

**ANALISIS PERFORMANSI *ORTHOGONAL
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)*
PADA KANAL *RAYLEIGH FADING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

INGGIT SABNI PRATIWI
10555001616



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2010**

**ANALISIS PERFORMANSI *ORTHOGOHAL*
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)
PADA KANAL *RAYLEIGH FADING***

INGGIT SABNI PRATIWI

10555001616

Tanggal Sidang : 3 Februari 2010

Periode Wisuda : 25 Februari 2010

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) merupakan transmisi *multicarrier*, dimana dari spektrum yang ada dibagi ke dalam beberapa *subcarrier*. Dari masing-masing *subcarrier* tersebut dimodulasikan dengan *stream* data pada rate yang rendah. Pada penelitian ini dilakukan simulasi performansi sistem OFDM pada kanal *fading* terdistribusi *rayleigh*, dengan aplikasi menggunakan kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka. Sistem OFDM akan direpresentasikan dalam sebuah model matematis, kemudian disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman Matlab 7.8. Simulasi dianalisis dan digambarkan dalam bentuk unjuk kerja OFDM, yaitu *Bit Error Rate (BER)* dan *Signal to Noise Ratio (SNR)*. Untuk melihat *trade-off* antara kapasitas dan ketahanan sistem OFDM digunakan dua teknik modulasi yaitu BPSK dan QPSK. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa sistem OFDM dengan modulasi BPSK dan QPSK menunjukkan performansi yang cukup baik pada kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka karena bisa mencapai BER 10^{-3} .

Kata kunci : BPSK, *FADING*, OFDM, QPSK, *RAYLEIGH*

**PERFORMANCE ANALYSIS ORTHOGONAL
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)
AT RAYLEIGH FADING CHANNEL**

INGGIT SABNI PRATIWI

10555001616

Date of Final Exam : 3 February 2010

Graduation Ceremony Period : 25 February 2010

Electrical Engineering Department

Faculty of Science and Technology

State Islamic University Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) is multicarrier transmission, which of spectrum that is existing divided into some subcarrier. From each subcarrier will be modulation with a low rate data stream. In this study conducted a simulation OFDM system performance in distributed Rayleigh fading channels with application by using urban channel, rural channel, terrain channel. OFDM system will be represented in a mathematical model of actual close. Then the model is to be simulated using the programming language Matlab 7.8. Simulation analyzed and described in the performance of OFDM, the BER (Bit Error Rate) and SNR (Signal to Noise Ratio). To see trade-off among capacities and resistance system of OFDM used two modulation technique there are BPSK and QPSK. From result of research is obtained conclusion that OFDM system with BPSK and QPSK modulation shows excellent performance in urban channel, rural channel, terrain channel because can achieve BER 10^{-3} .

Key word: BPSK, FADING, OFDM, QPSK, RAYLEIGH

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-1
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan	I-2
1.5 Metode Penelitian	I-2
1.6 Sistematika Penulisan	I-3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Sejarah Perkembangan OFDM	II-2
2.3 Prinsip Kerja OFDM.....	II-3
2.4 Kanal <i>Rayleigh Fading</i>	II-7
2.5 Matlab	II-8
2.5 <i>Toolbox</i> telekomunikasi yang digunakan.....	II-9

BAB III MODEL & SIMULASI UNTUK SISTEM OFDM

3.1 Model Simulasi untuk Sistem OFDM.....	III-1
3.1.1 Penghasil Data Acak	III-2
3.1.2 Pengubah Seri ke Paralel	III-2
3.1.3 Modulasi Data	III-3
3.1.4 <i>Invers Transformasi Fourier (IFFT)</i>	III-3
3.1.5 Penyisipan Interval Penjaga	III-3
3.1.6 Pengubah Paralel ke Seri.....	III-3
3.1.7 Kanal	III-3
3.1.8 Pengubah Seri ke Paralel	III-3
3.1.9 Penghilang Interval Penjaga	III-3
3.1.10 <i>Transformasi Fourier (FFT)</i>	III-4
3.1.11 Demodulasi Data.....	III-4
3.1.12 Pengubah Paralel ke Seri	III-4
3.2 Diagram Alir untuk Sistem OFDM.....	III-4
3.3 Parameter-Parameter Simulasi OFDM	III-11

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA

- 4.1 Performansi OFDM pada Kanal *Rayleigh Fading* IV-1
 - 4.1.1 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Perkotaan.. IV-2
 - 4.1.2 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Pedesaan... IV-3
 - 4.1.3 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Terbuka..... IV-4

BAB V PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan V-1
- 5.2 Saran V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan keperluan kecepatan data dan kualitas pelayanan pada sistem komunikasi wireless saat ini memerlukan teknik transmisi baru yang dapat meningkatkan efisiensi spektrum dan memperbaiki kehandalan link. Sistem transmisi digital pada teknologi telekomunikasi memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem transmisi analog, antara lain dalam meminimalisasi *noise* dan interferensi. Salah satu sistem transmisi yang tepat digunakan yaitu *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), dimana OFDM ini merupakan sistem transmisi data paralel baru yang mampu meningkatkan efisiensi lebar bidang. Bidang penghalang dihilangkan, spektrum frekuensi sub-pembawa saling bersinggungan namun tidak saling mengganggu.

Tetapi pentransmisian sinyal informasi melalui suatu kanal telekomunikasi selalu dipengaruhi oleh *noise* dan efek-efek gangguan lain yang dapat menyebabkan terjadinya *bit error* pada sinyal informasi yang diterima. Pada Tugas Akhir ini akan dibahas performansi (unjuk kerja) dari sistem OFDM tersebut pada kanal *Rayleigh fading*. Hasil penelitian berupa grafik *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) menggunakan teknik modulasi BPSK dan QPSK.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menganalisa seberapa baik tingkat performansi OFDM pada kanal *Rayleigh fading*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

- a. Membuat simulasi dengan menggunakan program Matlab 7.8, untuk menunjukkan seberapa baik performansi OFDM pada kanal *Rayleigh fading*.
- b. Parameter – parameter performansi yang dicari adalah BER (*Bit Error Rate*) dan SNR (*Signal to Noise Ratio*).
- c. Hanya menggunakan teknik modulasi BPSK (*Binary Phasa Shift Keying*) dan QPSK (*Quadratur Phasa Shift Keying*).

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menganalisa performansi OFDM pada kanal *Rayleigh fading*.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan yaitu :

- a. Metode studi literatur
Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi-informasi dan pengetahuan sebagai referensi dalam melakukan penelitian.
- b. Pemodelan dan Simulasi
Karena sulitnya untuk melakukan perhitungan secara manual dan mahalnya peralatan pengukuran sinyal maka sistem yang akan diteliti direpresentasikan dalam sebuah model yang mendekati sebenarnya. Model tersebut akan disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman komputer untuk menghitung dan menghasilkan data-data performansi yang akan dianalisa.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini dibagi menjadi lima bab, hal ini dimaksudkan agar dalam penulisan laporan tugas akhir dapat diketahui tahapan dan batasannya. Adapun sistematikanya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode penelitian serta sistematika penulisan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini membahas tentang pendahuluan OFDM, prinsip kerja OFDM, sejarah perkembangan OFDM, *kanal Rayleigh fading*, dan Matlab.

BAB III MODEL DAN SIMULASI UNTUK SISTEM OFDM

Pada bab ini menjelaskan tentang model simulasi untuk sistem OFDM mulai dari *transmitter* (pengirim), *channel* (kanal) dan *receiver* (penerima).

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada bab ini menampilkan hasil grafik dari simulasi dan juga dilakukan analisa terhadap grafik yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan yang dihasilkan setelah melakukan penelitian dan beberapa saran yang diberikan oleh peneliti.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

Dalam perkembangan transmisi data pada komunikasi bergerak dibutuhkan sistem yang memiliki keunggulan - keunggulan dibandingkan dengan sistem yang sebelumnya atau dibandingkan dengan sistem yang sudah ada. Keunggulan - keunggulan itu bisa berupa efisiensi *bandwidth* yang lebih baik, *Bit Error Rate* (BER) yang rendah, kapasitas *user* yang banyak dan sebagainya.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Dimana pemakaian frekuensi yang saling *orthogonal* pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Hal tersebut dapat menghilangkan proses penyamaan (*equalization*) dan pemakaian frekuensi penghalang di bagian penerima pada pengguna sistem FDMA atau FDM. Frekuensi-frekuensi *subcarrier* seperti ini menghemat pemakaian lebar bidang hampir 50 % (Suriani, 2008).

Orthogonal merupakan sifat matematika dari dua vektor yang saling tegak lurus. OFDM merupakan bentuk khusus dari FDM, yang menempatkan sinyal-sinyal *sub-carrier* sedekat mungkin, sehingga dapat menghemat pemakaian lebar bidang, namun tetap mempertahankan sifat *orthogonal* antar sinyal.

Ada beberapa contoh pengaplikasian OFDM pada komunikasi digital, antara lain :

- a. ADSL (*Asymimetric Digital Subscriber Lines*)
- b. Teknologi *Powerline*
- c. WLAN dan MAN
- d. Radio dan Televisi Digital
- e. *Ultra Wideband*

Pada penelitian ini diterapkan dua teknik modulasi diantaranya yaitu BPSK (*Binary Phasa Shift Keying*) dan QPSK (*Quadratur Phasa Shift Keying*). Modulasi BPSK merupakan modulasi yang mempunyai kemungkinan nilai 1 dan 0, untuk QPSK kemungkinan nilai yang akan dihasilkan yaitu : 00, 01, 10, 11.

