

## PERANCANGAN SIMULATOR KINERJA TEKNIK MODULASI FM PADA KANAL AWGN DAN RAYLEIGH

### *SIMULATOR DESIGN OF FM MODULATION TECHNIQUES ON AWGN AND RAYLEIGH CHANNEL*

Ari Kurniawan <sup>1</sup>, Yuyun Siti Rohmah, S.T., M.T. <sup>2</sup>, Suci Aulia, S.T., M.T. <sup>3</sup>

Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

[arik32290@gmail.com](mailto:arik32290@gmail.com), [yuyunsr@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:yuyunsr@tass.telkomuniversity.ac.id), [suciaulia@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:suciaulia@tass.telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

System komunikasi merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa pada program studi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom yang memiliki jumlah 3 sks. Pada saat ini belum ada suatu simulator berbasis Matlab yang mensimulasikan sinyal analog khususnya di Fakultas Ilmu Terapan dibidang studi D3 Teknik Telekomunikasi pada mata kuliah system komunikasi maka dari itu dibuatlah simulator sinyal FM (*Frequency Modulation*) untuk membantu pembelajaran sinyal analog pada mata kuliah sistem komunikasi khususnya praktikum agar lebih efisien dan lebih paham dengan materi FM (*Frequency Modulation*).

Pada proyek akhir ini akan dirancang suatu simulator kinerja FM (*Frequency Modulation*) berbasis matlab pada kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan Rayleigh. Simulator ini terdiri dari blok modulasi dan demodulasi dimana sinyal input berupa sinusoidal tunggal.

Pada simulator ini telah didapatkan hasil pengujian beta yang menyatakan bahwa dengan simulator mampu meningkatkan pemahaman tentang modulasi FM dengan persentase sebesar 93,20% dan menyatakan simulator berjalan sesuai fungsinya dengan persentase sebesar 95,50%. Selain itu keluaran proses modulasi dan demodulasi sesuai dengan teori.

**Kata Kunci:** *Modulasi, Demodulasi, FM, Simulator, Matlab.*

#### Abstract

*Communication System is a compulsory subject for students in Diploma on Telecommunication Engginering study program, Telkom University which has 3 credits. At this time there is not a Matlab-base simulator that simulates analog signals especially in the course of communication systems so from it made simulator FM signal (Frequency Modulation) to help learning analog signals in the course of communication systems espicially practicum to be more efficient and more familiar with the material FM (Frequency Modulation).*

*In this final project will be designed a Matlab basse Matlab (Frequency Modulation) performance simulator on AWGN (Additive White Gaussian Noise) and Rayleigh Channel. The simulator consists of modulation and demodulation blocks in which the input signal is a single sinusoidal signal*

*In this simulator, it has been conducted a beta test result which states that this simulator is able to improve the understandment about FM modulation with percentage equals to 93,20% and also works as its function with percentage equals to 95,50%. In addition, the output of modulation and demodulation process is in accordance with the theory.*

**Keywords:** *Modulation, Demodulation, FM, Simulator, Matlab*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini dalam bidang telekomunikasi membuat manusia menjadi semakin mudah melakukan hal apapun. Hal itu disebabkan oleh kemudahan untuk mengotrol dan melakukan sesuatu lebih efisien dan praktis. Sehingga metode yang dilakukan secara teoritis saat ini kurang masuk untuk pembelajaran kalau tanpa ditambahin metode lainnya seperti simulasi. Dampaknya dalam proses pemelajaran yang singkat dengan durasi 1-3 jam tiap mata kuliah per hari mengakibatkan mahasiswa kurang memahami materi yang disampaikan. Sehingga saat ini dibutuhkan metode untuk lebih yang baik dan mudah dipahami. Sudah banyak upaya yang dilakukan untuk memperbaiki penekanan angka pemahanaman yang lebih tinggi kepada mahasiswa namun ada yang sudah berhasil dan belum berhasil, misal dengan sistem online maupun study group

Pada proyek akhir ini pembuatan Simulator yang menggunakan Bahasa pemrograman matlab agar dapat menampilkan grafik hasil proses pengiriman dan penerimaan dari kedua teknik modulasi, demodulasi dan

penambahan kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan *Rayleigh*. Hasil keluaran dari Simulator ini yaitu sinyal informasi yang berupa dalam bentuk domain waktu dan frekuensi.

Pada proyek akhir ini pembuatan Simulator yang menggunakan Bahasa pemrograman matlab agar dapat menampilkan grafik hasil proses pengiriman dan penerimaan dari kedua teknik modulasi, demodulasi dan penambahan kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan *Rayleigh*. Hasil keluaran dari Simulator ini yaitu sinyal informasi yang berupa dalam bentuk domain waktu dan frekuensi.

