

KINERJA MODULASI DIGITAL DENGAN METODE PSK (PHASE SHIFT KEYING)

Agha Kurniawan Hapsara¹, Imam Santoso², Ajub Ajulian²
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
A_9_HA@yahoo.com

ABSTRAK

Informasi dan telekomunikasi sebagai salah satu kebutuhan masyarakat modern mengalami perkembangan yang sangat cepat, informasi akan dapat tersebar luas, dapat diterima dengan cepat, serta memberikan kepuasan pada penerimanya. Modulasi merupakan metode yang sangat penting dalam proses pengiriman informasi, Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Terdapat 2 teknik modulasi, yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Pada modulasi digital terdapat 3 tipe dasar teknik modulasi, yaitu Amplitude Shift Keying (ASK), Frekuensi Shift Keying (FSK), dan Phase shift Keying (PSK). Pada simulasi modulasi digital PSK ini menggunakan M-ary PSK, yaitu Binary Phase Shift Keying (BPSK), Quaternary Phase Shift Keying (QPSK), 8 Phase Shift Keying, dan 16 Phase Shift Keying.

Simulasi yang dibuat pada tugas akhir ini dimaksudkan untuk dapat menguji kinerja modulasi digital PSK terhadap gangguan-gangguan yang dapat terjadi selama penstransmisian sinyal berlangsung. Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian simulasi modulasi digital PSK ini meliputi proses masukan, proses modulasi, proses penambahan noise pada kanal AWGN (Additive White Gaussian Noise), dan proses demodulasi. Metode yang digunakan untuk menguji hasil kinerja simulasi modulasi digital PSK ini adalah BER (Bit Error Rate) dengan menghitung kesalahan bit yang terjadi pada proses demodulasi dan membandingkannya dengan bit informasi awal yang dikirimkan.

Pengujian yang dilakukan pada simulasi tugas akhir ini terdiri atas 3 pengujian, yaitu pada level frekuensi carrier yang berbeda, yaitu pada 500 Hz dan 1000 Hz. Pada level SNR yang berbeda yaitu 0 dB, 5 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, dan 30 dB. Serta pada pengujian pada variasi yang berbeda yaitu dengan interferensi sinyal sinus, pengujian dengan masukan 100 bit yang ditetapkan, dan pada masukan 100 bit random. Berdasarkan hasil pengujian ini didapatkan bahwa dengan semakin besarnya nilai SNR maka nilai BER akan semakin kecil, dan semakin besar M-ary PSK yang digunakan akan menyebabkan kemungkinan kesalahan bit akan semakin besar.

Kata kunci : AWGN (Additive White Gaussian Noise), Phase Shift Keying (PSK), BER (Bit Error Rate)

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi media elektronik telah memberikan berbagai kemudahan dalam penyebaran informasi serta peningkatan kualitas dan kontinuitas penyampainnya, Ditandai dengan penemuan-penemuan mutakhir di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, seperti ditemukannya energi listrik, radio, telegraph, telepon, televisi, dan lainnya, telah membuka gerbang dunia modern serba canggih, praktis, cepat, handal dan fleksibel dalam segala kehidupan. Informasi dan telekomunikasi sebagai salah satu kebutuhan masyarakat modern mengalami perkembangan yang sangat cepat, tidak lagi dalam hitungan tahun namun setiap hari, bahkan perdetik, dimana dengan perkembangan teknologi tersebut diharapkan informasi akan dapat tersebar luas, dapat diterima dengan cepat, serta memberikan kepuasan pada penerimanya.

Modulasi merupakan metode yang sangat penting dalam proses pengiriman informasi, dengan menggunakan modulasi informasi yang dikirimkan akan mempunyai ketahanan terhadap gangguan noise atau interferensi dari sinyal lain.

1.2 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah membuat simulasi modulasi PSK dan pengaruh gangguan-gangguan (noise) yang terjadi selama proses transmisi berlangsung, dan melakukan analisis untuk mengetahui kinerja modulasi digital Phase Shift Keying (PSK).

