



**ANALISIS KETAHANAN SINYAL TERKIRIM MELALUI MODULASI  
ANALOG DAN MODULASI DIGITAL TERHADAP *NOISE***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Abdul Basri**

**NIM 151810201010**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**ANALISIS KETAHANAN SINYAL TERKIRIM MELALUI MODULASI  
ANALOG DAN MODULASI DIGITAL TERHADAP *NOISE***

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**Abdul Basri**

**NIM 151810201010**

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

**2019**

## PERSEMBAHAN

Assalamualaikum Wr Wb.

Alhamdulillah wasyukurillah aku panjatkan atas segala rahmat dan nikmat yang telah ALLAH SWT berikan. Berkat kuasaNYA skripsi ini dapat terselesaikan. Saya persembahkan skripsi ini untuk keluargaku, terutama Ibu, Bapak, dan Adikku yang tidak pernah berhenti mendukung dan memberikan semangat selama ini. Tidak lupa saya persembahkan kepada teman – teman Ganesha Phi 15, KMTW, teman – teman satu kontrakan yang telah ikut membantu dalam proses menyelesaikan skripsi dan juga saya persembahkan skripsi ini untuk Dosen – Dosen pembimbing yang senantiasa membimbing saya hingga terselesainya skripsi ini. Akhir kata saya ucapkan terimakasih untuk teman – teman semua yang tidak bisa saya sebutkan satu – persatu. Akhirul kalam, Wassalamualaikum Wr. wb

**MOTO**

*“Dan tiada seorangpun yang dapat mengetahui (dengan pasti) apa yang akan diusahakannya besok”*

(Terjemahan surat Q.S Luqman: 34)

*“Semua orang hidup terikat dan bergantung pada pengetahuan atau persepsinya sendiri, itu disebut kenyataan. Tetapi pengetahuan atau persepsi itu suatu yang samar, bisa saja kenyataan itu hanya ilusi, semua orang hidup dalam asumsi”*

(Itachi Uchiha- Komik Naruto Shippunden)

---

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

\*\*\*) Komik Naruto Shippunden. Tokyo: Shueisha inc

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Basri

NIM : 151810201010

Saya menyatakan bahwa karya ilmiah ini dengan judul “Analisis ketahanan sinyal terkirim melalui modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*” merupakan hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan – kutipan yang saya sebutkan berdasarkan sumber rujukan yang saya gunakan. Karya ilmiah ini juga belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan merupakan hasil karya plagiat dan Saya bertanggung jawab penuh atas semua kemurnian dan kebenaran dari isi skripsi ini. Hasil penelitian ini juga merupakan bagian dari penelitian bersama dengan dosen dan mahasiswa. Sehingga hanya dapat dipublikasikan bersama nama dosen pembimbing. Demikian pernyataan ini saya buat, tanpa ada paksaan dari pihak manapun serta bersedia menerima sanksi akademik jika terdapat pernyataan yang tidak benar.

Jember, Juni 2019  
Yang menyatakan,

Abdul basri  
NIM 151810201010

**SKRIPSI**

**ANALISIS KETAHANAN SINYAL TERKIRIM MELALUI MODULASI  
ANALOG DAN MODULASI DIGITAL TERHADAP *NOISE***

Oleh:

**Abdul Basri**

**NIM 151810201010**

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis ketahanan sinyal terkirim melalui modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*”, karya Abdul Basri 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. 196812191994021001

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.  
NIP. 19111112005012001

Anggota II

Anggota III

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.  
NIP. 197208201998021001

Dr. Artoto Arkundanto, S.Si., M.Si.  
NIP. 196912251999031001

Mengesahkan  
Dekan FMIPA Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 19610204 1987111001

## RINGKASAN

**Analisis ketahanan sinyal terkirim melalui modulasi analog dan modulasi digital terhadap noise;** Abdul Basri, 151810201010; 2019; 89 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penelitian ini dilakukan analisa ketahanan sinyal terkirim terhadap *noise* pada modulasi analog dan modulasi digital. Hal tersebut dilakukan karena penggunaan dari teknik modulasi pada perangkat komunikasi bersifat sangat penting didalam sebuah sistem transmisi. Teknik modulasi analog digunakan untuk mentransmisi sinyal informasi yang bersifat kontinu, sedangkan teknik modulasi digital mentransmisi sinyal informasi digital atau sinyal informasi diskrit yang memiliki nilai 1 atau 0. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan sinyal terkirim pada modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*. Pada berbagai variasi SNR. Evaluasi dilakukan dengan mempelajari kualitas hasil pengiriman dengan membandingkan hasil sinyal terkirim terhadap sinyal yang dikirim.

Metode penelitian menggunakan teknik membandingkan sinyal terkirim dengan sinyal yang dikirim pada modulasi analog berbasis PM (Phase Modulation) dan modulasi digital berbasis BPSK (Binary Phase Shift Keying). Perbandingan dilakukan dengan menganalisa pergeseran fase, perubahan frekuensi, dan analisa kualitatif terhadap sinyal terkirim pada teknik modulasi analog dan modulasi digital yang dibandingkan dengan sinyal terkirim. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* simulink pada Matlab R2014a.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modulasi digital memiliki ketahanan lebih baik dibandingkan modulasi analog. Modulasi digital cacat terhadap sinyal terkirim muncul saat variasi SNR 10 dB. Sedangkan modulasi analog cacat sinyal terkirim sudah muncul saat variasi SNR 40 dB. Berdasarkan hal tersebut didapatkan kesimpulan bahwa modulasi digital berbasis BPSK memiliki ketahanan sinyal terkirim lebih baik dibandingkan dengan modulasi analog berbasis PM pada rentang frekuensi *carrier* 50 KHz sampai dengan 500 KHz. Akan tetapi modulasi digital mengalami pergeseran fase pada sinyal terkirim yang disebabkan oleh proses ADC (*Analog to Digital Converter*).

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNYA, sehingga penulisan skripsi ini dengan judul “Analisis ketahanan sinyal terkirim melalui modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini saya susun untuk memenuhi tugas dan syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu, saya sebagai penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Endhah Purwandari, S.Si., M.Si, yang telah meluangkan waktu membimbing untuk terselesaikannya penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si. dan Dr. Artoto Arkundanto, S.Si., M.Si selaku Dosen penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran terhadap penulisan skripsi ini
3. Bapak Dr. Lutfi Rohman, S.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa jurusan fisika.
4. Serta segenap dosen – dosen jurusan fisika, dan semua teman teman Ganesha Phi 15, KMTW, teman – teman semua yang senantiasa mendampingi dan memberikan saran atas penulisan skripsi ini.

Oleh karena itu atas semua dukungan pihak terkait sehingga skripsi dapat tersusun dengan baik. Penulis akan senantiasa menerima saran dan kritik untuk lebih menyempurnakan penulisan skripsi ini

Jember, Juni 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	6
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	6
<b>1.4 Tujuan</b> .....	6
<b>1.5 Manfaat</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Modulasi</b> .....	7
2.1.1 Modulasi Analog berbasis modulasi fase ( <i>Phase Modulation</i> ). .....	7
2.1.2 Modulasi Digital berbasis BFSK ( <i>binarry Phase Shift Keying</i> ). .....	8
<b>2.2 Pengolah Sinyal</b> .....	9
<b>2.3 SNR (<i>signal to noise ratio</i>)</b> .....	12
<b>2.4 Noise</b> .....	12
<b>2.5 Simulink</b> .....	14
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	16

<b>3.1 Rancangan Penelitian</b> .....	16
<b>3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian</b> .....	17
3.2.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2.2 Sumber Data Penelitian.....	18
<b>3.4 Kerangka Pemecahan masalah</b> .....	19
3.4.1 Pemodelan Simulink .....	19
3.4.2 Pengujian Model Simulink .....	22
3.4.3 Analisis Hasil Data Penelitian.....	23
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
<b>4.1 Model Simulasi</b> .....	25
4.1.1 Model simulasi modulasi analog berbasis PM.....	25
4.1.2 Model simulasi Modulasi Digital berbasis BPSK .....	26
<b>4.2 Pengujian Model Modulasi tanpa noise</b> .....	29
4.2.1 Modulasi Analog berbasis PM .....	29
4.2.2 Modulasi Digital berbasis BPSK.....	32
<b>4.3 Pengujian Variasi Noise dan Frekuensi Carrier</b> .....	35
4.3.1 Modulasi analog berbasis PM.....	36
4.3.2 Modulasi Digital berbasis BPSK.....	44
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	55
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	55
<b>5.2 Saran</b> .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	56
<b>LAMPIRAN</b> .....	58

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Rancangan penelitian .....	17
3.2 Variasi data SNR dan frekuensi <i>carrier</i> .....	18



## DAFTAR GAMBAR

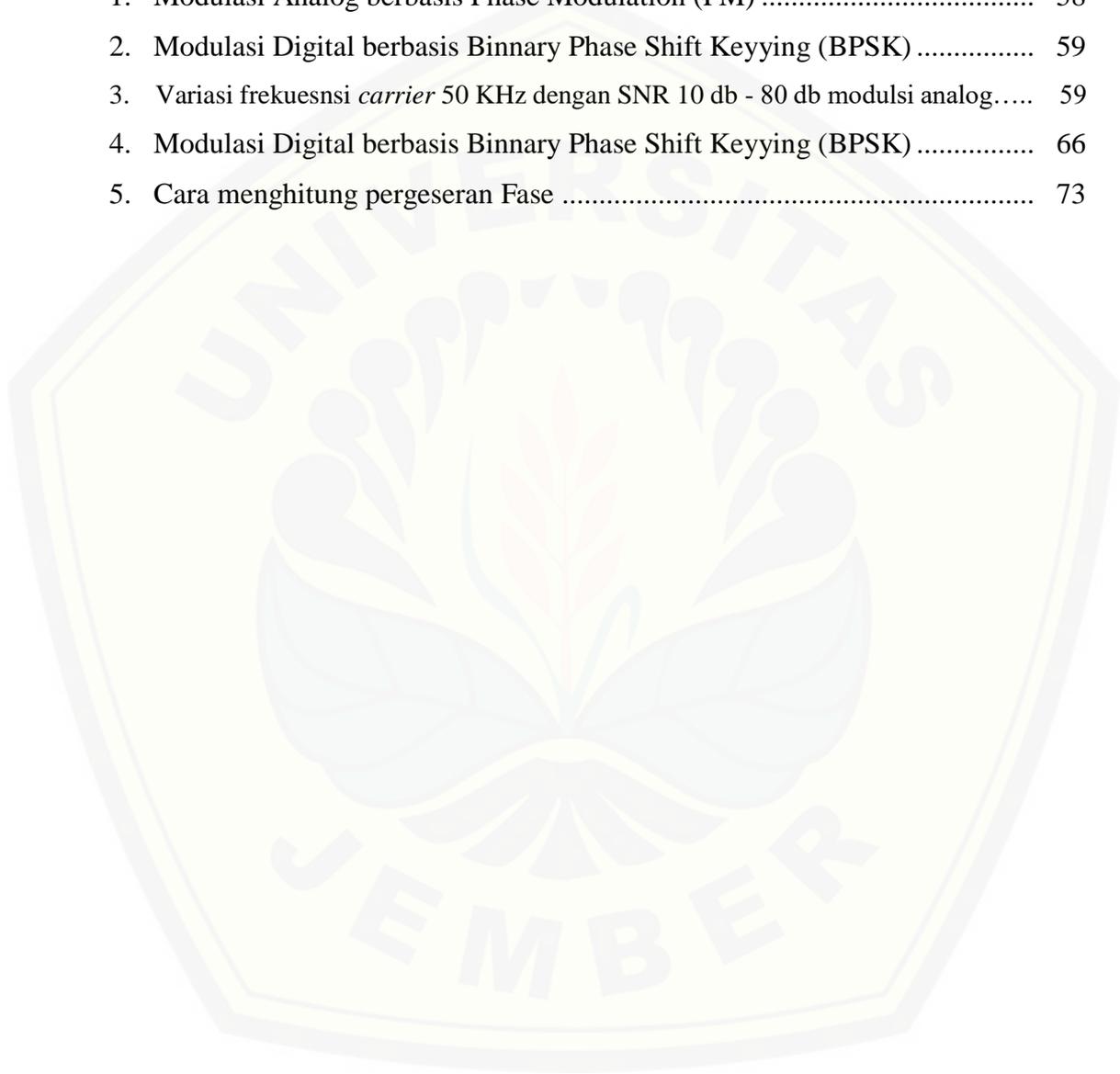
	Halaman
1.1 Blok diagram Sistem Komunikasi .....	1
1.2 Blok diagram Modulasi Analog .....	2
1.3 Blok diagram Modulasi Digital.....	3
2.1 Proses modulasi fase .....	8
2.2 Modulasi BFSK .....	9
2.3 Konstelasi sinyal BPSK .....	9
2.4 Sinyal elektronik .....	10
2.5 Struktur modulator Sigma – Delta .....	11
2.6 Struktur modulator Sigma – Delta .....	11
2.7 Noise pada transmisi sinyal (a) Transmisi Sinyal (b) Sinyal terkirim tanpa <i>noise</i> (c) sinyal terkirim dengan <i>noise</i> .....	31
2.8 Tampilan Simulink <i>library</i> .....	15
3.1 Diagram kerangka pemecahan masalah.....	19
3.2 Mekanisme pemodelan simulasi Modulasi Analog dan Modulasi Digital	20
3.3 Model simulasi modulasi analog.....	20
3.4 Model simulasi modulasi digital .....	21
3.5 Model ADC sigma-delta .....	21
3.6 Model simulasi DAC Sigma Delta.....	22
3.7 <i>AWGN Channel</i> .....	23
4.1 Model Simulasi Analog berbasis PM.....	25
4.2 Model Modulasi Digital Berbasis BPSK .....	26
4.3 Model Simulasi ADC Sigma Delta .....	26
4.4 Model Simulasi Modulasi digital berbasis BPSK.....	27
4.5 Model simulasi digital to conversion Sigma Delta (DAC).....	28
4.6 Phase Modulation dengan blok <i>Communication system</i> .....	29
4.7 Sinyal termodulasi.....	30

4.8	Hasil modulasi dan demodulasi Analog (a) sinyal informasi (b) sinyal modulasi (c) sinyal termodulasi.....	31
4.9	Hasil FFT modulasi analog (a) FFT sinyal informasi (b) FFT sinyal terkirim.....	31
4.10	Blok <i>Communication System</i> pada modulasi digital berbasis BPSK.....	31
4.11	Hasil proses ADC (a) Sinyal informasi, (b) Sinyal hasil ADC.....	33
4.12	(a) Sinyal hasil ADC, (b) Sinyal termodulasi .....	34
4.13	Hasil simulasi modulasi BPSK (a)sinyal informasi (b)sinyal modulasi (c)sinyal termodulasi.....	34
4.14	Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a) FFT sinyal terkirim (b)sinyal terkirim.....	35
4.15	Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB.....	36
4.16	Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB.....	36
4.17	Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	36
4.18	Hasil FFT model simulasi modulasi Analog (a)sinyal Informasi (b)sinyal terkirim dengan SNR 80 dB (c)Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB (d)sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	38
4.19	Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB.....	39
4.20	Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB.....	39
4.21	Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	39
4.22	Hasil FFT model simulasi modulasi Analog (a)Sinyal Informasi (b)Sinyal terkirim SNR 80 dB (c)Sinyal terkirim SNR40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB.....	41
4.23	Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB.....	42
4.24	Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB.....	42
4.25	Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	42
4.26	Hasil FFT model simulasi modulasi analog (a)Sinyal informasi (b)sinyal terkirim SNR 80 dB (c)Sinyal terkirim SNR 40 dB (d)Sinyal terkirim SNR 10 dB.....	43
4.27	Hasil sinyal terkirim dengan 80 dB.....	44
4.28	Hasil sinyal terkirim dengan 40 dB.....	45
4.29	Hasil sinyal terkirim dengan 10 dB.....	45
4.30	Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a)Sinyal informasi (b)Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal terkirim SNR 40 dB (d) sinyal terkirim SNR 10 dB.....	46
4.31	Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB.....	47

4.32	Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB.....	47
4.33	Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	48
4.34	Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a)sinyal informasi (b)Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal terkirim SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB.....	49
4.35	Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB.....	50
4.36	Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB.....	50
4.37	Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB.....	50
4.38	Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a)sinyal informasi (b)sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal terkirim SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR10 dB.....	52

**DAFTAR LAMPIRAN**

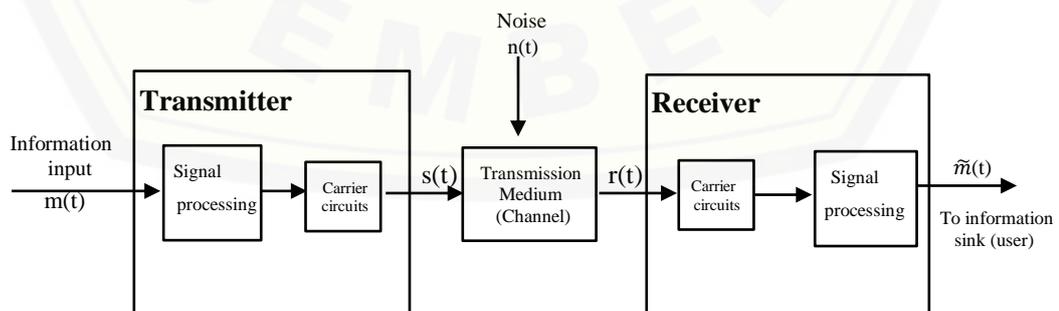
	Halaman
1. Modulasi Analog berbasis Phase Modulation (PM) .....	58
2. Modulasi Digital berbasis Binnary Phase Shift Keyying (BPSK) .....	59
3. Variasi frekuesnsi <i>carrier</i> 50 KHz dengan SNR 10 db - 80 db modulsi analog.....	59
4. Modulasi Digital berbasis Binnary Phase Shift Keyying (BPSK) .....	66
5. Cara menghitung pergeseran Fase .....	73



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

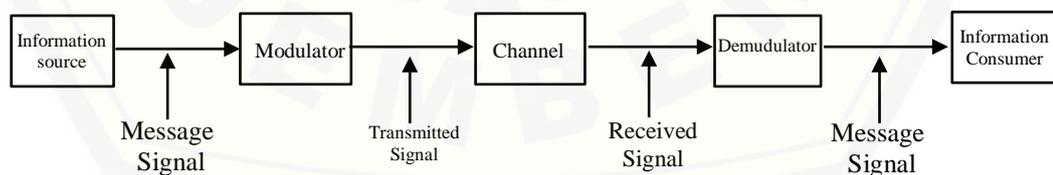
Komunikasi elektronika merupakan media komunikasi yang dapat mentransmisikan suara, tulisan, gambar atau data - data lain menggunakan sinyal elektromagnetik untuk di transmisikan pada medium udara atau medium kabel. Contoh media komunikasi elektronika diantaranya adalah radio, televisi, *telephone*, *WIFI* dan lain sebagainya (Lathi, 2010). Alat - alat komunikasi elektronika memiliki dua sistem dasar komunikasi yang berbeda yaitu sistem analog dan sistem digital. Saat ini sistem komunikasi digital lebih sering digunakan dibandingkan sistem komunikasi analog. Hal tersebut dikarenakan sistem digital lebih tahan terhadap *noise*, kualitas sinyal yang dihasilkan lebih baik, dan lebih tahan terhadap distorsi yang disebabkan pengaruh dari luar (Madhow, 2008). Akan tetapi sistem analog merupakan sistem komunikasi pertama kali yang ditemukan sebelum beralih ke sistem komunikasi digital. Semua sistem komunikasi mengirimkan sinyal informasi dari sumber informasi menuju penerima informasi. Pengiriman informasi dari sistem komunikasi selalu melibatkan sebuah transmisi (*transmitter*) menuju penerima (*receiver*) (Frenzel, 2014). Blok diagram sistem komunikasi dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Blok diagram Sistem Komunikasi (Sumber: Leon, 2013)

Keutamaan dalam sistem komunikasi adalah transmisi data. Transmisi diperlukan untuk memproses dan mencocokkan data dari *transmitter* menuju *receiver*. Akan tetapi sinyal yang berisi data – data informasi tidak dapat langsung ditransmisikan. Hal tersebut dikarenakan *bandwidth* yang dimiliki sinyal informasi memiliki keterbatasan. Cara untuk mengatasi keterbatasan *bandwidth* adalah dengan cara meningkatkan *bandwidth* itu sendiri. Peningkatan *bandwidth* dapat dilakukan dengan teknik modulasi (Kennedy, 1999). Modulasi didefinisikan sebagai proses karakteristik dari gelombang pembawa yang divariasikan sesuai sinyal informasi (*Signal Message*). Sinyal pembawa (*Signal Carrier*) diperlukan sebagai fasilitas transportasi sinyal termodulasi di saluran *band-pass* dari pengirim menuju penerima. Berdasarkan sinyal informasi yang dikirim, modulasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu modulasi analog dan modulasi digital (hayking dan Moher, 2007).