Pembahasan simulator ini sudah ada dilakukan dalam penelitian sebelumnya menggunakan *software* LabVIEW yang hanya meneliti keluaran sinyal yang termodulasi hanya melewati kanal AWGN [9]. Maka dalam pembahasan ini akan mensimulasikan menggunakan *software* MatLAB yang keluaran sinyal termodulasi melewati kanal AWGN dan *Rayleigh*. Pada Proyek akhir ini dapat menghasilkan simulator yang dapat membantu mempermudah pembelajaran Sehingga angka peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap materi modulasi frekuensi.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sistem Komunikasi

Telekomunikasi adalah teknik pengiriman atau penyampaian informasi dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam kaitannya dengan 'telekomunikasi' bentuk komunikasi jarak jauh dapat dibedakan atas tiga macam:

1. Komunikasi satu arah (*Simplex*). Dalam komunikasi satu arah (*Simplex*) pengirim dan penerima informasi tidak menjalin komunikasi yang bersinambungan melalui media yang sama. Contoh: Pager, televisi dan radio [1].
2. Komunikasi dua arah (*Duplex*). Dalam komunikasi dua arah (*Duplex*) pengirim dan penerima informasi dapat menjalin komunikasi yang berkesinambungan melalui media yang sama. Contoh: Telepon dan VOIP [1].
3. Komunikasi semi dua arah (*Half Duplex*). Dalam komunikasi semi dua arah (*Half Duplex*) pengirim dan penerima informasi berkomunikasi secara bergantian namun tetap berkesinambungan. Contoh: *Handy Talkie*, *FAX* dan *Chat Room* [1].

Sistem komunikasi merupakan suatu pengiriman informasi sampai ke tujuan, ada begitu banyak aplikasi sistem komunikasi yang berbeda, sehingga kita tidak bisa membahas semua komunikasi secara detail semua bagian bentuk sistem komunikasi tertentu. Sistem yang melibatkan banyak komponen keseluruhan rangkaian listrik, elektronik, elektromagnetik, pemrosesan sinyal, mikroprosesor, dan jaringan komunikasi. Dan untuk beberapa bidang yang relevan [9].

### 2.2. Sistem Komunikasi Analog

Pengiriman data dalam sistem komunikasi dapat berupa dalam bentuk analog atau digital. Sistem komunikasi analog adalah sebuah sistem komunikasi yang berbasis sinyal analog. Sinyal analog adalah sebuah kontinyu sinyal untuk waktu yang berbeda-beda, fitur variabel dari sinyal adalah representasi dari beberapa waktu lain yang bervariasi jumlah, yaitu analog dengan sinyal berbeda beda dalam waktu lain, ini berbeda dari sinyal digital dalam hal *fluktuasi* kecil sinyal yang bermakna, analog biasanya memikirkan dalam listrik konteks namun mekanik *pneumatic hidrolis* dan sistem lain juga menyampaikan sinyal analog [8].

Dalam komunikasi analog, sinyal fisik dikonversi menjadi sinyal listrik dengan bantuan masukan dari transduser, kemudian diproses dalam modulator dan ditransmisikan melalui saluran (kanal) dengan bantuan antena, diterima dengan bantuan antena dan diperkuat dengan bantuan amplifier kemudian ke *speaker* yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal fisik. Gelombang pada Sinyal Analog berbentuk sinus ada tiga variabel dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan fase [7].

1. Amplitudo merupakan suatu sinyal yang tinggi dan rendahnya tegangan dari suatu sinyal analog.
2. Frekuensi merupakan suatu sinyal yang kerapatan dan kerengangan suatu sinyal analog.
3. Phase adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.

Adapun salah satu keunggulan dari sebuah sistem komunikasi analog dibandingkan dengan sistem komunikasi digital adalah memiliki potensi jumlah tak terbatas resolusi sinyal. Dibandingkan dengan sinyal-sinyal digital, sinyal analog kepadatan tinggi, dapat dilakukan pengolahan lebih sederhana dibandingkan dengan setara digital, meskipun beberapa proses tidak tersedia kecuali dalam bentuk digital. Kerugian utama dari sinyal analog adalah bahwa sistem apapun memiliki suara yaitu, acak variasi yang tidak diinginkan listrik, ini kerugian dapat dikurangi dengan melindungi, dampak dari kebisingan membuat kehilangan sinyal dan *distorsi*. Ini tidak mungkin untuk pulih, karena memperkuat sinyal untuk memulihkan bagian dilemahkan memperkuat sinyal suara (*distorsi / gangguan*) juga. Bahkan jika resolusi sinyal analog lebih tinggi dari pada digital yang sebanding, perbedaan dapat dikalahkan oleh kebisingan di sinyal [4].

### 2.3. FM (Frequency Modulation)

Frequency Modulation (FM) adalah proses menumpangkan sinyal informasi pada sinyal pembawa (*carrier*) sehingga frekuensi gelombang pembawa (*carrier*) berubah sesuai dengan perubahan simpangan (tegangan) atau rapat renggang suatu gelombang sinyal informasi. Jadi sinyal informasi yang dimodulasikan (ditumpangkan) pada gelombang pembawa menyebabkan perubahan frekuensi gelombang pembawa sesuai dengan perubahan tegangan (simpangan) sinyal informasi. Pada modulasi frekuensi sinyal informasi mengubah-ubah frekuensi gelombang pembawa, sedangkan amplitudo-nya konstan selama proses modulasi [8].