2.2 Sejarah Perkembangan OFDM

Konsep OFDM pertama kali diusulkan pada tahun 1950 sebagai sistem transmisi data paralel baru yang mampu meningkatkan efisiensi lebar-bidang, dan selesainya penyusunan teori-teori dasar dari OFDM ini yaitu pada tahun 1960. OFDM telah dipatenkan di Amerika pada tahun 1966. Tujuan dari OFDM adalah memanfaatkan *bandwidth* yang tersedia secara lebih efisien dengan cara menghilangkan bidang penghalang, spektrum frekuensi sub-pembawa saling bersinggungan namun tidak saling mengganggu, sehingga terhindar dari ICI (*Inter Carrier Interference*). Penerapan OFDM pertama kalinya yaitu pada komunikasi militer, dan sekarang pengaplikasian dari teknologi OFDM sudah berkembang pada komunikasi digital dan *wireless*.

Aplikasi pertama dari OFDM yaitu *AN/GSC-10 (KATHRYN) variable rate data modem* dibangun untuk radio frekuensi tinggi, yang mana pada sistemnya sekitar 34 kanal dengan laju rendah menggunakan modulasi PSK dihasilkan oleh sekelompok frekuensi yang dimultiplek. Lebar pita antar dua kanal adalah 82 KHz yang dialokasikan untuk periode penjaga. Dua contoh dari aplikasi OFDM pada sistem frekuensi militer yaitu *KINIPLEX* dan *ANDEFT*.

Sistem OFDM terlalu mahal dan kompleks untuk direalisasikan sebelum diterapkannya teknologi pemrosesan sinyal pada sistem ini, hal itu disebabkan karena pada sistem ini penggunaan modulator paralel untuk menghasilkan *carrier* jamak tidak efisien jika direalisasikan terhadap perangkat analog. Selain itu, pada bagian penerima diperlukan demodulasi fasa yang sangat presisi agar terhindar dari *crosstalk*, yang mana hal tersebut tidak bisa dilakukan oleh modulator analog. Tetapi pada teknologi digital, permasalahan itu bisa diselesaikan dengan menggunakan perangkat DSP. Weinstein dan Ebert mengusulkan penggunaan Transformasi Fourier Diskrit (DFT) untuk sistem transmisi data paralel agar dihasilkan *carrier* jamak yang stabil. Selain bisa bekerja secara baik DFT juga dapat diprogram serta dibuat fleksibel.

Tahun 1980, sistem OFDM dipelajari untuk dapat diterapkan pada modem berkecepatan tinggi, komunikasi digital, dan perekaman intensitas tinggi. Hirosaki menggali teknik OFDM untuk multiplek QAM menggunakan DFT. Perangkat

tersebut juga dapat dirancang untuk modem data suara 19.2 kbps menggunakan multiplex QAM. Pengaplikasian OFDM diluar transmisi, *Feigh et al* menggali teknik nada jamak diskrit menggunakan DFT untuk aplikasi kanal penyimpanan magnet yang dilinearkan.

Eksplorasi terhadap OFDM terjadi pada tahun 1990, yaitu untuk komunikasi data pita lebar melalui kanal radio bergerak FM, HDSL (*High Bit Rate Digital Subscriber Lines*), ADSL, VHDSL (*Very High Speed Digital Subscriber lines*), DAB (*Digital Audio Broadcasting*), *digital television* dan HDTV (*High Definition Television terrestrial broadcasting*). *Cimini* mengusulkan sebuah sistem komunikasi seluler berbasis OFDM, hal itu dikarenakan OFDM tahan terhadap propagasi jalur jamak, maka OFDM berkemungkinan untuk dipertimbangkan agar dapat diterapkan pada komunikasi bergerak. Selama tahun 1990-an, dalam sejumlah penelitian OFDM juga diusulkan sebagai teknik transmisi komunikasi bergerak berbasis *multicarrier* FDMA, dimana masing-masing *user* memiliki sekelompok *subchannel random*.

Chow et al, mempelajari modulasi nada jamak dengan DFT pada perancangan pengirim-penerima dengan menunjukkan metode yang digunakannya merupakan metode sempurna untuk menyalurkan data kecepatan tinggi ke pelanggan baik secara performansi dan biaya, untuk ADSL (1,536 Mbps), HDSL(1,6 Mbps) dan VDSL(100 Mbps). Terakhir, OFDM telah sukses diterapkan pada penyiaran sinyal suara digital seperti pada DVB (*Digital Video Broadcast*), dan DAB serta OFDM juga berhasil diimplementasikan pada aplikasi *wireless LAN* (Purnamirza, 2007).

2.3 Prinsip Kerja OFDM

OFDM adalah sebuah teknik transmisi dengan banyak frekuensi (*multicarrier*), menggunakan DFT. Bagan dasar dari OFDM ditampilkan pada Gambar 2.1 Cara kerjanya adalah sebagai berikut :

Bagian pengirim

- a. Deretan data informasi yang akan dikirim dikonversikan kedalam bentuk paralel, sehingga bila *bit rate* semula adalah R , maka *bit rate* di tiap-tiap jalur paralel adalah R/M dimana M adalah jumlah jalur paralel (sama dengan jumlah *sub-carrier*).
- b. Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap *sub-carrier*. Modulasi ini bisa berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM.
- c. Kemudian sinyal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam IDFT (*Inverse Discrete Fourier Transform*), untuk pembuatan simbol OFDM. Penggunaan IDFT ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus, mengenai hal ini akan dijelaskan lebih lanjut.
- d. Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi kedalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim. Sinyal yang terkirim tersebut, dalam persamaan matematik bisa diekspresikan sebagai berikut,

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n f(t - nT) e^{j(\omega_0 t + \varphi)} \right\} \quad (2.1)$$

Dimana :

$s(t)$ = Sinyal dikirim dalam gelombang waktu,

Re = bagian *real* dari persamaan,

$f(t)$ = respons impuls dari filter transmisi,

T = periode simbol,

ω_0 = frekuensi pembawa (*carrier frequency*) dalam bentuk radian,

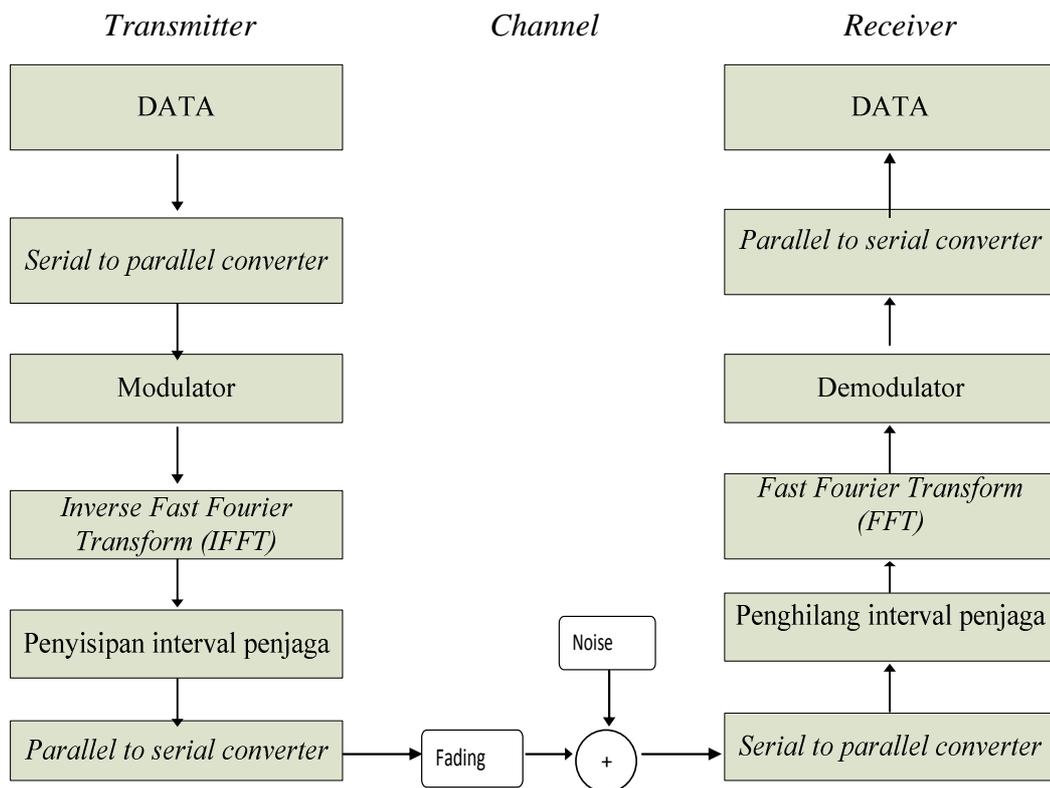
j = fase *carrier* (*carrier phase*),

b_n = data informasi yang telah termodulasi yang menjadi input dari IDFT.

Sebelum dikirim ke penerima, data yang diproses pada *transmitter* akan dikirim melewati kanal. Pada kanal akan ditambahkan dengan *noise*. Setelah data melewati kanal tersebut maka data akan diteruskan dan diterima melalui *receiver*.

Bagian penerima

- a. Sedangkan pada stasiun penerima, dilakukan operasi yang berkebalikan dengan apa yang dilakukan di stasiun pengirim. Mulai dari konversi dari serial ke paralel.
- b. Kemudian konversi sinyal paralel dengan FFT (*Fast Fourier Transform*).
- c. Selanjutnya sinyal di demodulasi.
- d. mengkonversi sinyal dari paralel ke serial.
- e. Dan akhirnya kembali menjadi bentuk data informasi.



Gambar 2.1 Model sistem OFDM

Satu prinsip kunci dari OFDM adalah dimana skema modulasinya dengan rasio simbol yang rendah sehingga hanya mendapat sedikit pengaruh *intersymbol interference* dari *multipath fading*. Oleh karena itu, maka dapat ditransmisikan sejumlah aliran *low-rate* dalam paralel, bukan aliran *high-rate* tunggal. Karena durasi dari tiap simbol panjang, maka memungkinkan untuk penyisipan *guard interval* di antara simbol-simbol OFDM, sehingga dapat menghilangkan *intersymbol interference*. Pemakaian frekuensi yang saling *orthogonal* pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain.

