

PERANCANGAN SIMULATOR TEKNIK MODULASI M-ARY QAM MENGUNAKAN MATLAB

Simulator Design Of M-Ary QAM Modulation Techniques using MATLAB

Nurul Aisyah Jafar ¹, Yuyun Siti Rohmah, S.T., M.T. ², Suci Aulia, S.T., M.T. ³

Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

lichajafar.ij@gmail.com, yuyunsr@tass.telkomuniversity.ac.id, suciaulia@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi di era sekarang berkembang sangat pesat dikarenakan telah berubahnya seluruh informasi analog menjadi informasi digital, dan dengan berubahnya sistem analog ke sistem digital seluruh teknologi sangat memudahkan pengguna untuk mengaplikasikan teknologi tersebut karena sistem digital mempunyai banyak kelebihan dibandingkan sistem analog. Akan tetapi, dengan semakin canggihnya perubahan sistem informasi dan teknologi, akan ada kanal yang dilewati oleh sebuah sistem komunikasi. Kanal AWGN dan kanal *Rayleigh* adalah jenis kanal yang akan mempengaruhi proses modulasi yang ada. Selama ini belum ada simulator yang dapat memudahkan sistem pembelajaran pada mata kuliah sistem komunikasi sehingga menyebabkan kesulitan untuk dapat mempelajari banyak tentang ilmu yang ada di dalam sistem komunikasi terutama pada modulasi *Quadrature Amplitude Modulation*.

Pada tugas akhir ini digunakan *software* matlab sebagai penunjang untuk melihat sebagaimana besar pengaruh kanal AWGN, kanal *Rayleigh* dan peluang *error* yang ada pada modulasi m-ary QAM. M-ary QAM adalah bentuk modulasi gabungan dari ASK dan PSK dengan konstelasi sinyalnya berubah sesuai amplitudo dan phasanya, m-ary QAM juga merupakan sebuah skema modulasi yang membawa data dengan mengubah amplitudo dari dua gelombang pembawa.

Pada simulator ini didapat hasil pengujian yang menyatakan bahwa dengan menggunakan simulator ini dapat meningkat pemahaman tentang modulasi dengan persentase 62,70% dan menyatakan simulator ini sangat baik untuk berjalan sesuai dengan fungsinya dengan persentase sebesar 49,30%.

Kata Kunci: *M-ary QAM (Quadrature Amplitude Modulation), Kanal AWGN (Additive White Gaussian Noise), Kanal Rayleigh, Bit Error Rate, Signal to Noise Ratio.*

Abstract

The development of information technology in the current era is growing very rapidly because it has been changing throughout the analog information into digital information, and changing analog system to a digital system the entire technology greatly facilitates users to apply such technology because digital systems have many advantages compared to analog systems. However, with increasingly sophisticated information systems and technology changes, there will be a canal that passed by a communication system. AWGN and Rayleigh Channel Canal is a type of channel that will affect the process of modulation. As long as there is no simulator that can facilitate learning on courses system communication system thus causing difficulties to be able to learn a lot about the science that is in communication system especially on Quadrature Amplitude Modulation.

In this final task used matlab software as an adjunctive to see as large an influence channel AWGN channel, Rayleigh and chances of error in the modulation of m-ary QAM. m-ary QAM modulation form is a combination of FSK and ASK with a constellation of the signal amplitude and fits phasanya, m-ary QAM modulation scheme is also a that brings data by changing the amplitude of two carrier waves

In this simulator, it has been conducted a test result which states that this simulator is able to improve the understanding about modulation with percentage equals to 62,70%, and also works as its function with percentage equals to 49,30%.

Keywords: *Quadrature Amplitude Modulation, AWGN Channel, Rayleigh Channel, Bit Error Rate.*

1. Pendahuluan

Pada mata kuliah sistem komunikasi yang ada di prodi D3 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom belum ada metode pembelajaran yang dapat memudahkan mahasiswa untuk memahami teori dengan lebih mudah, dengan adanya pembuatan simulator ini dapat menjadi penunjang pembelajaran bagi mahasiswa sehingga didalam pembelajaran dapat lebih mudah untuk memahaminya, dengan adanya simulator ini dapat melihat proses komunikasi digital pada modulasi *Quadrature Amplitude Modulation* baik pada sisi modulator maupun demodulator menggunakan *software* matlab, serta pada simulator pembelajaran ini dapat melihat bentuk sinyal digital ketika melewati beberapa kanal, contohnya pada kanal AWGN dan kanal *Rayleigh*.

Software matlab merupakan *software* yang dapat digunakan untuk menganalisis data numerik, visualisasi, pengembangan algoritma, analisis data dan pengembangan aplikasi menggunakan *Graphical User Interface*. Simulator pembelajaran ini dibuat agar dapat memudahkan untuk pembelajaran yang ada dikelas maupun di laboratorium, dengan adanya penjelasan modulasi QAM yang digunakan saat ini serta masukan dimulai dari sinyal masuk modulasi QAM beserta bentuk keluaran sinyal QAM ketika telah melewati kanal AWGN dan kanal *rayleigh*. Pada keluaran akhir di sisi demodulator kembalinya sinyal informasi yang telah dikirim sebelumnya. Pada simulator yang dibuat juga dapat membantu untuk melihat kualitas sinyal pada sisi penerima ketika sinyal yang di transmisikan melewati kanal AWGN dan kanal *Rayleigh* serta dengan cara melihat peluang *error* yang ada pada modulasi QAM.

Sebelumnya, telah ada pembahasan tentang simulasi teknik modulasi pada penelitian yang lainnya. Pada penelitian sebelumnya modulasi yang digunakan yaitu 16 QAM dengan melewati kanal AWGN menggunakan bahasa pemrograman Java, sehingga dapat menampilkan sinyal hasil proses pengiriman dan penerimaan dari sistem 16-QAM, penelitian yang dilakukan sebelumnya juga membuat program pada tiap-tiap blok pemancar dan kanal AWGN merupakan media transmisi yang digunakan pada sistem 16-QAM. Pengujian yang dilakukan hanya melihat keakuratan program pada masing-masing blok. Pengujian dikatakan berhasil apabila presentase keberhasilan lebih atau 80% antara data yang dikirim dengan data yang diterima. Maka pada pembahasan kali ini akan dilakukan simulasi teknik modulasi m-ary QAM secara visualisasi pada kanal AWGN, kanal *Rayleigh* serta peluang *error* yang ada pada modulasi QAM^[11].

