

ANALISIS PENGARUH NOISE TERHADAP *BIT ERROR RATE (BER)* PADA SISTEM *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)*

Oleh : Yofie Harfana Sarif (L2F 300579)
Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak: Salah satu teknologi penting dalam bidang telekomunikasi adalah teknologi modulasi. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* merupakan teknik modulasi yang membagi aliran data dengan kecepatan tinggi kedalam nomor aliran data kecepatan rendah dalam bentuk paralel yang ditempatkan pada sejumlah subkanal pita sempit, kemudian masing-masing data pada subkanal tersebut dikirimkan secara simultan.

Pengujian suatu sistem modulasi digunakan dengan memberikan noise pada saat data dikirimkan. Pemberian noise dimaksudkan untuk mengetahui besarnya tingkat kesalahan data (*BER*) yang dihasilkan. Secara teori, jika data yang dikirimkan semakin banyak dan tingkat kesalahan data (*BER*) yang dihasilkan pada sisi penerima semakin kecil, maka sistem modulasi tersebut dikatakan baik

Pada tugas akhir ini dilakukan pengujian sistem *OFDM* dengan menggunakan tiga kanal noise yaitu, *OFDM* dengan kanal *AWGN*, *OFDM* dengan kanal *peak power clipping* serta *OFDM* dengan kanal gabungan antara kanal *AWGN* dan kanal *peak power clipping*. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada ketiga kanal noise tersebut, untuk kanal *AWGN* dan *peak power clipping* nilai *BER* yang dihasilkan semakin kecil seiring dengan bertambahnya data yang dikirimkan. Sedangkan untuk kanal gabungan antara kanal *AWGN* dan *peak power clipping* semakin banyak data yang dikirimkan deteksi tingkat kesalahan data (*BER*) semakin tinggi dan tingkat kesalahan data yang dihasilkan semakin kecil.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu teknologi yang paling berperan dalam teknologi telekomunikasi adalah teknologi modulasi. Dengan beragam teknologi modulasi ini tentu menawarkan kelebihan masing-masing serta tidak luput kekurangan dari teknologi tersebut dan hal tersebut akan selalu diperbaiki sehingga memperoleh teknologi yang dianggap benar-benar sempurna. Salah satu teknologi tersebut adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Prinsip utama dari *OFDM* adalah pembagian kecepatan tinggi aliran data kedalam nomor kecepatan aliran rendah kemudian dikirimkan secara simultan melalui sebuah nomor *subcarrier*. *OFDM* adalah teknik modulasi yang diterapkan kepada sinyal yang telah termodulasi, sebagai modulasi tingkat kedua. Caranya yaitu dengan membagi data secara paralel pada sejumlah subkanal pita sempit, lalu masing-masing data pada subkanal tersebut dimodulasikan dengan subfrekuensi pembawa yang saling orthogonal, selanjutnya ditransmisikan secara simultan.

Sebagai parameter dari keunggulan teknologi modulasi dalam telekomunikasi adalah kecilnya kesalahan dalam pengiriman dan penerimaan data atau lebih dikenal dengan *BER (Bit error rate)*, semakin kecil nilai *BER* yang dihasilkan maka sistem tersebut dapat dikatakan handal.

Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memvisualisasikan proses pengiriman dan penerimaan data pada sistem *OFDM*, serta menganalisis pengaruh noise yang diberikan dengan menggunakan kanal *AWGN* dan *Peak power clipping* terhadap *BER*.

Batasan masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

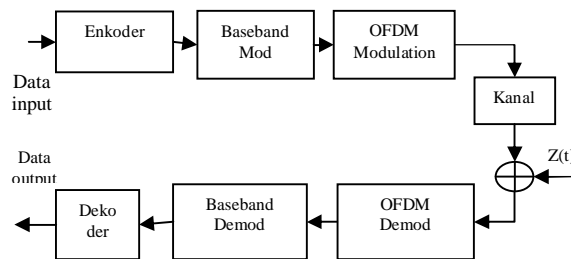
1. Pada tugas akhir ini hanya divisualisasikan pada pemancar dan penerima *OFDM*.
2. Hanya divisualisasikan pada proses pengolahan sinyal digital, proses perubahan ke sinyal analog dan pengolahannya tidak divisualisasikan.
3. Sinyal masukan adalah biner acak dengan jumlah data acak 100 bit, 1000 bit dan 10000 bit dengan menganggap laju datanya adalah 64 kbps.
4. Pemetaan menggunakan 16-QAM.
5. Transmisi hanya dipengaruhi oleh noise yang diberikan oleh kanal *AWGN* dan kanal *peak power clipping* serta penggabungan keduanya.
6. Nilai simpangan baku kanal *AWGN* diberikan dari 0,005 sampai dengan 0,5. sedangkan nilai *peak power clipping* diberikan dari 0 dB sampai 5 dB.

7. Analisis hanya ditekankan pada pengaruh *noise* terhadap nilai BER.
8. Membandingkan tingkat kesalahan pengiriman data dengan diberikan kanal AWGN dan *peak power clipping*.
9. Program visualiasi hanya sebagai alat bantu dalam analisis pengaruh *noise* terhadap BER.
10. Visualisasi menggunakan program bantu Matlab 6.1.

II. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

2.1 Sistem Modulasi OFDM

Prinsip utama dari OFDM adalah pembagian kecepatan tinggi aliran data kedalam nomor kecepatan aliran rendah kemudian dikirimkan secara simultan melalui sebuah nomor *subcarrier*. OFDM adalah teknik modulasi yang diterapkan kepada sinyal yang telah termodulasi, sebagai modulasi tingkat kedua. Caranya yaitu dengan membagi data secara paralel pada sejumlah subkanal pita sempit, lalu masing-masing data pada subkanal tersebut dimodulasikan dengan subfrekuensi pembawa yang saling orthogonal, selanjutnya ditransmisikan secara simultan. Sebuah sinyal OFDM terdiri dari jumlah subcarrier kemudian dimodulasikan dengan menggunakan PSK (*Phase Shift Keying*) atau QAM (*Quadrature Amplitude Multiplexing*). Sistem OFDM sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem OFDM sederhana

2.2 Pemancar OFDM

Pemancar pada sistem OFDM terdiri dari masukan, enkoder, pemetaan 16-QAM, pengubah serial paralel, *inverse fast fourier transform* (ifft) dan pengubah paralel serial.

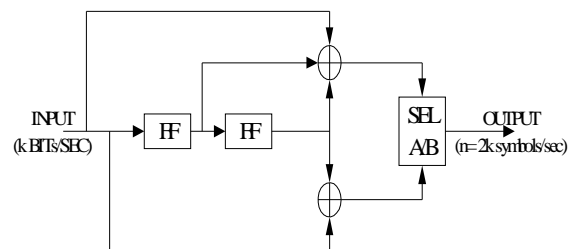
2.2.1 Bit Masukan

Sinyal masukan pada sistem modulasi OFDM berupa sinyal acak karena OFDM merupakan sistem modulasi *multicarrier* yang membagi lebar *spectrum bandwidth* transmisi menjadi beberapa subkanal dan masing-masing

dimodulasi dengan sinyal pembawa yang merepresentasikan blok data bit yang memiliki *bitrate* lebih rendah secara paralel. Tujuan pembagian lebar pita menjadi beberapa subkanal adalah untuk meningkatkan efisiensi lebar pita dan menjadikan sistem lebih sesuai terhadap kondisi saluran yang dipengaruhi beragam gangguan.

