

**PERANCANGAN FILTER DIGITAL PADA PENGIRIMAN DATA  
MELALUI FREKUENSI VOICE BAND MENGGUNAKAN  
PROSESOR SINYAL DIGITAL**

FIFI SARI    0221970122

ENDRA        0221970175

**Abstrak**

Filter digital merupakan salah satu aplikasi dari pemrosesan sinyal digital yang banyak dipakai karena kelebihanannya dibandingkan dengan filter analog. Secara garis besar filter digital dapat dibagi menjadi dua yaitu filter digital *Finite Impulse Response (FIR)* dan *Infinite Impulse Response (IIR)*.

Alasan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengikuti dan meneruskan penggunaan teknologi pemrosesan sinyal digital yang telah berkembang pesat saat ini. Tujuan dari penelitian adalah merancang filter digital baik jenis *FIR* maupun *IIR* yang digunakan pada pengiriman data melalui frekuensi *voice band* dengan teknik modulasi QAM menggunakan prosesor sinyal digital.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan filter digital *FIR* di pemancar dan penerima berupa filter akar kosinus dinaikkan berfungsi untuk meminimalkan interferensi antar simbol, perancangan *equalizer* berupa filter digital adaptif *FIR* dengan algoritma *Least Mean Square (LMS)* berfungsi untuk mengkompensasi karakteristik saluran transmisi dan perancangan filter digital *FIR* berupa *hilbert transform* untuk membangkitkan bagian imajiner dari sinyal modulasi yang diterima. Selain itu dilakukan perancangan filter digital *IIR* berupa *loop filter* yang

digunakan pada *carrier recovery* dan *resonator* yang digunakan pada *clock recovery*.

Saluran transmisi disimulasikan dengan filter digital *IIR butterworth – LPF* orde empat.

Hasil yang didapatkan adalah filter digital yang dirancang memiliki respon frekuensi sesuai dengan yang diharapkan dan berfungsi cukup baik dalam proses pengiriman data. Kualitas filter digital yang dirancang dapat ditingkatkan dengan menggunakan prosesor sinyal digital jenis *floating point* dan penggunaan algoritma filter adaptif yang lebih baik dari *LMS* seperti *Recursive Least-Squares Algorithm (RLS)*.

**Kata Kunci :**

Filter Digital, *Finite Impulse Response*, *Infinite Impulse Response*, QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), frekuensi *voice band*, *Least Mean Square (LMS)*.

## PRAKATA

Segala puji syukur, hormat, kuasa dan kemuliaan penulis panjatkan kepada Allah Tritunggal Yang Kudus karena atas kasih dan kehendak-Nya penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan study strata-I pada jurusan Sistem Komputer (d/h Teknik Komputer) Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bina Nusantara.

Skripsi dengan judul “Perancangan Filter Digital Pada Pengiriman Data Melalui Frekuensi Voice Band Menggunakan Prosesor Sinyal Digital” ini disusun atas bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Th. Widia S., MM, selaku Rektor Universitas Bina Nusantara yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Fransiscus Ati Hafim, S.Kom, MM, selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer (d/h Teknik Komputer) yang telah memberikan saran, bimbingan, dorongan, dan kepercayaan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Jurike V. Moniaga, S.Kom, selaku Sekretaris Jurusan Sistem Komputer (d/h Teknik Komputer) yang telah banyak memberikan saran dalam penulisan buku.
4. Bapak Fauzie Dahmir, Ir, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ide, saran, dorongan, dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Wiedjaja, S.Kom, selaku Kepala UPT Lab. Perangkat Keras yang telah memberikan kesempatan untuk menggunakan fasilitas, dorongan moril dan pengertian selama penyusunan skripsi ini.
6. Segenap Dosen yang telah memberikan ilmu dan keahlian kepada penulis sehingga penulisan dapat mengerti setiap disiplin ilmu yang diajarkan.
7. Segenap civitas akademika Universitas Bina Nusantara tempat penulis menimba ilmu dan berkarya selama ini.
8. Orang tua, saudara, dan teman-teman asisten yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materiil sehingga terselesaikan penyusunan skripsi ini.