Proses modulasi analog dan modulasi digital memiliki perbedaan mendasar. Proses modulasi analog sinyal informasi yang berisi informasi – informasi data langsung ditumpangkan terhadap sinyal pembawa tanpa melewati tahap konversi sinyal. Akan tetapi modulasi digital melibatkan proses yang lebih rumit daripada modulasi analog. Modulasi digital membutuhkan sebuah konversi sinyal dari sinyal analog menjadi sinyal digital sebelum sinyal informasi dimodulasikan. Blok diagram modulasi analog dan modulasi digital dapat dilihat pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3.

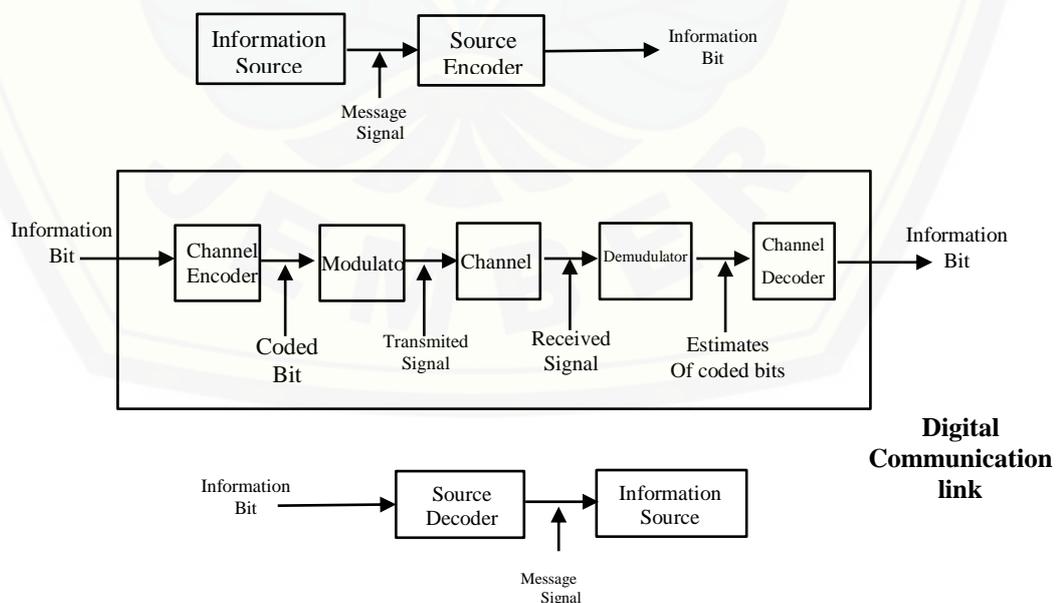


Gambar 1. 2 Blok diagram Modulasi Analog (Sumber : Madhow, 2008)

Modulasi analog merupakan teknik modulasi konvensional, Berdasarkan blok diagram modulasi analog yaitu, sinyal informasi dilewatkan ke sebuah modulator sebelum ditransmisikan. Sinyal yang telah ditransmisikan melalui medium kemudian didemodulasikan untuk memisahkan antara sinyal informasi

dan sinyal pembawa sebelum sinyal informasi diterima oleh penerima. Sinyal informasi yang dikirimkan berupa sinyal analog yang bersifat kontinu. Sifat kontinu merupakan sebuah istilah kontinuitas gelombang termodulasi sebagai fungsi waktu. Gelombang kontinu dapat dimungkinkan untuk melakukan variasi amplitudo atau sudut gelombang pembawa sinusoidal. Tiga jenis dasar modulasi analog adalah modulasi AM (*Amplitudo Modulation*), FM (*Frequency Modulation*), dan PM (*Phase Modulation*) (Tomasi, 2004).

Beberapa teknik modulasi analog di atas dapat ditemukan pada sistem transmisi yang digunakan pada sistem transmisi AM *radio* dan *Analog broadcast tv*. Meskipun pengaplikasian teknik modulasi analog lebih mudah dan tidak rumit, akan tetapi teknik modulasi analog lebih rentan terhadap gangguan (*noise*) sehingga sinyal yang ditransmisikan lebih mudah rusak. Penelitian membuktikan hal tersebut dengan cara mensimulasikan secara komputasi mengenai teknik modulasi analog salah satunya dilakukan oleh Fauzi pada tahun 2018. Fauzi (2018) telah mensimulasikan pengaruh *noise* terhadap sistem transmisi dari modulasi analog. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar SNR (*Signal to Noise Rate*) *noise* maksimal yang mampu ditoleransi sistem transmisi AM adalah 10 dB atau daya *noise* 40% dari daya sinyal data.



Gambar 1.3 Blok diagram Modulasi Digital (Sumber : Madhow, 2008)

Modulasi digital merupakan jenis modulasi yang sinyal informasinya berupa sinyal digital atau *discrete*. Proses transmisi sinyal teknik modulasi digital berdasarkan Gambar 1.3 yaitu, sinyal informasi yang merupakan sinyal analog dirubah terlebih dahulu ke dalam bentuk sinyal digital melalui sebuah *source encoder*, sehingga sinyal informasi berubah dalam bentuk sinyal digital. Sinyal digital hanya memiliki sinyal informasi bernilai 1 atau 0 yang berupa data *binner* yang akan membentuk *serial code*. Setelah sinyal informasi berbentuk sinyal digital, sinyal digital tersebut kemudian ditumpangkan terhadap sinyal *carrier* yang terdapat didalam modulator untuk ditransmisikan. Sinyal digital yang telah ditransmisikan didemodulasikan untuk mendapat sinyal digital kembali. Sinyal digital kemudian dikonversi ke dalam bentuk analog melewati *source decoder*, sehingga sinyal digital berubah kedalam bentuk sinyal analog kembali. Contoh teknik modulasi digital adalah ASK (*Amplitude Shift keying*), FSK (*Frequency Shift Keying*), dan PSK (*Phase Shift keying*) (Tomasi, 2004).

Beberapa teknik modulasi di atas dapat ditemukan pada perangkat digital saat ini, seperti pada *Smartphone*, *Wifi*, dan *Bluetooth* sebagai media transmisi. Semakin kompleks data yang akan dikirimkan maka akan membutuhkan sistem transmisi yang lebih bagus. Oleh karena itu, beberapa kegiatan penelitian yang berhubungan dengan teknik modulasi digital telah banyak dilakukan dewasa ini.

Pada tahun 2018, Pratiwi telah menganalisis kualitas sinyal terkirim pada beberapa teknik modulasi digital yaitu, BPSK (*Binnary Phase Shift Keying*), BFSK (*Binnary Frequency Shift Keying*), dan QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas sinyal terkirim yang dipengaruhi *noise* menghasilkan bahwa teknik modulasi QPSK merupakan teknik modulasi paling baik diantara ketiga jenis teknik modulasi lainnya. Pada tahun 2018, Pramestiara dan Nurhayati juga telah melakukan simulasi mengenai teknik modulasi digital. Teknik modulasi digital yang digunakan adalah QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), 8-FSK (*8-Frequency Shift Keying*), dan BPSK (*Binnary Phase Shift Keying*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik modulasi digital QAM menghasilkan kualitas data lebih baik daripada modulasi digital BPSK jika nilai *noise* berada pada kisaran  $\geq 15$  dB. Akan tetapi modulasi

digital BPSK akan menghasilkan kualitas data yang baik jika nilai *noise* berada pada kisaran 5dB.

Berdasarkan penelitian simulasi yang sudah dilakukan sebelumnya mengenai modulasi analog dan digital. Penelitian yang dilakukan hanya melakukan analisa kualitas sinyal terhadap teknik modulasi analog atau modulasi digital saja. Maka pada penelitian ini akan dilakukan simulasi transmisi modulasi *analog* dan modulasi *digital* secara bersamaan dengan sinyal informasi yang sama, yaitu sinyal informasi yang berupa sinyal *analog*. sehingga akan didapatkan nilai perbandingan kualitas sinyal terkirim antara teknik modulasi analog dan teknik modulasi digital. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan digital terhadap gangguan *noise* pada pengaruh perubahan frekuensi *carrier* dengan sumber sinyal informasi yang sama. Variasi frekuensi *carrier* dilakukan dikarenakan pada sistem transmisi frekuensi transmisi pada setiap jenis komunikasi terbagi - bagi di antaranya, LFs (*low frequencies*) 30 KHz – 300KHz digunakan untuk navigasi udara pada pilot, MFs (*medium frequencies*) 300 KHz – 3 MHz digunakan untuk siaran radio AM, dan UHF 300 MHz – 3GHz (*ultrahigh frequency*) digunakan oleh televisi, radar, dan *telephone* genggam. Sehingga diperlukan penelitian tentang pengaruh frekuensi terhadap terhadap kualitas sinyal (Tomasi, 2004).

Modulasi analog dilakukan dengan langsung menumpangkan sinyal informasi pada sinyal pembawa (*carrier*), setelah itu sinyal ditransmisikan dan didemodulasikan. Modulasi digital dilakukan dengan merubah sinyal informasi yang bersifat kontinu kedalam bentuk sinyal *discrete* atau digital menggunakan teknik ADC (*Analog to Digital Conversion*). sinyal informasi yang sudah di konversi menjadi sinyal digital, kemudian ditransmisikan dan didemodulasikan secara digital. Hasil demodulasi kemudian di DAC (*Digital to Analog Conversion*) untuk mendapatkan sinyal analog kembali.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat pada penelitian analisis ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise* adalah bagaimana ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian analisis ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise* adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan simulasi yang digunakan adalah sistem modulasi analog (*Phase Modulation*) dan modulasi digital (*Binary Shift Keying*).
2. Pada sistem modulasi yang digunakan diberi perlakuan dengan diberi gangguan (*noise*) untuk mengetahui pengaruh gangguan terhadap daya tahan sistem modulasi.
3. Ketahanan sinyal didapatkan berdasarkan nilai perbandingan sinyal informasi dan sinyal terkirim.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian analisis ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise* adalah untuk mengetahui ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian analisis ketahanan sinyal terkirim modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise* adalah untuk mengetahui sistem modulasi antara digital dan analog yang dapat digunakan dengan baik sebagai sistem transmisi pada beberapa frekuensi pembawa. Manfaat lain dari penelitian ini adalah sebagai informasi terhadap mahasiswa mengenai jenis kualitas sinyal yang terkirim melalui teknik modulasi analog dan modulasi digital. Sehingga berdasarkan hasil penelitian pembaca dapat mengetahui kualitas sinyal dari masing – masing sistem modulasi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Modulasi

Menurut Simon dan Moher (2007), modulasi didefinisikan sebagai proses karakteristik dari gelombang pembawa yang divariasikan sesuai sinyal informasi (*Signal Message*). Sinyal pembawa (*Signal Carrier*) diperlukan untuk memfasilitasi transportasi sinyal termulasi di saluran *band-pass* dari pengirim menuju penerima. Parameter yang digunakan untuk bervariasi sinyal pembawa adalah *amplitude*, *frequency*, dan *phase*. Beberapa dari teknik modulasi yaitu *Phase Modulation (analog modulation)* dan *Binary Phase Shift Keying (digital modulation)* (Lathi, 1998).

#### 2.1.1 Modulasi Analog berbasis modulasi fase (*Phase Modulation*)

Menurut Lathi (1998), *Phase Modulation (PM)* merupakan teknik modulasi analog yang perubahan sinyal informasi ditandai dengan perubahan fasenya, sedangkan amplitudo dan frekuensinya tidak mengalami perubahan. Secara umum persamaan gelombang ditulis,

$$\varphi(t) = A\cos\theta(t) \quad (2.1)$$

Karena modulasi PM merupakan perubahan sudut maka  $\theta(t)$  dituliskan,

$$\theta(t) = \omega_c t + \theta_0 + k_p m(t) \quad (2.2)$$

Dapat kita asumsikan  $\theta_0 = 0$ , maka didapatkan,

$$\theta(t) = \omega_c t + k_p m(t) \quad (2.3)$$

Sehingga untuk persamaan gelombang PM secara matematis dapat dituliskan,

$$\varphi_{pm}(t) = A\cos[\omega_c t + k_p m(t)] \quad (2.4)$$

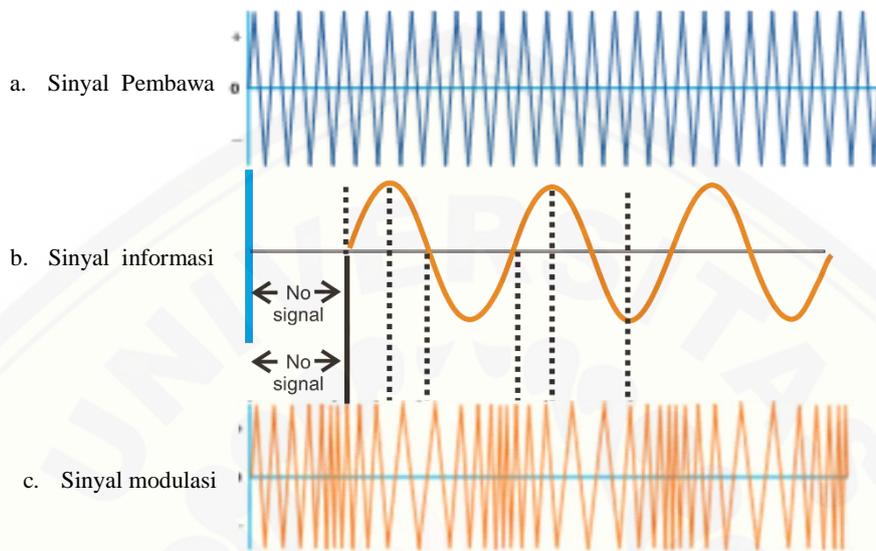
Dimana :

$\omega_c$  = frekuensi pembawa

$k_p$  = sensitivitas phase

$m(t)$  = signal message

Perubahan fase pada sinyal *carrier* bergantung pada sinyal informasi (*message*)  $m(t)$ . Saat sinyal informasi bernilai maksimal atau minimal maka akan terjadi perubahan fase. Digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses modulasi fase (Sumber: Frenzel, 2014)

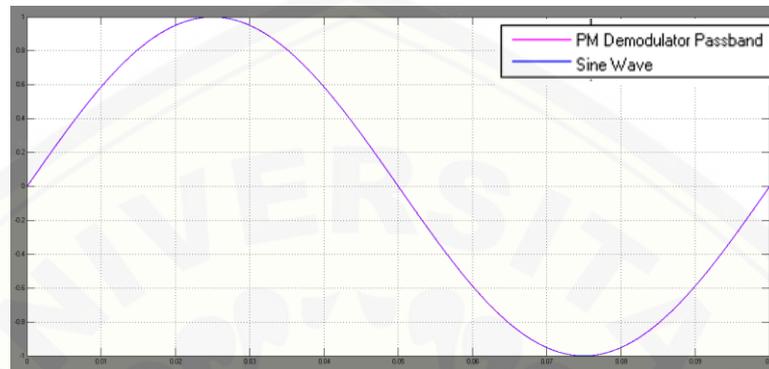
Berdasarkan gambar 2.1 sebuah sinyal informasi (seperti pada gambar b) yang akan ditransmisikan melalui sebuah medium udara sinyal tersebut akan ditumpangkan pada sebuah sinyal pembawa (seperti gambar a) sebelum dimodulasikan. Saat sinyal informasi bernilai maksimal atau minimal maka sinyal termodulasi akan mengalami perubahan fase sesuai dengan perubahan nilai sinyal informasi.

