

PERANCANGAN SIMULATOR TEKNIK MODULASI ASK DAN FSK MENGGUNAKAN MATLAB PADA KANAL AWGN DAN RAYLEIGH

Simulator Design of ASK and FSK Modulation Techniques using Matlab on AWGN and Rayleigh Channel

Ratria Cahya Wiguna¹, Yuyun Siti Rohmah, S.T., M.T.², Suci Aulia, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹ratriacahya13@gmail.com, ²ysr@telkomuniversity.co.id, ³sucia@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam sistem komunikasi, proses modulasi dan demodulasi sangat berpengaruh terhadap proses penransmisian sinyal, agar sinyal yang ditransmisikan sampai ke tujuan informasi. Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi terhadap sinyal carrier, sedangkan demodulasi adalah proses konversi sinyal agar kembali kebentuk informasi semula setelah dimodulasikan. Dalam proses pembelajaran mata kuliah sistem komunikasi saat ini belum ada aplikasi yang mensimulasikan sinyal digital, sehingga visualisasi dalam mata kuliah tersebut terasa kurang. Hal ini dapat berpengaruh terhadap tingkat pemahaman dari mahasiswa di kelas. Maka dari itu dibuat simulator suatu sinyal ASK (Amplitude Shift Keying) dan FSK (Frequency Shift Keying) untuk pembelajaran sinyal digital pada mata kuliah sistem komunikasi.

Pada proyek akhir ini telah dirancang sebuah simulator untuk pembelajaran modulasi ASK, 4ASK, dan FSK dengan menggunakan Matlab (Matrix Laboratory). Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian simulasi modulasi digital ASK dan FSK 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 pengujian MOS dengan persentase sebesar 72,5% menyatakan bahwa simulator modulasi ini dapat membantu pemahan untuk mata kuliah Sistem Komunikasi Kata Kunci: ASK (*Amplitude Shift Keying*), FSK (*Frequency Shift Keying*), AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), Rayleigh dan BER (*Bit Error Rate*).

Abstract

In communication system, modulation and demodulation influence the signal transmission process so that the signal transmitted can reach the information destination. Modulation is a process of transporting the information signal to the carrier signal, while, demodulation is a signal conversion process that makes the signal back to the original information after being modulated. Currently, in the process of communication learning, application that simulate digital signal have not existed. As the result, the learning of communication system lacks of visualization. This case affects the student comprehension in the class. Therefore, a simulator of Amplitude Shift Keying and Frequency Shift Keying is made for the learning of digital signal in communication system class.

In this final project has designed a simulator for ASK, 4ASK and FSK modulation process using Matlab (Matrix Laboratory). The steps taken in ASK, 4ASK and FSK digital modulation simulation testing include input process, modulation process, noise adding process in AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel, Rayleigh Channel technique, and demodulation process. he method used to test the performance of this system is BER (Bit Error Rate) by comparing the bits that occur in the demodulation process with the initial information bit that is sent.

From this Final Project, the results of MOS testing with a percentage of 72.5% found that this modulation simulator can help with the communication of the Communication System course.

Keywords : ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), AWGN (Additive White Gaussian Noise), Rayleigh dan BER (Bit Error Rate).

1. Pendahuluan

Dalam proses pembelajaran mata kuliah sistem komunikasi saat ini belum ada aplikasi yang mensimulasikan sinyal digital, sehingga visualisasi dalam mata kuliah tersebut terasa kurang. Hal ini berpengaruh terhadap tingkat pemahaman dari mahasiswa di kelas. Modulasi adalah proses penumpangan frekuensi sinyal informasi terhadap frekuensi sinyal carrier dengan alat yang disebut modulator. Demodulasi adalah proses pembentukan kembali suatu sinyal modulasi menjadi seperti aslinya dengan alat yang disebut demodulator[1]. Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal pembawa. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier). Pada transmisi sinyal informasi digital, sinyal informasi diubah menjadi suatu gelombang sinyal analog. Dilihat dari jenis besaran yang diubah, jenis modulasi digital dapat dibedakan menjadi 3, yaitu: amplitude shift keying (ASK), frequency shift keying (FSK), dan phase shift keying (PSK). Modulasi digital dengan mengubah amplitude sinyal pembawa disebut amplitude shift keying, modulasi digital dengan mengubah frekuensi sinyal pembawa disebut frequency shift keying dan modulasi digital dengan mengubah fasa sinyal pembawa disebut dengan phase shift keying.