Akhirnya penulis sangat bersyukur apabila skripsi ini dapat berguna bagi kepentingan orang banyak. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan pembaca dan dapat memberikan sumbangsih kepada Almamater dalam pengembangan ilmu dan teknologi yang ada.

Jakarta, 06 Februari 2001

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar.....	-
Halaman Judul Dalam.....	i
Halaman Persetujuan <i>Hardcover</i> .....	ii
Halaman Pernyataan Dewan Penguji.....	iii
Abstrak.....	iv
Prakata.....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran.....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengenalan Filter Digital.....	5
2.2 Konvolusi.....	7

2.3	Transformasi Z.....	9
2.4	Filter Digital <i>Finite Impuls Response</i> dan <i>Infinite Impuls Response</i> .....	10
2.4.1	Perbandingan Filter Digital <i>FIR</i> dan <i>IIR</i> .....	12
2.4.2	Karakteristik Filter Digital.....	13
2.5	Filter Digital <i>FIR</i> .....	14
2.5.1	Realisasi Struktur Untuk <i>FIR</i> .....	16
2.6	Filter <i>IIR</i> .....	16
2.6.1	Realisasi Struktur Untuk <i>IIR</i> .....	18
2.7	Filter Digital Adaptif.....	19
2.7.1	Komponen Utama Filter Adaptif.....	20
2.7.2	Algoritma Filter Adaptif.....	21
2.8	Interferensi Antar Simbol.....	25
2.8.1	Filter Kosinus Dinaikkan dan Akar Kosinus Dinaikkan.....	27
2.8.2	<i>Equalizer</i> .....	31
2.9	Arsitektur TMS320C542.....	32
2.9.1	Struktur Bus.....	33
2.9.2	Organisasi Memori Internal.....	33
2.9.2.1	<i>On-Chip</i> ROM.....	35
2.9.2.2	<i>On-Chip Dual-Access</i> RAM (DARAM).....	36
2.9.2.3	Register <i>Memory-Mapped</i> .....	36
2.9.3	Akumulator.....	37
2.9.4	Pengalamatan Data.....	38
2.9.5	Pengalamatan Memori Program.....	40
2.9.6	<i>Host Port Interface (HPI)</i> .....	41

2.9.7	TLC320AC01 Analog Interface Circuit (AIC).....	42
2.9.7.1	Register-register.....	44
2.9.7.2	<i>Frekuensi Filter Swithced-capacitor (FCLK) dan</i> <i>Frekuensi Pencuplik</i> .....	46
2.9.7.3	Bandwidth Filter.....	46
<b>BAB 3</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM .....</b>	<b>47</b>
3.1	Diagram Blok Sistem .....	47
3.1.1	Diagram Blok <i>Transmitter</i> .....	48
3.1.2	Diagram Blok <i>Receiver</i> .....	50
3.2	Perancangan Perangkat Lunak .....	54
3.2.1	Perancangan Program Utama .....	55
3.2.2	Perancangan Program Utama Inisialisasi TMS320C542.....	56
3.2.3	Perancangan Program Inisialisasi TLC320AC01.....	57
3.2.4	Perancangan Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Baseband</i> .....	59
3.2.5	Perancangan Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband</i> .....	63
3.2.6	Perancangan <i>Hilbert Transform</i> .....	65
3.2.7	Perancangan <i>Equalizer</i> .....	67
3.2.8	Perancangan <i>Loop Filter</i> .....	73
3.2.9	Perancangan Filter <i>Bandpass</i> .....	76
3.2.10	Perancangan <i>LowPass Filter</i> Untuk Simulasi Saluran Transmisi.....	80

