

## PERANCANGAN SIMULATOR BLOK KOMUNIKASI DIGITAL MENGUNAKAN OFDM BERBASIS MATLAB

*Design of The Digital Communication System Block Simulator using OFDM  
based on MATLAB*

Tasya Meidy Filantika <sup>1</sup>, Yuyun Siti Rohmah, S.T, M.T. <sup>2</sup>, Dwi Andi Nurmantris, S.T, M.T. <sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Universitas Telkom  
tasyameidyfilantika98@gmail.com<sup>1</sup>, yuyunsr@tass.telkomuniversity.co.id <sup>2</sup>  
,dwiandi@tass.telkomuniversity.ac.id <sup>3</sup>

### Abstrak

Dengan meningkatnya permintaan transmisi data yang besar, menyebabkan sistem komunikasi digital ikut berkembang. Salah satu teknologi yang sedang berkembang adalah teknologi *Long Term Evolution* (LTE). LTE adalah suatu teknologi terbaru dalam komunikasi wireless. LTE sering digunakan karena memiliki *peak data rate* dan memiliki efisiensi spectral. Untuk memenuhi manfaatnya, LTE menggunakan Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) sebagai teknik multiplexing. Pembelajaran mengenai sistem komunikasi digital menggunakan *Orthogonal Frequency Devision Multiplexing* (OFDM) di Telkom University khususnya di Program Studi D3 Teknologi Telekomunikasi belum menggunakan visualisasi sehingga pemahaman para mahasiswa masih kurang.

Oleh sebab itu, pada proyek akhir ini difokuskan pada perancangan sebuah simulator sebagai media pembelajaran sistem komunikasi digital menggunakan *Orthogonal Frequency Devision Multiplexing* (OFDM) dengan menggunakan *Matrix Laboratory* (MATLAB). Dimana sistem perancangannya terdiri dari data generator, *channel coding*, *mapper*, *converter s/p* dan *p/s*, penggunaan *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) dan *Fast Fourier Transform* (FFT), menggunakan kanal *Rayleigh Fading* dan *Additive White Gaussian Noise* (AWGN), menganalisis *Bit Error Rate* (BER) untuk menguji hasil kinerja simulator ini. Pada simulator ini menggunakan beberapa teknik modulasi pada mapper sebagai perbandingan yaitu *Binnary Phase Shift Keying* (BPSK), *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) dan yang terakhir *64 – Quadrature Amplitude Modulation* (64-QAM).

Dari proyek akhir ini dihasilkan simulator yang sesuai dengan teori pembelajaran. Sehingga mahasiswa dapat dengan mudah memahami pembelajaran OFDM.

**Kata Kunci :** Sistem Komunikasi Digital, OFDM, BPSK, QPSK, QAM, BER, Rayleigh, AWGN

### Abstract

*With the increasing demand for transmissions data, make digital communication system take a part to evolve. One of the technology that is currently in demand is the technology Long Term Evolution (LTE). LTE is the latest technology in wireless communication and will continue to evolve. LTE is often used because it has a peak data rate and has spectral efficiency. To fulfill the benefits, LTE use Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) as a Multiplexing technique. Learning about digital communication system use Orthogonal Frequency Devision Multiplexing (OFDM) at Telkom University, especially in diploma three of Telecommunication Technology has not used visualization. So students to understand OFDM are lacked.*

*Therefore, in this final project is focused on designing a simulator as a media to learn digital communication system Orthogonal Frequency Devision Multiplexing (OFDM) use Matrix Laboratory (MATLAB). Where, the design system consists of data generators, channel coding, Mapper, converter S/p and P/s, the use of Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) and Fast Fourier Transform (FFT), using Rayleigh Fading Canal and Additive White Gaussian Noise (AWGN), analyzes the Bit Error Rate (BER) to test the performance results of this simulator. The simulator uses several modulation techniques on the mapper as a comparison of Binnary Phase Shift Keying (BPSK), Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) and the last 64 – Quadrature*

*Amplitude Modulation (64-QAM).*

*From this final project, a simulator which is in accordance with the theory is obtained. So, the students can easily to learn OFDM.*

*Keywords: Digital Communication System, OFDM, BPSK, QPSK, QAM, BER, Rayleigh, AWGN*

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi bidang komunikasi saat ini sudah semakin pesat. Pengiriman maupun penerimaan data dengan kecepatan transmisi yang tinggi sudah dapat dilakukan. Salah satu teknologi yang sekarang ini sedang diminati adalah teknologi *Long Term Evolution (LTE)*. LTE adalah suatu teknologi terbaru dalam komunikasi wireless. LTE sering digunakan karena memiliki *peak data rate* dan memiliki efisiensi spectral. Untuk memenuhi manfaatnya LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* sebagai teknik *multiplexing*. Pemahaman mengenai teknik *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* di lingkungan Fakultas Ilmu Terapan khususnya di Program Studi D3 Teknologi Telekomunikasi belum menggunakan visualisasi dalam pembelajaran sehingga pemahaman para mahasiswa mengenai materi tersebut sedikit kurang.

