpha E_b}{N_0}} \right) \dots\dots(7)$$

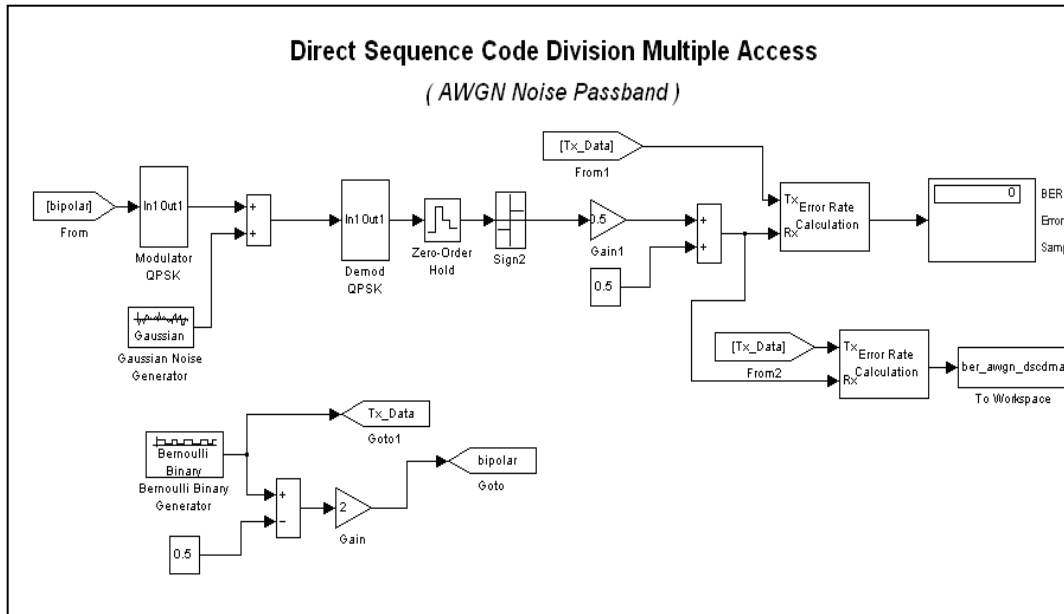
dengan : α adalah variabel konstanta yang berkaitan nilai BT.

Penelitian ini menggunakan seperangkat PC, yaitu komputer dengan spesifikasi prosesor pentium IV 1700 MHz, RAM 128MB, lengkap dengan CD-ROM, *Mouse*, Monitor GTC, dan komponen pendukung lainnya. Perangkat-lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Miscrosoft Windows XP* sebagai sistem operasi, perangkat-lunak MATLAB Simulink sebagai program simulator.

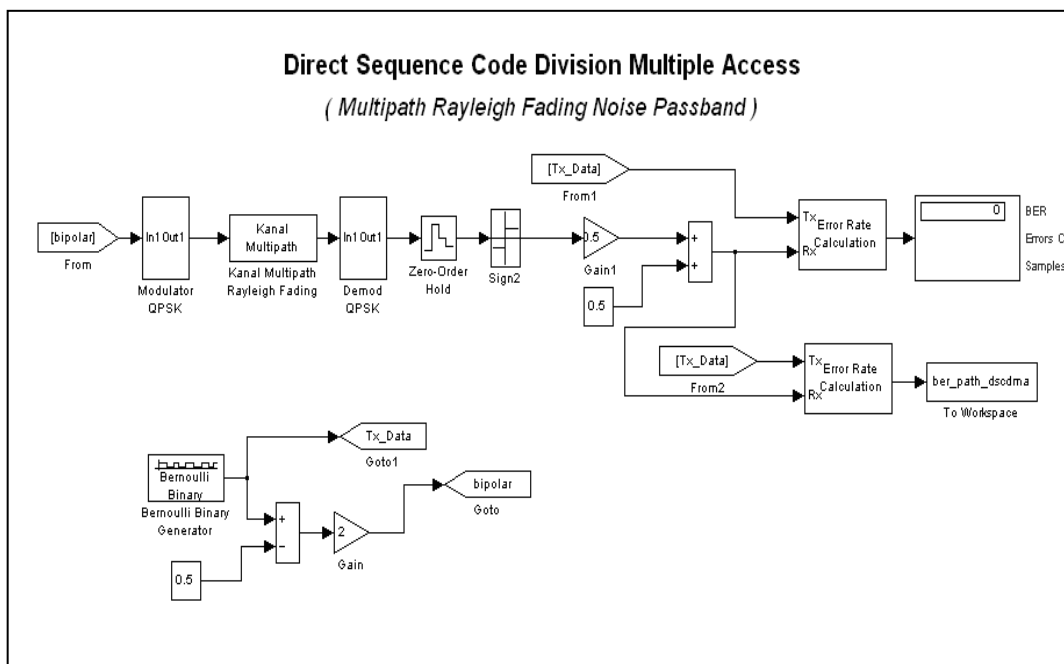
Dalam melakukan analisis penelitian, langkah awalnya yaitu membuat program simulator dari ketiga modulator yang ditinjau pada kondisi bebas kesalahan. Setelah modelnya terbentuk dan diujicobakan dalam kondisi bebas noise ternyata hasilnya sesuai, barulah diberikan noise AWGN dan dilakukan iterasi