Selain memiliki beberapa keunggulan, OFDM juga pastinya mempunyai kekurangan karena sistem ini merupakan sistem hasil buatan manusia. Untuk lebih jelasnya keunggulan dan kelemahan dari OFDM ini diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Keunggulan dan kelemahan OFDM

No	Keunggulan	Kelemahan
1.	Efisien dalam pemakaian frekuensi	<i>Frequency Offset</i>
2.	Kuat menghadapi <i>frequency selective fading</i>	Distorsi <i>Nonlinear</i>
3.	Tidak sensitif terhadap sinyal tunda	Sinkronisasi Sinyal

Sumber : (Sigit, 1999)

Noise untuk keperluan desain sistem komunikasi biasanya dianggap memiliki karakteristik sebagai berikut:

- *White noise*; Spektrum rapat daya noise dianggap memiliki harga yang sama untuk setiap frekuensi (dalam pita komunikasi yang digunakan).
- Terdistribusi Gaussian; Pola kemunculan *noise* dianggap terdistribusi Gaussian dengan nilai rata-rata (*mean*) adalah nol dan varians tergantung rapat daya yang diperkirakan dari *noise* tersebut. *Noise* (seperti keadaan di atas disebut dengan *Additive White Gaussian Noise* (AWGN)

2.4 Kanal Rayleigh Fading

Dalam komunikasi selular, tentunya jarang sekali terjadi hubungan langsung saja. Sinyal banyak mengalami pantulan dimana-mana, sehingga terdapat berbagai macam jalur yang dilalui sinyal untuk sampai ke penerima (*multipath*). Antara sinyal yang pancarannya melalui *multipath* tersebut dapat berinterferensi positif maupun negatif sehingga pada penerima terlihat bahwa sinyal tersebut berfluktuasi. Efek fluktuasi sinyal ini biasa disebut dengan *Fading*.

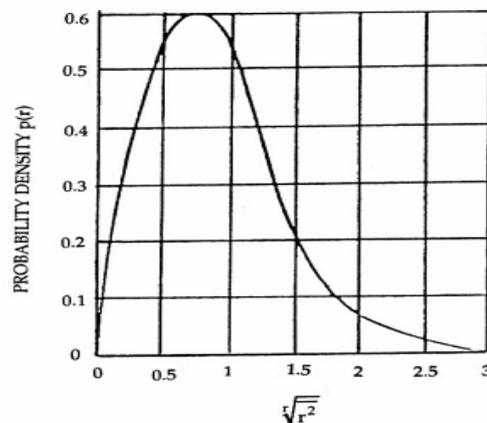
Dengan kata lain, *fading* merupakan penurunan daya penerima. *Fading* menyebabkan suatu kondisi dimana sinyal yang diterima terlalu jelek untuk dilakukan pemrosesan sinyal selanjutnya, yaitu demodulasi. *Fading* juga dapat terjadi karena efek doppler, yang terjadi jika *user* bergerak dengan kecepatan relatif terhadap *base station*. Perlu diperhatikan bahwa *fading* hanya membesarkan-kecilkan sinyal, bukan membalikkan polaritas sinyal. Sinyal yang mengecil (terkena *fading*) tentunya akan lebih mudah mudah berbalik polaritas ketika terkena *noise*. Kanal *Rayleigh fading* yang berdistribusi *rayleigh* mempunyai persamaan fungsi rapat peluang, dirumuskan sebagai berikut:

$$P(r) = \begin{cases} \frac{\pi r}{2m^2} e^{-\frac{\pi r^2}{4m^2}}, & r \geq 0 \\ 0, & r < 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

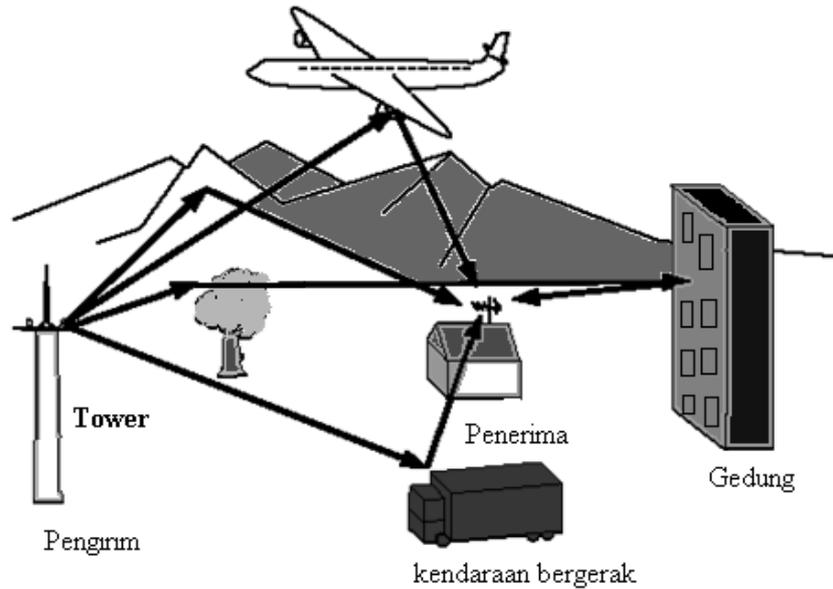
Dimana:

r = *fading* cepat sinyal penerima

m = *local mean* dari r



Gambar 2.2 Fungsi rapat peluang distribusi *Rayleigh* (Santoso, 2008)



Gambar 2.3 Fenomena *multipath fading* (Osman, 2006)

Dari Gambar 2.3 diatas dapat dilihat bahwa penerima dalam keadaan diam, dikelilingi oleh beberapa obyek yang diam dan bergerak seperti kendaraan lain. Sinyal yang diterima akan menunjukkan adanya *fading*, karena penerima akan menerima gabungan sinyal atau jumlah superposisi dari keseluruhan sinyal yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*). Hal ini menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh penerima akan bervariasi.

2.5 Matlab

Matlab merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan. Bahasa ini mengintegrasikan kemampuan komputasi, visualisasi dan pemograman dalam sebuah lingkungan yang tunggal dan mudah digunakan. Matlab memberikan sistem interaktif yang menggunakan konsep *array* matrik sebagai standar variabel elemennya tanpa membutuhkan pendeklarasian *array* seperti pada bahasa program lain. Matlab berasal dari kata *Matrix Laboratory*, ditulis pada tahun 1970 (Suriani, 2008).

Matlab dikembangkan oleh Mathworks.Inc merupakan *software* yang paling efisien untuk perhitungan numerik berbasis matriks. Dengan demikian jika didalam perhitungan kita dapat menformulasikan masalah ke dalam format matriks maka matlab merupakan *software* terbaik untuk penyelesaian numeriknya. Bahasa pemrograman ini sering digunakan untuk teknik komputasi numerik, yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dll. Sehingga matlab banyak digunakan pada :

- Matematika dan Komputansi
- Pengembangan dan Algoritma
- Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototipe
- Analisa Data , eksplorasi dan visualisasi
- Analisis numerik dan statistik
- Pengembangan aplikasi teknik

Saat ini matlab memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai problem solver mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu. Pada penelitian ini penulis menggunakan Matlab versi 7.8 dengan M-file untuk programnya.

2.6 *Toolbox* Telekomunikasi yang digunakan :

1. *reshape* = Merubah ukuran suatu matrik kemudian dibentuk kembali.

Contoh : merubah ukuran matrix 3x4 menjadi 2x6

Jika diberikan sebuah matrik A.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 & 10 \\ 2 & 5 & 8 & 11 \\ 3 & 6 & 9 & 1 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan suatu perintah *reshape*

$B = \text{reshape}(A, 2, 6)$

Maka akan menghasilkan sebuah matrik B:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 & 11 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 & 12 \end{pmatrix}$$

2. *floor* = Membulatkan ke arah minus tak hingga

Contoh : Jika diberikan sebuah nilai a seperti dibawah ini

$$a = \begin{matrix} -1.9000 & -0.2000 & 3.4000 & 5.6000 \\ 7.0000 & 2.4000 + 3.6000i & & \end{matrix}$$

Dengan menggunakan suatu perintah *floor*

floor(a)

Maka akan mendapatkan hasil pembulatangannya sebagai berikut:

$$\text{ans} = \begin{matrix} -2.0000 & -1.0000 & 3.0000 & 5.0000 \\ 7.0000 & 2.0000 + 3.0000i & & \end{matrix}$$

3. *angle* = Sudut suatu bilangan kompleks pada empat kuadran.

Contoh : Jika diberikan nilai Z seperti dibawah ini

$$Z = \begin{bmatrix} 1 - 1i & 2 + 1i & 3 - 1i & 4 + 1i \\ 1 + 2i & 2 - 2i & 3 + 2i & 4 - 2i \\ 1 - 3i & 2 + 3i & 3 - 3i & 4 + 3i \\ 1 + 4i & 2 - 4i & 3 + 4i & 4 - 4i \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan perintah *angle*

$P = \text{angle}(Z)$

Maka akan mendapatkan hasil sebagai berikut:

$$P = \begin{matrix} -0.7854 & 0.4636 & -0.3218 & 0.2450 \\ 1.1071 & -0.7854 & 0.5880 & -0.4636 \\ -1.2490 & 0.9828 & -0.7854 & 0.6435 \\ 1.3258 & -1.1071 & 0.9273 & -0.7854 \end{matrix}$$

4. *rem* = Sisa pembagian

5. *real* = Bagian *real* suatu bilangan kompleks

Contoh : untuk mendapatkan bagian yang real pada bilangan kompleks maka kita akan menggunakan perintah *real* maka akan mendapatkan hasil seperti dibawah ini.

real(2+3*i) is 2

6. *round* = Pembulatan kearah bilangan bulat terdekat

Contoh : Jika diberikan sebuah nilai a

```
a = kolom 1 hingga 4
      -1.9000      -0.2000      3.4000      5.6000
      Kolom 5 hingga 6
      7.0000      2.4000 + 3.6000i
```

Dengan menggunakan perintah *round*

round(a)

Maka nilai a tersebut akan dibulatkan kebilangan terdekat seperti dibawah ini:

```
ans = kolom 1 hingga 4
      -2.0000      0      3.0000      6.0000
      kolom 5 hingga 6
      7.0      2.0000 + 4.0000i
```

7. *rand* = Data acak

Contoh : jika kita menggunakan perintah *rand* pada sebuah matrik maka matrik tersebut akan bernilai acak, seperti contoh dibawah ini:

R = *rand*(3,4) may produce

```
R = 0.2190  0.6793  0.5194  0.0535
     0.470  0.9347  0.8310  0.5297
     0.471  0.3835  0.0346  0.6711
```

8. *ceil* = Pembulatan kearah tak hingga.

