



**ANALISIS KUALITAS SINYAL TERKIRIM PADA TEKNIK  
MODULASI DIGITAL AKIBAT ADANYA *NOISE***

**SKRIPSI**

Oleh

**Ella Septa Pratiwi**

**NIM 141810201041**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**ANALISIS KUALITAS SINYAL TERKIRIM PADA TEKNIK  
MODULASI DIGITAL AKIBAT ADANYA *NOISE***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Ella Septa Pratiwi**

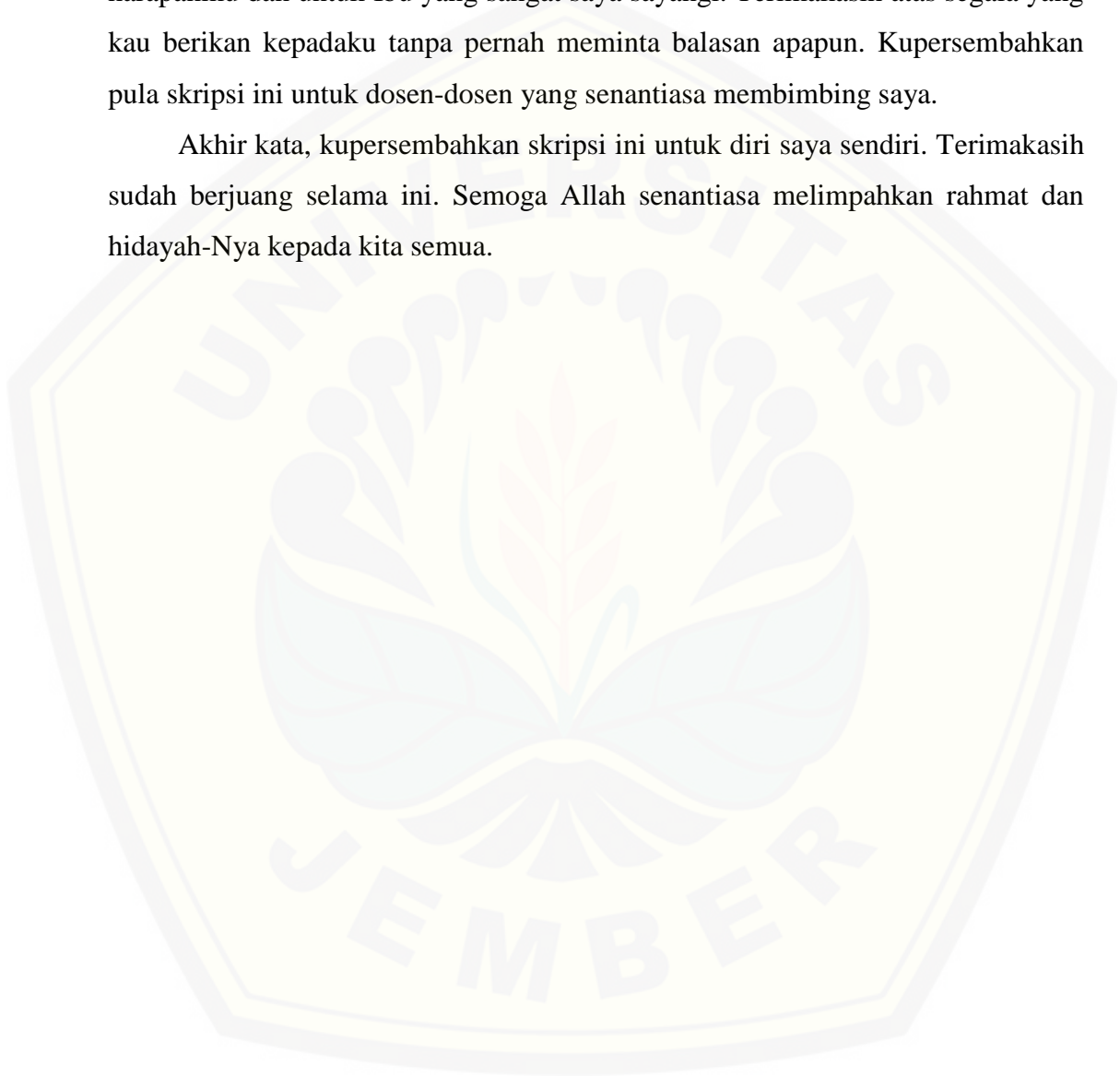
**NIM 141810201041**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah berkat rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Kupersembahkan ini untuk Almarhum Bapak, ini merupakan wujud dari harapanmu dan untuk Ibu yang sangat saya sayangi. Terimakasih atas segala yang kau berikan kepadaku tanpa pernah meminta balasan apapun. Kupersembahkan pula skripsi ini untuk dosen-dosen yang senantiasa membimbing saya.

Akhir kata, kupersembahkan skripsi ini untuk diri saya sendiri. Terimakasih sudah berjuang selama ini. Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.



**MOTO**

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri  
(terjemahan *Surat Al-Ra'd* ayat 11)<sup>\*)</sup>

*The only one you should compare yourself to is you. Your mission is become better today than you were yesterday*  
(John C. Maxwell)<sup>\*\*)</sup>



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama RI. 2005. *Al-Aliyy: Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung : CV Penerbit Diponegoro.

<sup>\*\*)</sup> Maxwell, J. C. 2012. *The 15 Invaluable Laws of Growth*. New York : Hachette Book Group, Inc.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ella Septa Pratiwi

NIM : 141810201041

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Kualitas Sinyal Terkirim Pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya *Noise*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2018

Yang menyatakan,

Ella Septa Pratiwi

NIM 141810201041

**SKRIPSI**

**ANALISIS KUALITAS SINYAL TERKIRIM PADA TEKNIK MODULASI  
DIGITAL AKIBAT ADANYA *NOISE***

Oleh

**Ella Septa Pratiwi  
NIM 141810201041**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Kualitas Sinyal Terkirim Pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya *Noise*”, karya Ella Septa Pratiwi telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.  
NIP. 19681219 199402 1 001

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19720210 199802 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Ir. Misto, M.Si.  
NIP. 19591121 199103 1 002

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.  
NIP. 19700327 199702 2 001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 19610204 198711 1 001

## RINGKASAN

**Analisis Kualitas Sinyal Terkirim Pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya Noise**; Ella Septa Pratiwi, 141810201041; 2018; 102 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sistem komunikasi yang umum digunakan untuk pengiriman informasi sekarang ini adalah sistem digital. Sebuah sistem komunikasi digital mengirimkan informasi dari sumber informasi (*information source*) menuju pengguna (*user of information*) yang dituju. Pengiriman informasi dalam sistem komunikasi melibatkan proses transmisi. Proses transmisi data diawali dari adanya sebuah informasi dalam bentuk data, yang kemudian data tersebut diolah menjadi sinyal. Sinyal dapat membawa sebuah informasi yang dikirimkan dari satu titik ke titik lain yang jaraknya berjauhan.

Salah satu kelebihan utama dari modulasi digital yaitu ketahanan terhadap gangguan atau *noise*. *Noise* dapat mempengaruhi kualitas sinyal terkirim yang menyebabkan kesalahan pembacaan informasi yang diterima. Beberapa jenis modulasi digital yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), dan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Masing-masing teknik modulasi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga masing-masing teknik modulasi memiliki respon yang berbeda-beda apabila terjadi gangguan atau *noise* saat proses transmisi.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital akibat adanya *noise*, dengan cara mengetahui BER (*Bit Error Rate*) dari beberapa teknik modulasi digital. Setelah didapatkan nilai BER (*Bit Error Rate*), maka dilakukan analisa pengaruh *noise* terhadap sinyal terkirim pada masing-masing teknik modulasi sehingga dapat diketahui perbandingan beberapa teknik modulasi digital.

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan nilai BER (*Bit Error Rate*). Menghitung kesalahan bit yang terjadi pada proses demodulasi atau saat deretan bit informasi diterima dan membandingkannya dengan bit informasi



awal yang dikirim. Penelitian ini menggunakan *software* MATLAB Simulink R2014a.

Hasil penelitian ini diperoleh hasil pengujian pada berbagai teknik modulasi yang telah dilakukan yakni modulasi BPSK, BFSK, dan QPSK menunjukkan bahwa ketiga teknik modulasi memiliki kemampuan yang berbeda dalam hal kekebalan terhadap *noise*, yang ditunjukkan oleh nilai BER yang dihasilkan pada proses simulasi masing-masing teknik modulasi. *Noise* yang ada pada proses pengiriman sinyal informasi menyebabkan menurunnya kualitas sinyal terkirim karena adanya kesalahan pembacaan bit informasi. Modulasi BPSK dan QPSK merupakan modulasi yang lebih baik daripada teknik modulasi BFSK dalam hal *error rate* yang diindikasikan dari nilai BER yang dihasilkan lebih kecil daripada modulasi BFSK, namun secara keseluruhan modulasi QPSK merupakan modulasi yang paling baik diantara ketiga teknik modulasi yang disimulasikan karena selain dari nilai BER yang dihasilkan QPSK juga dapat mentransmisikan 2bit dalam satu waktu (2 kali modulasi BPSK).

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas Sinyal Terkirim Pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya *Noise*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Misto, M.Si. dan Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan perhatiannya untuk memberikan kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini;
3. Bapak Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si. dan Bapak Agus Suprianto, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Segenap dosen yang telah memberikan ilmu selama masa kuliah;
5. Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan serta do'a;
6. Teman-temanku yang senantiasa memberikan semangat;
7. Graphytasi'14 dan Tim DPU Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D. selaku teman-teman seperjuangan;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala bentuk kritik, saran, dan dukungan dari semua pihak demi tersusunnya skripsi ini dengan baik. Semoga bermanfaat dan berkah. Amin.

Jember, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Modulasi.....	7
2.1.1 BPSK ( <i>Binary Phase Shift Keying</i> ).....	8
2.1.2 BFSK ( <i>Binary Frequency Shift Keying</i> ).....	10
2.1.3 QPSK ( <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> ).....	13
2.2 <i>Noise</i> .....	16
2.2.1 <i>Signal to Noise Ratio (SNR Atau S/N)</i> .....	18
2.2.2 <i>AWGN (Additive White Gaussian Noise)</i> .....	18
2.3 <i>BER (Bit Error Rate)</i> .....	19
2.4 Simulink .....	19

<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	21
3.2 Jenis dan Sumber Data .....	22
3.2.1 Variasi Data.....	22
3.3 Definisi Operasional Variabel .....	23
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah.....	24
3.5 Metode Analisa Data .....	27
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Model Modulasi .....	30
4.1.1 Modulasi BPSK.....	31
4.1.2 Modulasi BFSK.....	32
4.1.3 Modulasi QPSK .....	34
4.2 Pengujian Tanpa <i>Noise</i> .....	39
4.2.1 Pengujian Tanpa <i>Noise</i> Modulasi BPSK.....	39
4.2.2 Pengujian Tanpa <i>Noise</i> Modulasi BFSK.....	42
4.2.3 Pengujian Tanpa <i>Noise</i> Modulasi QPSK .....	44
4.3 Pengujian Variasi SNR.....	45
4.3.1 Pengujian Variasi SNR (BPSK).....	47
4.3.2 Pengujian Variasi SNR (BFSK).....	50
4.3.3 Pengujian Variasi SNR (QPSK).....	52
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
1.1 Kombinasi data dan sinyal .....	2
2.1 <i>Output waveform</i> BPSK.....	9
2.2 <i>Output waveform</i> BFSK.....	12
2.3 <i>Output waveform</i> QPSK.....	16
3.1 Variasi data.....	23
3.2 Tabel pengujian.....	28
4.1 <i>Output</i> demodulator BPSK .....	41
4.2 <i>Output</i> demodulator BFSK .....	44
4.3 <i>Output</i> demodulator QPSK .....	45
4.4 Nilai BER modulasi BPSK .....	48
4.5 Nilai BER modulasi BFSK .....	50
4.6 Nilai BER modulasi QPSK.....	53
4.7 Nilai BER modulasi BPSK, BFSK, dan QPSK .....	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Blok diagram sistem komunikasi .....	1
2.1 Modulasi digital.....	7
2.2 PSK ( <i>Phase Shift Keying</i> ) .....	8
2.3 Modulasi BPSK.....	9
2.4 Diagram konstelasi BPSK.....	9
2.5 Diagram blok BPSK.....	10
2.6 FSK ( <i>Frequency Shift Keying</i> ).....	11
2.7 BFSK ( <i>Binary Frequency Shift Keying</i> ) .....	11
2.8 Diagram konstelasi BFSK.....	12
2.9 Diagram blok BFSK.....	13
2.10 Fase dalam QPSK .....	13
2.11 Diagram konstelasi QPSK .....	14
2.12 Diagram blok QPSK .....	15
2.13 Modulasi QPSK .....	15
2.14 (a) <i>Transmitted signal</i> (b) dan (c) sinyal terkirim yang terdistorsi noise (d) <i>regenerated signal</i> .....	17
2.15 AWGN Channel.....	19
3.1 <i>Fishbone</i> kegiatan penelitian.....	22
3.2 Diagram kerangka pemecahan masalah.....	24
3.3 Sistem transmisi .....	25
3.4 Blok diagram BPSK.....	26
3.5 Blok diagram BFSK.....	26
3.6 Blok diagram QPSK.....	26
3.7 AWGN Channel.....	27

4.1 Modulasi BPSK.....	31
4.2 Sinyal termodulasi BPSK ( <i>waveform</i> ) .....	32
4.3 Modulasi BFSK.....	33
4.4 Sinyal termodulasi BFSK ( <i>waveform</i> ).....	33
4.5 Modulasi QPSK .....	34
4.6 Sinyal termodulasi QPSK ( <i>waveform</i> ).....	35
4.7 <i>Input</i> bit stream modulasi QPSK .....	37
4.8 (a) <i>Bit input</i> (b) <i>odd sequence</i> (c) <i>even sequence</i> .....	38
4.9 <i>Waveform</i> (a) <i>odd sequence modulated</i> (b) <i>even sequence modulated</i> .....	39
4.10 Modulasi-demodulasi BPSK.....	40
4.11 Hasil demodulasi BPSK.....	40
4.12 BPSK dengan blok <i>communication system</i> .....	41
4.13 Modulasi-demodulasi BFSK.....	42
4.14 Hasil demodulasi BFSK.....	43
4.15 BFSK dengan blok <i>communication system</i> .....	44
4.16 Modulasi-demodulasi QPSK.....	45
4.17 Model modulasi (a) BPSK (b) BFSK (c) QPSK.....	46
4.18 Bertool MATLAB .....	46
4.19 BER modulasi BPSK pada level SNR 4dB .....	47
4.20 BER modulasi BPSK pada level SNR 9dB .....	49
4.21 BER modulasi BPSK pada level SNR 10dB .....	49
4.22 Grafik SNR vs BER modulasi BPSK .....	49
4.23 BER modulasi BFSK pada level SNR 3dB .....	51
4.24 BER modulasi BFSK pada level SNR 10dB .....	51
4.25 Grafik SNR vs BER modulasi BFSK .....	52
4.26 SER modulasi QPSK pada level SNR 1dB.....	54
4.27 SER modulasi QPSK pada level SNR 10dB.....	54
4.28 Grafik SNR vs BER modulasi QPSK .....	54
4.29 Grafik SNR vs BER modulasi BPSK, BFSK, dan QPSK .....	56

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 4.1 Parameter blok model modulasi .....	61
Lampiran 4.2 Parameter blok pengujian tanpa <i>noise</i> .....	65
Lampiran 4.3 Pengujian variasi SNR.....	74

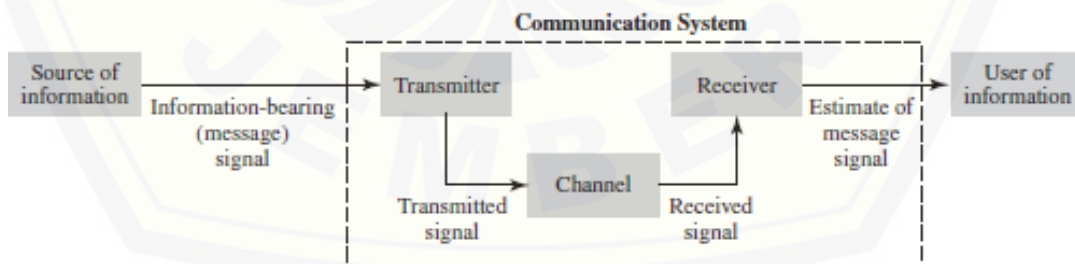




## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komunikasi didefinisikan sebagai transfer informasi dari satu titik ke titik lainnya dalam ruang dan waktu. Video, audio, data, file, *web page*, dan lain-lain merupakan beberapa bentuk dari informasi. Contoh komunikasi diantaranya percakapan telepon, akses internet, TV, atau radio (Madhow, 2014). Sistem komunikasi yang umum digunakan untuk pengiriman informasi sekarang ini adalah sistem digital, ataupun dikonversi dari analog ke digital. Komunikasi digital memiliki beberapa keuntungan antara lain kekebalan terhadap *noise*, meningkatkan kualitas sinyal terkirim, kapasitas transmisi yang besar, dan lain-lain. Komunikasi digital adalah sebuah metode komunikasi yang mengirimkan pesan diskrit. Informasi yang ditransmisikan direpresentasikan dalam bentuk digital, secara umum dalam bentuk digit biner (*binary digits*) atau *bits* (Madhow, 2008). Blok diagram dari sistem komunikasi terlihat pada Gambar 1.1. Sebuah sistem komunikasi digital mengirimkan informasi dari sumber informasi (*information source*) menuju pengguna (*user of information*) yang dituju. Pengiriman informasi dalam sistem komunikasi melibatkan proses transmisi oleh *transmitter* kepada penerima (*receiver*) (Couch, 2013).



Gambar 1.1 Blok diagram sistem komunikasi (Sumber: Haykin dan Moher, 2007)

White (2013) menyebutkan bahwa, data dan sinyal adalah dua penyusun utama dari sebuah jaringan. Data dan sinyal bukanlah sesuatu yang memiliki arti sama. Sebuah jaringan komputer untuk mengirimkan data harus diubah kedalam

bentuk sinyal yang sesuai. Salah satu persamaan dari data dan sinyal yaitu keduanya dapat berupa analog dan digital, sehingga dapat memberikan beberapa kombinasi konversi data-sinyal antara lain analog-analog; digital-digital; digital-analog diskrit; dan analog-digital yang diuraikan dalam Tabel 1.1. Salah satu bentuk konversi data ke sinyal yang akan dibahas yaitu konversi dari data digital menjadi sinyal analog diskrit, yang melibatkan teknik modulasi. Salah satu contoh umum suatu *device* yang memanfaatkan teknik modulasi digital-analog diskrit ini adalah Modem.

Tabel 1.1 Kombinasi data dan sinyal

<i>Data</i>	<i>Signal</i>	<i>Encoding or conversion technique</i>	<i>Common devices</i>	<i>Common systems</i>
<i>Analog</i>	<i>Analog</i>	<i>Amplitude modulation Frequency modulation</i>	<i>Radio tuner TV tuner</i>	<i>Telephone AM and FM radio Broadcast TV Cable TV</i>
<i>Digital</i>	<i>Digital</i>	<i>NRZ-L NZRI Manchester Differential manchester Bipolar AMI 4B/5B</i>	<i>Digital encoder</i>	<i>LAN Telephone systems</i>
<i>Digital</i>	<i>(discrete) Analog</i>	<i>Amplitude shift keying Frequency shift keying Phase shift keying</i>	<i>Modem</i>	<i>Dial-up internet Dsl Cable modem Digital broadcast TV</i>
<i>Digital</i>	<i>Analog</i>	<i>Pulse code modulation Delta modulation</i>	<i>Codec</i>	<i>Telephone systems Music systems</i>

Sumber: White (2013)

Sinyal dapat diibaratkan dengan satu set data atau informasi. Sinyal merepresentasikan sebuah kuantitas fisik atau variabel, dan biasanya berisi informasi tentang perilaku atau fenomena yang ditransmisikan dari sumber ke penerima (*receiver*). Secara matematis, sinyal direpresentasikan sebagai fungsi dari sebuah variabel bebas ( $t$ ). Variabel  $t$  mempresentasikan waktu, sehingga sinyal dinotasikan sebagai  $x(t)$ . Contoh umum dari sinyal antara lain sebuah transmisi

percakapan telepon melalui sambungan telepon. Sinyal digital dan data digital terdiri dari angka tertentu atau diskrit dari nilai-nilai tertentu (Lathi, 1998).

Aspek yang paling mendasar dari sistem komunikasi adalah transmisi data. Sistem digital sangat memungkinkan sinyal yang berisi informasi-informasi dapat dikirimkan sekalipun dalam jarak yang cukup jauh dan jaringan luas. Secara umum proses pengiriman informasi dari satu titik ke titik lain disebut dengan transmisi. Proses transmisi data diawali dari adanya sebuah informasi dalam bentuk data, yang kemudian data tersebut diolah menjadi sinyal. Sinyal dapat membawa sebuah informasi dari satu titik ke titik lain yang jaraknya berjauhan. Sinyal dapat dikirim melalui medium kabel maupun pada udara bebas atau gelombang radio. Salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan *bandwidth* yaitu data dapat dimodulasikan ke dalam sinyal pembawa (*carrier*) yang sesuai, sehingga dapat dengan mudah untuk ditransmisikan melalui *channel*. Sinusoidal *carrier* dideskripsikan oleh amplitudo, frekuensi, dan fasenya. Tiga jenis dasar modulasi yaitu modulasi amplitudo atau *Amplitude Modulation* (AM), modulasi frekuensi atau *Frequency Modulation* (FM), dan modulasi fase atau *Phase Modulation* (PM) (Duck dan Read, 2003).

Modulasi digital memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan modulasi analog. Salah satu kelebihan utama dari modulasi digital yaitu ketahanan terhadap gangguan atau *noise*. Hal ini bukan berarti pada modulasi digital gangguan tersebut atau *noise* akan sepenuhnya hilang, hanya saja gangguan-gangguan yang tidak diinginkan tersebut dapat dikurangi. Beberapa jenis modulasi digital yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), dan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Masing-masing teknik modulasi tersebut memiliki karakteristik masing-masing, sehingga masing-masing teknik modulasi memiliki respon yang berbeda-beda apabila terjadi gangguan atau *noise* saat proses transmisi.