untuk setiap titik pengamatan mulai dari SNR 1dB sampai pada SNR tertentu yang diperoleh nilai rata-rata BER kurang dari 10^{-4} . Proses tersebut diulangi untuk kanal bernoise multipath.

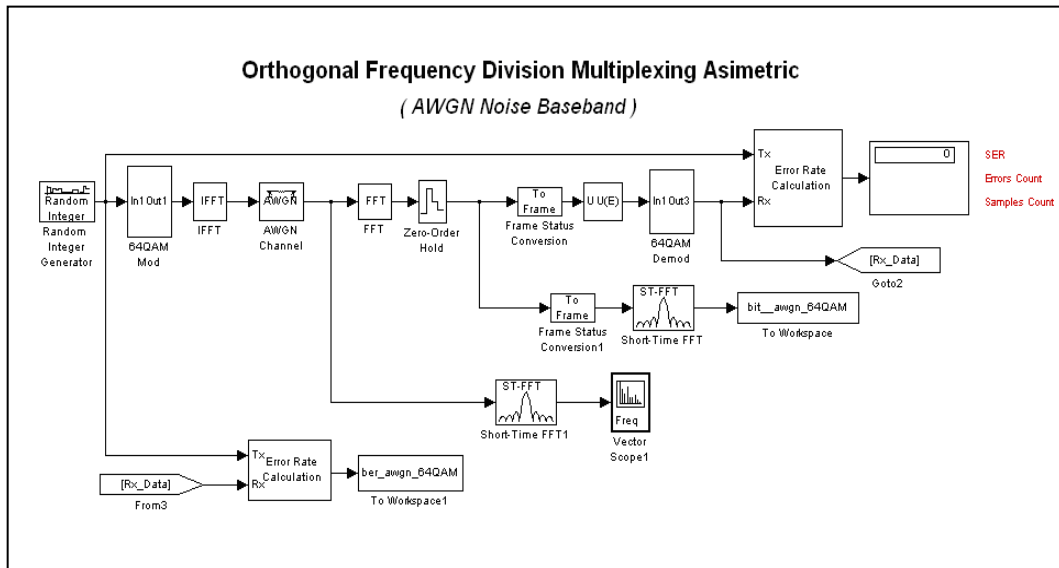
Selanjutnya blok simulator masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 6 :