### 2.1.2 Modulasi Digital berbasis BFSK (*Binary Phase Shift Keying*)

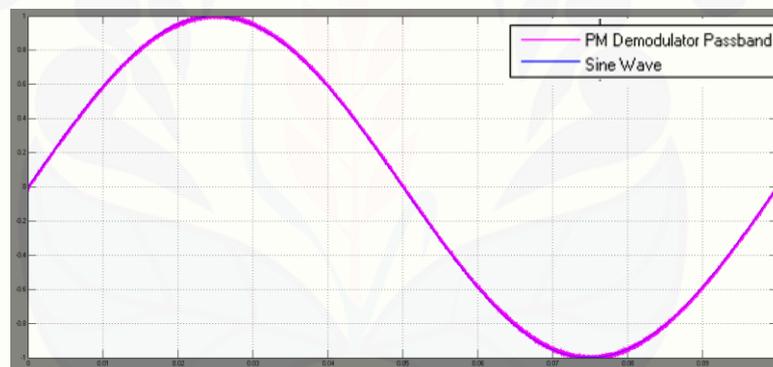
Modulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) merupakan teknik modulasi yang tergolong dalam modulasi digital. Sinyal digital yang ditumpangkan terhadap sinyal *carrier* akan mengalami perubahan fase sesuai dengan nilai biner atau sinyal digital yang dikirimkan, sedangkan amplitudo dan frekuensi tidak mengalami perubahan. Modulasi BPSK mempresentasikan nilai bit 1 atau 0 yang akan merubah kondisi fase sinyal *carrier* (White, 2013). Menurut Xiong (2000) perubahan fase pada modulasi BPSK memiliki dua kondisi fase yaitu  $0^0$  dan  $180^0$ . Secara matematis *ouput* modulasi BPSK disajikan sebagai berikut,

b. Variasi SNR pada frekuensi *carrier* 250 KHz

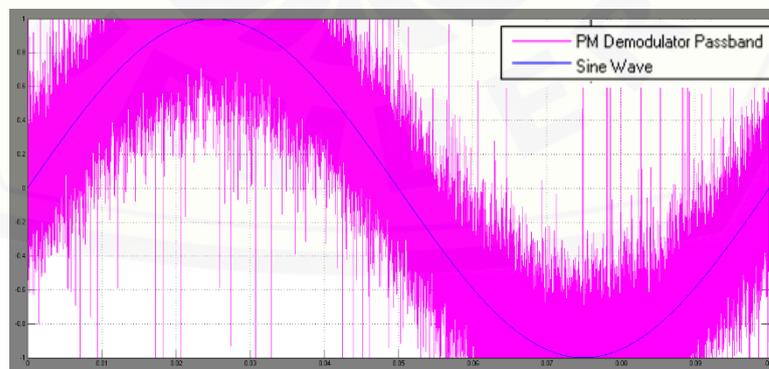
Pada variasi frekuensi *carrier* 250 KHz juga dilakukan variasi SNR yang sama seperti pada tabel 3.1. Pada Gambar 4.19, Gambar 4.20, dan Gambar 4.21 ditunjukkan perubahan sinyal terkirim untuk SNR 80 dB, 40 dB, dan 10 dB.



Gambar 4.19 Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB



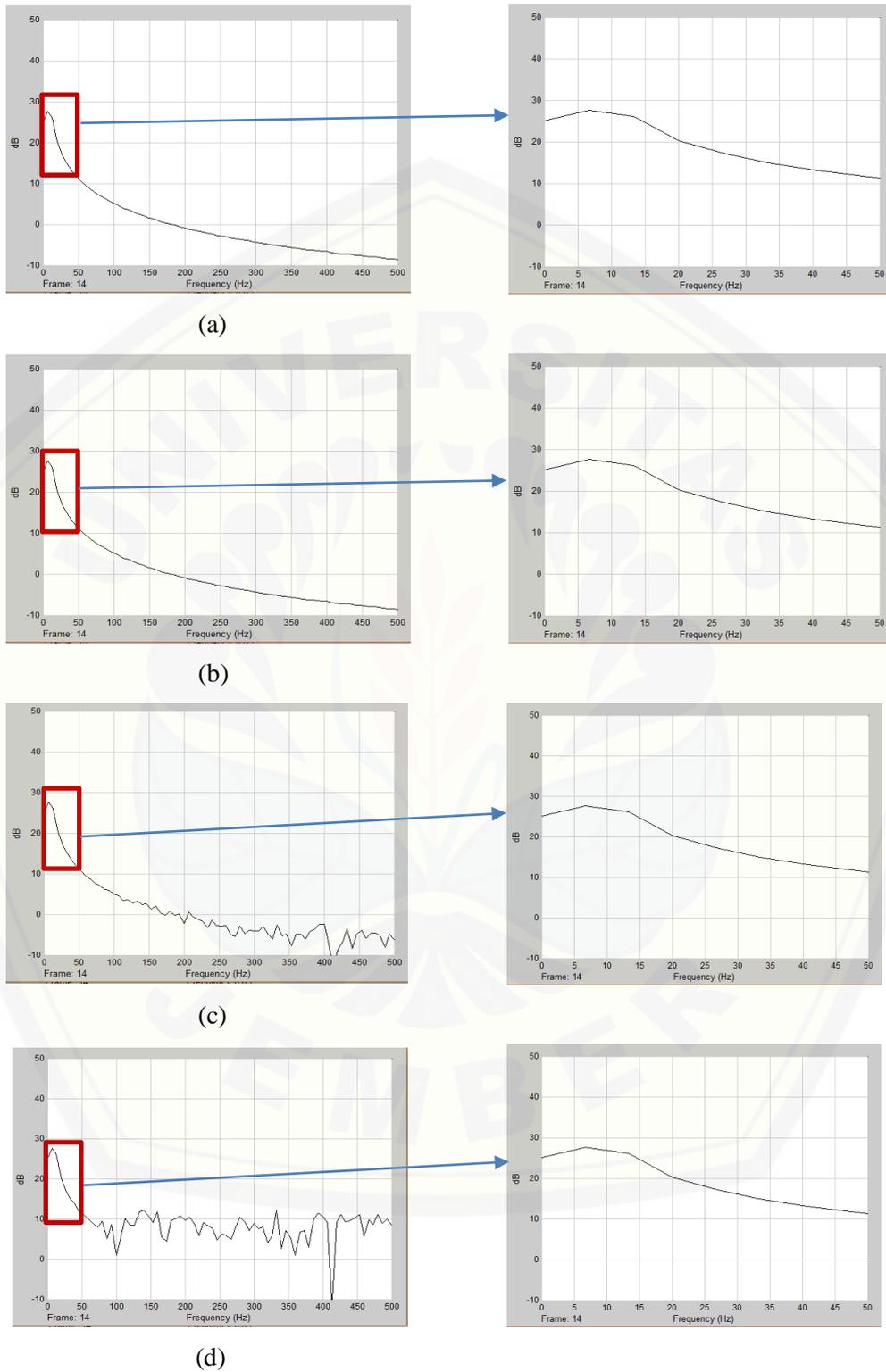
Gambar 4.20 Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB



Gambar 4.21 Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB

Gambar 4.19 menunjukkan hasil modulasi sinyal dengan variasi SNR 80 dB. Bentuk sinyal terkirim yang dihasilkan memiliki bentuk yang sama dan mulus dengan sinyal informasi. Gambar 4.19 juga tidak menunjukkan perubahan fase pada sinyal terkirim. Hasil analisa menggunakan FFT juga tidak menunjukkan penambahan atau perubahan frekuensi pada sinyal terkirim yang ditunjukkan pada Gambar 4.22(a) dan Gambar 4.22(b). Untuk variasi SNR 40 dB hasil demodulasi sinyal terkirim mengalami perubahan. Sinyal terkirim terlihat cacat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20 sinyal hasil demodulasi untuk SNR 10 dB juga menunjukkan sinyal cacat yang sama namun cacat yang ditunjukkan lebih besar daripada variasi SNR pada 40 dB. Cacat frekuensi untuk SNR 40 dB yaitu berada pada frekuensi 100 Hz – 200 Hz dengan daya 3 dB sedangkan pada SNR 10 dB frekuensi yang dimiliki berada pada frekuensi 50 Hz – 500 Hz dengan daya yang bervariasi. Hal tersebut sama dengan pada saat variasi frekuensi 50 KHz. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.22(c) dan Gambar 4.22(d) untuk frekuensi cacat yang dimiliki oleh SNR 40 dB dan 80 dB.

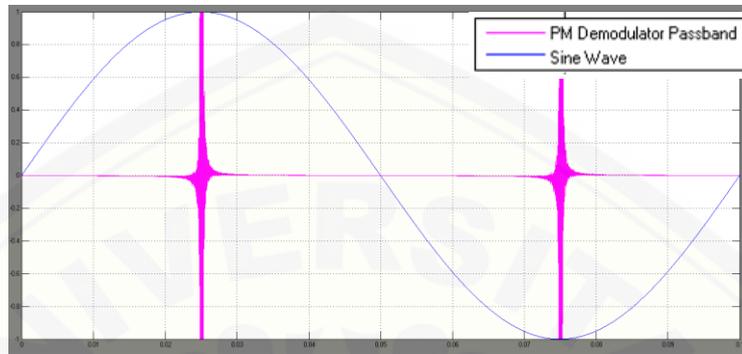
Meskipun mengalami penambahan atau perubahan frekuensi akan tetapi daya frekuensi maksimal untuk setiap variasi SNR yang dimiliki oleh setiap sinyal terkirim memiliki nilai sama dengan sinyal informasi. Hal tersebut dapat diketahui dengan membandingkan Gambar 4.22(a) dengan Gambar 4.22(b), Gambar 4.22(c), dan Gambar 4.22(d). Yang mana pada setiap gambar menunjukkan titik daya frekuensi yang sama.



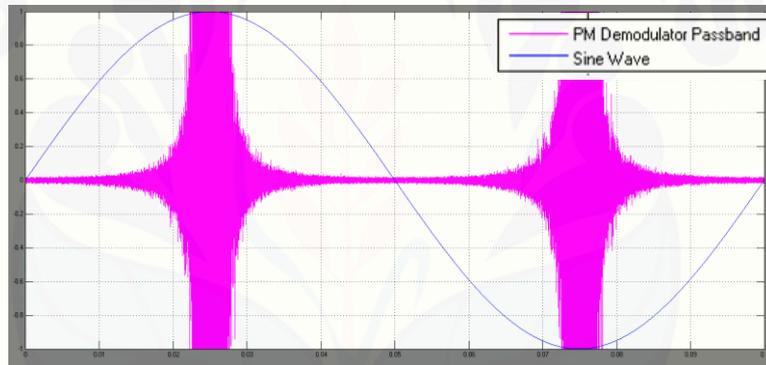
Gambar 4.22 Hasil FFT model simulasi modulasi Analog (a) Sinyal Informasi (b) Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal terkirim SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB.

c. Variasi frekuensi *carrier* 500 KHz

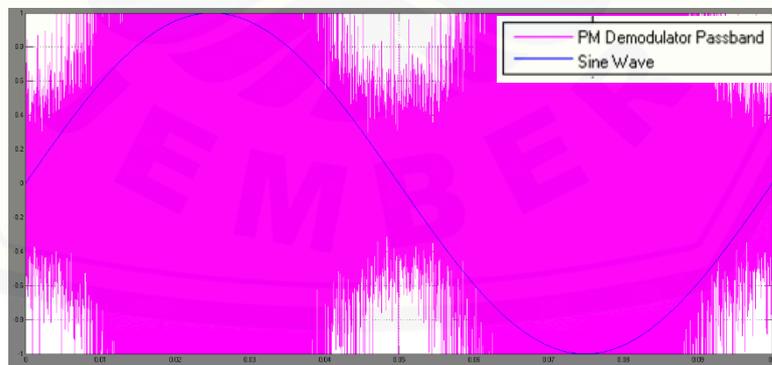
Hasil simulasi dengan frekuensi *carrier* 500 KHz dengan variasi SNR 80 dB, 40 dB, 10 dB ditunjukkan pada Gambar 4.23, Gambar 4.24, dan Gambar 4.25. Perubahan sinyal terkirim terhadap variasi SNR ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.23 Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB



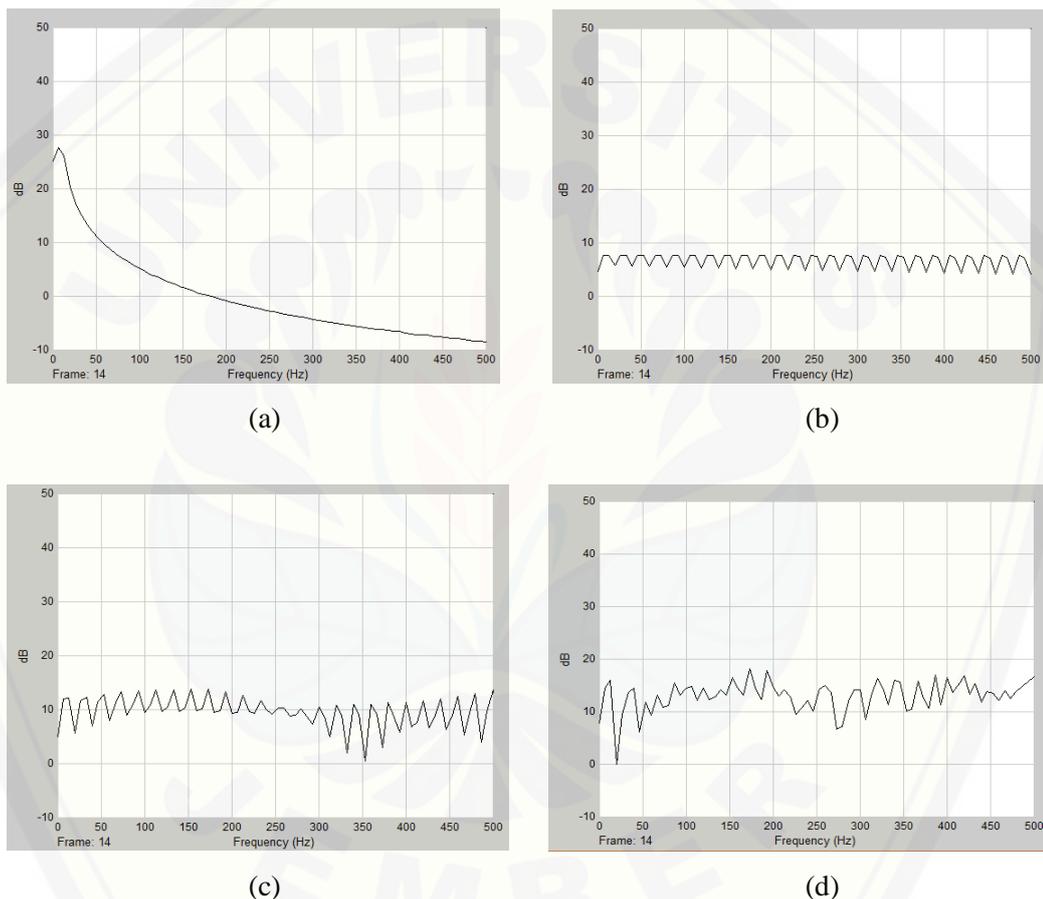
Gambar 4.24 Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB



Gambar 4.25 Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB

Hasil demodulasi sinyal terkirim yang ditunjukkan pada gambar tidak ada yang memiliki kesesuaian dengan sinyal informasi. Sinyal terkirim mengalami kerusakan dan cacat. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan dari *memory* yang

dimiliki oleh simulink untuk melakukan sampling pada sinyal informasi. Sinyal terkirim dengan frekuensi 500 KHz akan terdemodulasi dengan baik saat input *sampling time*  $1 \times 10^{-7}$  s. Input *sampling time* tersebut tidak dapat dijalankan pada simulink karena keterbatasan *memory* yang dimiliki. Hal tersebut juga didukung oleh hasil FFT modulasi pada frekuensi *carrier* 500 KHz, dimana hasil FFT menunjukkan adanya perubahan pada daya frekuensi (lihat Gambar 4.26).



Gambar 4.26 Hasil FFT model simulasi modulasi analog (a) Sinyal informasi (b) Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal terkirim SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB

Pada variasi SNR 80 dB, 40 dB, dan 10 dB, hasil simulasi menunjukkan adanya pelemahan daya dan penambahan frekuensi dengan daya rendah pada rentang frekuensi 0 sampai 500 Hz, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.26. Pada variasi SNR 40 dB dan 80 dB, Daya frekuensi yang dimiliki sinyal terkirim semakin meningkat dibandingkan nilai SNR saat variasi 80 dB yang nilai rentang

daya frekuensinya sebesar 8 dB. Semakin kecil nilai SNR yang diberikan daya frekuensi yang dimiliki semakin meningkat dan tidak beraturan, dapat dilihat pada gambar 4.26 (c) gambar 4.26 (d).

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada setiap variasi yang dilakukan, yaitu variasi frekuensi *carrier* dan variasi SNR terhadap modulasi analog (PM). Dapat disimpulkan bahwa variasi frekuensi *carrier* tidak mempengaruhi ketahanan sinyal terkirim pada setiap variasi frekuensi *carrier* dengan nilai SNR yang sama. Akan tetapi frekuensi *carrier* hanya mempengaruhi kinerja dari *software* yang digunakan. Ketika frekuensi *carrier* dalam orde 500KHz, sampling data yang dibutuhkan harus diperkecil dari sampling awal yaitu  $1 \times 10^{-6}$  ke  $1 \times 10^{-7}$  untuk menghasilkan hasil demodulasi yang bagus. Untuk variasi SNR terhadap modulasi analog dapat disimpulkan bahwa variasi nilai SNR sangat mempengaruhi ketahanan sinyal informasi yang termodulasi, semakin kecil nilai SNR yang diberikan kerusakan yang disebabkan semakin besar.

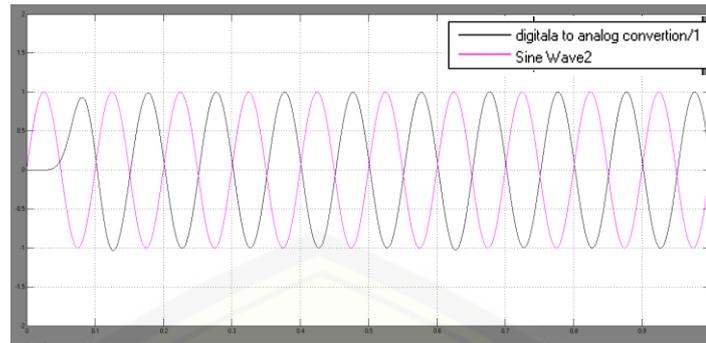
#### 4.3.2 Modulasi Digital berbasis BPSK

##### a. Variasi SNR dengan frekuensi *carrier* 50 KHz

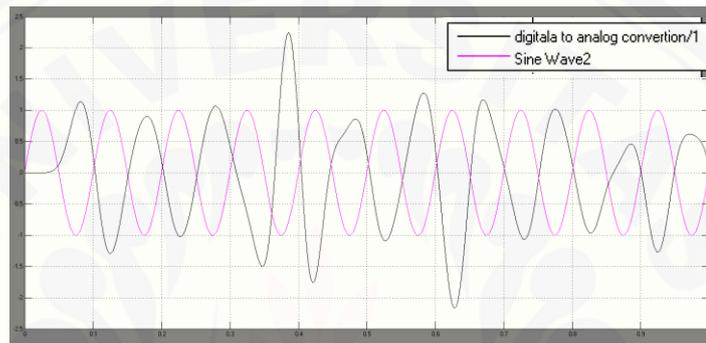
Hasil model simulasi modulasi digital dengan variasi frekuensi *carrier* ditunjukkan pada Gambar 4.27 dengan SNR 80 dB, Gambar 4.28 dengan SNR 40 dB, dan Gambar 4.29 dengan SNR 10 dB. Simulasi dilakukan dengan perlakuan sinyal informasi yang sama dengan model simulasi modulasi analog, sehingga dihasilkan hasil model simulasi digital sebagai berikut.



