



**ANALISIS KINERJA *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION*  
*MULTIPLEXING*  
DENGAN *QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION*  
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MATLAB 7.12**

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

Oleh :

**Mirza Maulana Syaif**

**NIM: 081910201053**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Skripsi ini saya persembahkan untuk :*

- 1. Allah SWT untuk segala nikmat dan rizki yang telah diberikan selama saya hidup hingga kini sehingga mampu menyelesaikan skripsi yang indah ini ;*
- 2. Bapak Syaiful Bahri, ibu Siti Sundari, Mas Dikrul, Mbak Upik, Dek raya yang telah membimbing, memotivasi, merawat dan serta mendoakan saya untuk setitik cahaya cerah di masa depan;*
- 3. Bapak Syaifullah, ibu Nur, Mbak Ayu, Nisa, Abil yang telah memberikan waktu, doa dan motivasi hingga saya dapat berada di titik ini.*
- 4. Dias ,Hilda, Lauren yang telah mendoakan, menyemangati dan menemani hingga skripsi ini dapat diselesaikan;*
- 5. Abi, Bagus, Catur, Fajri, Hemi, Ipung, Naila, Opan, Qiqul, Rahman, Rijal, Trian, Wahyu, Wanda, Tama, Yudis dan Hendra sungguh menakjubkan memiliki teman seperti kalian. Terima kasih untuk semua waktu dan kesempatan sehingga skripsi ini bisa selesai terlebih dahulu dibanding sebagian besar dari kalian. Salam Cherrybelle 'Best Friend Forever';*
- 6. Bapak dosen yang tidak hanya mengajar tapi juga mendidik, Pak Dedi, Pak Tri, Pak Anam dan Pak Andi ;*
- 7. Seluruh Bapak dan Ibu Guru sejak saya duduk di bangku TK sampai dengan SMA serta Bapak dan Ibu Dosen yang lain yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;*
- 8. Teman-teman KKN (Singgih, Eko, Ginanjar, Finda, Cut, Lita, Boni) yang memberi warna dalam masa-masa kuliah;*
- 9. Founder Facebook dan Google atas semua bantuan dan hiburannya;*
- 10. Seluruh teman elektro 08 yang telah rela menjadi teman seangkatan saya.*

## MOTTO

*Jauhilah dengki, karena dengki memakan amal kebaikan sebagaimana api memakan kayu bakar.*

*(Nabi Muhammad SAW)*

*Ketahuiilah bahwa sabar, jika dipandang dalam permasalahan seseorang adalah ibarat kepala dari suatu tubuh. Jika kepalanya hilang maka keseluruhan tubuh itu akan membusuk. Sama halnya, jika kesabaran hilang, maka seluruh permasalahan akan rusak.*

*(Khalifah Ali)*

*Jangan takut gagal sebelum mencoba, jangan takut jatuh sebelum melangkah, kesuksesan milik orang yang berani mencoba*

*(Andrie Wongso)*

*Ancaman nyata sebenarnya bukan pada saat komputer mulai bisa berpikir seperti manusia, tetapi ketika manusia mulai berpikir seperti komputer.*

*(Sydney Harris)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mirza Maulana Syaif

NIM : 081910201053

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: ” *Analisis Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiplexing Dengan Quadrature Amplitude Modulation Menggunakan Perangkat Lunak Matlab 7.12*” adalah benar-benar hasil karya sendiri kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 5 Februari 2013

Yang menyatakan,

Mirza Maulana Syaif

NIM. 081910201053

**SKRIPSI**

**ANALISIS KINERJA *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION*  
*MULTIPLEXING* DENGAN *QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION*  
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MATLAB 7.12**

Oleh

Mirza Maulana

NIM 081910201053

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama: Ir. Widyono Hadi, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota: Catur Suko Sarwono, S.T., M.T.



