

PERANCANGAN SIMULATOR TEKNIK MODULASI M-ARY PSK PADA KANAL AWGN DAN RAYLEIGH

SIMULATOR DESIGN OF M-ARY PSK MODULATION TECHNIQUES ON AWGN AND RAYLEIGH CHANNEL

Ridha Marhamah¹, Yuyun Siti Rohmah, ST., MT.², Suci Aulia, ST., MT.³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹ridhamarhamah53@gmail.com, ²ysr@telkomuniversity.co.id, ³sucia@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Modulasi merupakan metode yang sangat penting dalam proses pengiriman informasi, modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Pembelajaran mengenai modulasi di Fakultas Ilmu Terapan khususnya di Program Studi Diploma Teknik Telekomunikasi belum menggunakan *simulink*, hal ini menjadikan kurangnya pemahaman dari mahasiswa, karena kurangnya metode visualisasi modulasi tersebut.

Pada Proyek Akhir ini telah diancang modul pembelajaran simulasi modulasi digital M-Ary PSK, yaitu BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), 8 PSK (*Phase Shift Keying*) dan 16 PSK (*Phase Shift Keying*). Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian simulasi modulasi digital PSK ini meliputi proses masukan, proses modulasi, proses penambahan noise pada kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), Teknik *Rayleigh Channel*, dan proses demodulasi. Metode yang digunakan untuk menguji hasil kinerja sistem ini adalah BER (*Bit Error Rate*) dengan membandingkan bit yang terjadi pada proses demodulasi dengan bit informasi awal yang dikirimkan.

Dari Proyek Akhir ini didapatkan hasil simulasi modulasi M-Ary PSK yang sesuai dengan teori. Semakin tinggi tingkatan M-Ary yang digunakan pada sinyal pembawa dan nilai SNR yang sama, maka kemungkinan terjadinya kesalahan bit semakin besar. Selain itu, juga bisa membuat konten yang membantu mahasiswa sehingga dapat dipahami dengan mudah.

Kata kunci : M-Ary PSK (*Phase Shift Keying*), AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), *Rayleigh* dan BER (*Bit Error Rate*).

Abstract

Modulation is a very important method in the process of sending information, modulation is the process of laying information signal into a carrier signal that has a higher frequency. Learning about modulation in Faculty of Applied Sciences especially in the Diploma Program of Telecommunication Engineering hasn't used simulink, it makes the lack of understanding of the students, because the lack of modulation visualization methods.

In this Final Project there will be designed module of learning simulator of M-Ary PSK digital modulator, BPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 8 PSK (Phase Shift Keying) and 16 PSK (Phase Shift Keying). The steps to do the PSK digital modulation simulation test are input proces, modulation process, the addition of noise on the AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel, The Rayleigh Channel technique, and the demodulation process. The used method to test the performance result of this system is BER (Bit Error Rate) by comparing bits in the demodulation process with the information bits that have been sent.

From this final project is obtained the result of modulation simulation of M-Ary PSK according to the theory. The higher the level of M-Ary is used on frequency carrier and the same SNR value, then bit error might get a higher value. It can also create content that helps students so that it can be understood easily.

Keywords : M-Ary PSK (*Phase Shift Keying*), AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), *Rayleigh* dan BER (*Bit Error Rate*).

1. Pendahuluan

Modulasi merupakan metode yang sangat penting dalam proses pengiriman informasi, modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke dalam sinyal pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Pembelajaran mengenai modulasi di Fakultas Ilmu Terapan khususnya di prodi Diploma Teknik Telekomunikasi belum menggunakan *simulink*.

Pada Proyek Akhir ini telah dirancang modul pembelajaran simulasi modulasi digital M-Ary PSK. Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian simulasi modulasi digital PSK ini meliputi proses masukan, proses modulasi, proses penambahan *noise* pada kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), teknik *Rayleigh Channel*, dan proses demodulasi. Metode yang digunakan untuk menguji hasil kinerja sistem ini adalah BER (*Bit Error Rate*).

Dalam perancangan ini telah disimulasikan menggunakan *software* Matlab dengan masukan sebanyak delapan bit pada modulasi BPSK dan QPSK 24 bit pada modulasi 8 PSK dan 16 PSK, dan dapat melewati kanal AWGN dan *Rayleigh*. Pada simulasi ini telah memiliki keluaran berupa domain waktu dan konstelasi. Dari Proyek Akhir ini telah didapatkan hasil simulasi modulasi M-Ary PSK yang sesuai dengan teori. Selain itu juga bisa membuat konten yang lebih baik sehingga dapat dipahami dengan mudah oleh mahasiswa untuk melakukan pembelajaran mata kuliah Sistem Komunikasi.