2.2.2 Kanal Enkoder (*Channel Encoder*)

Proses *enkoding* data secara konvolusional dilakukan dengan menggunakan *shift register* dan komponen logika XOR modulo 2. *Shift register* merupakan rangkaian yang terdiri dari beberapa *flip-flop* yang dihubungkan secara serial, sehingga tiap satu periode *clock*, input dari *flip-flop* yang satu diteruskan ke outputnya menjadi input bagi *flip-flop* yang lain, data tersebut tidak mengalami perubahan pada *flip-flop*. Pada saat *clock* awal bit *input* awal adalah nol, maka input dari XOR atas dan bawah semuanya nol, maka *output* dari *encoder* adalah 11_2 .



Gambar 2 konvolusional encoder dengan rate $\frac{1}{2}$, $K=3$

2.2.3 Pengubah Serial Paralel

Fungsi dari pengubah serial paralel adalah untuk merubah bit-bit masukan serial menjadi bentuk paralel. Biasanya bentuk data masukan dan nomor-nomor *subcarrier* dalam teknik komunikasi digital menggunakan bentuk paralel.

2.2.4 Pemetaan (*Mapping*)

Bagian Pemetaan dalam sistem komunikasi digital dikenal sebagai bagian modulator. Modulator berfungsi untuk memodulasikan sinyal informasi dengan sinyal pembawa yang mempunyai frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi pita dasar digital. Sebagian besar modulator yang digunakan dalam sistem komunikasi digital adalah *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) dan *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK). Dalam sistem digital data dipetakan menjadi nilai *amplitude* dan *pase* serta dapat digambarkan kedalam bentuk *rectangular* $x + iy$.

2.2.5 Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)

Pembangkitan IFFT tergantung pada besarnya nilai frekuensi *carrier* yang dikirimkan, amplitudo dan fase dari frekuensi tersebut dinyatakan dengan tanggapan nilai x dan y , kemudian ditempatkan pada N -point *iff*. Hal ini bisa diartikan bahwa *magnitude* dan fase dari *carrier* ditentukan oleh simbol untuk dikirimkan.

2.2.6 Sinkronisasi

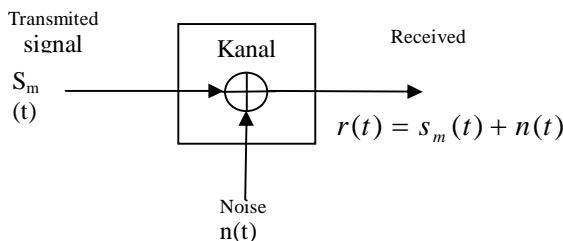
Sebelum *receiver* OFDM bisa mendemodulasi subpembawa, maka akan dilakukan dua proses dua sinkronisasi. Sinkronisasi yang pertama adalah untuk mengetahui batas-batasan dari simbol dan untuk mengetahui pemilihan waktu cuplik yang tepat sehingga dengan demikian akan memperkecil pengaruh dari ICI (Inter carrier interference). Pada sinkronisasi tahap kedua adalah untuk melakukan *estimasi* dan mengoreksi frekuensi pembawa yang diterima untuk menghindari ICI.

2.3 Kanal Transmisi

Kanal transmisi merupakan kanal yang digunakan untuk mengirimkan data atau informasi. Dalam kanal transmisi ini diberikan dua kanal *noise* yaitu kanal AWGN dan kanal *peak power clipping*.

2.3.1 Kanal AWGN

Additive White Gaussian Noise (AWGN) merupakan tipe *noise* yang diberikan untuk menguji kemampuan sistem. AWGN mempunyai kerapatan spektral datar (*flat spectral density*) pada ranah frekuensi yang lebar. *Transmitter* mengirimkan informasi digital dengan menggunakan sinyal bentuk gelombang $\{s_m(t)\}$ $m=1, 2, \dots, M$. setiap bentuk gelombang ditransmisikan dengan simbol pada durasi interval waktu T .



Gambar 3 Pemodelan sinyal yang diterima dilewatkan melalui kanal AWGN

2.3.2 Peak Power Clipping

Peak Power Clipping dimaksudkan untuk membatasi tegangan amplitudo dari sinyal. Karena sinyal OFDM terdiri dari nomor-nomor *subcarrier* yang dimodulasikan sendiri-sendiri

sehingga setiap nomor *subcarrier* akan mempunyai tegangan amplitudo yang besar. Jika sinyal yang dikirimkan mempunyai tegangan amplitudo yang besar akan menimbulkan *interferensi* pada simbol OFDM itu sendiri sehingga akan mengakibatkan besarnya BER yang dihasilkan

2.4 Penerima OFDM

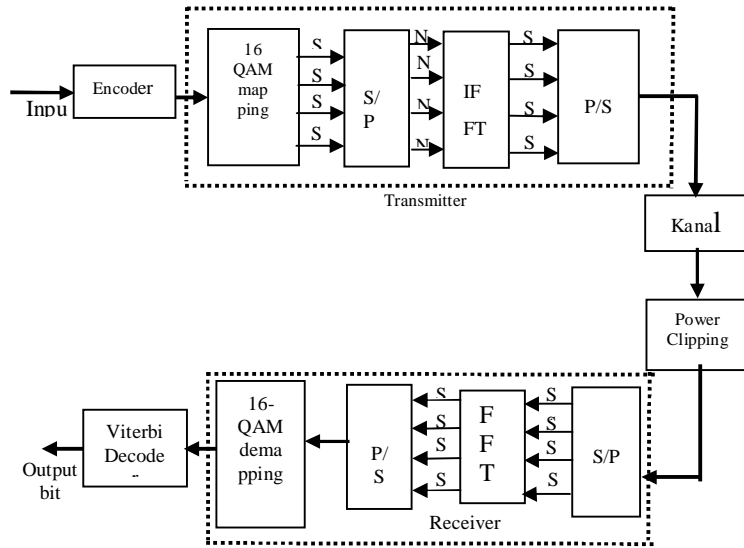
Proses yang terjadi pada penerima adalah kebalikan dari proses yang dilakukan pada pemancar. Pada penerima, pengaruh kanal diabaikan, bentuk gelombang waktu adalah digital dan kemudian dikonversi kembali ke dalam bentuk simbol dengan menggunakan FFT. FFT merupakan komponen yang paling utama pada bagian perencanaan demodulasi. Ketika lebih dari satu pembawa dimasukan, FFT merupakan suatu metoda praktis untuk memperbaiki data dari pembawa (*carrier*) yang *overlap*.

III PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK SISTEM MODULASI DAN DEMODULASI OFDM

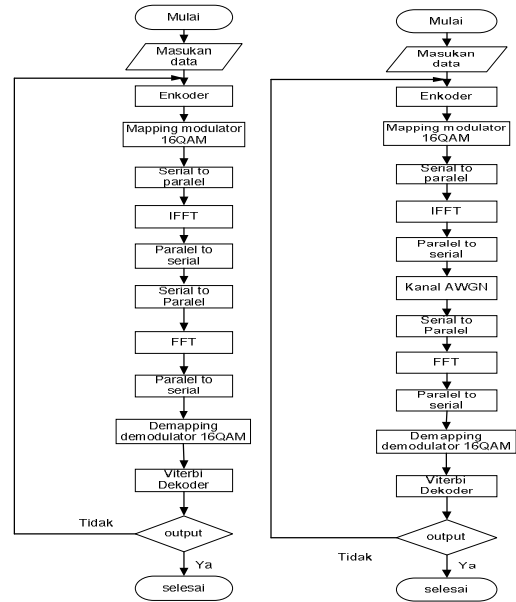
Dalam perancangan perangkat lunak yang akan dibuat dalam visualisasi terdiri dari enkoder sisi *modulator* dan *demodulator* OFDM serta *dekoder*. Sistem OFDM yang akan divisualisasikan dihubungkan dengan kanal AWGN dan *Peak Power Clipping* dengan parameter sedemikian rupa sehingga menghasilkan sinyal keluaran yang sesuai dengan teori ideal yang ada.

Tampilan program MATLAB 6.1 dirancang dengan memakai fasilitas antarmuka *Graphical User Interface (GUI)* dengan tampilan grafis untuk memudahkan pemakaian. Program visualisasi ini menampilkan keluaran setiap blok dari bit masukan sampai output dari keseluruhan blok *tranceiver* (pancarima) OFDM dalam bentuk sinyal. Hal ini dibuat untuk lebih memudahkan dalam mengamati dan menganalisis setiap keluaran dari masing-masing blok secara keseluruhan dan pengaruh *noise* terhadap nilai BER yang dihasilkan. Blok diagram perancangan dari *tranceiver* (pancarima) OFDM terdiri dari lima bagian penting yaitu:

1. Blok enkoder
2. Blok modulator OFDM
3. Blok kanal terdiri dari dua kanal yaitu :
 - a).Kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*)
 - b).Kanal *Power Clipping*
4. Blok demodulator OFDM
5. Blok Dekoder Viterbi



Gambar 4 Blok digram yang digunakan pada visualisasi



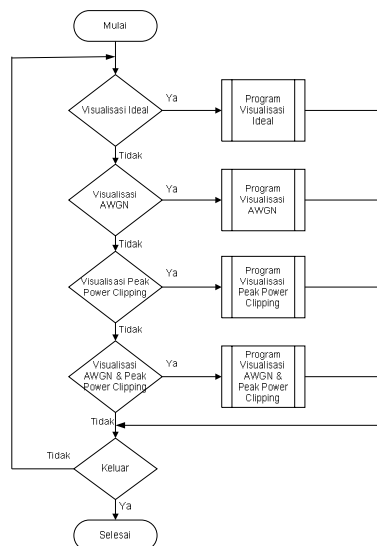
Gambar 6 Diagram alir program visualisasi OFDM kanal ideal,dan kanal AWGN

Diagram alir dari perancangan terbagi dua yaitu :

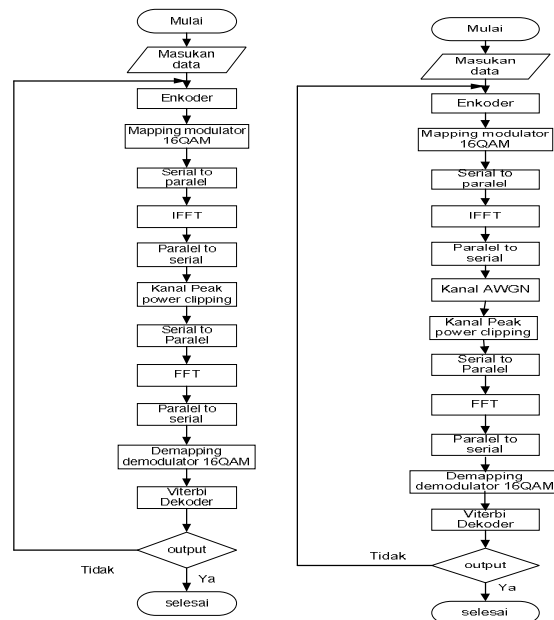
1. Tampilan program utama (sebagai tampilan pertama)
2. Tampilan program visualisasi

Pada tampilan program visualisasi dibagi menjadi empat tampilan yaitu:

1. Tampilan program visualisasi dengan kanal ideal
2. Tampilan program visualisasi dengan kanal AWGN
3. Tampilan program visualisasi dengan kanal *peak power clipping*
4. Tampilan program visualisasi dengan kanal AWGN dan kanal *peak power clipping*.



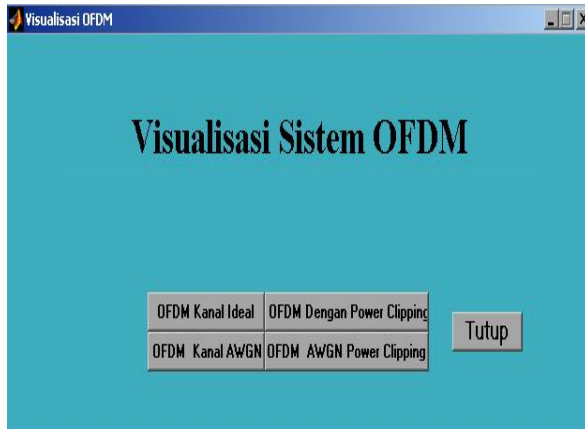
Gambar 5 Diagram alir program utama



Gambar 7 Diagram alir program visualisasi OFDM kanal Peak power Clipping dan visualisasi OFDM dengan kanal AWGN dan Peak power Clipping.

IV. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS

Hasil visualisasi dan analisis dengan mengamati sinyal keluaran pada tiap blok komponen pemancar dan penerima OFDM.

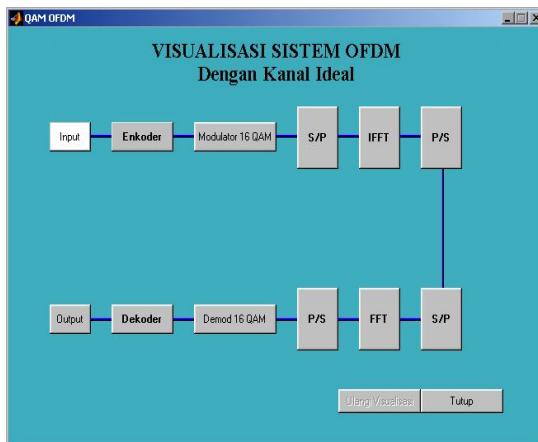


Gambar 8 Tampilan program utama

Pada tampilan program utama terdapat pilihan-pilihan untuk sistem modulasi yang diinginkan yaitu, OFDM dengan kanal ideal, OFDM dengan kanal AWGN, OFDM dengan kanal *Peak Power Clipping* dan OFDM dengan kanal AWGN dan *Peak Power Clipping*.