1.3 Pembatasan Masalah

- Dalam tugas akhir ini, pembahasan dibatasi pada :
1. Pembuatan program dengan menggunakan MatLab 6.5
 2. Sinyal masukan berupa bilangan deretan bit yang kemudian diubah menjadi sinyal digital.
 3. Teknik modulasi digital menggunakan metode PSK (Phase Shift Keying).
 4. Penstransmisian sinyal modulasi dengan menggunakan kanal AWGN (Add white Gaussian noise).
 5. Model gangguan adalah berupa derau Gaussian yang dinyatakan dengan Signal per Noise (S/N) dan interferensi sinyal sinus, dan sinyal cosinus.
 6. Pengukuran kinerja modulasi menggunakan nilai Bit Error Rate (BER).

II. MODULASI DIGITAL PSK (PHASE SHIFT KEYING)

Phase Shift Keying (PSK) adalah salah satu sistem modulasi digital yang mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi memiliki sudut fase yang berbeda. Pada modulasi fasa ini memiliki variasi PSK yang berbeda tergantung pada fase yang memodulasinya, yaitu BPSK, QPSK, 8PSK, 16 PSK. Secara umum sinyal yang dihasilkan oleh modulasi PSK diberikan oleh

$$S_i(t) = A_c \cos[\omega_c t + \theta_i(t)]$$

Dengan :

$$\theta_i = \frac{2\pi(i-1)}{M}$$

dan $\omega_c = 2\pi f_c$

$$M = 2^l \quad \begin{array}{l} M = \text{Tingkatan dari PSK} \\ l = \text{Jumlah bit} \end{array}$$

2.1 BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Salah satu dari bentuk modulasi digital yang paling simple adalah BPSK. Pada modulasi BPSK memiliki fasa yang berbeda 180 derajat, satu sinyal pada fasa 0^0 , dan sinyal lain memiliki fasa 180^0 .

$$S_i(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 180^0)$$

2.2 QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

Sinyal QPSK adalah perluasan dari sinyal BPSK. Keduanya memiliki tipe yang sama dari sinyal M-ary. Pada modulasi QPSK data bit yang dimodulasikan dikelompokkan kedalam simbol, dimana setiap simbol membawa 2 bit, dan setiap simbol dapat mengambil satu dari empat nilai kemungkinan: 00, 01, 10, atau 11.

$$S_i(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 90^0)$$

2.3 8 PSK (8 Phase Shift Keying)

Pada modulasi 8 PSK memiliki fasa yang berbeda 45^0 derajat. Terdapat empat perbedaan fasa, yaitu $\pi/8$, $3\pi/8$, $5\pi/8$, dan $7\pi/8$.

$$S_i(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 45^0)$$

2.4 16 PSK (16 Phase Shift Keying)

Sinyal pada modulasi PSK dapat dikelompokkan ke dalam wilayah yang lebih kecil. sehingga sinyal sekarang mempunyai setiap bagian $22,5^0$, memberikan 16 PSK. Sehingga setiap simbol mewakili 4 bit. Kecepatan data sekarang 4 kali lebih besar dari BPSK untuk simbol yang sama

$$\theta_i = \frac{2\pi i}{M} = \frac{2 \times 180}{16} = 22,5^0$$

Sehingga

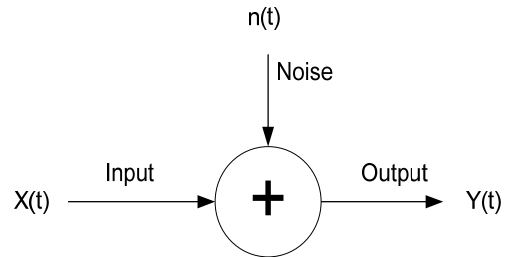
$$S_i(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 22,5^0)$$

2.5 Modulator dan Demodulator

Modulator adalah perangkat yang berfungsi untuk penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Teknik modulasi dilakukan dengan cara mengubah parameter dari sinyal informasi yang berupa amplitudo, frekuensi dan fasa agar sesuai dengan gelombang pembawa (*carrier*) yang akan dimodulasi. Frekuensi pembawa dideteksi sehingga diperoleh sinyal informasi sebagaimana aslinya. Demodulator adalah proses kebalikan dari modulator, Pada sisi penerima (demodulator) terjadi proses pengambilan kembali sinyal informasi yang ditumpangkan kedalam sinyal pembawa.