2. Dasar Teori

2.1 Modulasi

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi (biasanya berfrekuensi rendah) bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang sinusoidal yaitu : amplitudo, fasa dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi (berfrekuensi rendah) untuk membentuk sinyal yang termodulasi[4].

2.2 M-Ary PSK (Phase Shift Keying)

Modulasi digital yang mempunyai frekuensi dan amplitudo yang sama tetapi memiliki sudut fase yang berbeda[1]. Pada M-Ary PSK terdapat M sandi, setiap sandi tersusun dari n bit ($M=2^n$) untuk mengetahui pergeseran fasenya.

Secara umum modulasi M-Ary PSK dapat dibuat sebagai berikut :

$$S_i(t) = A \sin (2\pi f_c t + \theta_n) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

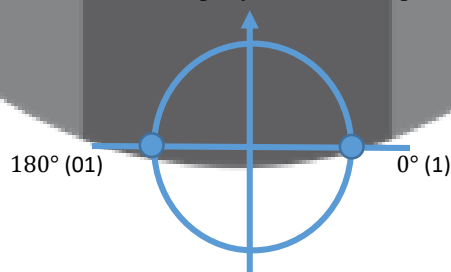
- A= amplitudo sinyal
- $2\pi f_c t$ = frekuensi pembawa
- θ_n = sudut *phase* pembawa

2.3 BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Pada BPSK terdapat proses modulasi dan demodulasi pada bit yang akan di transmisikan. Cara kerja modulasi BPSK mengirimkan 1 bit dalam 1 simbol, sehingga n = 1 dan M = 2 simbol yang berbeda, yaitu 1 dan 0. Dalam hal ini fase dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar 180°.

Persamaan yang digunakan pada modulasi BPSK sebagai berikut :

Hasil konstelasi sinyal modulasi BPSK mempunyai titik fasa seperti Gambar 2.1 berikut ini.



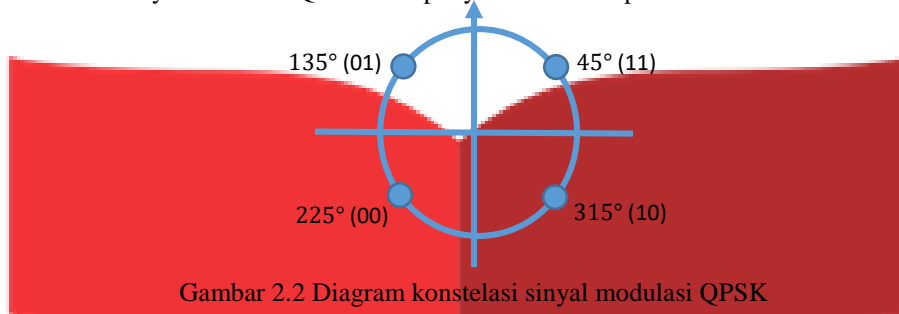
Gambar 2.1 Diagram konstelasi sinyal modulasi BPSK

2.4 QPSK (Quadratute Phase Shift Keying)

Pada QPSK terdapat proses modulasi dan demodulasi pada bit yang akan di transmisikan. Cara kerja modulasi QPSK mengirimkan 2 bit dalam 1 simbol, sehingga $n = 2$ dan $M = 4$ simbol yang berbeda, yaitu 00, 01, 10, dan 11[3]. Dalam hal ini fase dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar 90° .

Persamaan yang digunakan pada modulasi QPSK sebagai berikut :

Hasil konstelasi sinyal modulasi QPSK mempunyai titik fasa seperti Gambar 2.2 berikut ini.

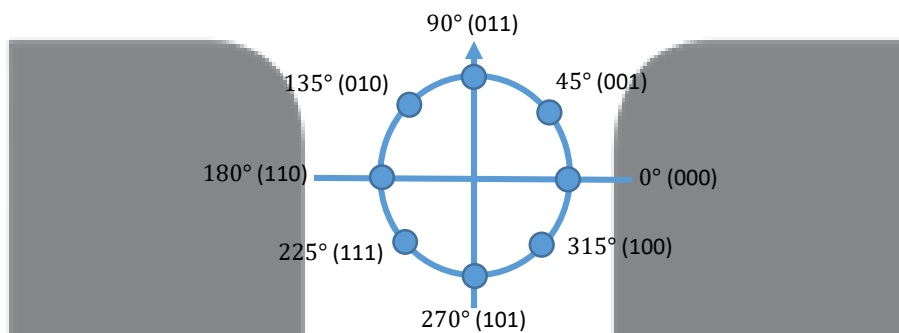


Gambar 2.2 Diagram konstelasi sinyal modulasi QPSK

2.5 8 PSK (Phase Shift Keying)

Pada 8 PSK terdapat proses modulasi dan demodulasi pada bit yang akan di transmisikan. Cara kerja modulasi 8 PSK mengirimkan 3 bit dalam 1 simbol, sehingga $n = 3$ dan $M = 8$ simbol yang berbeda, yaitu 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 dan 111. Dalam hal ini fase dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar 45° .