Gambar 4.27 Hasil sinyal terkirim dengan 80 dB

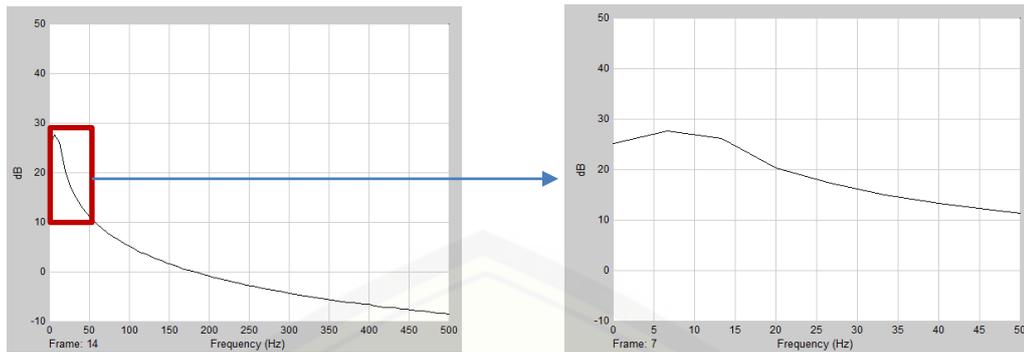


Gambar 4.28 Hasil sinyal terkirim dengan 40 dB

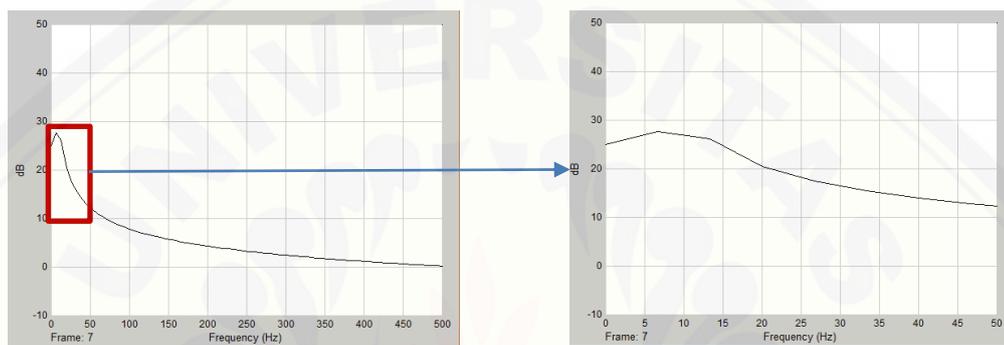


Gambar 4.29 Hasil sinyal terkirim dengan 10 dB

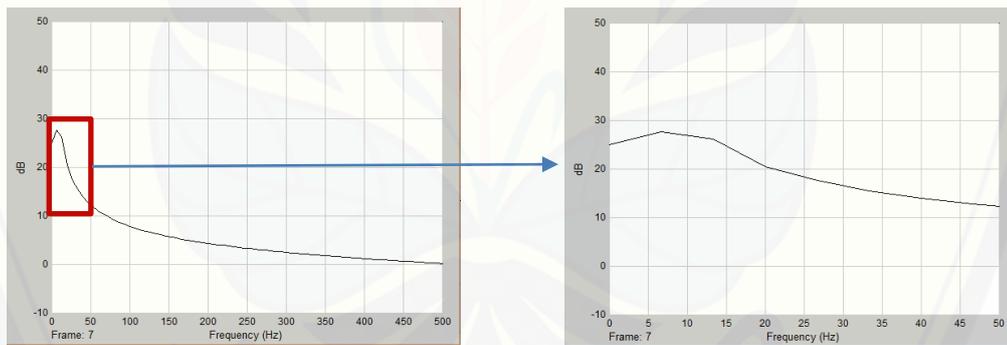
Sinyal terkirim ditunjukkan tidak memiliki kecacatan dan tidak mengalami perubahan frekuensi seperti yang ditunjukkan pada hasil FFT pada Gambar 4.30. Akan tetapi sinyal terkirim mengalami perubahan atau pergeseran fasa dari sinyal informasi yang ditunjukkan dengan garis gelombang warna *pink*. Berdasarkan persamaan 3.1 didapatkan pergeseran fasa sebesar  $198^\circ$ . Hal tersebut disebabkan karena dalam proses ADC dan DAC terjadi proses *filtering* yang menyebabkan perubahan atau pergeseran fasa pada sinyal terkirim. Hasil simulasi dengan variasi SNR 40 dB juga menunjukkan bentuk sinyal terkirim yang sama dengan variasi SNR 80 dB. Dapat dikatakan bahwa model simulasi digital berbasis BPSK masih tahan terhadap *noise* dengan SNR 40 dB. Model simulasi digital mengalami *error* atau perubahan sinyal terkirim saat variasi SNR 10 dB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.30(d). sinyal mengalami perubahan acak yang disebabkan *error code* pada saat proses transmisi.



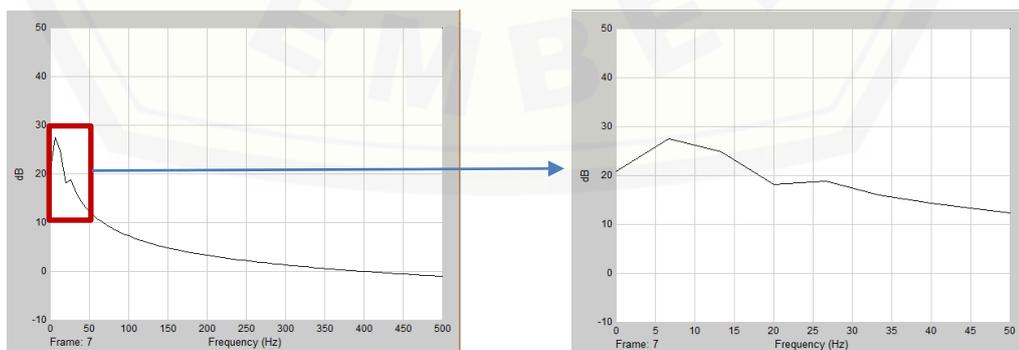
(a)



(b)



(c)



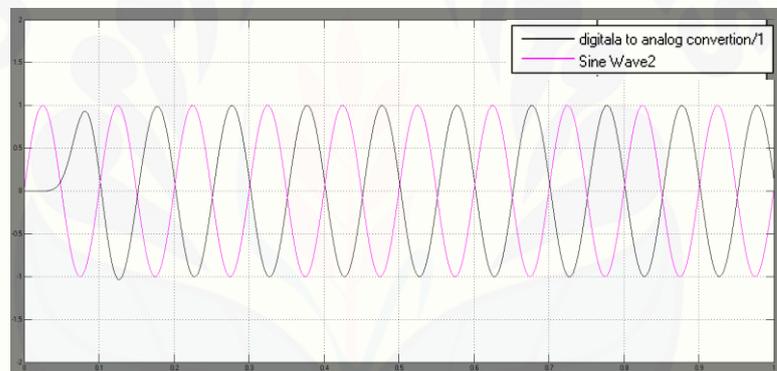
(d)

Gambar 4.30 Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a) Sinyal informasi (b) Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal Terkirm SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10dB

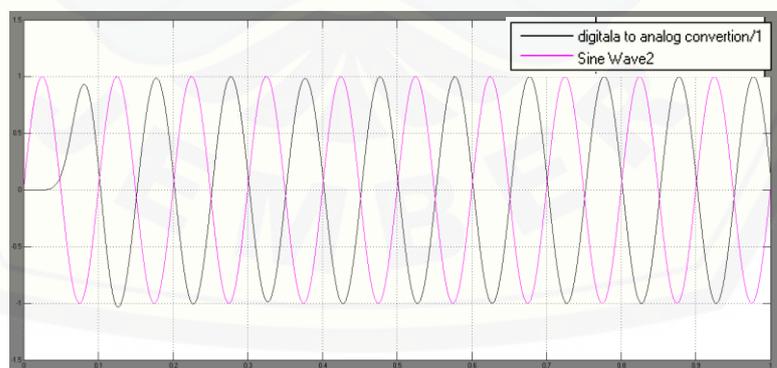
*Error code* tersebut menyebabkan perubahan atau pergeseran frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.30(d) yang mana saat dibandingkan dengan gambar 4.30(a) terlihat terjadi penambahan frekuensi sebesar 14 Hz dan 22 Hz dengan daya frekuensi sebesar 8dB dan 7 dB pada sinyal terkirim. Penambahan frekuensi lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 4.30(d).

b. Variasi frekuensi *carrier* 250 KHz

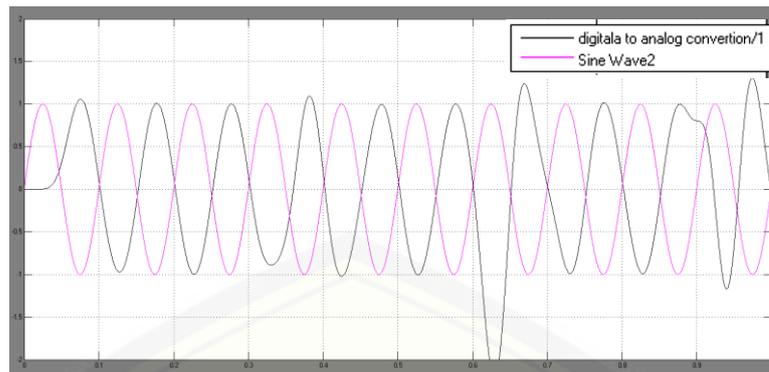
Model simulasi digital berbasis BPSK dengan frekuensi *carrier* 250 KHz diberikan variasi SNR yang sama dengan variasi frekuensi *carrier* 50 KHz yaitu, 80 dB, 40 dB, dan 10 dB. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.31 dengan variasi SNR 80 dB, Gambar 4.32 dengan variasi SNR 40 dB, dan Gambar 4.33 dengan variasi SNR 10 dB.



Gambar 4.31 Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB



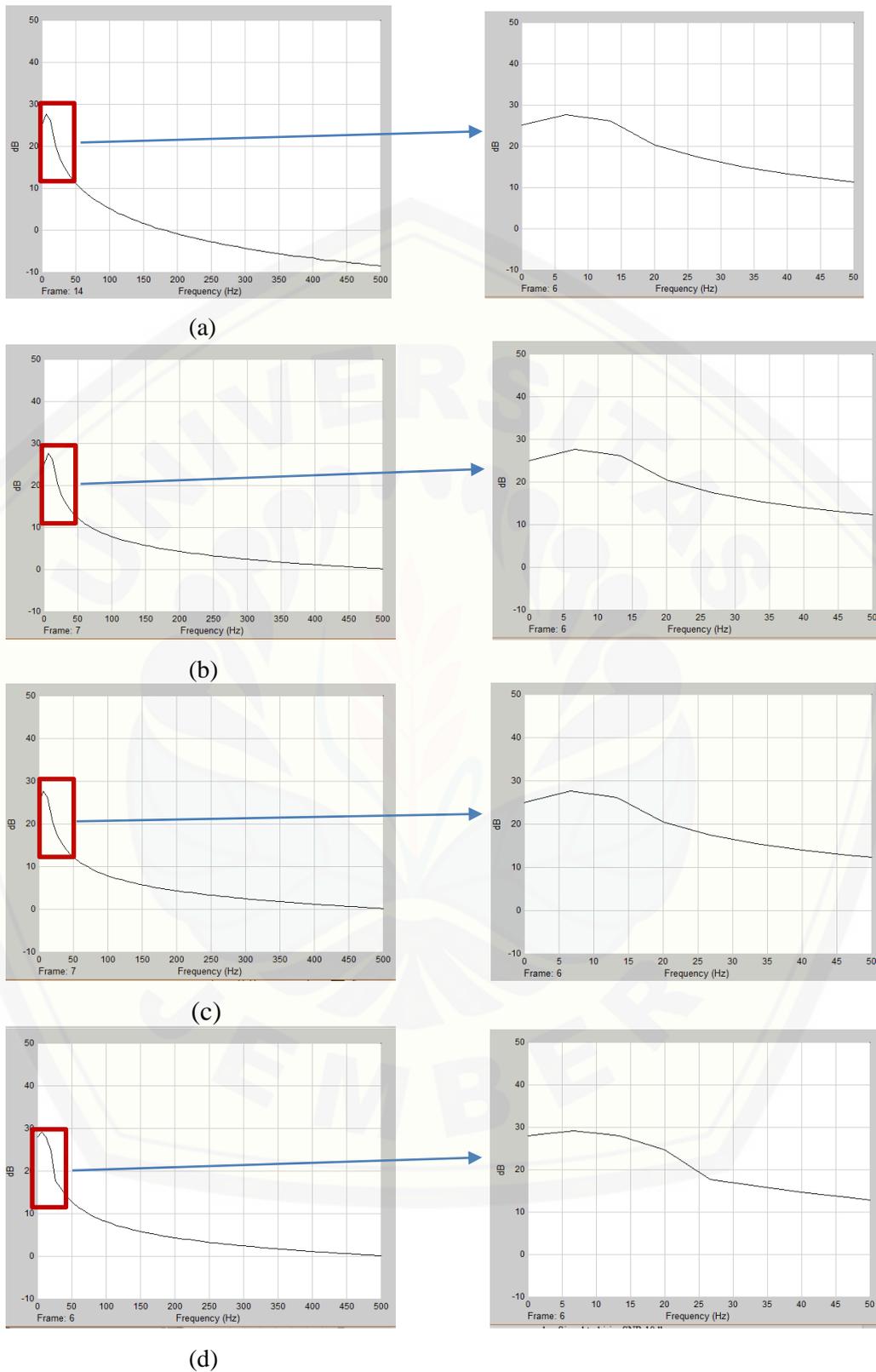
Gambar 4.32 Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB



Gambar 4.33 Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB

Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi SNR 80 dB dan 40 dB pada variasi frekuensi *carrier* 250 KHz menunjukkan hasil yang sama dengan model simulasi variasi frekuensi *carrier* 50 KHz dengan variasi SNR yang sama. Yang mana sinyal terkirim tidak mengalami perubahan bentuk sinyal saat diberikan variasi SNR 80 dB dan 40 dB. Hal tersebut membuktikan bahwa variasi SNR 80 dB dan 40 dB tidak mempengaruhi proses modulasi saat transmisi sinyal informasi. Akan tetapi pada variasi SNR 10 dB mengalami perubahan bentuk sinyal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33 untuk variasi frekuensi *carrier* 250 KHz. Perubahan bentuk sinyal juga ditunjukkan oleh hasil FFT untuk variasi SNR 10 dB. Hasil FFT menunjukkan adanya pergeseran *frekuensi* seperti pada Gambar 4.34(d).

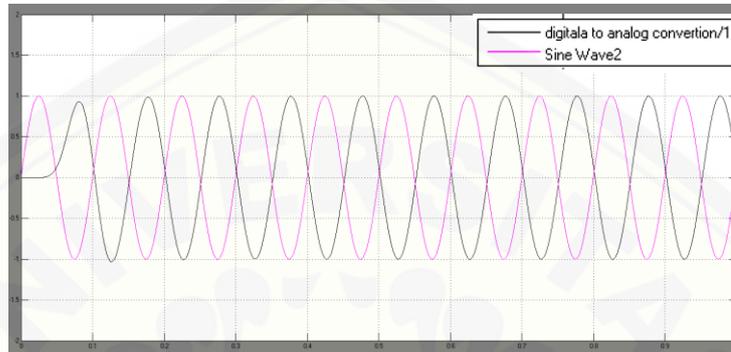
Hasil FFT untuk setiap variasi SNR menunjukkan perubahan yang sama untuk SNR 80 dB dan 40 dB dengan hasil FFT sinyal informasi. Akan tetapi hanya mengalami perubahan daya pada daerah frekuensi tinggi untuk setiap variasi SNR. Hal tersebut dapat diabaikan karena perubahan frekuensi tersebut tidak mempengaruhi terhadap ketahanan sinyal terkirim. Perubahan frekuensi terjadi pada variasi SNR 10 dB yang ditunjukkan pada Gambar 4.34(d) terdapat penambahan frekuensi sebesar 13 Hz dan 20 Hz.



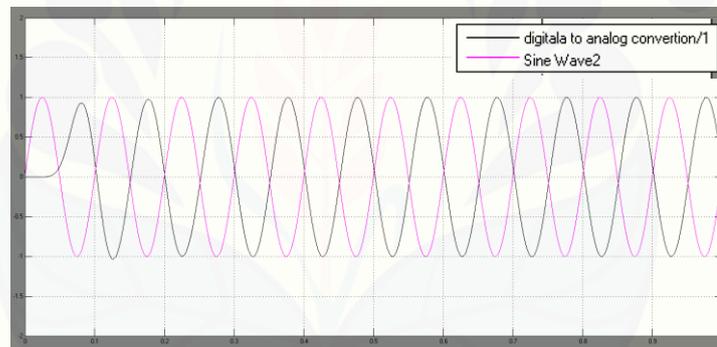
Gambar 4.34 Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a) sinyal informasi (b) sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal Terkirm SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB

c. Variasi frekuensi *carrier* 500 KHz

Model simulasi dengan variasi frekuensi *carrier* 500 KHz ditunjukkan pada Gambar 4.35 dengan variasi SNR 80 dB, Gambar 4.36 dengan variasi SNR 40 dB, dan Gambar 4.37 dengan variasi SNR 10 dB.



