

DOSEN MUDA



LAPORAN AKHIR

PERANCANGAN PENGESTIMASI MEDIA TRANSMISI ADAPTIF  
UNTUK MENINGKATKAN  
KINERJA SISTEM TELEKOMUNIKASI DIGITAL  
MENGUNAKAN CYCLIC PREFIX

OLEH:

1. Wahyul Amien Syafei, ST, MT
2. Imam Santoso, ST, MT

Dibiayai Oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor: 031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005 tanggal 11 April 2005

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
NOPEMBER 2005

UPT - MUSTAK - UNDIP

**IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHR  
PENELITIAN DOSEN MUDA**

---

1. a. Judul Penelitian : Perancangan Pengestimasi Media Transmisi Adaptif Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Sistem Telekomunikasi Digital Menggunakan Cyclic Prefix
  - b. Kategori : II
  
  2. Ketua Peneliti
    - a. Nama Lengkap dan Gelar : Wahyul Amien Syafei, ST, MT
    - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
    - c. Pangkat/ Golongan/ NIP : Penata Muda Tk I / III B / 132.137.934
    - d. Jabatan Fungsional : Lektor
    - e. Fakultas/Jurusan : Teknik / Elektro
    - f. Universitas : Diponegoro
    - g. Bidang Ilmu : Teknologi
  
  3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang
  
  4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Komunikasi dan Pengolahan Sinyal, Teknik Elektro FT. UNDIP.
  
  5. Kerjasama dengan Instansi lain : -
  
  6. Jangka Waktu Penelitian : 8 bulan
  
  7. Biaya yang dibutuhkan : Rp. 5.000.000,00  
( Lima juta rupiah )
- 

Semarang, 20 Nop 2005

Ketua Peneliti



Wahyul Amien Syafei, ST,MT  
NIP. 132 137 934

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik Undip



## ABSTRAK

*Seiring dengan kemajuan teknologi, penerapan teknik komunikasi beserta aplikasinya yang sangat beragam sangat dibutuhkan. Kebutuhan akan komunikasi data pada kecepatan tinggi yang memerlukan media transmisi pita lebar mengarahkan kita pada penggunaan teknik Modulasi Multicarrier (MCM). Sebuah estimator media transmisi merupakan bagian penting dari sistem MCM untuk melakukan estimasi terhadap media transmisi yang dipakai dan hasilnya akan digunakan sebagai koefisien ekualiser yang bekerja melalui proses training maupun adaptif.*

*Proses training dilakukan untuk mengestimasi media transmisi sebelum komunikasi dilaksanakan, yang hasilnya digunakan pada keseluruhan komunikasi. Jika media transmisi yang diestimasi berubah, maka akan diperlukan training ulang. Untuk efisiensi waktu, dibangun sebuah algoritma estimasi media transmisi adaptif yang memanfaatkan Cyclic Prefix sehingga dapat mengikuti perubahan parameter-parameter media transmisi tanpa perlu dilakukan training ulang.*

*Pada Penelitian ini dibuat sebuah simulasi untuk mengestimasi media transmisi secara adaptif pada sistem MCM kemudian membandingkan spektrum frekuensi 4 model media transmisi yang dipakai pada model sistem dengan spektrum frekuensi media transmisi hasil estimasi adaptif. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma dapat mengikuti perubahan karakteristik Media Transmisi.*

**Kata Kunci :** *Modulasi Multicarrier (MCM), Cyclic Prefix, Estimasi Media Transmisi Adaptif.*

## ABSTRACT

*Along with technological progress, applying of communication technique with various applications are very needed. The high speed data communication requirement that are need broad band channel are instruct us to use Multicarrier Modulation (MCM) technique. Transmission media estimator is an essential part in MCM systems to estimate the transmission media that are used and this results will be used as equalizer coefficients that are work through training or adaptive process.*