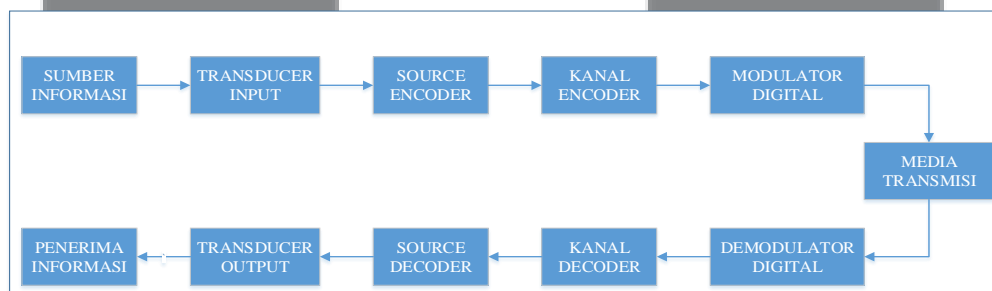
Pada proyek akhir ini telah dirancang sebuah simulator untuk pembelajaran modulasi ASK, 4ASK dan FSK dengan menggunakan Matlab (Matrix Laboratory). Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian simulasi modulasi digital ASK, 4ASK dan FSK ini meliputi proses masukan, proses modulasi, proses penambahan 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.

Perancangan dari simulasi ini sudah ada dilakukan dalam penelitian sebelumnya berjudul "PERANCANGAN SIMULATOR MODULASI DAN DEMODULASI ASK DAN FSK PADA LABVIEW" dengan hanya melewati kanal AWGN. Maka dalam perancangan ini telah disimulasikan menggunakan software Matlab yang 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 ASK, 4ASK dan FSK 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 Sistem Komunikasi Digital

Pengiriman data dalam sistem komunikasi dapat berupa dalam bentuk analog atau digital. Sistem komunikasi digital adalah sebuah sistem komunikasi yang berbasis sinyal digital. Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1, sinyal digital hanya memiliki dua keadaan yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau/noise [1].

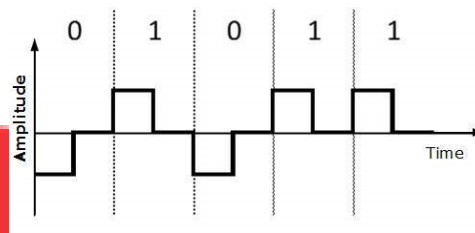


Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Komunikasi

Berdasarkan gambar 2.1 tersebut dapat diurutkan secara singkat fungsi komponen penyusun blok diagram sistem komunikasi digital sebagai berikut:

1. Sumber informasi : memberikan informasi sinyal masukan dalam bentuk audio, video, maupun bentuk lainnya.
2. Transducer input : mengubah informasi masukan (audio/video) menjadi isyarat elektrik sesuai dengan karakteristik komponen elektronika peralatannya.
3. Source encoder : mengubah isyarat elektrik menjadi urutan kode biner.
4. Kanal encoder : menambahkan bit-bit khusus untuk mengurangi bit error pada penerima.
5. Modulator Digital : memodifikasi dan menyesuaikan isyarat pembawa proporsional pada perubahan isyarat elektrik masukan dengan media transmisi yang digunakan, misalnya gelombang radio.
6. Media Transmisi : dapat berupa kabel maupun non kabel.

Proses dipenerima pada dasarnya adalah kebalikan dari proses dipengirim dengan kata lain sistem komunikasi adalah simetris antara sisi pengirim dan sisi penerima dengan garis cerminnya adalah media yang digunakan untuk menyalurkan informasi.

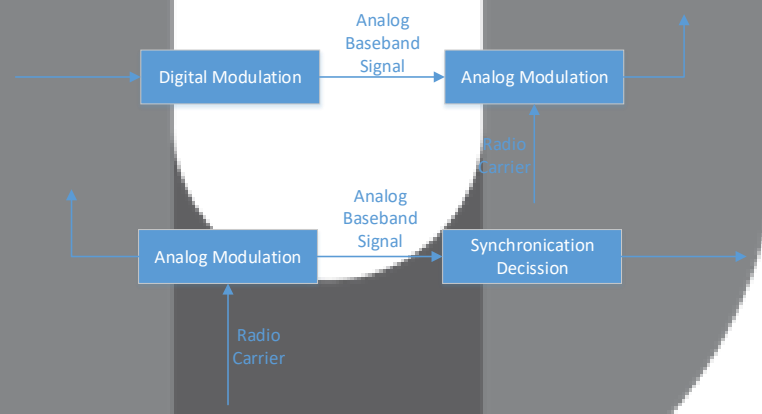


Gambar 2.2 Sinyal Digital

2.2 Modulasi dan Demodulasi Digital

Pada dasarnya modulasi secara garis besar terbagi atas modulasi analog dan modulasi digital. Perbedaan mendasar antara modulasi analog dan digital terletak pada bentuk sinyal informasinya. Pada modulasi analog, sinyal informasi berbentuk analog (sinyal pesan adalah gelombang kontinyu dan sinyal carrier berupa analog) [2]. Sedangkan pada modulasi digital Teknik pengkodean sinyal dari sinyal analog ke dalam sinyal digital bit-bit pengkodean.