Dengan adanya pembuatan simulator matlab berbasis *Graphical User Interface*, diharapkan dapat membantu proses pembelajaran pada mata kuliah sistem komunikasi, baik didalam kelas maupun pembelajaran yang ada pada laboratorium Sistem Komunikasi pada prodi D3 Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan Telkom University agar menjadi lebih baik dan menjadi pertimbangan untuk mengembangkan prosedur pengajaran yang ada.

2. Dasar Teori

2.1. Sistem Modulasi

Modulasi adalah proses pencampuran dua sinyal menjadi satu sinyal. sinyal yang dicampur adalah sinyal yang mempunyai frekuensi tinggi dan sinyal yang berfrekuensi rendah. modulasi dapat digunakan untuk

mentransmisikan sinyal informasi yang letaknya jauh. pada sinyal informasi, agar dapat dikirim ke tempat yang lainnya maka harus ditumpangkan terlebih dahulu ke sinyal yang lainnya. Dengan memanfaatkan karakteristik masing-masing sinyal, maka modulasi dapat ditransmisikan ketempat yang lebih luas. Seperti pada contohnya untuk sinyal informasi, agar dapat dikirim ke tempat lain, sinyal tersebut harus terlebih dahulu ditumpangkan kepada sinyal yang lainnya^[3].

Modulasi merupakan proses perubahan dari gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. dalam proses modulasi, suatu informasi yang mempunyai frekuensi rendah ditumpangkan kedalam gelombang carrier yang berfrekuensi tinggi. Modulasi merupakan suatu proses dimana informasi, baik berupa audio, video dan data dapat diubah menjadi sinyal dengan frekuensi tinggi sebelum dikirimkan. pada intinya modulasi dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem modulasi analog dan sistem modulasi digital.

2.2. Modulasi Digital

Modulasi Digital adalah modulasi yang direpresentasikan dengan logika bit 1 dan bit 0 sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau. Modulasi digital mempunyai sinyal informasi berbentuk digital dan sinyal pembawanya berbentuk sinyal analog. Proses pengiriman sinyal informasi pada modulasi digital mempunyai kelebihan dibandingkan modulasi analog dikarenakan pada komunikasi digital informasi yang akan di kirimkan hanya dapat dikirim dalam jangkauan yang relatif dekat. Sistem digital merupakan bentuk pencuplikan dari sistem analog. sistem digital di kode kan dalam bentuk biner. Besarnya nilai suatu sistem digital dibatasi oleh jumlah bit dikarenakan jumlah bit sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital. Biasanya sinyal digital disebut juga dengan sinyal diskrit. Modulasi digital merupakan proses mengubah karakteristik dari sifat gelombang pembawa. Teknik modulasi digital pada prinsipnya merupakan variant dari metode modulasi analog.

Kelebihan dari modulasi digital yaitu^[7] :

1. Mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan yang tinggi.
2. Penggunaan yang berulang-ulang terhadap informasi tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas informasi.
3. Informasi dapat dengan mudah diproses.
4. Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar.
5. Setiap kesalahan selalu dapat dikoreksi

2.3. Quadrature Amplitude Modulation

M-ary Quadrature Amplitude Modulation (M-QAM) merupakan salah satu teknik modulasi digital multi level yang saat ini banyak digunakan pada sistem komunikasi. Hal ini disebabkan karena konstelasi sinyal M-QAM yang tidak begitu rapat, bila dibandingkan dengan sistem modulasi lainnya, misalnya dengan sistem *M-ary Quadrature Phase Shift Keying (M-QPSK)*^[10].

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) merupakan suatu cara pentransmisian pada laju bit-bit yang lebih tinggi pada kanal dengan lebar pita yang terbatas. QAM merupakan salah satu modulasi digital yang dapat menumpangkan sinyal informasi berupa data biner ke sinyal pembawa berupa sinyal sinusoidal. Modulasi QAM memanfaatkan perubahan fasa dan amplitudo sinyal pembawa dengan frekuensi tetap atau dapat dikatakan modulasi QAM adalah modulasi yang merupakan gabungan dari modulasi ASK dan PSK. Pada sinyal QAM menggunakan dua pembawa kuadratur yaitu $\cos 2\pi fct$ dan $\sin 2\pi fct$, masing-masing dimodulasikan oleh bit informasi. Sebagai perumpamaan, $m_1(t)$ dan $m_2(t)$ adalah dua sinyal informasi terpisah yang ditransmisikan

melalui kanal. Amplitudo sinyal $m_1(t)$ akan memodulasi pembawa $A_c \cos 2\pi f_c t$ dan amplitudo sinyal $m_2(t)$ akan memodulasikan pembawa kuadratur $\sin 2\pi f_c t$ [2].

Cara Kerja Modulasi QAM^[2]:

Data biner mula-mula masuk pada pembagi data. Pembagi data ini kemudian memproduksi kedua sinyal data yang kecepatannya separuh dari kecepatan data awal. kedua sinyal data tersebut masing-masing dikonversikan pada empat *level* jalur pita dasar. Hasil dari empat level simbol dari saluran I dan Q kemudian dipergunakan pada modulator. Pembawa untuk modulator saluran Q berubah fasa sebesar 90° daripada saluran I. Hal ini dikatakan dengan istilah Quadrature. ini terjadi hanya pada saluran Q, sementara saluran I sama dengan saat sebelumnya sehingga saluran I dikatakan sephasa.

2.4. 16 QAM

Pada M-ary QAM, nilai M menunjukkan jumlah gelombang kombinasi amplitudo dan fasa yang digunakan untuk mewakili tiap simbol informasi. Teknik modulasi 16-QAM artinya digunakan 16 variasi simbol dalam menterjemahkan bit-bit data, dimana tiap simbol terdiri atas empat bit. dengan mengirim empat bit tiap simbolnya maka penggunaan *bandwidth* menjadi lebih efisien dibandingkan QPSK yang mengirimkan dua bit tiap simbolnya. Pada 16 QAM terdapat beberapa cara pembentukan konstelasi. satu diantaranya yaitu konstelasi *square*.