Contoh : Jika diberikan sebuah nilai a

```
a = kolom 1 hingga 4
      -1.9000      -0.2000      3.4000      5.6000
      kolom 5 hingga 6
      7.0000      2.4000 + 3.6000i
```

Dengan menggunakan perintah *ceil*

ceil(a)

Maka akan menghasilkan pembulatan nilai kearah tak hingga seperti dibawah ini:

```
ans =
      kolom 1 hingga 4
      -1.0000      0      4.0000      6.0000
      kolom 5 hingga 6
      7.0      3.0000 + 4.0000i
```

9. *abs* = Harga mutlak.

Contoh : untuk mendapatkan suatu harga mutlak maka digunakan perintah *abs* seperti dibawah ini:

```
abs(-5)
ans = 5
```

10. *conj* = Konjugat bilangan kompleks

Contoh :

Syntax : $ZC = conj(Z)$

11. *plot* = Menampilakn grafik

Contoh : untuk menampilkan sebuah grafik dari program maka digunakan perintah *plot*

```
x = -pi:.1:pi;
y = sin(x);
plot(x,y)
```

12. *clear* = Digunakan untuk menghapus variabel

13. *clc* = Digunakan untuk membersihkan layar

14. *delete* = Digunakan untuk menghapus file

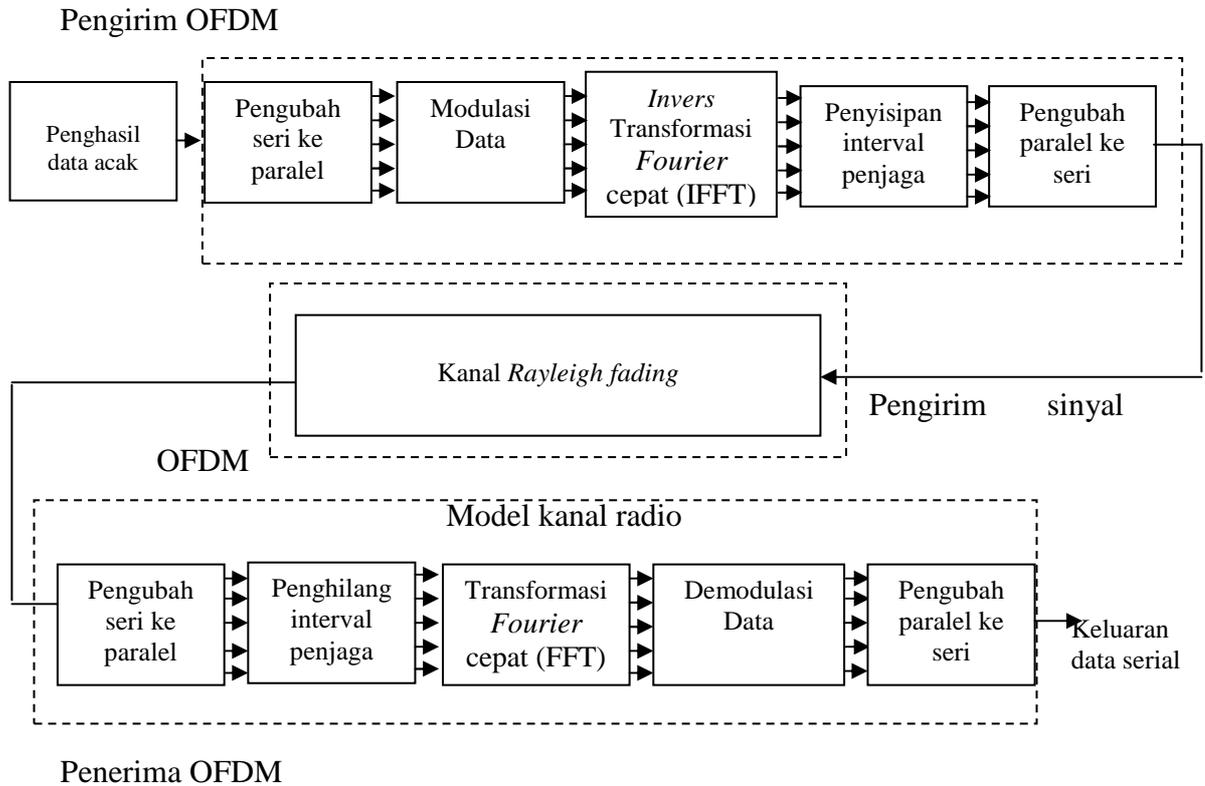
BAB III
MODEL SIMULASI UNTUK SISTEM
ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)

Simulasi merupakan proses peniruan yang nyata terhadap karakteristik dari suatu sistem-sistem fisik atau abstrak. Pada penelitian ini dibutuhkan proses simulasi terhadap sistem OFDM. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk melakukan perhitungan secara manual dan mahalnya peralatan pengukuran sinyal, maka sistem yang akan diteliti direpresentasikan dalam sebuah model yang mendekati sistem sebenarnya, model tersebut akan disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman komputer. Pada penelitian ini simulasinya menggunakan bahasa pemrograman yaitu Matlab versi 7.8 karena bahasa pemrograman ini memiliki kemampuan yang bagus untuk memproses data yang sangat banyak sebagaimana yang dibutuhkan pada simulasi OFDM.

Pada penelitian ini simulasi digunakan untuk melakukan pengujian terhadap unjuk kerja OFDM pada kanal *Rayleigh fading* dengan dua teknik modulasi yaitu BPSK dan QPSK.

3.1 Model Simulasi untuk Sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*

Pada penelitian ini OFDM dimodelkan dalam tiga sistem yaitu pengirim, kanal *Rayleigh fading* dan penerima yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Masing-masing blok diagram dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model untuk sistem OFDM

3.1.1 Penghasil Data Acak

Penghasil data acak digunakan untuk menghasilkan data biner acak seri. Data acak biner ini merupakan model informasi mentah yang akan dikirim dan kemudian diinputkan pada pengirim/pemancar OFDM.

3.1.2 Pengubah Seri ke Paralel

Masukan data biner serial akan di format ke dalam ukuran kata yang diperlukan untuk transmisi, misalnya 2 bit/kata untuk QPSK, kemudian data itu akan di format ke dalam bentuk paralel dengan cara menetapkan masing-masing data kata sebagai pembawa didalam transmisi.

3.1.3 Modulasi Data

Pengkodean diferensial dengan simbol sebelumnya akan dilakukan pada masing-masing *carrier* data yang ditransmisikan, kemudian memetakannya ke dalam suatu penguncian geser fasa (PSK). Pada awalnya suatu simbol tambahan akan ditambahkan karena pengkodean diferensial memerlukan acuan fasa inisial. Data pada masing-masing simbol kemudian dipetakan ke suatu sudut fase berdasarkan pada metoda modulasi. Untuk menghasilkan amplitudo sinyal yang tetap, kesederhanaan dan untuk mengurangi masalah pada fluktuasi amplitudo yang disebabkan *fading* maka digunakan pergeseran fasa.

3.1.4 Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)

Untuk mendapatkan bentuk gelombang waktu yang bersesuaian maka digunakan *Inverse Fast Fourier Transform*. Kemudian periode penjaga ditambahkan kepada setiap masing-masing simbol.

3.1.5 Penyisipan Interval Penjaga

Pada simulasi ini akan digunakan *cyclic extension of the symbol* sebagai tipe periode penjaga.

3.1.6 Pengubah Paralel ke Seri

Setelah simbol penjaga ditambahkan, kemudian simbol tersebut akan dikonversi ke suatu bentuk gelombang waktu serial. Untuk transmisi OFDM digunakan sinyal pita dasar.

3.1.7 Kanal

Pada penelitian ini kanal *fading* menggunakan distribusi *rayleigh*, sehingga disebut kanal *rayleigh fading*. Gangguan yang diterapkan pada kanal *rayleigh fading* dengan menambahkan *noise* AWGN .

3.1.8 Pengubah Seri ke Paralel

Data yang masuk berupa data serial kemudian akan diformat kedalam bentuk paralel.

3.1.9 Penghilang Interval Penjaga

Blok pembuang ekstensi siklis berguna untuk memisahkan sinyal sebenarnya dengan ekstensi siklis yang kemungkinan telah terkena efek *intersymbol interference* (ISI) akibat pengaruh *multipath*.

3.1.10 Transformasi Fourier Cepat

Operasi *Fast Fourier Transform* (FFT) dilakukan untuk mendapatkan spektrum sinyal yang asli.

3.1.11 Demodulasi Data

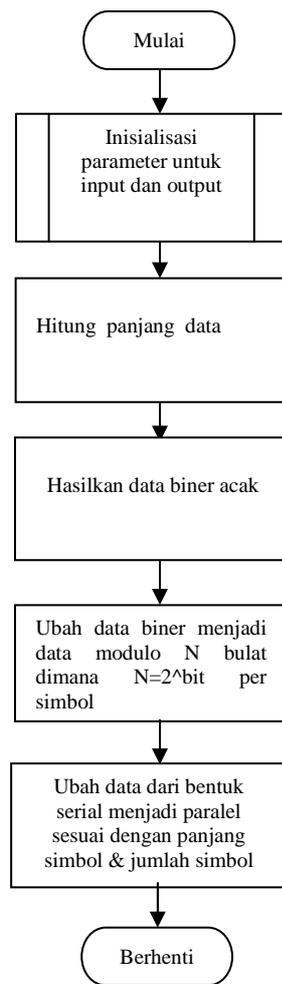
Sudut fase dari tiap pembawa kemudian dievaluasi dan dikonversi kembali ke bentuk data kata.