Gambar 4.35 Sinyal terkirim dengan SNR 80 dB



Gambar 4.36 Sinyal terkirim dengan SNR 40 dB



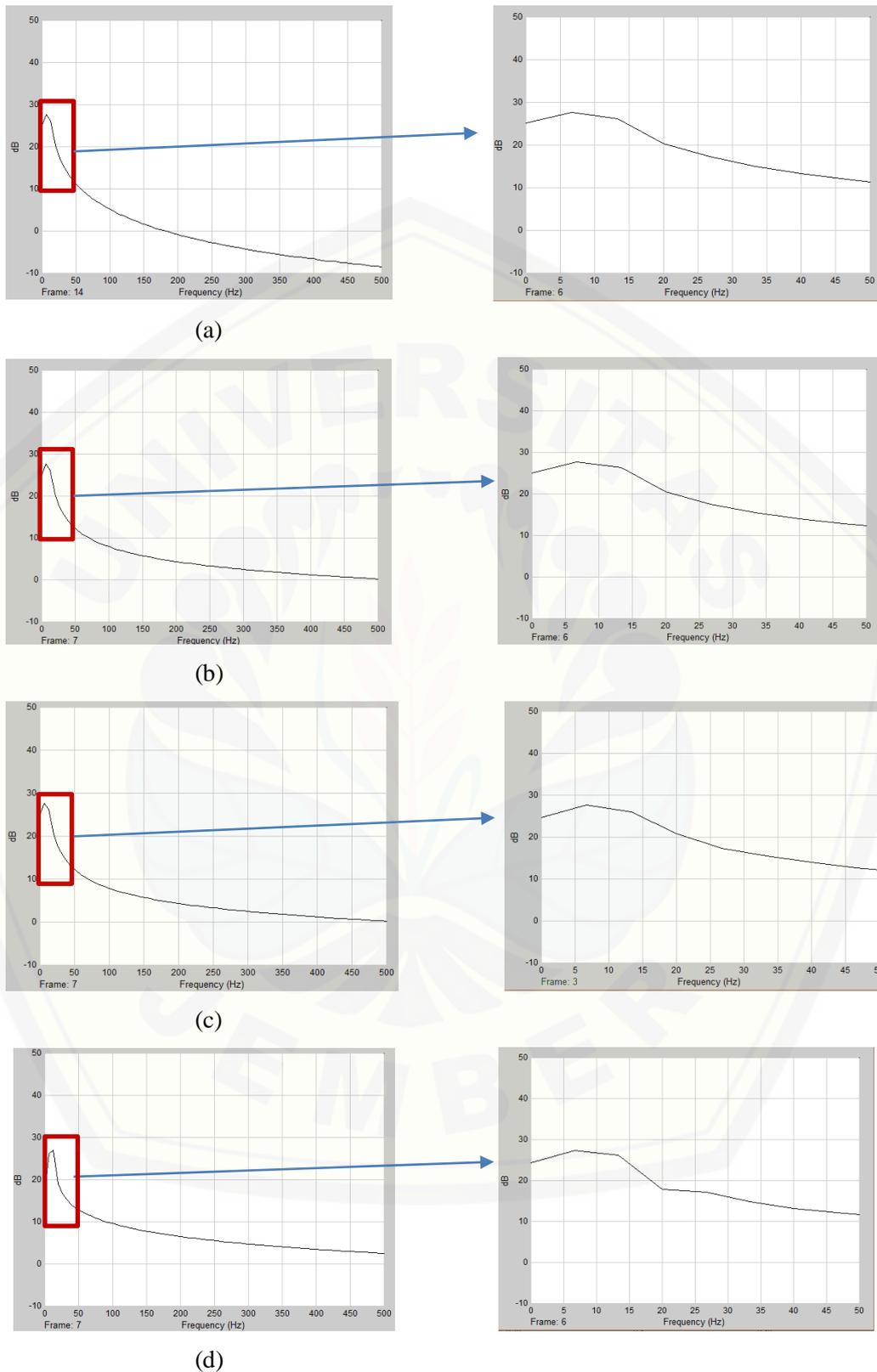
Gambar 4.37 Sinyal terkirim dengan SNR 10 dB

Hasil simulasi modulasi digital berbasis BPSK dengan frekuensi *Carrier* 500 KHz ditunjukkan pada gambar di atas. Yang mana *error* atau ketidaksesuaian

sinyal terkirim dengan sinyal informasi memiliki kesamaan untuk variasi frekuensi sebelumnya yaitu 50 KHz dan 250 KHz. Sinyal mengalami *error* pada variasi SNR 10 dB. Dalam hal ini *error* sinyal terkirim dengan sinyal informasi hanya dipengaruhi oleh variasi SNR yang diberikan. Seperti yang ditunjukkan oleh hasil simulasi pada Gambar 4.37, yang merupakan hasil simulasi modulasi digital berbasis BPSK dengan variasi SNR 10 dB. Sinyal terkirim mengalami perubahan acak, selain itu sinyal terkirim mengalami penambahan frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh hasil FFT pada Gambar 4.38.

Hasil FFT menunjukkan penambahan frekuensi seperti pada Gambar 3.38(d) untuk variasi SNR 10 dB. Penambahan frekuensi terjadi pada frekuensi 26 Hz dengan daya 18 dB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.38(d). Penambahan frekuensi tersebut dapat merubah data informasi yang ditransmisikan, sehingga menyebabkan *error* sinyal informasi yang lebih banyak dibandingkan dengan variasi SNR dibawah 10 dB. Hal tersebut dapat menyebabkan sinyal informasi yang ditransmisikan tidak dapat diterima dengan baik.

Selain itu pada modulasi digital saat frekuensi carrier 500 KHz *software* matlab masih mampu melakukan simulasi model modulasi. Berbeda dengan modulasi analog saat variasi frekuensi carrier 500 KHz matlab tidak dapat lagi melakukan simulasi dengan baik (*out of memory*), hal tersebut disebabkan karena *memory* dari simulink memiliki keterbatasan untuk melakukan sampling data pada sinyal informasi. Sampling data dibutuhkan untuk melakukan pergeseran fasa pada setiap data yang ditransmisikan pada modulasi PM. Semakin besar frekuensi carrier modulasi analog maka akan dibutuhkan sampling yang semakin kecil, semakin kecil data sampling data maka *memory* yang dibutuhkan akan semakin besar. Berbeda dengan modulasi digital berbasis BPSK. Pada modulasi digital berbasis BPSK tidak memerlukan kecepatan sampling data, hal tersebut dikarenakan modulasi digital hanya membutuhkan kecepatan *switch* untuk melakukan perubahan fase pada setiap perubahan informasi data yang ditransmisikan.



Gambar 4.38 Hasil FFT modulasi digital berbasis BPSK (a) Sinyal informasi (b) Sinyal terkirim SNR 80 dB (c) Sinyal Terkirm SNR 40 dB (d) Sinyal terkirim SNR 10 dB

Kesimpulan dari hasil simulasi modulasi analog berbasis PM dan modulasi digital berbasis ketahanan sinyal terkirim untuk setiap variasi data yang diberikan memiliki pengaruh yang berbeda. Pada modulasi analog *error* sinyal terjadi pada variasi SNR 40 dB pada variasi *carrier* 50 KHz dan 250 KHz, sedangkan untuk modulasi digital *error* data atau cacat sinyal baru ditunjukkan pada variasi SNR 10 dB. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa modulasi digital berbasis BPSK lebih tahan terhadap *noise*. Akan tetapi meskipun modulasi digital memiliki ketahanan yang lebih bagus dibandingkan dengan modulasi analog berbasis PM. Pada modulasi digital mengalami perubahan fase untuk setiap variasi SNR dan variasi frekuensi *carrier* yang diberikan. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan konversi sinyal analog menjadi digital pada proses ADC dan konversi digital menjadi analog pada proses DAC, sehingga sinyal terkirim mengalami pergeseran fase pada hasil simulasi.

Variasi frekuensi *carrier* pada modulasi tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Akan tetapi pada model simulasi modulasi analog, saat variasi frekuensi *carrier* 500 KHz, sinyal terkirim yang dihasilkan banyak mengalami *error* data. Hal tersebut disebabkan karena data *time sampling* yang diinputkan kurang kecil dari data yang harus diinputkan ( $t < 1 \times 10^{-7}$  s). Semakin besar frekuensi *carrier*, maka semakin besar pula frekuensi dari sinyal informasi yang dapat dimodulasikan. Dengan demikian, besarnya *time sampling* yang diambil akan semakin kecil. Oleh karena data *time sampling* yang diambil semakin kecil, maka akan terdapat banyak data sinyal hasil modulasi yang disimpan dan dijalankan oleh program. Hal inilah yang menyebabkan simulink tidak dapat melakukan running akibat jumlah sampling data yang terlalu besar. Hal tersebut disebabkan karena keterbatasan memory yang dimiliki oleh simulink. Oleh sebab itu pada saat simulasi modulasi analog berbasis PM dengan frekuensi 500KHz, *time sampling* data yang digunakan tidak lagi menggunakan data yang seharusnya. Dalam hal ini, digunakan *time sampling* sebesar  $1 \times 10^{-6}$  s. Oleh sebab itu, hasil simulasi yang diperoleh (Gambar 4.25 dan hasil FFT pada Gambar 4.26), memiliki cacat/terjadi perubahan cukup besar. Selain analisa perubahan fasa dan perubahan frekuensi, pada penelitian ini juga dilakukan analisa secara kualitatif.

Secara kualitatif model modulasi analog lebih rentan terhadap *noise* dibandingkan dengan model modulasi digital. Ditunjukkan dengan perubahan pada cacat sinyal yang terjadi saat diberikan variasi nilai SNR yang berbeda.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian analisa ketahanan sinyal terkirim melalui modulasi analog dan modulasi digital terhadap *noise* yaitu bahwa kondisi sinyal terkirim modulasi digital memiliki ketahanan sinyal pada variasi SNR 40 dB, sedangkan modulasi analog pada variasi SNR 40 dB sudah mengalami cacat pada sinyal terkirim. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa teknik modulasi digital berbasis BPSK memiliki ketahanan sinyal terkirim yang lebih tahan terhadap *noise*, kualitas sinyal yang dihasilkan juga lebih baik dibandingkan dengan modulasi analog. Sedangkan pada modulasi analog berbasis PM sinyal yang ditransmisikan akan mudah dipengaruhi oleh *noise*, data yang ditransmisikan juga tidak sebagus pada modulasi digital berbasis BPSK.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan untuk melakukan sebuah variasi penggunaan ADC (*Analog To Digital Converter*). Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem ADC terhadap ketahanan sinyal terkirim. Selain itu juga disarankan agar peneliti melakukan variasi *input* data sinyal informasi yang berbentuk *random*, sehingga dengan variasi tersebut akan lebih mendekati dengan sinyal informasi yang sesungguhnya. Yang mana sinyal informasi pada aplikasinya memiliki berbagai bentuk frekuensi dan amplitudo yang berbeda untuk setiap informasi yang ditransmisikan.

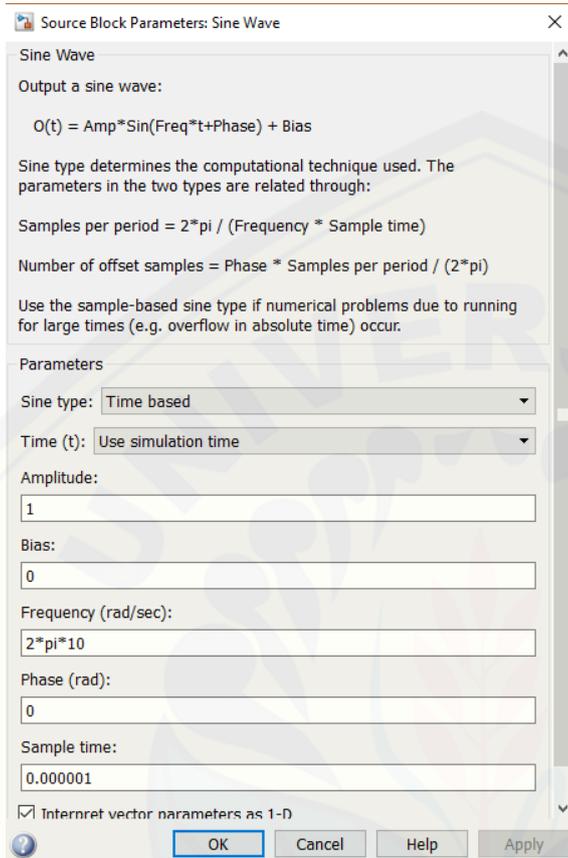
**DAFTAR PUSTAKA**

- Beucher, O. dan M. Weeks. 2008. *Introduction to Matlab & Simulink : A Project Approach*. Massachusetts: Infinity SciencePress LLC.
- Couch, Leon. 2013. *Digital and Analog Communication System: 8<sup>th</sup> ed.* Gainesville: University of Florida.
- Duck, Michael dan R. Read. 2003. *Data Communications and Computer Network for Computer Scientists and engineers: 2<sup>rd</sup> ed.* Enland: Person Education Limited.
- Engelberg, Shlomo. 2008. *Digital Signal Processing An Experimental Approach*. Jarusalem: Springer.
- Fauzi, Muhammad. 2018. *Pemodelan Sistem Multiplexing pada Aplikasi Through-Wall Imaging sebagai Sensor Posisi Berbasis Wireles Network. Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Frenzel Jr, Louis. 2014. *Principles of Electronic Communication Systems*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hayking, S dan M. Moher. 2007. *Introduction to Analog & Digital Communications: 2<sup>rd</sup>*. United State of America: Hamilton Printing.
- Jonshon, don H. 2006. *Sinyal untuk rasio kebisingan*. Scholarpedia: Rice Univesity
- Kennedy, George dan B. Davis. 1999. *Electronic Communication System*. New Delhi: McGrow-Hill Office.
- Lathi, B .P. 1998. *Modern Digital and Analog Communication Systems: 3<sup>rd</sup>*. New York: Oxford University Press.
- Lathi, B .P. dan Z. Dhing. 2010. *Modern Digital and Analog Communication Systems: 3<sup>rd</sup>*. New York: Oxford University Press.
- Madhow, Upamanyu. 2008. *Fundamentals of Digital Communication*. Santa Barbara: University of california.
- Pan, L dan X. Li. 2016. *Design and Implementation of SIGMA-DELTA Converter in Oversampling frequency*. Kalmar: Linneuniveritetet

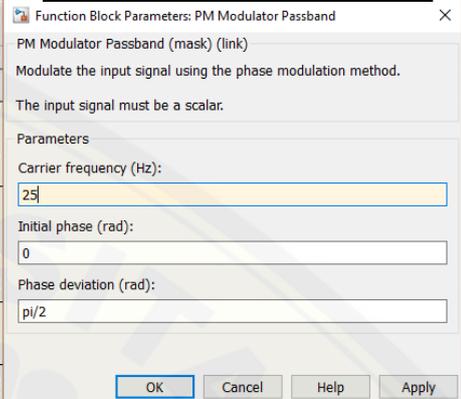
- Pramestiara, T. Ayunda dan A. Nurhayati. 2018. Simulasi Modulasi Digital QAM, 8- FSK dan BPSK Menggunakan *Software Matlab* untuk Proses Pembelajaran. Jakarta: ICT Akademi Telkom jakarta.
- Pratiwi, Ella. 2018. Analisis Kualitas Sinyal Terkirim pada Teknik Modulasi Digital Akibat Adanya *Noise*. *Skripsi*. Jember: Universitas jember.
- The MathWorks. 2014. *Signal Processing Tool Box*. Massachusetts: The mathWorks, Inc.
- Tomasi, Wayne. 2004. *Electronic Communications Systems Fundamentals Through Advanced*. Arizona: Devry University.
- White, Curt. M. 2013. *Data Communications and Computer Network A Business User's Approach: 7<sup>th</sup>*. USA: Course Technology.
- Xiong, Fuqin. 2000. *Digital Modulation techniques*. London. Artechhouse Boston.