Konstelasi ini memiliki beberapa keuntungan dalam pembentukannya serta nilai efisien daya yang dihasilkan nilainya juga tidak terlalu jauh dibandingkan dengan konstelasi optimalnya^[6]. Pada sinyal 16 QAM titik memungkinkan 9600 bit/detik untuk ditransmisikan pada saluran telepon dengan lebar pita 2700 Hz^[4]. Dalam kasus tersebut empat digit biner yang berurutan harus disimpan dan dikodekan kembali sebagai salah satu dari 16 bentuk sinyal yang akan ditransmisikan. Sinyal-sinyal dihasilkan tersebut dinamakan sinyal QAM. sinyal ini dapat didefinisikan sebagai modulasi amplitudo multitingkat yang diterapkan secara bebas pada setiap dua pembawa kuadratur^[1].

2.5. 64 QAM

64 QAM merupakan teknik pengkodean QAM dengan $M=64$ sehingga untuk masukan digital ke modulator adalah sinyal dengan jumlah bit sebanyak 64 di tiap simbolnya. 64 nilai tersebut dinyatakan dalam 4 perubahan amplitude dan perubahan fasa pada carrier. Dengan cara yang didapatkan untuk 64 QAM dengan total 64 kombinasi untuk 6 bit data. Maka tiap kuadran ada 16 simbol. 16 simbol ini merupakan gabungan real dan imajiner dengan amplitude 1,3,5 dan 7. Sehingga total power pada 64 QAM yang dibutuhkan adalah : $(4)(1) + (4)(3^2) + (4)(5^2) + (4)(7^2) = 8 + 8(9) + 8(25) + 8(49) = 8 + 72 + 200 + 392 = 672$, sehingga masing-masing symbol dari 16 simbol membutuhkan power rata-rata sebesar $\frac{672}{16} = 42$, sehingga apabila diubah menjadi tegangan, maka $\sqrt{42}$

2.6. Kanal AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Kanal AWGN merupakan kanal yang sering digunakan dalam sistem komunikasi, suatu kanal dimana informasinya diberi gangguan berupa penambahan linear dari white noise dengan kerapatan spektrum yang

konstan dan distribusi *gaussian* dari *sample noise*. Selain itu AWGN jdapat disebabkan oleh faktor lain seperti suhu antenna dan *multipath fading*^[7].

AWGN merupakan *noise* yang pasti terjadi dalam jaringan nirkabel manapun, memiliki sifat-sifat *additive*, *white*, dan *gaussian*. Sifat *additive* artinya noise ini dijumlahkan dengan sinyal, sifat *white* artinya noise tidak bergantung pada frekuensi sistem operasi dan memiliki rapat daya yang konstan, dan sifat *gaussian* artinya besarnya tegangan noise memiliki rapat peluang terdistribusi *gaussian*^[11]. Biasanya *white noise* dihasilkan dalam simulasi dengan fungsi *rand*, sedangkan *Gaussian noise* dihasilkan dengan fungsi *randn* pada MATLAB. AWGN ini adalah *noise* alami, yang selalu ada di setiap perangkat. Jadi pada setiap perhitungan komunikasi yang melalui kanal maka harus ditambahkan AWGN.

Dimana:

$P(x)$: Probabilitas kemunculan derau
 m : Rataan
 cx : *Variable* (tegangan atau daya sinyal)
 σ : Standar variasi

Kekuatan AWGN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$N = KTB \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan :

N = Kekuatan *noise*

K = Konstanta *Boltzmann* ($K=1.38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin)

T = Temperatur *absolute*

B = *Bandwidth*

Dapat dipahami bahwa keberadaan *noise* AWGN dalam jaringan *wireless*, bahkan jaringan telekomunikasi manapun, akan selalu ada selama terdapat *bandwidth* dan temperatur perangkat telekomunikasi yang bekerja pada suhu diatas -273°C ^[7].

2.7. Kanal Rayleigh

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 menggambarkan sifat statistik selubung kanal multipath dan menjelaskan perubahan waktu dari selubung sinyal datar yang diterima, atau selubung dari satu komponen *multipath*. Distribusi *rayleigh* didapat dari penjumlahan secara kuadratur antara dua *Gaussian noise* ^[9].

Sinyal-sinyal pada kanal *rayleigh* dapat dimodelkan sebagai berikut ^[10] :

$$r(t) = s(t) \text{ ray}(t) + n(t) \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

$r(t)$ = sinyal terima

$s(t)$ = sinyal yang ditransmisikan

$n(t)$ = Gaussian noise

$ray(t)$ = dampak kanal *Rayleigh* dalam satu lintasan perambatan.

Distribusi *Rayleigh* juga bisa digunakan untuk menjelaskan perubahan sinyal yang diterima terhadap perubahan waktu. Penggunaan distribusi *Rayleigh* dilakukan jika diyakini bahwa tidak ada sinyal diterima yang merupakan sinyal lintasan langsung tanpa pantulan (*line of sight*), atau dapat dikatakan bahwa semua sinyal yang diterima merupakan sinyal pantulan^[14].

2.7 BER (Bit Error Rate)

Bit error rate (BER) merupakan sejumlah bit digital yang bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang didefinisikan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, kemudian dibagi dengan sejumlah bit yang diterima atau dikirim atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan. Jumlah bit *error* merupakan jumlah bit salah yang diterima dibagi dengan jumlah bit yang dikirimkan, dengan ketentuan sebagai berikut^[8].

Dimana e_b = jumlah bit yang salah dan t_b = jumlah total bit yang dikirimkan.

Sebagai contoh, dapat diasumsikan berikut urutan bit yang ditransmisikan :

0110001011,

dan pada alat penerima akan diterjemahkan urutan bit sebagai berikut :

0010101001,

Maka BER pada kasus diatas memiliki 3 kesalahan penafsiran bit kemudian sebagai nilai BER yang dihasilkan adalah nilai kesalahan ini dibagi dengan sejumlah bit yang dikirim yaitu 10 bit, sehingga didapatkan 0,3 atau 30%.