Modulasi BPSK merupakan pengiriman sinyal melalui pergeseran fase. Proses modulasi ini fase dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan sinyal informasi digital. Modulasi BFSK adalah suatu modulasi dimana setiap bit 0 dan 1 diwakili dengan perbedaan frekuensi, sehingga pada modulasi BPSK sinyal termodulasi memiliki 2 frekuensi yang merepresentasikan

bit yang terkandung. Sinyal BFSK yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan amplitudo konstan, tetapi dengan frekuensi berbeda sesuai dengan informasi yang dibawa. Modulasi QPSK merupakan salah satu jenis lain dari PSK (*Phase Shift Keying*) selain BPSK. BPSK hanya diwakili oleh 2 fase yang berbeda, namun pada QPSK terdapat 4 fase berbeda yang mewakili informasi yang terkandung (Nassar, 2001).

Penelitian tentang teknik modulasi digital pernah dilakukan sebelumnya oleh Jannah (2010), yang melakukan simulasi berbagai macam jenis modulasi FSK. Penelitian Jannah (2010) menghasilkan kesimpulan bahwa untuk varian BFSK di dalam mempresentasikan sinyal informasi digital dibagi ke dalam bit 0 dan 1 yang disesuaikan dengan gelombang pembawa dengan perubahan antar bit dibutuhkan waktu 1 perioda. Penelitian yang lainnya dilakukan oleh Mu'awanah (2014), mengenai karakteristik dari berbagai teknik modulasi digital. Mu'awanah berhasil membuat simulasi beberapa macam teknik modulasi digital ASK, FSK, BPSK Dan QPSK sebagai media pembelajaran dasar sistem telekomunikasi. Hasil yang diperoleh yaitu dapat dideskripsikan bagaimana karakteristik bentuk gelombang berdasarkan hasil simulasi yang dibandingkan dengan teori. Akan tetapi, pada penelitian sebelumnya tersebut tidak melakukan analisis mengenai pengaruh *noise* pada berbagai macam teknik modulasi digital tersebut serta nilai BER pada masing-masing teknik modulasi.

Apabila membicarakan mengenai pengiriman sebuah sinyal yang berisi informasi melalui sebuah medium pasti tidak lepas dari adanya gangguan atau *noise*. Menurut White (2013), *noise* adalah suatu besaran listrik atau energi elektromagnetik yang mendegradasi kualitas dari sinyal terkirim. *Noise* dapat ditemukan pada setiap sistem transmisi atau pengiriman sinyal. Efek gangguan dari *noise* ini dapat berupa gangguan yang sangat kecil maupun besar hingga dapat menyebabkan kerusakan pada sinyal yang berisi informasi tertentu. *Noise* dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudonya, memperlambat waktu dan bentuk-bentuk perubahan lainnya. Pada proses transmisi, urutan bit-bit bisa mengalami kerusakan akibat adanya *noise*. Sehingga menyebabkan beberapa atau keseluruhan bit-bit yang tiba pada *receiver* mengalami

*error* atau kesalahan pembacaan. Misalnya bit-bit yang dikirim adalah 1010 namun yang diterima menjadi 1110. Angka yang menunjukkan dari *error* yang terjadi pada saat pengiriman bit-bit informasi disebut dengan BER (*Bit Error Rate*). Dampak *noise* dapat diketahui dengan meningkatkan perbandingan sinyal dengan *noise* (*Signal to Noise Ratio*). Selain itu untuk mengetahui pengaruh *noise*, karakteristik *channel* memainkan peran penting dalam mempelajari, memilih, dan merancang skema modulasi. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan *channel* AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) untuk mengetahui kinerja masing-masing teknik modulasi.

Penelitian mengenai pengaruh gangguan atau *noise* pada teknik modulasi digital perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas sinyal terkirim pada beberapa jenis teknik modulasi digital. Penelitian ini dapat mengetahui seberapa kebal teknik modulasi tersebut terhadap gangguan yang mungkin terjadi pada saat transmisi data, serta dapat memilih teknik modulasi yang tepat untuk dilakukan atau digunakan dalam proses transmisi data. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini mengambil judul “Analisis Kualitas Sinyal Terkirim Pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya *Noise*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini ialah bagaimana kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital akibat adanya *noise*.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. *Noise* dibangkitkan dengan *channel Additive White Gaussian Noise* (AWGN).
2. Penentuan kualitas sinyal terkirim menggunakan nilai *Bit Error Rate* (BER).
3. Teknik modulasi yang digunakan yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), dan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*).

#### 1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital akibat adanya *noise*.

#### 1.5 Manfaat

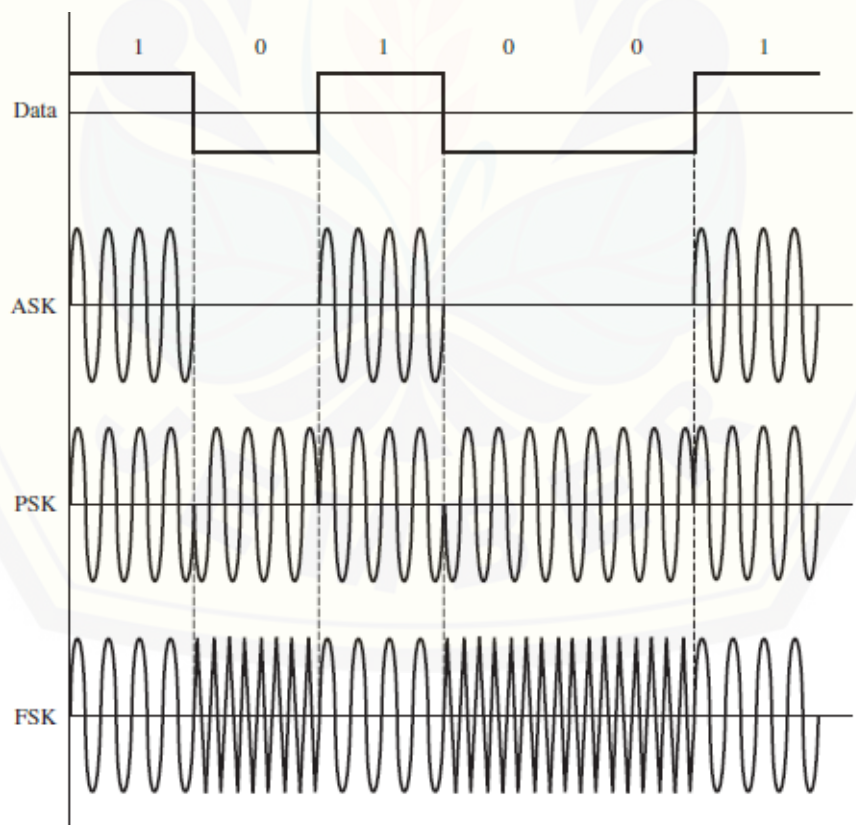
Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik (*waveform*) berbagai teknik modulasi digital melalui model modulasi yang telah dibuat.
2. Mengetahui pengaruh *noise* pada teknik modulasi digital.
3. Mengetahui nilai BER masing-masing teknik modulasi.
4. Mengetahui kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital.
5. Memberikan informasi dalam memilih modulasi yang tepat.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Modulasi

Menurut Roddy dan Coolen (1984), memodulasi berarti mengatur, atau menyetel, dan dalam telekomunikasi tepatnya ini berarti mengatur suatu parameter dari suatu pembawa (*carrier*) frekuensi tinggi dengan sinyal informasi yang berfrekuensi lebih rendah. Keperluan akan modulasi mula-mula timbul dalam transmisi radio dari sinyal-sinyal frekuensi rendah (misalnya frekuensi audio). Parameter-parameter gelombang yang dapat dimodulasi adalah amplitude, frekuensi, dan fasenya sehingga dalam bentuk digital dikenal dengan modulasi ASK (*Amplitude Shift Keying*), FSK (*Frequency Shift Keying*), dan PSK (*Phase Shift Keying*). Bentuk dari masing-masing teknik modulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 sedangkan, kebalikan dari modulasi disebut dengan demodulasi.



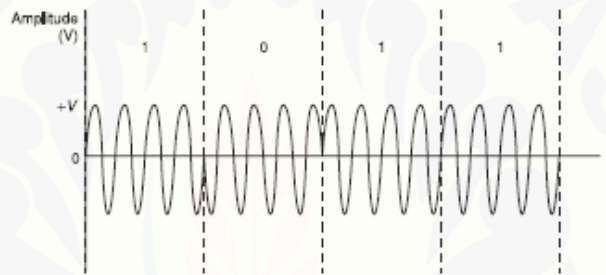
Gambar 2.1 Modulasi digital (Sumber: Ziemer dan Tranter, 2015)

### 2.1.1 BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)

Menurut White (2013), PSK (*Phase Shift Keying*) adalah suatu teknik modulasi digital yang mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi memiliki sudut fase yang berbeda. Modulasi *Phase Shift Keying* merepresentasikan bit 0 dan bit 1 dengan mengubah fase dari bentuk gelombang. Bit *input* dipetakan ke dalam bentuk gelombang keluaran dengan bentuk:

$$s(t) = A\cos(\omega t + \theta) \quad (2.1)$$

dan bit informasi terdapat dalam fase  $\theta$ , atau dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 PSK (*Phase Shift Keying*) (Sumber: Duck dan Read, 2003)

Modulasi fase ini memiliki variasi PSK yang berbeda tergantung pada fase yang memodulasinya, yang paling sederhana yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Jika bit-bit informasi yang akan ditransmisikan, dimodulasikan secara BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) maka bit-bit informasi 0 atau 1 akan direpresentasikan ke dalam suatu bentuk gelombang dengan fase tertentu, apabila bit informasinya merupakan bit 0, maka bentuk gelombang keluaran dapat dirumuskan dengan:

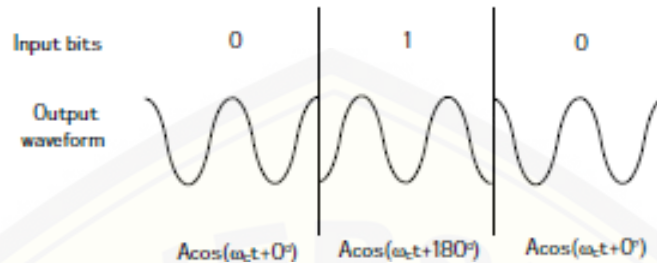
$$A\cos(\omega_c t + 0^\circ) \quad (2.2)$$

dan jika bit 1 akan menjadi bentuk gelombang:

$$A\cos(\omega_c t + 180^\circ) \quad (2.3)$$



Gambar 2.3 di bawah ini menunjukkan yang terjadi pada modulasi BPSK ketika diberi *input* bit 010.



Gambar 2.3 Modulasi BPSK (Sumber: Nassar, 2001)

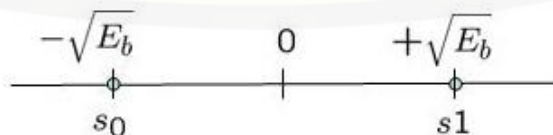
Pada setiap bit informasi baik 0 ataupun 1 akan menghasilkan bentuk gelombang keluaran yang berbeda. Bentuk gelombang keluaran modulasi BPSK diuraikan pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 *Output waveform* BPSK

<i>Input bits</i>	<i>Output waveform</i>	<i>Output waveform (shorthand form)</i>
0	$s_0(t) = A \cos(\omega_c t + 0^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 0^\circ) \cdot \pi(t - iT)$
1	$s_1(t) = A \cos(\omega_c t + 180^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 180^\circ) \cdot \pi(t - iT)$

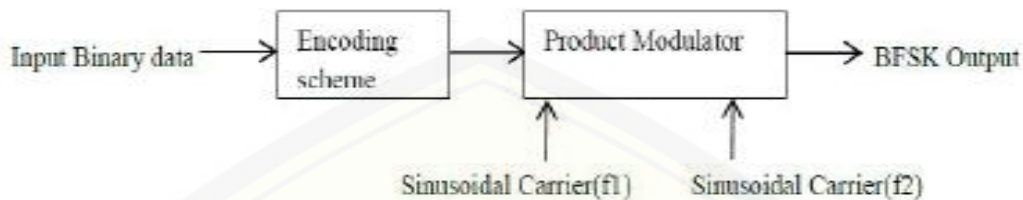
Sumber: Nassar (2001)

Ketika bit 1 atau 0 dimodulasikan secara BPSK dan ditransmisikan, bit informasi direpresetasikan dengan gelombang yang berfase  $0^\circ$  dan  $180^\circ$ , sehingga didapatkan diagram konstelasi pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Diagram konstelasi BPSK (Sumber: Sklar, 2001)

BPSK dapat digambarkan dengan diagram blok seperti pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Diagram blok BPSK (Sumber: Sushmaja, 2013)

### 2.1.2 BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*)

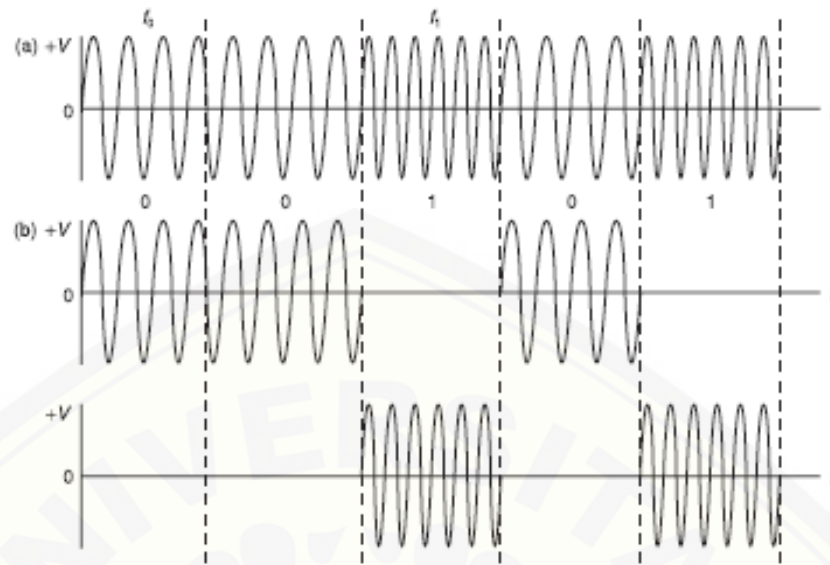
Modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) atau dapat diterjemahkan dengan penguncian penggeseran frekuensi, sinyal pemodulasi digunakan untuk memodulasi frekuensi sinyal pembawa (*carrier*) yang berupa sinyal sinusoidal. Sinyal informasi yang mempunyai masukan (*input*) bit “0” maka akan ditransmisikan oleh sistem pada frekuensi tertentu misalnya  $f_1$ , sedangkan jika sinyal informasi mempunyai masukan (*input*) bit “1” maka sistem akan mentransmisikan suatu frekuensi yang lain, misalnya  $f_2$ . Sinyal FSK (*Frequency Shift Keying*) yang ditransmisikan adalah sinyal sinusoidal dengan amplitudo konstan, tetapi dengan frekuensi berbeda sesuai dengan masukan data pada modulator (Xiong, 2000).

Ilustrasi jenis modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*), dengan mentransmisikan frekuensi tinggi untuk data bit “1” dan frekuensi rendah untuk data bit “0” adalah sebagai berikut

Bit “1” → frekuensi tinggi ( $f_2$ )

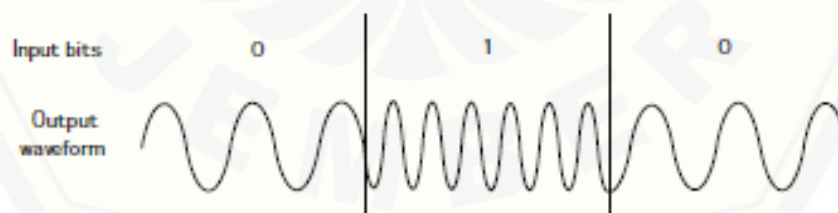
Bit “0” → frekuensi rendah ( $f_1$ )

Modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) secara lebih jelas dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 FSK (*Frequency Shift Keying*) (Sumber: Duck dan Read, 2003)

Salah satu jenis dari modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) yang paling sederhana adalah modulasi *Binary Frequency Shift Keying* atau biasa disingkat dengan BFSK. Sinyal termulasi BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*) memiliki amplitudo yang konstan, tetapi memiliki dua buah frekuensi sinyal pembawa yang merepresentasikan bit bit informasi dari *source*. Jika bit informasi 1, maka yang digunakan frekuensi  $f_1$  dan jika bit 0, maka digunakan frekuensi  $f_2$ .



Gambar 2.7 BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*) (Sumber: Duck dan Read, 2003)

Gambar 2.7 menunjukkan modulasi BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*) ketika suatu deret bit informasi 010 dimodulasi secara BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), maka bentuk gelombang *output* yang dihasilkan akan memiliki dua frekuensi yang berbeda. Masing-masing frekuensi merepresentasikan sebuah bit

informasi. Nilai 2 *binary* digambarkan oleh 2 perbedaan frekuensi. Data = 1, frekuensi  $f_1$  dirumuskan dengan persamaan 2.4 di bawah ini:

$$s(t) = A \cos 2\pi f_1 t \tag{2.4}$$

Data = 0, frekuensi  $f_2$  dirumuskan dengan persamaan:

$$s(t) = A \cos 2\pi f_2 t \tag{2.5}$$

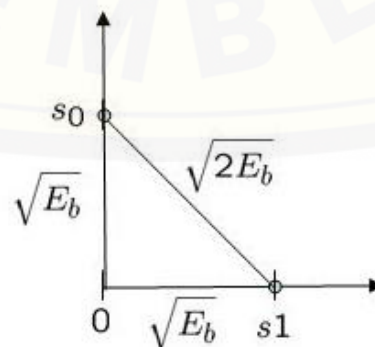
Bentuk gelombang keluaran modulasi BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*) dapat diurikan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 *Output waveform BFSK*

<i>Input bits</i>	<i>Output waveform</i>	<i>Output waveform (shorthand form)</i>
0	$s_0(t) = A \cos((\omega_c + \omega_0)t), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos((\omega_c + \omega_0)t) \cdot \pi(t - iT)$
1	$s_1(t) = A \cos((\omega_c + \omega_1)t), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos((\omega_c + \omega_1)t) \cdot \pi(t - iT)$

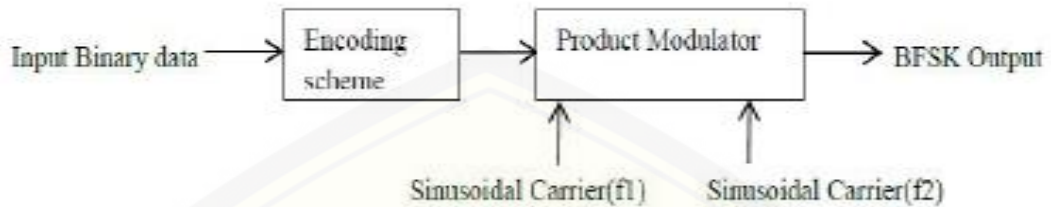
Sumber: Nassar (2001)

BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*), bit 0 dan 1 direpresentasikan oleh sinyal  $S_1$  dan  $S_2$  yang mempunyai frekuensi  $f_1$  dan  $f_2$ , sehingga diagram konstelasi dari BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*) adalah seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram konstelasi BFSK (Sumber: Sklar, 2001)

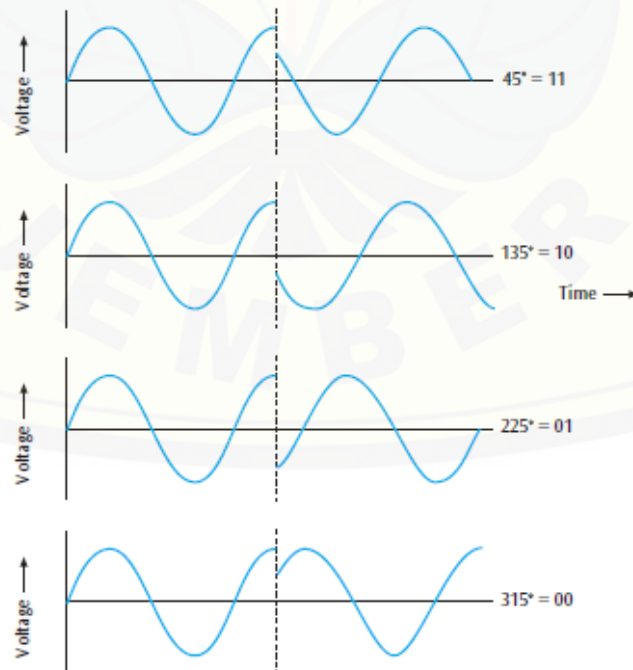
BFSK dapat digambarkan dengan diagram blok seperti pada Gambar 2.9 di bawah ini.