3.1.12 Pengubah Paralel ke Seri

Blok paralel ke seri ini berfungsi untuk mengubah simbol terima dalam bentuk paralel menjadi satu deretan simbol terima seri.

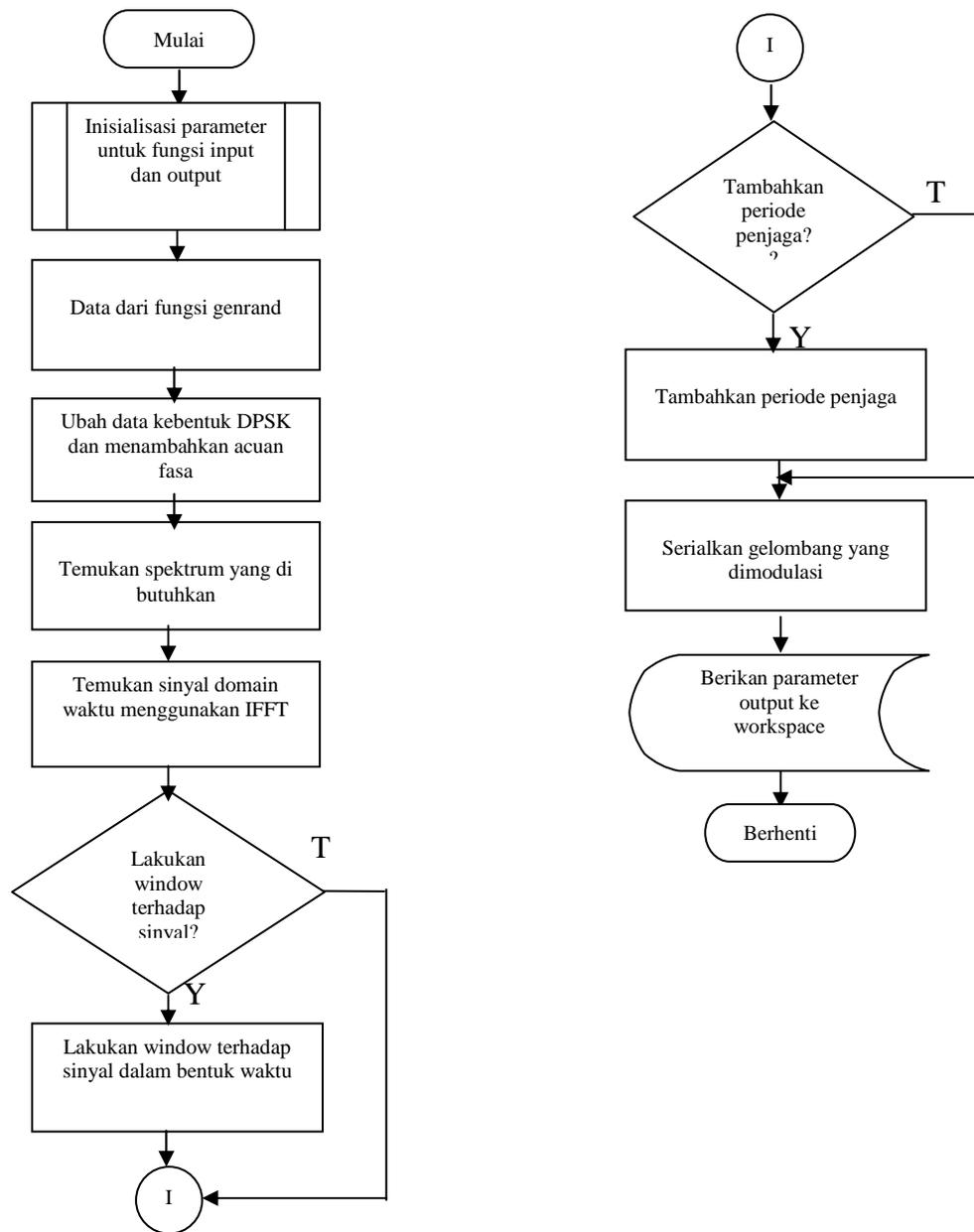
3.2 Diagram Alir untuk Sistem OFDM

Pada penelitian ini, untuk sistem OFDM ada empat fungsi program yang akan digunakan yaitu genrand, pengirim, kanal dan penerima. Keempat fungsi ini digunakan untuk memodelkan pengirim OFDM, mendapatkan data dan menghasilkan penerima OFDM.



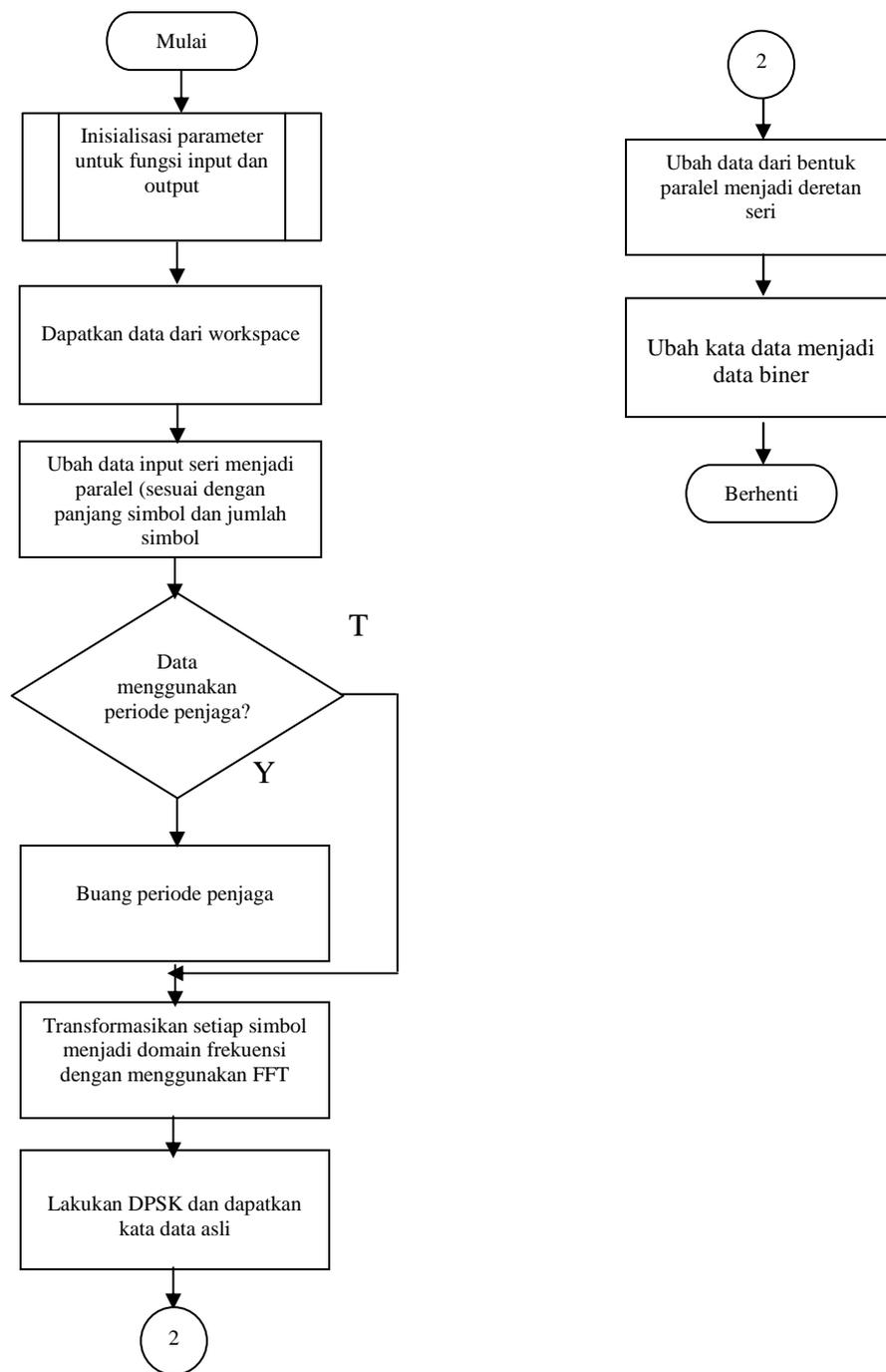
Gambar 3.2 Diagram alir fungsi *genrand*

Pada diagram alir fungsi *genrand* diatas dapat kita lihat bahwa untuk simulasi pada fungsi *genrand* ini yang harus dilakukan pertama-tama yaitu membuka program matlab versi 7.8, kemudian menuliskan parameter yang akan digunakan sebagai input dan output diteruskan dengan menghitung panjang data dan menghasilkan data biner acak dari parameter yang telah dituliskan tersebut. Selanjutnya mengubah data biner menjadi data modulo N bulat, dimana $N=2^{\text{bit}}$ per simbol serta mengubah data dari bentuk serial menjadi paralel sesuai dengan panjang simbol dan jumlah simbol dan program selesai.