Pada Proyek Akhir ini telah dirancang suatu simulator pembelajaran yang menjelaskan tentang blok sistem komunikasi digital menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Pada perancangan simulator ini, penulis menggunakan teknik modulasi *Binnary Phase Shift Keying (BPSK)*, *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*, *64- Quadrature Amplitude Modulation (64-QAM)* yang menggunakan masukan dari *generator bit random* menggunakan Matlab. Langkah-langkah yang dilakukan pada simulator ini meliputi proses masukan, proses *channel code*, proses *mapper*, proses modulasi dan demodulasi dan menganalisis *Bit Error Rate (BER)* untuk menguji hasil kinerja dari simulator ini.

Dari proyek akhir ini telah didapatkan hasil simulasi blok sistem komunikasi digital yang sesuai dengan teori.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. LTE (Long Term Evolution)

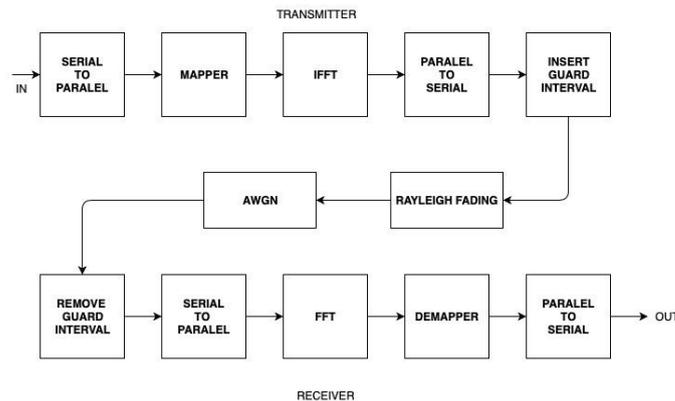
LTE adalah suatu teknologi terbaru dalam komunikasi wireless dan akan terus berkembang. LTE adalah teknologi setelah UMTS. LTE sering digunakan karena memiliki *peak data rate* dan memiliki efisiensi spectral. LTE digunakan untuk memenuhi kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas. LTE memberikan *data rate* 300 Mbps untuk *downlink* dan 75 Mbps untuk *uplink*.

### 2.2 OFDM (Orthogonal Frequency Devision Multiplexing)

OFDM adalah suatu teknik *multicarrier* dan digunakan di dalam bidang telekomunikasi. Salah satunya LTE. OFDM memiliki efisiensi pemakaian spektrum frekuensi yang baik karena spektrum sinyalnya dipisahkan kedalam beberapa frequency subcarrier yang saling tegak lurus (*Orthogonal*) namun tidak menyebabkan interferensi. OFDM juga memungkinkan untuk melawan efek multipath pada saluran telekomunikasi yang memiliki kecepatan *data rate* yang tinggi.

Pengkodean pada OFDM menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* dan ditransmisikan secara paralel. Selain itu, prinsip utama OFDM adalah pembagian kecepatan tinggi aliran data kedalam beberapa kecepatan aliran rendah yang kemudian dikirimkan secara bersamaan melalui sejumlah *subcarriers* yang saling orthogonal.[5]

Selain keunggulan yang dimiliki OFDM terdapat kelemahan yaitu hilang orthogonalitas yang disebabkan oleh *frequency offset* dan mengakibatkan adanya ICI (*Intercarrier Interference*). ICI dapat menghancurkan orthogonalitas yang dimiliki OFDM dan sinyal tidak bisa diterima.[4]



**Gambar 2. 1 OFDM Blok Sistem**

Pada blok diagram fungsional diatas, di sisi pengirim, data informasi yang masuk sebelum ditransmisikan mengalami proses *serial to paralel converter*. Data yang ada kemudian dipetakan menjadi simbol-simbol pada setiap *subcarrier* dengan menggunakan modulasi seperti BPSK, QPSK atau QAM. Sinyal OFDM dibangun menggunakan proses sinyal digital dengan Teknik IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*). Kemudian data diubah kembali menjadi serial yang kemudian dilakukan penyisipan *guard interval* yang berguna untuk menjaga orthogonalitas data. Pada sisi penerima *guard interval* dihilangkan lalu digunakan FFT (*Fast Fourier Transform*) untuk membakitkan kembali sinyal *multi-subcarrier*. Setelah itu proses deteksi symbol untuk memutuskan apakah symbol diterima dan menerjemahkannya menjadi data yang telah dikirimkan.[5]