**ANALISIS KINERJA OFDM (*ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION  
MULTIPLEXING*) DENGAN MODULASI QAM MENGGUNAKAN  
PERANGKAT LUNAK MATLAB 7.12**

**Mirza Maulana**

Mahasiswa S1 Teknik Elektro

Universitas Jember

**Abstrak**

*OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) merupakan suatu teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi subcarrier (multicarrier) yang saling tegak lurus (orthogonal). Pada tugas akhir ini dibuat suatu simulasi sistem transmisi OFDM dengan menggunakan Matlab. Tujuan pembuatan simulasi ini adalah untuk menganalisis pengaruh modulasi QAM pada kinerja sistem OFDM dengan kondisi kanal hanya diberi derau AWGN (Additive White Gaussian Noise) dan Rayleigh. Parameter yang diubah adalah level modulasi QAM, jumlah Sub-Carrier, SNR kanal dengan masukan sistem berupa data acak digital dan gambar grayscale 8 bit. Unjuk kerja sistem OFDM diamati dengan melihat nilai Bit Error Rate (BER). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pengiriman data acak dan citra, 4-QAM merupakan teknik modulasi yang paling kebal terhadap derau dibandingkan 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM. Hal ini dilihat dari nilai Bit Error Rate (BER) 4-QAM yang lebih kecil dibandingkan dengan teknik modulasi yang lain dengan nilai BER sebesar 0.033203 pada saat Signal to Noise Ratio (SNR) kanal sebesar 10 dB*

**Kata kunci:** *OFDM, QAM, BER, SNR*

## Ringkasan

Ditengah semakin meningkatnya akan permintaan layanan data berkecepatan tinggi, saat ini diperlukan suatu skema baru yang mampu mengirimkan data dalam jumlah besar dengan meminimalkan jumlah BER (*Bit Error Rate*) untuk performansi maksimal suatu sistem transmisi. Salah satu skema transmisi baru yang saat ini tengah dikembangkan adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) .

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) merupakan teknik pentransmisi data berkecepatan tinggi dengan menggunakan beberapa sinyal *carrier* secara parallel dalam pemodulasiannya. Sehingga data yang ditransmisikan akan mempunyai kecepatan yang lebih rendah dan data dikirimkan secara simultan sehingga teknik seperti ini dapat menghemat *bandwidth* kanal sistem telekomunikasi. Jarak atau *space* antara *subcarrier* diatur sedemikian rupa, sehingga antar *subcarrier* mempunyai sifat yang orthogonal. Sistem OFDM merupakan perkembangan dari teknik *Frequency Division Multiplexing* (FDM). Perbedaan yang mendasar dari sistem OFDM dan FDM terletak pada frekuensi *subcarrier*, pada sistem OFDM frekuensi *subcarrier* diperbolehkan untuk saling *overlapping* sehingga dapat menghemat *bandwidth* kanal sistem komunikasi, dan kapasitas kanal meningkat. Kelebihan utama dari skema OFDM ini adalah ketahanan sistem terhadap *multipath fading* yang menjadi masalah utama dalam sistem transmisi digital.

Pada tugas akhir ini dibuat suatu simulasi sistem transmisi OFDM dengan menggunakan Matlab dan GUI (*Graphics User Interface*) untuk mempermudah dalam proses menjalankan simulasi dan pengambilan data. Tujuan pembuatan simulasi ini adalah untuk menganalisis pengaruh modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) pada kinerja sistem OFDM dengan kondisi kanal hanya diberi derau AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan Rayleigh. Parameter yang diubah adalah level modulasi QAM, jumlah Sub-Carrier, SNR kanal dengan masukan sistem berupa data acak digital dan gambar grayscale 8 bit. Unjuk kerja sistem OFDM



diamati dengan melihat nilai Bit Error Rate (BER). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pengiriman data acak dan citra, 4-QAM merupakan teknik modulasi yang paling kebal terhadap derau dibandingkan 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM. Hal ini dilihat dari nilai Bit Error Rate (BER) 4-QAM yang lebih kecil dibandingkan dengan teknik modulasi yang lain dengan nilai BER sebesar 0.033203 pada saat Signal to Noise Ratio (SNR) kanal sebesar 10 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa level QAM akan mempengaruhi performa OFDM secara signifikan, dimana semakin tinggi level modulasi akan semakin meningkatkan nilai BER yang berarti kesalahan pengiriman data saat proses transmisi semakin besar pula.