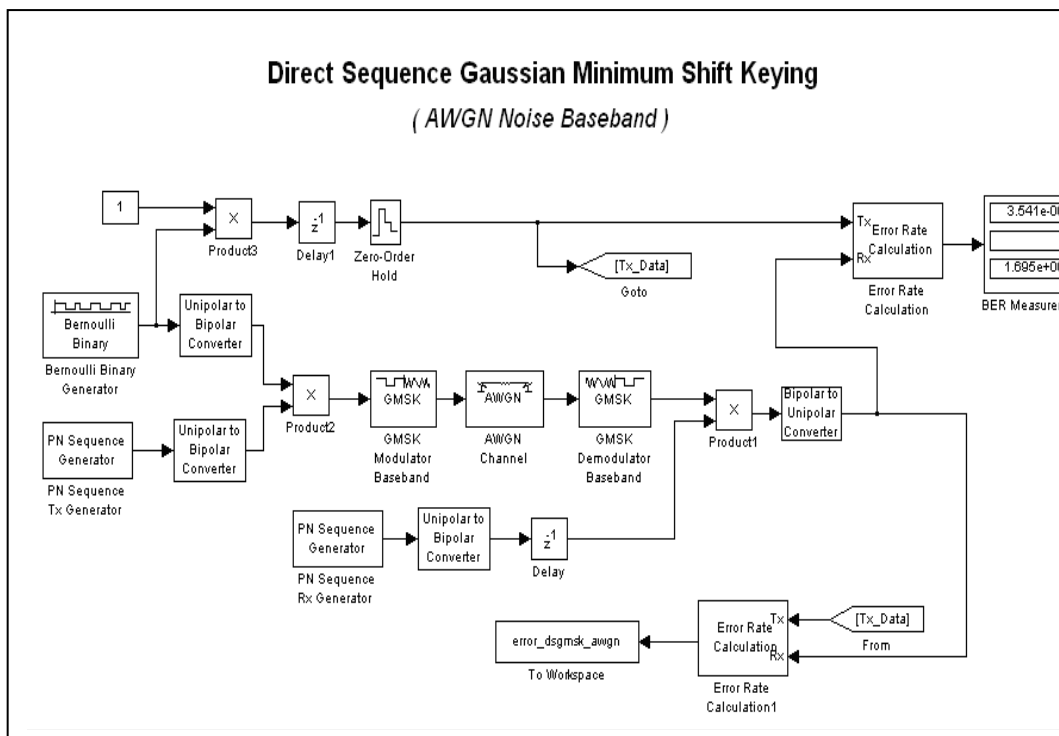
Gambar 3 : Diagram Blok DSCDMA (AWGN Noise Passband)



Gambar 4 : Diagram Blok DSCDMA (Multipath Noise Passband)



Gambar 5 : Diagram Blok OFDM



Gambar 6 : Diagram Blok DSGMSK Passband

PEMBAHASAN

Hasil penelitian dijabarkan dalam bentuk grafik untuk kondisi kanal bernoise AWGN dan kanal bernoise multipath. Dalam kanal AWGN grafik dari ketiga modulasi dipadukan agar dengan mudah dapat diperbandingkan, dengan noise di-

konversikan dalam dB relatif terhadap keluaran blok modulator. Kanal multipath yang diberikan pada simulasi ini terdiri dari 6 lintasan, dengan satu lintasan tanpa delay dengan asumsi ada lintasan pandang lurus. Gain dari masing-masing lintasan yang berdelay adalah : 0,5562 ;