Hasil konstelasi sinyal modulasi 8 PSK mempunyai titik fasa seperti Gambar 2.3 berikut ini.

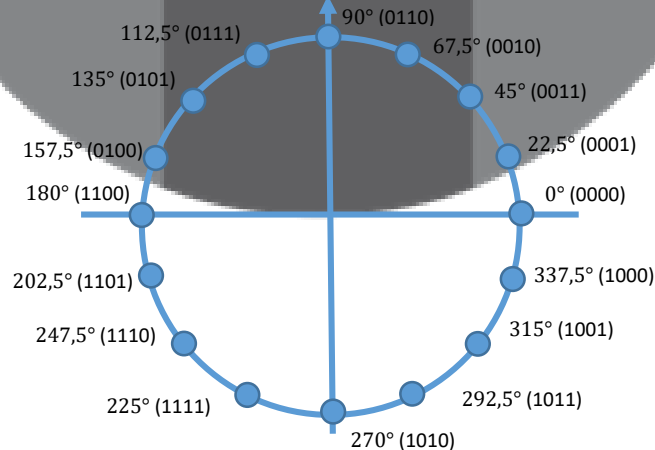


Gambar 2.3 Diagram konstelasi sinyal modulasi 8 PSK

2.6 16 PSK (Phase Shift Keying)

Pada 16 PSK terdapat proses modulasi dan demodulasi pada bit yang akan di transmisikan. Cara kerja modulasi 16 PSK mengirimkan 4 bit dalam 1 simbol, sehingga $n = 4$ dan $M = 16$ simbol yang berbeda, yaitu 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 dan 1111. Dalam hal ini fase dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar $22,5^\circ$ atau biasa disebut pergeseran *phase* sebesar $22,5^\circ$.

Hasil konstelasi sinyal modulasi 16 PSK mempunyai titik fasa seperti Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 Diagram konstelasi sinyal modulasi 16 PSK

2.7 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Dalam sistem pentransmisi sinyal dibutuhkan media atau kanal untuk menyampaikan informasi dari *transmitter* ke *receiver* diantaranya adalah kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN). Kanal AWGN adalah kanal yang ideal memiliki *noise* AWGN di dalamnya[6].

Kanal atau *noise* AWGN merupakan gangguan yang bersifat *additive* terhadap sinyal transmisi yang dapat dilihat dari karakteristik *noise* AWGN yaitu sinyal keluaran yang melalui kanal AWGN sama dengan sinyal asli ditambah dengan *noise* AWGN[6]. Proses transmisi pada kanal AWGN dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.

2.8 Rayleigh Channel

Kanal *rayleigh* adalah kanal yang mengikuti distribusi *rayleigh*. Kanal *rayleigh* biasanya digunakan untuk kanal *Non Line of Sight*. Dalam sistem komunikasi bergerak, distribusi *rayleigh* sering digunakan untuk selubung kanal *multipath*[2].

2.9 BER (Bit Error Rate)

Cara mengukur kualitas sebuah sinyal salah satunya dapat dilihat dari hasil kesalahan bit (*bit error*) yang terjadi pada saat pentransmisi informasi dari sisi pengirim ke penerima dengan cara membandingkan data keluaran dengan data asli atau data masukan[2].

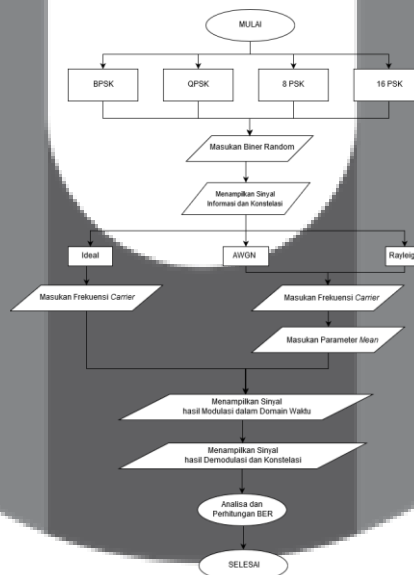
2.10 SNR (Signal to Noise Ratio)

SNR adalah satuan ukur perbandingan antara kuat sinyal terhadap *noise*. Nilai SNR dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur suatu jaringan dengan cara membandingkan daya sinyal yang ditransmisikan dengan daya *noise*. Semakin besar nilai SNR maka semakin tinggi kualitas jalur tersebut, yang artinya semakin besar kemungkinan jalur itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal kecepatan tinggi.