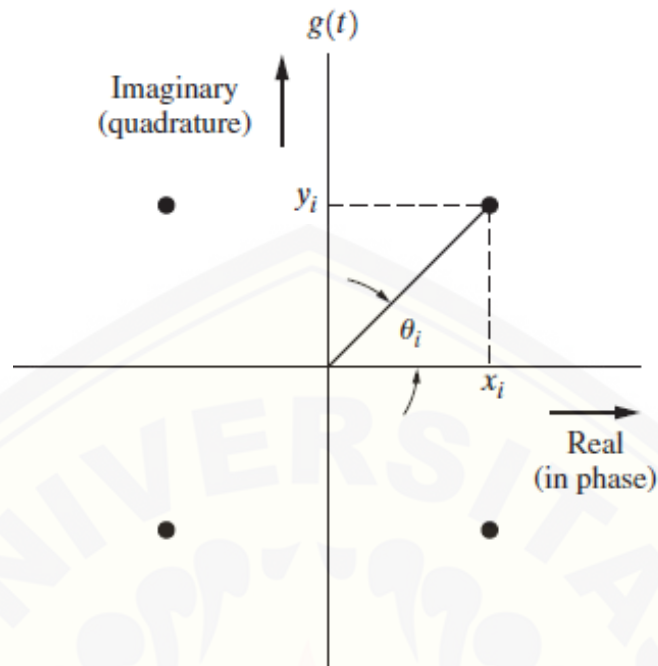
Gambar 2.9 Diagram blok BFSK (Sumber: Sushmaja, 2013)

### 2.1.3 QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

Menurut White (2013), Modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) menggabungkan 4 fase yang berbeda, masing-masing merepresentasikan 2 bit. Fase  $45^\circ$  merepresentasikan nilai data 11,  $135^\circ$  merepresentasikan 10, pergeseran fase  $225^\circ$  merepresentasikan 01, dan  $315^\circ$  merepresentasikan 00. Gambar 2.10 menunjukkan gambaran 4 pergeseran fase yang berbeda dari QPSK, sehingga apabila digambarkan dalam diagram konstlelasi ditunjukkan seperti Gambar 2.11



Gambar 2.10 Fase dalam QPSK (Sumber: White, 2013)

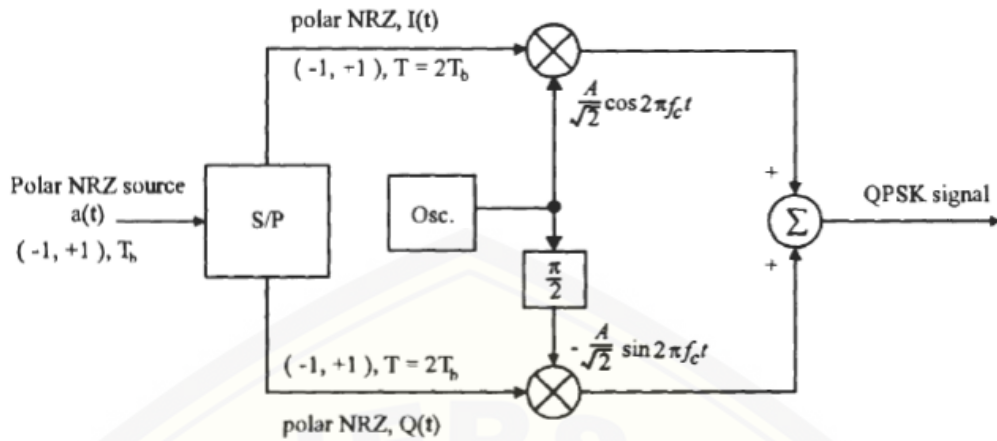


Gambar 2.11 Diagram konstlelasi QPSK (Sumber: Couch, 2013)

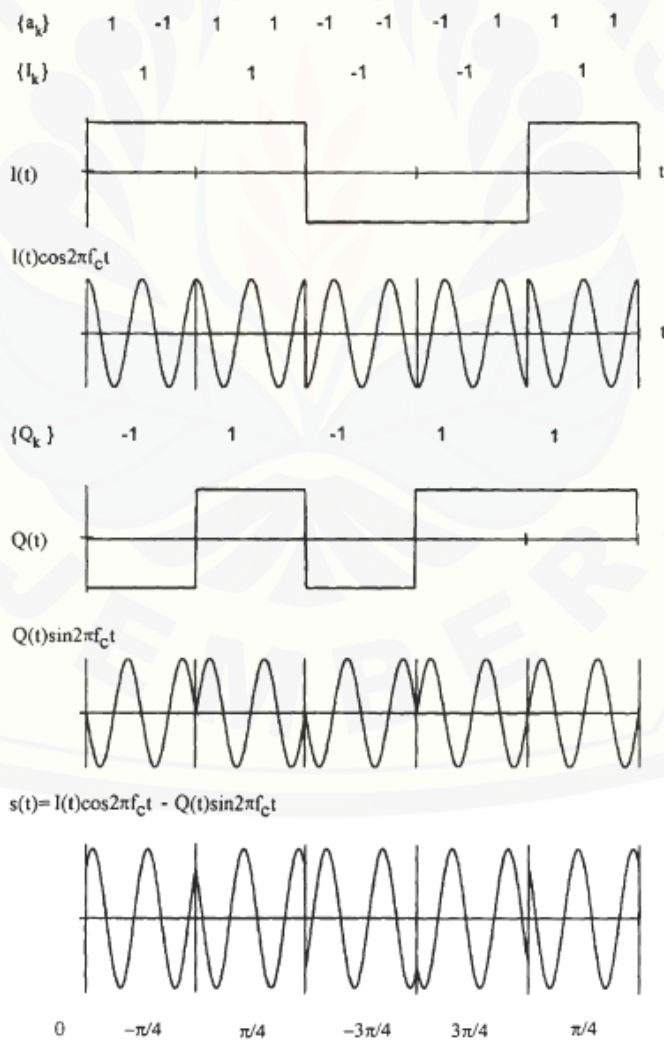
Sinyal termodulasi QPSK dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c + \phi(t)) \quad (2.6)$$

Dimana,  $\phi(t) = 45, 135, 225, 315$ . QPSK mentransmiskan data dua kali lebih cepat dari BPSK. Modulator QPSK dapat disusun berdasarkan Gambar 2.12. Blok yang terdapat fungsi cos dinamakan *inphase* (I) dan blok dengan fungsi sin dinamakan *quadrature* (Q). Urutan data dipisahkan oleh konverter serial ke paralel (S/P) untuk membentuk *odd bits* urutan untuk *I-channel* dan urutan *even bits* untuk *Q-channel*. Keduanya memiliki amplitudo yang sama dan durasi T. I dan Q adalah sinyal BPSK kemudian keduanya ditambahkan sehingga menghasilkan sinyal akhir termodulasi QPSK seperti Gambar 2.13.



Gambar 2.12 Diagram blok QPSK (Sumber: Xiong, 2000)



Gambar 2.13 Modulasi QPSK (Sumber: Xiong,2000)

Modulator QPSK bekerja pada dua bit sekaligus. Setiap dua bit yang masuk ke modulator, modulator menghasilkan bentuk gelombang yang berbeda seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Output waveform QPSK*

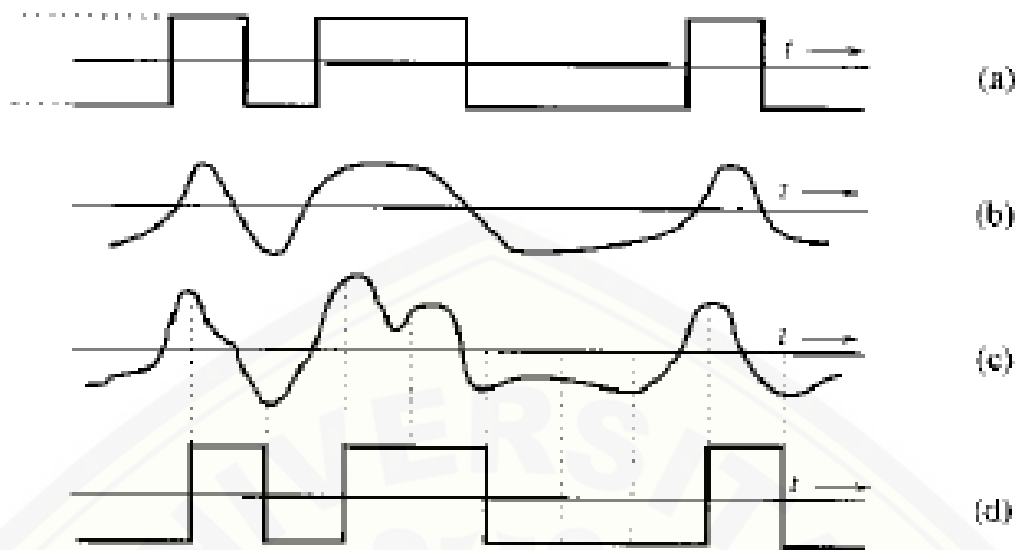
<i>Input bits</i>	<i>Output waveform</i>	<i>Output waveform (shorthand form)</i>
00	$s_0(t) = A \cos(\omega_c t + 45^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 45^\circ) \cdot \pi(t - iT)$
01	$s_1(t) = A \cos(\omega_c t + 135^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 135^\circ) \cdot \pi(t - iT)$
10	$s_1(t) = A \cos(\omega_c t + 225^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 225^\circ) \cdot \pi(t - iT)$
11	$s_1(t) = A \cos(\omega_c t + 315^\circ), iT \leq t < (i + 1)T$	$A \cos(\omega_c t + 315^\circ) \cdot \pi(t - iT)$

Sumber: Nassar (2001)

## 2.2 Noise

Noise adalah sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Sehingga bisa menyebabkan kesalahan transmisi data dan mengakibatkan lambatnya suatu pengiriman (*transfer*) informasi. Istilah *noise* digunakan dalam sistem komunikasi untuk menyatakan sinyal yang tidak dikehendaki atau diinginkan. Tambahan sinyal yang tidak diinginkan ini menyertai sinyal pesan pada saat proses transmisi data di antara pengirim dan penerima. Gambar 2.14 menunjukkan *noise* saat proses transmisi. Sinyal terkirim yang dipengaruhi *noise* menyebabkan sinyal berubah dari bentuk aslinya. Sinyal terkirim yang terditorsi *noise* dapat diterima dengan keadaan sama seperti aslinya setelah dilakukan regenerasi sinyal (White, 2013).





Gambar 2.14 (a) *Transmitted signal* (b) dan (c) sinyal terkirim yang terdistorsi noise (d) *regenerated signal* (Sumber: Lathi dan Ding, 2010)

Beberapa jenis *noise* yang terdapat dalam sistem komunikasi digital diantaranya adalah *thermal noise*, *shot noise*, *flicker noise*, *transient noise* (*sporadic noise*), dan *noise* kuantisasi. *Gaussian noise* merupakan suatu *noise* yang berhubungan dengan suhu material. Semakin tinggi suhunya, daya *noise* akan semakin besar. *Gaussian noise* dapat disebabkan oleh adanya pergerakan acak elektron bebas dalam rangkain atau sistem transmisi. *Shot noise* disebabkan oleh aliran electron. Hal ini dapat terjadi terutama pada komponen aktif. *Shot noise* memperbesar daya *noise*. *Flicker noise* berkaitan dengan ketidakteraturan hubungan dan permukaan pada katoda semikonduktor. *Flicker noise* ini dapat disebabkan oleh terjadinya fluktuasi konduktivitas mediumnya. *Flicker noise* memperbesar daya *noise* sebanding dengan panjang gelombang. *Transient noise* ditimbulkan oleh fenomena alam seperti petir dan sebab-sebab buatan manusia seperti sistem pengapian, sistem saklar, dan relai. Salah satu jenis *transient noise* yang paling sering terjadi adalah *impulse noise*. *Transient noise* dapat menyebabkan kesalahan dalam sinkronisasi. *Noise* kuantisasi timbul pada saat proses pengubahan sinyal analog menjadi sinyal digital akibat konversi level sinyal kontinyu ke bentuk

diskrit, terutama dirasakan pada sinyal yang memiliki level rendah (Mahmuzi, 2010).

### 2.2.2 Signal to Noise Ratio (SNR Atau S/N)

Menurut Heath (2012), *Noise* dapat menyebabkan timbulnya kesalahan dalam regenerasi sinyal pada proses transmisi. Biasanya ditentukan oleh perbandingan antara daya sinyal informasi dengan daya *noise* yang masuk ke dalam suatu sistem komunikasi atau biasa disebut dengan *signal to noise ratio* (SNR atau S/N). Proses transmisi informasi yang dikirim berupa bit-bit data dikenal juga perbandingan antara energi sinyal tiap bit (energi bit) terhadap daya *noise* (Eb/No). Performa (*performance*) dari suatu sistem komunikasi dinyatakan sebagai rasio sinyal terhadap *noise* (S/N). *Signal to noise ratio* (S/N atau SNR) adalah perbandingan daya sinyal yang dikehendaki terhadap daya *noise* (satuan dB), dalam sistem transmisi digital, dinyatakan dalam propabilitas kesalahan atau BER (*Bit Error Rate*).

$$\begin{aligned} \text{S/N (dB)} &= \text{level sinyal (dBm)} - \text{level noise (dBm)}. \\ &= 10 \text{ Log (S/N)} \end{aligned} \quad (2.7)$$

### 2.2.1 AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)

Pada sistem modulasi memerlukan adanya media transmisi, dalam hal ini media transmisi yang digunakan adalah sebuah *channel* yang disebut dengan *channel AWGN* (*Additive White Gaussian Noise*). Pada *channel AWGN* ini terdapat *noise* yang disebut *Gaussian Noise*. Distribusi *noise* pada *channel AWGN* ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(x - m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.8)$$

Keterangan :

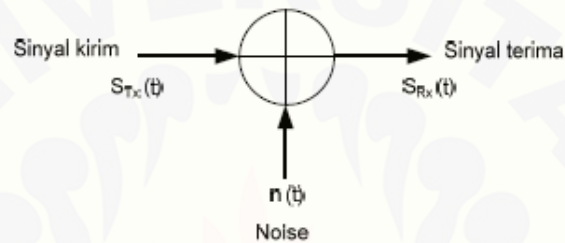
$p(x)$  : probabilitas kemunculan *noise*

$\sigma$  : standar deviasi

$m$  : rataaan (*mean*)

$x$  : variable (tegangan atau daya sinyal)

*channel* AWGN dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.15 berikut



Gambar 2.15 AWGN *Channel* (Sumber: Proakis, et al., 2013)

### 2.3 BER (*Bit Error Rate*)

Menurut Proakis, *et al.* (2013), *Bit Error Rate* (BER) adalah suatu rumusan kesalahan bit (*bit error*) yang terjadi selama transmisi data antara terminal pengirim dan terminal penerima. Kesalahan yang terjadi selama proses transmisi data antara data masukan dan keluaran diketahui dengan cara membandingkan antara data masukan total yang dikirim dengan jumlah data keluaran yang rusak setelah proses demodulasi. Persamaan *Bit Error Rate* tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

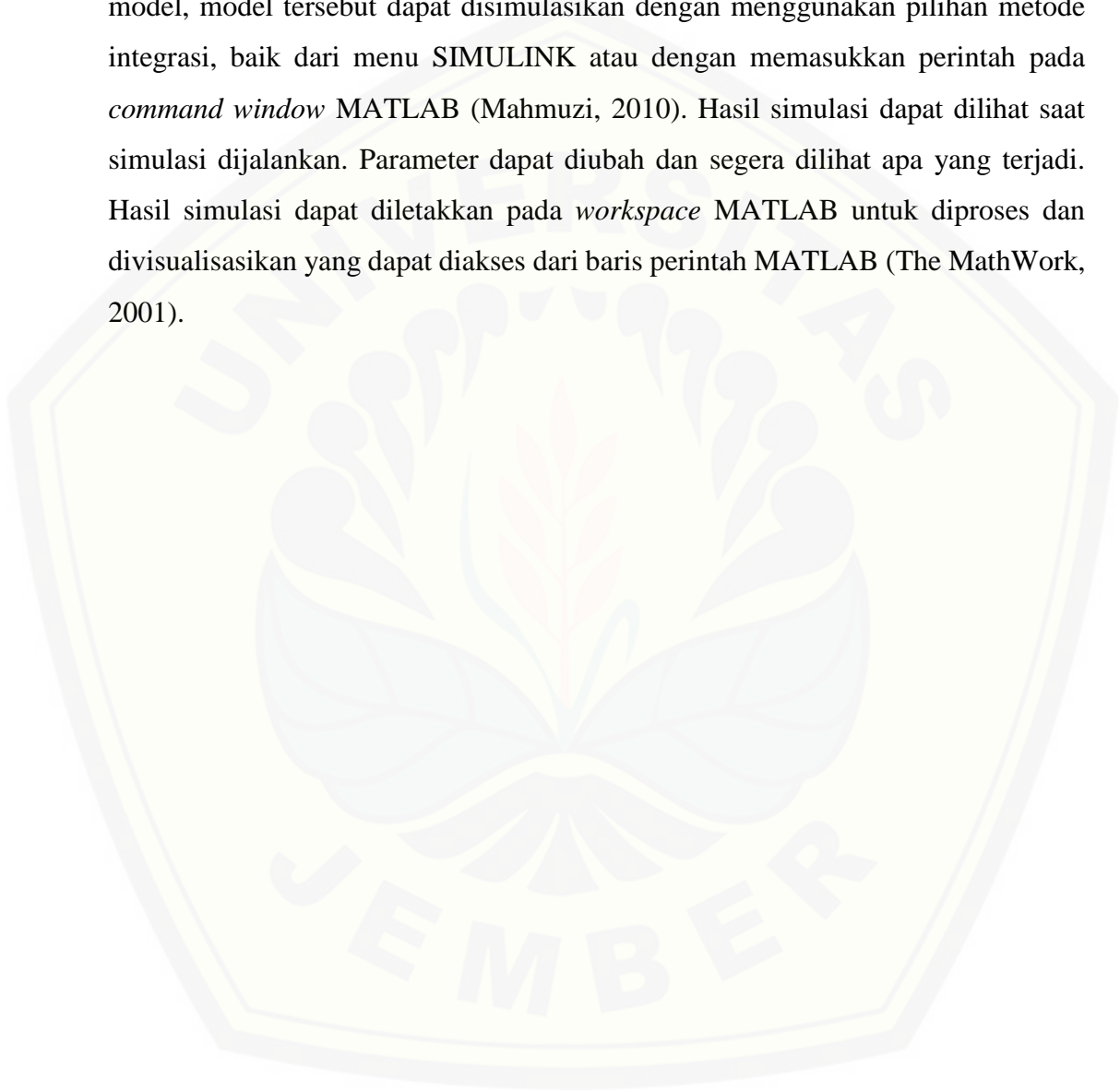
$$BER = \frac{\text{jumlah bit error}}{\text{jumlah total bit kirim}} \quad (2.9)$$

### 2.4 Simulink

Simulink adalah paket perangkat lunak MATLAB yang dapat digunakan untuk *modelling*, simulasi, serta analisis *dynamical* sistem (Buecher dan Weeks, 2008). Simulink menyediakan antarmuka pengguna grafis atau *Graphical User Interface* (GUI) untuk membangun model sebuah blok diagram dan juga termasuk

suatu blok perpustakaan (*library*) dari sink, sumber, linear dan nonlinear komponen, dan konektor (Karris, 2006).

MATLAB Simulink menyediakan informasi tentang bagaimana sebuah model yang disusun dari komponen yang saling berinteraksi. Setelah menentukan model, model tersebut dapat disimulasikan dengan menggunakan pilihan metode integrasi, baik dari menu SIMULINK atau dengan memasukkan perintah pada *command window* MATLAB (Mahmuzi, 2010). Hasil simulasi dapat dilihat saat simulasi dijalankan. Parameter dapat diubah dan segera dilihat apa yang terjadi. Hasil simulasi dapat diletakkan pada *workspace* MATLAB untuk diproses dan divisualisasikan yang dapat diakses dari baris perintah MATLAB (The MathWork, 2001).



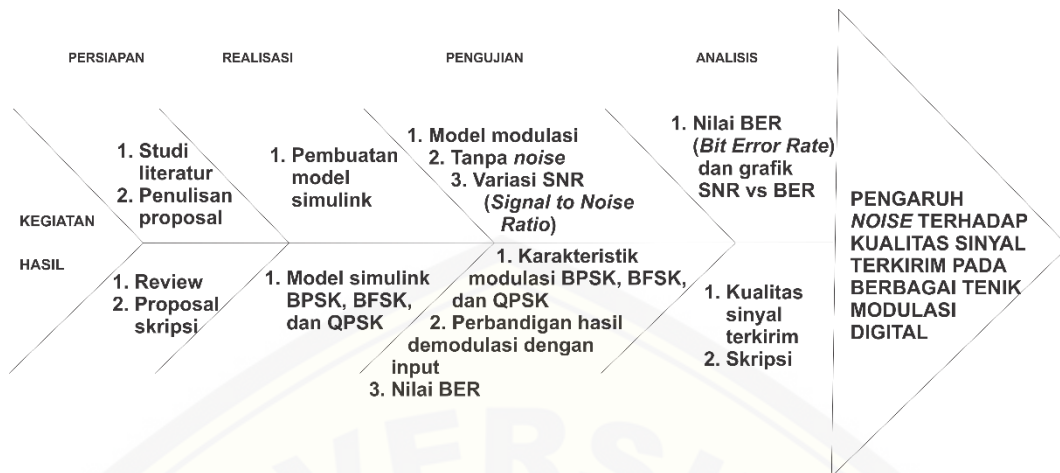
## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Serangkaian kegiatan penelitian ini dilakukan pada Bulan April 2018 sampai dengan selesai, dimana dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink. Penelitian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui pengaruh *noise* pada teknik modulasi digital yang nantinya dapat mempengaruhi kualitas sinyal terkirimnya.

Penelitian diawali dengan studi literatur sehingga akan didapatkan *review* yang menghasilkan sebuah perumusan permasalahan dan diikuti dengan pengkajian teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan untuk mendukung penelitian. Tahap selanjutnya dilakukan realisasi dengan membuat model Simulink masing-masing teknik modulasi yang digunakan (BPSK, BFSK, dan QPSK) yang kemudian akan dilakukan langkah-langkah pengujian pada masing-masing teknik modulasi. Langkah-langkah pengujian ini meliputi proses pengujian model modulasi, pengujian tanpa *noise*, dan pengujian pada variasi level SNR (*Signal to Noise Ratio*).

Hasil dari pengujian model Simulink yang diperoleh akan dilakukan analisis sehingga bisa ditarik kesimpulan dari penelitian ini. Metode yang digunakan untuk menguji hasil kinerja simulasi modulasi digital BPSK, BFSK, dan QPSK ini adalah perhitungan nilai BER (*Bit Error Rate*) dengan menghitung kesalahan bit yang terjadi pada proses demodulasi atau saat deretan bit informasi diterima dan membandingkannya dengan bit informasi awal yang dikirim. Rancangan penelitian dalam penelitian ini diuraikann dengan diagram *fishbone* berikut ini:



Gambar 3.1 *Fishbone chart* kegiatan penelitian

### 3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan berupa kegiatan simulasi teknik modulasi digital BPSK, BFSK, dan QPSK dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan didapatkan nilai BER (*Bit Error Rate*) masing-masing teknik modulasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer berupa bit-bit informasi yang dihasilkan secara acak oleh *bit generator*. Deret bit tersebut akan menjadi masukan (*input*) pada simulasi dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB Simulink.