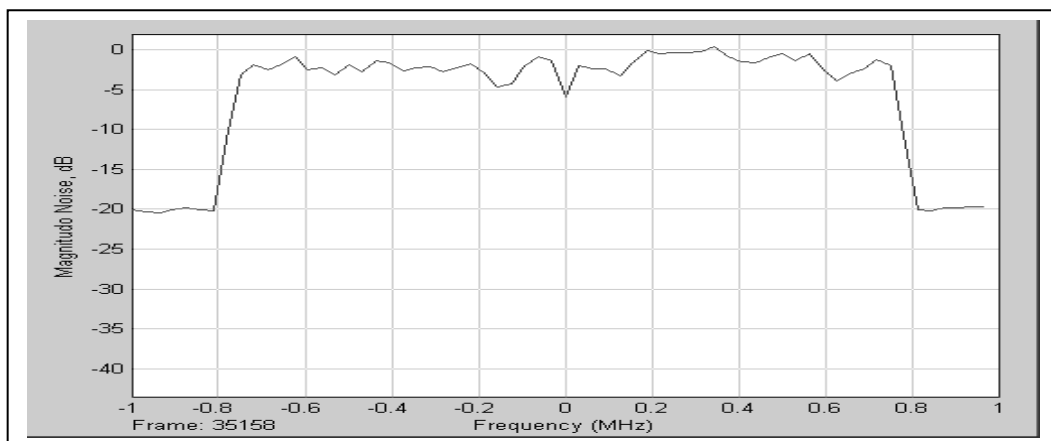
0,2493 ; 0,1118 ; 0,0501 ; 0,0225 . delay untuk setiap lintasan dibuat acak, dengan delay maksimum sebesar 10% dari lebar chip kode penalar. Angka 10% diberikan dengan asumsi delay spread maksimum dari gedung tertutup berdasarkan literatur Rappaport sebesar kurang lebih 100-200ns. Bila time chip CDMA sebesar $1/(1,22888\text{Ms})$, delaynya kurang lebih 10 %.

Pada modulasi OFDM digunakan formasi asimetrik, dengan tujuan untuk menghemat jalur kanal yang digunakan saat dilakukan proses IFFT dari modulator. Pada sistem OFDM dapat digunakan model simetris, dengan bagian frekuensi negatif merupakan nilai konjugat dari frekuensi positif, sehingga ada jalur frekuensi yang redundant. Pada sistem asimetrik pada bagian frekuensi positif dan negatif masing-masing merupakan kanal yang independen. Setiap subkanal dari modulasi OFDM dapat dimodulasikan dengan modulasi yang berbeda, biasanya QAM dan BPSK untuk kanal pilot. Pada standart komunikasi wireless, OFDM di-

gunakan subkanal 64, dengan susunan 48 kanal trafik, 4 kanal pilot, dan sisanya konstanta nol yang diletakkan pada daerah frekuensi Nyquist (frekuensi $F_s/2$). Dalam simulasi digunakan subkanal 64, tetapi hanya 48 subkanal yang diasumsikan sebagai kanal trafik dan dimodulasi 64-QAM, sedangkan sisanya pada daerah nyquist diberikan konstanta nol.

Pada modulasi DSGMSK untuk kanal AWGN diujicobakan untuk kondisi baseband dan passband, sedangkan untuk kanal multipath diberikan kondisi kanal yang identik pada simulasi untuk DS-CDMA. Pada simulasi OFDM hanya didekati oleh simulasi baseband, karena pada realnya algoritma OFDM biasanya dilakukan oleh prosesor pengolah sinyal dalam satu rangkaian yang terintegrasi dan berpola nilai kompleks.

Gambar 9 menyatakan spektrum frekuensi yang ditempati untuk kondisi modulasi OFDM Asimetris, dengan daerah lembah adalah konstanta nol plus noise relatif -20dB terhadap keluaran modulator IFFT.