OFDM dengan Kanal Ideal

Visualisasi dengan kanal ideal merupakan suatu penyajian program dan tampilannya dengan tanpa diberikan noise atau gangguan sehingga diharapkan nilai *Bit Error Rate (BER)* yang dihasilkan nol.



Gambar 9 Tampilan program visualisasi OFDM dengan kanal ideal

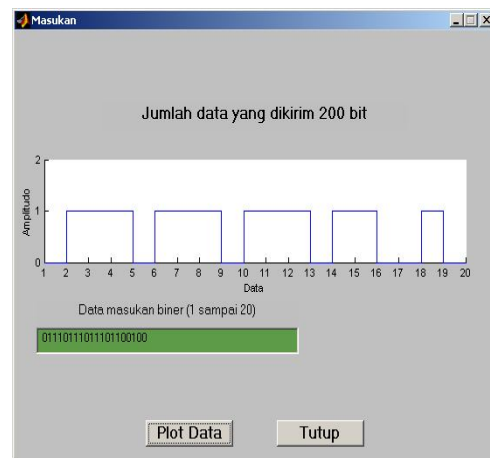
4.1.1 Inisialisasi

Proses inisialisasi ini meliputi banyaknya bit masukan yang akan dialokasikan pada setiap subkanal, pengkodean bit-bit masukan dengan enkoder konvolusi.

4.1.1.1 Data Bit Masukan

Data bit masukan yang akan dikirimkan adalah data biner yang dibangkitkan secara acak. Pembangkitan data biner secara acak didasarkan

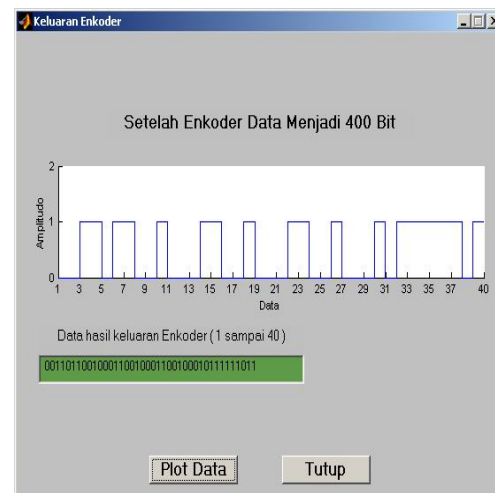
dari perkalian jumlah simbol dan jumlah carrier dikalikan dengan dua, jumlah simbol dan jumlah carrier dapat dirubah-rubah sesuai yang diinginkan. Data yang dikirimkan tidak ditampilkan semua hanya 20 data biner yang ditampilkan secara acak, tetapi dalam prosesnya seluruh data yang dikirimkan akan mengalami seluruh proses yang tertera dalam perencanaan. Data biner tersebut dianggap mempunyai kecepatan transmisi 64 kbps, sehingga dapat ditentukan interval waktu transmisi data masukan setiap bit tersebut yaitu $1/64000 = 1,5625 \times 10^{-5}$ detik (T_b). Jika jumlah bit random adalah n bit, maka periode waktu transmisi untuk sejumlah n bit tersebut adalah $T_{tot} = 1,5625 \times 10^{-5} \times n$ bit.



Gambar 10 keluaran data masukan

4.1.1.2 Enkoder Konvolusi

Pada proses enkoder konvolusi ini jumlah data masukan acak dikalikan dua. Karena setiap satu masukan mempunyai dua keluaran, jadi jika n adalah jumlah bit masukan maka setelah melalui proses enkoder konvolusi jumlah bit tersebut akan menjadi $2 \times n$.



Gambar 11 keluaran encoder konvolusi

Data hasil keluaran enkoder yang ditampilkan hanya 40 data biner dari jumlah data sebenarnya yaitu 400 data biner.

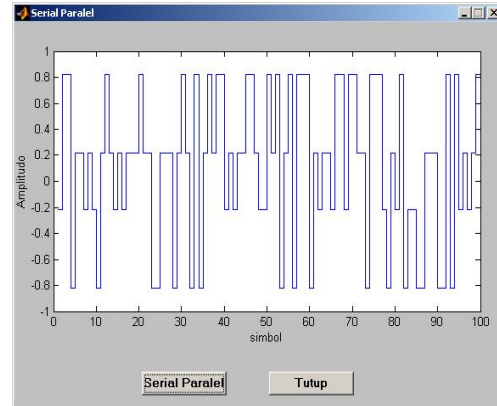
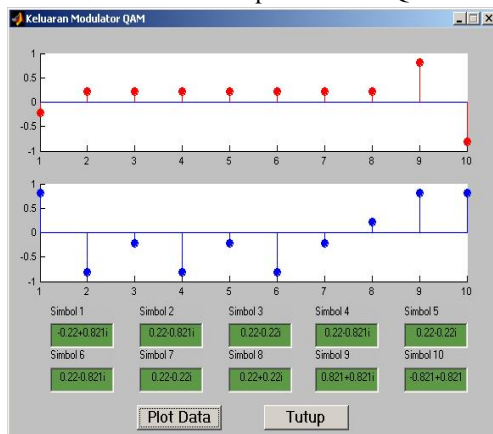
4.1.2 Pemancar OFDM

Pada bagian pemancar OFDM ini terdiri dari pemetaan 16-QAM, IFFT dan pengubah parallel serial.

4.1.2.1 Pemetaan 16-QAM

Proses pemetaan 16-QAM setiap simbol terdiri dari 4 buah bit yang ditempatkan pada kanal I, I¹, Q, Q¹. Kanal I¹ dan Q¹ menyatakan besarnya amplitudo atau tegangan jika I¹ dan Q¹ = 1 maka besarnya amplitudo 0.821 V dan jika I¹ dan Q¹ = 0 maka besarnya amplitudo 0.22V. Kanal I dan Q menyatakan polaritas jika I dan Q = 1 maka (+) jika 0 maka (-). Simbol hasil pemetaan 16-QAM akan terletak pada nilai 0,821, 0,22, -0,22, -0,821. Sebagai contoh simbol 16-QAM 0,821-0,22i, maka nilai *real* nya adalah 0,821 dan nilai *imaginer* nya adalah -0,22.

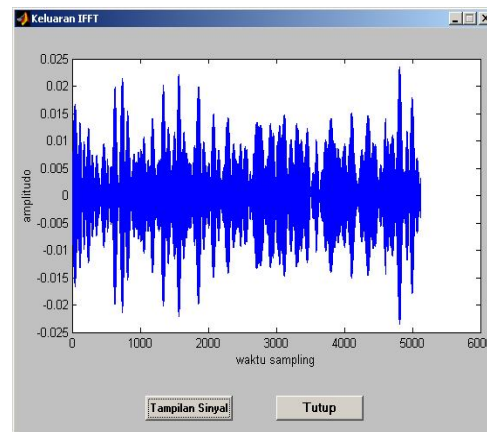
Gambar 12 keluaran pemetaan 16-QAM



Gambar 13 Tampilan pengubah serial parallel

4.1.2.3 IFFT

Proses yang terjadi pada IFFT adalah menempatkan *subcarrier* pada N-point IFFT yang telah ditetapkan sebelumnya. Setiap *subcarrier* akan diproses dengan frekuensi yang berbeda sehingga pada saat diproses tidak terjadi gangguan antar *subcarrier* itu sendiri.