2.6 Kanal AWGN (Additive White Gaussian noise)

Pada sistem modulasi memerlukan adanya media transmisi, dalam hal ini media transmisi yang digunakan adalah sebuah kanal yang disebut dengan kanal AWGN (*Additive White Gaussian noise*). Pada kanal AWGN ini terdapat sebuah noise yang disebut *Gaussian Noise*.



Gambar 2.1 Kanal AWGN^[15]

2.7 BER (Bit Error Rate)

Bit Error Rate (BER) adalah suatu rumusan kesalahan laju bit (*bit error*) yang terjadi selama pentransmision data antara terminal pengirim dan terminal penerima. kesalahan yang terjadi selama proses pentransmision data antara data masukan dan keluaran dengan cara membandingkan antara data masukan total yang dikirim dengan jumlah data keluaran yang rusak. setelah proses demodulasi dengan cara membandingkan hasil keluaran dengan hasil masukan. Persamaan *Bit Error Rate* tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$BER = \frac{\text{jumlah_bit_error}}{\text{jumlah_total_bit_kirim}}$$

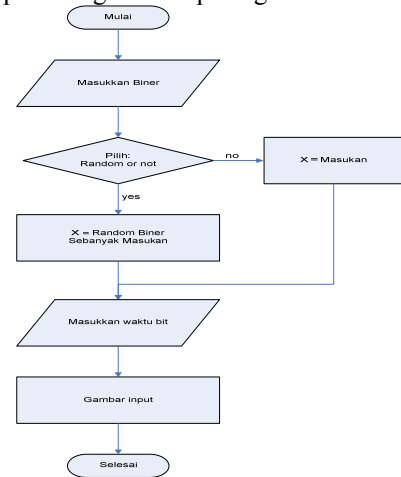
3. Perancangan Simulasi

3.1 Perancangan program pemilihan modulator

Pada modulasi *phase shift keying* (PSK) terdapat M-Ary PSK, yaitu BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK. Pada blok program ini pengguna memilih modulator dari modulasi PSK yang akan digunakan.

3.2 Perancangan Program Masukan bit

Masukan dari simulasi PSK ini adalah random. Secara spesifik langkah-langkah dalam proses ini dapat dijelaskan pada diagram alir pada gambar 3.1.

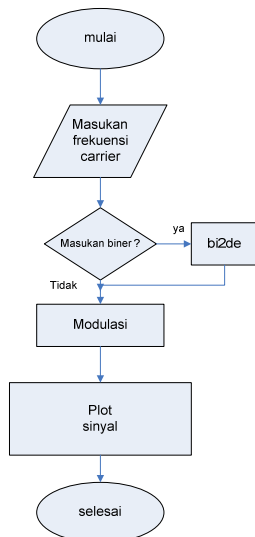


Gambar 3.1 Diagram Alir Masukan

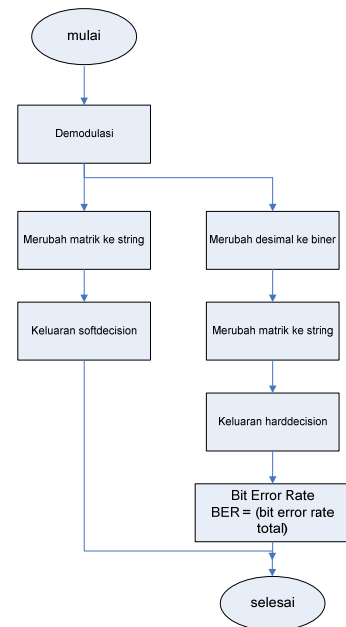
Gambar 3.1 memperlihatkan proses diagram alir dari proses masukan bit, mulai dari masukan hingga pembentukan sinyal dari masukan

3.3 Perancangan Program Modulator

Pada proses modulasi terdapat 2 variabel yang digunakan, yaitu berupa variabel *M-ary* dan frekuensi *carrier* yang kemudian akan melalui suatu fungsi modulasi sehingga didapat tampilan sinyal modulasi.