#### 3.2.1 Variasi Data

Simulasi dilakukan dengan beberapa variasi seperti pada Tabel 3.1. Variasi yang dilakukan yaitu variasi teknik modulasi dan level SNR (*Signal to Noise Ratio*)

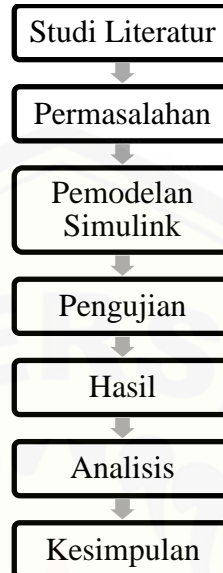
Tabel 3.1 Variasi data

Variasi Data	
SNR	Teknik Modulasi
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	BPSK
10	BFSK
11	QPSK
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

### 3.3 Definisi Operasional Variabel

Variabel merupakan suatu parameter-parameter yang berpengaruh dalam penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas dari penelitian ini adalah teknik modulasi dan *noise*. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang mengalami perubahan akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas sinyal terkirim.

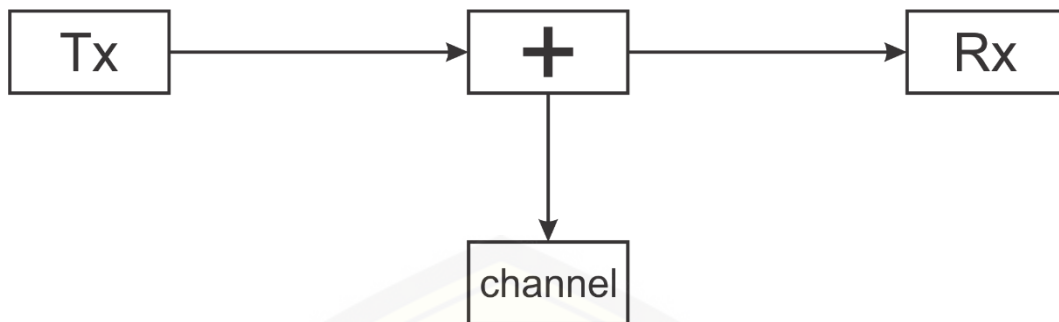
### 3.4 Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 3.2 Diagram kerangka pemecahan masalah

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2 yang diawali dengan studi literatur yang akan memperoleh suatu perumusan permasalahan mengenai bagaimanakah kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital akibat adanya *noise*. Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat menguji kinerja dari berbagai teknik modulasi digital diantaranya adalah BPSK, BFSK, dan QPSK apabila terdapat suatu gangguan-gangguan (*noise*) yang mungkin terjadi selama proses pengiriman bit-bit informasi atau biasanya disebut juga dengan transmisi data digital dan keterkaitannya dengan kualitas sinyal terkirimnya. Model Simulink dari BPSK, BFSK, QPSK, dan *channel* yang digunakan dalam hal ini yaitu *channel AWGN (Additive White Gaussian Noise)* dibuat dengan perangkat lunak MATLAB Simulink yang selanjutnya dilakukan proses penambahan masukan (*input*), modulasi, penambahan *noise* atau gangguan-gangguan, serta proses demodulasi. Secara umum proses transmisi data dapat dilihat pada Gambar 3.3.

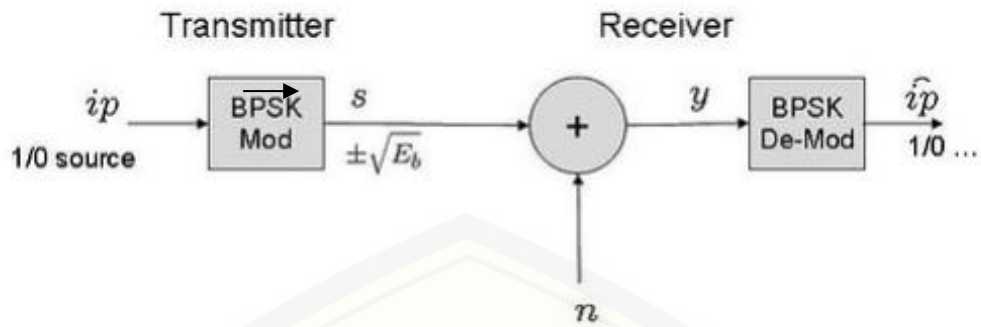




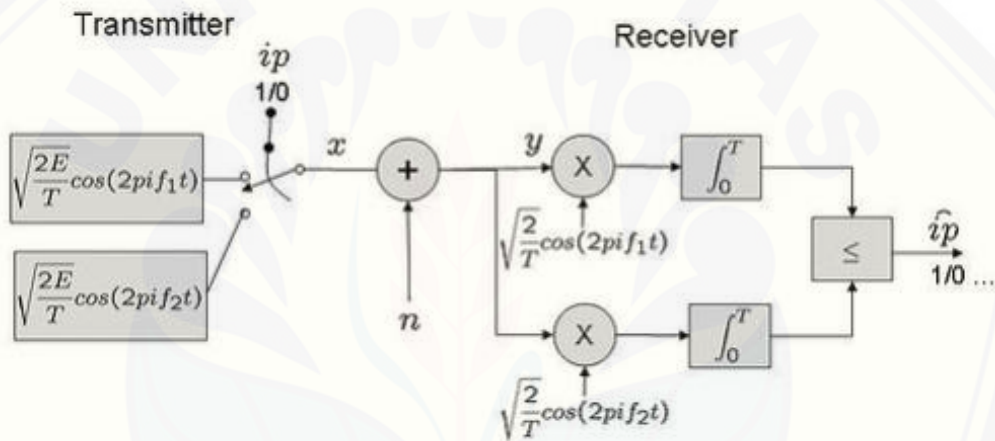
Gambar 3.3 Sistem transmisi

Sinyal yang berisi informasi dikirim dari Tx atau *transmitter* menuju ke Rx atau *receiver*. Bagian Tx melibatkan proses *input* data dari sumber atau *source* lalu terjadi proses modulasi. Setelah itu akan dikirim oleh *transmitter* menuju ke *receiver* melalui sebuah *channel* yang mana pada *channel* akan terdapat suatu gangguan atau *noise*. Bagian Rx melibatkan proses demodulasi yang akan mengubah sinyal yang diterima kembali menjadi bentuk data aslinya.

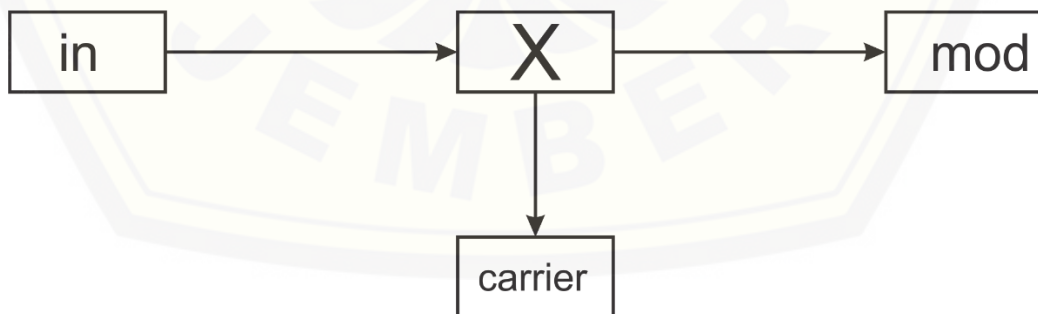
Data yang digunakan sebagai *source* dalam penelitian ini adalah data yang berupa deretan bit-bit yang dihasilkan secara random oleh *bit generator* dari pemodelan Simulink. Deretan bit-bit ini yang digunakan sebagai masukan (*input*) data simulasi. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya pengujian model modulasi, pengujian tanpa *noise*, dan pengujian dengan beberapa variasi level SNR. Variasi teknik modulasi digital yang digunakan yaitu BPSK, BFSK, dan QPSK. Pengujian model modulasi diharapkan akan menghasilkan karakteristik *waveform* modulasi sesuai dengan teori. Blok diagram model Simulink BPSK, BFSK, QPSK, serta *channel AWGN (Additive White Gaussian Noise)* diuraikan dalam Gambar 3.4, Gambar 3.5, Gambar 3.6, dan Gambar 3.7.



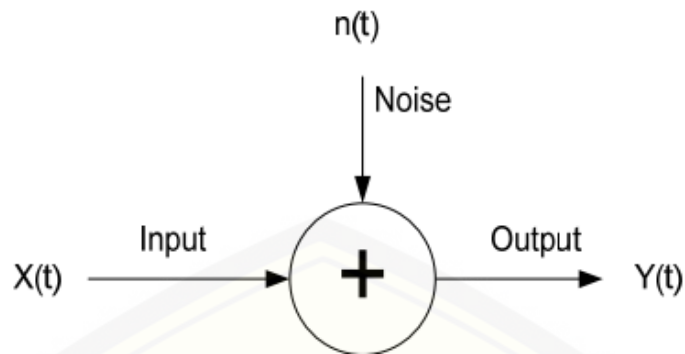
Gambar 3.4 Blok diagram BPSK



Gambar 3.5 Blok diagram BFSK



Gambar 3.6 Blok diagram QPSK



Gambar 3.7 AWGN Channel

Masing-masing teknik modulasi digital tersebut mentransmisikan data *input* yang berupa deret bit melalui sebuah *channel* yaitu AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) sebagai pembangkit *noise* yang dapat mengganggu saat proses transmisi data. Pengujian dilakukan pada variasi level SNR (*Signal to Noise Ratio*) 0dB-20dB untuk setiap teknik modulasi BPSK, BFSK, dan QPSK. Pengujian dengan beberapa variasi ini dimaksudkan untuk memberikan suatu gangguan pada sistem yang mana nantinya akan didapatkan respon yang berbeda-beda pada tiap pengujian pada variasi-variasi tersebut dan keterkaitannya dengan kualitas sinyal terkirim yang dihasilkan oleh masing-masing teknik modulasi yang dinyatakan dalam BER (*Bit Error rate*).

### 3.5 Metode Analisa Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu analisis hasil simulasi beberapa macam teknik modulasi digital berdasarkan nilai BER (*Bit Error Rate*). Metode yang digunakan untuk menguji hasil kinerja simulasi modulasi digital BPSK, BFSK, dan QPSK adalah BER (*Bit Error Rate*) dengan menghitung kesalahan bit yang terjadi pada proses demodulasi dan membandingkannya dengan bit informasi awal sebelum dikirim atau ditransmisikan. Nilai BER (*Bit Error Rate*) diperoleh dari hasil pengujian variasi level SNR untuk masing-masing teknik modulasi. Pengujian pada variasi level SNR (*Signal to Noise Ratio*) akan diketahui

kesalahan pembacaan bit-bit pada *receiver* akibat dari *noise* pada *channel* AWGN saat proses transmisi sehingga angka kesalahan itu dinyatakan dalam BER.

$$BER = \frac{\text{jumlah bit error}}{\text{jumlah total bit kirim}} \quad (3.1)$$

Tabel 3.2 Tabel pengujian

SNR (dB)	BER		
	BPSK	BFSK	QPSK
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Tabel 3.2 merupakan tabel yang akan digunakan untuk menganalisa pengaruh dari gangguan (*noise*) yang terjadi pada saat diuji dengan beberapa variasi level SNR terhadap nilai BER yang dihasilkan oleh masing-masing teknik modulasi. Nilai BER dan SNR tersebut akan digrafikkan dalam sebuah grafik SNR vs BER sehingga akan didapatkan kesimpulan dari penelitian ini.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kualitas sinyal terkirim pada teknik modulasi digital dapat dipengaruhi oleh *noise*. Gangguan ini menyebabkan kesalahan pembacaan bit pada *receiver*. Kualitas sinyal terkirim dinyatakan dalam nilai BER pada masing-masing teknik modulasi digital (BPSK, BFSK, dan QPSK). Modulasi BPSK dan QPSK menghasilkan nilai BER yang memiliki selisih kecil dalam simulasi, hal ini karena dalam teori nilai BER keduanya sama. Modulasi BPSK dan QPSK memiliki nilai BER yang lebih kecil dibandingkan dengan BFSK sehingga bisa dikatakan BPSK dan QPSK lebih baik daripada BFSK dalam hal ketahanan terhadap gangguan (*noise immunity*). QPSK mentransmisikan 2bit dalam satu waktu maka secara keseluruhan berdasarkan penelitian ini QPSK merupakan modulasi yang paling baik diantara ketiga modulasi.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa modulasi QPSK merupakan modulasi yang paling baik diantara BPSK dan BFSK. Modulasi QPSK merupakan salah satu jenis dari modulasi PSK dengan  $M = 4$ , sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan jenis-jenis modulasi PSK yang lainnya ( $M > 4$ ).

**DAFTAR PUSTAKA**

Beucher, O. dan M. Weeks. 2008. *Introduction to MATLAB & SIMULINK : a Project Approach*. Massachusetts: Infinity Science Press LLC.

Couch, L. W. 2013. *Digital and Analog Communication Systems*. 8<sup>th</sup> ed. New Jersey: Pearson Education, Inc.

Duck, M. dan R. Read. 2003. *Data Communications and Computer Networks for Computer Scientist and Engineers*. 2<sup>nd</sup> ed. England: Pearson Education Limited.

Haykin, S. dan M. Moher. 2007. *Introduction to Analog and Digital Communications*. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Heath, R. W. 2012. *Digital Communications*. Austin: National Technology and Science Press.

Jannah, F. 2010. Rancang Bangun dan Simulasi Berbagai Macam Varian FSK (*Frequency Shift Keying*). *Skripsi*. Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Karris, S. T. 2006. *Introduction to Simulink® with Engineering Applications*. USA: Orchard Publications.

Lathi, B. P. 1998. *Modern Digital and Analog Communication Systems*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Oxford University Press, Inc.

Lathi, B. P. dan Z. Ding. 2010. *Modern Digital and Analog Communication Systems*. 4<sup>th</sup> ed. New York: Oxford University Press.

Madhow, U. 2008. *Fundamentals of Digital Communication*. New York: Cambridge University Press.

Madhow, U. 2014. *Introduction to Communication Systems*. Santa Barbara: Cambridge University Press.

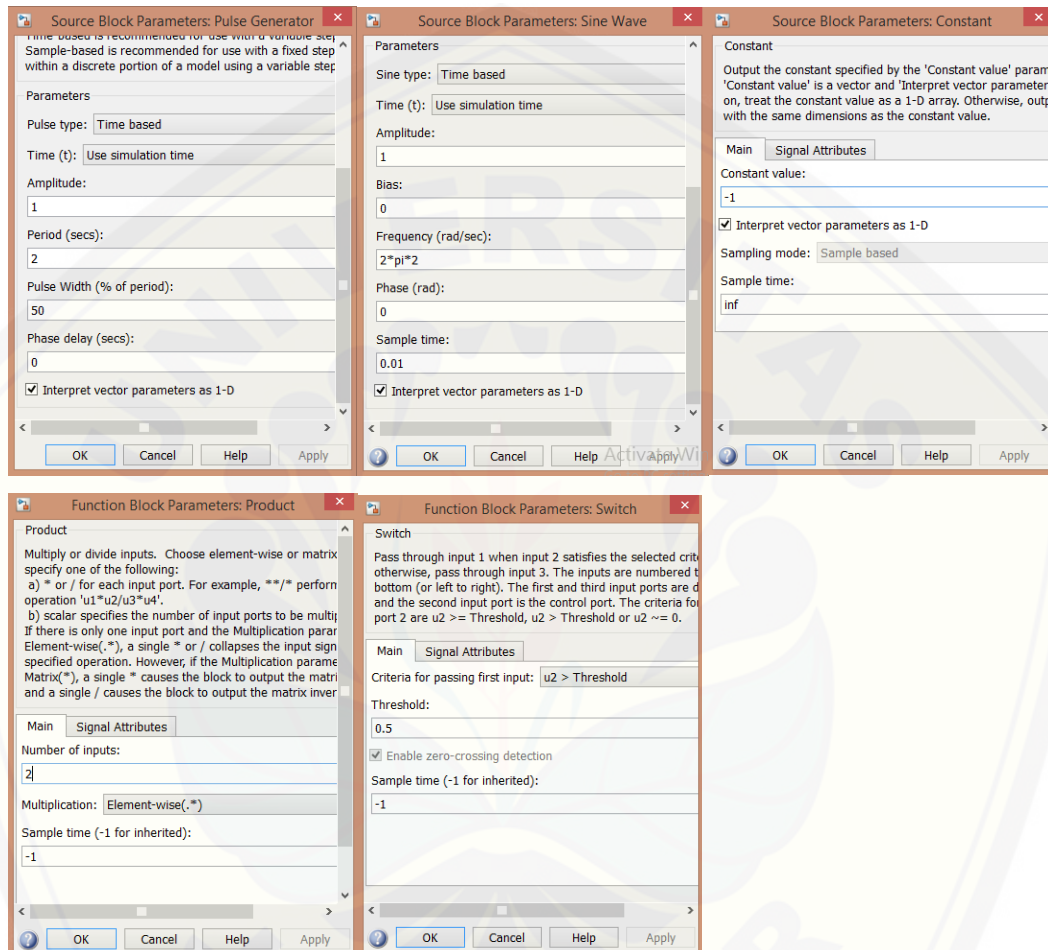
- Mahmuzi, I. 2010. Analisis dan Simulasi Berbagai Teknik Modulasi *Amplitude Shift Keying* (ASK) pada Kanal Berderau. *Skripsi*. Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Mu'awanah, B. 2014. Simulasi Teknik Modulasi Digital ASK, FSK, BPSK, dan QPSK Sebagai Media Pembelajaran Dasar Sistem Telekomunikasi. *Skripsi*. Malang: Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Kota Malang.
- Nassar, C. R. 2001. *Telecommunications Demystified*. Virginia: LLH Technology Publishing.
- Proakis, J. G., M. Salehi, dan G. Bauch. 2013. *Contemporary Communication Systems Using MATLAB®*. 3<sup>rd</sup> ed. Stamford: Cengage Learning.
- Roddy, D. dan J. G. Coolen. 1984. *Electronic Communications*. 3<sup>rd</sup> ed. Canada: Brady. Terjemahan oleh K. Idris. 1984. *Komunikasi Elektronika*. Edisi Ketiga. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Sklar, B. 2001. *Digital Communications; Fundamentals and Applications*. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Sushmaja, K. 2013. Implementayion of Binary Shift Keying Techniques. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 4(6): 2581-2583.
- The MathWorks. 2001. *Signal Processing Toolbox*. Massachusetts: The MathWorks, Inc.
- White, C. M. 2013. *Data Communications and Computer Networks: A Business User's Approach*. 7<sup>th</sup> ed. USA: Course Technology.
- Xiong, F. 2000. *Digital Modulation Techniques*. Norwood: Artech House, Inc.
- Ziemer, R. E. dan W. H. Tranter. 2015. *Principles of Communications*. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.