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem

Pada proyek akhir ini telah dijelaskan mengenai perancangan simulasi M-ary PSK pada kanal AWGN dan *Rayleigh* yang terdiri dari sub bab realisasi sistem, skenario pengujian dan parameter dalam pengujian. Adapun alur perancangan sistem modulasi dan demodulasi yang telah disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Flowchart perancangan sistem modulasi dan demodulasi

3.2 Skenario Pengujian

3.3.1 Simulasi Modulasi M-Ary PSK dengan GUI

Dalam skenario ini akan dilakukan simulasi modulasi BPSK, QPSK, 8 PSK dan 16 PSK dengan masukan berupa *binary* digit, kemudian dilakukan simulasi melewati kanal ideal, kanal AWGN dan kanal *Rayleigh*.

Pilih modulasi yang akan diuji terlebih dahulu. Kemudian masukan bit secara *random* dengan cara menekan tombol *random*, lalu tekan tombol sinyal informasi maka akan muncul sinyal digital sesuai bit yang dimasukkan. Lihat konstelasi dari sinyal informasi dengan menekan tombol konstelasi. Kemudian masukan sinyal pembawa dengan satuan Hz dan pilih kanal yang digunakan untuk melakukan proses modulasi dalam domain waktu. Khusus untuk kanal AWGN dan kanal *Rayleigh* masukan parameter *mean*.

Setelah melakukan proses modulasi, lakukan proses demodulasi dengan cara menekan tombol demodulasi dan lihat hasil bit dan BER yang didapat. Kemudian lihat hasil konstelasi setelah melewati proses demodulasi.

3.3 Parameter dalam pengujian

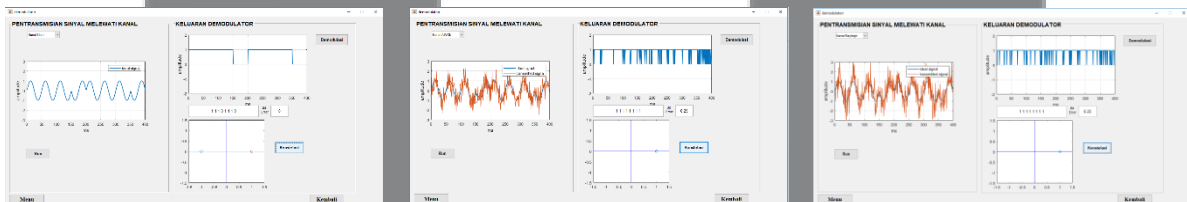
1. Sinyal Pembawa
Frekuensi yang diperlukan untuk membawa sinyal informasi. Semakin tinggi frekuensi maka sinyal akan semakin rapat.
2. Mean
Berbanding lurus dengan SNR. Semakin tinggi nilai yang dimasukkan maka sinyal semakin baik
3. SNR
Berbanding lurus dengan *mean*. Semakin tinggi nilai yang dimasukkan maka sinyal semakin baik
4. Bit Error Rate
Perbandingan bit masukan dengan bit keluaran. Semakin tinggi hasil BER yang didapat maka *error* semakin banyak. Berbanding terbalik dengan SNR.

4. Hasil dan Pengujian

4.1 Pengujian Simulasi Modulasi BPSK

Untuk mengetahui hasil simulasi modulasi BPSK, maka dilakukan analisa sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam menganalisa dilihat fasa yang sudah di *plot*, nilai SNR dan hasil BER yang didapat. Untuk menjalankan simulasi ini, setiap kotak masukan berisi satu bit. Jika terdapat kotak tanpa bit, simulasi tidak dapat berjalan. Masukan parameter sinyal pembawa dan parameter SNR.

4.1.1 Pengujian Simulasi Modulasi BPSK



Gambar 4.1 Hasil simulasi BPSK pada kanal ideal Gambar 4.2 Hasil simulasi BPSK pada kanal AWGN Gambar 4.3 Hasil simulasi BPSK pada kanal *Rayleigh*

Dari Gambar 4.1 – 4.3 terlihat hasil pengujian simulasi modulasi BPSK pada kanal ideal, AWGN dan *Rayleigh* didapatkan hasil berupa sinyal informasi, sinyal modulasi, sinyal demodulasi, konstelasi dan hasil BER sesuai dengan teori.