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1). Berarti dengan mengamati sinyal carryernya, kita bias mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi fisik (logam atau optik) atau non fisik (gelombang-gelombang radio). Pada sisi receiver sinyal modulasi yang diterima dikonversikan kembali ke bentuk asalnya, proses ini disebut dengan demodulasi. Rangkaian yang digunakan untuk proses modulasi disebut dengan modulator sedangkan rangkaian yang digunakan untuk proses demodulasi disebut demodulator.



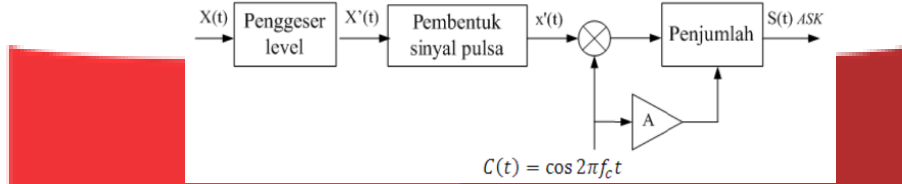
Gambar 2.3 Proses Modulasi dan Demodulasi

Teknik modulasi digital digunakan untuk mengirimkan data biner melewati kanal komunikasi bandpassfilter. Pada modulasi binary, proses modulasi berhubungan dengan perubahan/penguncian nilai amplitudo, frekuensi atau fase dari sinyal carrier yang berhubungan simbol binary 1 atau 0. Apabila gelombang pembawa diumpamakan dengan gelombang sinus $i = A \sin(2\pi ft - \theta)$, tiga teknik signaling dasar yang dapat dilakukan yaitu:

1. Amplitudo A yang berubah-ubah, modulasi Amplitude Shift Keying (ASK).
2. Frekuensi F yang berubah-ubah, modulasi Frequency Shift Keying (FSK).
3. Perbedaan fase yang berubah-ubah, modulasi Phase Shift Keying (PSK).

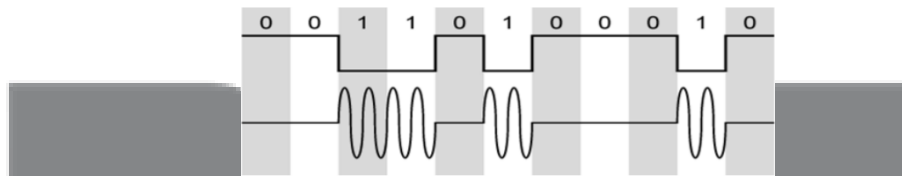
2.3 Amplitude Shift Keying (ASK)

Amplitude Shift Keying adalah jenis modulasi digital yang paling sederhana. Jenis modulasi ini menggunakan amplitude berbeda untuk menyatakan bit 1 dan 0. Modulasi Amplitude Shift Keying yang menggunakan kondisi hidup (on) dan kondisi mati (off) untuk menyatakan data 1 dan 0 disebut OOK (On Off Keying) [3].



Gambar 2.4 Blok Diagram Modulator ASK

Dalam modulasi ASK, amplitude carrier tersaklar ON dan OFF sesuai dengan kecepatan sinyal permodulasi. Sinyal direpresentasikan dalam dua kondisi perubahan amplitude gelombang pembawa, yaitu logika “1” dan “0”. Logika “1” direpresentasikan dengan status “ON” (ada gelombang pembawa) sedangkan logika “0” direpresentasikan dengan status “OFF” (tidak ada gelombang pembawa). Dari dua kondisi tersebut, maka didapatkan sebuah sinyal termodulasi ASK.



Gambar 2.5 Sinyal Termodulasi ASK

Umumnya, kita membutuhkan dua buah sinyal $s_1(t)$ dan $s_2(t)$ untuk transmisi biner. Jika transmitter ingin mentransmisikan bit 1, $s_1(t)$ digunakan untuk interval pensinyalan $(0, T_b)$. Sedangkan untuk mentransmisikan bit 0, $s_2(t)$ digunakan pada interval $(0, T_b)$. Untuk ASK sinyal transmisi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_1(t) = \sqrt{E_b/T_b} \cos 2\pi f_c t$$

$$S_2(t) = 0 \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk $0 \leq t \leq T_b$ dimana E_b merupakan energi rata-rata sinyal transmisi per bit dan f_c adalah frekuensi carrier yang setara dengan π/T_b . Energi rata-rata sinyal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$0,5 \int_0^{T_b} S_1^2(t) dt + 0,5 \int_0^{T_b} S_2^2(t) dt \dots \dots \dots (2.2)$$