### 2.3 Channel Code

Pada *channel code* metode yang digunakan adalah *convolutional code*. *Convolutional code* biasanya dijelaskan menggunakan 3 bilangan bulat yaitu  $n, k$  dan  $K$ , dimana rasio dari  $k/n$  memiliki *code rate* yang sama. Dan untuk  $K$  adalah parameter yang diketahui sebagai *constraint length*. [9]

### 2.4 Interleaving

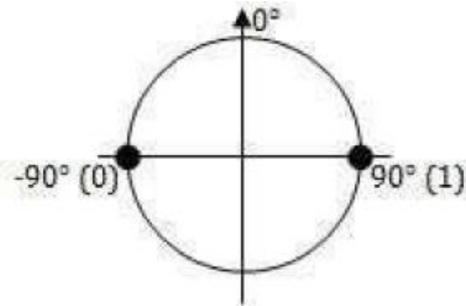
Untuk mendapatkan keragaman pada sistem setelah melalui *channel code* maka *interleaving* perlu untuk digunakan. Karena, *interleaving* dapat menghilangkan *channel correlation* dan di kasus yang sempurna *interleaving* melingkapi *decoder* dengan *encorrelated symbol*. [7]

### 2.5 Mapper

Pada mapper digunakan *adaptive modulation*. *Adaptive Modulation* adalah modulasi yang bersifat adaptif berdasarkan kualitas kanal. Skema modulasi yang ada pada LTE yaitu BPSK, QPSK dan 64 QAM.

#### 2.5.1 BPSK (Binary Phase Shift Keying)

BPSK atau 2-PSK adalah teknik modulasi digital sederhana dari modulasi PSK. BPSK mentransmisikan sinyal sinusoidal dengan nilai *amplitude* tetap. BPSK menggunakan dua *phase* yang berbeda  $180^\circ$  dan modulasi BPSK merupakan teknik paling kuat diantara teknik modulasi lainnya. BPSK merubah *phase* dari gelombang menjadi dua keadaan baik nol (0) atau satu (1) ini hanya mampu mentransmisikan 1 bit/simbol. Dalam hal ini juga dianggap sebagai kerugian dari teknik BPSK ketika menggunakan sistem yang memerlukan *data-rate* yang tinggi dengan *bandwidth* terbatas. [8]



Gambar 2. 2 Konstelasi BPSK

Untuk transmisi bit '1'

$$S_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi F_c t)$$

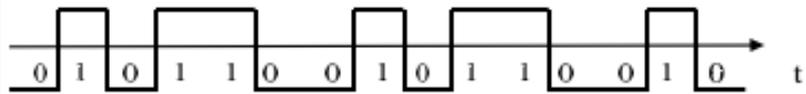
Untuk transmisi bit '0'

$$S_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi F_c t + \pi)$$

T<sub>b</sub> = Durasi Bit  
 F<sub>c</sub> = Frequency Carrier  
 E<sub>b</sub> = Energi per bit

Proses pembentukan sinyal BPSK dapat dijelaskan sebagai berikut :