2.8 SNR (Signal to Noise Ratio)

Signal to Noise Ratio merupakan perbandingan daya dalam suatu sinyal terhadap kekuatan *noise*. Nilai SNR ini biasanya digunakan untuk menentukan kualitas jalur koneksi. Semakin besar nilai SNR yang dihasilkan maka semakin bagus kualitas jalur yang digunakan. berikut rumus untuk SNR^[12]

$$SNR = 10 \log_{10} (S/N) \text{ dB} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

S : daya signal rata-rata (Watt)

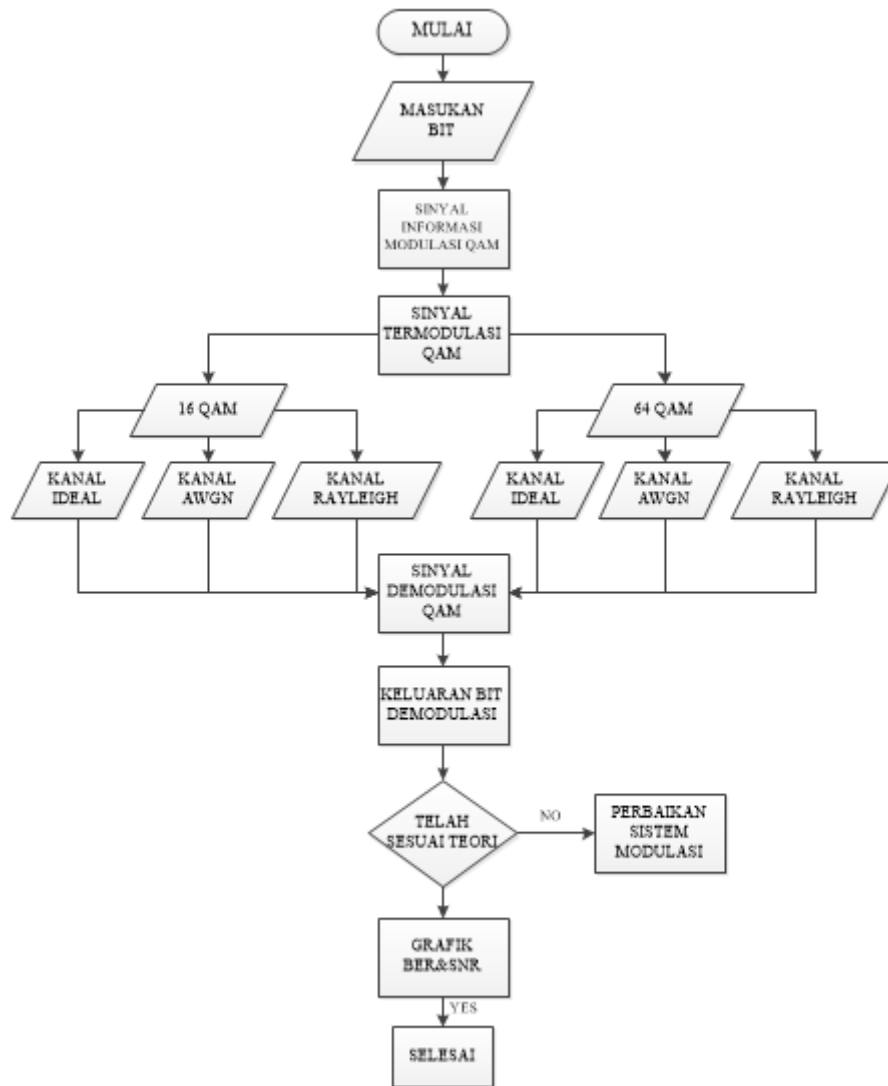
N : daya derau (Watt)

Noise yang bernilai besar maka akan mempengaruhi nilai SNR menjadi semakin kecil. Semakin dekat jarak transmisi, maka akan semakin besar pula nilai SNR yang didapatkan begitupun sebaliknya semakin jauh jarak transmisi maka akan semakin kecil nilai SNR yang didapatkan.

3. Perancangan

3.1 Deskripsi Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan pada simulator yang telah dibuat. Berikut adalah alur perancangan sistem modulasi dan demodulasi pada modulasi QAM :



Gambar 3.1 Flowchart perancangan sistem

Pada *flowchart* diatas, dijelaskan mengenai alur pengerjaan proyek akhir. Dimulai dari masukan bit-bit secara *random*, kemudian masuk ke sinyal informasi modulasi QAM dengan sinyal digital selanjutnya keluaran sinyal yang telah termodulasi sinyal QAM yang kemudian dilanjutkan untuk memilih 16 QAM maupun 64 QAM untuk melihat masing-masing keluaran yang ada pada modulasi 16 QAM dan 64 QAM. Setelah melihat masing-masing keluaran maka akan ditampilkan konstelasi pada modulasi QAM serta melihat bentuk konstelasi ketika melewati kanal AWGN dan kanal *Rayleigh*. Kemudian masuk ke sinyal demodulasi yang dimana sinyal demodulasi berfungsi untuk melihat sinyal awal pada modulasi QAM sebelum terkena kanal dan dimana sinyal demodulasi akan sama dengan sinyal informasi awal. Pada proyek akhir ini juga penulis akan menampilkan grafik BER antara 16 QAM dan 64 QAM. Jika sistem yang telah dibuat telah sesuai dengan teori maka sistem telah layak untuk digunakan, sebaliknya jika sistem belum sesuai dengan teori maka akan dilakukan evaluasi terlebih dahulu.

3.2 Skenario Simulator

Pada proyek akhir ini akan dilakukan skenario sebagai berikut :

Pada simulasi modulasi 16 QAM dimulai dengan menekan tombol bit modulasi yang berfungsi akan memunculkan 16 bit secara acak. Selanjutnya menekan tombol sinyal digital yang akan memunculkan sinyal digital dari bit yang telah dimunculkan sebelumnya. Kemudian menekan tombol sinyal termodulasi yang berfungsi untuk memunculkan sinyal termodulasi dari 16 QAM yang akan merepresentasikan empat bit kedalam satu sinyal. Selanjutnya akan dilihat konstelasi dari 16 QAM yang akan muncul ketika menekan tombol konstelasi. Kemudian menekan tombol demodulasi yang berfungsi untuk mengembalikan sinyal digital sebelumnya pada saat demodulasi sinyal yang dikirimkan akan sama dengan sinyal yang diterima saat kondisi ideal. Kemudian memilih kanal antara kanal awgn dan kanal Rayleigh pada saat modulasi dalam keadaan melewati kanal awgn maupun kanal Rayleigh akan terjadi suatu gangguan yang akan merusak konstelasi dan sinyal yang diterima.