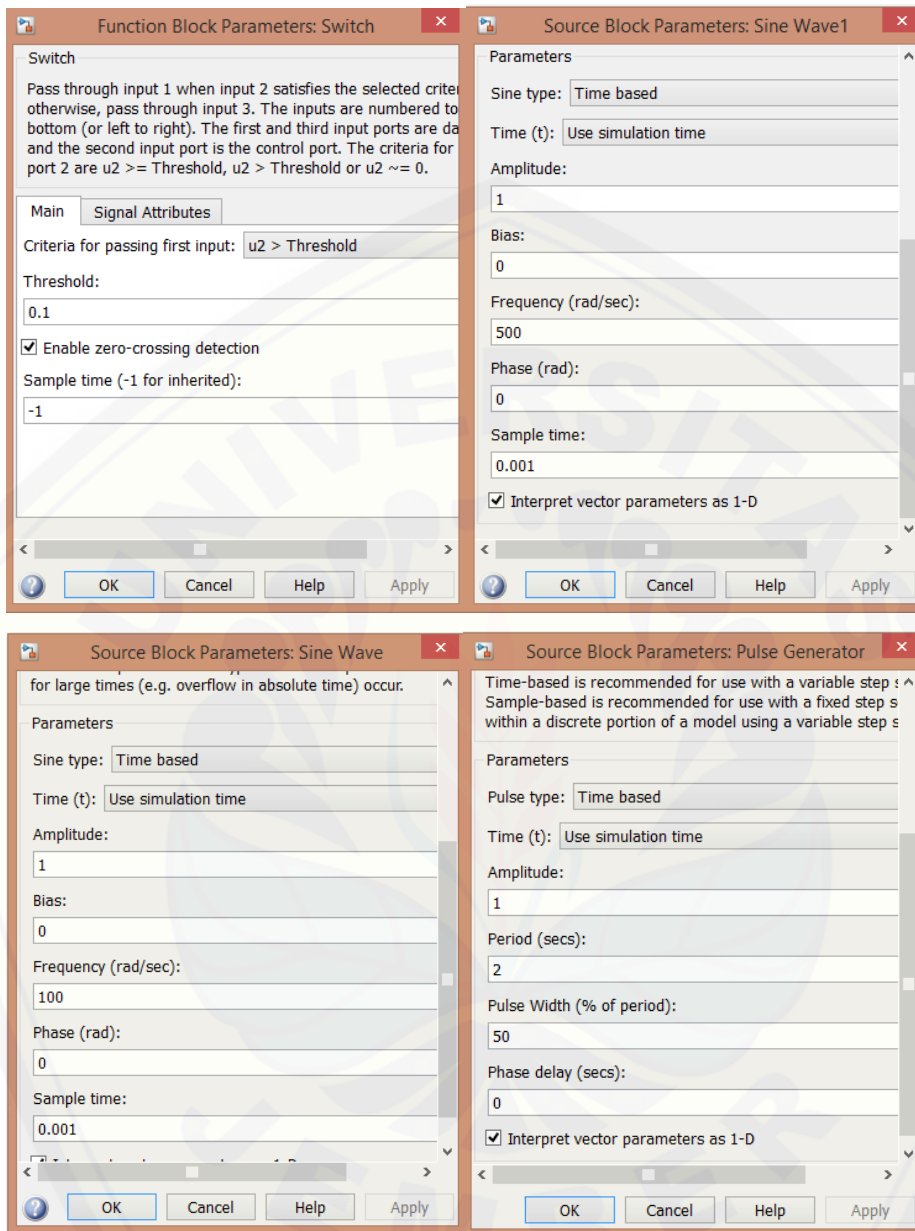
## LAMPIRAN

### Lampiran 4.1 Parameter blok model modulasi

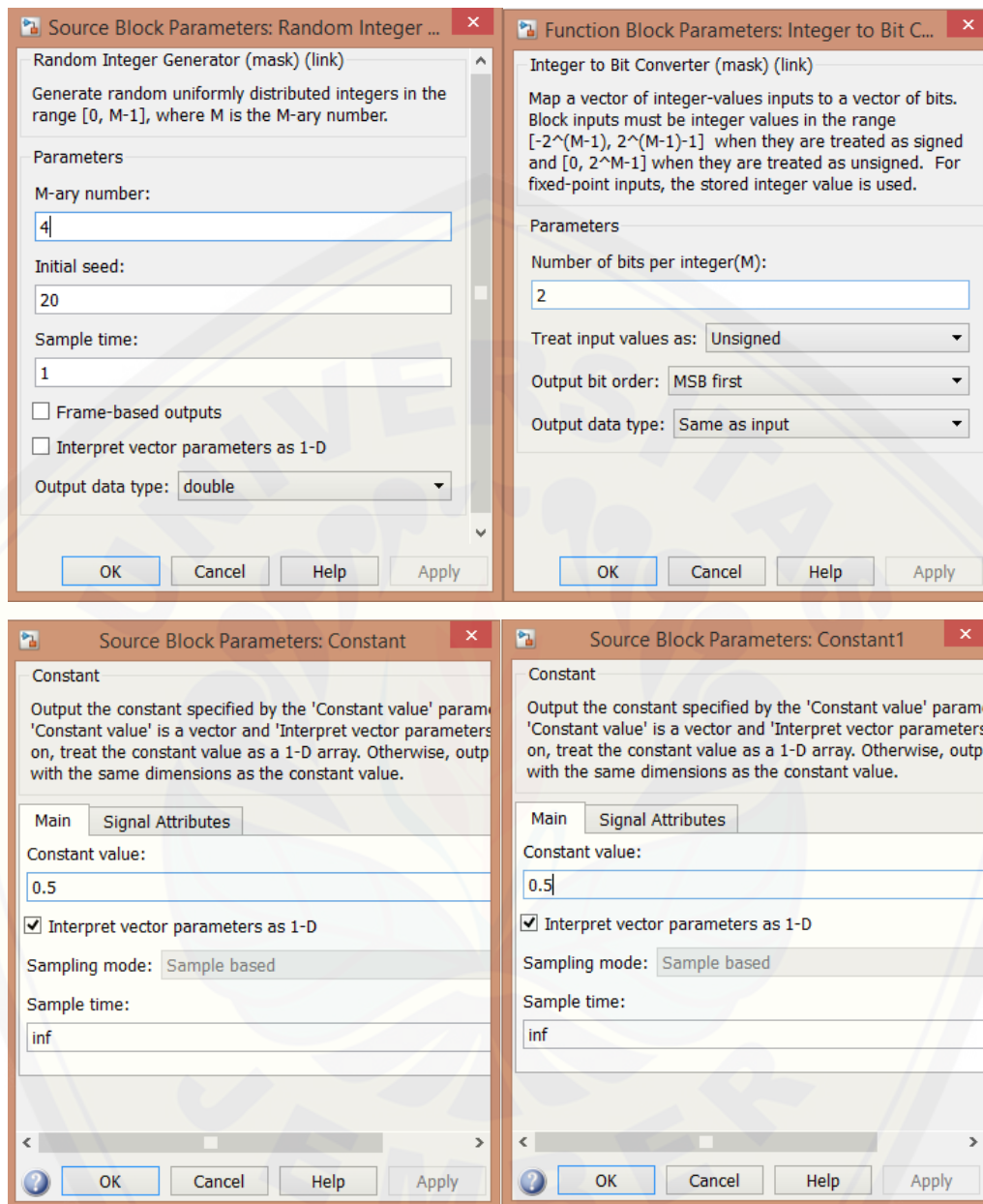
#### 4.1.1 Model modulasi BPSK

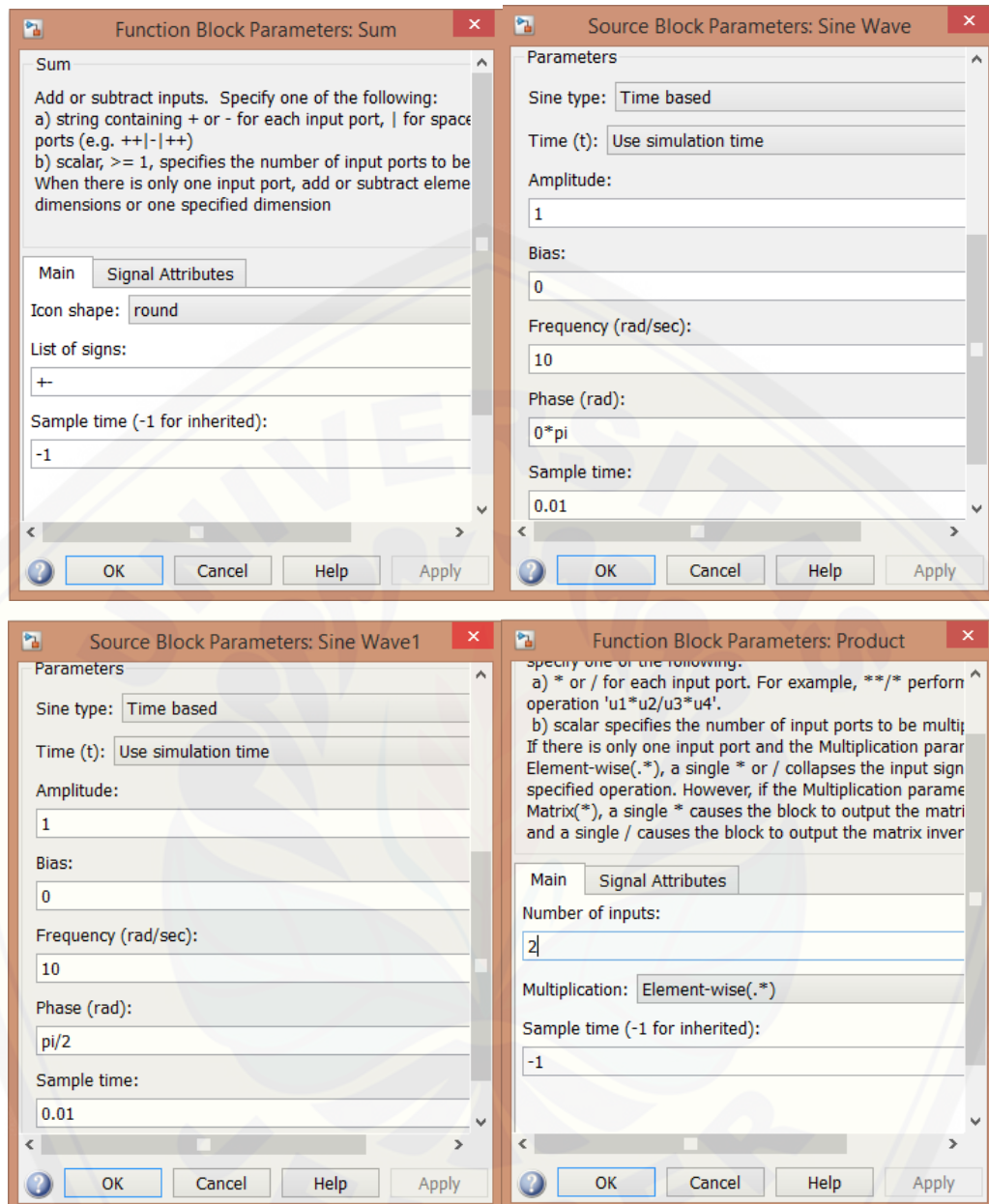


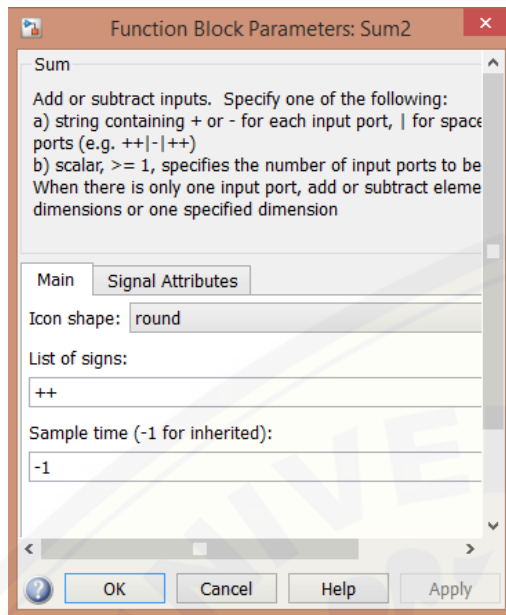
### 4.1.2 Model modulasi BFSK



## 4.1.3 Model modulasi QPSK

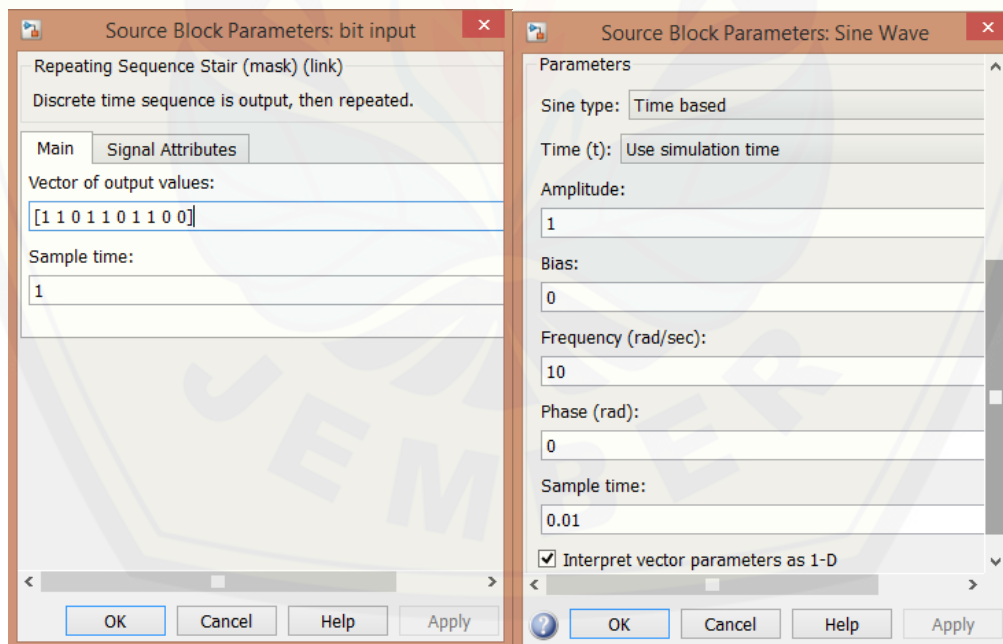


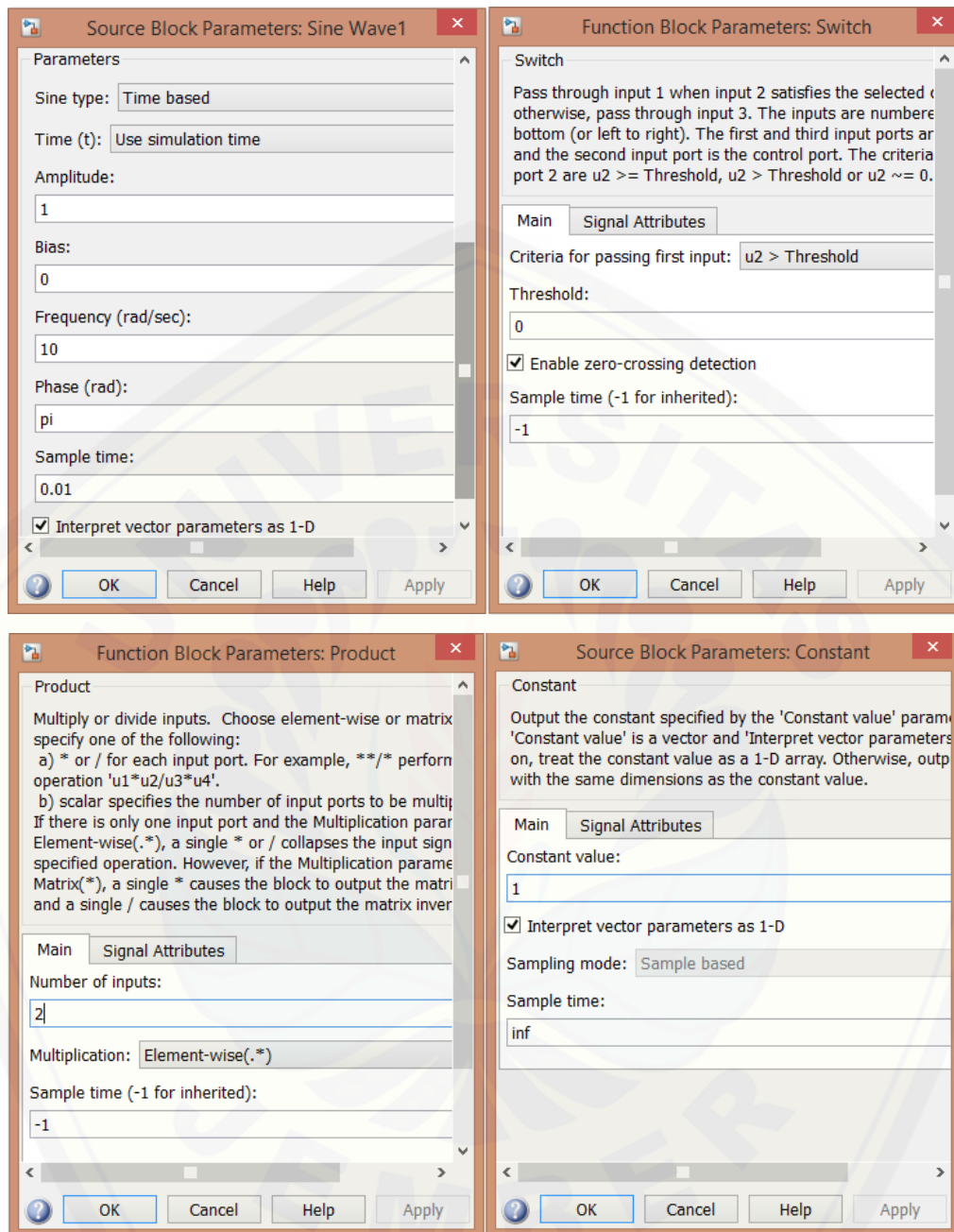


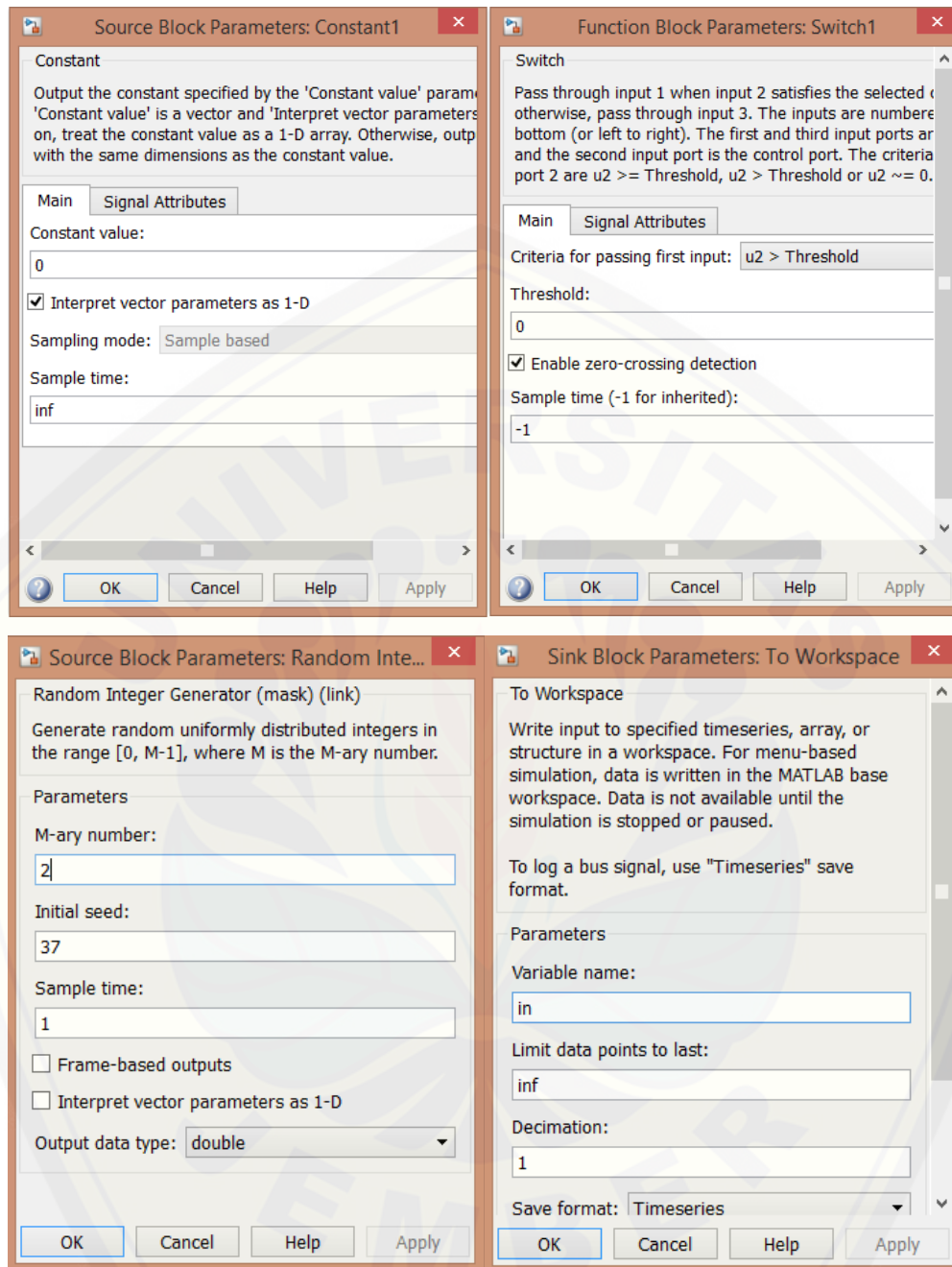


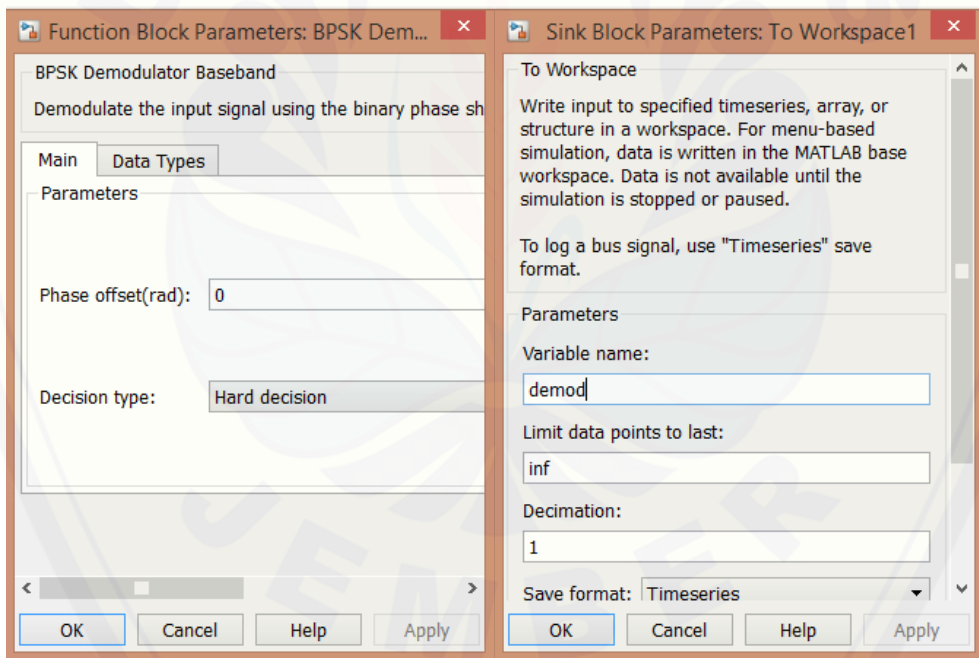
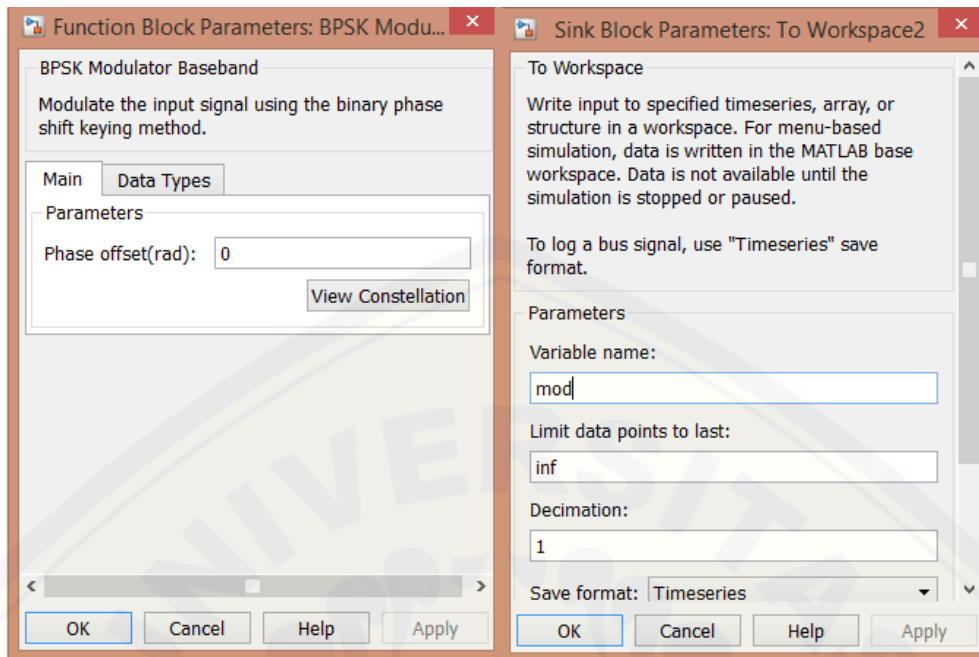
## Lampiran 4.2 Parameter blok pengujian tanpa *noise*