Modulasi dalam Telekomunikasi merupakan proses penumpangkan gelombang sinyal informasi pada gelombang sinyal carrier sehingga mampu membawa suatu sinyal informasi. Dengan proses modulasi suatu informasi (biasanya berfrekuensi rendah) bisa dimasukkan kedalam suatu gelombang pembawa biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Tujuan dari modulasi yaitu [9]:

1. Transmisi menjadi lebih efisien dan memudahkan pemancaran.
2. Menekan adanya gangguan.
3. Untuk melakukan proses penggabungan sinyal informasi dengan sinyal carrier untuk disalurkan Bersama-sama melalui satu kanal transmisi.

Dalam suatu teknik modulasi maka kita dapat mengirimkan dalam jarak yang lebih jauh. Pengiriman informasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu sinyal analog dan sinyal digital. Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang kontinyu yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombangnya. Sinyal analog bekerja dengan mentransmisikan suara dan gambar dalam bentuk gelombang kontinu. Sedangkan sinyal digital adalah sebuah teknologi data yang menggunakan diskrit (*diskontinu*) nilai. Modulator mengubah bit input menjadi bentuk gelombang listrik yang sesuai untuk transmisi melalui saluran komunikasi. Modulator dapat digunakan secara interaktif meminimalkan efek suara saluran, agar sesuai dengan spektrum frekuensi yang ditransmisikan sinyal dengan karakteristik saluran, untuk memberi kemampuan multiplex banyak sinyal [6].

Parameter yang paling penting dari modulasi adalah jenis bentuk gelombang yang digunakan, durasi bentuk gelombang, tingkat daya dan bandwidth yang digunakan. modulator menyelesaikan tugas meminimalkan efek kebisingan saluran dengan menggunakan kekuatan sinyal dan bandwidth yang besar, dan dengan menggunakan bentuk gelombang yang bertahan lebih lama. sementara penggunaan amonts sinyal power dan bandwidth yang semakin besar untuk melawan kebisingan, parameter ini tidak dapat ditingkatkan tanpa batas waktu karena keterbatasan saluran dan frekuensinya [2].

Rentang frekuensi FM adalah 88 MHz – 108 MHz sehingga dapat dikategorikan sebagai *Very High Frequency* (VHF), sedangkan panjang gelombangnya dibawah 1.000 KHz sehingga jangkauan sinyalnya tidak jauh. Modulasi frekuensi memiliki bandwidth yang lebih besar daripada amplitudo modulasi sehingga bisa menghasilkan suara stereo dengan menyatukan beberapa saluran audio pada satu gelombang pembawa [8].

FM lebih tahan terhadap gangguan sehingga dipilih sebagai modulasi standar untuk frekuensi tinggi. Keuntungan FM antara lain, potensi gangguan lebih kecil (kualitas lebih baik) dan daya yang dibutuhkan lebih kecil. Persamaan yang mewakili bentuk gelombang FM [9]:

$$S_{FM} = A_c \cos [2\pi f_c t + (\beta \sin(2\pi f_m t))] \quad (2.1)$$

Dimana

$S_{FM}$  = Sinyal termodulasi FM

$A_c$  = Amplitudo maksimum sinyal pembawa

$2\pi f_c t$  = Frekuensi sudut sinyal pembawa

$2\pi f_m t$  = Frekuensi sudut sinyal termodulasi

$\beta$  = Indeks Modulasi FM (Frequency Modulation)

Pada modulasi frekuensi kita mengenal istilah indeks modulasi (mf). Indeks modulasi ini didefinisikan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m} \quad (2.2)$$

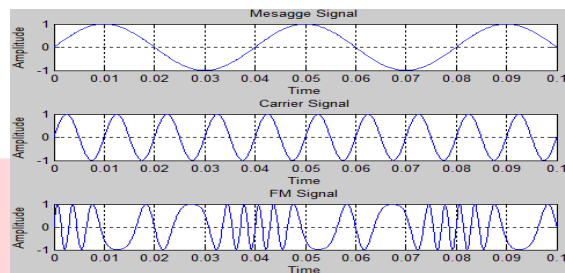
Dimana

$\beta$  = Indeks modulasi

$\Delta f$  = Deviasi frekuensi sinyal FM

FM = Frekuensi modulasi

Sinyal termulasi frekuensi ditunjukkan oleh gambar 2.3 bagian paling bawah. Dari gambar terlihat bahwa sinyal FM mengalami frekuensi yang berubah sesuai dengan perubahan sinyal message. Modulasi frekuensi merupakan proses modulasi yang bersifat non linier, akibatnya, tidak seperti pada modulasi amplitudo, spectrum dari sinyal FM tidak dapat dinyatakan secara sederhana menyangkut hubungannya dengan sinyal pemodulasi/message [9].