Gambar 14 Tampilan keluaran IFFT

Tabel 1 Simbol pemetaan 16QAM

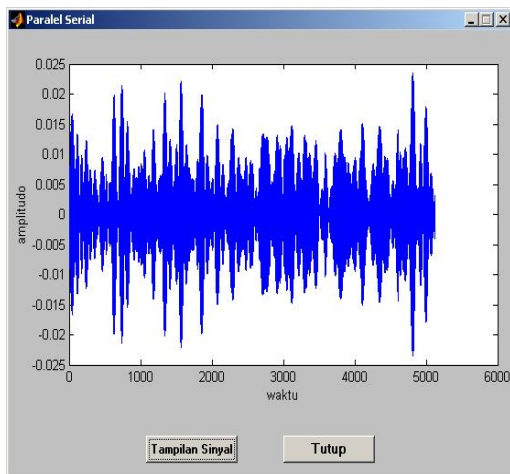
Simbol	Masukan	Kanal				Keluaran
		I ¹	I	Q ¹	Q	
1	1 1 1 0	0.821V	(+)	0.821V	(-)	0.821+0.821i
2	0 0 1 0	0.22V	(-)	0.821V	(-)	0.22-0.821i
3	0 0 0 1	0.22V	(-)	0.22V	(+)	0.22+0.22i
4	0 1 1 1	0.22V	(+)	0.821V	(+)	0.22+0.821i
5	1 1 1 0	0.821V	(+)	0.821V	(-)	0.821+0.821i
6	0 0 0 1	0.22V	(-)	0.22V	(+)	-0.22+0.22i
7	1 0 1 0	0.821V	(-)	0.821V	(-)	-0.821-0.821i
8	0 1 1 1	0.22V	(+)	0.821V	(+)	0.22+0.821i
9	1 1 0 1	0.821V	(+)	0.22V	(+)	0.821+0.22i
10	0 1 0 0	0.22V	(+)	0.22V	(-)	0.22-0.22i

4.1.2.2 Pengubah Serial Paralel

Pengubah serial paralel akan merubah data serial menjadi paralel dan dikirimkan secara bersamaan, data masukan pengubah serial paralel ini merupakan simbol. Simbol-simbol ini kemudian akan dijadikan *subcarrier-subcarrier*.

4.1.2.4 Pengubah paralel serial

Pengubah paralel serial merupakan akan merubah keluaran ifft yang masih dalam bentuk paralel ke serial. Data serial ini merupakan sinyal OFDM yang sudah ditambahkan *cyclic prefix* sehingga setiap *subcarrier* yang ada dalam sinyal OFDM akan memiliki *cyclic prefix* dimaksudkan supaya tidak terjadi ISI (*inter simbol interference*).



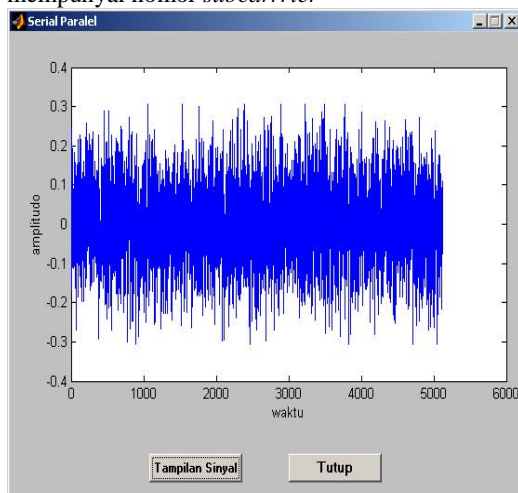
Gambar 15 Tampilan keluaran paralel serial

4.1.3 Penerima OFDM

Pada bagian penerima OFDM terdiri dari pengubah serial paralel, FFT, pengubah paralel serial, demapping 16-QAM dan dekoder.

4.1.3.1 Pengubah Serial Paralel

Pengubah serial paralel pada sisi demodulator OFDM adalah dimaksudkan supaya sinyal yang diterima dirubah menjadi bentuk paralel sehingga akan lebih memudahkan pada saat proses FFT karena sinyal tersebut telah menjadi *subcarrier-subcarrier* yang tentunya mempunyai nomor *subcarrier*

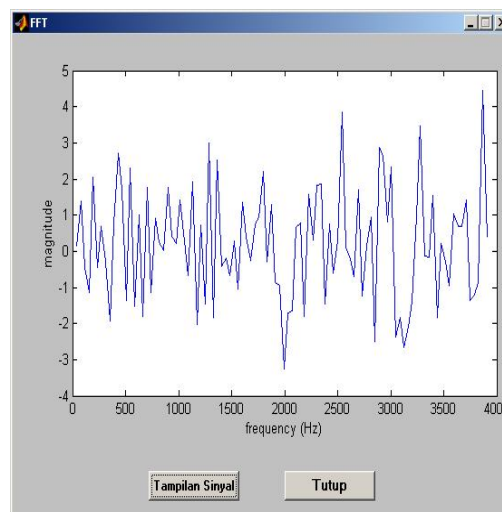


Gambar 16 Tampilan program serial paralel pada sisi demodulator

4.1.3.2 Fast Fourier Transform (FFT)

Proses FFT merupakan pengubahan sinyal paralel yang terdiri dari *subcarrier-subcarrier* menjadi simbol-simbol dimana setiap 4 bit data akan dirubah menjadi satu simbol. Selain itu pada proses FFT *cyclic prefix* yang ada pada sinyal yang diterima dihilangkan dengan

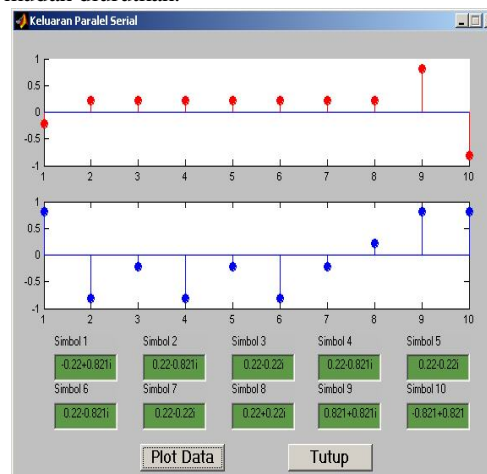
maksud supaya data yang diterima dapat dirubah menjadi data asli dan dengan penambahan *cyclic prefix* data tidak akan mengalami gangguan.