Data Informasi



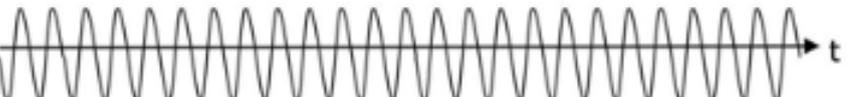
Gambar 2. 3 Data Informasi

Carrier 1



Gambar 2. 4 Data Carrier 1

Carrier 2



Gambar 2. 5 Data Carrier 2

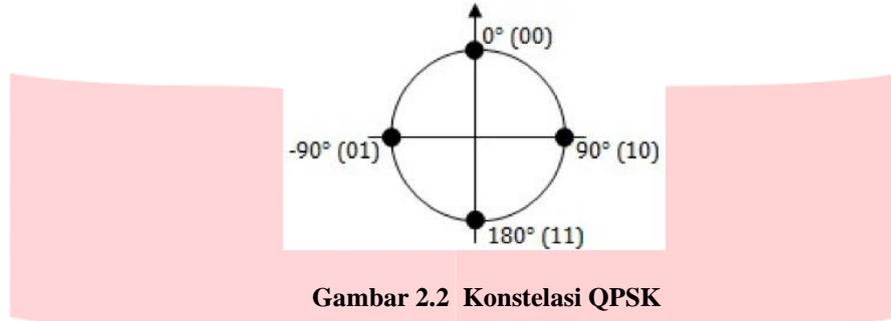
Sinyal BPSK



Gambar 2. 6 Data BPSK

**2.5.2 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)**

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mengirimkan data digital dengan cara mengubah *phase* dari sinyal carrier. QPSK merubah *phase* menjadi empat sehingga QPSK mampu mengirimkan 2 bit/symbol



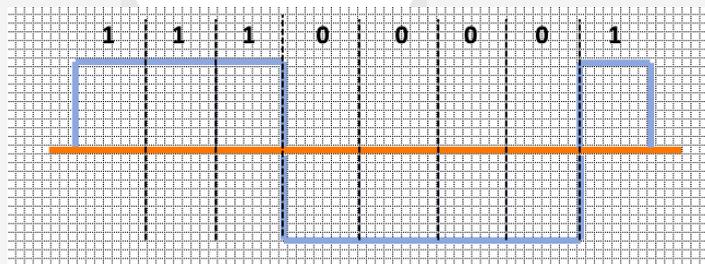
**Gambar 2.2** Konstelasi QPSK

**Table 2. 1** QPSK Channel

CHANNEL DATA		CARRIER PHASE	
Q - Data	I - Data	I	Q
0	0	0°	225°
1	0	90°	315°
1	1	180°	45°
0	1	270°	315°

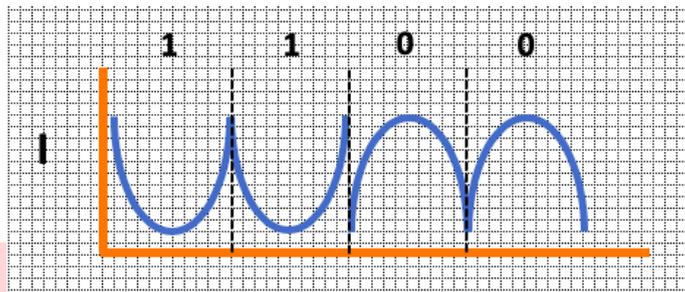
Proses pembentukan sinyal QPSK dapat dijelaskan sebagai berikut :

Data Informasi



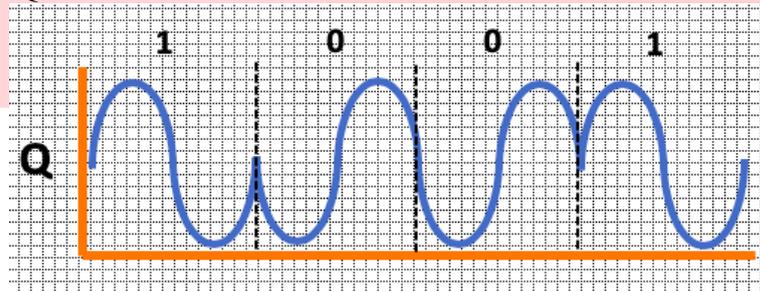
**Gambar 2.3** Data Informasi

Data I



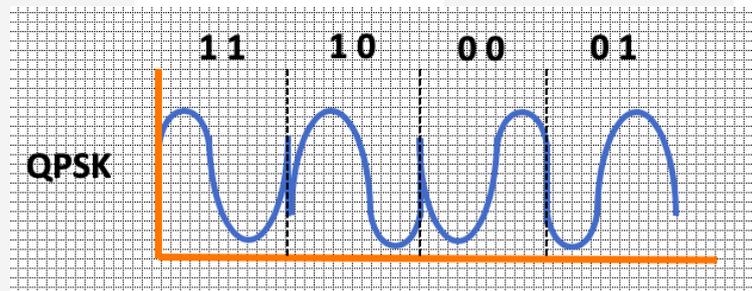
Gambar 2.4 Data I

Data Q



Gambar 2.5 Data Q

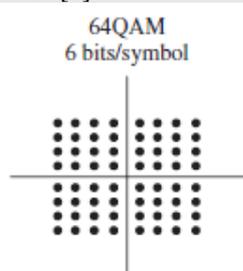
Sinyal QPSK



Gambar 2.6 Sinyal QPSK

2.5.3 64-QAM (Binary Phase Shift Keying)

64-QAM adalah modulasi kombinasi antara *Amplitude Shift Keying* (ASK) dan M-PSK dimana QAM adalah teknik modulasi yang menggabungkan *amplitude* dan *phase*. Sehingga gelombang yang menyusun konstelasinya memiliki phase dan amplitude yang bervariasi [1]



Gambar 2.7 Konstelasi 64-QAM

64 QAM adalah Teknik pengkodean QAM dengan  $M=64$  sehingga untuk memasukan digital ke modulator adalah sinyal dengan jumlah bit sebanyak 6 yang artinya dalam satu symbol mewakili 6 bit.