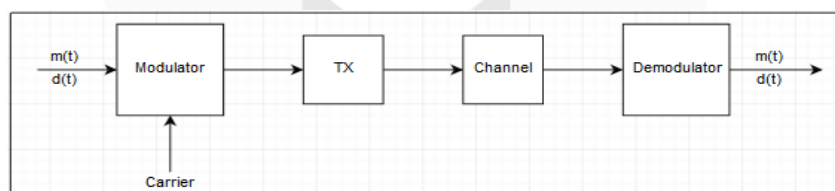


Gambar 2 1 Modulasi FM domain waktu

## 2.4. Demodulasi FM

Demodulasi merupakan kebalikan dari modulasi yang berarti pemisahan sinyal informasi dari sinyal carrier atau sinyal pembawa menjadi kebentuk semula, modulasi adalah proses reversibel, anada ekstraksi pesan dari bentuk gelombang bantalan informasi yang dihasilkan oleh modulator diakomodasi oleh demodulator. Untuk jenis modulasi tertentu, parameter yang paling penting dari domodolator adalah metode demodulasi. ada berbagai teknik yang tersedia untuk demodulasi bentuk gelombang termodulasi tertentu; Prosedur sebenarnya yang digunakan menentukan kompleksitas equiment yang dibutuhkan dan akurasi demodulasi [11].

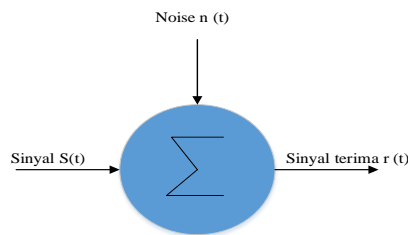
Proses terjadinya demodulasi terjadi pada alat untuk melakukan demodulasi yaitu demodulator atau detektor. Definisi demodulator sendiri adalah rangkaian yang penerima komunikasi (radio, televisi, dan radar) yang berfungsi memisahkan informasi asli dari gelombang campuran (yaitu gelombang isyarat pembawa yang termodulasi. Demodulator sering juga disebut dengan detector. Dalam system modulasi frekuensi (FM) diterapkan rangkaian demodulator yang disebut discriminator sesudah isyarat informasi dipisahkan dari gelombang campuran, maka isyarat informasi itu dikuatkan dan ditampilkan sebagai bunyi atau tanda-tanda lain (misalnya bayangan seperti dalam televisi) [8].



Gambar 2 2 Modulasi dan Demodulasi FM

## 2.5. Kanal AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Pada sistem komunikasi, umumnya digunakan kanal gelombang kontinyu. Kanal ini merupakan kanal analog yang melewati sinyal-sinyal kontinyu  $s(t)$  yang dihasilkan oleh sumber. Pada kanal kontinyu, sinyal yang ditransmisikan mendapatkan beberapa gangguan yang disebabkan oleh karakteristik kanal yang tidak linear. Kanal juga memberikan redaman yang melemahkan amplitudo sinyal. Selain itu, adanya noise juga menimbulkan kerusakan pada sinyal. Semua pengaruh tersebut mengakibatkan munculnya perbedaan antara sinyal yang dikirim dan yang diterima, sehingga cenderung menimbulkan kesalahan dalam transmisi data [8].



Gambar 2.3 proses Transmisi kanal AWGN

Secara umum, kanal AWGN memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kanal menyediakan transmisi bebas error dalam bandwidth B, dengan memberikan penguat untuk menangani rugi-rugi transmisi.
2. Kanal membatasi input dari sumber sebagai sinyal pita terbatas  $s(t)$  dengan daya rata-rata S.
3. Sinyal yang diterima pada tujuan terkontaminasi oleh penjumlahan dengan white gaussian noise  $n(t)$  dengan bandwidth B, dan daya noise  $N = \eta B$  ( $\eta$  adalah kerapatan spektral daya noise).
4. Sinyal dan noise bersifat independent, sehingga  $r(t) = s(t) + n(t)$ .

## 2.6. Kanal Rayleigh

Fading merupakan fenomena yang terjadi pada kanal nirkabel, Sinyal komunikasi pada kanal nirkabel yang berpropagasi dari pemancar menuju penerima dapat menempuh banyak jalur, sehingga fenomena ini disebut dengan propagasi multipath. Propagasi multipath menimbulkan fluktuasi pada amplitudo, fasa dan sudut datang sinyal yang tiba di penerima sehingga menimbulkan istilah multipath fading. Rayleigh fading terjadi bila sinyal yang tiba di penerima berasal dari pantulan. Fungsi densitas probabilitas (*probability density function, pdf*) dari kanal Rayleigh [12]:

$$r(t) = s(t)\text{ray}(t) + m(t) \quad (2.5)$$

Dimana

$r(t)$  = Sinyal terima

$s(t)$  = Sinyal yang ditransmisikan

$n(t)$  = Gaussian noise

Ray(t) = Rayleigh Channel

di mana  $r$  adalah amplitudo selubung sinyal yang diterima, dengan adalah rms tegangan sinyal yang diterima sebelum deteksi selubung, sedangkan adalah daya rata-rata sinyal yang diterima sebelum deteksi selubung yang besarnya. Dengan adalah variasi dari sinyal yang diterima. Kanal Rayleigh Fading merupakan model yang paling banyak dipakai untuk mensimulasikan suatu sistem.