Sinyal yang ditransmisikan $s(t)$ dapat diekspresikan dalam bentuk

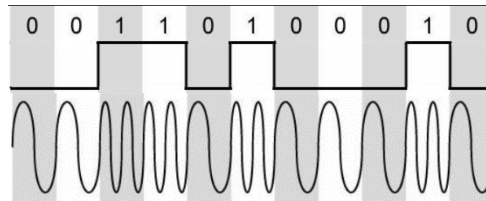
$$S(t) = S_1(t) \text{ untuk simbol 1}$$

$$S(t) = S_2(t) \text{ untuk simbol 0}$$

Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah per baud (kecepatan digital) lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor noise atau gangguan juga harus diperhatikan dengan teliti.

2.4 Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency Shift Keying adalah skema modulasi yang biasa digunakan untuk mengirim informasi digital antara peralatan digital. Data ditransmisikan dengan menggeser frekuensi pembawa kontinyu dengan cara biner ke satu atau yang lain dari dua frekuensi diskrit. Satu frekuensi ditetapkan sebagai frekuensi “mark” dan yang lainnya sebagai frekuensi “ruang”. Tanda dan spasi sesuai dengan satu biner dan nol. Dengan konvensi, sesuai dengan frekuensi radio yang lebih tinggi [4]. Domain waktu dari sebuah carrier termodulasi FSK diilustrasikan pada gambar

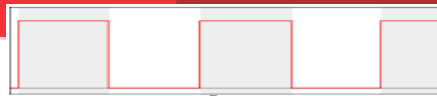


Gambar 2.6 Modulasi FSK

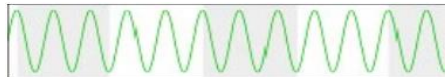
Pada sistem FSK, dua buah sinyal sinusoidal dengan amplitude maksimum sama A_c , tetapi frekuensi berbeda, f_1 dan f_2 , digunakan untuk merepresentasikan biner 1 dan 0. Secara matematis dapat dituliskan.

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_1 t) \quad \text{untuk simbol '1'}$$

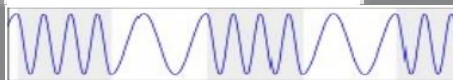
$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_2 t) \quad \text{untuk simbol '0'}$$



(a). Sinyal Informasi



(b). Sinyal Carrier



(c). Sinyal Hasil Modulasi

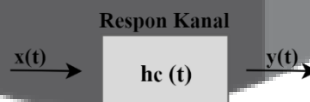
Gambar 2.7 Gelombang Termulasi FSK

Modulasi FSK merupakan modulasi yang mempunyai kinerja yang lebih baik dan menggunakan sistem deteksi yang lebih sederhana dibandingkan dengan PSK. Oleh karena itu penerapan cukup luas pada sistem transmisi data.

Frequency Shift Keying relative sederhana, FSK memiliki bentuk penampakan gelombang yang konstan dari modulasi sudut yang similar terhadap frekuensi konvensional kecuali bahwa sinyal modulasinya adalah untaian pulsa biner yang bervariasi di antara dua level tegangan diskrit disbanding perubahan bentuk gelombang secara terus-menerus.

2.5 Kanal Ideal

Suatu kanal yang saat mentransmisikan sebuah informasi langsung dikirimkan dari Tx ke Rx tanpa adanya gangguan apapun. Sehingga respon kanal yang dilalui oleh sumber informasi akan menerima hasil yang sama di sisi penerima. Karakteristik kanal komunikasi yang ideal tidak menimbulkan distorsi pada sinyal informasi yang melewatinya.



Gambar 2.8 Proses Transmisi pada Kanal Ideal

Adapun persamaan untuk proses transmisi kanal ideal yaitu sebagai berikut:

$$y(t)=x(t).....(2.3)$$

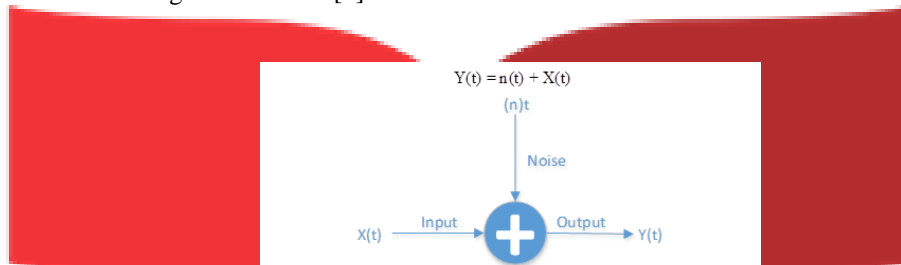
Keterangan:

$y(t)$ = Sinyal terima.