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Kinerja *Orthogonal Frequency Division Multiplexing Dengan Quadrature Amplitude Modulation* Menggunakan Perangkat Lunak MATLAB 7.12, yang disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keberadaan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini atas semua bantuan, doa dan semangatnya. Semoga kiranya skripsi ini dapat berguna bagi perkembangan ilmu telekomunikasi di masa depan.

Semoga apa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Tuhan YME. Karya tulis ini tidaklah akan pernah sempurna, karena kesempurnaan hanyalah milik Tuhan semata. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif akan membantu Penulis dalam setiap langkah menuju arah perbaikan. Akhirnya, penulis mengharapkan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca

Jember, 7 Januari 2013

Mirza Maulana Syaif

## DAFTAR ISI

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....      | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> ..... | <b>ii</b>   |
| <b>MOTTO</b> .....              | <b>iii</b>  |
| <b>LEMBAR PENRNYATAAN</b> ..... | <b>iv</b>   |
| <b>LEMBAR PEMBIMBING</b> .....  | <b>v</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....  | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK</b> .....            | <b>vii</b>  |
| <b>RINGKASAN</b> .....          | <b>viii</b> |
| <b>PRAKATA</b> .....            | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....         | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....      | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....       | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK</b> .....      | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>       |             |
| 1.1 Latar Belakang .....        | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....     | 2           |
| 1.3 Tujuan .....                | 3           |
| 1.4 Batasan Masalah.....        | 3           |
| 1.5 Manfaat .....               | 3           |
| 1.6 Sistematika Penulisan ..... | 3           |
| <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> |             |
| 2.1 Dasar OFDM.....             | 5           |
| 2.2 Sistem Modulasi.....        | 8           |
| 2.3 Kanal AWGN.....             | 16          |
| 2.4 Kanal Rayleigh.....         | 17          |

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| 2.5 Bit Error Rate .....              | 18           |
| 2.6 Signal To Noise Ratio .....       | 18           |
| 2.7 Cycling Prefix .....              | 18           |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>  |              |
| 3.1 Diagram Blok Sistem .....         | 20           |
| 3.2 Parameter Sistem.....             | 22           |
| 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian ..... | 22           |
| 3.4 Tahapan Penelitian.....           | 23           |
| 3.5 Prosedur Penelitian.....          | 24           |
| 3.6 Pembuatan Simulasi Sistem .....   | 25           |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>     |              |
| 4.1 Analisis Data .....               | 45           |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>     |              |
| 5.1 Kesimpulan.....                   | 61           |
| 5.2 Saran.....                        | 61           |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>           | <b>62</b>    |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                  | <b>.....</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2.1  | Skema Dasar OFDM.....                                   | 5  |
| 2.2  | Susunan Frekuensi Pada FDM .....                        | 6  |
| 2.3  | Frekuensi Saling Orthogonal Pada OFDM.....              | 6  |
| 2.4  | Gelombang Sinusoida .....                               | 7  |
| 2.5  | Sinyal Carrier Sinusoidal .....                         | 9  |
| 2.6  | Proses dan Hasil Modulasi AM.....                       | 10 |
| 2.7  | Proses dan Hasil Modulasi FM.....                       | 11 |
| 2.8  | Proses dan hasil Modulas PAM.....                       | 11 |
| 2.9  | Mapping dan tabel perubahan amplitudo dan fasa QAM..... | 15 |
| 2.10 | Sinyal Hasil Modulasi QAM.....                          | 16 |
| 2.11 | Pemodelan Kanal AWGN.....                               | 16 |
| 2.12 | Sinyal - Sinyal Multipath .....                         | 17 |
| 3.1  | Diagram Blok Sistem.....                                | 20 |
| 3.2  | Diagram Alir Penyusunan Skripsi .....                   | 24 |
| 3.3  | Hasil Modulasi QAM .....                                | 32 |
| 3.4  | Sinyal Serial.....                                      | 32 |
| 3.5  | Sinyal Paralel.....                                     | 33 |
| 3.6  | Sinyal Masukan Biner.....                               | 33 |
| 3.7  | Sinyal Setelah IFFT .....                               | 34 |
| 3.8  | Sinyal Setelah Ditambah <i>Cycling Prefix</i> .....     | 34 |
| 3.9  | Sinyal OFDM .....                                       | 35 |
| 3.10 | Scatter Sinyal yang Telah Ditransmisikan .....          | 36 |
| 3.11 | Tampilan GUI Simulasi OFDM.....                         | 37 |
| 3.12 | Proses Input Citra .....                                | 38 |
| 3.13 | Gambar Awal Citra Sebelem Proses Transmisi.....         | 39 |