3.3 Parameter Pengujian

Signal to Noise Ratio (SNR) : Berbanding lurus dengan *mean*. Semakin tinggi nilai yang dimasukan maka sinyal semakin baik

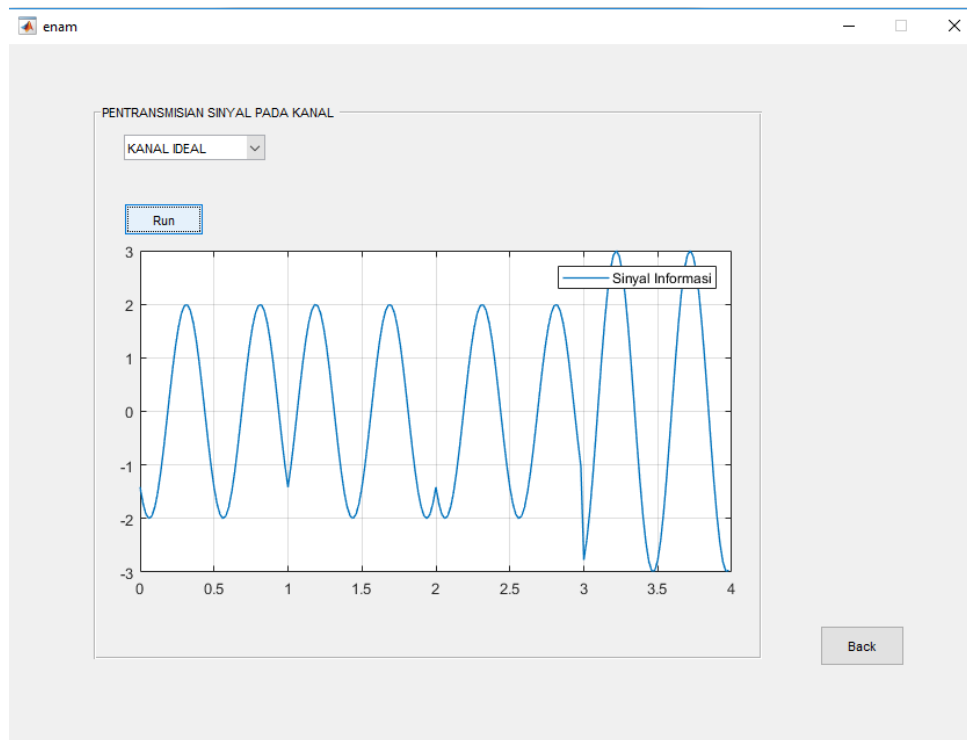
Bit Error Rate (BER) : Perbandingan bit masukan dengan bit keluaran. Semakin tinggi hasil BER yang didapatkan maka *error* semakin banyak.

4. Analisis Hasil Perancangan

4.1 Pengujian modulasi 16 QAM

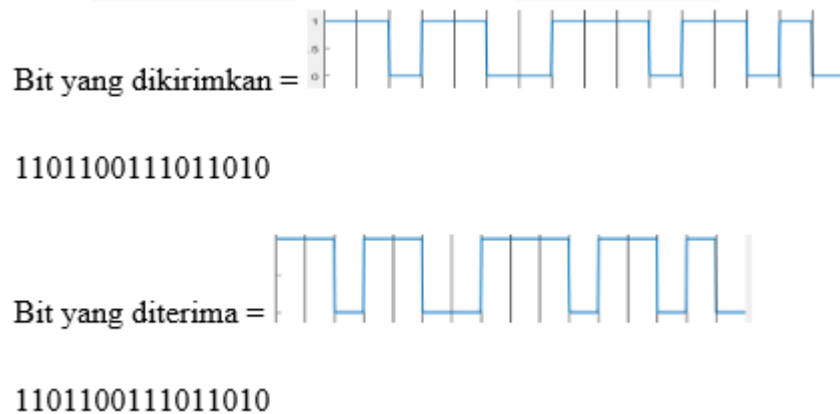
Untuk mengetahui hasil simulasi modulasi QAM, maka dilakukan analisa sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam menganalisa modulasi 16 QAM dilihat berdasarkan fasa dan amplitudanya. Pada simulator yang telah dibuat terdapat 16 bit untuk masukan serta terdapat parameter *mean* dan SNR yang akan di masukan.