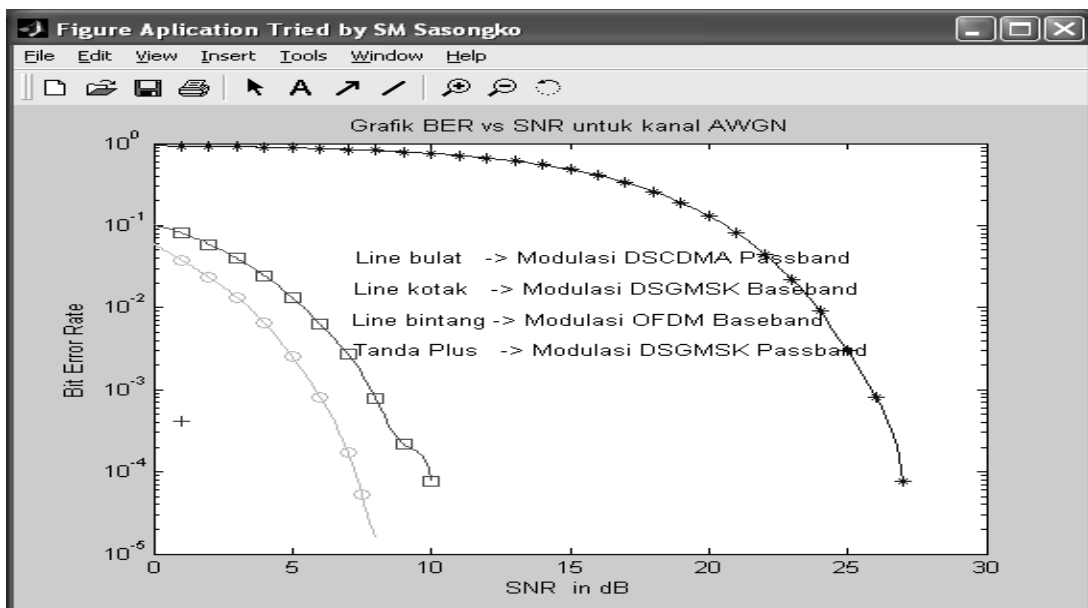


Gambar 7. Spektrum frekuensi modulasi OFDM Asimetris noise relatif -20 dB.

Gambar 7 menyatakan grafik alokasi pemakaian bit keluaran modulator IFFT yang akan dikirimkan, daerah lembah adalah konstanta nol plus derau yang merupakan daerah frekuensi Nyquist.

Gambar 8 menyatakan grafik Bit Error Rate untuk kanal AWGN, dengan standart BER 10^{-4} diperoleh hasil bahwa modulasi DSGMSK akan memiliki tingkat

BER yang baik dengan kurang lebih nilai SNR yang diperlukan 1,5dB relatif terhadap keluaran modulator. Dalam model baseband DSGMSK masih lebih buruk dibanding DSCDMA, sedangkan OFDM mengalami tingkat kesalahan yang relatif paling besar, dikarenakan diasumsikan noisanya bersifat white noise, sehingga setiap subkanal mengalami noise yang sama besar.

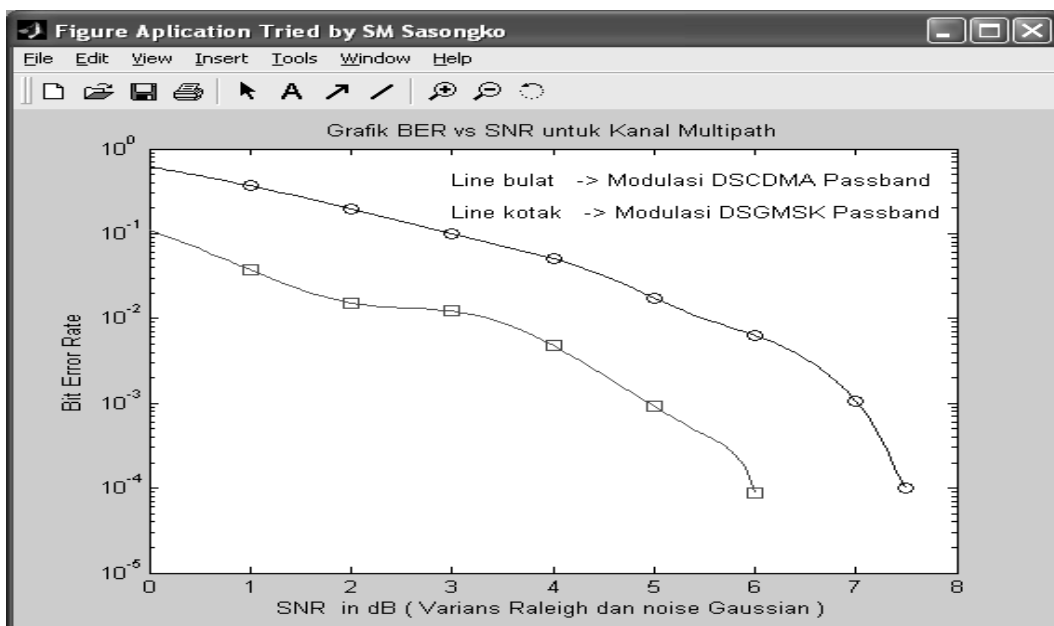


Gambar 8. Grafik BER untuk kanal AWGN

Batas untuk mencapai nilai ambang DSCDMA memerlukan level SNR sebesar 7,5dB, DSGMSK baseband memerlukan level SNR sebesar 10dB, dan OFDM memerlukan level SNR 27dB.