Tabel 4.1 Analisa simulasi BPSK pada kanal ideal berdasarkan teori BPSK

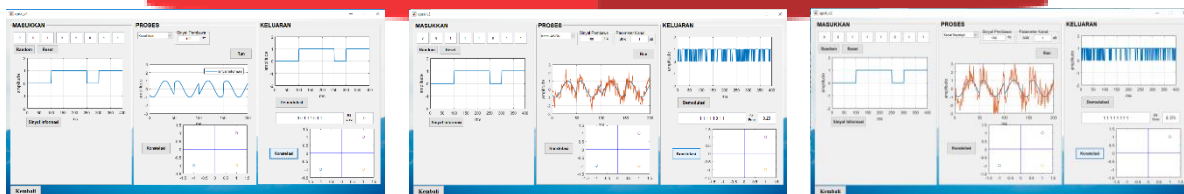
No	Bit	Amplitudo (masukan)	Fasa (modulasi)		Amplitudo (demodulasi)
			Teori	GUI	
1	1	1	0°	0°	1
2	1	1	0°	0°	1
3	1	1	0°	0°	1
4	0	0	180°	180°	0
5	1	1	0°	0°	1
6	1	1	0°	0°	1
7	1	1	0°	0°	1
8	0	0	180°	180°	0
BER					0

Tabel 4.2 Analisa simulasi BPSK pada kanal AWGN dan *Rayleigh* berdasarkan teori BPSK

No	Bit (masukan)	AWGN			Rayleigh		
		SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	11101110	1	11111111	0,25	1	11111111	0,25
2	11101110	5	11111110	0,125	25	11101111	0,125
3	11101110	10	11101110	0	50	11101110	0
4	11101110	15	11101110	0	75	11101110	0
5	11101110	20	11101110	0	100	11101110	0,

Dari analisa pengujian simulasi modulasi BPSK pada kanal *Rayleigh* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 hasil yang didapat sesuai dengan teori yang sudah ada. Pada kanal AWGN, semakin tinggi nilai SNR maka BER yang didapat akan semakin rendah. Sedangkan pada kanal *Rayleigh*, semakin tinggi nilai SNR tidak memastikan nilai BER yang didapat akan semakin rendah, dikarenakan sifat *random* dari kanal *Rayleigh*.

4.1.2 Pengujian Simulasi Modulasi QPSK



Gambar 4.4 Hasil simulasi QPSK pada kanal ideal Gambar 4.5 Hasil simulasi QPSK pada kanal AWGN Gambar 4.6 Hasil simulasi QPSK pada kanal *Rayleigh*

Dari Gambar 4.4 – 4.6 terlihat hasil pengujian simulasi modulasi QPSK pada kanal ideal, AWGN dan *Rayleigh* didapatkan hasil berupa sinyal informasi, sinyal modulasi, sinyal demodulasi, konstelasi dan hasil BER sesuai dengan teori.

Tabel 4.3 Analisa simulasi QPSK pada kanal ideal berdasarkan teori QPSK

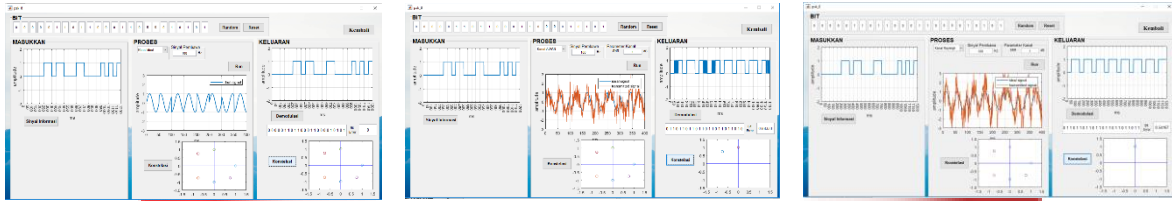
No	Bit	Amplitudo (masukan)	Fasa (modulasi)		Amplitudo (demodulasi)
			Teori	GUI	
1	0	0	225°	225°	0
2	0	0			0
3	1	1	45°	45°	1
4	1	1			1
5	1	1	315°	315°	1
6	0	0			0
7	1	1	45°	45°	1
8	1	1			1
BER					0

Tabel 4.4 Analisa simulasi QPSK pada kanal AWGN dan *Rayleigh* berdasarkan teori QPSK