4.1.1 Pengujian Modulasi 16 QAM pada saat keadaan Ideal



Gambar 4.1 Hasil pengujian 16 QAM pada kanal ideal

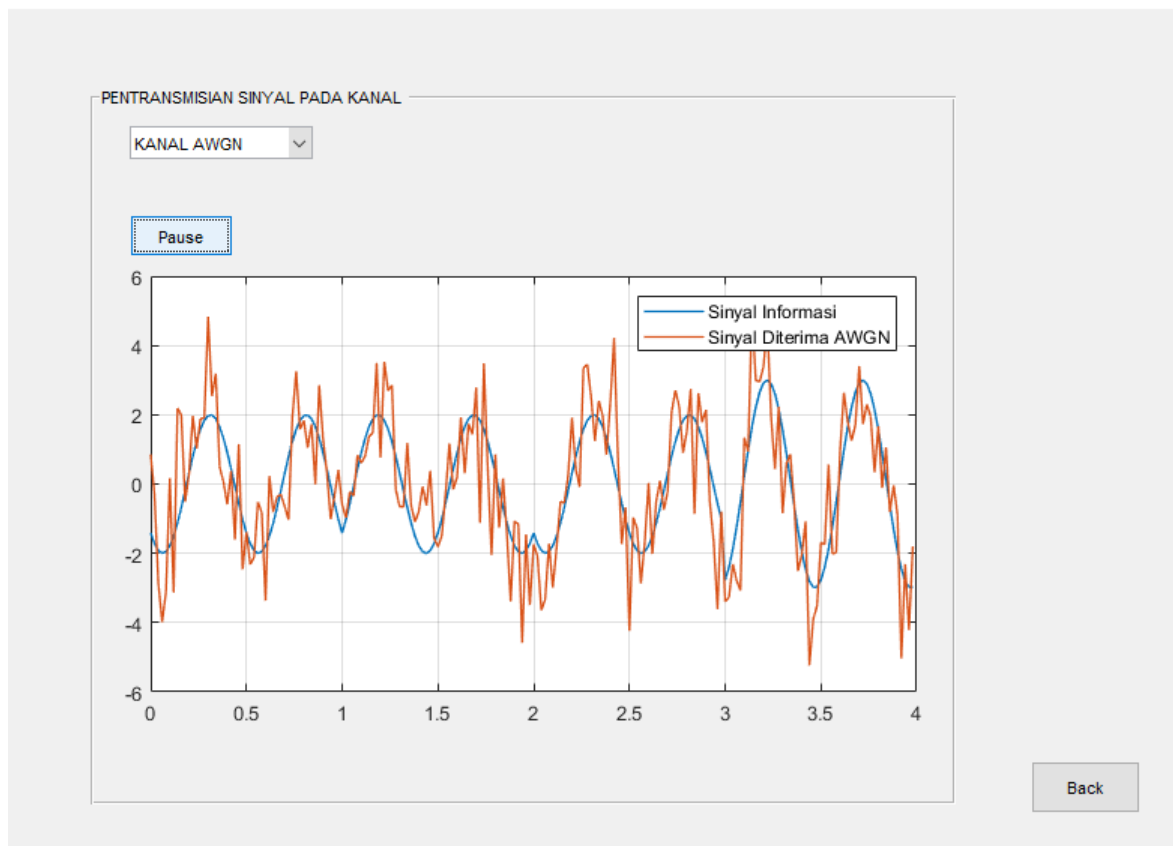
Dari Gambar 4.1 diatas dapat dilihat hasil pengujian simulator yang telah dibuat, yang dimana pada saat keadaan ideal sinyal modulasi QAM tidak akan terganggu sama sekali dikarenakan tidak melewati kanal AWGN maupun kanal *Rayleigh*.



Gambar 4.2 Ilustrasi bit yang dikirim dan diterima

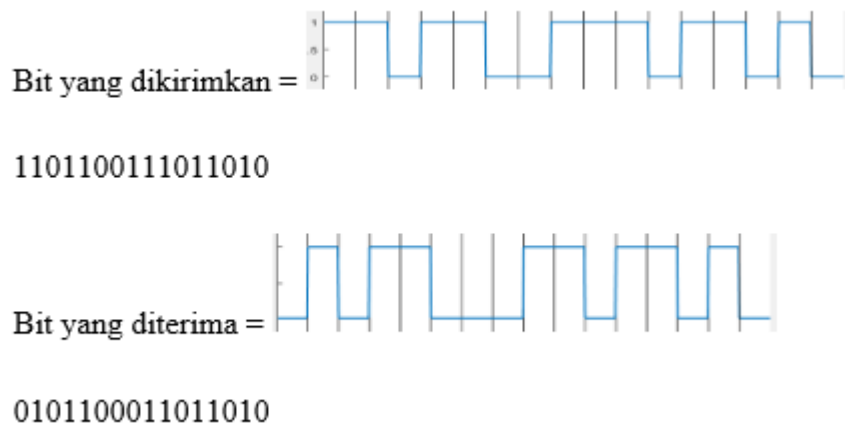
Gambar 4.2 diatas merupakan ilustrasi bit yang dikirim dan bit yang diterima pada saat keadaan ideal, jadi ketika dalam keadaan ideal bit yang dikirimkan akan sama dengan bit yang diterima.

4.1.2 Pengujian Modulasi 16 QAM pada saat melewati kanal AWGN



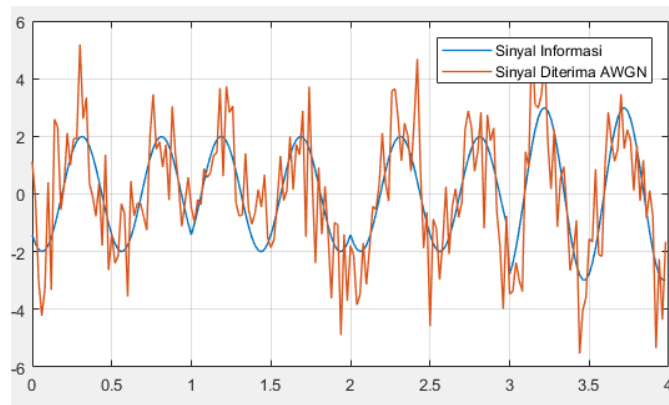
Gambar 4.3 Hasil pengujian 16 QAM pada kanal AWGN

Pada Gambar 4.3 diatas merupakan hasil pengujian pada modulasi 16 QAM pada saat melewati kanal AWGN. Ketika melewati kanal AWGN maka akan adanya sinyal diterima AWGN yang tercampur oleh sinyal informasi QAM.

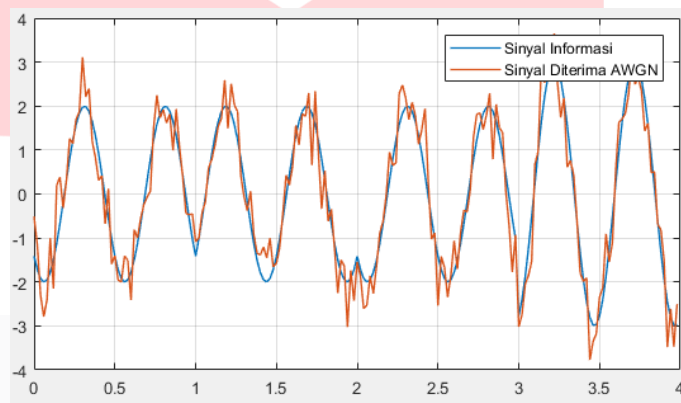


Gambar 4.4 Ilustrasi bit yang dikirim dan diterima

Pada Gambar 4.4 merupakan ilustrasi bit yang dikirimkan dan yang diterima pada saat melewati kanal AWGN. Pada Gambar diatas menjelaskan bahwa bit yang diterima tidak sesuai dengan bit yang dikirimkan sebelumnya dikarenakan telah melewati kanal AWGN atau bit yang diterima terdapat dua bit yang *error*.