<b>BAB 4</b>	<b>IMPLEMENTASI DAN EVALUASI .....</b>	<b>83</b>
4.1	Spesifikasi Sistem .....	83
4.2	Implementasi .....	84
4.2.1	Prosedur Pengoperasian Sistem .....	84
4.2.1.1	Menyiapkan Sistem .....	84
4.2.1.2	Pemakaian Sistem .....	84
4.2.2	Pengujian Sistem .....	85
4.2.2.1	Pengujian Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Baseband</i> .....	85
4.2.2.2	Pengujian Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband dan Hilbert Transform</i> .....	85
4.2.2.3	Pengujian <i>Lowpass Filter</i> Untuk Simulasi Saluran Transmisi.....	86
4.2.2.4	Pengujian <i>Loop Filter</i> .....	86
4.2.2.5	Pengujian <i>Resonator</i> .....	86
4.2.2.6	Pengujian <i>Adaptive Equalizer</i> .....	87
4.3	Evaluasi .....	87
4.3.1	Evaluasi Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Baseband</i> .....	87
4.3.2	Evaluasi Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband</i> .....	90
4.3.3	Evaluasi <i>Hilbert Transform</i> .....	92
4.3.4	Evaluasi Beda Fase Antara Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband dan Hilbert Transform</i> .....	95
4.3.5	Evaluasi <i>Lowpass Filter</i> Untuk Simulasi Saluran Transmisi.....	96
4.3.6	Evaluasi <i>Loop Filter</i> .....	97



4.3.7	Evaluasi <i>Resonator</i> .....	100
4.3.6	Evaluasi <i>Adaptive Equalizer</i> .....	102
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>107</b>
5.1	Kesimpulan .....	107
5.2	Saran .....	108
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>109</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	.....	<b>111</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	.....	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Memori Program dan Data pada TMS320C542 .....	34
-----------	---	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram Filter Digital Dengan Sinyal Input dan Output Analog...	6
Gambar 2.2	Blok Diagram Dasar Filter Digital.....	11
Gambar 2.3	Tanggapan Amplitudo Pada Domain Frekuensi.....	13
Gambar 2.4	Struktur Transversal Filter <i>FIR</i> .....	16
Gambar 2.5	Struktur Transversal Filter <i>IIR</i> .....	19
Gambar 2.6	Spektrum Sinyal Tumpang Tindih Dengan <i>Noise</i> .....	19
Gambar 2.7	Blok Diagram Adaptif Filter.....	20
Gambar 2.8	Struktur <i>Filter FIR</i> Dengan Panjang <i>N</i> .....	21
Gambar 2.9	Interferensi Antar Simbol.....	25
Gambar 2.10	(a) Filter Rendah Ideal dan (b) Tanggapan Impuls Filter Lolos Rendah Ideal.....	26
Gambar 2.11	Tanggapan Frekuensi Filter Kosinus Dinaikkan.....	29
Gambar 2.12	Tanggapan Impuls Filter Kosinus Dinaikkan.....	29
Gambar 2.13	Blok Diagram <i>Equalizer</i> .....	31
Gambar 2.14	Pemetaan Memori TMS320C542.....	34
Gambar 2.15	Format PMST.....	35
Gambar 2.16	On-Chip ROM Program Memory.....	35
Gambar 2.17	Akumulator A dan B.....	37
Gambar 2.18	Blok Diagram HPI.....	41
Gambar 2.19	Diagram Blok Fungsional TLC320AC01.....	43
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem.....	47
Gambar 3.2	Diagram Blok <i>Tansmitter</i> .....	48