|  |    |
|--|----|
| 3.14 Tampilan program setelah di Simulasikan dengan masukan citra grayscale 8 bit<br>..... | 41 |
| 3.15 Tampilan untuk masukan sinyal acak .....  | 43 |

## DAFTAR TABEL

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.1  | Nilai BER dengan Orde yang berubah-ubah data acak kanal Rayleigh .....    | 46 |
| 4.2  | Nilai BER dengan Orde yang berubah-ubah data acak kanal AWGN .....        | 46 |
| 4.3  | Nilai BER dengan Sub Carrier yang berubah-ubah data acak kanal Rayleigh.. | 49 |
| 4.4  | BER dengan Sub Carrier yang berubah-ubah data acak kanal AWGN.....        | 49 |
| 4.5  | BER dengan SNR berubah-ubah data acak kanal Rayleigh .....                | 51 |
| 4.6  | BER dengan SNR berubah-ubah data acak kanal AWGN .....                    | 51 |
| 4.7  | Nilai BER dengan Orde yang berubah-ubah citra Kanal Rayleigh .....        | 54 |
| 4.8  | Nilai BER dengan Orde yang berubah-ubah citra Kanal Rayleigh.....         | 54 |
| 4.9  | Nilai BER dengan Sub Carrier yang berubah-ubah citra Kanal Rayleigh ..... | 56 |
| 4.10 | Nilai BER dengan Sub Carrier yang berubah-ubah citra Kanal AWGN .....     | 56 |
| 4.11 | Nilai BER dengan SNR yang berubah-ubah citra Kanal Rayleigh.....          | 58 |
| 4.12 | Nilai BER dengan SNR yang berubah-ubah citra Kanal AWGN.....              | 58 |
| 4.13 | Nilai BER dengan jenis kanal yang berbeda.....                            | 60 |

## DAFTAR GRAFIK

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.1  | Pengaruh orde QAM terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal Rayleigh .  | 47 |
| 4.2  | Pengaruh orde QAM terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal AWGN ...    | 47 |
| 4.3  | Pengaruh Sub Carrier terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal Rayleigh | 49 |
| 4.4  | Pengaruh Sub Carrier terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal AWGN ..  | 50 |
| 4.5  | Pengaruh SNR terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal Rayleigh.....    | 52 |
| 4.6  | Pengaruh SNR terhadap BER pada sinyal acak dengan kanal AWGN.....        | 53 |
| 4.7  | Pengaruh orde QAM terhadap BER pada citra dengan kanal Rayleigh.....     | 55 |
| 4.8  | Pengaruh orde QAM terhadap BER pada citra dengan kanal AWGN.....         | 55 |
| 4.9  | Pengaruh Sub Carrier terhadap BER pada citra dengan kanal Rayleigh.....  | 57 |
| 4.10 | Pengaruh Sub Carrier terhadap BER pada citra dengan kanal AWGN.....      | 57 |
| 4.11 | Pengaruh SNR terhadap BER pada citra dengan kanal Rayleigh .....         | 59 |
| 4.12 | Pengaruh SNR terhadap BER pada citra dengan kanal AWGN .....             | 59 |