Kanal Rayleigh adalah kanal yang mengikuti distribusi Rayleigh. Kanal Rayleigh ini biasanya digunakan untuk kanal yang tidak LOS (*Line-of-Sight*) atau juga sering disebut NLOS (*non-Line-of-sight*). Kanal ini didapatkan pada bilangan acak kompleks Gaussian. simulator modulasi dan demodulasi FM yang dibuat menggunakan kanal Rayleigh sebagai pengganggu sinyal termodulasi sehingga membuat sinyal yang diterima berbeda dengan informasi yang diberikan pada saat memasukan inputan informasi [12].

## 2.7 SNR (Signal to Noise Ratio)

Perbandingan antara sinyal asli dengan sinyal gangguan. Semakin besar nilai SNR maka semakin bagus kualitas jalur tersebut, artinya semakin besar kemungkinan jalur tersebut dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal kecepatan tinggi. Nilai SNR dipakai untuk menunjukkan kualitas suatu jalur jaringan. Perhitungan SNR menggunakan persamaan sebagai berikut [13]:

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \quad (2.6)$$

Dimana

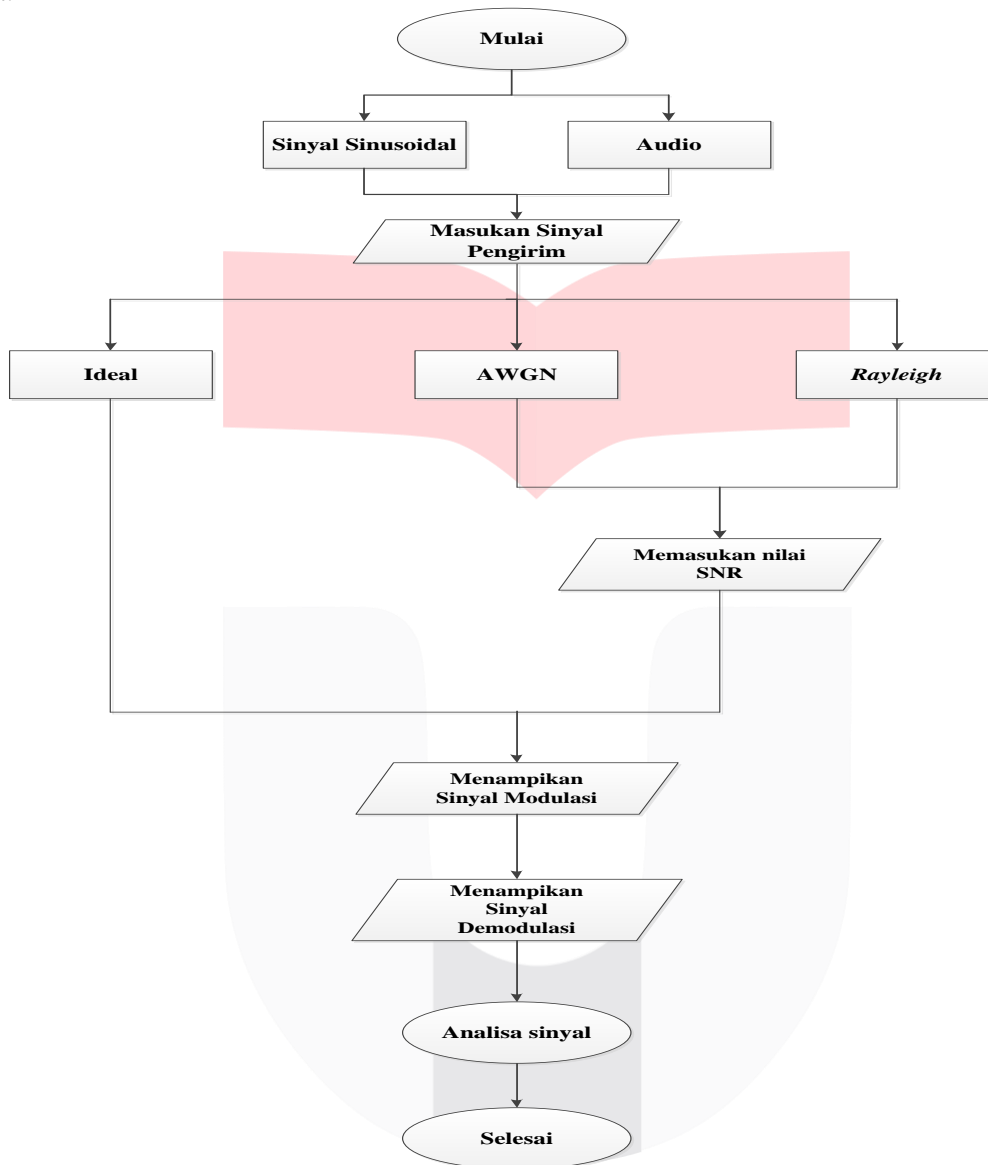
$P_{\text{signal}}$  =Daya Sinyal

$P_{\text{noise}}$  =Daya noise

### 3. Perancangan

#### 3.1 Deskripsi Perancangan Sistem

Merancang simulator FM pada kanal yang ditambahkan noise AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan *Rayleigh* pada mata kuliah sistem komunikasi untuk mendukung pembelajaran yang lebih efisien dan fleksibel. Pada Gambar 3.1 Menunjukkan proses dilakukan pada pembuatan simulasi dalam bentuk flowchart adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flowchart Keseluruhan Simulator FM (*Frequency Modulation*)