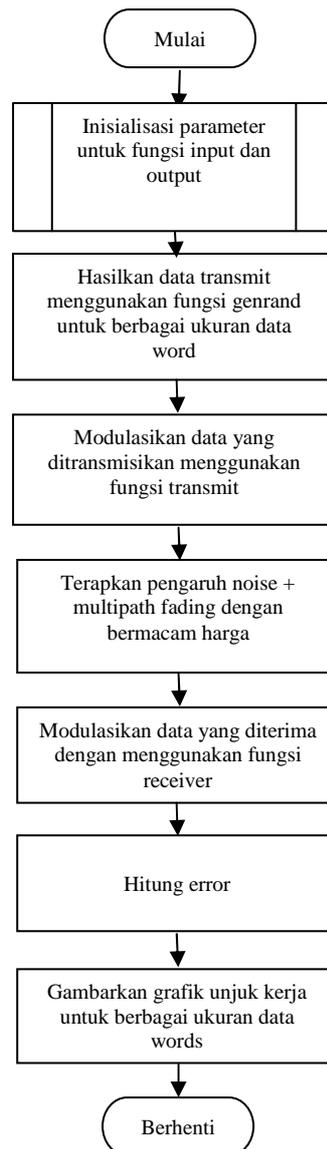
Gambar 3.3 Diagram alir fungsi *transmit*

Langkah awal dari diagram alir fungsi *transmit* diatas yaitu dengan membuka program matlab versi 7.8 dan membuat parameter - parameter untuk fungsi *input* dan *outputnya*. Selanjutnya mengambil data dari fungsi *genrand* yang digunakan untuk mengubah data kebentuk DPSK dan menambahkan acuan fasa serta menemukan spektrum yang dibutuhkan. Kemudian menemukan sinyal domain waktu menggunakan IFFT, melakukan *window* terhadap sinyal dalam bentuk waktu dan diteruskan dengan menambahkan periode penjaga. Gelombang yang dimodulasi diserialkan dan memberikan parameter *output* ke *workspace*, program selesai.



Gambar 3.4 Diagram alir fungsi *receive*

Simulasi pada fungsi *receive* diawali dengan membuka matlab versi 7.8, kemudian menuliskan parameter untuk fungsi *input* dan *output*. Selanjutnya mendapatkan data dari *workspace*, mengubah data seri menjadi paralel dan membuang periode penjaga. Mentransformasikan setiap simbol menjadi domain frekuensi dengan menggunakan FFT dan melakukan DPSK untuk mendapatkan kata data asli. Setelah itu data dari bentuk paralel diubah menjadi data berbentuk seri, serta mengubah kata data menjadi data biner dan selesai.



Gambar 3.5 Diagram alir program utama

Program dimulai dengan membuka matlab, setelah itu membuat parameter yang digunakan sebagai fungsi *input* dan *output*. Menghasilkan data *transmit* menggunakan fungsi *genrand* untuk berbagai ukuran data dan memodulasi data yang ditransmisikan menggunakan fungsi *transmit* serta menerapkan pengaruh *noise + multipath fading* dengan berbagai harga. Kemudian memodulasi data yang diterima dengan menggunakan fungsi *receiver*, menghitung *error* dan membuat grafik unjuk kerja untuk berbagai ukuran data dan berhenti.

3.3 Parameter - Parameter Simulasi OFDM

Parameter simulasi untuk pengirim dan penerima OFDM ditunjukkan pada tabel 3.1, dan parameter simulasi untuk kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka ditunjukkan pada tabel 3.2. Teknik modulasi yang digunakan yaitu BPSK dan QPSK diuji untuk membandingkan performansi masing-masing kanal. Dua teknik modulasi ini digunakan untuk menunjukkan *trade-off* antara kapasitas sistem dan ketahanan sistem. Teknik modulasi BPSK merupakan teknik modulasi yang paling tahan terhadap *noise* dan gangguan lain diantara teknik modulasi QPSK, tetapi memiliki kapasitas yang paling rendah. Kapasitas bisa ditingkatkan menggunakan modulasi QPSK, tetapi cara ini akan mengurangi ketahanan sistem dalam hal BER.

Simulasi performansi OFDM pada daerah perkotaan, pedesaan dan daerah terbuka didasarkan pada waktu, karena profil *delay* daya kanal adalah dalam satuan waktu. Simbol OFDM memiliki durasi pada bagian yang berguna 48 dan panjang waktu penjaga 8. Karena durasi simbol menjadi 48, maka jarak antar *carrier* adalah $1/48 = 25$ KHz, sehingga 200 *carrier* akan menempati *bandwidth* 5 MHz. Semua parameter tersebut diatas digunakan pada simulasi ini. Profil *delay* pada kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka menggunakan kecepatan pergerakan yang berbeda-beda.

Tabel 3.1 Parameter simulasi untuk pengirim dan penerima OFDM

No	Parameter	Harga
1	Pembawa modulasi yang digunakan	BPSK dan QPSK
2	Jumlah pembawa	200
3	ukuranIFFT	512
4	Tipe periode penjaga	cyclic extension of the symbol
5	Panjang waktu penjaga	102
6	Tipe Window	Tidak menggunakan windowing
7	Frekuensi pembawa	1 GHz
8	Durasi simbol yang berguna	40 us
9	Waktu penjaga	8 us
10	Durasi simbol	48 us
11	Jarak frekuensi antara 2 pembawa	$1/\text{Useful symbol duration} = 25 \text{ KHz}$
12	<i>Bandwidth</i>	Jumlah <i>carrier</i> *Jarak frekuensi antara dua pembawa = 5 MHz
13	Laju simbol	Jumlah pembawa /durasi simbol = 4.166 Msps

Sumber : (Purnamirza, 2007)

Tabel 3.2 Profil *delay* daya untuk kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka

Jalur	Perkotaan cepat dan lambat		Pedesaan		Terbuka	
	Redaman (dB)	<i>Delay</i> (us)	Redaman (dB)	<i>Delay</i> (us)	Redaman (dB)	<i>Delay</i> (us)
1	2	0	4	0	10	0
2	0	0.25	8	0.25	4	1
3	3	0.5	0	0.5	2	2.5
4	4	0.75	5	0.9	3	3.5
5	2	1	16	1.1	4	5
6	0	1.25	18	1.9	5	8
7	3	2	14	2.1	2	12
8	5	2.5	20	2.5	8	14
9	10	3	25	3	5	16
Kecepatan gerakan	2 km/ jam untuk perkotaan lambat dan 50 km/jam untuk perkotaan cepat.		150 km/h		50 km/h	

Sumber : (Purnamirza, 2007)

Dari tabel 3.2 diatas dapat dilihat bahwa profil *delay* dan kecepatan gerakan pada masing-masing kanal berbeda, hal itu disebabkan karena kondisi propagasi untuk masing-masing kanal juga berbeda. Kanal perkotaan cepat merupakan kanal perkotaan dimana sinyal mengalami interferensi yang banyak dan cepat, sedangkan kanal perkotaan lambat merupakan kanal perkotaan yang sinyalnya mengalami interferensi lebih sedikit dan lambat dibandingkan dengan kanal perkotaan cepat.

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Hasil penelitian ini berupa simulasi yang dianalisa dan digambarkan dalam bentuk performansi OFDM, yaitu grafik BER terhadap SNR dengan menggunakan dua tipe modulasi antara lain BPSK dan QPSK. Standar BER yang digunakan yaitu 10^{-3} (Suriani, 2008).

4.1 Performansi OFDM pada Kanal *Rayleigh Fading*

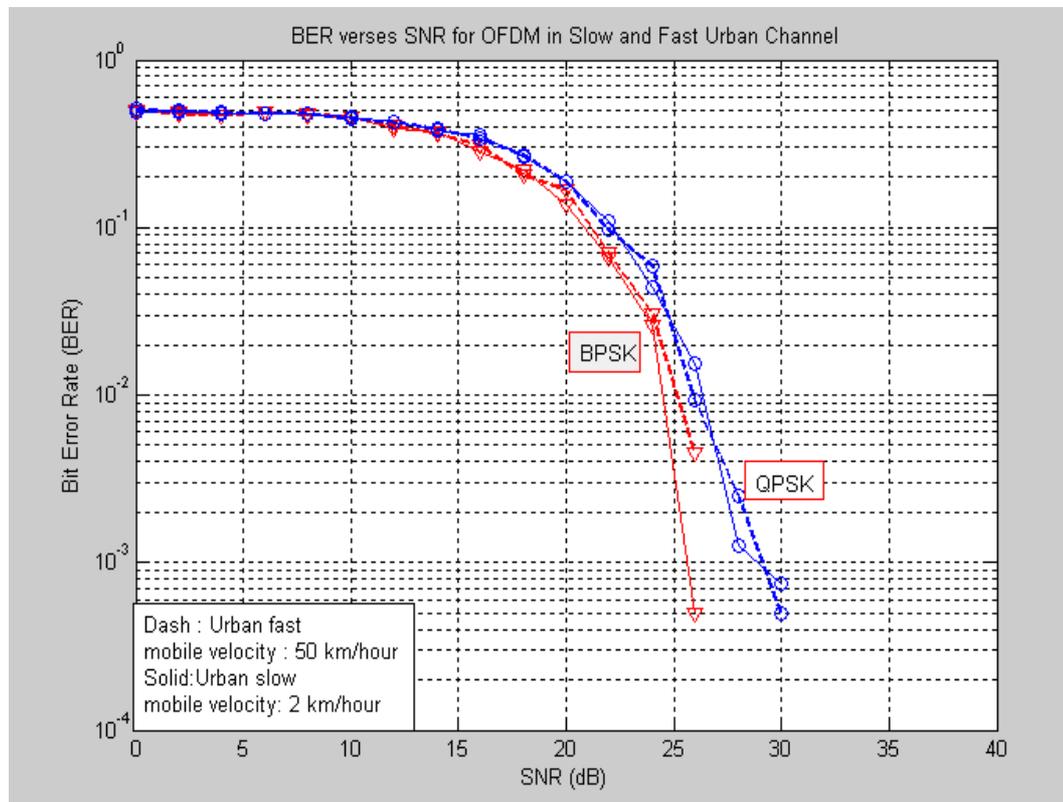
Unjuk kerja sistem OFDM akibat efek kanal *multipath rayleigh fading* disimulasikan menggunakan kanal daerah perkotaan (*Urban Channel*), kanal daerah pedesaan (*Rural Channel*), dan kanal daerah terbuka (*Terrain Channel*) ditunjukkan pada gambar-gambar berikut, dimana terdapat dua tipe modulasi yang berbeda yaitu BPSK dan QPSK.