Gambar 17 Tampilan keluaran FFT

4.1.3.3 Pengubah paralel serial

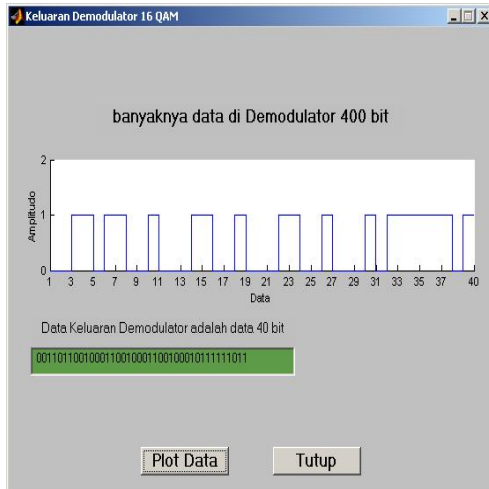
Pengubah paralel serial adalah untuk mengubah data keluaran fft yang masih paralel menjadi data serial sehingga data keluaran fft yang sudah menjadi simbol-simbol akan lebih mudah diurutkan.



Gambar 18 Tampilan keluaran serial paralel

4.1.3.4 Pemetaan Ulang 16-QAM

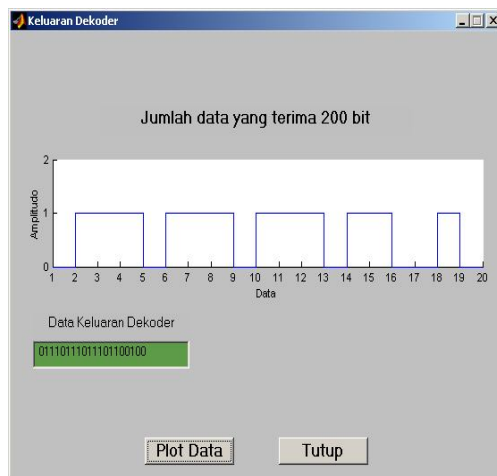
Proses *demapping* atau pemetaan kembali 16-QAM merupakan pengubahan simbol-simbol hasil keluaran FFT menjadi bentuk biner. Setiap satu simbol akan dijadikan empat bit data biner hal ini mengacu pada pemetaan yang digunakan yaitu 16-QAM dimana setiap satu simbol terdiri dari empat buah data biner.



Gambar 19 Tampilan keluaran demapping 16-QAM

4.1.3.5 Dekoder

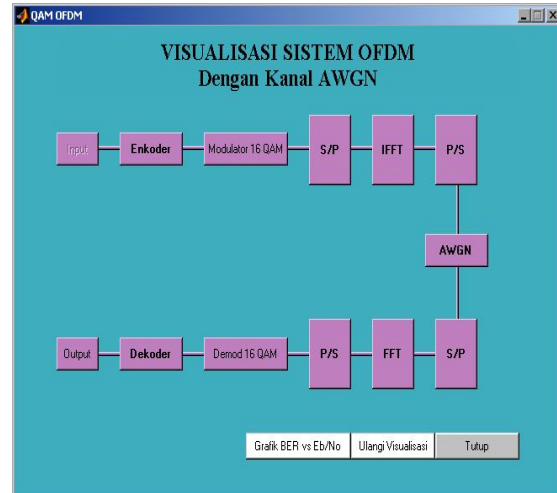
Proses dekoder yaitu merubah keluaran data biner dari demapping 16-QAM yang terdiri dari 40 data biner menjadi seperti data masukan aslinya yaitu sebanyak 20 data biner. Dekoder bertugas mendeteksi dan mengoreksi kesalahan data biner dari simbol QAM yang telah didapatkan dari proses demodulasi.



Gambar 20 Tampilan keluaran decoder

4.2 OFDM dengan Kanal AWGN

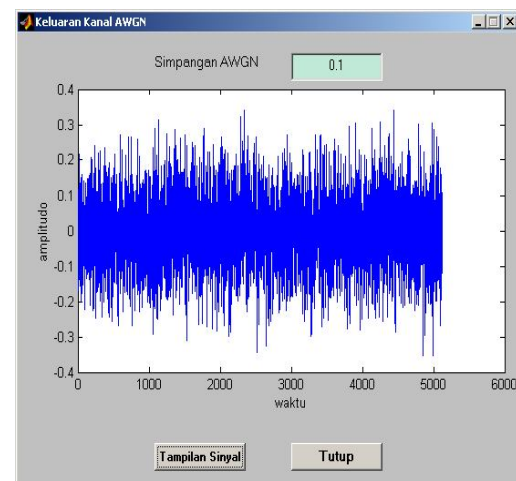
Visualisasi dengan kanal AWGN dimaksudkan sinyal yang dikirimkan akan mengalami gangguan dengan melewati kanal AWGN yang sudah diberikan noise dengan nilai simpangan yang sudah ditetapkan (simpangan AWGN dari 0.005 sampai dengan 0.5).



Gambar 21 Tampilan Program visualisasi dengan kanal AWGN

4.2.1 Keluaran Kanal AWGN

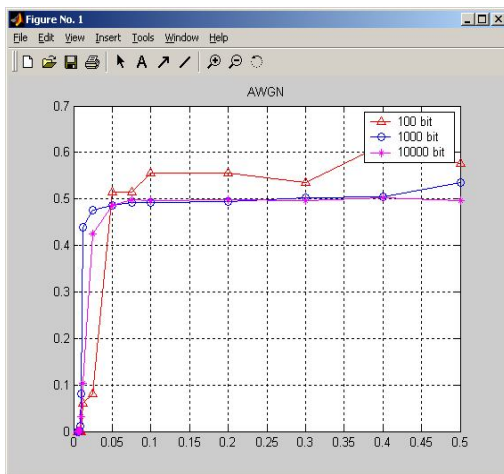
Dalam kanal AWGN sinyal akan diberikan *noise* yang telah ditentukan dimaksudkan supaya dapat diketahui tanggapan dari sinyal yang dikirimkan apakah mengalami gangguan atau tidak. Hal ini dimaksudkan untuk menguji kemampuan dari sistem yang digunakan untuk memodulasi sinyal yang akan dikirimkan dan demodulasi sinyal yang diterima, dalam hal ini sistem yang digunakan adalah OFDM



Gambar 22 Tampilan keluaran kanal AWGN

4.2.2 Nilai BER pada Kanal AWGN

Pengujian BER pada sistem OFDM dengan menggunakan kanal AWGN dilakukan dengan memberikan nilai simpangan AWGN dari 0.1 sampai 1.0. Pengujian ini dilakukan lima kali percobaan dengan data masukan acak yang berbeda dimulai dari pengiriman 100, 1000, 10.000, data biner.