LAMPIRAN

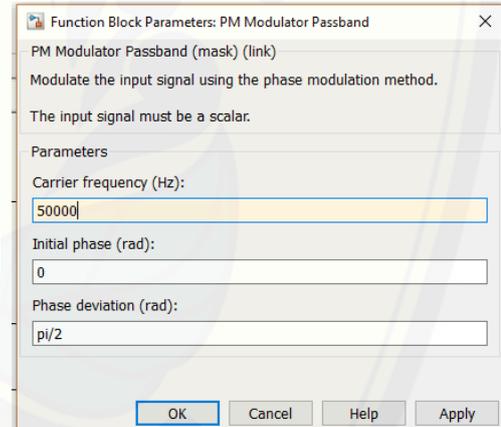
Lampiran 1. Modulasi Analog berbasis PM



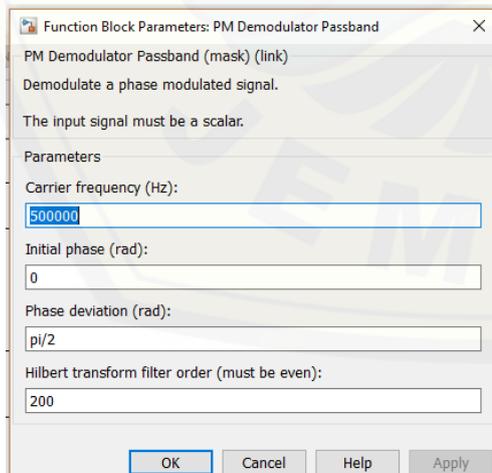
Frekuensi *Carrier* 25 Hz



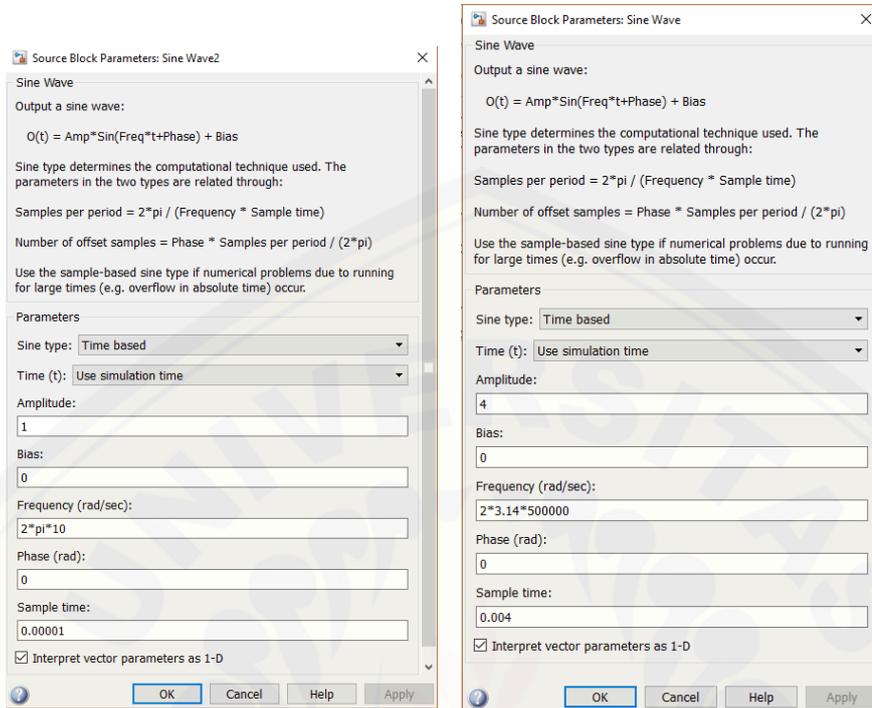
Frekuensi *Carrier* 50 KHz



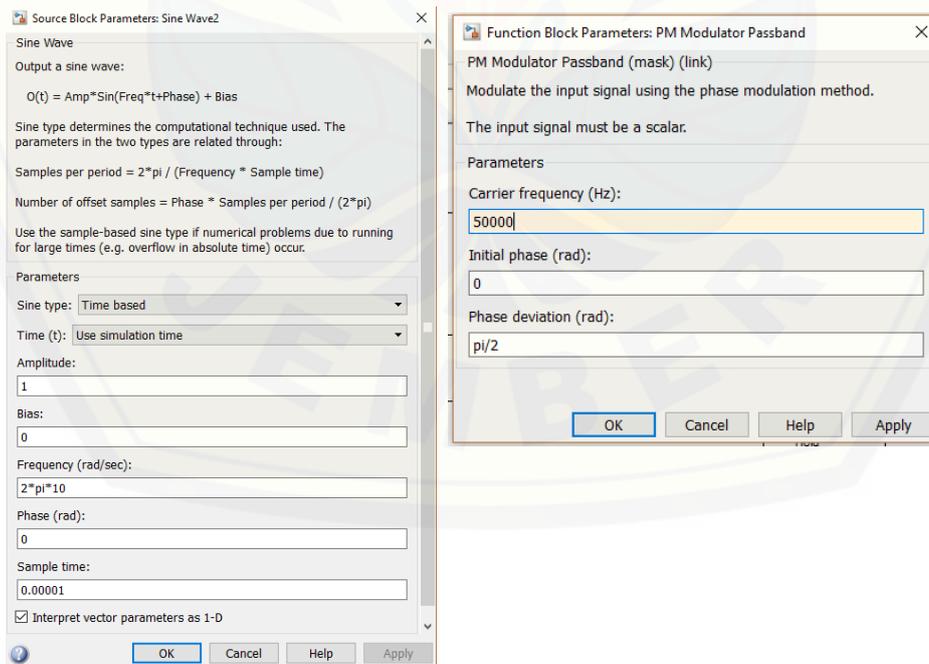
Demodulator Analog PM

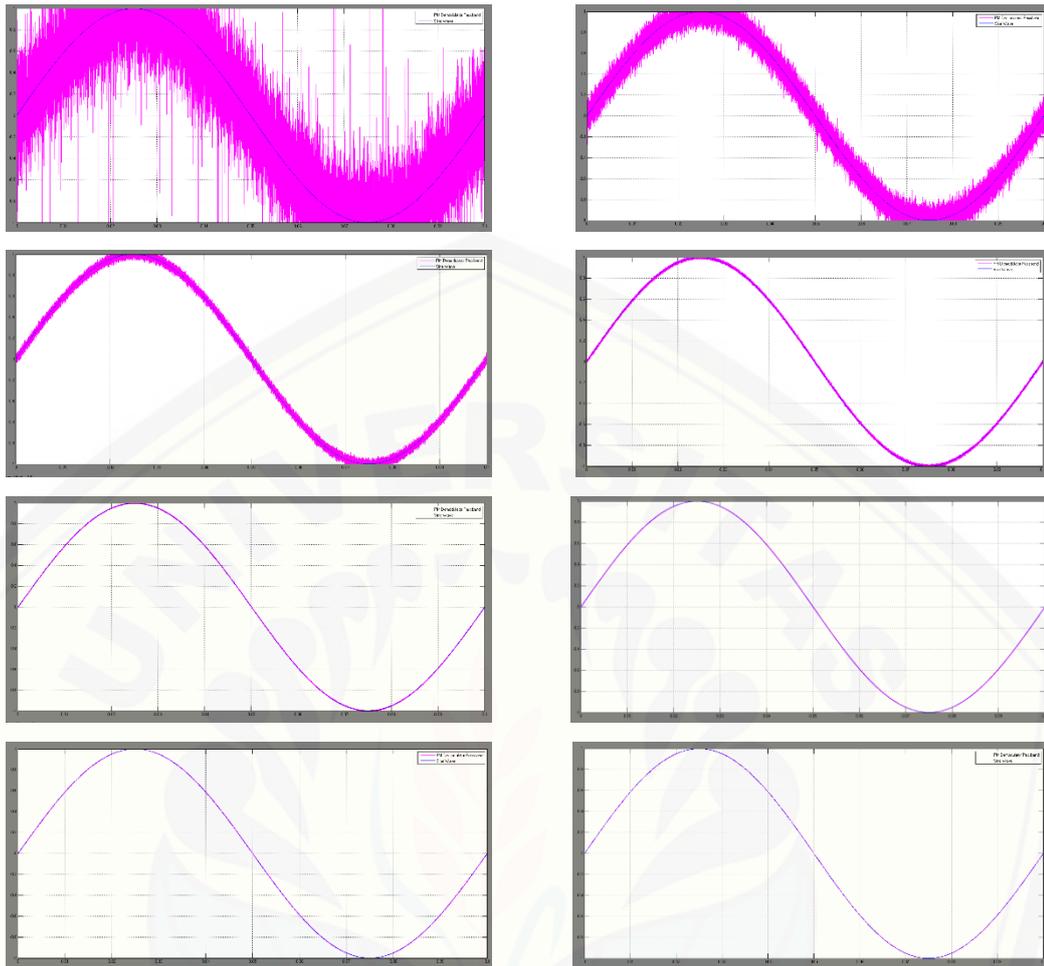


Lampiran 2. Modulasi digital berbasis Binnary Phase Shift Keying (BPSK)

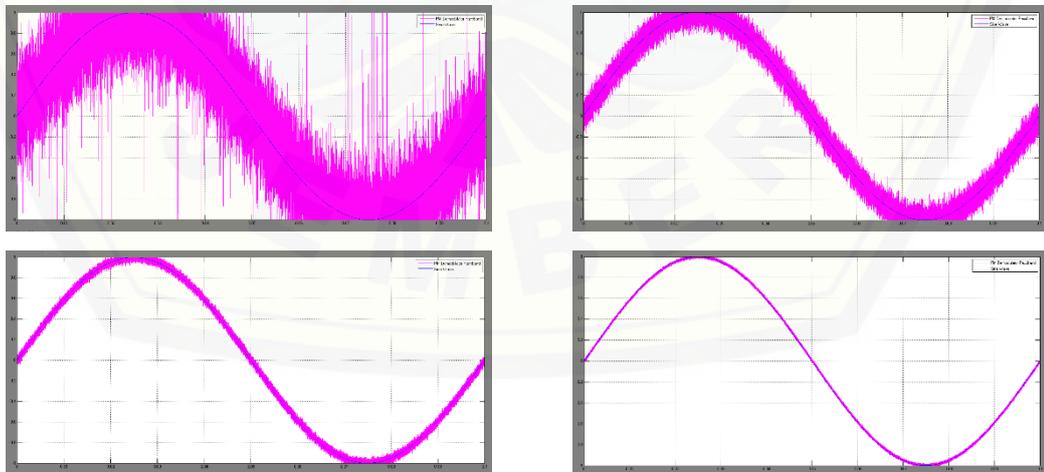


Lampiran 3. Variasi frekuensi carrier 50 KHz dengan SNR 10dB – 80 dB Modulasi analog



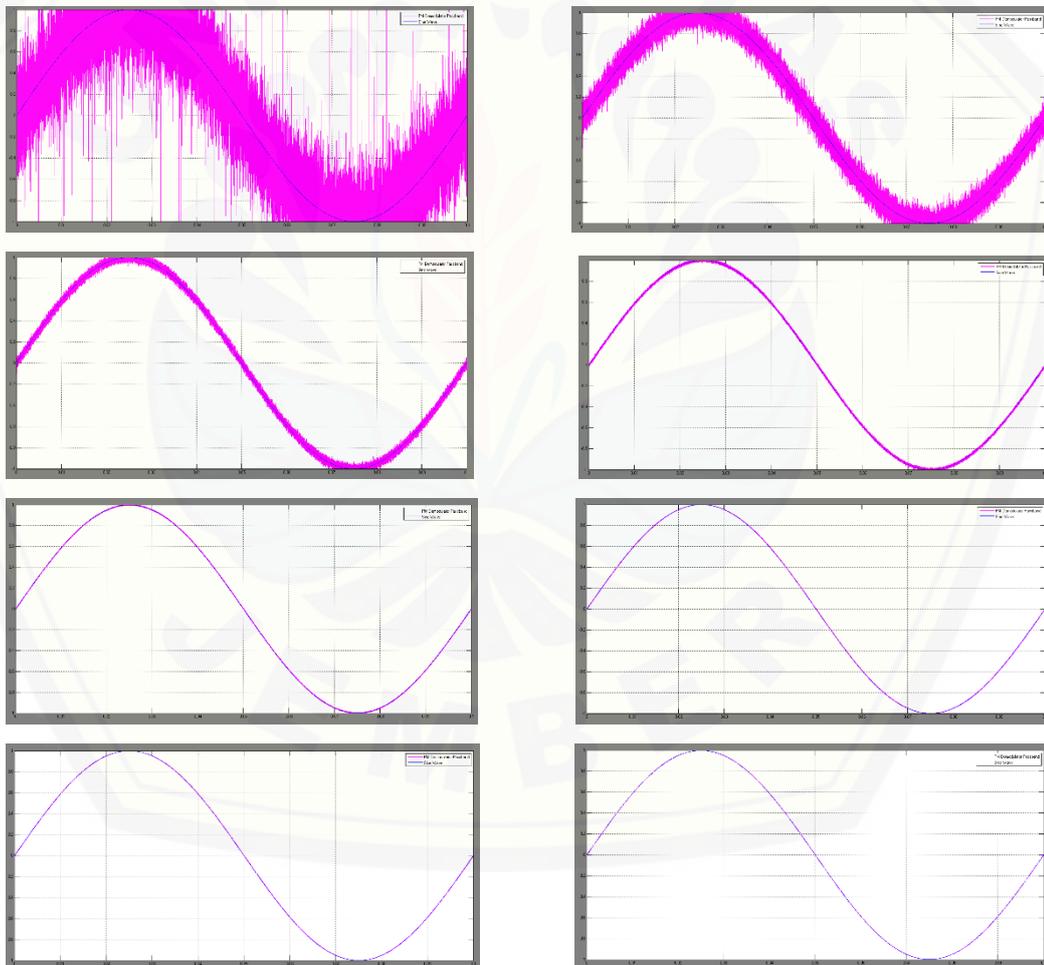


Variasi frekuensi *carrier* 100 KHz dengan SNR 10 dB – 80dB

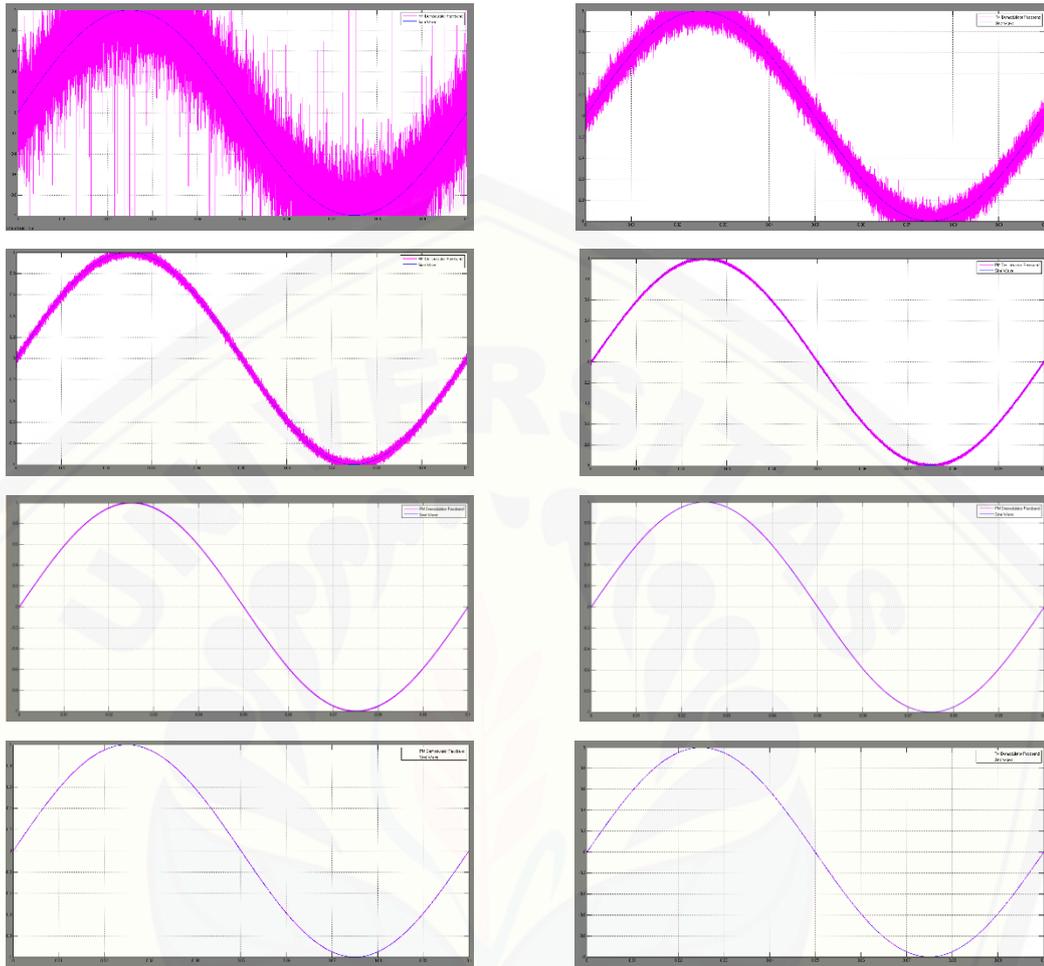




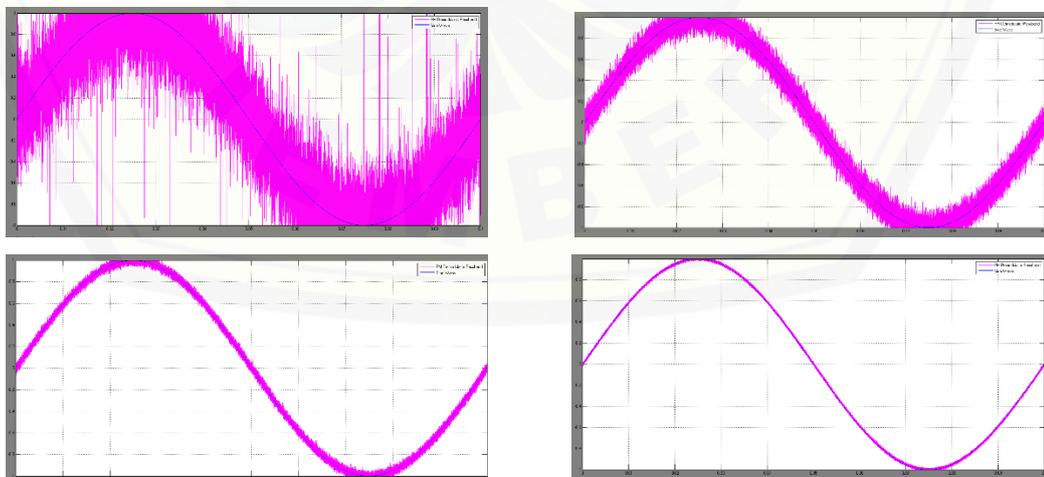
Variasi frekuensi *carrier* 150 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB



Variasi frekuensi *carrier* 200 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

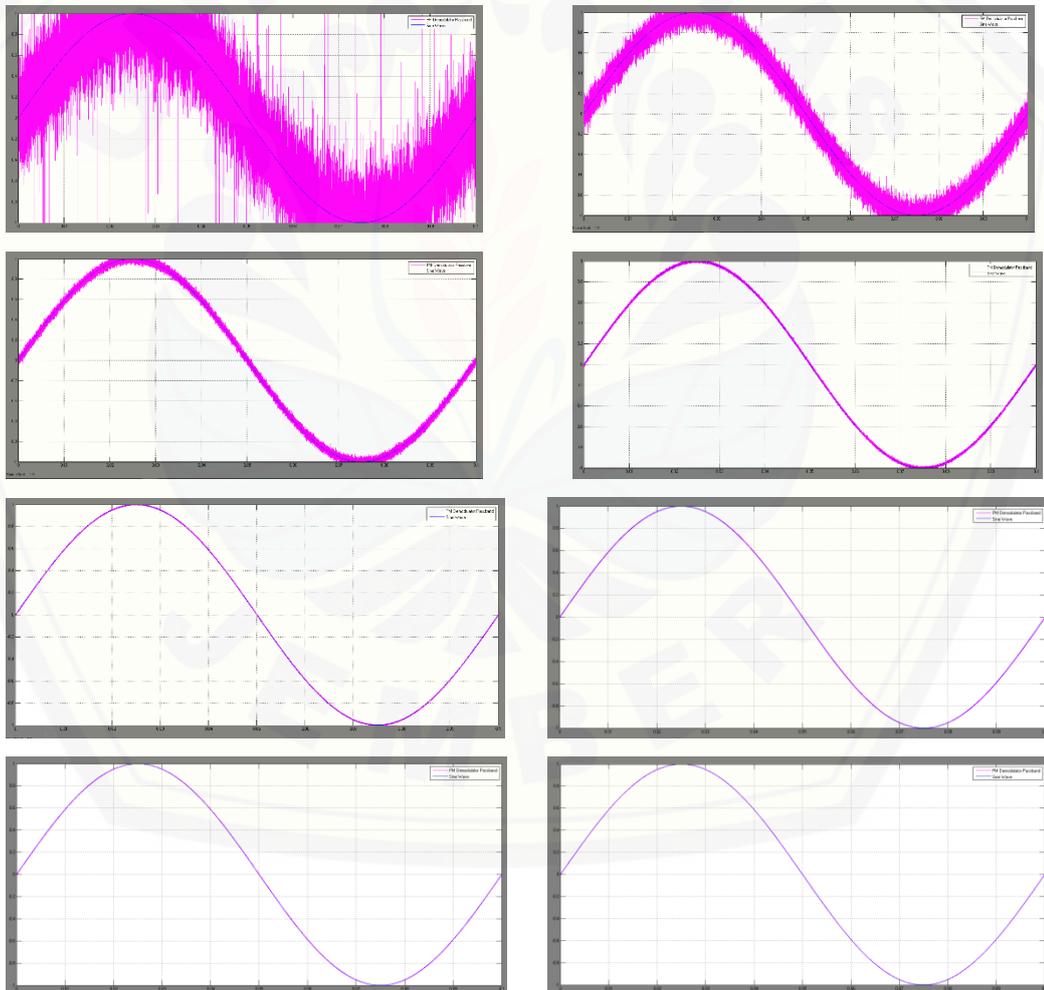


Variasi frekuensi *carrier* 250 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