Gambar 9 menyatakan grafik Bit Error Rate untuk kanal multipath, dengan standart BER 10^{-4} diperoleh hasil

bahwa modulasi DSGMSK passband akan memiliki tingkat BER baik dengan kurang lebih nilai SNR yang diperlukan 6 dB relatif terhadap keluaran modulator, sedangkan modulasi DSCDMA memerlukan level SNR sebesar 7,5dB. Relatif terhadap keluaran modulator.



Gambar 9. Grafik BER untuk kanal Multipath Fading

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari hasil pengujian, untuk kanal AWGN dengan batas ambang BER sebesar 10^{-4} diperoleh urutan: modulasi DSGMSK passband memerlukan level SNR sebesar 1,5dB, modulasi DSCDMA passband memerlukan level SNR sebesar 7,5dB, modulasi DSGMSK baseband memerlukan level SNR sebesar 10dB, dan modulasi OFDM baseband memerlukan level SNR sebesar 27dB. Pada kanal multipath, model DSGMSK passband memerlukan 1,5dB lebih kecil dibanding model DSCDMA yang masing-masing sebesar 6dB dan 7.5dB.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan lebih menarik dapat dicoba untuk meneliti dari ketiga aspek penting komunikasi sekaligus pada modulasi yang berbeda-beda misalnya dengan modulasi DSCDMA OFDM atau kombinasi yang lainnya, dengan ketiga aspek yang dimaksud adalah Bit Error Rate yang kecil, Spektrum frekuensi yang efisien, dan Efisiensi emisi daya pancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhter Mohammad S and John Arenstorfer, 1999, *Iterative Detection for MC-CDMA system with Base Station Antenna Array for Fading Channels*, University of South Australia.
- Akhter Mohammad S and John Arenstorfer, 1999, *Performance of Multi Carrier CDMA with Iterative Detection for a Doppler Shift Channel in a LEO Mobile Satellite Communications Environment*, University of South Australia.
- Couch Leon W, 2001, *Digital and Analog Communication Systems*, 6 Ed, Prentice hall.
- Chiu Yun, Dejan Markovic, Haiyun Tang, Ning Zhang, 2000, *OFDM Receiver Design*, chiuyun, dejan, tang, ningzh@eecs.berkeley.edu.
- Miniawati E, 2000, *Penekanan Interferensi Tahapan Jamak Menggunakan Metode Perbaikan Pendekatan gaussian untuk Sistem Komunikasi radio Bergerak DSCDMA*, Tesis, ITS, Surabaya.
- Prot Sebastian, Kent Palmkvist, 2003, *TSTE91 System Design communication System simulator Using Simulink, Part V OFDM by IFFT Modulation*, Electronic System, Dept. EE, LiTH.
- Sasongko S. M., 2000, *Analisa Kinerja Akuisisi Dua Tingkat pada Komunikasi DSCDMA Reverse Link*, Tesis, ITS, Surabaya.
- Suwadi, 2003, *Unjuk Kerja Call Admission Control Berbasis SIR pada Sistem Selular CDMA*, *JAVA Jurnal Elektro*, ITS.
- Zou Hanli, Hea Joung Kim, Sungsoo Kim, Babak Daneshrad, Rick Wesel, William Magione Smith, 1999, *Equalized GMSK, Equalized QPSK and OFDM, a Comparative Study for High Speed Wireless Indoor data Communications*, University of California, Los Angeles.