*The training process is done to estimate the transmission media before the communication will be executed, this result will be used at overall of communications. If transmission media that is estimated change, it will need retraining process. In order to time efficiency, an adaptive transmission media estimation algorithm that is use Cyclic Prefix is built to track the change of transmission media parameters without retraining.*

*In this Research, made a simulation to estimate the transmission media in adaptive MCM system and then compare the frequency spectrum of 4 transmission media models that are used in system model with frequency spectrum of adaptive estimation transmission media. In simulation result are shown that the algorithm can track the change of transmission media parameters.*

**Key Words :** *Multicarrier Modulation (MCM), Cyclic Prefix, Adaptive Transmission media Estimation.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Wr. Wb*

Segala puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan akhir Penelitian Dosen Muda tahun 2005 yang berjudul Perancangan Pengestimasi Media Transmisi Adaptif Untuk Meningkatkan Kinerja Sistem Telekomunikasi Digital Menggunakan Cyclic Prefix.

Dalam penyelesaian penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai Penelitian ini
2. Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro yang ikut memonitor, menyukseskan dan terus memacu kegiatan Penelitian di UNDIP
3. Segenap Civitas Akademika Fakultas Teknik UNDIP
4. Segenap Civitas Akademika Jurusan Teknik Elektro FT UNDIP.
5. My wonderful mother, lovely wife and 3 great sons.
6. Semua pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu disini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun cara penyusunannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Penulis berharap, semoga hasil kecil ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Semarang, Nopember 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metodologi Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	5

### BAB II SISTEM MODULASI MULTICARRIER DAN MEDIA TRANSMISI

2.1 Sistem Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	6
2.1.1 Prinsip Dasar Sistem Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	6
2.1.2 Pembagian Frekuensi Pada <i>Multicarrier</i> .....	8
2.1.3 Keunggulan Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	10
2.1.4 Kelemahan Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	12
2.2 <i>Cyclic Prefix</i> .....	12
2.3 Kanal dan Pengaruhnya.....	17
2.4 Pemodelan Kanal .....	19
2.4.1 Spesifikasi Filter .....	19
2.4.2 Menghitung koefisien filter .....	19

**BAB III PEMBANGUNAN PROGRAM SIMULASI ESTIMATOR  
MEDIA TRANSMISI ADAPTIF PADA SISTEM MODULASI  
MULTICARRIER**

3.1	Pemancar Model Sistem Estimasi Kanal pada Sistem MCM.....	23
3.2	Penerima Model Sistem Estimasi Kanal pada Sistem MCM.....	24
3.3	Pemetaan QAM.....	25
3.4	Modulator IFFT dan Demodulator FFT.....	25
3.4.1	Transformasi <i>Fourier</i> Diskrit Kompleks.....	26
3.4.2	<i>Invers</i> Transformasi <i>Fourier</i> Diskrit Kompleks.....	26
3.5	Algoritma Model Sistem.....	27
3.6	Diagram Alir Model Sistem.....	33

**BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1	Estimasi 2 Kanal .....	38
4.1.1	Perubahan Kanal dari Kanal A ke Kanal B.....	39
4.1.2	Perubahan Kanal dari Kanal A ke Kanal C.....	51
4.2	Estimasi 3 Kanal .....	54
4.2.1	Perubahan Kanal dari Kanal A ke Kanal B ke Kanal C.....	54
4.2.2	Perubahan Kanal dari Kanal A ke Kanal D ke Kanal B.....	57
4.3	Estimasi 4 Kanal .....	61
4.3.1	Perubahan Media Transmisi dari Kanal A ke Kanal B ke Kanal C ke Kanal D.....	61

**BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	66

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>BIODATA PENELITI.....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Dasar MCM.....	7
Gambar 2.2	Spektrum Daya Transmisi dari sebuah Sinyal <i>Multicarrier</i> .....	8
Gambar 2.3	Spektrum Sinyal dengan (a). SCM (b). FDM (c). MCM.....	11
Gambar 2.4	<i>Cyclic Prefix</i> ditambahkan di depan simbol.....	15
Gambar 2.5	<i>Cyclic Prefix</i> mengatasi ISI yang disebabkan efek <i>Multipath</i> ..	16
Gambar 2.6	Kanal ISI dan AWGN.....	17
Gambar 2.7	Dekomposisi Kanal dan Multikanal respon kanal.....	18
Gambar 2.8	Set subkanal independen paralel yang merupakan ekivalensi dari kanal asli ketika menggunakan Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	18
Gambar 3.1	Model Pemancar Sistem Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	23
Gambar 3.2	Model Penerima Sistem Modulasi <i>Multicarrier</i> .....	24
Gambar 3.3	Diagram alir proses inialisasi.....	33
Gambar 3.4	Diagram alir proses iterasi.....	34
Gambar 3.5	Diagram alir <i>update weight</i> .....	37
Gambar 4.1	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – B.....	39
Gambar 4.2	Pengubah Serial ke Paralel.....	40
Gambar 4.3	Sketsa QAM Mapper.....	41
Gambar 4.4	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol, Kanal A – B.....	41
Gambar 4.5	IFFT sebagai modulator Sistem MCM.....	42
Gambar 4.6	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – B.....	42
Gambar 4.7	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – B.....	43
Gambar 4.8	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – B.....	43
Gambar 4.9	Respon Magnitude untuk (a). Kanal A (b). Kanal B (c). Kanal C (d). Kanal D.....	45
Gambar 4.10	Respon Impuls untuk (a). Kanal A (b). Kanal B (c). Kanal C (d). Kanal D.....	45



Gambar 4.11	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – B.....	46
Gambar 4.12	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – B .....	46
Gambar 4.13	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – B .....	46
Gambar 4.14	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – B.....	47
Gambar 4.15	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – B .....	48
Gambar 4.16	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – B.....	49
Gambar 4.17	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B .	50
Gambar 4.18	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B.....	50
Gambar 4.19	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal B .....	51
Gambar 4.20	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – C.....	52
Gambar 4.21	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol, Kanal A – C .....	52
Gambar 4.22	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – C.....	52
Gambar 4.23	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – C .....	52
Gambar 4.24	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – C .....	52
Gambar 4.25	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – C.....	52
Gambar 4.26	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – C .....	53
Gambar 4.27	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – C .....	53
Gambar 4.28	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – C.....	53
Gambar 4.29	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – C .....	53
Gambar 4.30	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – C.....	53
Gambar 4.31	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – C .	53
Gambar 4.32	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – C.....	54
Gambar 4.33	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal C .....	54
Gambar 4.34	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – D .....	55
Gambar 4.35	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol,	

	Kanal A – D.....	55
Gambar 4.36	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – D.....	55
Gambar 4.37	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – D.....	55
Gambar 4.38	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – D.....	55
Gambar 4.39	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – D.....	55
Gambar 4.40	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – D.....	56
Gambar 4.41	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – D.....	56
Gambar 4.42	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – D.....	56
Gambar 4.43	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – D.....	56
Gambar 4.44	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – D.....	56
Gambar 4.45	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – D.....	56
Gambar 4.46	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – D.....	57
Gambar 4.47	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal D.....	57
Gambar 4.48	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.49	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol, Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.50	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.51	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.52	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.53	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – B – C.....	58
Gambar 4.54	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – B – C.....	59
Gambar 4.55	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – B – C.....	59
Gambar 4.56	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – B – C.....	59
Gambar 4.57	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – B – C.....	59
Gambar 4.58	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – B – C.....	59