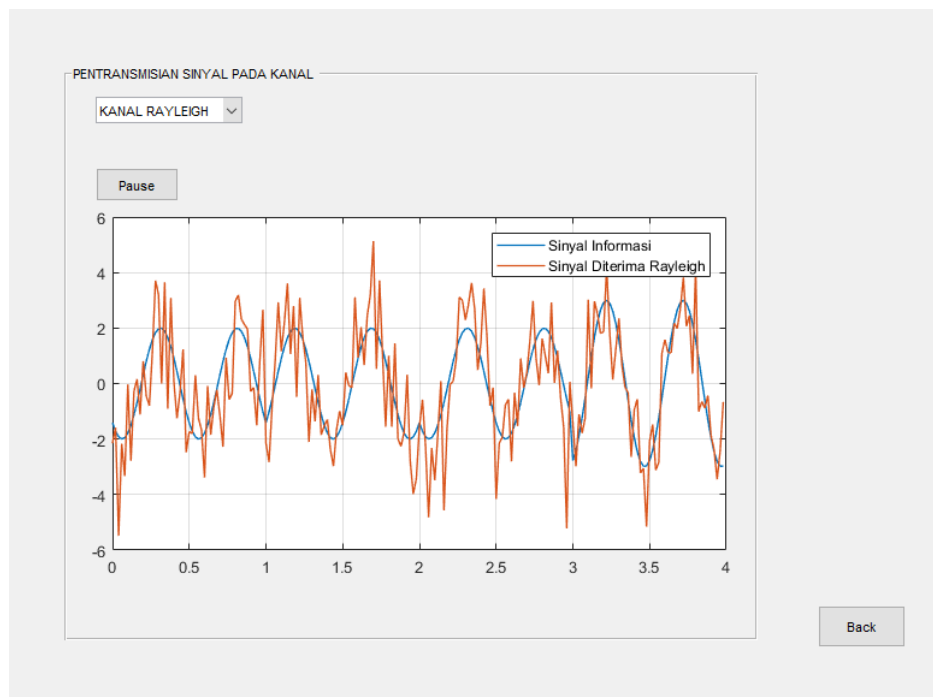
Gambar 4.5 Sinyal termodulasi pada saat melewati kanal AWGN. SNR = 1



Gambar 4.6 Sinyal termodulasi pada saat melewati kanal AWGN. SNR = 10

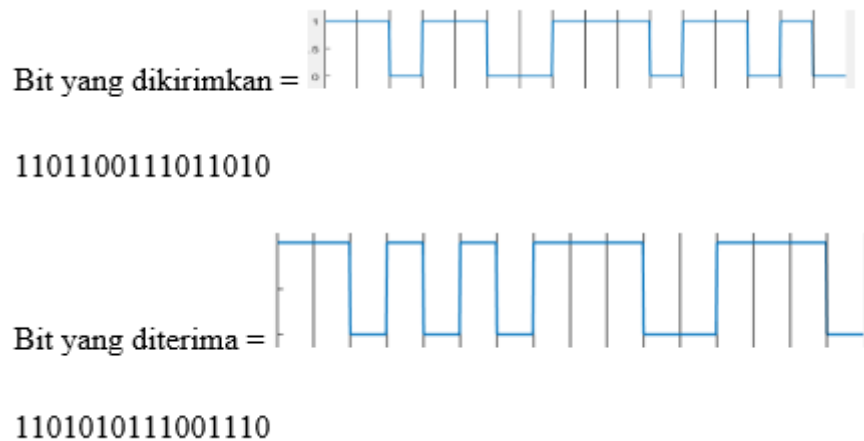
Pada Gambar 4.5 dan 4.6 diatas merupakan bentuk sinyal termodulasi 16 QAM ketika melewati kanal AWGN, seperti yang dilihat pada 2 gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar SNR maka akan semakin bagus sinyal yang didapatkan atau gangguan sinyal yang berasal dari kanal AWGN akan mendekati sinyal informasi modulasi QAM, sebaliknya apabila SNR semakin kecil maka semakin besar gangguan yang berasal dari kanal AWGN.

4.1.3 Pengujian Modulasi 16 QAM pada saat melewati kanal *Rayleigh*



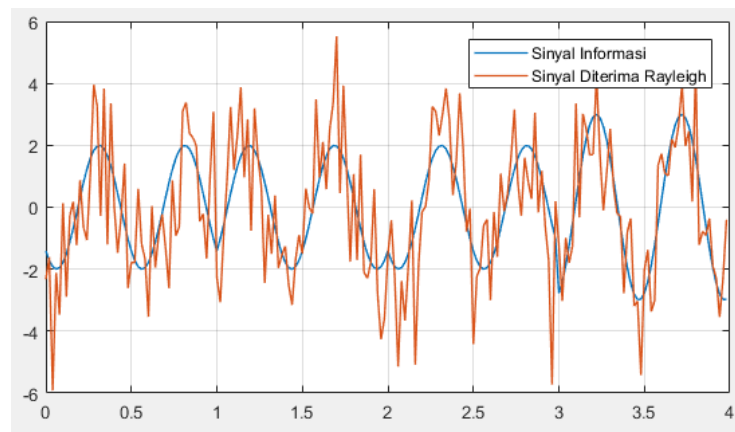
Gambar 4.7 Hasil pengujian 16 QAM pada kanal *Rayleigh*

Pada Gambar 4.7 diatas merupakan hasil pengujian pada modulasi 16 QAM pada saat melewati kanal *Rayleigh*. Ketika melewati kanal *Rayleigh* maka akan adanya sinyal diterima *Rayleigh* yang tercampur oleh sinyal informasi QAM.