Berdasarkan gambar 3.1 Flowchart Keseluruhan Simulator FM (*Frequency Modulation*) telah dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Sinyal Sinusoidal dan Audio  
Pada tahap ini terdapat 2 masukan pada simulator yaitu sinyal sinusoidal dan audio.
2. Masukan sinyal informasi  
Pada tahap ini sinyal informasi terdapat dua masukan berupa sinyal sinusoidal dan audio yang akan dikirim.
3. Kanal  
Pada tahap kelima memilih kanal yang akan digunakan untuk menganalisa modulasi dengan memasukan parameter SNR untuk kanal AWGN dan *Rayleigh*. Dan kanal yang digunakan adalah kanal ideal, AWGN dan *Rayleigh*.



#### 4. Demodulasi

Pada tahap ini sinyal sinusoidal yang telah termodulasi sesuai dengan kanal yang digunakan, kemudian memisahkan kembali masukan sinyal sinusoidal awal dengan hasil demodulasi sinyal sinusoidal, sehingga menghasilkan sesuai dengan sinyal sinusoidal pada masukan awal.

#### 5. Analisa

Pada tahap ini menganalisa keluaran yang dihasilkan.

### 3.2 Skenario Pengujian

Pada proyek akhir ini dilakukan scenario pengujian sebagai berikut:

#### 3.2.1 Simulasi FM Modulation dengan GUI

Dalam simulasi ini, akan dilakukan pengujian simulator fm dengan memasukan sinyal sinusoidal atau audio. lalu setelah masukan sinyal sinusoidal atau audio kemudian jika masukan yg kita beri sinyal sinusoidal maka kita akan masukan nilai  $f_s$  (*frequency sampling*),  $f_m$  (*message frequency*) dan  $f_c$  (*frequency carrier*) secara manual pada gui matlab maka akan keluar sinyal sinusoidal sesuai sinyal informasi dan sinyal pembawa kita masukan dan kemudian diproses di blok modulasi dimana sinyal informasi ditumpangkan pada sinyal pembawa, setelah itu di blok modulasi ini terdapat tiga kanal yaitu kanal ideal, kanal AWGN, kanal *Rayleigh* dan sebelum kita melihat perubahan sinyal sinusoidal pada kanal awgn dan *rayleigh* kita harus masukan nilai mean untuk dapat melihat pengaruh sikanal AWGN dan *rayleigh* pada sinyal yang kita masukan tadi kecuali kanal *ideal*. Setelah melewati kanal kemudian sinyal sinusoidal yang kita masukan tadi lalu diproses di blok modulasi dimana diblok ini terjadi mengembalikan sinyal sinusoidal tadi yang telah melewati kanal tadi menjadi sinyal sinusoidal seperti sinyal yang masukan seperti awal tadi. Jadi kita dapat melihat perbedaan antara sinyal yang kita masukan tadi sesuai dengan nilai  $f_s$ ,  $f_m$  dan  $f_c$  yang kita masukan tadi dan juga pada blok modulasi kita dapat melihat perbedaan antara kanal *ideal*, AWGN, *rayleigh* sesuai nilai SNR yg kita masukan kecuali kanal ideal maka kita dapat melihat perbedaan sinyal yang kita masukan tadi.

#### 3.2.2 Simulasi FM Modulation tanpa GUI

Dalam simulasi ini, akan dilakukan pada dasar teori fm yaitu masukan sinyal pembawa dan sinyal informasi dimana sinyal informasi ditumpangkan pada sinyal pembawa kemudian setelah dimodulasi kemudian hasil dari modulasi tersebut yaitu yang berubah dari sinyal yaitu simpang tegangan atau sinyal akan berubah sesuai rapat reggang. Dan juga pada kanal kita dapat melihat masukan SNR jadi semakin tinggi snr maka semakin bagus jalur/sinyal yang dikirimkan begitu juga sebaliknya. Jadi simulasi fm menggunakan gui sudah sesuai dengan teori.

### 3.3 Parameter Pengujian

#### 1. Sinyal pembawa

Yaitu sinyal pembawa yang membawa sinyal informasi agar sampa ketujuan atau dapat dimodulasikan.

#### 2. SNR (*Signal to Noise Ratio*)

Yaitu perbandingan (*ratio*) antara kekuatan sinyal dengan kekuatan derau. Dipakai untuk memnujukan kualitas jalur makin besar nilai SNR, makin tinggi kualitas jalur tersebut.

#### 3. Indeks Modulasi

Yaitu diberi 50 karena sudah ditetapkan dari teori FM (*Frequency Modulation*).