Gambar 3.2 Diagram Alir Modulator

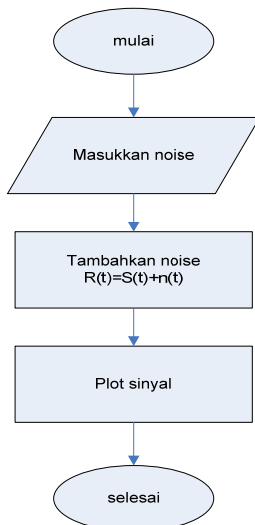


Gambar 3.4 Diagram Alir Demodulator

3.4 Perancangan Program Kanal AWGN

Sinyal hasil keluaran modulator kemudian dilewatkan pada kanal AWGN, pada kanal AWGN ini sinyal keluaran modulator ditambahkan *noise*, sehingga sinyal yang terjadi adalah sinyal yang bercampur dengan *noise*.

Secara spesifik proses pada kanal AWGN dapat dilihat berdasarkan diagram alir pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Kanal AWGN

3.5 Demodulator

Proses yang terjadi pada demodulator adalah proses demodulasi sinyal modulasi yang telah dilewatkan pada kanal AWGN, sehingga sinyal tersebut telah tercampur dengan *noise*. Demodulator digunakan untuk mendapatkan kembali sinyal kotak seperti pada masukan bit. Diagram alir proses demodulasi diperlihatkan pada gambar 3.4.

3.6 Perancangan program konstalasi PSK

Perancangan konstalasi PSK dibuat agar dapat mengetahui apakah modulasi yang digunakan telah sesuai dengan teori, dan untuk mengetahui seberapa besar gangguan yang diberikan terhadap modulator.

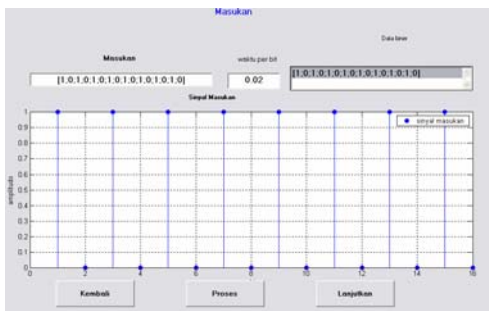
IV. Pengujian Simulasi dan Analisis

Pengujian simulasi dilakukan dengan 3 macam variasi pengujian. pengujian pertama yaitu pada pengujian dengan frekuensi pembawa(F_c) yang berbeda 500 Hz, dan 1000 Hz dengan level SNR yang sama sebesar 5 dB. Pengujian kedua menggunakan variasi level SNR yang berbeda 0 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, dan 30 dB dengan frekuensi *carrier* yang sama yaitu pada frekuensi 1000 Hz. Pengujian ketiga dilakukan terhadap gangguan berupa interferensi sinyal sinus dengan frekuensi 500 Hz dan frekuensi *carrier* sinyal modulasi 1000 Hz, pengujian dengan masukan deret 100 bit yang telah ditetapkan, serta pada masukan deret 100 bit random. Keseluruhan variasi pengujian dilakukan terhadap tingkatan M-ary yang berbeda-beda, yaitu pada tingkatan BPSK sampai dengan 16 PSK dan masing pengujian pada tingkatan M-ary dilakukan sebanyak 10 kali pengujian supaya mendapatkan data yang akurat.

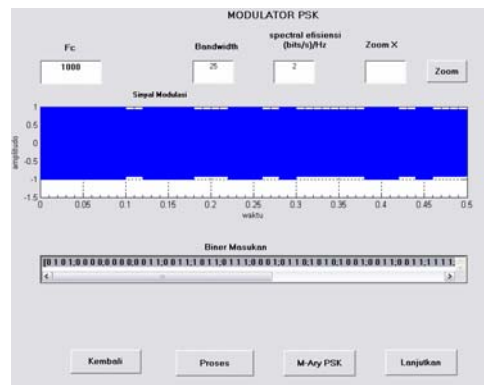
4.1 Pengujian Pada Frekuensi *Carrier* Berbeda