$x(t)$ = Sinyal informasi.

2.6 Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Dalam sistem pentransmisian sinyal membutuhkan 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. Kanal dalam keadaan ideal yang berarti memiliki bandwidth yang tidak terbatas dan respon terhadap semua jenis frekuensi yang tidak mempengaruhi bentuk asli dari sinyal yang dikirim atau tidak mengalami distorsi [5].



Gambar 2.9 Proses Transmisi pada Kanal AWGN

AWGN mempunyai distribusi derau dengan persamaan sebagai berikut:

$$y(t)=n(t)+x(t).....(2.4)$$

Keterangan:

$y(t)$ = Sinyal terima.

$n(t)$ = Sinyal informasi.

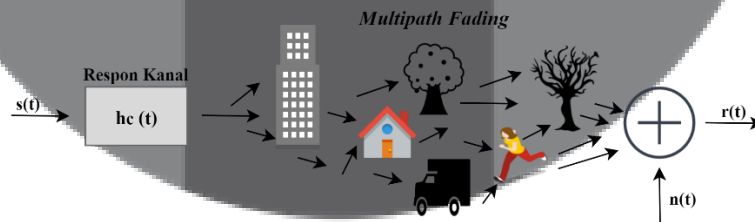
$x(t)$ = Sinyal noise.

2.7 Kanal Rayleigh

Dalam sistem komunikasi bergerak, distribusi Rayleigh sering digunakan untuk menggambarkan sifat statistic selubung kanal multipath yang berkelakuan time varying [7]. Distribusi Rayleigh didapat dari penjumlahan secara kuadratur antara dua Gaussian noise.

Rayleigh fading channel adalah channel model untuk merepresentasikan channel antara transmitter dan receiver yang bergerak (salah satu) [8].

Rayleigh channel disebabkan oleh fading yang menggunakan fungsi distribusi rayleigh. Dengan kata lain, fading merupakan fluktuasi daya di sisi receiver. Karena faktor amplitudo merupakan efek yang dijumlahkan dari banyak pantulan, hal ini dapat dianggap sebagai variabel acak Gaussian yang kompleks [9].



Gambar 2.13 Proses Transmisi pada Kanal Rayleigh

Persamaan untuk kanal Rayleigh yaitu sebagai berikut:

$$r(t)=g(t) s(t)+n(t).....(2.5)$$

Keterangan:

$r(t)$ = Sinyal terima.

- g(t) = Dampak kanal rayleigh.
- s(t) = Sinyal yang ditrasnmisikan.
- n(t) = Gaussian noise.

2.8 Bit Error Rate (BER)

BER adalah salah satu parameter kualitas pada sistem transmisi digital, umumnya digunakan untuk pengujian kualitas kanal tingkat baseband dari ujung ke ujung. Pengujian dengan BER dilakukan pada simulasi dengan mengikuti rumus sebagai berikut:

$$BER = \frac{\text{jumlah bit yang salah}}{\text{jumlah bit yang dikirim}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk mengukur kualitas suatu performansi maka dapat dikategorikan menjadi 5, dengan masing-masing kualitas yang berbeda seperti pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Kualitas Nilai Performansi BER

No	Nilai BER /1 jam	Kualitas
1	0 – 1 x 10 ⁻¹²	<i>Excellent</i>
2	> 1 x 10 ⁻¹² – 1 x 10 ⁻⁹	<i>Good</i>
3	> 1 x 10 ⁻⁹ – 1 x 10 ⁻⁶	<i>Poor</i>
4	> 1 x 10 ⁻⁶ – 1 x 10 ⁻³	<i>Bad</i>
5	> 1 x 10 ⁻³	<i>Worse</i>

Penggunaan koreksi kesalahan membutuhkan sesuatu hal dalam teknik pengkodean *Linear Block Code*, dimana redundansi bertindak sebagai sumber daya "biaya" transmisi. Oleh karena itu, diinginkan redundansi menjadi kecil. Untuk memberikan redundansi ukuran kuantitatif, tingkat pengkodean R didefinisikan sebagai rasio panjang pesan dengan panjang *codeword*. Jika skema pengkodean menghasilkan *codeword* dengan panjang *n*-bit dari sebuah pesan sepanjang *k*-bit, persamaan untuk R yaitu sebagai berikut:

$$R = k/n \dots \dots \dots (2.7)$$

Nilai maksimum dari R adalah 1 ketika tidak ada redundansi ditambahkan (yaitu ketika pesan tidak dikodekan). Kinerja pengkodean dengan tingkat pengkodean merupakan dua faktor yang saling bertentangan. Karena lebih banyak redundansi yang ditambahkan, kemampuan koreksi kesalahan diperkuat, tetapi tingkat pengkodean menurun. Kode yang bagus harus memaksimalkan kinerja koreksi kesalahan sambil menjaga tingkat pengkodean mendekati 1 [8].