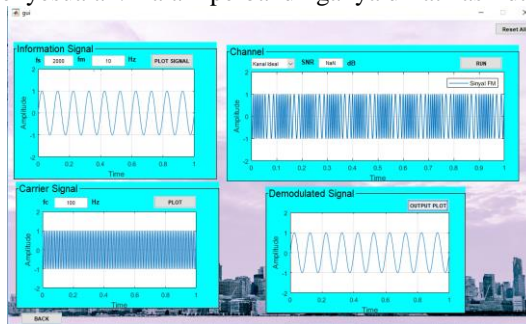
### 4. Analisis Hasil Perancangan

#### 4.1. Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) sinyal sinusoidal

Untuk mengetahui hasil simulasi FM (*Frequency Modulation*), maka dilakukan analisa sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam analisa dapat dilihat dari masukan sinyal dan modulasi, nilai SNR, demodulasi.

##### 4.1.1. Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal ideal

Untuk mengetahui hasil dari pengujian simulator ini, maka akan dilakukan perbandingan langsung dengan memasukkan data penyesuaian. Dalam perbandingannya dilihat hasil dan parameter yang diinginkan.

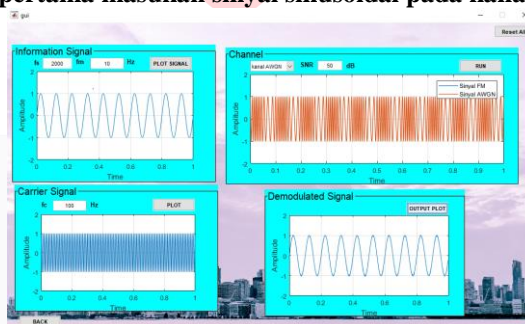


Gambar 4.1 Hasil simulasi FM pada kanal Ideal

Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian simulasi Modulasi FM pada kanal *ideal* yaitu didapatkan hasil berupa sinyal informasi, sinyal modulasi, sinyal demodulasi yang didapatkan. Dengan *frequency sampling* sebesar 2000, *frequency message* sebesar 5 Hz dan *frequency carrier* sebesar 100 hz melewati kanal *ideal* maka keluaran sinyalnya seperti masukan awal.

#### 4.1.2. Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal AWGN

##### 4.1.2.1 Pengujian pertama masukan sinyal sinusoidal pada kanal AWGN

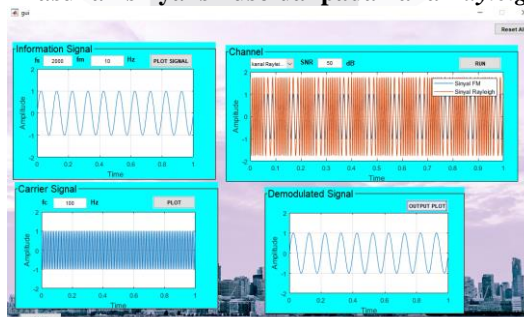


Gambar 4.2 Hasil simulasi FM pengujian pada kanal AWGN

Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian simulasi Modulasi FM pada kanal AWGN. Dimulai proses plotting sinyal informasi, setting frekuensi carrier, proses modulasi. Dengan *frequency sampling* sebesar 2000, *frequency message* sebesar 10 Hz dan *frequency carrier* sebesar 100 hz melewati kanal AWGN dengan masukan SNR = 50 db.

#### 4.1.3 Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal Rayleigh

##### 4.1.3.1 Pengujian masukan sinyal sinusoidal pada kanal rayleigh



Gambar 4.3 Hasil simulasi FM pengujian pada kanal Rayleigh

Gambar 4.3 Merupakan hasil pengujian simulasi Modulasi FM pada kanal *Rayleigh*. Dimulai proses plotting sinyal informasi, setting frekuensi carrier, proses modulasi. Dengan *frequency sampling* sebesar



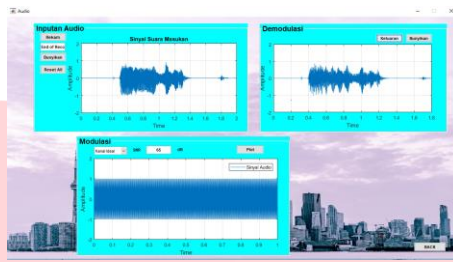
2000, *frequency message* sebesar 10 Hz dan *frequency carrier* sebesar 100 Hz melewati kanal *Rayleigh* dengan masukan SNR = 50 db.

## 4.2 Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) Audio

Untuk mengetahui hasil simulasi FM, maka dilakukan analisa sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam analisa dilihat dari masukan sinyal dan modulasi, nilai SNR, demodulasi.

### 4.2.1 Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal ideal

Untuk mengetahui hasil dari pengujian simulator ini, maka akan dilakukan perbandingan langsung dengan memasukkan data penyesuaian. Dalam perbandingannya dilihat hasil dan parameter yang diinginkan

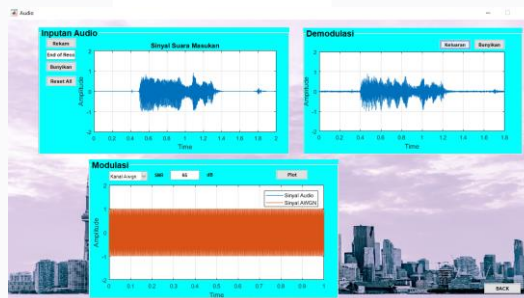


4.4 Hasil simulasi FM Audio pada kanal Ideal.

Gambar 4.4 merupakan hasil pengujian simulasi Modulasi FM pada kanal *ideal* yaitu didapatkan hasil berupa sinyal audio, sinyal modulasi, sinyal demodulasi yang didapatkan. Dengan masukan rekaman audio dengan kata halo.