## 2.6 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)

IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) berfungsi untuk membangkitkan frekuensi subcarrier yang saling orthogonal dan mengubah domain frekuensi menjadi domain waktu jumlah titik harus lebih besar dari frekuensi subcarrier yang digunakan yang bertujuan untuk meminimalisir adanya interferensi. [1]

Dibawah ini merupakan persamaan dari *Inverse Fast Fourier Transform*. [2]

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{-j2\pi kn/N} \quad n=0, \dots, N-1$$

Dimana nilai  $N$  merupakan jumlah titik sample dalam frame data,  $X(k)$  adalah frequency data output dari FFT di point  $k^{\text{th}}$  dimana  $k=0, 1, \dots, N-1$  dan  $x(n)$  adalah waktu sample di point  $n^{\text{th}}$  dengan  $n=0, 1, \dots, N-1$ . [7]

## 2.7 Guard Interval

OFDM sangat *sensitive* dengan *frequency offset* yang menyebabkan hilangnya orthogonalitas seperti adanya ICI (*Intercarrier Interference*). ICI disebabkan oleh hilangnya orthogonalitas dan dapat diminimalisir dengan adanya penambahan *guard interval*. [7]

## 2.8 Rayleigh

Dalam sistem komunikasi, *Rayleigh Fading* adalah salah satu model saluran komunikasi yang digunakan ketika tidak adanya LOS (*Line of Sight*) antara pengirim dan penerima, semua kekuatan sinyal yang diterima disebabkan oleh multipath.

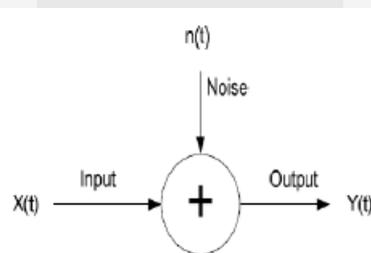
Antara pancaran sinyal yang melalui multipath dapat berinterferensi sehingga pada sinyal dapat terlihat seperti berfluktuasi. Efek fluktuasi inilah yang disebut fading. Fading juga dapat terjadi karna efek dopler yang terjadi ketika user bergerak dengan kecepatan tertentu. [6]

Fading dibagi menjadi dua jenis yaitu *Large-Scale Fading* dan *Small-Scale Fading*. *Large-Scale Fading* menggambarkan hilangnya rata-rata daya atenuasi atau *path loss* yang disebabkan adanya pergerakan di area yang luas. *Small-Scale Fading* adalah perubahan pada amplitude sinyal dan phase yang dialami karna adanya pergerakan kecil di dalam spatial separation. *Small-Scale Fading* disebut juga *Reyleigh Fading*. [9]

## 2.9 AWGN

AWGN adalah noise yang bersifat *additive* terhadap suatu sinyal transmisi yang dapat dilihat dari karakteristik noise AWGN yaitu sinyal keluaran yang Melalui kanal AWGN sama dengan sinyal asli yang ditambah dengan noise AWGN. [6]

$$Y(t) = n(t) + X(t)$$



Gambar 2.8 AWGN

*Gaussian* berarti mengikuti distribusi gaussian, Pola kemunculan Gaussian dengan nilai rata – rata (mean) adalah nol dan memiliki variansi yang tergantung dengan rapat daya yang diperkirakan dari noise tersebut.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{N_0}{2} \quad i=0,1$$

White noise pada proses AWGN bersifat *power spectral density* yaitu memiliki kerapatan daya spektrum noise merata atau dianggap merata untuk setiap frekuensi yang di transmisikan. [11]

$$S_w(f) = \frac{N_0}{2} \quad (\text{W/Hz})$$

### 2.10 FFT (Fast Fourier Transform)

FFT atau *Fast Fourier Transform* merupakan proses pengembalian dari IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dimana FFT merubah data domain waktu menjadi domain frekuensi. Data paralel yang diterima dari *converter serial to paralel* kemudian melakukan proses FFT N-point sebelum dikirim kepada demapper.[2]