Kanal daerah perkotaan adalah kanal dimana terdapat banyak propagasi sinyal yang diakibatkan oleh banyaknya penghalang, seperti pohon, gedung, rumah, pabrik dan lainnya yang dapat menghambat sinyal. Kanal daerah pedesaan merupakan kanal yang mengalami propagasi yang lebih sedikit dari kanal perkotaan, yaitu kondisi alam daerah pedesaan. Sedangkan kanal daerah terbuka yaitu kanal pada daerah terbuka yang tidak ada penghalang seperti, gurun, lautan, dan lainnya yang tidak mempunyai penghalang.

Peluang kesalahan ini biasanya dinyatakan dalam Persentase *error* (Pe) atau *Bit Error Rate* (BER). Pengaruh dari *Rayleigh fading* terhadap BER tentu bergantung pada jenis modulasinya. Persamaan matematis yang menghubungkan BER dengan SNR untuk sistem OFDM itu sendiri belum ada, maka dari itu dilakukan penelitian agar didapat nilai BER dan SNR melalui simulasi. Untuk sistem selain dari sistem OFDM, sebagai contoh sistem FDM dengan menggunakan modulasi PSK hubungan antara BER dan SNR pada kanal *Rayleigh fading* dirumuskan sebagai berikut (Putra, 2007):

$$BER = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{SNR}{1+SNR}} \right) \quad (4.1)$$

4.1.1 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Perkotaan



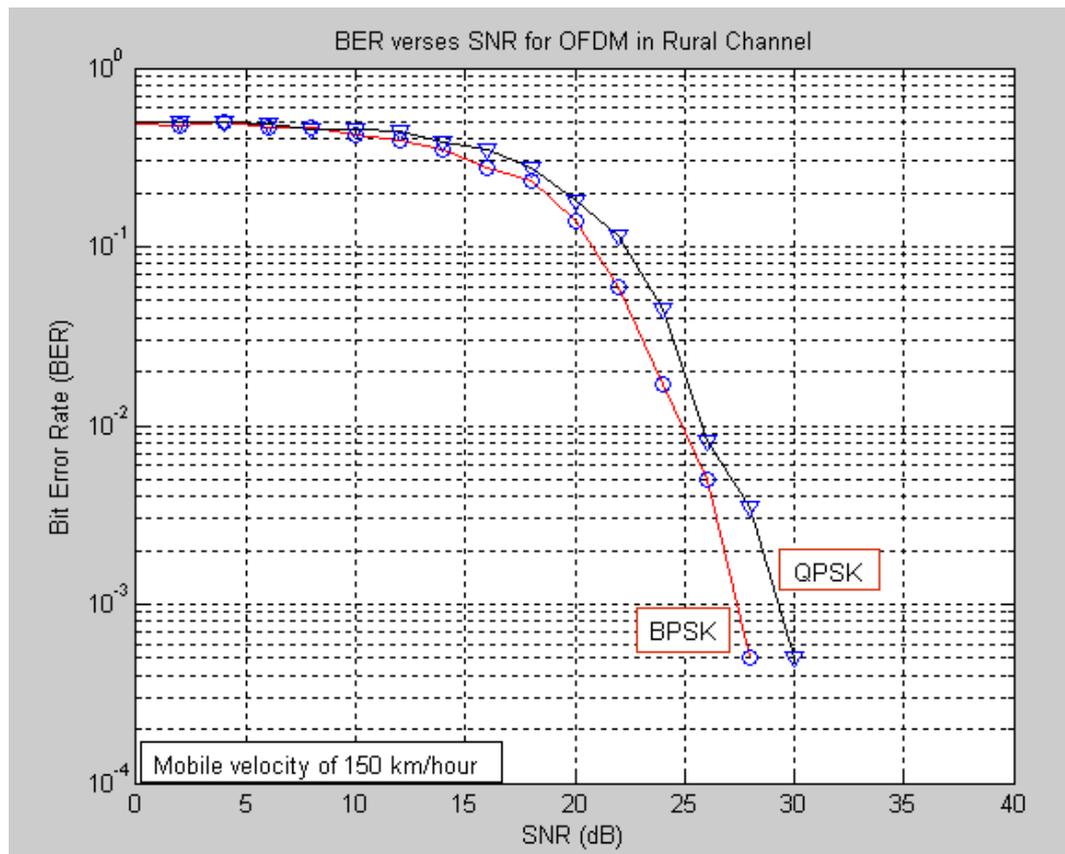
Gambar 4.1 BER versus SNR pada kanal daerah perkotaan lambat dan kanal daerah perkotaan cepat

Unjuk kerja sistem OFDM pada kanal daerah perkotaan lambat dan kanal daerah perkotaan cepat untuk dua teknik modulasi berbeda meliputi BPSK dan QPSK yang disimulasikan pada kecepatan perangkat 2 km/jam untuk kanal daerah perkotaan lambat, dan kecepatan perangkat 50 km/jam untuk kanal daerah perkotaan cepat, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1.

Dari Gambar 4.1 dapat dianalisa bahwa untuk mendapatkan BER 10^{-3} , sistem OFDM menggunakan modulasi BPSK pada kanal daerah perkotaan lambat membutuhkan lebih kurang SNR sekitar 25 dB dan pada kanal daerah perkotaan cepat membutuhkan SNR sekitar 26 dB.

Sistem OFDM menggunakan modulasi QPSK membutuhkan SNR paling kurang sekitar 28 dB untuk daerah perkotaan lambat dan sekitar 29 dB untuk daerah perkotaan cepat.

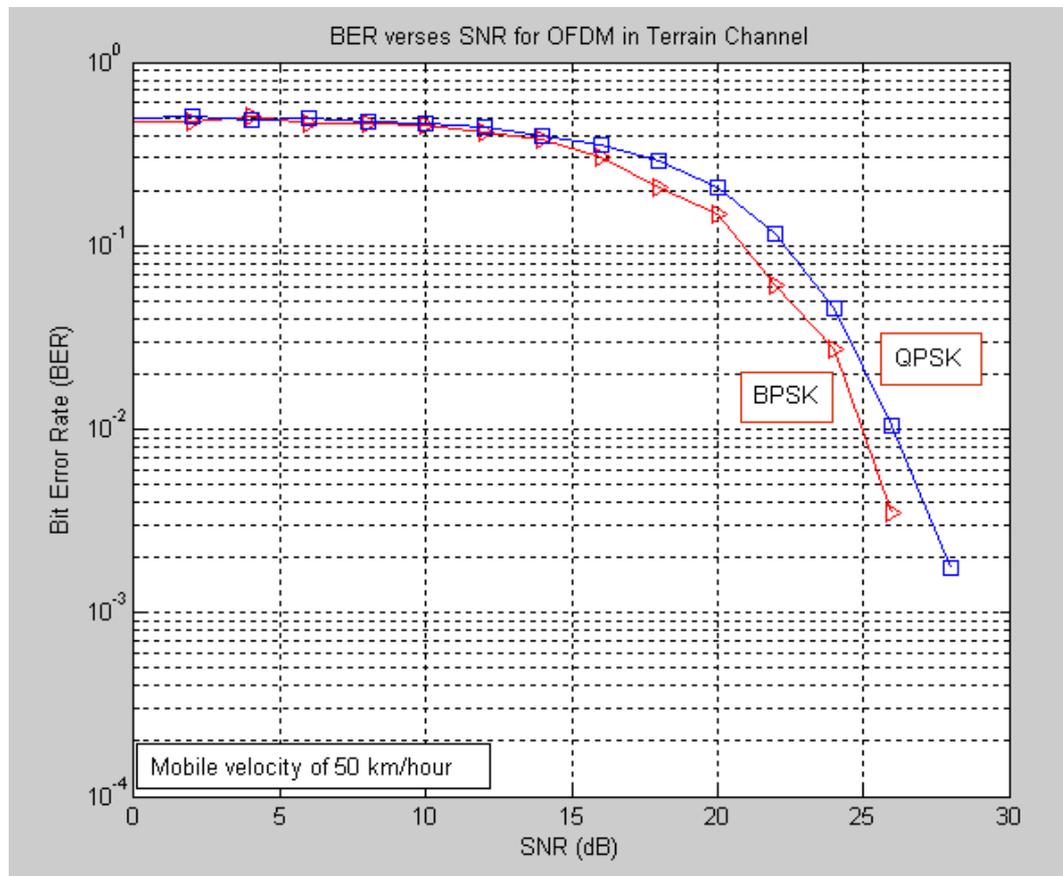
4.1.2 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Pedesaan



Gambar 4.2 BER versus SNR pada kanal daerah pedesaan

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat unjuk kerja sistem OFDM pada kanal daerah pedesaan untuk dua teknik modulasi meliputi BPSK dan QPSK, yang disimulasikan pada kecepatan perangkat 150 km/jam. Dapat dianalisa dari Gambar 4.2 bahwa untuk mendapatkan BER 10^{-3} , sistem OFDM menggunakan modulasi BPSK membutuhkan lebih kurang SNR sekitar 27 dB dan sistem OFDM menggunakan modulasi QPSK membutuhkan SNR sekitar 29 dB.

4.1.3 Unjuk Kerja OFDM pada Kanal Daerah Terbuka



Gambar 4.3 BER versus SNR pada kanal daerah terbuka

Gambar 4.3 memperlihatkan unjuk kerja sistem OFDM pada kanal terbuka menggunakan dua tipe modulasi yaitu BPSK dan QPSK yang disimulasikan dengan kecepatan perangkat 50 km/jam.

Dari Gambar 4.3 dapat diamati bahwa untuk mendapatkan BER 10^{-3} , unjuk kerja sistem OFDM menggunakan modulasi BPSK pada kanal terbuka membutuhkan paling kurang SNR sekitar 26 dB, sistem OFDM menggunakan modulasi QPSK membutuhkan paling kurang SNR sekitar 28 dB. Hal ini membuktikan bahwa hasil analisa penelitian ini tidak sama dengan teori OFDM .