### 4.2.1 Pengujian tanpa *noise* modulasi BPSK

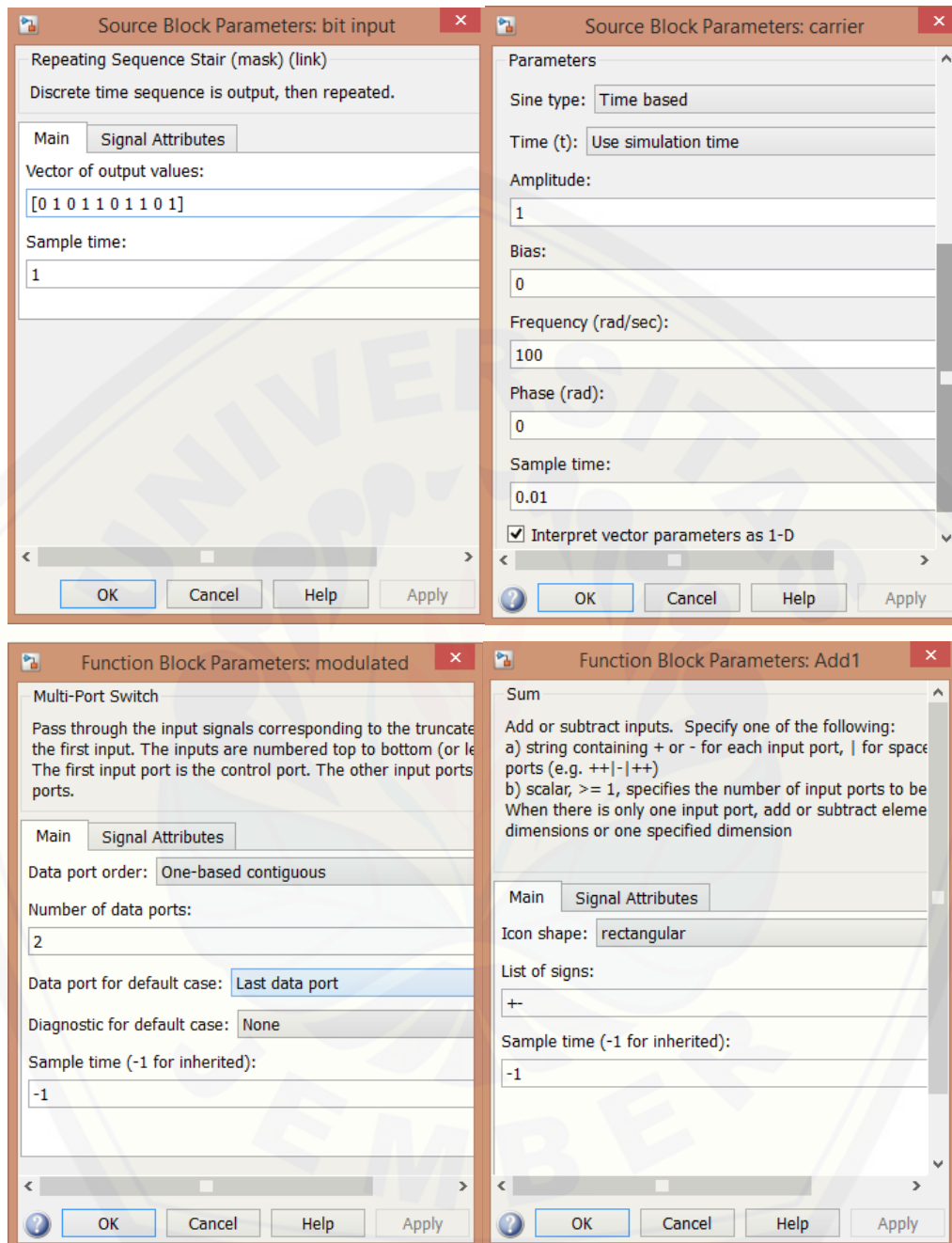


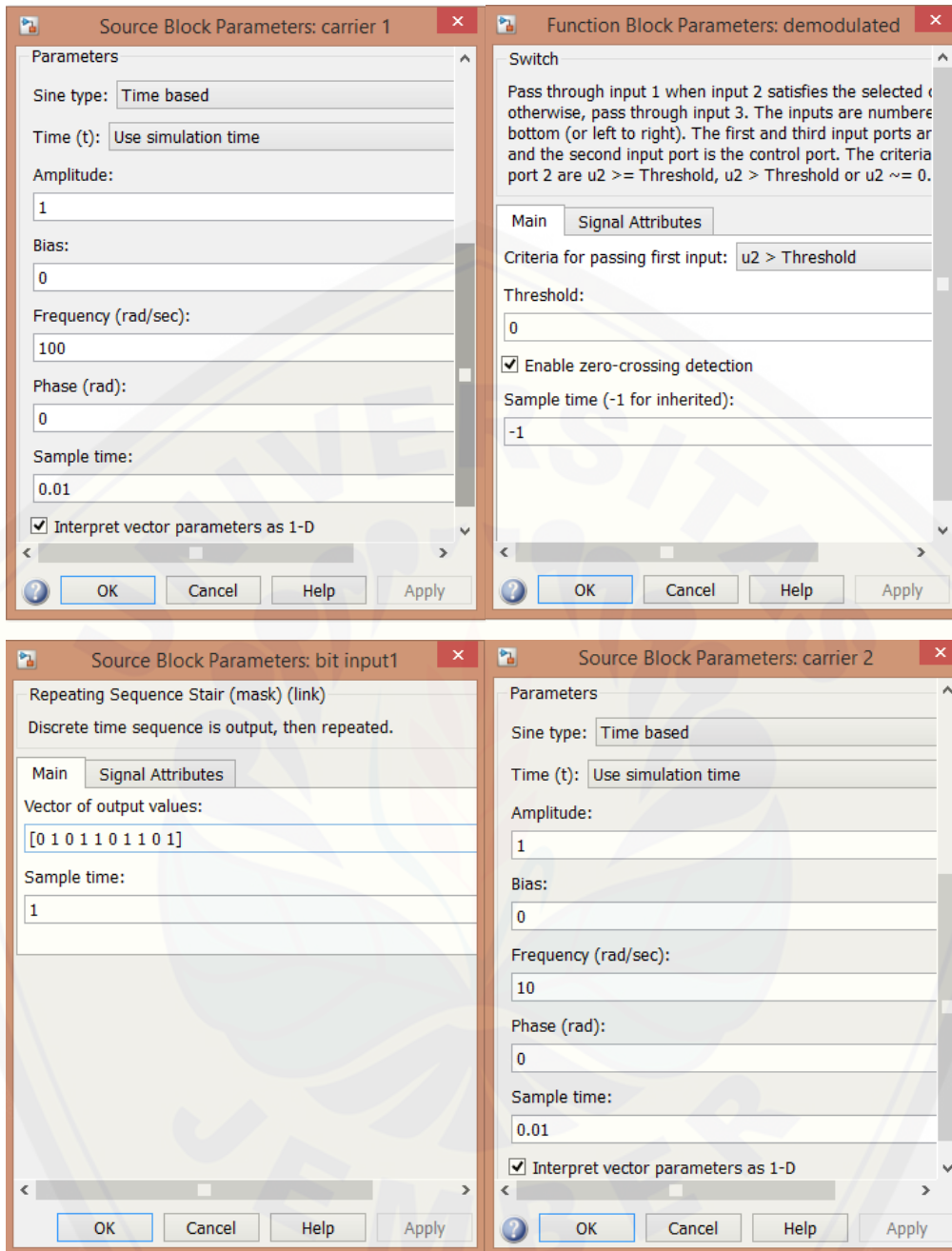


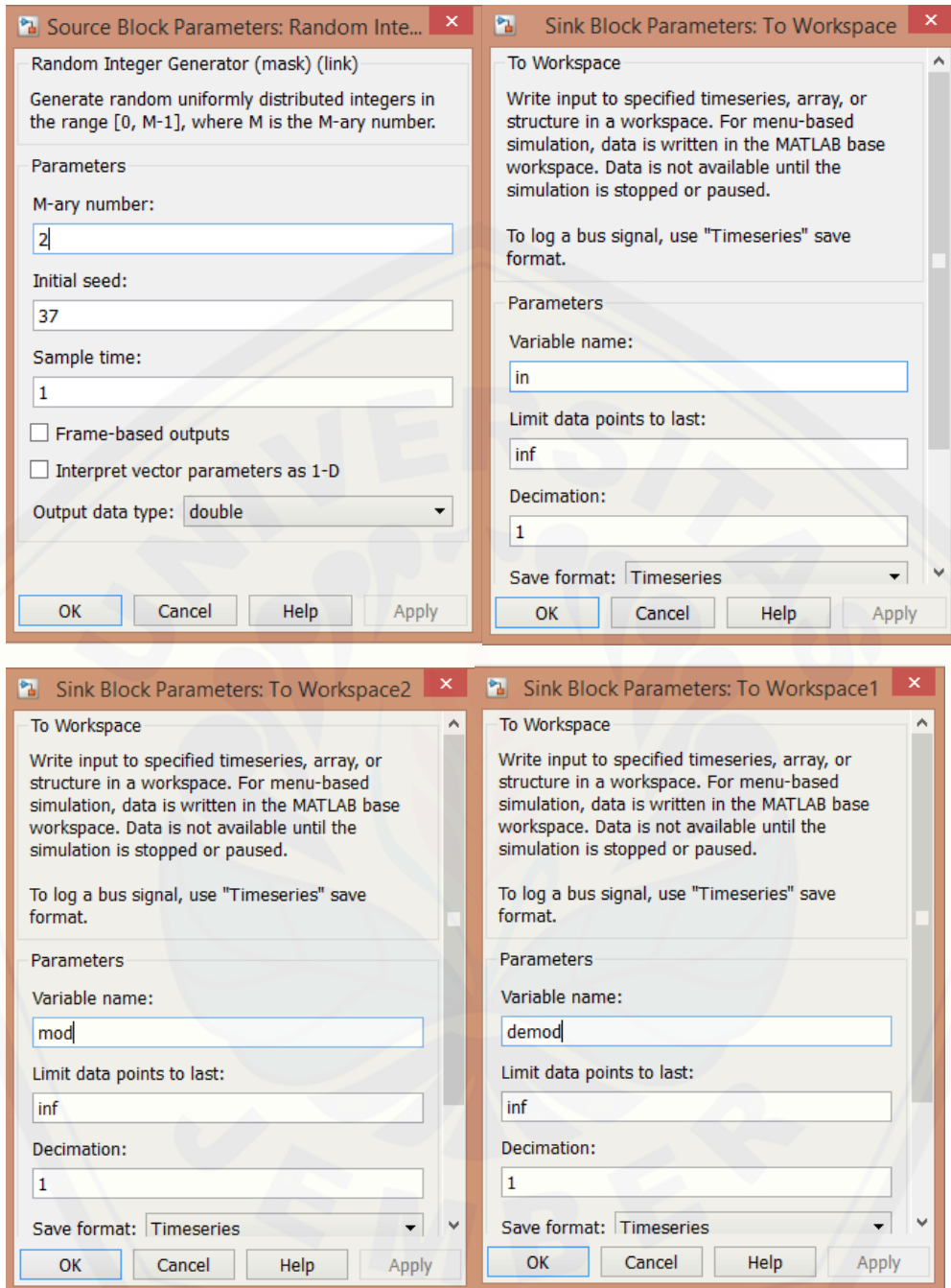


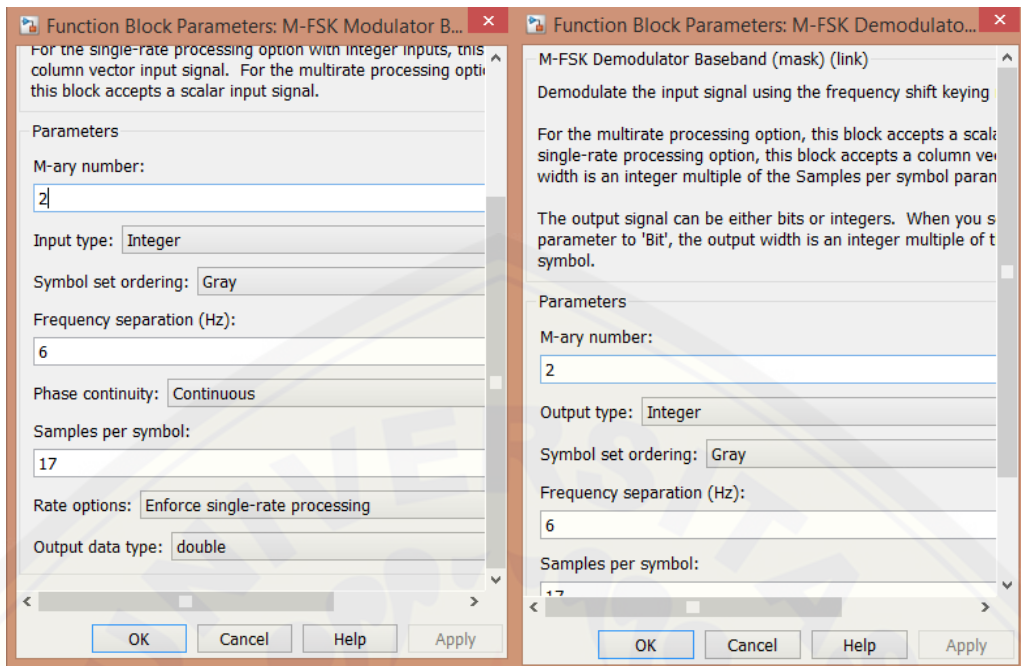




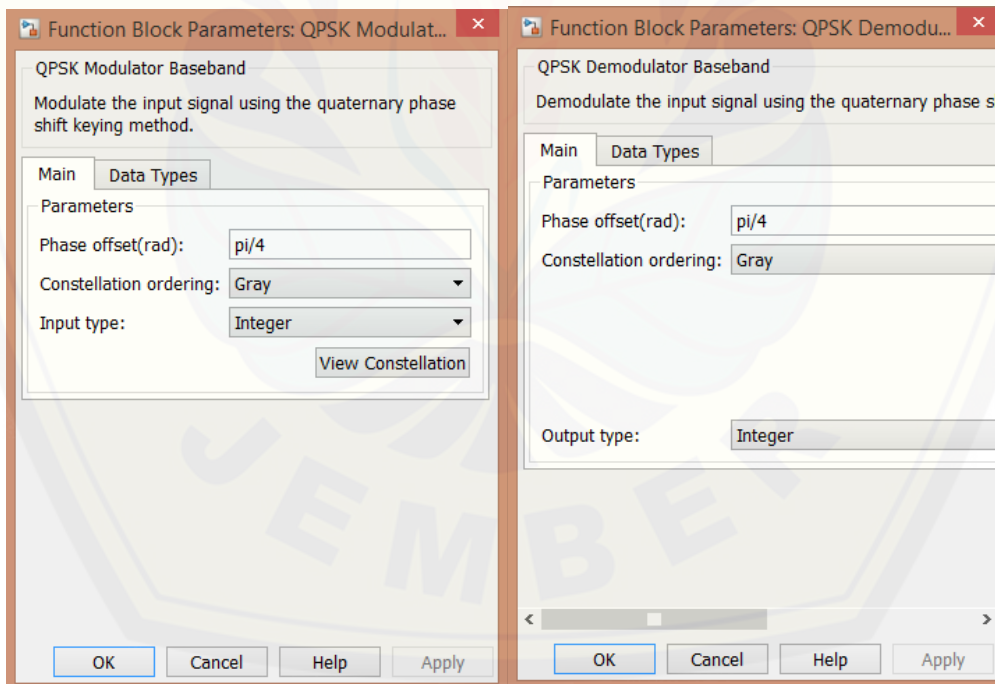
4.2.2 Pengujian tanpa *noise* modulasi BFSK

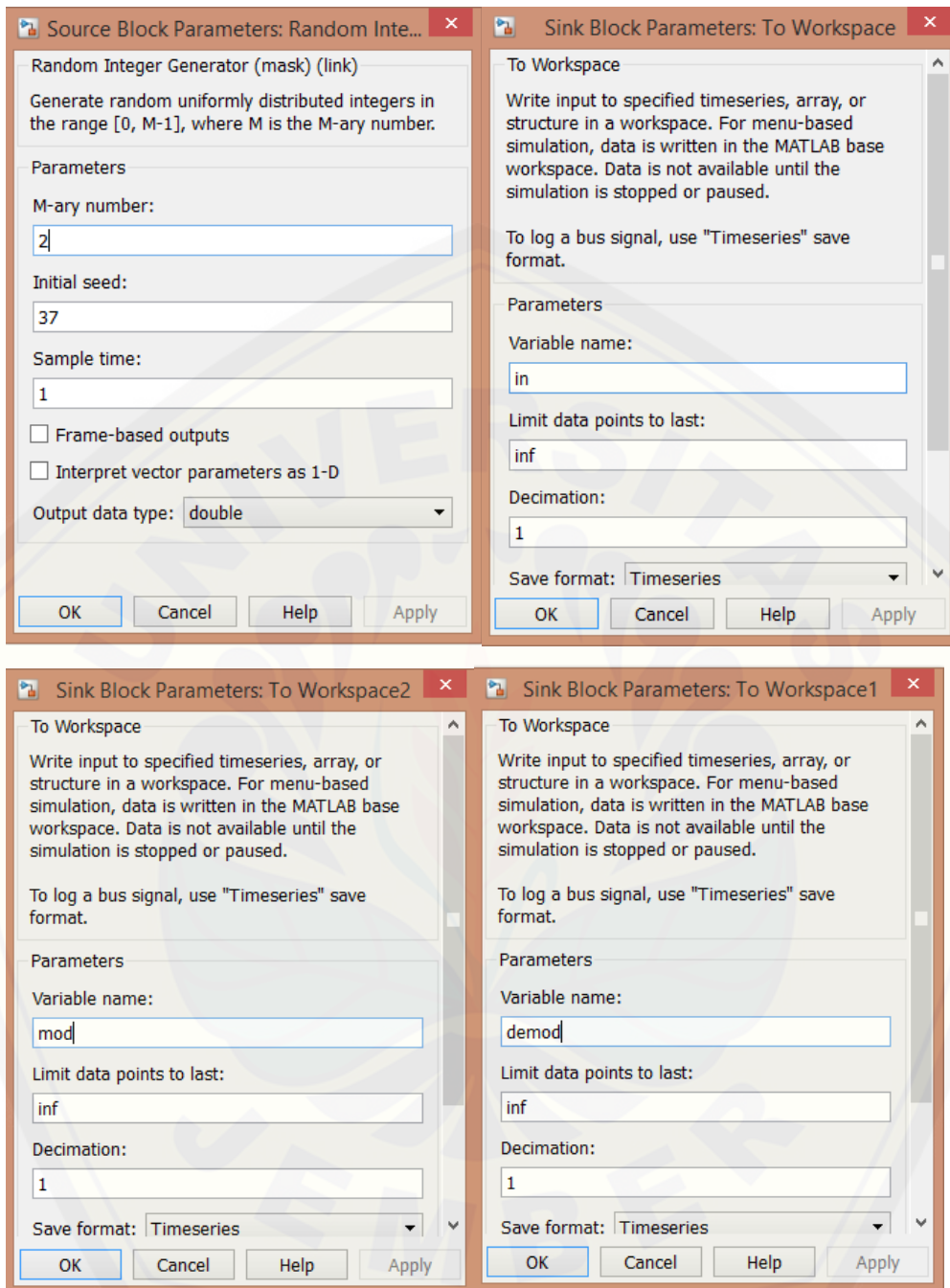






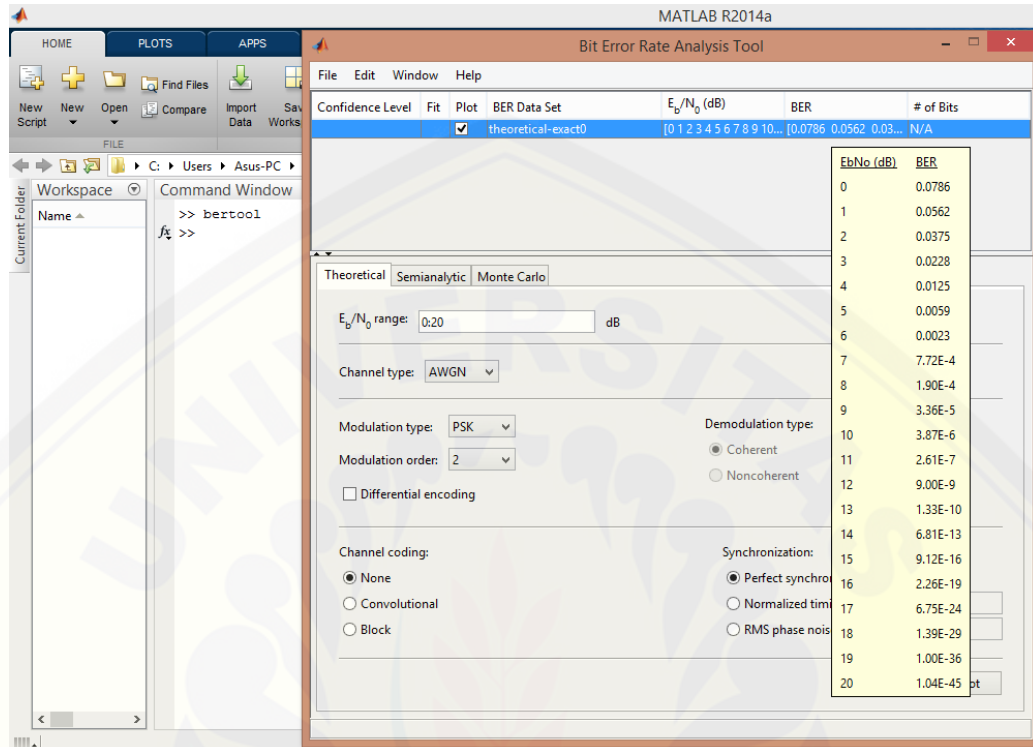
#### 4.2.3 Pengujian tanpa noise modulasi QPSK