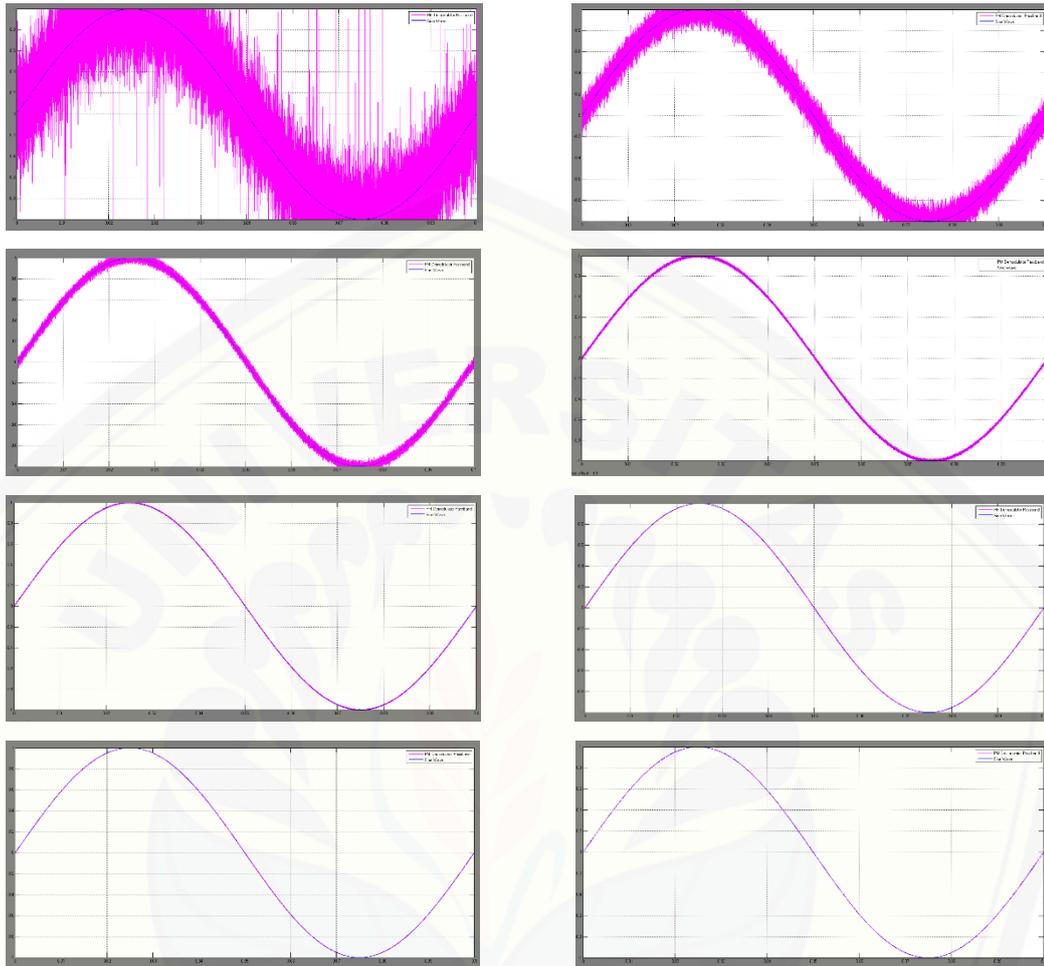




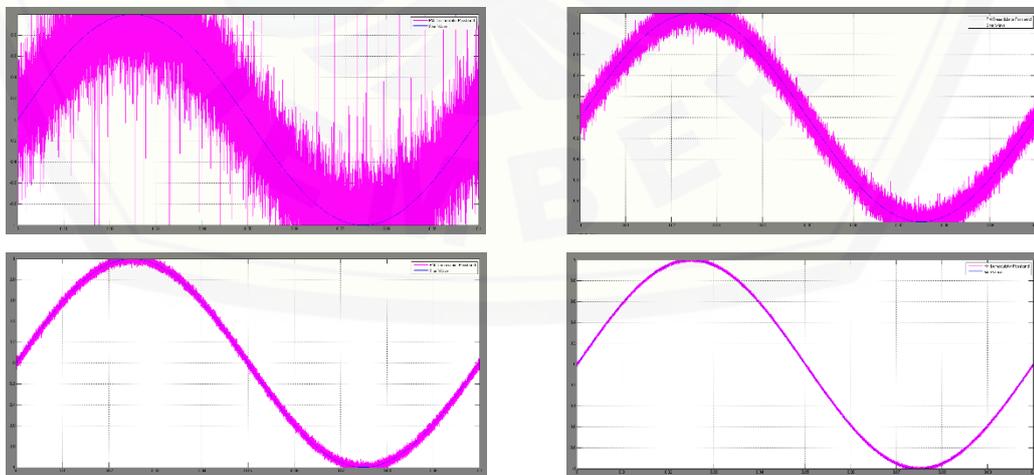
Variasi frekuensi *carrier* 300 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

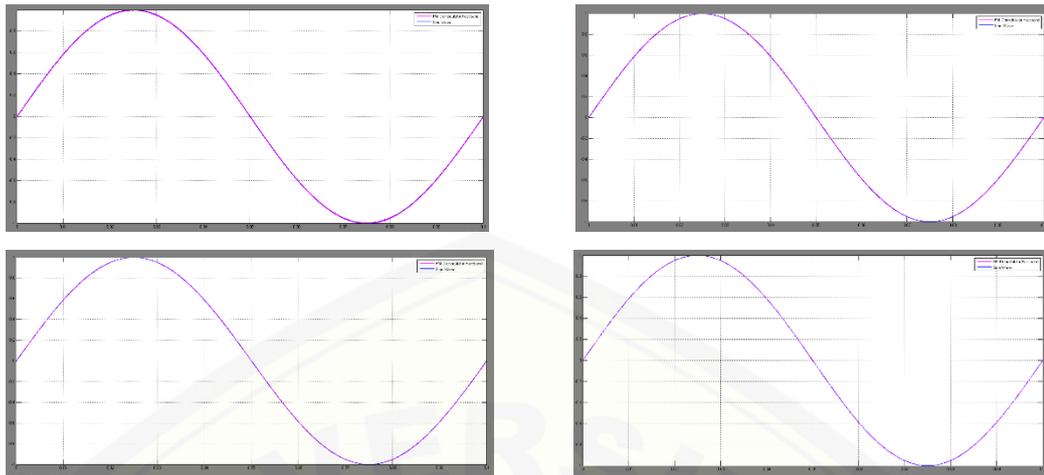


Variasi frekuensi *carrier* 350 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

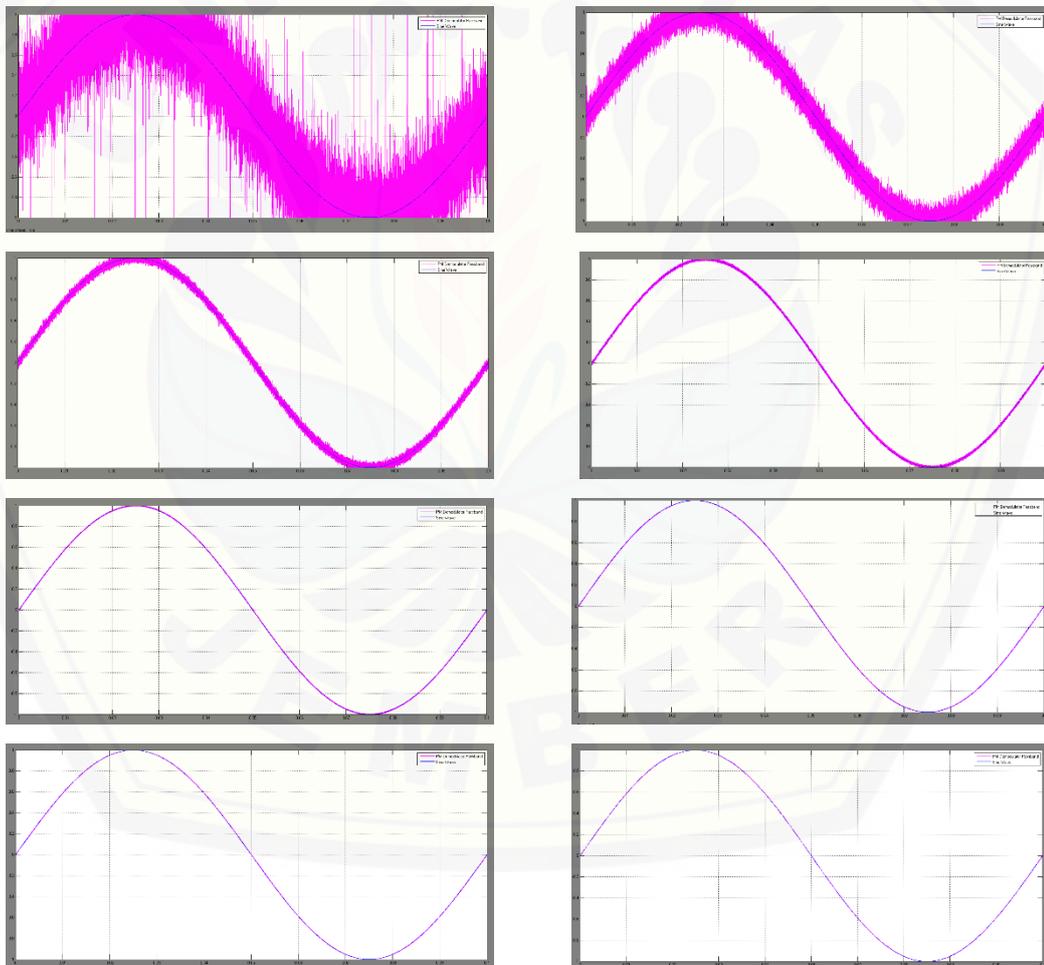


Variasi frekuensi *carrier* 400 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

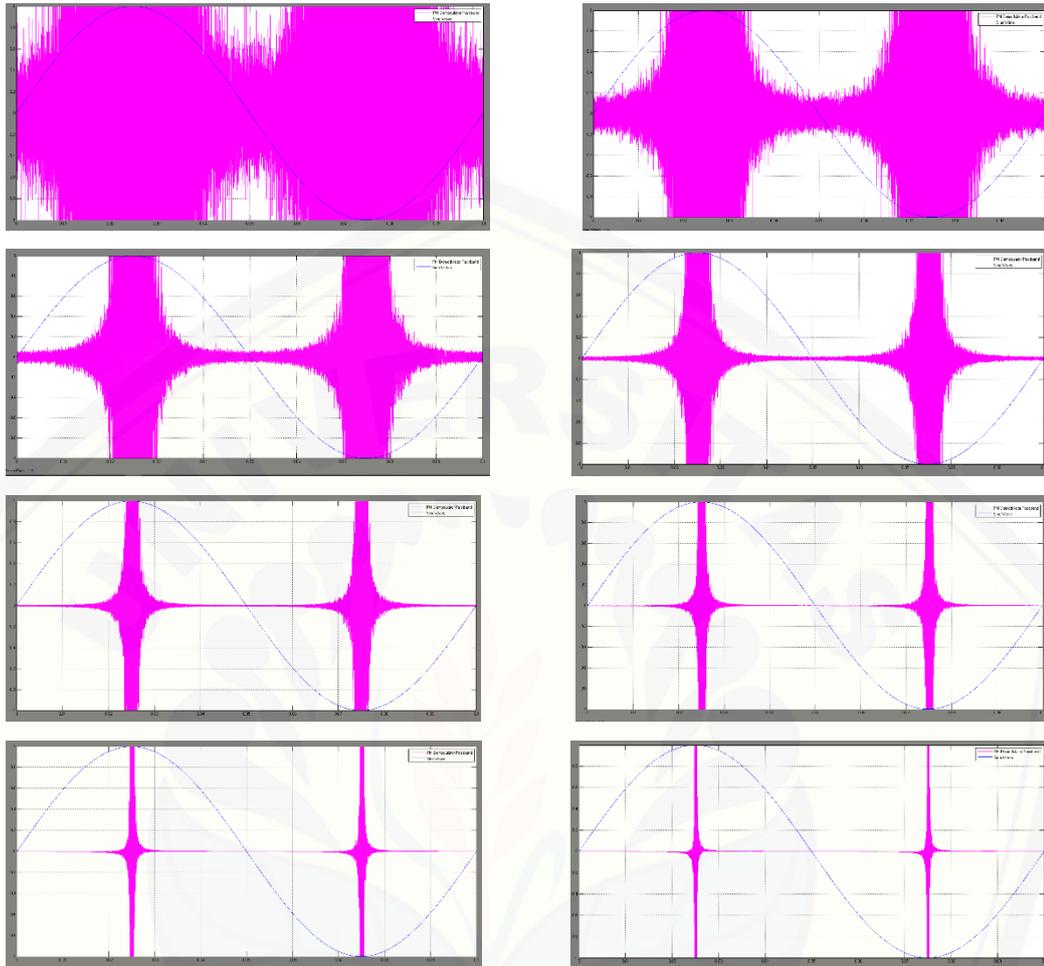




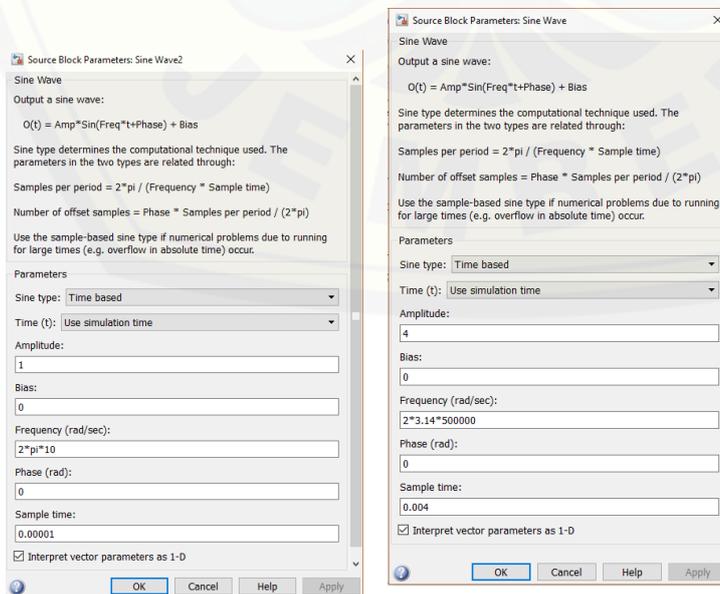
Variasi frekuensi *carrier* 450 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB



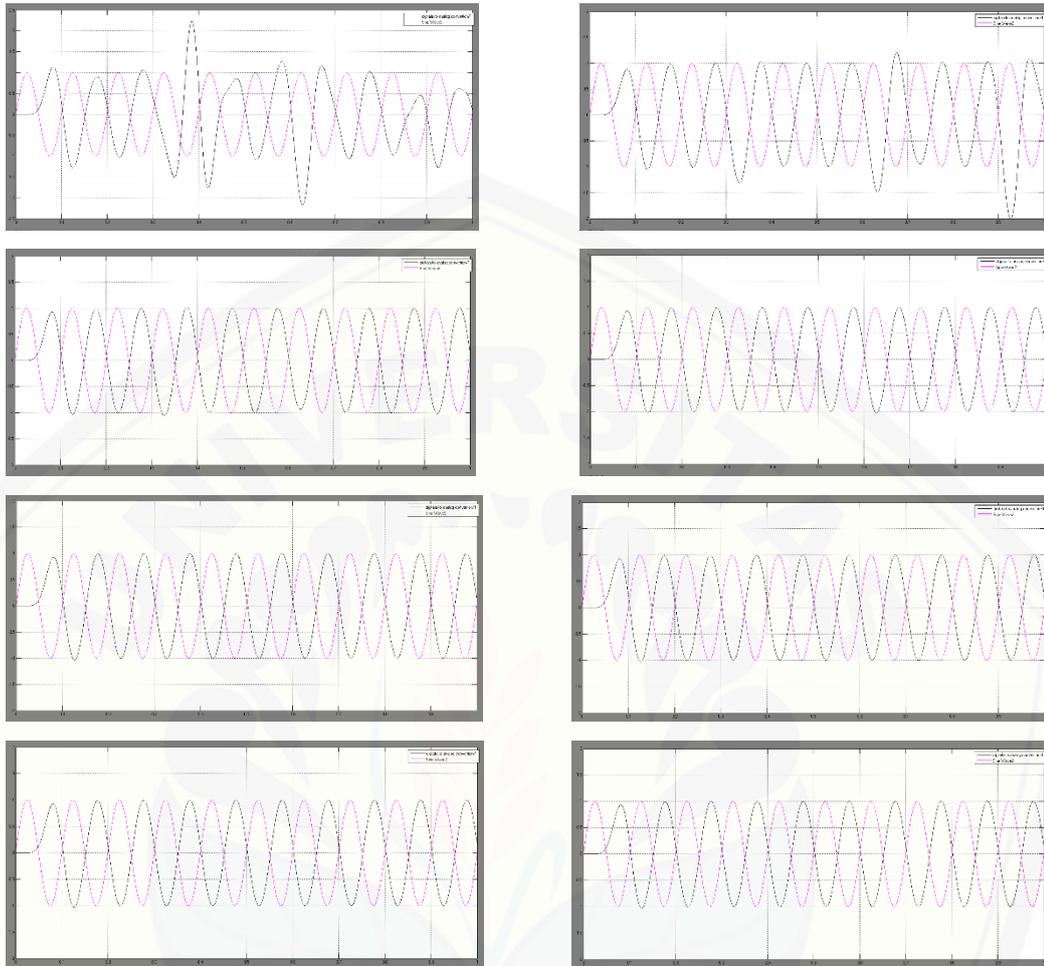
Variasi frekuensi *carrier* 500 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB



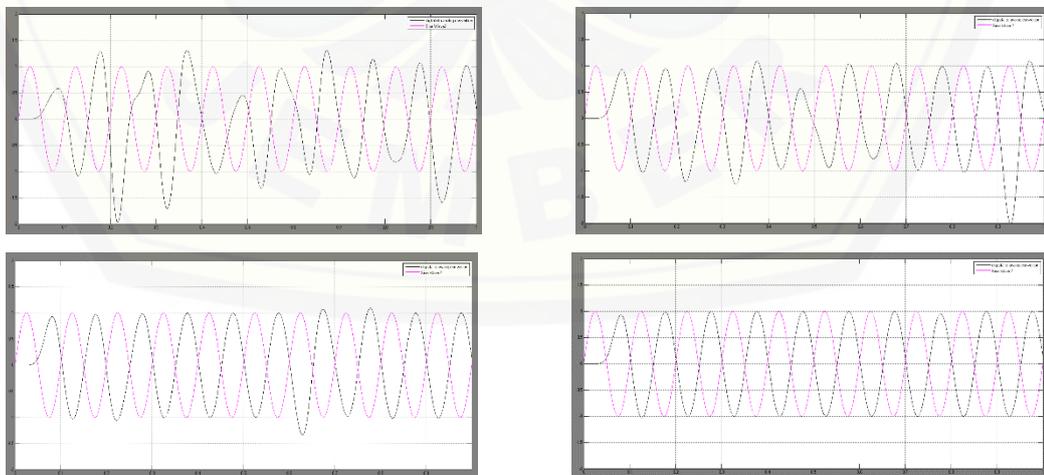
Lampiran 4 . Modulasi digital berbasis Binary Phase Shift Keying (BPSK)