Dari hasil penelitian, sistem OFDM dapat digunakan pada kanal daerah terbuka dan performansinya cukup baik, walaupun *delay multipath* untuk kanal

daerah terbuka lebih panjang dibandingkan panjang periode penjaga yang digunakan (*delay multipath* untuk daerah terbuka adalah sampai 16 *us* dimana panjang periode penjaga hanya 8 *us*).

Sedangkan pada teori OFDM, jika *delay spread* lebih panjang dari periode penjaga maka sebuah ISI akan muncul dan mengurangi unjuk kerja sinyal OFDM secara sangat cepat. Periode penjaga dapat dibuat lebih panjang (lebih panjang dari 16 *us*) untuk membuat sistem OFDM dapat digunakan pada kanal daerah terbuka.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Sistem OFDM dengan modulasi BPSK dan QPSK pada penelitian ini menunjukkan performansi yang cukup baik pada kanal daerah perkotaan, pedesaan dan terbuka karena masing-masing kanal dapat mencapai BER 10^{-3} .
2. Pada penelitian ini terjadi ketidaksamaan antara hasil penelitian dengan teori OFDM. Berdasarkan teori, jika *delay multipath* (sampai 16 us) lebih panjang dari periode penjaga (hanya 8 us) maka sebuah *Inter Symbol Interference* (ISI) akan muncul dan mengurangi performansi sinyal OFDM dengan cepat sehingga sistem OFDM tidak dapat digunakan pada kanal daerah terbuka. Pada hasil penelitian, performansi sistem OFDM menggunakan modulasi BPSK dan QPSK pada kanal daerah terbuka dapat mencapai BER 10^{-3} , hal tersebut menunjukkan unjuk kerja sistem yang cukup baik.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk topik-topik sebagai penelitian lanjutan dari penelitian ini adalah :

1. Analisis dan simulasi untuk mengatasi pengaruh *multipath* terhadap unjuk kerja OFDM.
2. Merancang dan menganalisis kanal yang paling sesuai untuk sistem OFDM dengan teknik modulasi yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdia Away, Gunaidi, "*The Shortcut of MATLAB Programming*", Informatika Bandung, hal. 22-23, 2006.
- Lawrey, Eric, "*The suitability of OFDM as a Modulation Technique for Wireless Telecommunications, with a CDMA Comparison*", 1997 [Online] Available
http://www.skydsp.com/resources/Thesis_Eric_Lawrey_OFDM_vs_CDM_A_old.pdf diakses 26 Juni 2009
- Purnamirza, Teddy, "*Performansi OFDM pada Kanal Daerah Pekotaan, Pedesaan dan Daerah Terbuka*", halaman 1-22 dan 75-87, Teknik Elektro UIN Suska Riau Pekanbaru, 2007
- Purnamirza, Teddy, "*Diklat Pelatihan Matlab 5*", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin suska Pekanbaru, hal. 5, 2006
- Putra, Sastra, "*Unjuk Kerja Kombinasi Error Control Coding Dengan Teknik Pengkodean Hamming dan Konvolusi pada Kanal AWGN dan Kanal Rayleigh*", 2007 [Online] Available
http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/putra%20sastra_4_.pdf, diakses 10 Januari 2010
- Salwa Osman, Anis, "*BER Performance Study of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*", 2006 [Online] Available
<http://eprints.utm.my/253/1/AnisSalwaOsmanMED2006TTT.pdf>, diakses 28 Oktober 2009
- Santoso, Gatot, "*Teknik Telekomunikasi*", 2008 [Online] Available
<http://www.gatsan.dosen.akprind.ac.id/files/2008/09/ebook-gatot-santoso-1.pdf>, diakses 7 Januari 2010
- Sigit, "*Mengenal Teknologi Frequency Division Multiplexing (OFDM) pada Komunikasi Wireless*", 1999 [Online] Available
<http://elektroindonesia.com/elektro/tel24.html>, diakses 22 Mei 2009

Suriani, Delti, "*Simulasi dan Analisa Performansi OFDM pada Kanal AWGN*", halaman II-9, Teknik Elektro UIN Suska Riau Pekanbaru, 2008

Yudhistira Pratama, Firman, "*Simulasi Teknik Modulasi Digital Gaussian Minimum Shift Keying pada Kanal Multipath Fading*", Teknik Elektro UIN Suska Riau Pekanbaru, 2009

Zahra, "*Pengaruh Modulasi M-PSK pada Unjuk Kerja Sistem OFDM*", 2008
[Online]Available
http://www.elektro.undip.ac.id/wpcontent/uploads/2009/06/jun08_t04_mpsk_ayub.pdf, diakses 6 Juni 2009

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Inggit Sabni Pratiwi, akrab dipanggil Inggit lahir di Peranap, 29 Mei 1988 sebagai anak pertama dari Sabto Basuki, SPKP. dan Marlaini yang beralamat di Jln. UDKP No.03 Rengat. Telp : 085664452917

Email: inggitp@gmail.com

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SD 018 Negeri di Peranap tahun 1993–1999 dan dilanjutkan di SLTP Negeri 04 Rengat tahun 1999–2002. Setamat SLTP pendidikan dilanjutkan di SMA Negeri 02 Rengat hingga tahun 2005. Kemudian kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau dan lulus tahun 2010.

Penelitian Tugas Akhir berjudul "**Analisis Performansi *Othogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* Pada Kanal *Rayleigh Fading***".

LAMPIRAN C

FUNGSI *RECEIVER*

```
Function [Datarx, DiffPhRx,baseband_in]=receive(TimeSignal,ifftsize,...
                                         NumCarr,wordsize,guardtype,guardtime)
% Menerima suatu kode COFDM dalam bentuk gelombang menjadi data semula
% INPUTS:
% =====
% TimeSignal : ini adalah waktu sinyal input untuk bentuk gelombang COFDM.
% bentuk dari keluaran itu adalah suatu vektor baris
% ifftsize : Ukuran ifft digunakan untuk pembangkit gelombang
% NumCarr : Jumlah carrier yang digunakan
% wordsize : Jumlah bit untuk transmit pada masing-masing carrier, misalnya:
% 2 => QPSK, 1 => BPSK, 4 => 16PSK, 8 => 256PSK.
% Harus salah satu dari: 1,2,4 atau 8
% guardtype : seperti apa tipe periode penjaga yang digunakan
% pilihan:
% 0 = tidak memakai periode penjaga
% 1 = level nol periode penjaga
% 2 = cyclic extension of end of symbols
% 3 = sama seperti 2 tetapi yang pertama separuh periode penjaga= nol
% guardtime : Jumlah sample yang digunakan untuk waktu penjaga
%
% OUTPUTS:
% =====
% Datarx : ini adalah data keluaran yang sudah dikodekan dari 'TimeSignal'
% format data sama dengan ukuran as 'wordsize'. Masing-masing baris dari
% Datarx adalah data dari simbol nya.
% DiffPhRx : beda fasa antara masing-masing simbol untuk data
% untuk lokasi IQ, 0, 90, 180, 270 deg.
% baseband_in : menghasilkan keluaran data biner setelah dikonversi ke serial
```

```

%=====
%Memotong kembali jumlah sample untuk membuat berbagai ukuran simbol
%=====
if guardtype == 0,
    guardtime = 0;
end
SymbLen = length(TimeSignal)+guardtime;
TimeSignal = TimeSignal(1:(SymbLen-rem(SymbLen,ifftsize+guardtime)));
%Menemukan jumlah simbol dalam gelombang masukan
numsymp = length(TimeSignal)/(ifftsize+guardtime);
%=====
% Membentuk kembali bentuk gelombang waktu yang linier ke dalam fft segmen
dan memindahkan periode penjaga
%=====
if guardtype ~= 0,
    symbwaves = reshape(TimeSignal,ifftsize+guardtime,numsymp);
    symbwaves = symbwaves(guardtime+1:ifftsize+guardtime,:); %kupas dari
    %periode penjaga
else
    symbwaves = reshape(TimeSignal,ifftsize,numsymp);
end
fftspect = fft(symbwaves)'; %temukan spektrum dari symbol-simbol
carriers = (1:NumCarr)+(floor(ifftsize/4)-floor(NumCarr/2));
%temukan tempat untuk carrier
DataCarriers = fftspect(:,carriers); %Mengambil carrier dari simbol spektrum
clear fftspect; %menyimpan memori
CarrPh = angle(DataCarriers); %temukan sudut fasa data
NegCarrPh = find(CarrPh<0); petakan sudut fasa dari 0-360 derajat
CarrPh(NegCarrPh) = rem(CarrPh(NegCarrPh)+2*pi,2*pi);
clear NegCarrPh;

```

```

%=====
% Menerapkan DQPSK pada data yang diterima
%=====
DiffPh = diff(CarrPh); %bandingkan fasa dari arus simbol sebelumnya
DiffPh = DiffPh*360/(2*pi); %konversi dalam bentuk radian
NegPh=find(DiffPh<0); %membuat semua fasa antara 0 - 360 derajat
DiffPh(NegPh)=DiffPh(NegPh)+360;
Datarx = zeros(size(DiffPh));
PhInc = 360/(2^wordsize);
DiffPhRx = rem(DiffPh/(PhInc)+0.5,(2^wordsize))*(PhInc)-(PhInc/2);
Datarx = floor(rem(DiffPh/(360/(2^wordsize))+0.5,(2^wordsize)));
%=====
%Konversi matrik dalam bentuk serial
%=====
Rx_serial_symbols = reshape(Datarx',1,size(Datarx,1)*size(Datarx,2));
%=====
%Konversi Simbol Dalam Bentuk Biner
%=====
for i = wordsize: -1: 1
    if i ~= 1
        Rx_binary_matrix(i,:) = rem(Rx_serial_symbols,2);
        Rx_serial_symbols = floor(Rx_serial_symbols/2);
    else
        Rx_binary_matrix(i,:) = Rx_serial_symbols;
    end
end
baseband_in = reshape(Rx_binary_matrix,1,size(Rx_binary_matrix,1)...
*size(Rx_binary_matrix,2));

```