4.1.1 Pengujian pada Frekuensi *Carrier* 500 Hz

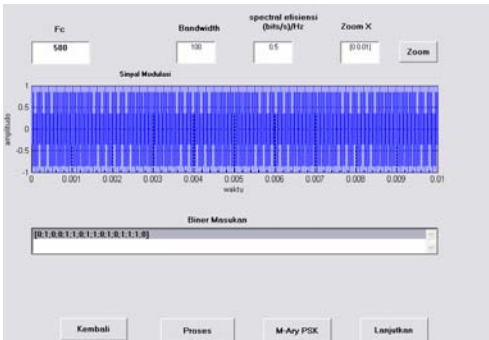
Pada pengujian ini akan menggunakan frekuensi *carrier* sebesar 500 Hz dengan rasio perbandingan SNR sebesar 5 dB dengan masukan bit yang digunakan adalah sebanyak 16 bit dengan $x = [1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0]$ dan waktu bit $t_b = 0.02$ detik, serta laju bit yang sama pada tiap-tiap pengujian, yaitu $R_b = 50$ bps. Pada pengujian ini akan dilakukan terhadap tingkatan BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK. Berikut merupakan contoh hasil pengujian BPSK



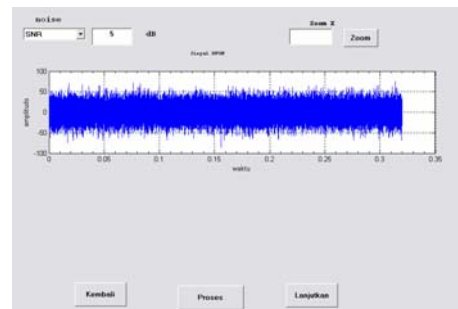
Gambar 4.1 Masukan 16 bit BPSK



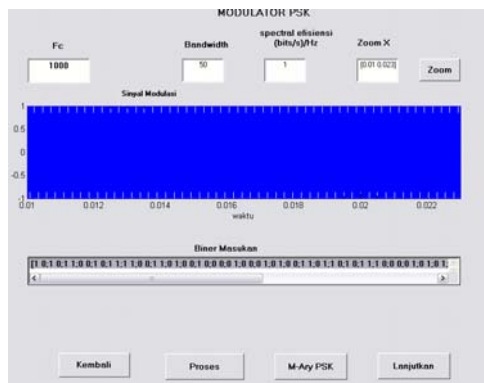
Gambar 4.5 Tampilan program modulator 16PSK



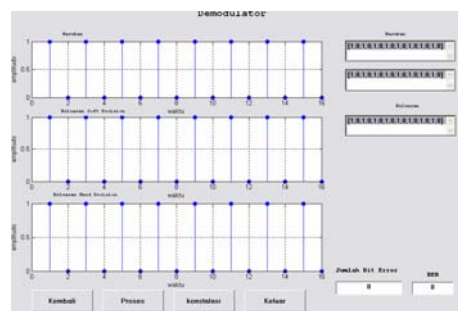
Gambar 4.2 Tampilan program modulator BPSK



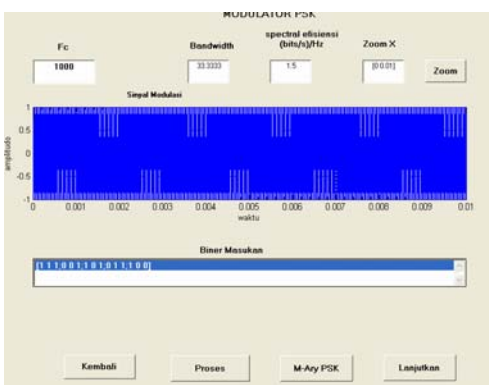
Gambar 4.6 Tampilan kanal AWGN modulator BPSK



Gambar 4.3 Tampilan program modulator QPSK



Gambar 4.7 Sinyal input dan output Demodulator BPSK



Gambar 4.4 Tampilan program modulator 8PSK

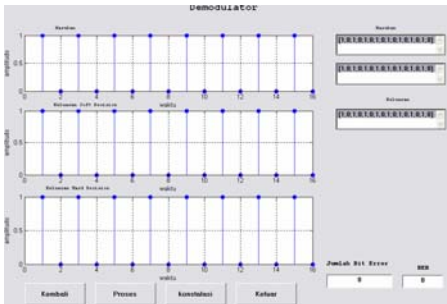
Tabel 4.1 Hasil Pengujian BPSK pada $f_c = 500$ Hz, SNR = 5 dB

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0

4.1.2 Pengujian pada Frekuensi 1000 Hz

Pada pengujian ini akan menggunakan frekuensi *carrier* sebesar 1000 Hz dengan rasio perbandingan SNR sebesar 5 dB dan menggunakan variabel yang sama pada

pengujian pertama, yaitu masukan bit yang digunakan adalah sebanyak 16 bit dengan $x = [1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0]$ dan waktu bit $t_b = 0.02$ detik, serta laju bit yang sama pada tiap-tiap pengujian, yaitu sebesar $R_b = 50$ bps.