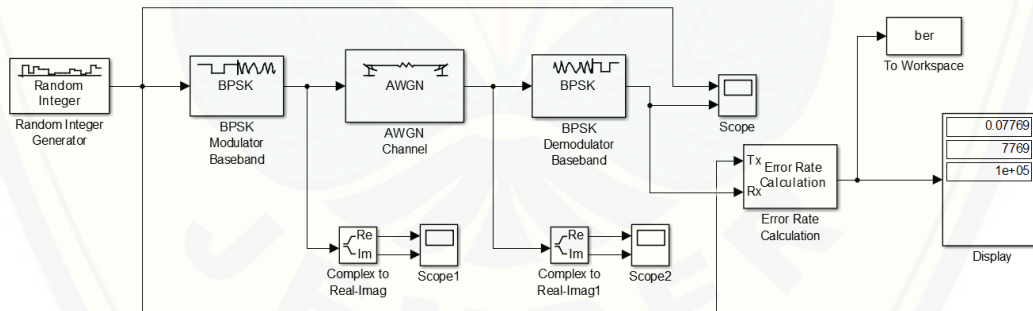


Lampiran 4.3 Pengujian variasi SNR

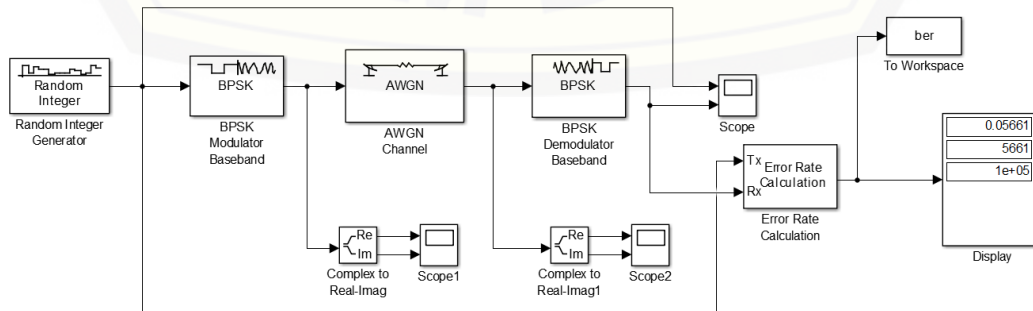
4.3.1 Pengujian variasi SNR (BPSK)



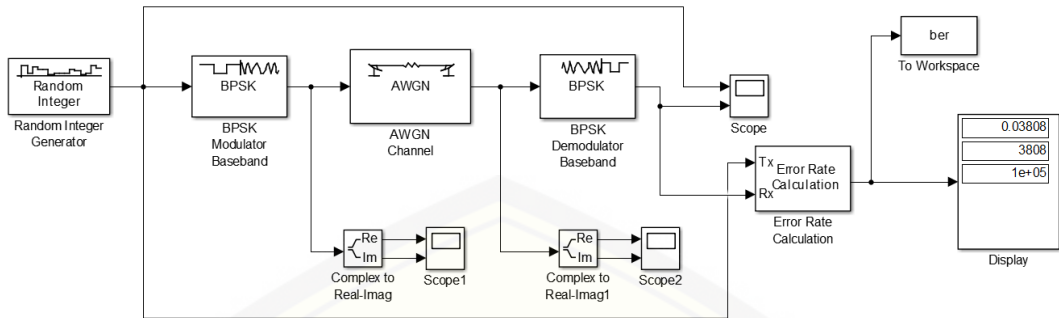
SNR 0dB



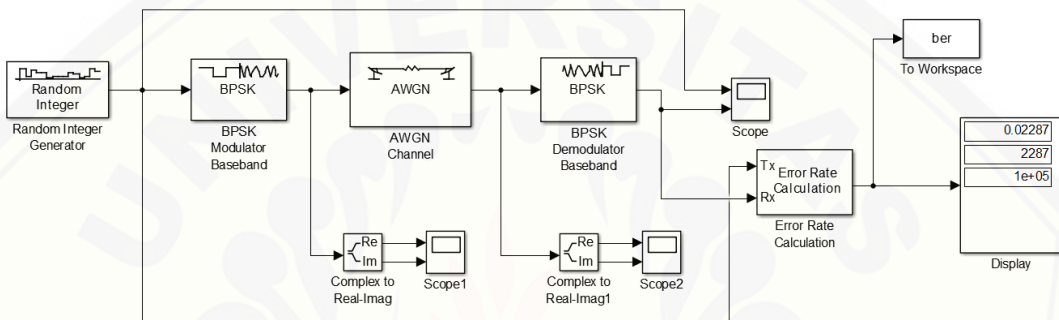
SNR 1dB



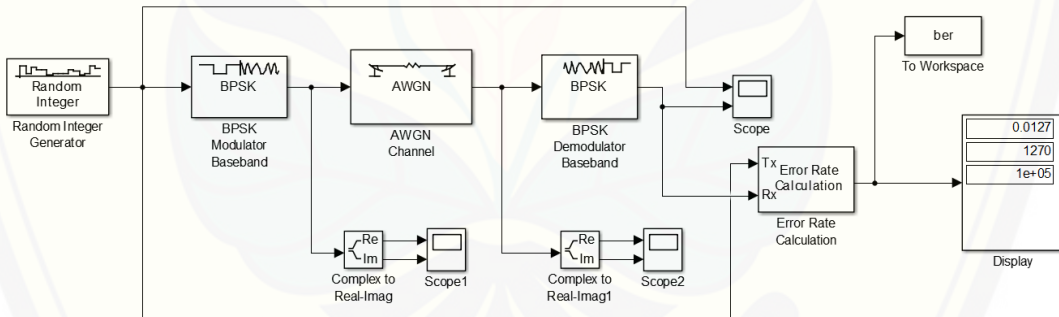
SNR 2dB



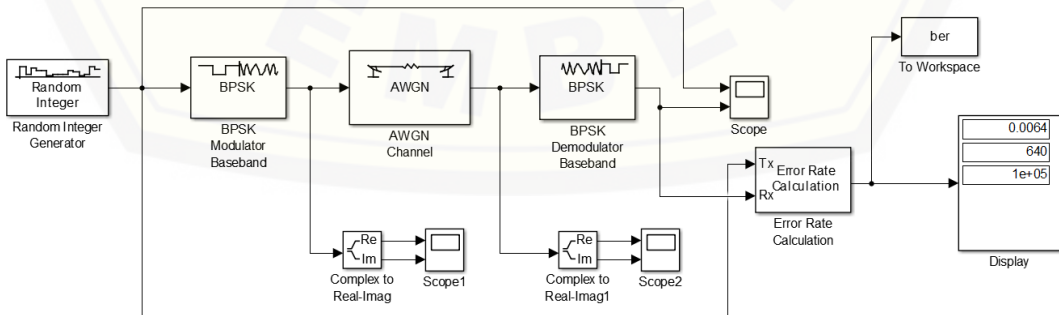
SNR 3dB



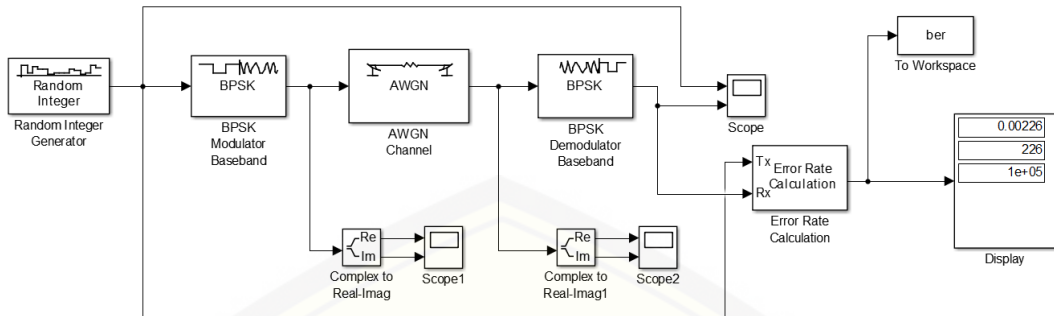
SNR 4dB



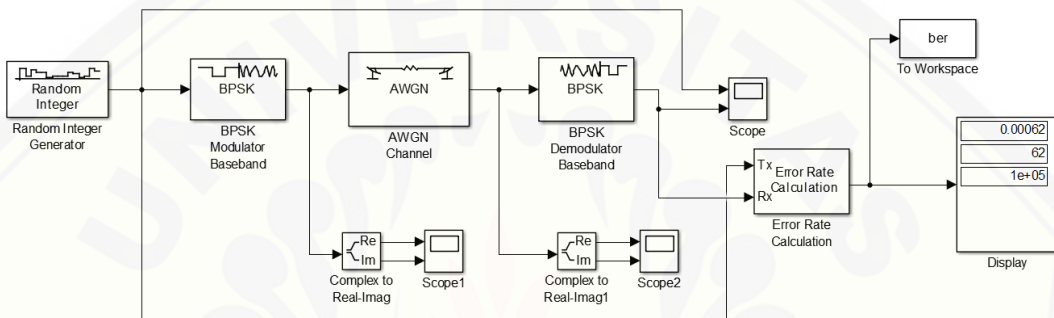
SNR 5dB



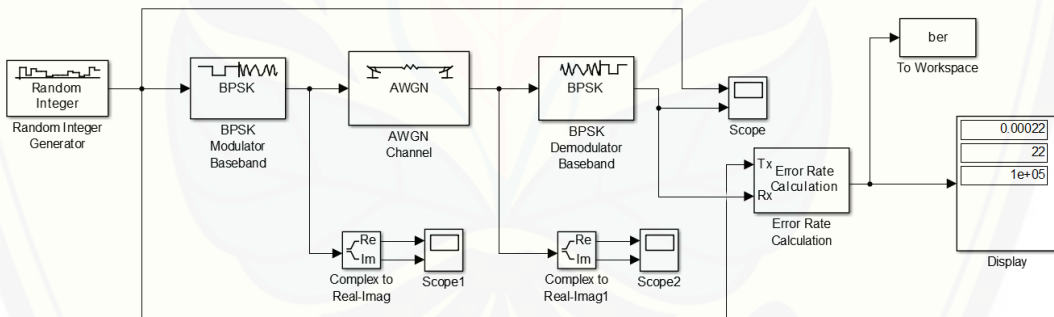
SNR 6dB



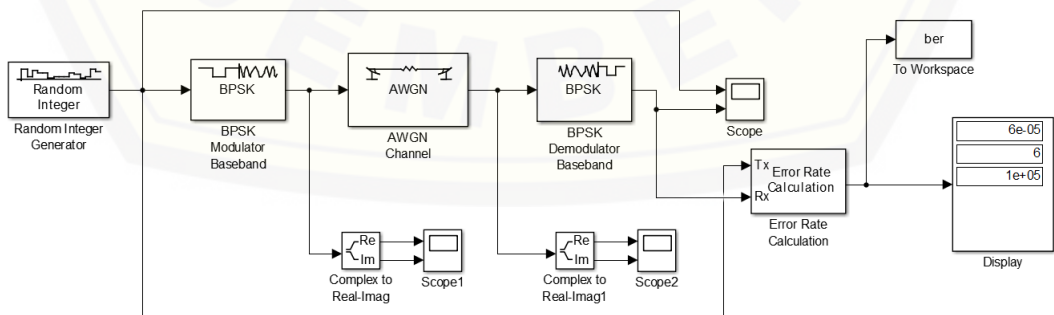
SNR 7dB



SNR 8dB

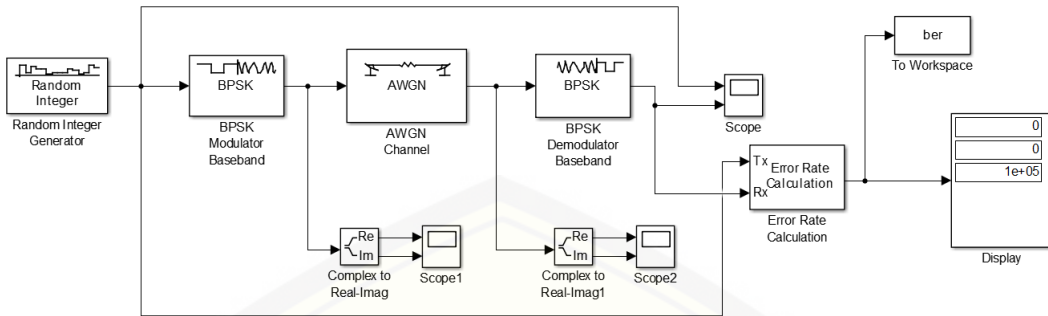


SNR 9dB





SNR 10dB



4.3.2 Pengujian variasi SNR (BFSK)

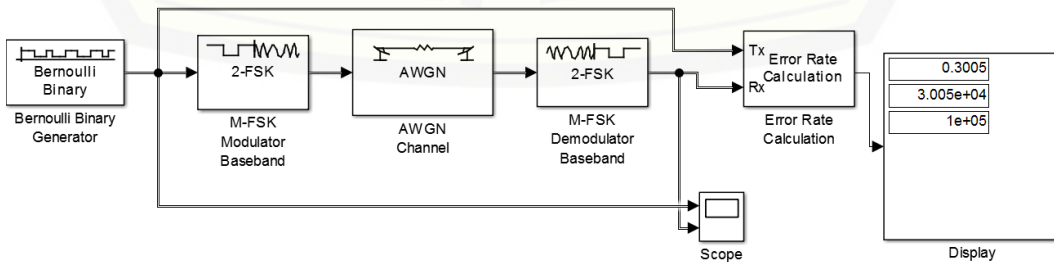
Confidence Level	Fit	Plot	BER Data Set	$E_b/N_0$ (dB)	BER	# of Bits
	<input checked="" type="checkbox"/>		theoretical-exact0	[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10...]	[0.3032 0.2664 0.2263...]	N/A

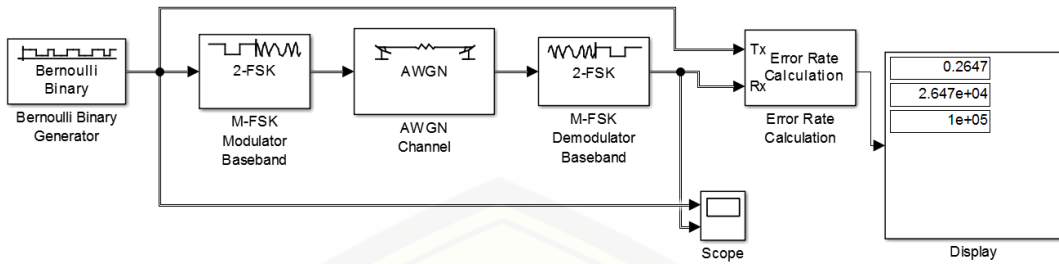
$E_b/N_0$ (dB)	BER
0	0.3032
1	0.2664
2	0.2263
3	0.1843
4	0.1424
5	0.1028
6	0.0683
7	0.0407
8	0.0213
9	0.0094
10	0.0033
11	9.23E-4
12	1.80E-4
13	2.32E-5
14	1.75E-6
15	6.79E-8
16	1.13E-9
17	6.54E-12
18	9.95E-15
19	2.82E-18
20	9.64E-23

Configuration settings:  
 Theoretical | Semianalytic | Monte Carlo  
 $E_b/N_0$  range: 0.20 dB  
 Channel type: AWGN  
 Modulation type: FSK  
 Modulation order: 2  
 Corr. coefficient: 0  
 Channel coding:  None,  Convolutional,  Block  
 Demodulation type:  Coherent,  Noncoherent  
 Synchronization:  Perfect synchron,  Normalized tim,  RMS phase noi