No	Bit (masukan)	AWGN			Rayleigh		
		SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	00111011	1	11111011	0,25	1	11111111	0,375
2	00111011	5	01111011	0,125	25	11111011	0,25
3	00111011	10	00111011	0	50	11111111	0,375
4	00111011	15	00111011	0	75	11111111	0,375
5	00111011	20	00111011	0	100	11111111	0,375

Dari analisa pengujian simulasi modulasi QPSK pada kanal *Rayleigh* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 hasil yang didapat sesuai dengan teori yang sudah ada. Pada kanal AWGN, semakin tinggi nilai SNR maka BER yang didapat akan semakin rendah. Sedangkan pada kanal *Rayleigh*, semakin tinggi nilai SNR tidak memastikan nilai BER yang didapat akan semakin rendah, dikarenakan sifat *random* dari kanal *Rayleigh*.

4.1.3 Pengujian Simulasi Modulasi 8 PSK



Gambar 4.7 Hasil simulasi 8 PSK pada kanal ideal Gambar 4.8 Hasil simulasi 8 PSK pada kanal AWGN Gambar 4.9 Hasil simulasi 8 PSK pada kanal Rayleigh

Dari Gambar 4.7 – 4.9 terlihat hasil pengujian simulasi modulasi 8 PSK pada kanal ideal, AWGN dan Rayleigh didapatkan hasil berupa sinyal informasi, sinyal modulasi, sinyal demodulasi, konstelasi dan hasil BER sesuai dengan teori.

Tabel 4.6 Analisa simulasi 8 PSK pada kanal ideal berdasarkan teori 8 PSK

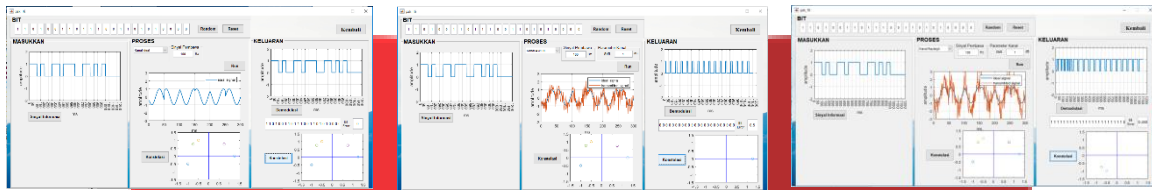
No	Bit	Amplitudo (masukan)	Fasa (modulasi)		Amplitudo (demodulasi)
			Teori	GUI	
1	0	0	0°	0°	0
2	0	0			0
3	0	0			0
4	0	0	45°	45°	0
5	0	0			0
6	1	1			0
7	1	1	270°	270°	1
8	0	0			0
9	1	1			1
10	1	1	315°	315°	1
11	0	0			0
12	0	0			0
13	0	0	90°	90°	0
14	1	1			1
15	1	1			1
16	0	0	0°	0°	0
17	0	0			0
18	0	0			0
19	0	0	135°	135°	0
20	1	1			1
21	0	0			0
22	1	1	270°	270°	1
23	0	0			0
24	1	1			1
BER					0

Tabel 4.7 Analisa simulasi 8 PSK pada kanal AWGN dan Rayleigh berdasarkan teori 8 PSK

No	Bit (masukan)	AWGN			Rayleigh		
		SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	00001101 100011000 010101	1	011011011	0,5833 3	1	011011011	0,5416 7
			011011011			011011011	
			011010			011011	
2	00001101 100011000 010101	5	001011010	0,4583 3	25	011011011	0, 54167
			000011001			011011011	
			011010			011011	
3	00001101 100011000 010101	10	001001100	0,1666 7	50	001011011	0,5
			100011001			011011011	
			010111			011011	
4	00001101 100011000 010101	15	001001100	0,1666 7	75	011011011	0,5416 7
			100011000			011011011	
			011100			011011	
5	00001101 100011000 010101	20	00001101	0,0833 33	100	011010011	0,4583 3
			100011001			011011011	
			011101			011011	

Dari analisa pengujian simulasi modulasi 8 PSK pada kanal *Rayleigh* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 hasil yang didapat sesuai dengan teori yang sudah ada. Pada kanal AWGN, semakin tinggi nilai SNR maka BER yang didapat akan semakin rendah. Sedangkan pada kanal *Rayleigh*, semakin tinggi nilai SNR tidak memastikan nilai BER yang didapat akan semakin rendah, dikarenakan sifat *random* dari kanal *Rayleigh*.