Gambar 4.59	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B – C.....	59
Gambar 4.60	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B – C.	60
Gambar 4.61	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal B ke Kanal C .....	60
Gambar 4.62	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – D – B.....	61
Gambar 4.63	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol, Kanal A – D – B .....	61
Gambar 4.64	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – D – B.....	61
Gambar 4.65	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – D – B .....	61
Gambar 4.66	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – D – B .....	61
Gambar 4.67	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – D – B.....	61
Gambar 4.68	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – D – B.....	62
Gambar 4.69	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – D – B .....	62
Gambar 4.70	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – D – B.....	62
Gambar 4.71	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – D – B .....	62
Gambar 4.72	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – D – B.....	62
Gambar 4.73	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – D – B .....	62
Gambar 4.74	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – D – B.	63
Gambar 4.75	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal D ke Kanal B .....	63
Gambar 4.76	Sinyal Informasi yang dibangkitkan, Kanal A – B – C – D .....	64
Gambar 4.77	Konstelasi 16-QAM <i>Rectangular</i> sebuah simbol, Kanal A – B – C – D.....	64
Gambar 4.78	Sinyal keluaran modulator IFFT $2N$ , Kanal A – B – C – D .....	64
Gambar 4.79	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai real, Kanal A – B – C – D.....	64

Gambar 4.80	Sinyal setelah ditambah <i>Cyclic Prefix</i> yang bernilai imajiner, Kanal A – B – C – D.....	64
Gambar 4.81	Sinyal setelah melewati kanal, Kanal A – B – C – D.....	64
Gambar 4.82	Histogram Derau <i>Gaussian</i> , Kanal A – B – C – D.....	65
Gambar 4.83	Sinyal setelah diberi AWGN, Kanal A – B – C – D.....	65
Gambar 4.84	Sinyal setelah pemisahan <i>Cyclic Prefix</i> , Kanal A – B – C – D	65
Gambar 4.85	Sinyal keluaran demodulator FFT, Kanal A – B – C – D .....	65
Gambar 4.86	Konstelasi simbol QAM kompleks yang diterima setelah kuantisasi dengan cara Adaptif, Kanal A – B – C – D .....	65
Gambar 4.87	Respon Magnitude kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B – C – D.....	66
Gambar 4.88	Respon Impuls kanal hasil estimasi adaptif, Kanal A – B – C – D.....	66
Gambar 4.89	Representasi MSE kanal hasil estimasi adaptif saat perubahan kanal dari Kanal A ke Kanal D ke Kanal B.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pemetaan <i>Baseband</i> Standar untuk Transmisi <i>Multicarrrier</i> .....	25
-----------	---	----

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN A</b>	<b>PROSEDUR MENJALANKAN PROGRAM SIMULASI ..</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN B</b>	<b>TAMPILAN PROGRAM SIMULASI.....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN C</b>	<b>DAFTAR PARAMETER CONTOH-CONTOH</b>	
	<b>MEDIA TRANSMISI .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN D</b>	<b>RESPON MAGNITUDE DAN MSE KANAL HASIL</b>	
	<b>ESTIMASI ADAPTIF.....</b>	<b>80</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknik transmisi *multicarrier* yang digunakan dalam sistem telekomunikasi kabel maupun nirkabel (*wireless*) pada dasarnya membagi-bagi spektrum frekuensi yang tersedia menjadi beberapa paket-paket kecil informasi yang jarak interval frekuensi sinyal *carrier* (sinyal pembawa) semakin kecil, dimana masing-masing frekuensi tersebut dimodulasi oleh aliran data kecepatan rendah. Dalam pengertian ini, sistem transmisi yang digunakan pada teknik Modulasi *Multicarrier* hampir sama dengan yang digunakan pada teknik FDM (*bandwidth* sinyal informasi yang besar dipecah dalam beberapa kanal frekuensi, sehingga di dalam suatu sistem komunikasi digital jika terdapat lebih dari satu sinyal informasi maka setiap kanal akan dialokasikan masing-masing sinyal informasi tersebut). Seiring dengan semakin berkembangnya aplikasi teknik telekomunikasi data kecepatan tinggi pada teknologi multimedia dan internet, yang dalam kasus ini juga memerlukan kanal-kanal pita lebar (*Broadband Channels*), akan dihadapkan pada masalah adanya interferensi antar simbol (ISI, *Intersymbol Interferenc*), yaitu sebuah efek yang tidak dikehendaki yang disebabkan oleh distorsi pada sebuah media transmisi. Distorsi pada media transmisi yang terjadi akan menyebabkan timbulnya pelebaran (dispersi) bentuk pulsa informasi yang ditransmisikan, akibatnya antar pulsa informasi (simbol) yang berdekatan akan saling tumpang-tindih (*overlap*) satu dengan yang lainnya, sehingga terjadi kesalahan (*error*) dari data informasi yang diterima. Oleh karena itu ISI akan meningkatkan MSE (*Mean Square Error*) yang berarti menurunkan performansi suatu Sistem Telekomunikasi Digital. SKD dengan Modulasi *Multicarrier* merupakan salah satu cara untuk mengatasi adanya ISI, dan kini sistem MCM tersebut merupakan satu teknik yang dapat diandalkan untuk komunikasi digital kecepatan-tinggi baik dalam media kabel atau nir-kabel (*wireless*).