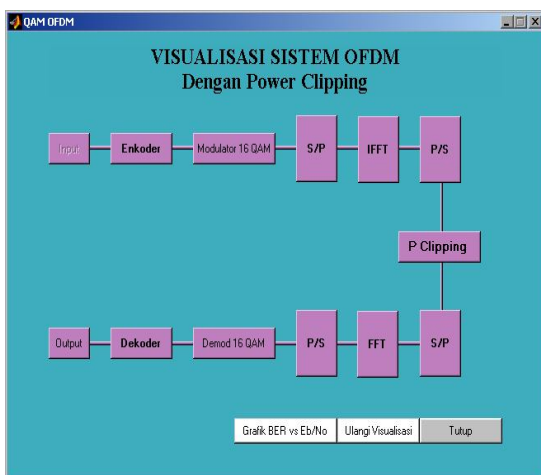


Gambar 23 Grafik BER terhadap nilai simpangan AWGN

Pada hasil pengujian yang dilakukan seperti pada Gambar 23 nilai BER untuk data masukan acak 10000 bit relative lebih stabil dibandingkan dengan nilai BER untuk data masukan acak 100 dan 1000 bit. Semakin tinggi nilai simpangan AWGN yang diberikan semakin besar nilai BER yang dihasilkan. Tetapi untuk data masukan semakin besar maka nilai BER yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan data masukan yang lebih kecil. Pada sistem OFDM dengan kanal AWGN semakin banyak data yang dikirimkan deteksi tingkat kesalahan data semakin kecil.

4.3 OFDM dengan Kanal peak power clipping

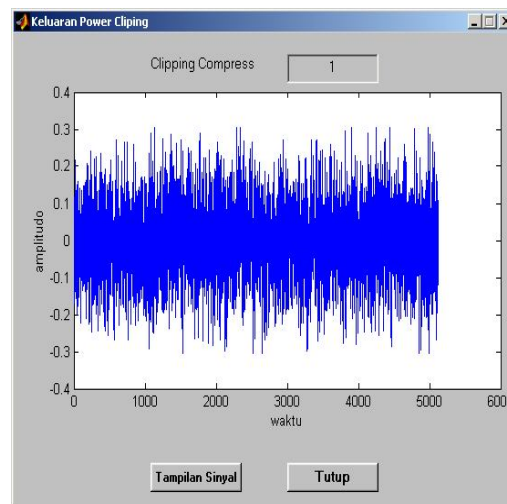
Visualisasi dengan kanal peak power clipping dimaksudkan diberikannya pemotongan terhadap tegangan atau amplitudo puncak yang dihasilkan sinyal dan melihat pengaruhnya terhadap nilai BER yang dihasilkan.



Gambar 24 Tampilan program visualisasi dengan kanal *peak power clipping*

4.3.1 Keluaran Kanal Power Clipping

Pada kanal *Power Clipping* ini tegangan atau amplitudo dari sinyal OFDM yang terdiri dari *subcarrier-subcarrier* akan mengalami pemotongan, hal ini dimaksudkan supaya tidak terjadi tegangan atau amplitudo berlebih. Karena jika salah satu *subcarrier* yang dikirimkan amplitudonya terlalu besar maka akan mengganggu *subcarrier* yang lainnya.

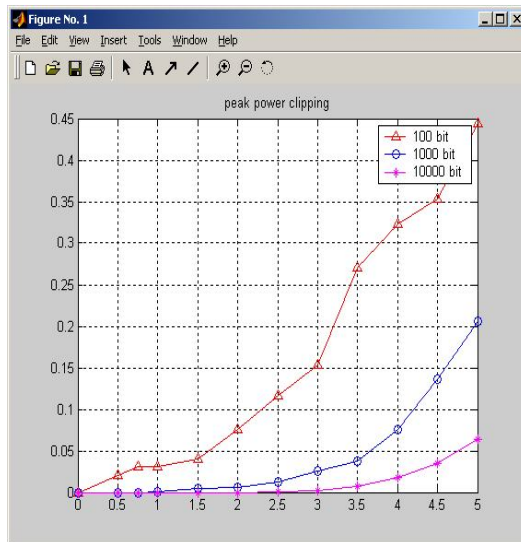


Gambar 25 Tampilan keluaran kanal *Power Clipping*

Dari keluaran kanal *Power Clipping* sinyal yang dikirimkan mengalami pemotongan amplitudo. Amplitudo yang dimiliki sinyal yang dikirimkan tersebut berkisar pada -0.01 sampai dengan 0.01. Jika dibandingkan dengan keluaran kanal AWGN keluaran kanal *Power Clipping* amplitudonya lebih kecil. Hal ini membuktikan bahwa *subcarrier* yang mempunyai amplitudo puncak lebih dari 0.01 akan terpotong untuk menghindari gangguan yang diakibatkan dari perbedaan amplitudo yang besar sehingga akan mengakibatkan besarnya nilai BER yang dihasilkan.

4.3.2 Nilai BER pada dengan Kanal Peak Power Clipping

Pengujian BER pada sistem OFDM dengan menggunakan kanal peak power clipping dilakukan dengan memberikan nilai pemotongan tegangan dari 1dB sampai 10 dB. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan untuk setiap nilai peak power clipping yang diberikan. Data masukan acak diberikan nilai berbeda dari 100 bit 1000 bit dan 10.000 bit data biner.

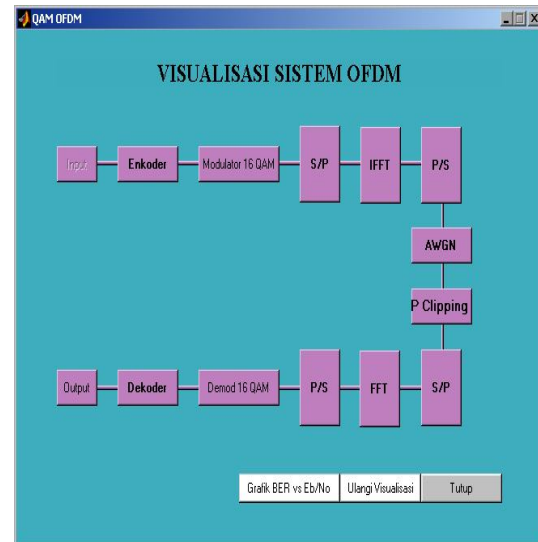


Gambar 26 Grafik BER terhadap nilai *peak power clipping*

Dari grafik BER yang dihasilkan terlihat bahwa nilai BER dengan data masukan acak 100 bit jauh lebih besar dibandingkan dengan data masukan acak 1000 dan 10.000 bit. Semakin besar data masukan yang diberikan nilai BER yang dihasilkan pada sistem OFDM dengan *peak power clipping* semakin kecil sebaliknya jika data masukan yang diberikan semakin kecil maka nilai BER semakin besar. Deteksi tingkat kesalahan yang terjadi dari hasil pengujian pada sistem OFDM dengan *peak power clipping*, semakin besar data masukan deteksi tingkat kesalahan semakin kecil, sebaliknya semakin kecil data masukan yang diberikan deteksi tingkat kesalahan semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada grafik dengan data masukan 10000 bit mulai terjadi kesalahan pada saat nilai *peak power clipping* 3 dB.