2.9 Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR adalah satuan ukur perbandingan antara kuat sinyal terhadap noise. Makin besar nilai SNR maka semakin tinggi kualitas yang didapat, artinya semakin besar kemungkinan jalur itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal kecepatan tinggi.

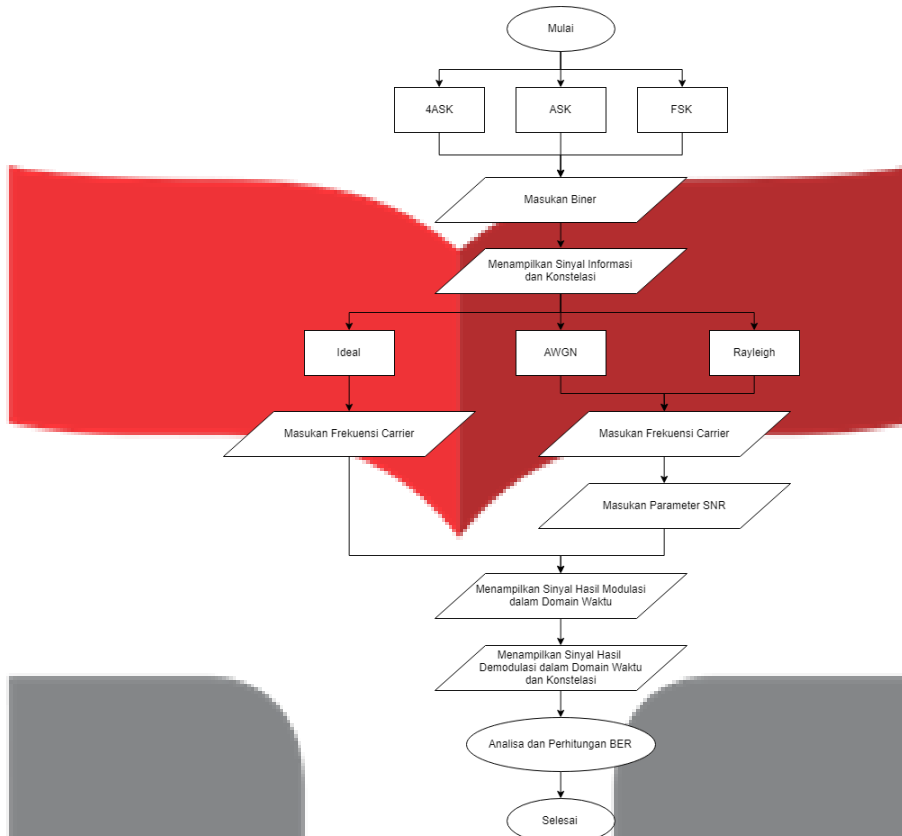
Perhitungan SNR dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \dots \dots \dots (2.8)$$

- Keterangan:
- P_{signal} = Daya sinyal.
 - P_{noise} = Daya noise.

3. Perancangan Sistem

3.1 Gambaran Umum Sistem

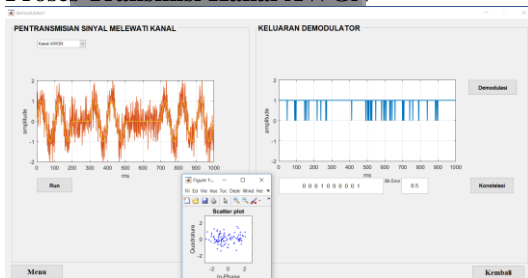


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

4. Hasil dan Pengujian

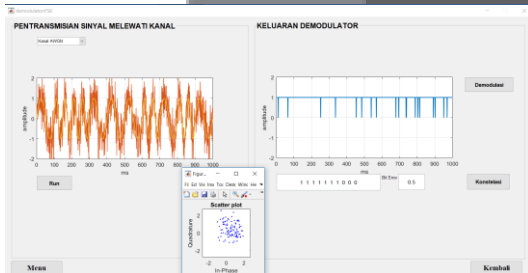
4.1 Pengujian Simulasi

4.1.1 Proses Transmisi Kanal AWGN



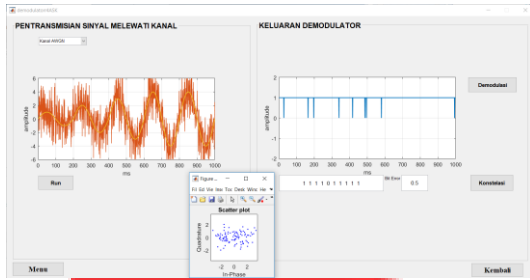
Gambar 4.1 Hasil Analisa Simulator ASK Melewati Kanal AWGN