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi kn/N} \quad k=0, \dots, N-1$$

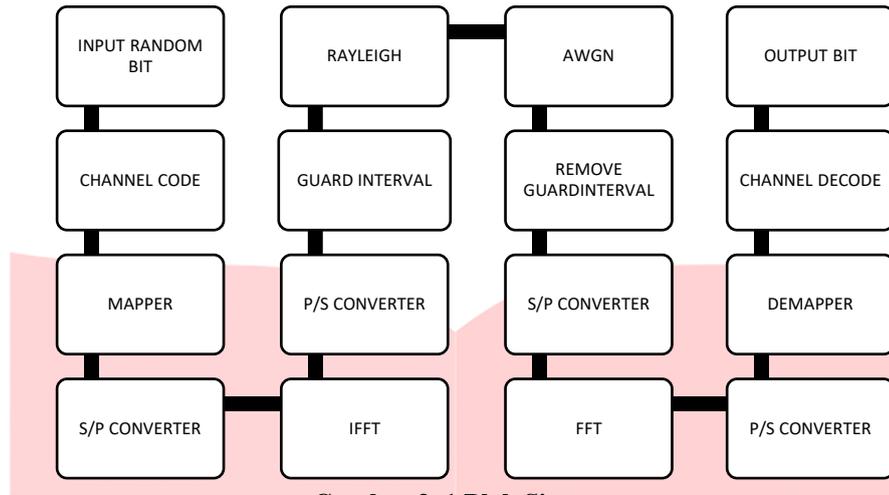
Dimana nilai N merupakan jumlah titik sample dalam frame data, X(k) adalah frequency data output dari FFT di point k<sup>th</sup> dimana k=0,1,...,N-1 dan x(n) adalah waktu sample di point n<sup>th</sup> dengan n=0,1,...,N-1.[7]

### 2.11 MATLAB (Matrix Laboratory)

MATLAB awalnya ditulis untuk menyediakan akses mudah ke perangkat lunak matriks yang dikembangkan oleh LINPACK (*Linear System Package*) dan proyek EISPACK (*Eigen System Package*). MATLAB adalah software yang mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman lainnya. MATLAB menggunakan Bahasa pemrograman yang modern. MATLAB memiliki struktur data yang canggih, memiliki komponen – komponen untuk *editing, debugging tools* dan dapat bekerja sama dengan objek pemrograman lainnya itulah yang membuat MATLAB sangat tepat untuk digunakan penelitian dan mengajar. MATLAB dapat menggunakan Bahasa computer (C,FORTRAN) untuk memecahkan masalah Teknik. MATLAB sudah ada sejak 1984 dan sekarang dipilih sebagai standard diseluruh universitas dan industry di dunia.[3]

## 3. Perancangan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan simulator OFDM pada LTE menggunakan modulasi QPSK dan 64-QAM dengan *Software* MATLAB pada kanal *Reyleigh* untuk simulator OFDM yang terdiri dari beberapa blok sistem perancangan dimana setiap blok akan menampilkan hasil *output* yang berbeda. Pada sisi *transmitter* yang memiliki *input* berupa bit, penggunaan *convolutional code* pada *channel code*, melalui proses penambahan *interleaving*, penggunaan BPSK (*Binnary Phase Shift Keying*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) dan 64-QAM (64 *Quardature Amplitude Modulation*) pada mapper, melalui proses *serial to paralel* dan *pararel to serial*, penggunaan algoritma IFFT, penambahan *Guard Interval*, penggunaan *Reyleigh channel* dan AWGN. Adapun model sistem yang telah dibuat dan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.

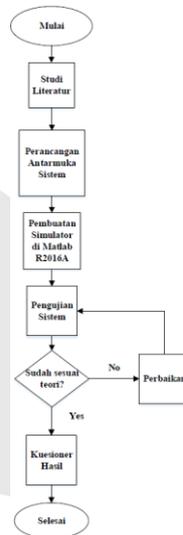


Gambar 3. 1 Blok Sistem

Sistem yang akan dirancang menggunakan data masukan (input) berupa bit biner ‘1’ dan ‘0’ yang kemudian akan melalui *channel coding* data akan mengalami proses pengkodean kembali yang bertujuan untuk meningkatkan performasi. Setelah itu proses *mapper*, dimana modulasi yang digunakan adalah modulasi BPSK, QPSK dan 64 QAM. Pada blok OFDM system disisi pengirim data mengalami proses IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dan disisi penerima data akan melalui proses FFT (*Fast Fourier Transform*) yang kemudian akan ditambahkan guard interval. Data melalui kanal *reyleigh fading* sebelum terjadi penambahan AWGN dan diterima oleh penerima.