### 4.2.2 Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal AWGN

#### 4.2.2.1 Pengujian masukan Audio pada kanal AWGN

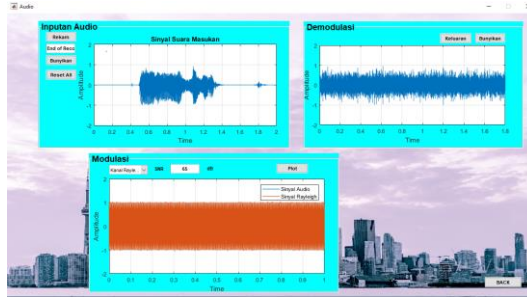


Gambar 4.5 hasil simulasi FM pengujian ke-tiga pada kanal AWGN

Gambar 4.5 Merupakan hasil pengujian simulasi FM pada kanal AWGN hasil yang didapatkan berupa sinyal informasi, sinyal modulasi pada kanal AWGN, sinyal demodulasi pada kanal AWGN. Dengan masukan audio berupa kata halo dan diujikan dengan masukan SNR = 65 db.

### 4.2.3 Pengujian simulasi FM (*Frequency Modulation*) pada kanal *Rayleigh*

#### 4.2.3.1 Pengujian ke-dua masukan Audio pada kanal *rayleigh*



Gambar 4.6 hasil simulasi FM pengujian ke-tiga pada kanal *rayleigh*

Gambar 4.5 Merupakan hasil pengujian simulasi FM pada kanal *rayleigh* hasil yang didapatkan berupa sinyal informasi, sinyal modulasi pada kanal *rayleigh*, sinyal demodulasi pada kanal *rayleigh*. Dengan masukan audio berupa kata halo dan diujikan dengan masukan SNR = 65 db.

## 5 Kesimpulan

### 5.1 KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang penulis dapat dalam menyelesaikan proyek akhir ini sebagai berikut:

1. Pada proses modulasi dan demodulasi, keluaran simulator sesuai dengan teori.
2. Saat menggunakan kanal ideal maka hasil keluaran kanal ideal akan sama dengan masukan awal, sedangkan saat menggunakan kanal AWGN dan *Rayleigh* maka hasil keluaran tidak sama dengan masukan awal karena sudah terkena noise.
3. Hasil simulasi pada kanal AWGN lebih bagus dibandingkan kanal *Rayleigh*
4. Hasil pengujian MOS didapatkan persentase sebesar 95,55 %, menyatakan bahwa simulator FM ini sangat membantu pemahaman untuk mata kuliah sistem komunikasi.
5. Hasil pengujian MOS didapatkan persentase 95,50% menyatakan bahwa simulator ini berjalan dengan fungsinya.
6. Hasil pengujian MOS didapatkan persentase 93,20% menyatakan bahwa dengan adanya simulator ini mampu meningkatkan pemahaman tentang modulasi FM.

### 5.2 SARAN

Saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan simulator ini adalah:

1. Untuk perancangan simulator selanjutnya disarankan untuk menggunakan aplikasi yang bersifat stand alone.
2. Masukan informasi berupa gambar dan video.

### Daftar pustaka

- [1] Frenzel, L. E. *Communication Electronics*. Singapore: MCGraw-Hill. 1989.
- [2] Haykin, S. *Communication system*. United States of America. 2001.
- [3] Nugriyo, D. Interkoneksi Sistem Wirelles Menuju Amplifier Edu ElektriKa Journal. *Engineering*, 1-50. 2012.
- [4] Shanmugam, K. S. *Digital and Analog Communication Systems*. Canada: University of Kansas. 1979.
- [5] Sopian, R. Pengujian dan Verifikasi Desain Penerima FM Digital pada FPGA. *Engineering and Applied Science*, 1-30.2012.
- [6] Susilawati, I. Modulasi Frekuensi. *Engineering*, 1-13.2009.
- [7] Siti Rohmah, Yuyun. *Modul Sistem Komunikasi*. Bandung: Lab. Communication System.2017.
- [8] Siti Rohmah, Yuyun. Perancangan Simulator FM menggunakan LabVIEW pada kanal AWGN. 2015.
- [9] Taub, H. *Principles of Communication Syttems*. Singapore: McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS.1986.
- [10] Usman, U. K. *Pengantar Ilmu Telekomunikasi*. Bandung: INFORMATIKA.2010.
- [11] Wibowo, A. W. Demodulasi FM. 1-25. 2014.
- [12] Moon, T. K. *Mathematical methods and algorithms*. Wiley-Interscience.2005.
- [13] Bushberg, J. T. *The Essential Physics of medical imaging*. California.Wolter Kluwer. 2001.
- [14] Satriawan, M. *Fisika Dasar*. Universitas Gadjha Mada. 2007.