Gambar 3.3	Diagram Blok <i>Receiver</i> .....	50
Gambar 3.4	Diagram Blok <i>Carrier Recovery</i> .....	53
Gambar 3.5	Diagram Alir Program Utama Filter Digital.....	55
Gambar 3.6	Diagram Alir Inisialisasi TMS320C542.....	56
Gambar 3.7	Diagram Alir Inisialisasi TLC320AC01.....	58
Gambar 3.8	Respon Frekuensi Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Baseband</i> .....	59
Gambar 3.9	Diagram Alir Program Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Baseband</i> .....	62
Gambar 3.10	Respon Frekuensi Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband</i> .....	63
Gambar 3.11	Diagram Alir Program Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband</i> .....	65
Gambar 3.12	Respon Frekuensi <i>Hilbert Transform</i> .....	66
Gambar 3.13	Diagram Alir Program <i>Equalizer</i> .....	68
Gambar 3.14	Prosedur Konvolusi <i>Inphase</i> dan <i>Quadrature</i> .....	69
Gambar 3.15	Prosedur Perhitungan <i>Baseband Error</i> dan Modulasi <i>Error</i> .....	70
Gambar 3.16	Prosedur Pembaharuan Koefisien <i>Inphase</i> dan <i>Quadrature</i> .....	72
Gambar 3.17	Grafik Hubungan Antara Lebar Pita dan Nilai $a$ .....	74
Gambar 3.18	Struktur <i>Loop Filter</i> .....	75
Gambar 3.19	Diagram Alir Program <i>Loop Filter</i> .....	76
Gambar 3.20	Posisi <i>Pole</i> Konyugasi dan <i>Zero</i> Bidang-Z.....	77
Gambar 3.21	Struktur Resonator.....	78
Gambar 3.22	Diagram Alir Proses Pemfilteran Pada Resonator.....	79
Gambar 3.23	Rancang Bangun Kotak Sistem .....	82
Gambar 4.1	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	87
Gambar 4.2	Presentasi Error Terhadap Frekuensi .....	88
Gambar 4.3	Respon Fase Filter Akar Kosinus Dinaikkan .....	89

Gambar 4.4	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	90
Gambar 4.5	Presentasi Error Terhadap Frekuensi .....	91
Gambar 4.6	Respon Fase Filter Akar Kosinus Dinaikkan <i>Passband</i> .....	92
Gambar 4.7	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	93
Gambar 4.8	Presentasi Error Terhadap Frekuensi .....	93
Gambar 4.9	Respon Fase <i>Hilbert Transform</i> .....	94
Gambar 4.10	Respon Beda Fase .....	95
Gambar 4.11	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	96
Gambar 4.12	Respon Fase Lowpass Filter Untuk Simulasi Saluran Transmisi.....	97
Gambar 4.13	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	98
Gambar 4.14	Respon Fase <i>Loop Filter</i> .....	98
Gambar 4.15	Output <i>Phase Detector</i> .....	99
Gambar 4.16	Output <i>Loop Filter</i> .....	99
Gambar 4.17	Perbandingan Respon Frekuensi Filter Ideal dan Hasil Pengujian.....	100
Gambar 4.18	Respon Fase Resonator .....	101
Gambar 4.19	Konvergensi Kuadrat Error Untuk $\mu = 0.1$ .....	102
Gambar 4.20	Konvergensi Output <i>Equalizer</i> Untuk $\mu = 0.1$ .....	102
Gambar 4.21	Konvergensi Kuadrat Error Untuk $\mu = 0.25$ .....	103
Gambar 4.22	Konvergensi Output <i>Equalizer</i> Untuk $\mu = 0.25$ .....	103
Gambar 4.23	Konvergensi Kuadrat Error Untuk $\mu = 0.5$ .....	104
Gambar 4.24	Konvergensi Output <i>Equalizer</i> Untuk $\mu = 0.5$ .....	104
Gambar 4.25	Konvergensi Kuadrat Error Untuk $\mu = 0.8$ .....	105
Gambar 4.26	Konvergensi Output <i>Equalizer</i> Untuk $\mu = 0.8$ .....	105

## Daftar Lampiran

### Lampiran A

- Skema Modul ..... LA-1
- Data Pengujian Sistem.....LA-6

### Lampiran B

- Program DSKplus.....LB-1
- Program PC.....LB-36
- Persamaan dan Nilai Koefisien Filter Low-Pass Simulasi.....LB-44

### Lampiran C

- Data Sheet TMS320C542.....LC-1
- Analog Interface Circuit TLC320AC01.....LC-18