3.1 Perancangan Sistem

Dalam pembuatan Proyek Akhir mengenai akhir Perancangan Simulator Blok Sistem Komunikasi Digital Menggunakan OFDM berbasis MATLAB ini dikerjakan secara bertahap agar menghasilkan keluaran yang sesuai dengan yang telah direncanakan serta teori yang dapat menunjang. Pada Gambar 3.3 dibawah ini menunjukkan *flowchart* yang menjelaskan mengenai perancangan simulator:



Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Simulator

Gambar 3.3 merupakan *flowchart* perancangan simulator. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan analisa kebutuhan sesuai dengan metode mengenai sistem komunikasi digital yang akan divisualisasikan menggunakan *software* Matlab. Tahap kedua yaitu melakukan perancangan antarmuka simulator. Tahap ketiga yaitu membuat simulator yang sesuai dengan blok-blok sistem komunikasi digital. Tahap keempat yaitu melakukan pengujian terhadap sistem simulator yang telah dibuat. Apabila telah sesuai dengan teori maka dilanjutkan ke tahap selanjutnya, jika tidak maka akan dilakukan perbaikan sistem simulator. Tahap selanjutnya yaitu melakukan kuisioner hasil dari simulator yang telah dibuat untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa/ terhadap simulator yang telah dibuat.

#### 4. Pengujian

##### 4.1 Skenario Pengujian

Pada Proyek Akhir ini dilakukan skenario pengujian sebagai berikut:

##### 4.1.1 Simulasi OFDM Menggunakan Modulasi Yang Sudah Dipilih

Dalam skenario ini akan dilakukan simulasi OFDM dengan bit random sebagai sinyal informasi, kemudian user mengisi parameter pada panel parameter, pemilihan jenis kanal yang akan digunakan, *channel coding*, modulasi, demodulasi, channel decoding

Langkah pertama, mengisi parameter pada panel parameter. Kemudian pilihlah jenis kanal yang akan digunakan. Kemudian tekan tombol *Start* untuk menjalankan proses. Parameter yang digunakan dalam pengujian Proyek Akhir ini yaitu:

1. BER  
Perbandingan antara bit yang salah dengan bit yang dikirimkan. Jika semakin tinggi hasil BER yang didapat, maka kesalahan yang terjadi akan semakin banyak.
2. Sub-Carrier  
Sub-carrier adalah sinyal pembawa yang dapat membawa banyak informasi dan ditransmisikan dalam satu waktu.
3. Panjang IFFT/FFT  
Sebagai pembangkit subcarrier yang saling orthogonal.

##### 4.2 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi BPSK

Pada pengujian ini digunakan dua kondisi kanal yang berbeda yaitu kanal AWGN dan Rayleigh. Kemudian pengaruh parameter OFDM yaitu jumlah subcarrier dan Panjang IFFT/FFT. Namun, memiliki data input yang sama.

**Tabel 4.1 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi BPSK**

SUBCARRIER	IFFT/FFT	AWGN		RAYLEIGH	
		BER	Eb/No	BER	Eb/No
32	512	$10^{-5}$	5 dB	$10^{-2}$	5 dB
64	1024	$10^{-10}$	5 dB	$10^{-2}$	5 dB
128	2048	$10^{-50}$	10 dB	$10^{-3}$	10 dB
256	4096	$10^{-80}$	10 dB	$10^{-5}$	10 dB

*r*

Pada table 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai Subcarrier dan Panjang FFT/IFFT maka nilai BER yang dihasilkan akan lebih kecil namun Eb/No yang dibutuhkan semakin besar.

##### 4.3 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi QPSK

Pada pengujian ini digunakan dua kondisi kanal yang berbeda yaitu kanal AWGN dan Rayleigh. Kemudian pengaruh parameter OFDM yaitu jumlah subcarrier dan Panjang IFFT/FFT. Namun, memiliki data input yang sama.

**Tabel 4.2 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi QPSK**

SUBCARRIER	IFFT/FFT	AWGN		RAYLEIGH	
		BER	Eb/No	BER	Eb/No
32	512	$10^{-5}$	5 dB	$10^{-2}$	5 dB
64	1024	$10^{-10}$	5 dB	$10^{-2}$	5 dB
128	2048	$10^{-19}$	5 dB	$10^{-3}$	5 dB
256	4096	$10^{-80}$	5 dB	$10^{-5}$	5 dB

Pada table 4.2 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai Subcarrier dan Panjang FFT/IFFT maka nilai BER yang dihasilkan akan lebih kecil dikondisi nilai Eb/No sama .