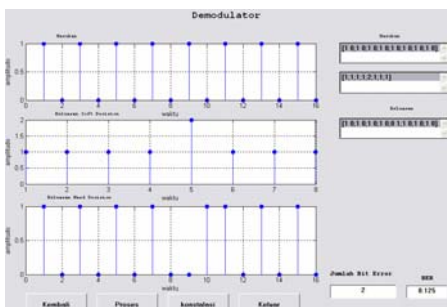
Gambar 4.8 Sinyal input dan output Demodulator BPSK pada Frekuensi 1000 Hz

Tabel 4.2 Hasil Pengujian BPSK pada $f_c = 1000$ Hz, SNR = 5 dB

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0

4.1 Pengujian pada Level SNR Berbeda

4.1.1 Pengujian pada Level SNR 0 dB

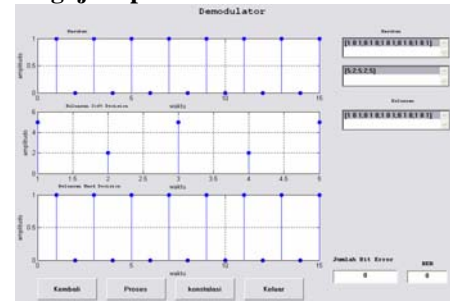


Gambar 4.9 Tampilan Program QPSK dengan SNR 0 dB

Tabel 4.3 Hasil Pengujian QPSK pada SNR = 0 dB, $f_c = 1000$ Hz

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	2	0.125
2	5	0.3125
3	1	0.0625
4	0	0
5	2	0.125
6	3	0.1875
7	2	0.125
8	3	0.1875
9	4	0.25
10	2	0.125
Rata-rata	2.4	0.15

4.1.2 Pengujian pada Level SNR 10 dB

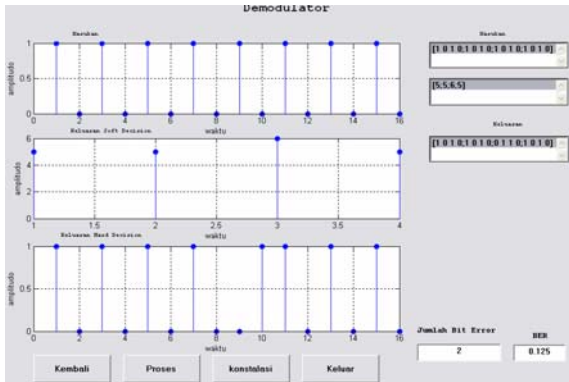


Gambar 4.10 Tampilan Program Demodulator 8 PSK dengan SNR 10 dB

Tabel 4.4 Hasil Pengujian 8 PSK pada SNR = 10 dB, $f_c = 1000$ Hz

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0

4.1.3 Pengujian pada Level SNR 15 dB

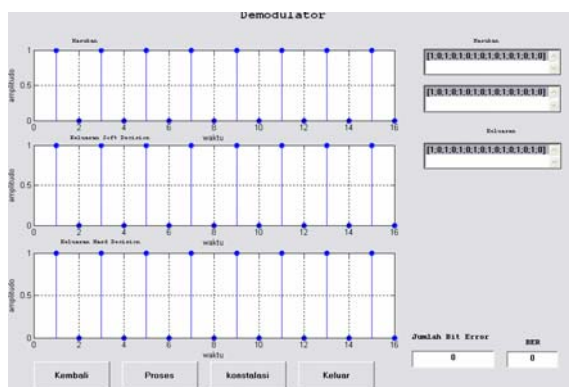


Gambar 4.11 Tampilan Program Demodulator 16 PSK dengan SNR 15 dB

Tabel 4.5 Hasil Pengujian 16 PSK, SNR = 15 dB, $f_c = 1000$ Hz

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	2	0.125
2	0	0
3	2	0.125
4	0	0
5	2	0.125
6	0	0
7	1	0.0625
8	2	0.125
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0.9	0.05625