4.4 OFDM dengan AWGN dan *Peak power clipping*

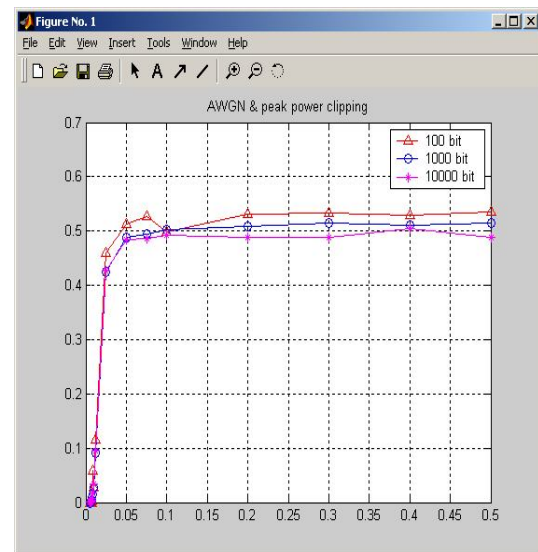
Visualisasi dengan kanal AWGN dan *peak power clipping* dimaksudkan untuk lebih mengetahui pengaruh noise terhadap nilai BER yang dihasilkan oleh sistem OFDM. Dimana sinyal yang dikirimkan akan dilewatkan pada kanal AWGN yang telah diberikan *noise* dengan simpangan yang telah ditetapkan. Keluaran sinyal dari kanal AWGN merupakan masukan untuk kanal *peak power clipping* sehingga sinyal yang dikirimkan akan mengalami gangguan yang lebih kompleks dibandingkan dengan visualisasi sebelumnya



Gambar 27 Tampilan program visualisasi kanal AWGN dan *peak power clipping*

4.4.1 Nilai BER pada Kanal AWGN dan *Peak Power Clipping*

Pengujian nilai BER yang dihasilkan dari sistem OFDM dengan menggunakan kanal AWGN digabungkan dengan kanal *Peak Power clipping* dimaksudkan untuk lebih memperjelas kemampuan dari sistem tersebut dalam pengiriman data.



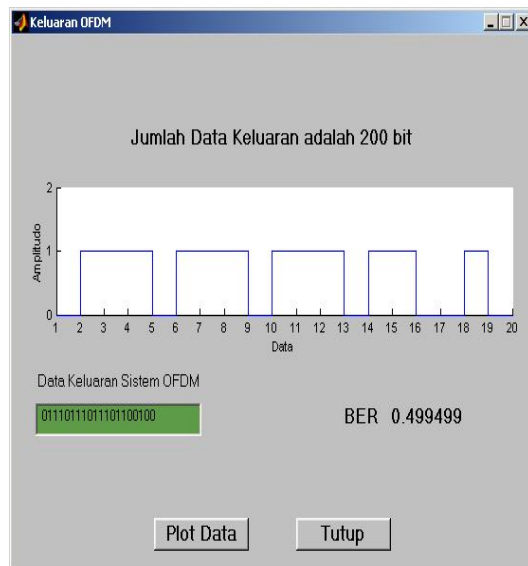
Gambar 28 Grafik BER terhadap nilai simpangan AWG dan *peak power clipping*

Dari pengujian sistem OFDM dengan kanal gabungan antara AWGN dan *peak power clipping* semakin besar nilai simpangan AWGN yang diberikan semakin besar pula nilai BER yang dihasilkan. Jika dihubungkan dengan banyaknya data masukan semakin besar data masukan yang

diberikan semakin kecil nilai BER yang dihasilkan dibandingkan dengan pemberian data masukan yang lebih kecil. Deteksi tingkat kesalahan untuk system OFDM dengan kanal gabungan antara kanal AWGN dan *peak power clipping* semakin besar data masukan yang diberikan deteksi tingkat kesalahan akan semakin tinggi dibandingkan deteksi tingkat kesalahan dengan data masukan yang diberikan lebih kecil.

4.5 Keluaran

Keluaran merupakan hasil akhir dari pengiriman dan penerimaan data setelah melalui beberapa proses. Sistem dikatakan baik jika data keluaran sama dengan data masukan dengan kecepatan pengiriman data yang relatif cepat serta kesalahan dalam pengiriman dapat ditekan sekecil mungkin.



Gambar 29 Tampilan Keluaran

Pada tampilan keluaran terdapat nilai *BER (Bit Error Rate)* hal tersebut disajikan untuk lebih menjelaskan bahwa bit yang dikirimkan sebenarnya mengalami kesalahan. Terjadinya kesalahan dalam pengiriman data tersebut dikarenakan pada kanal transmisi ditempatkan kanal AWGN dan kanal *Peak Power Clipping* sehingga data yang dikirimkan tersebut akan mengalami gangguan.

V. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil visualisasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian sistem OFDM dengan kanal AWGN, semakin banyak data yang

dikirimkan nilai BER yang dihasilkan semakin kecil.

2. Pada sistem OFDM dengan kanal *peak power clipping* semakin banyak data yang dikirimkan nilai BER yang dihasilkan semakin kecil
3. Pada sistem OFDM dengan kanal gabungan antara kanal AWGN dan *peak power clipping* semakin banyak data yang dikirimkan nilai BER yang dihasilkan semakin kecil dan deteksi kesalahan data semakin tinggi.
4. Pada kanal AWGN tingkat kesalahan data (BER) mulai terjadi pada saat nilai simpangan AWGN 0,006.
5. Pada kanal *peak power clipping* tingkat kesalahan data mulai terjadi pada saat nilai *peak power clipping* 0,5 dB.

5.2 SARAN

Saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut analisis pengaruh noise terhadap BER pada sistem OFDM adalah:

1. Untuk pengembangan TA lebih lanjut, sinyal yang diolah pada proses modulasi dan demodulasi tidak hanya sinyal digital, tetapi bisa juga untuk proses pengolahan sinyal analog.
2. Noise yang diberikan pada kanal transmisi perlu ditambahkan seperti *multipath fading*, *rayleigh fading* dan lain lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Carlson, A. Bruce, *Communication System, An introduction to Signals and Noise in Electrical Communication, Third Edition*, Mcgraw-Hill International Edition, 1986.
2. Freeman. Roger L., *Telecommunication Transmission Handbook*, Fourth Edition, John Wiley & Son, 1998.
3. Greg DesBrisay, *Basic of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, Cisco System Engineer, wireless gregd@cisco.com.
4. Louis Litwin and Michael Pugel. *The Principles of OFDM*.
5. Proakis John G. *Digital Communications*, Fourth Edition, Departemant of Electrical and Computer Engineering Northeastern University.
6. Shannon, Claude E. and Warren Weaver, *The mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois, Urbana, 1964.
7. Stallings, William, Thamir Abdul Hafedh Al-Hamdany, *Komunikasi Data dan Komputer*, Edisi Pertama-Jakarta, Salemba Teknik, 2001.

8. “.....” *Wireless OFDM Systems*, Robert. W. Heath Jr., Telecommunications and Signal Processing Research Center The University of Texas Austin , <http://wireless.ece.utexas.edu/>
9. “.....” *A look at the Theory and Applications of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, Ender Tekin Penn State University, endertekin@psu.edu
10. “.....” *Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Networks*, Standart IEEE 802.11a, University of California Santa Barbara by Anibal Luis Intini, aintini@engineering.ucsb.edu
- Mengetahui / Mengesahkan
Dosen Pembimbing I
- Wahyudi, ST.MT
NIP. 132 086 662
- Dosen Pembimbing II
- Achmad Hidayatno, ST.MT
NIP. 132 137 933