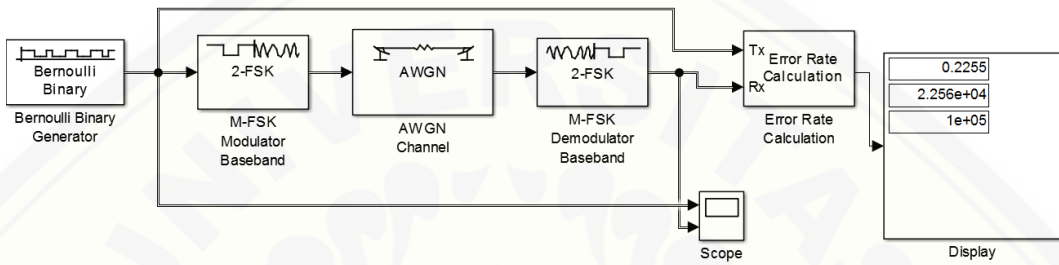
SNR 0dB



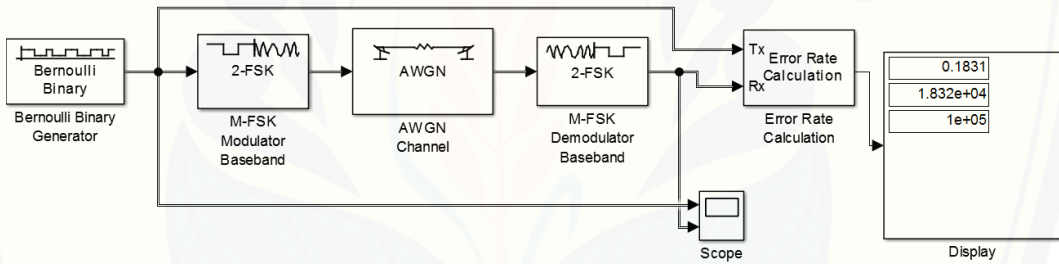
SNR 1dB



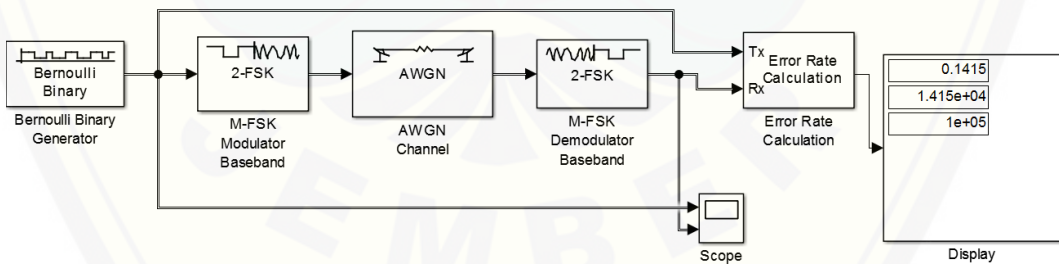
SNR 2dB



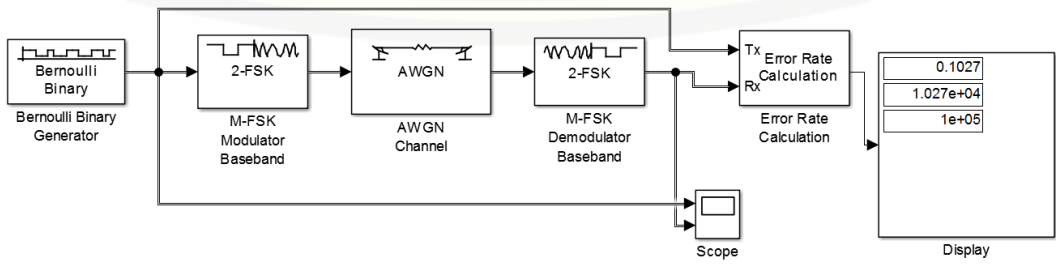
SNR 3dB



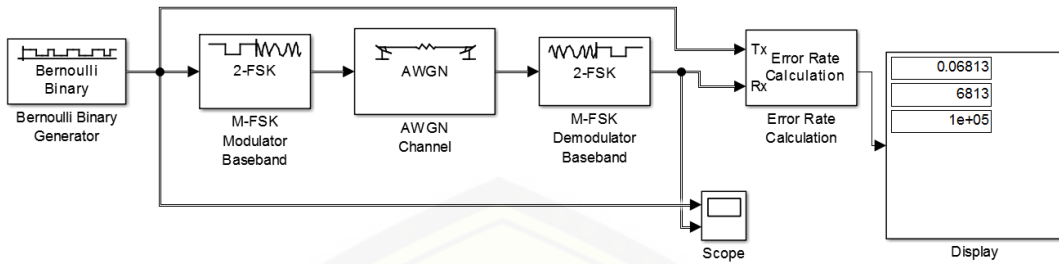
SNR 4dB



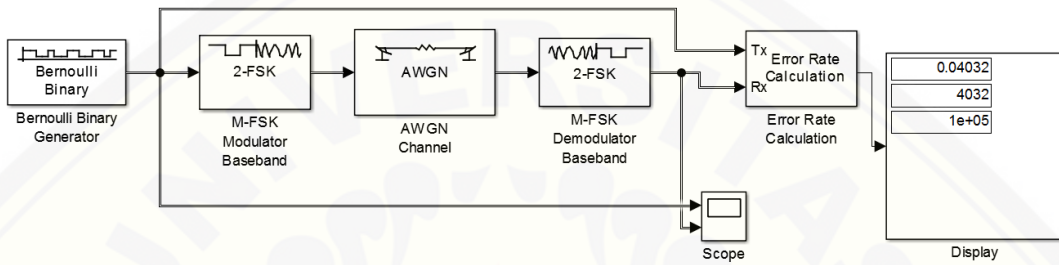
SNR 5dB



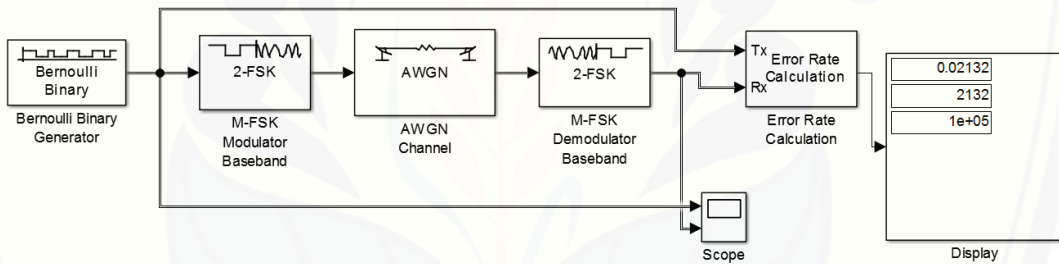
SNR 6dB



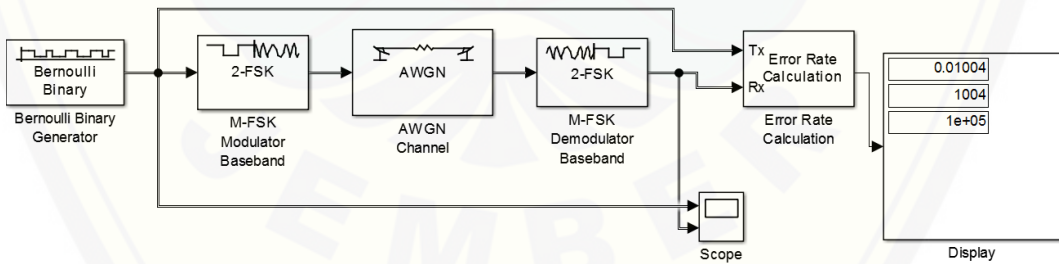
SNR 7dB



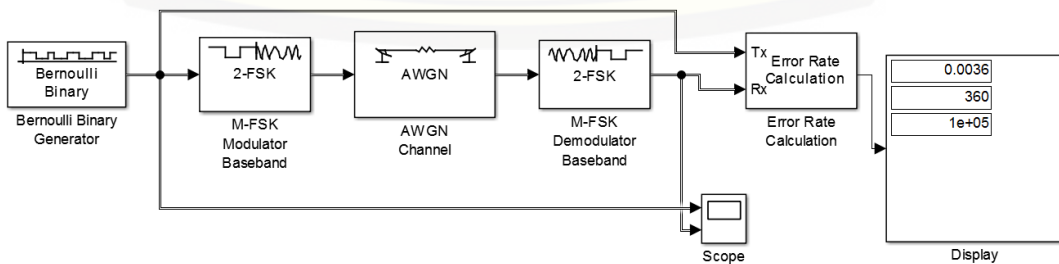
SNR 8dB



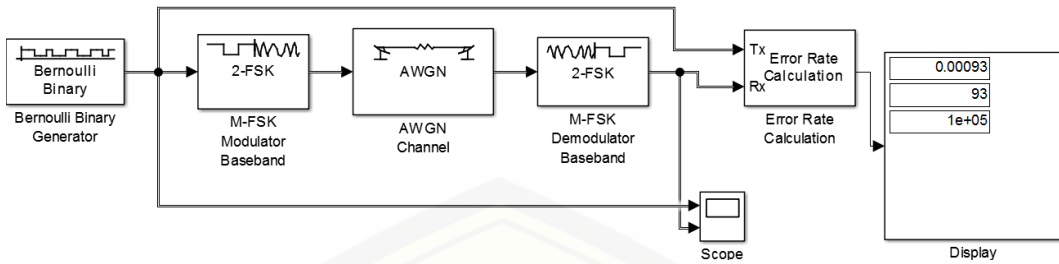
SNR 9dB



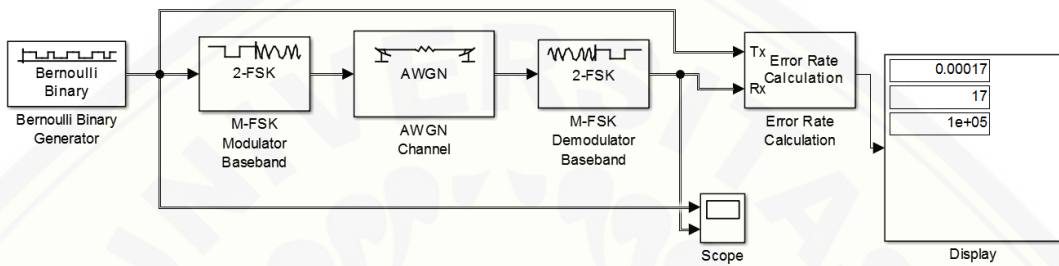
SNR 10dB



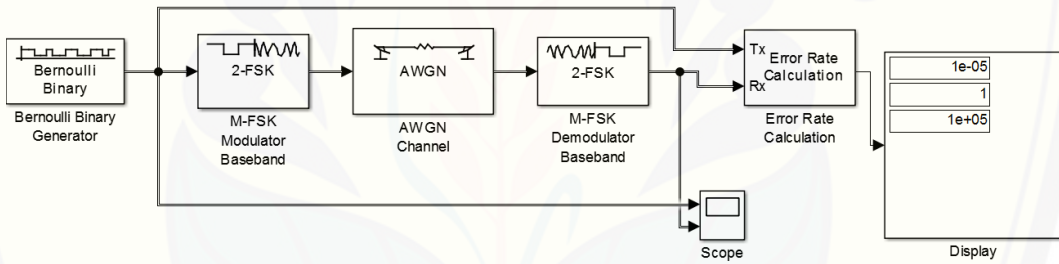
SNR 11dB



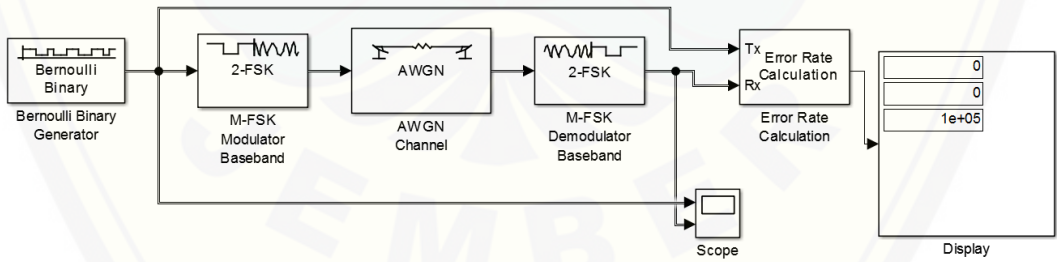
SNR 12dB



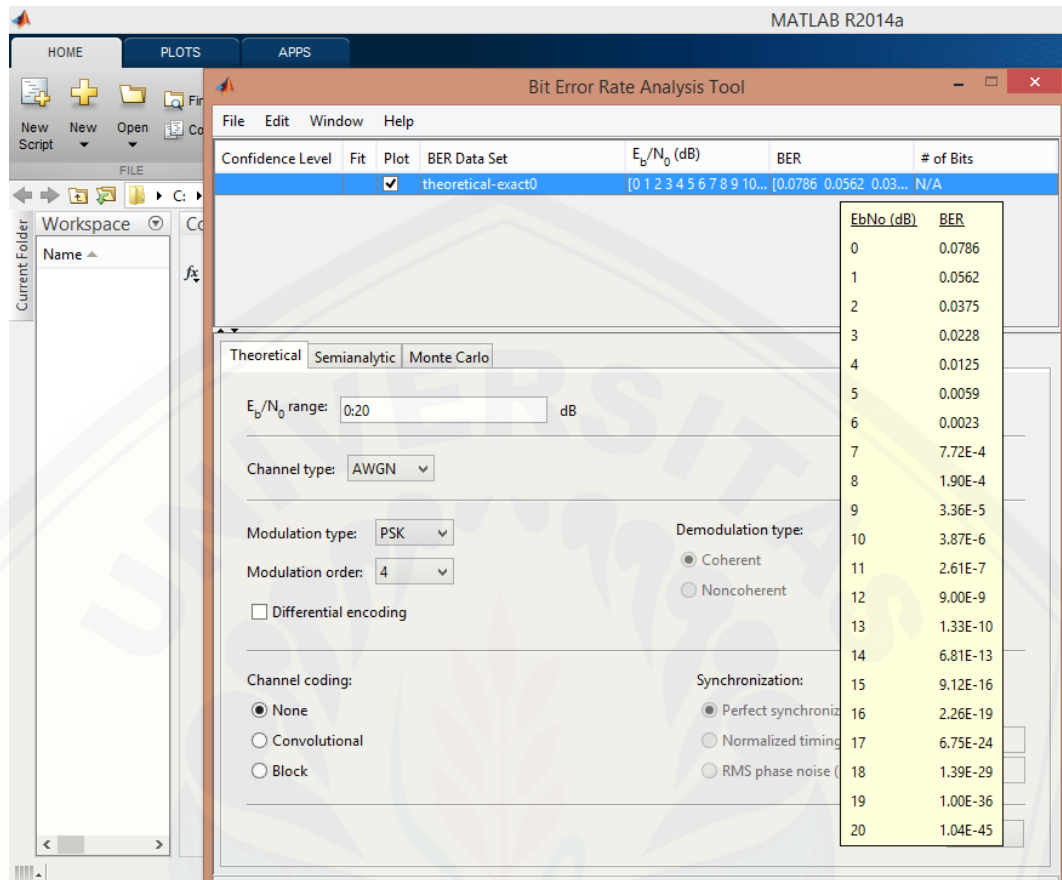
SNR 13dB



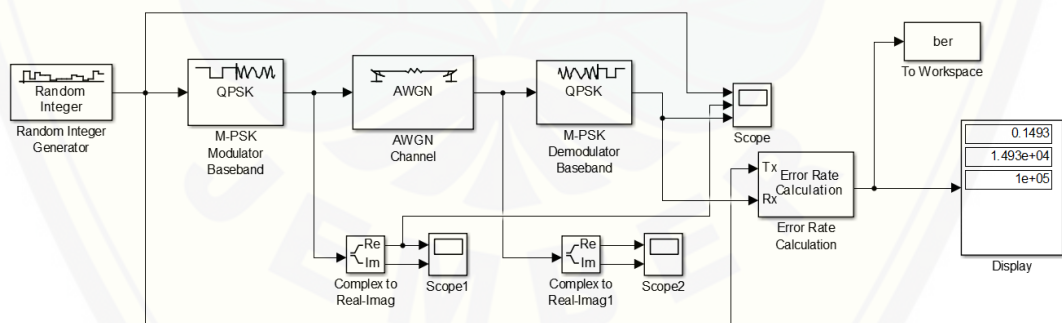
SNR 14dB



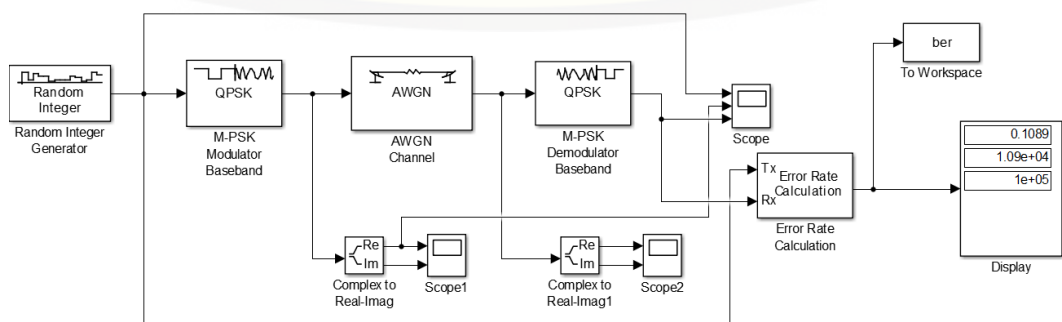
### 4.3.3 Pengujian variasi SNR (QPSK)



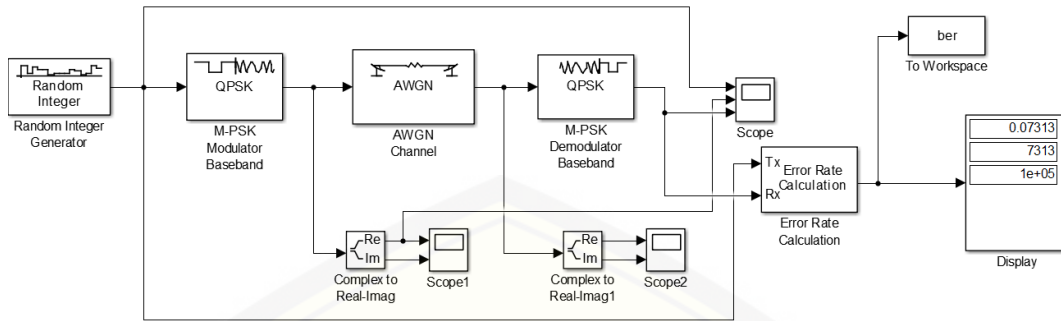
SNR 0dB



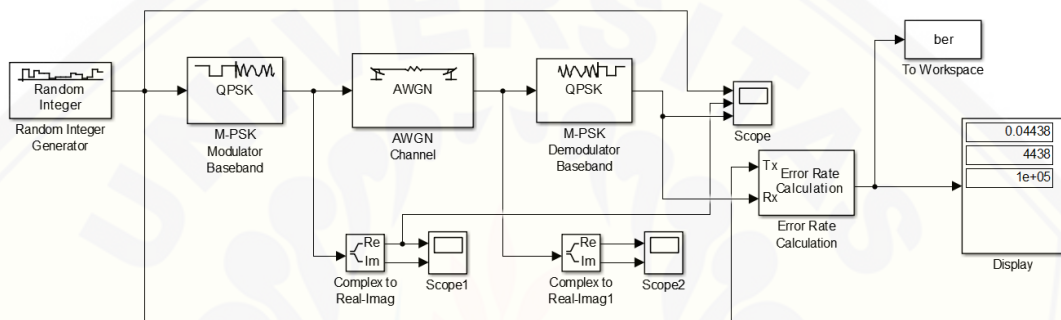
SNR 1dB



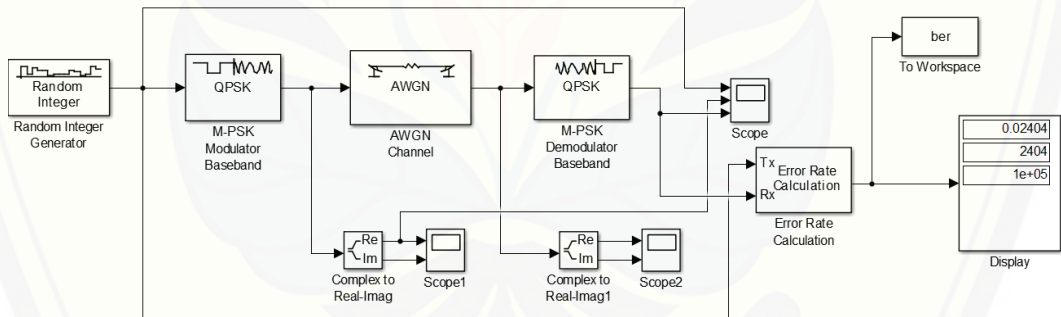
SNR 2dB



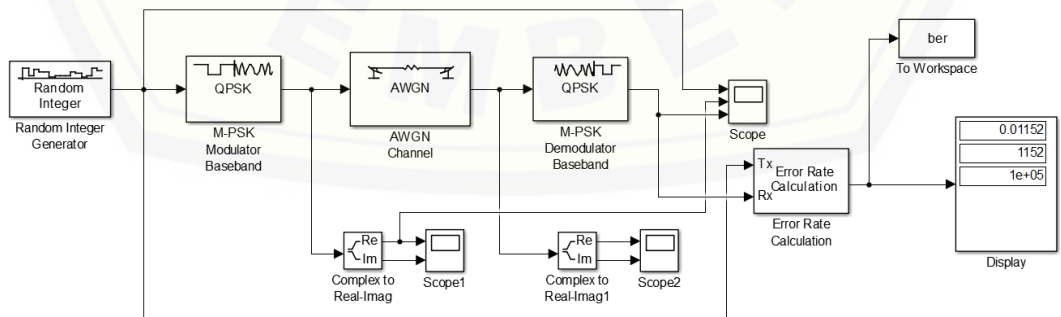
SNR 3dB



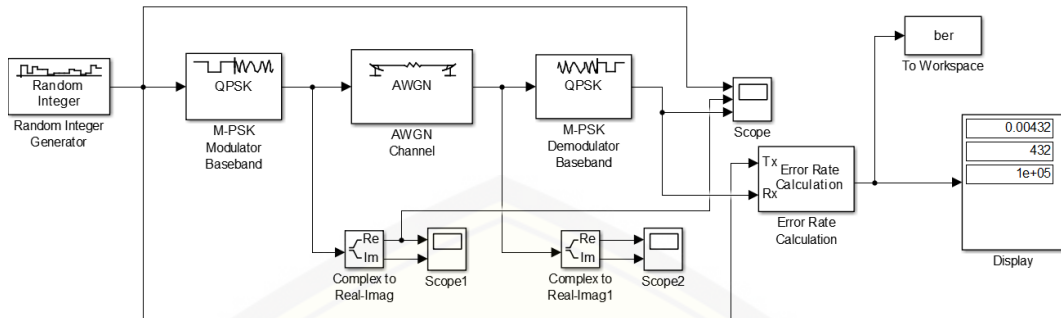
SNR 4dB



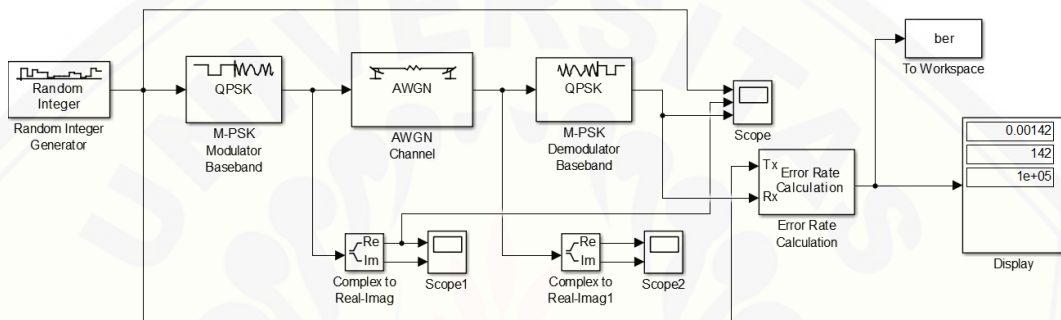
SNR 5dB



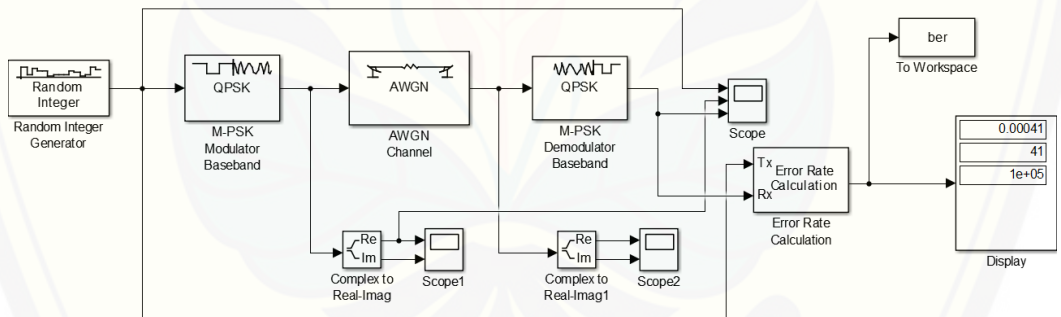
SNR 6dB



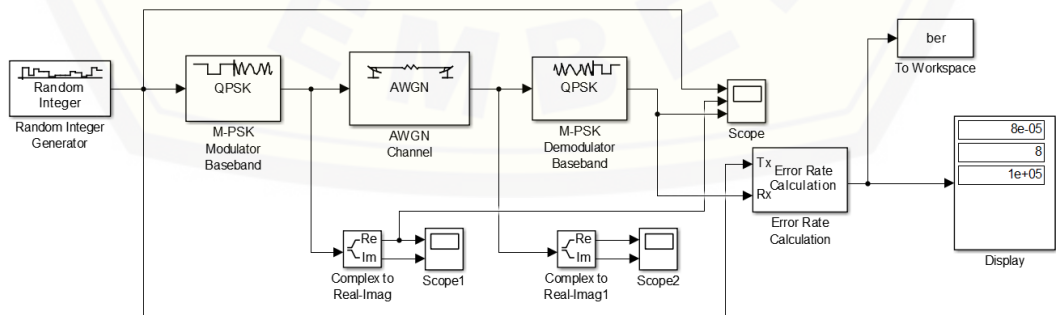
SNR 7dB



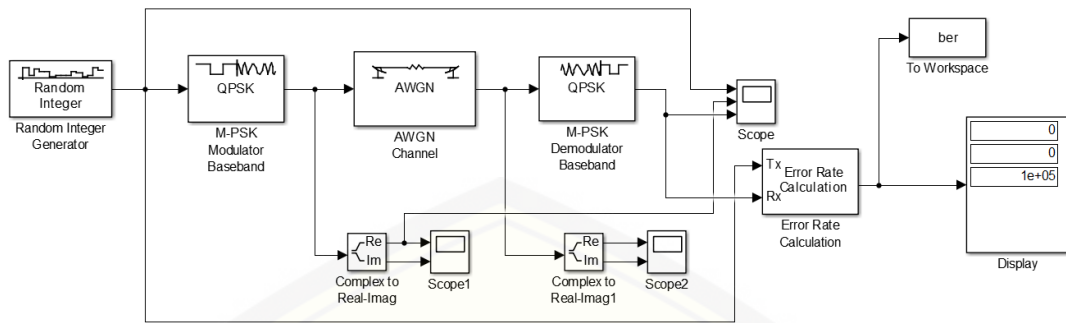
SNR 8dB



SNR 9dB



SNR 10dB



Import - C:\Users\Asus-PC\Documents\MATLAB\SNR.xlsx

Range: A3:F23  
Variable Names Row: 2

VarName1	BPSK	BFSK	QPSK	BERBFSKte...	BERBFSKte...
Number	Number	Number	Number	Number	Number
2					
3	0	0.0777	0.3005	0.0747	0.0786
4	1	0.0566	0.2647	0.0545	0.0562
5	2	0.0381	0.2255	0.0366	0.0375
6	3	0.0229	0.1831	0.0222	0.0228
7	4	0.0127	0.1415	0.0120	0.0125
8	5	0.0064	0.1027	0.0058	0.0059
9	6	0.0023	0.0681	0.0022	0.0023
10	7	6.2000e-04	0.0403	7.1000e-04	7.7200e-04
11	8	2.2000e-04	0.0213	2.0500e-04	1.9000e-04
12	9	6.0000e-05	0.0100	4.0000e-05	3.3600e-05
13	10	0	0.0036	0	3.8700e-06
14	11	0	9.3000e-04	0	2.6100e-07
15	12	0	1.7000e-04	0	9.0000e-09
16	13	0	1.0000e-05	0	1.3300e-10
17	14	0	0	0	6.8100e-13
18	15	0	0	0	9.1200e-16
19	16	0	0	0	2.2600e-19
20	17	0	0	0	6.7500e-24
21	18	0	0	0	1.3900e-29
22	19	0	0	0	1.0000e-36
23	20	0	0	0	1.0400e-45

MATLAB R2014a

Workspace

Name	Value	Min	Max
BERBFSKteori	2x1 double	9.6400e-05	0.3032
BERBFSKteori	2x1 double	1.0400e-05	0.0786
BFSK	2x1 double	0	0.3005
BPSK	2x1 double	0	0.0777
QPSK	2x1 double	0	0.0747
VarName1	2x1 double	0	20

Command Window

```
>>
```