4.1.4 Pengujian pada Level SNR 20 dB

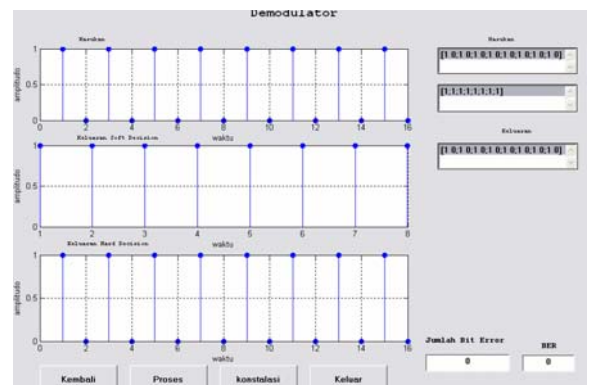


Gambar 4.12 Tampilan Program Demodulator BPSK dengan SNR 20 dB

Tabel 4.6 Hasil Pengujian BPSK pada SNR = 20 dB, $f_c = 1000$ Hz

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0

4.1.5 Pengujian pada Level SNR 30 dB



Gambar 4.13 Tampilan Program Demodulator QPSK dengan SNR 30 dB

Tabel 4.7 Hasil Pengujian QPSK pada SNR = 30 dB dan $f_c = 1000$ Hz

Pengujian	Jumlah Kesalahan Bit	BER
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0

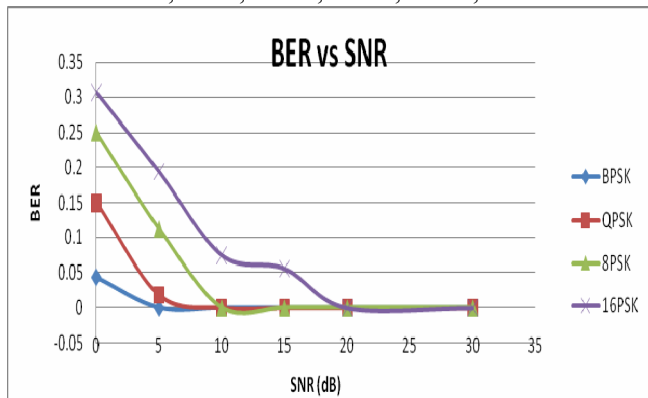
Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 10 kali pada level SNR yang berbeda menunjukkan bahwa semakin tinggi level SNR yang digunakan maka kesalahan bit yang terjadi dan nilai rata-rata BER menjadi semakin kecil.

4.2 Perbandingan Pengujian

4.2.1 Perbandingan BER terhadap SNR

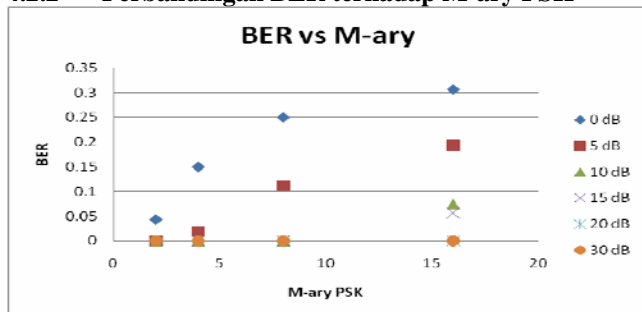
Pada pengujian dengan level SNR 0 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, dan 30 dB hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi level SNR yang ditambahkan kedalam sinyal modulasi, maka akan semakin sedikit kemungkinan kerusakan yang akan muncul pada hasil keluaran setelah proses demodulasi

Berikut merupakan gambar grafik berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada masing-masing tingkatan M-ary berdasarkan pada pengujian pada frekuensi 1000 Hz dan level SNR yang berbeda-beda, yaitu pada level SNR 0dB, 5 dB, 10 dB, 15 dB, 20 dB, dan 30 dB.