#### 4.4 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi 64-QAM

Pada pengujian ini digunakan dua kondisi kanal yang berbeda yaitu kanal AWGN dan Rayleigh. Kemudian pengaruh parameter OFDM yaitu jumlah subcarrier dan Panjang IFFT/FFT. Namun, memiliki data input yang sama.

**Tabel 4.3 Pengujian Simulasi OFDM Dengan Modulasi 64-QAM**

SUBCARRIER	IFFT/FFT	AWGN		RAYLEIGH	
		BER	Eb/No	BER	Eb/No
32	512	$10^{-4}$	10 dB	$10^{-1}$	10 dB
64	1024	$10^{-10}$	10 dB	$10^{-2}$	10 dB
128	2048	$10^{-22}$	10 dB	$10^{-2}$	5 dB
256	4096	$10^{-30}$	10 dB	$10^{-3}$	5 dB

Pada table 4.3 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai Subcarrier dan Panjang FFT/IFFT maka nilai BER yang dihasilkan akan lebih kecil dikondisi nilai Eb/No sama .

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, bahwa proses simulasi blok komunikasi digital menggunakan OFDM, dapat ditarik kesimpulan:

1. Simulasi ini dibuat dengan *software* MATLAB R2018a menggunakan fitur GUI. Simulasi ini memiliki *input* bit yang akan dibangkitkan secara acak atau *random*.
2. Berdasarkan hasil pengujian semakin tinggi tingkatan modulasi, maka nilai BER yang didapat semakin besar.
3. Berdasarkan hasil simulasi, jumlah subcarrier dan panjang IFFT/FFT berpengaruh dengan nilai BER dan Eb/No yang dihasilkan. Karena, jumlah subcarrier dan IFFT/FFT berhubungan dengan banyaknya informasi yang dapat dibawa.
4. Perbandingan kinerja sistem menggunakan kanal AWGN dan kanal Rayleigh dapat dilihat bahwa performansi menggunakan kanal AWGN dinilai lebih baik dan kanal Rayleigh memiliki performansi yang lebih buruk. Karena, kanal AWGN merupakan kanal ideal pada sistem komunikasi dimana pada AWGN memiliki sifat additive. Sedangkan, pada kanal Rayleigh merupakan kondisi dimana receiver dan transmitter tidak diposisi LOS.

## 5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilengkapi dengan pilihan mapper yang lain.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan membuat simulator yang lebih menarik
3. Untuk penelitian selanjutnya sistem blok OFDM pada bagian receiver ditampilkan

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ananta, I. Santoso, and A. Zahra. 2011. Simulasi Perbandingan Kinerja Modulasi M-PSK Dan M-QAM Terhadap Laju Data Pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro Semarang.
- [2] Bin Li, Wei Zheng, Shabo Ren, Jianjan Wu.2012.Optimal Selection of Cyclix-prefix and Sub-carrier for OFDM Signal in mobile Satellite Communications Channel.Beijing. Institution of Advanced Communications. EECS. Peking. University.
- [3] David, H.2005.Introduction To Matlab For Engineering Students.Northwestern University
- [4] Haritha, C, Prasad, K.2015.Performance analysis of ICI in OFDM system using Self-Cancellation and Extended Kalman Filtering. International Journal of Advanced Research in Elctronics and Communication Engineering (IJARECE) Vol.4
- [5] Hidayat, R.2016. Orthogonalitas dan Simulasi Performa OFDM. Jurnal Ilmiah Kopertis Wilayah IV Vol.1
- [6] M. L. Hakim, I. Santoso, Sukiswo. 2010. Analisis Kinerja Sistem MIMI-OFDM Pada Kanal Rayleigh Dan Awgn Dengan Modulasi Qpsk. Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro Semarang.
- [7] R.Bhavani, D.Sudhakar.2013. Design And Implementation Of Inverse Fast Fourier Transform For OFDM. International Journal Of Science And Engineering Aplications Vol 2.
- [8] Sachin, Natasha, Chandni.2015.Analyzing the BER Performance of OFDM-System with QPSK and BPSK Modulation Technique. International Journal of Innovation Research in Advanced Engineering (IJIRAE) Vol.2
- [9] Sklar,B. 1999. "Rayleigh Fading Channels" Mobile Communications Handbook. Boca Raton:CRC Press LLC.