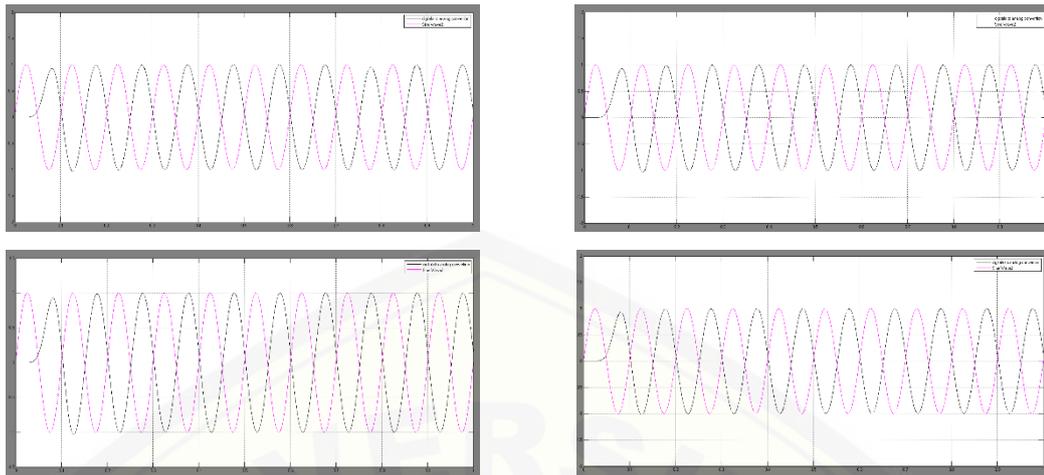


Variasi frekuensi *carrier* 50 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB



Variasi frekuensi *carrier* 100 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB





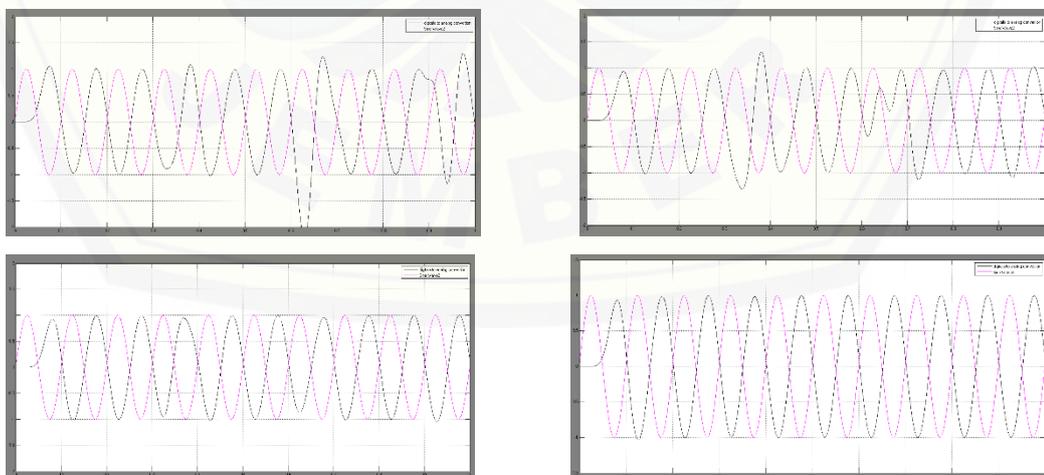
Variasi frekuensi *carrier* 150 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

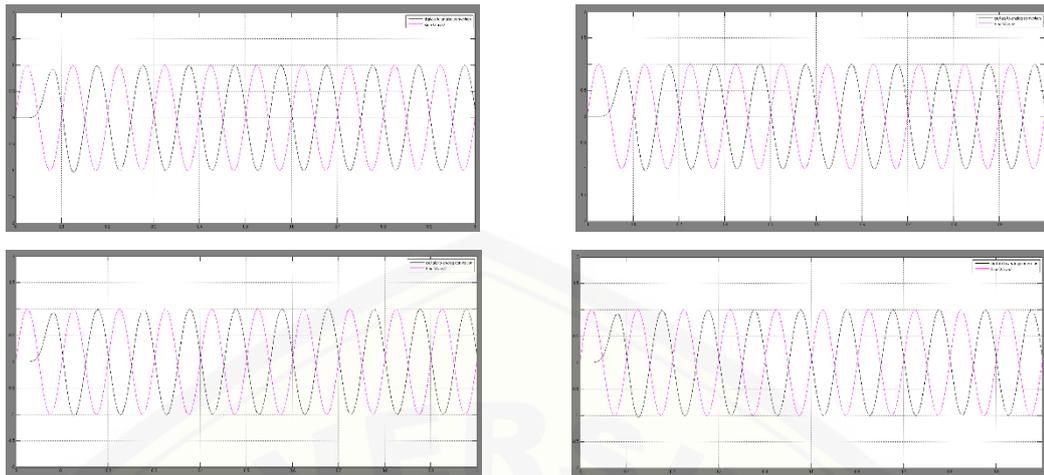


Variasi frekuensi *carrier* 200 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

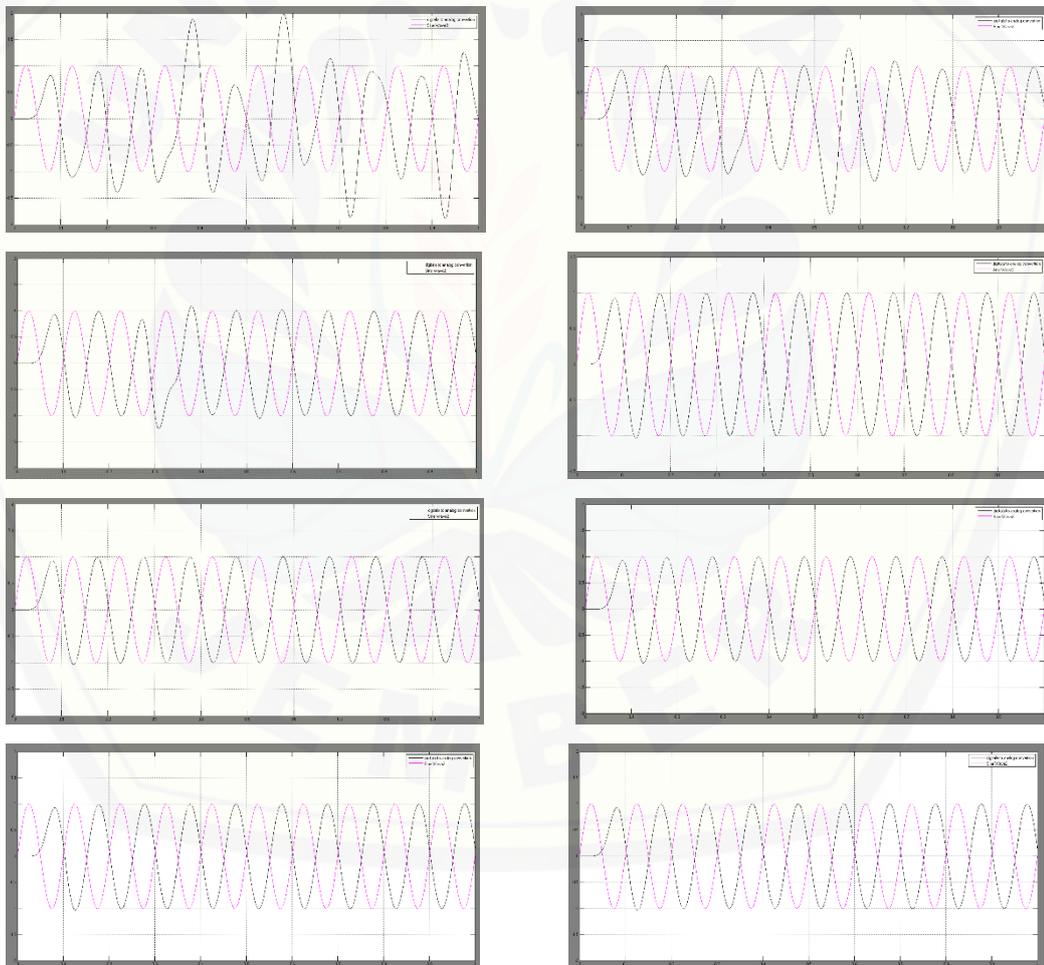


Variasi frekuensi *carrier* 250 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

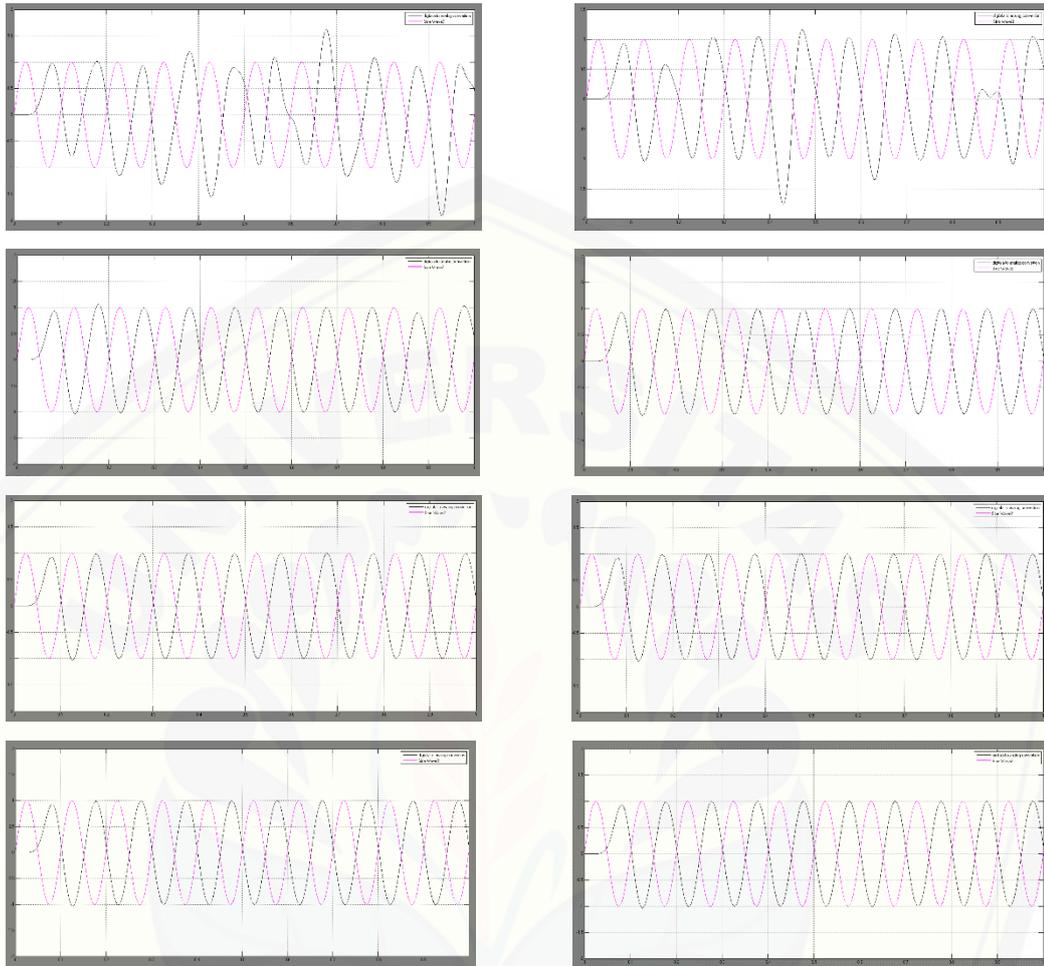




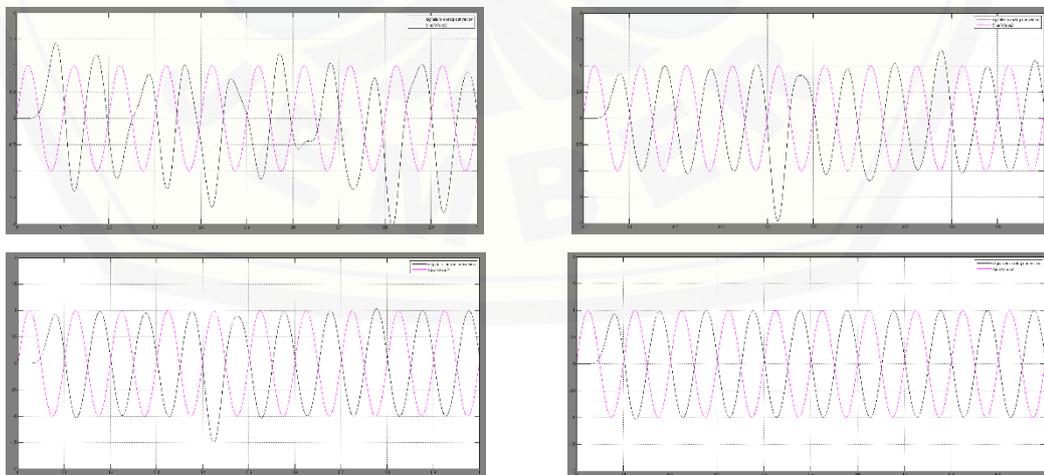
Variasi frekuensi *carrier* 300 KHz dengan SNR 10 dB – 80 dB

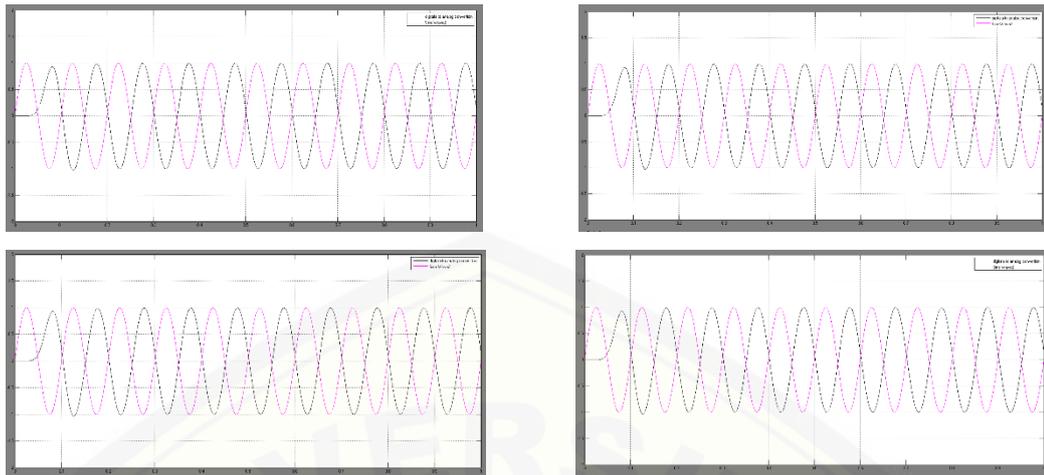


Variasi frekuensi *carrier* 350KHz dengan SNR 10dB – 80 dB



Variasi frekuensi *carrier* 400KHz dengan SNR 10dB – 80 dB

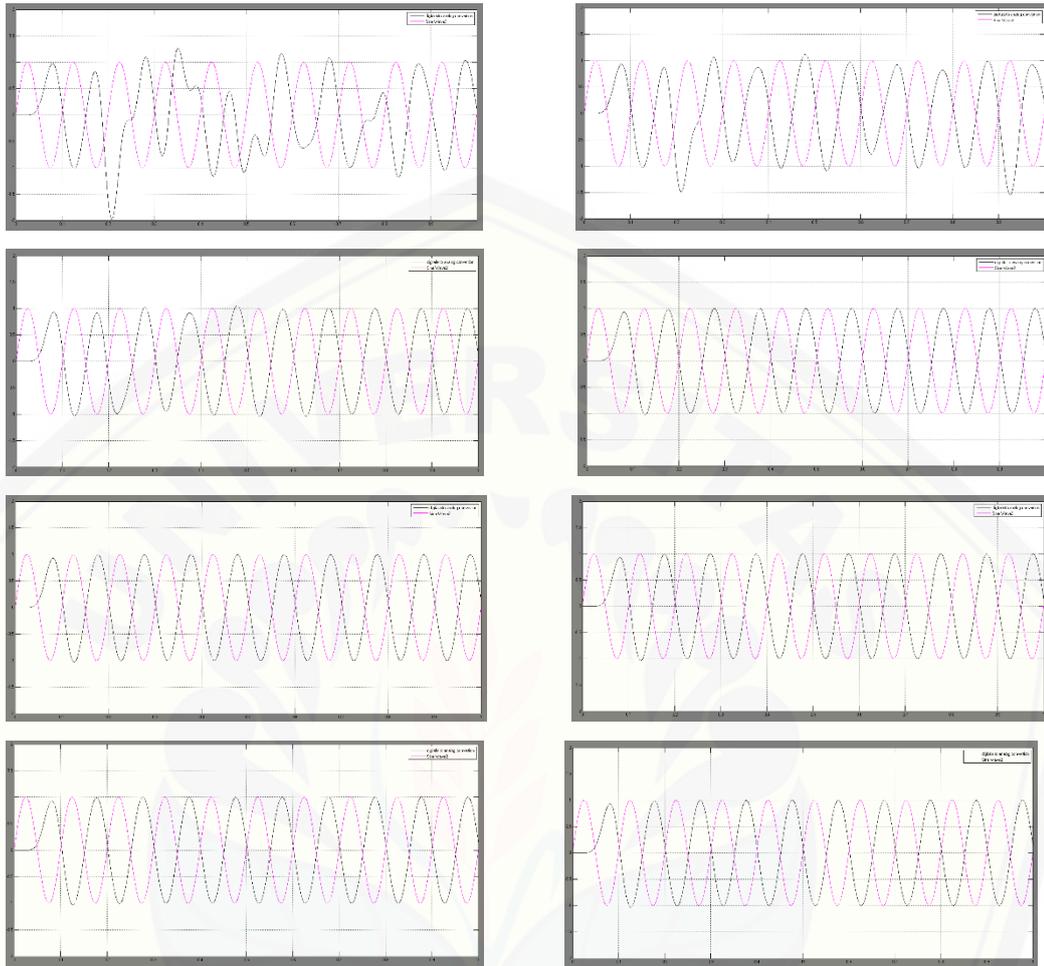




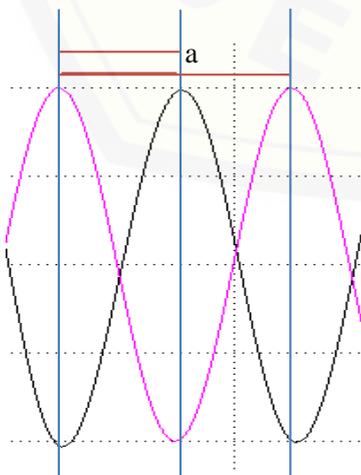
Variasi frekuensi *carrier* 450KHz dengan SNR 10dB – 80 dB



Variasi frekuensi *carrier* 500KHz dengan SNR 10dB – 80 dB



Lampiran 5. Cara menghitung pergeseran Fase



Jika

$$a = 1$$

$$T = 1$$

maka akan  $b = 0,55$

berdasarkan persamaan 3.1 maka

$$\begin{aligned} \text{pergeseran fase} &= \frac{a-b}{T} 2\pi \\ &= \frac{1-0,55}{1s} 2 \times 180^\circ \\ &= 198^\circ \end{aligned}$$