Gambar 4.14 Perbandingan BER vs SNR pada M-ary PSK

4.2.2 Perbandingan BER terhadap M-ary PSK



Gambar 4.15 Perbandingan BER terhadap M-ary pada level SNR dan frekuensi 1000 Hz

Berdasarkan grafik perbandingan BER terhadap M-ary pada pengujian yang dilakukan dapat terlihat bahwa semakin tinggi tingkatan M-ary maka akan semakin besar kemungkinan terjadinya kesalahan bit. Hal ini terbukti dengan adanya peningkatan grafik nilai BER pada tiap tingkatan M-ary. Hal ini disebabkan karena tiap tingkatan M-ary merupakan simbol yang mewakili beberapa bit untuk ditransmisikan melalui proses modulasi. Jadi semakin tinggi tingkatan M-ary, maka semakin banyak bit-bit yang diwakilkan didalamnya, dan jika terjadi kerusakan pada masing-masing simbol tersebut maka akan terjadi kerusakan besar pada bit-bit yang diwakilkan didalamnya.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian simulasi modulasi PSK yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Level SNR yang semakin besar meningkatkan performansi sistem modulasi PSK, karena kesalahan menjadi semakin kecil atau nilai BER menjadi lebih rendah.
2. Semakin tinggi tingkatan M-ary yang digunakan, pada frekuensi *carrier* dan level SNR yang sama,

maka kemungkinan terjadinya kesalahan bit akan menjadi semakin besar.

3. Semakin tinggi tingkatan M-ary yang digunakan maka akan semakin kecil *bandwidth* transmisi yang dibutuhkan.
4. Semakin tinggi tingkatan M-ary maka semakin banyak bit-bit yang diwakilkan pada satu simbol, sehingga kapasitas informasi yang dihasilkan semakin besar.
5. Waktu bit yang digunakan mempengaruhi besarnya *bandwidth* transmisi yang dibutuhkan, semakin rendah waktu bit yang digunakan maka akan semakin besar *bandwidth* transmisi yang dibutuhkan.

5.2 Saran

1. Program simulasi ini sebaiknya dapat dilengkapi dengan membandingkan kinerja antara modulasi digital lainnya.
2. Penggunaan modulasi digital *Phase Shift Keying* pada aplikasinya, seperti pada modulasi 8PSK yang digunakan pada sistem satelit Program simulasi ini sebaiknya dapat dilengkapi dengan membandingkan kinerja antara modulasi digital lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sklar, Bernard, *Digital Communication Fundamental and Applications*, Prentice-Hall, New York, 1998.
- [2] W. Couch II, Leon, *Digital and Analog Communication Systems 5th edition*, Prentice Hall, New York, 1997.
- [3] Freeman, Roger L, *Telecommunication Transmission Handbook*, John Wiley & Sons Inc, New York 1998.
- [4] Sukiswo, *Buku Ajar Jaringan Telekomunikasi*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, 2002.
- [5] S. Haykin & B. van Veen, *Signals and Systems*, John Wiley. 2003.
- [6] N. Taub & D. Schilling, *Principles of Communication Systems*, McGraw Hill. 1971.
- [7] Schwartz, M., Wirjosoedirjo, S.J., *Transmisi Informasi, Modulasi dan Bising*, Edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1986.
- [8] Hanselman, D., and Littlefield, B., *MATLAB Bahasa Komputasi Teknis*, Andi, Yogyakarta, 2000.
- [9] Hosany, M. A. Dr. *The Matlab Communication Toolbox*, University of Mauritius, 2005
- [10], *All About Modulation*, www.complextoreal.com/mod1.pdf, September 2006
- [11], Teknik Transmisi Digital www.cbdd.wsu.edu
- [12], *Phase Shift keying (PSK) Modulation* www.complextoreal.com/lect_mpsk.pdf, September 2006
- [13], *Adaptive Modulation and Coding (QPSK,QAM)* www.developer.intel.com
- [14], *Phase Shift Keying* en.wikipedia.org/wiki/Modulation
- [15], *Principle Of Digital Communication* www.cbdd.wsu.edu



Agha Kurniawan H, lahir di Tangernag, 3 Maret 1982. Menempuh pendidikan formal di SDN Karawaci BAru 3 Tangerang (1989-1995), SLTPN 13 Tangerang (1995-1998), SMUN 5 Tangerang (1998-2001). Saat ini sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro mengambil konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Semarang,
Telekomunikasi.

Semarang, Februari 2007

Pembimbing I

Pembimbing II

Imam Santoso, S.T., M.T.
NIP. 132 162 546

Ajub Ajulian, S.T., M.T.
NIP. 132 205 684