4.1.4 Pengujian Simulasi Modulasi 16 PSK



Gambar 4.10 Hasil simulasi 16 PSK pada kanal ideal Gambar 4.11 Hasil simulasi 16 PSK pada kanal AWGN Gambar 4.12 Hasil simulasi 16 PSK pada kanal *Rayleigh*

Dari Gambar 4.10 – 4.12 terlihat hasil pengujian simulasi modulasi 16 PSK pada kanal ideal, AWGN dan *Rayleigh* didapatkan hasil berupa sinyal informasi, sinyal modulasi, sinyal demodulasi, konstelasi dan hasil BER sesuai dengan teori.

Tabel 4.82 Analisa simulasi 16 PSK pada kanal ideal berdasarkan teori 16 PSK

No	Bit	Amplitudo (masukan)	Fasa (modulasi)		Amplitudo (demodulasi)
			Teori	GUI	
1	1	1	202,5°	202,5°	1
2	1	1			1
3	0	0			0
4	1	1			1
5	0	0	45°	45°	0
6	0	0			0
7	1	1			1
8	1	1			1
9	0	0	112,5°	112,5°	0
10	1	1			1
11	1	1			1
12	1	1			1
13	0	0	45°	45°	0
14	0	0			0
15	1	1			1
16	1	1			1
17	0	0	135°	135°	0
18	1	1			1
19	0	0			0
20	1	1			1
21	0	0	0°	0°	0
22	0	0			0
23	0	0			0
24	0	0			0
BER					0

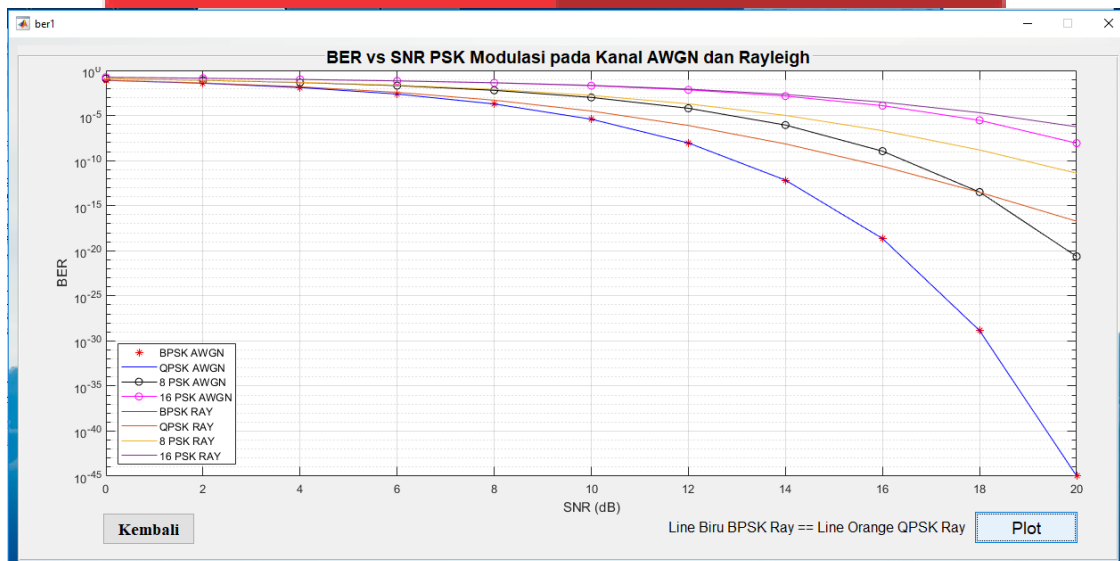
Tabel 4.9 Analisa simulasi 16 PSK pada kanal AWGN dan *Rayleigh* berdasarkan teori 8 PSK

No	Bit (masukan)	AWGN			Rayleigh		
		SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	110100110	1	00000000	0,5	1	111111111	0,458
	111001101		00000000			111111111	
	010000		000000			111110	
2	110100110	5	10000000	0,458	25	011111110	0,375
	111001101		00000000			10000000	
	010000		000000			010000	
3	110100110	10	10000000	0,458	50	100001001	0,458
	111001101		00000000			111111100	
	010000		000000			000010	

No	Bit (masukan)	AWGN			Rayleigh		
		SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
4	110100110	15	100000000	0,458	75	100001010	0,416
	111001101		000000000			100111111	
	010000		000000			000000	
5	110100110	20	100000000	0,458	100	010000001	0,375
	111001101		000000000			011100001	
	010000		000000			010000	

Dari analisa pengujian simulasi modulasi 16 PSK pada kanal *Rayleigh* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 hasil yang didapat sesuai dengan teori yang sudah ada. Pada kanal AWGN, semakin tinggi nilai SNR maka BER yang didapat akan semakin rendah. Sedangkan pada kanal *Rayleigh*, semakin tinggi nilai SNR tidak memastikan nilai BER yang didapat akan semakin rendah, dikarenakan sifat *random* dari kanal *Rayleigh*.