No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	1101100111	1	0001000001	0.5
2	1101100111	10	1000000011	0.4
3	1101100111	20	1001100100	0.3
4	1101100111	30	1100000111	0.2
5	1101100111	40	1001100111	0.1



Gambar 4.2 Hasil Analisa Simulator FSK Melewati Kanal AWGN

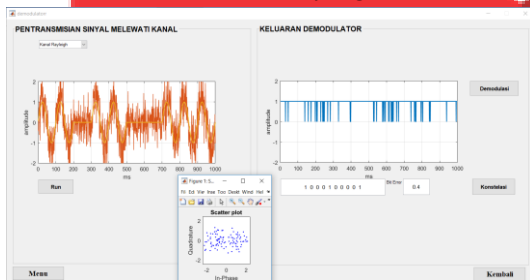
No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	0110001010	1	1111111000	0.5
2	0110001010	10	0000000000	0.4
3	0110001010	20	0000000010	0.3
4	0110001010	30	0110000000	0.2
5	0110001010	40	0110000010	0.1



Gambar 4.3 Hasil Analisa Simulator 4ASK Melewati Kanal AWGN

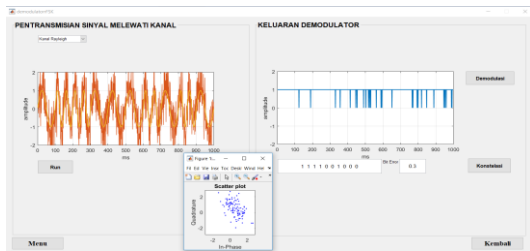
No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	0001101111	1	1111011111	0.5
2	0001101111	10	1111111111	0.4
3	0001101111	20	1101111111	0.3
4	0001101111	30	0011111111	0.2
5	0001101111	40	0001111111	0.1

4.1.2 Proses Transmisi Kanal Rayleigh



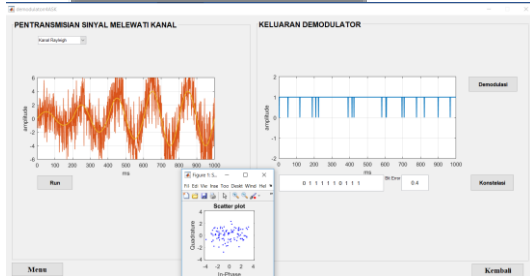
Gambar 4.4 Hasil Analisa Simulator ASK Melewati Kanal Rayleigh

No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	1101100111	1	1000100001	0.4
2	1101100111	10	0000000001	0.6
3	1101100111	20	0101000000	0.5
4	1101100111	30	0000000100	0.6
5	1101100111	40	0000000110	0.5



Gambar 4.5 Hasil Analisa Simulator FSK Melewati Kanal Rayleigh

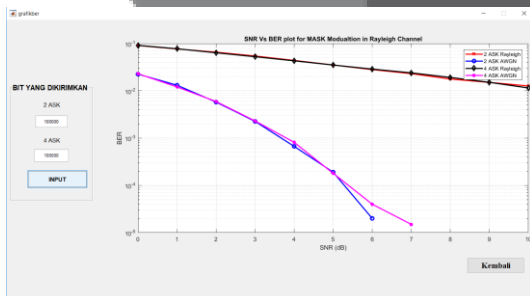
No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	0110001010	1	1111001000	0.3
2	0110001010	10	0100000001	0.4
3	0110001010	20	0100001000	0.2
4	0110001010	30	0000000000	0.4
5	0110001010	40	0010000000	0.3



Gambar 4.6 Hasil Analisa Simulator 4ASK Melewati Kanal Rayleigh

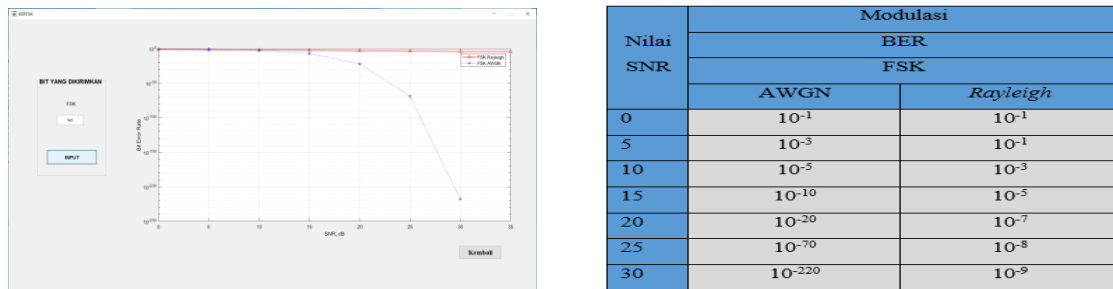
No	Bit (masukan)	SNR (dB)	Bit (keluaran)	BER
1	0001101111	1	0111110111	0.4
2	0001101111	10	0101110011	0.4
3	0001101111	20	0011111111	0.2
4	0001101111	30	1111011111	0.5
5	0001101111	40	0010111111	0.3