Prinsip dari MCM adalah membagi data yang ditransmisikan menjadi beberapa kumpulan data paralel dengan kelajuan bit yang lebih rendah. Kemudian menggunakan kumpulan data tersebut untuk memodulasi beberapa *carrier*, yang dalam domain frekuensi adalah ekuivalen dengan membagi keseluruhan kanal menjadi beberapa sub-kanal paralel. Sistem MCM memberikan sebuah cara yang optimal untuk penggunaan kapasitas media transmisi dengan mengatur laju bit dan daya transmisi yang mengacu pada SNR dari tiap sub-kanal. MCM juga mempunyai durasi simbol yang relatif panjang karena sistem MCM adalah berorientasi blok. Durasi simbol yang panjang akan menghasilkan daya tahan (*imunity*) yang lebih besar terhadap noise impuls dan *fast fading*.

Sebelum komunikasi berlangsung, sistem akan melakukan estimasi karakteristik dari media transmisi yang dipakai. Hasil dari estimasi tersebut dipakai sebagai koefisien ekualiser yang berfungsi sebagai kompensator pengaruh media transmisi terhadap sinyal informasi yang dikirimkan dan akan digunakan selama komunikasi berlangsung. Untuk mengestimasi media transmisi (kanal) yang digunakan, dikenal proses *training*, yaitu mengirimkan runtun data yang sudah dikenali oleh Penerima. Data terkirim yang sudah melewati media transmisi kemudian dibandingkan dengan Data yang sama yang sudah ada di Penerima untuk membangun koefisien ekualiser. Jika karakteristik media transmisi berubah, maka diperlukan *training* ulang untuk mendapatkan nilai koefisien ekualiser yang baru.

Setiap terjadi perubahan parameter maka akan koefisien ekualiser yang lama menjadi tidak valid lagi, sehingga diperlukan proses *retrainin*, yang menjadikan sistem di re-set, selain memakan waktu, jelas proses *retraining* ini akan menurunkan juga kinerja dari Sistem Telekomunikasi Digital. Dari permasalahan tersebut perlu dipikirkan suatu solusi untuk mengatasinya, yaitu suatu Sistem Telekomunikasi Digital yang mempunyai Estimator Media Transmisi yang bekerja secara adaptif dengan memanfaatkan *Cyclic Prefix* karena *Cyclic Prefix* dapat dianggap sebagai runtun *training* yang terus menerus. Sehingga tidak diperlukan lagi proses *training* ulang ketika terjadi perubahan karakteristik pada media transmisi yang dipakai.



## 1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang estimator media transmisi adaptif untuk meningkatkan kinerja Sistem Telekomunikasi Digital dengan memanfaatkan *Cyclic Prefix*.