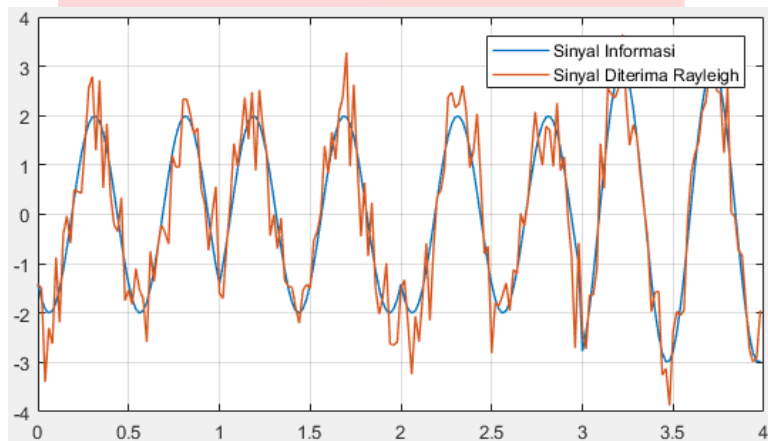


Gambar 4.8 Ilustrasi bit yang dikirim dan diterima

Pada Gambar 4.8 merupakan ilustrasi bit yang dikirimkan dan yang diterima pada saat melewati kanal *Rayleigh*. Pada Gambar diatas menjelaskan bahwa bit yang diterima tidak sesuai dengan bit yang dikirimkan sebelumnya dikarenakan telah melewati kanal *Rayleigh* atau bit yang diterima terdapat empat bit yang *error*.



Gambar 4.9 Sinyal termulasi pada saat melewati kanal Rayleigh. SNR= 1



Gambar 4.10 Sinyal termulasi pada saat melewati kanal Rayleigh. SNR=10

Pada Gambar 4.9 dan 4.10 diatas merupakan bentuk sinyal termulasi 16 QAM ketika melewati kanal *Rayleigh*, seperti yang dilihat pada 2 gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar SNR maka akan semakin bagus sinyal yang didapatkan atau gangguan sinyal yang berasal dari kanal *Rayleigh* akan mendekati sinyal informasi modulasi QAM, sebaliknya apabila SNR semakin kecil maka semakin besar gangguan yang berasal dari kanal *Rayleigh*.

5 Kesimpulan

1.1 KESIMPULAN

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, bahwa proses simulasi pada modulasi M-ary QAM menggunakan matlab, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil simulasi pada saat melewati kanal AWGN lebih bagus dibandingkan pada saat melewati kanal *Rayleigh*.
2. Semakin besar nilai M-ary yang digunakan, maka kemungkinan kesalahan bit yang ada juga semakin besar.
3. Semakin besar nilai M-ary, maka semakin banyak bit-bit yang diwakilkan dalam 1 simbol.
4. Semakin besar nilai SNR pada kanal AWGN akan meningkatkan performansi sistem modulasi M-ary QAM karena BER yang dihasilkan akan semakin kecil.

5. Simulator modulasi M-ary QAM dapat digunakan sebagai modul pembelajaran pada mata kuliah Sistem Komunikasi.
6. Nilai BER terdapat pada *range* 0 – 1, semakin kecil nilai BER maka akan semakin bagus kualitasnya.
7. Nilai SNR yaitu 0 sampai tak hingga, yang dimana semakin besar nilai SNR maka semakin bagus pula kualitas sinyalnya.

1.2 SARAN

Adapun saran yang diberikan untuk proyek akhir ini adalah:

1. Untuk perancangan simulator selanjutnya diharapkan dapat dilengkapi dengan proses modulasi pada domain frekuensi.
2. Menggunakan aplikasi lain yang bersifat *stand alone*.

Daftar pustaka

- [1] Faridah,L, & Pratiarso,A. (2009). Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital 8-QAM 16-QAM menggunakan software. Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 6.
- [2] Kusmaryanto,Sigit. “Quadrature Amplitude Modulation”.
- [3] Aries,Pratiarso.(2009).Teknik Modulasi Digital Surabaya : Politeknik Negeri Surabaya.
- [4] Dheaputro,Ferio. Yuyun Siti Rohmah, ST.,MT., . Suci Aulia, ST.,MT., . “Perancangan simulator Modulasi dan Demodulasi 16 QAM dan 64 QAM menggunakan Labview” D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom.
- [5] Schwartz, Mischa. “Information Transmission,Modulation and Noise,”
- [6] Schweber,William L. “Electronic Communication System : a complete course,2nd ed”
- [7] “Digital Modulation in Communication Sistem An Introduction,” Application Note 1298 (Hewlett-Packard Company,1997).
- [8] Hartanto,Sri, “Pengurangan bit error pada modulasi M-QAM dalam kanal rayleigh fading dengan teknik spatial multiplexing dan metode ZF-SIC,MMSE-SIC,maximum likelihood”,Teknik Elektro Universitas Indonesia,2010
- [9] Anggun Fitrian Isnawati,Wahyu Pamungkasi,Annisa Fitri Prabawati, “Simulasi Modulasi berbasis PSK dan QAM pada kanal rayleigh fading menggunakan matlab”,STT Telematika Telkom Purwokerto.
- [10] Lia Astari,Heroe Wijanto,Joko Haryanto, “Analisis kinerja modulasi wavelet pada kanal gaussian dan kanal rayleigh fading”,Sekolah Tinggi Teknologi Telkom,Bandung.
- [11] Aditya,Ari Wijayanti,Tri Budi Santoso, “Visualisasi teknik modulasi 16 QAM pada kanal AWGN”, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,Surabaya
- [12] Anggun, F I, dkk. “Analisis Jarak Terhadap Redaman, SNR (*Signal To Noise Ratio*), Dan Kecepatan *Download* Pada Jaringan ADSL” Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto.
- [13] Satria,risky , Sugiharto, Hidayat,bambang, “Perbaikan Kinerja Modulasi 16-QAM Pada Kanal Nonlinier Satelit Menggunakan Pre-distorsi Feed-Forward Neural Network (FFNN)” Institut Teknologi Bandung.
- [14] Supriyono,ahmad , Astuti,rina pudji, Putra,Yudha, “Kinerja Permutas MIMO-OFDMA pada Kanal Rayleigh” Teknik Telekomunikasi IT Telkom.