4.1.5 Perbandingan Simulasi BER M-Ary PSK pada Kanal AWGN dan *Rayleigh*



Gambar 4.13 Pengaruh kualitas modulasi M-Ary PSK pada Kanal AWGN dan *Rayleigh*

Dari gambar 4.13 dapat dilihat pengaruh setiap modulasi yang melewati Kanal AWGN dan *Rayleigh*. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Analisa pengaruh kualitas modulasi M-Ary PSK pada Kanal AWGN dan *Rayleigh*

Nilai SNR	Modulasi							
	BER BPSK		BER QPSK		BER 8 PSK		BER 16 PSK	
	AWGN	<i>Rayleigh</i>	AWGN	<i>Rayleigh</i>	AWGN	<i>Rayleigh</i>	AWGN	<i>Rayleigh</i>
0	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹
2	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹
4	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹
6	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻¹
8	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻¹
10	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻²
12	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻²
14	10 ⁻¹²	10 ⁻⁸	10 ⁻¹²	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻³
16	10 ⁻¹⁹	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁹	10 ⁻¹¹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
18	10 ⁻²⁹	10 ⁻¹⁴	10 ⁻²⁹	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹⁴	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
20	10 ⁻⁴⁵	10 ⁻¹⁷	10 ⁻⁴⁵	10 ⁻¹⁷	10 ⁻²¹	10 ⁻¹¹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, bahwa proses simulasi M-Ary PSK menggunakan aplikasi Matlab, dapat ditarik kesimpulan:

1. Simulasi digital modulasi BPSK, QPSK, 8 PSK dan 16 PSK dapat diimplementasikan sebagai modul pembelajaran Sistem Komunikasi.
2. Semakin tinggi nilai M-Ary yang digunakan pada sinyal pembawa dan nilai SNR yang sama, maka kemungkinan terjadinya kesalahan bit semakin besar.
3. Semakin tinggi nilai M-Ary, maka semakin banyak bit-bit yang diwakilkan dalam satu simbol.
4. Hasil simulasi menggunakan kanal AWGN lebih bagus dibandingkan dengan menggunakan kanal *Rayleigh*.
5. Semakin besar nilai SNR pada kanal AWGN akan meningkatkan performansi sistem modulasi M-Ary PSK, karena BER yang dihasilkan akan semakin rendah.
6. Semakin besar nilai SNR pada kanal *Rayleigh* tidak pasti akan meningkatkan performansi sistem modulasi M-Ary PSK, karena BER yang dihasilkan akan *random*.
7. Dari hasil pengujian MOS dengan persentase sebesar 81,6% menyatakan bahwa simulator modulasi M-Ary PSK dapat membantu pemahaman untuk mata kuliah Sistem Komunikasi.

5.2 Saran

1. Untuk perancangan simulasi selanjutnya disarankan untuk menggunakan aplikasi yang bersifat *stand alone*.
2. Untuk perancangan simulasi selanjutnya diharapkan dapat dilengkapi dengan proses modulasi pada domain frekuensi.

Daftar Pustaka

- [1] A. A. Agha Kurniawan Hapsara, Imam Santoso, "KINERJA MODULASI DIGITAL DENGAN METODE PSK (*PHASE SHIFT KEYING*)," vol. 35, no. *October*, pp. 1–6, 2013.
- [2] E. P. Rahayu, "ANALISIS PERFORMANSI ULTRA *WIDEBAND* (UWB) DENGAN M-ARY MODULASI PADA KANAL *RAYLEIGH* FADING," p. 2007, 2007.
- [3] I. Susilawati, "Simulasi Pembangkitan Sinyal 8 – *Phase Shift Keying* Berbasis Matlab," pp. 37–42, 1920.
- [4] P. Dan *et al.*, "Qam Pada Fpga *Design and Realization of Digital Modulator Bpsk , Qpsk and 16-Qam on Fpga*," vol. 3, no. 1, pp. 156–163, 2016.
- [5] R. Erinton, Y. S. Rohmah, and A. D. Pambudi, "PERANCANGAN SIMULATOR MODULASI DAN DEMODULASI BPSK DAN QPSK MENGGUNAKAN LABVIEW," vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2015.
- [6] W. Pamungkas, A. Fitriani Isnawati, A. Kurniawan, A. Teknik, T. Sandhy, dan P. Purwokerto, "MODULASI DIGITAL MENGGUNAKAN MATLAB," *J. Infotel*, vol. 4, no. 20281, 2012.