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Sistem Telekomunikasi Digital yang digunakan sebagai mainframe adalah Sistem Telekomunikasi Digital dengan Modulasi Multicarrier
2. Panjang *Cyclic Prefix* yang dicoba adalah 64 bit.
3. Media transmisi yang akan dimodelkan adalah serat optik dalam empat variasi, dengan respon magnitude berbeda-beda.
4. Pembangkitan sinyal informasi (data input) berupa data random yang saling bebas dengan jumlah data informasi tiap simbol 1024 bit, jumlah subkanal adalah 256 dan tiap subkanal terdiri dari 4 bit sehingga digunakan *Mapper* 16 QAM dan IFFT / FFT sebagai modulator dan demodulatornya.
5. Derau yang ditambahkan pada informasi terkirim adalah derau putih berdistribusi *Gaussian* (AWGN).

## 1.4 Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan Penelitian ini digunakan beberapa metode, yaitu :

### 1.4.1 Studi literatur

Mempelajari permasalahan beserta solusi yang akan dikemukakan pada Penelitian pada referensi buku-buku dan referensi data elektronik, yaitu dengan mencari sumber data yang berkaitan dengan Sistem Modulasi *Multicarrier*, *Cyclic Prefix*, Estimator Adaptif, derau AWGN. Metode ini dilakukan terutama terhadap literature yang telah tercantum pada daftar pustaka.

#### 1.4.2 Pembuatan *Software* Program Simulasi

Pembuatan Program untuk mensimulasikan sistem yang dibangun menggunakan Matlab 6.5. Hal ini meliputi model Sistem Telekomunikasi Digital dengan Modulasi *Multicarrier* lengkap dengan blok penyisipan *Cyclic Prefix* untuk keperluan estimasi media transmisi secara adaptif pada Bagian Pengirim dan blok estimator adaptif, blok equalizer satu tahap sebagai kompensator media transmisi dan blok kuantizer untuk mengembalikan nilai ke level semula pada Bagian Penerima.

#### 1.4.3 Pengujian dan Analisa

Setelah menyelesaikan pembuatan *software*, dilakukan analisa yang berhubungan dengan kemampuan operasi *software* yang dibuat serta melakukan validasi dan evaluasi untuk mengukur keberhasilan hasil *software* yang dibuat sesuai dengan tujuan yang tercantum pada proposal Penelitian.

Langkah pengujian Model Sistem ini dituliskan dalam bentuk sistematis sebagai berikut :

1. Membangkitkan data sejumlah 2048 bit sebagai runtun training, dengan probabilitas bit 1 = probabilitas bit 0.
2. Membangkitkan data sejumlah 614400 bit untuk mewakili semua informasi yang mungkin, dengan probabilitas bit 1 = probabilitas bit 0.
3. Proses *Training*, yaitu mengirimkan runtun *training* pada Model Sistem yang dibangun, untuk mendapatkan koefisien ekualiser awal.
4. Membuat spektrum frekuensi dari 4 bentuk Model Media Transmisi.
5. Mengubah nilai parameter pada Model Media Transmisi.
6. Membandingkan spektrum frekuensi keempat Model Media Transmisi dengan spektrum frekuensi Media Transmisi hasil estimasi adaptif.

#### 1.4.4 Menulis Laporan Penelitian

Teori-teori dasar yang didapat dari referensi, proses dan hasil dari penelitian kemudian ditulis secara sistematis dalam suatu Laporan Penelitian.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan Penelitian ini disusun menurut sistematika penulisan terdiri beberapa bab yang disusun sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Bab II berisi teori mengenai Sistem Modulasi *Multicarrier*, *Cyclic Prefix*, media transmisi dan pengaruhnya, pemodelan media transmisi sebagai filter FIR.

### BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK

Bab III berisi urutan proses perancangan MCM dengan *Cyclic Prefix* untuk estimasi media transmisi secara adaptif, algoritma yang dipakai pada model sistem.

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi penjelasan tentang hasil analisis dan pembahasan mengenai hasil analisis pada penelitian tersebut.

### BAB V PENUTUP

Bab V berisi kesimpulan dan saran.