4.2 Pengujian Nilai BER dan SNR Pada Kanal AWGN dan Rayleigh



Gambar 4.7 Perbandingan BER dan SNR pada ASK dan 4ASK

Nilai SNR	Modulasi			
	BER			
	ASK		4ASK	
	AWGN	Rayleigh	AWGN	Rayleigh
0	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹
1	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹
2	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹
3	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻¹
4	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻¹
5	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	10 ⁻¹
6	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻¹
7	>10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻¹
8	>10 ⁻³	10 ⁻¹	>10 ⁻³	10 ⁻¹
9	>10 ⁻³	10 ⁻¹	>10 ⁻³	10 ⁻¹
10	>10 ⁻³	10 ⁻¹	>10 ⁻³	10 ⁻¹



Gambar 4.8 Perbandingan BER dan SNR pada FSK

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Simulasi modulasi digital ASK, 4ASK dan FSK dapat diimplementasikan sebagai modul pembelajaran Sistem Komunikasi.
2. Terbukti hasil simulasi antara teori dengan simulator menggunakan kanal AWGN lebih bagus dibandingkan dengan menggunakan kanal Rayleigh.
3. Terbukti hasil teori dengan simulator, jika semakin besar nilai SNR pada kanal AWGN akan meningkatkan performansi sistem modulasi ASK, 4ASK dan FSK, karena BER yang dihasilkan akan semakin rendah.
4. Terbukti hasil teori dengan simulator, jika semakin besar nilai SNR pada kanal Rayleigh tidak pasti akan meningkatkan performansi sistem modulasi ASK, 4ASK dan FSK, karena BER yang dihasilkan akan random.
5. Dari hasil pengujian MOS didapatkan presentase sebesar 72,5% menyatakan bahwa simulator ini sangat membantu pemahaman untuk mata kuliah Sistem Komunikasi. Dan 1,94% menyatakan tidak membantu pemahaman dalam penggunaan simulator ini. Serta mendapatkan nilai rata-rata MOS dengan presentase sebesar 48,08%.
6. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan pengujian akurasi perhitungan, pengujian fungsionalitas, analisa kesesuaian materi dengan simulator, serta Quisioner didapatkan modul teknik Modulasi Digital ASK, 4ASK, dan FSK untuk mata kuliah Sistem Komunikasi yang dapat digunakan

5.2 Saran

1. Untuk perancangan simulasi selanjutnya disarankan menambahkan teknik modulasi M-ASK dan M-FSK.
2. Untuk perancangan simulasi selanjutnya disarankan untuk menggunakan aplikasi yang bersifat stand alone.

Daftar Pustaka

- [1] A. Ogirala, "AUTOMATED TESTING OF WIRELESS LINK STANDARDS," B.Tech, vol. I, no. 18, pp. 18-19, 2006.
- [2] B. Murtianta, "Sistem Modulator dan Demodulator BPSK dengan Costas Loop," Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika, pp. 17-26, 2015.
- [3] M. S. Miah, Rahman M Mahbubur, T. Godder, Singh, C. Bikash dan M. Parvin, "Performance Comparison of AWGN, Flat Fading and Frequency Selective Fading Channel For Wireless Communication System using 4QPSK," ISSN, vol. 1, no. 02, 2011.
- [4] S. Haykin, Communication Systems 4th Edition, United States of America: Hamilton Printing Company, 2000.
- [5] T. Rappaport, Wireless Communication Principle and Practice, Prentice Hall, New York, 1996.
- [6] Watkins, "FSK: Signals and Demodulation," Tech Notes, vol. 7, p. 5, 1980.
- [7] X. Fuqin, "Digital Modulation Techniques," Digital modulation, 2000.
- [8] Y. F. N. Rosid, Y. S. Rohmah dan A. D. Pambudi, "PERANCANGAN SIMULATOR MODULASI DAN DEMODULASI BPSK DAN QPSK MENGGUNAKAN LABVIEW," e-Proceeding of Applied Science, p. 3, 2015.
- [9] Y. Julian, SYSTEMATIC BLOCK QC-LDPC CODES UNTUK SISTEM KOMUNIKASI BERLATENSI RENDAH DAN RELIABLE, Telkom University, 2017.