



## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Pernyataan .....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel .....	x
Daftar Gambar .....	xvii
Intisari .....	xix
Abstract .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Organisasi Tesis .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Standarisasi Telekomunikasi .....	6
2.2 Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) .....	7
2.3 Protokol Pendukung Komunikasi Suara .....	9
2.3.1 User Datagram Protocol (UDP) .....	10



2.3.2	Real-time Transport Protocol (RTP)	11
2.3.3	RTP Control Protocol (RTCP)	12
2.3.4	Resource Reservation Protocol (RSVP)	13
2.3.5	Protokol H.323	16
2.4	Format Paket VoIP	18
2.5	Digitalisasi Suara	20
2.5.1	Grabbing dan Reconstruction	20
2.5.1.1	Sampling dan Quantisation	21
2.5.1.2	Reconstruction	23
2.5.1.3	Pencampuran Sinyal Audio	23
2.6	Toleransi pada Komunikasi Suara	24
2.6.1	Toleransi Kesalahan	24
2.6.2	Toleransi Delay	24
2.6.3	Toleransi Jitter	25
2.7	Teknik Kompresi	26
2.7.1	Penggolongan Algoritma Coding	30
2.7.2	Waveform Coding	31
2.7.2.1	Pulse Code Modulation (PCM)	31
2.7.2.2	Differential PCM (DPCM)	34
2.7.2.3	Adaptive DPCM (ADPCM)	36
2.7.2.4	Delta Modulation	37
2.7.3	Source Coding	37
2.7.3.1	Linear Predictive Coding (LPC)	39



2.7.4 Hybrid Coding .....	43
2.7.4.1 G.723.1 Coding .....	43
2.7.4.1.1 Eksitasi High Rate (MP-MLQ) .....	44
2.7.4.1.2 Eksitasi Low Rate (ACELP) .....	46
2.7.4.2 Residual Excited Linear Prediction (RELP) .....	48
2.7.4.3 Codebook Excited Linear Prediction (CELP) .....	48
2.8 Hipotesa .....	50
BAB III IMPLEMENTASI VoIP .....	53
3.1 Kebutuhan Sistem .....	53
3.2 Perangkat Lunak VoIP .....	54
3.2.1 Windows NetMeeting versi 3.01 .....	54
3.2.2 OpenPhone versi 1.7.0 .....	58
3.2.3 CUseeMe versi 5.0.0.043 .....	62
3.3 Kelebihan dan Kekurangan pada Perangkat Lunak .....	67
BAB IV HASIL PENGUKURAN dan ANALISIS .....	70
4.1 Hasil Pengukuran .....	71
4.2 Analisis Hasil .....	75
BAB V KESIMPULAN dan SARAN .....	82
5.1 Kesimpulan .....	82
5.2 Saran .....	84
Daftar Pustaka .....	85
Lampiran A Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi .....	87
Lampiran B Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi Hari	



Pertama .....	93
Lampiran C Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi Hari	
Kedua .....	99
Lampiran D Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi Hari	
Ketiga .....	105
Lampiran E Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi Hari	
Keempat .....	111
Lampiran F Delay Rata-rata Transmisi Suara dan Standar Deviasi Hari	
Kelima .....	117
Lampiran G Pengukuran Skala Mean Opinion Score .....	123



## Daftar Tabel

Tabel 2.1	Link header pada media yang berbeda .....	19
Tabel 2.2	Empat Pulsa tidak nol pada <i>fixed codevector</i> .....	46
Tabel 2.3	Alokasi 144 <i>bit</i> pada <i>CELP coding</i> .....	50
Tabel 2.4	Acuan delay dan skala MOS pada masing-masing metode coding ..	51
Tabel 4.1	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer .....	71
Tabel 4.2	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan LAN .....	71
Tabel 4.3	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer ....	72
Tabel 4.4	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	72
Tabel 4.5	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	73
Tabel 4.6	Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	74
Tabel 4.7	Delay dan MOS rata-rata transmisi suara NetMeeting pada jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	76
Tabel 4.8	Delay dan MOS rata-rata transmisi suara CUseeMe pada jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	76
Tabel 4.9	Delay dan MOS rata-rata transmisi suara OpenPhone pada jaringan	



dua unit komputer dan jaringan LAN .....	77
Tabel 4.10 Delay transmisi suara dan skala MOS terbaik dari masing-masing perangkat lunak VoIP pada jaringan dua unit komputer dan LAN ...	80
Tabel A.1 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer ....	87
Tabel A.2 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	87
Tabel A.3 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer .....	88
Tabel A.4 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali-pengukuran dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan LAN .....	88
Tabel A.5 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	89
Tabel A.6 Delay rata-rata transmisi suara dari lima kali pengukuran dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	90
Tabel A.7 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer dan LAN .....	91
Tabel A.8 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer dan LAN .....	91
Tabel A.9 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer dan LAN .....	92
Tabel B.1 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer .....	93



Tabel B.2	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	93
Tabel B.3	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeME di jaringan dua unit komputer .....	94
Tabel B.4	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan LAN .....	94
Tabel B.5	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	95
Tabel B.6	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	96
Tabel B.7	Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	97
Tabel B.8	Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	97
Tabel B.9	Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	98
Tabel C.1	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer .....	99
Tabel C.2	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	99
Tabel C.3	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeME di jaringan dua unit komputer .....	100
Tabel C.4	Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe	



di jaringan LAN .....	100
Tabel C.5 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	101
Tabel C.6 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	102
Tabel C.7 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	103
Tabel C.8 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	103
Tabel C.9 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	104
Tabel D.1 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer .....	105
Tabel D.2 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	105
Tabel D.3 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeME di jaringan dua unit komputer .....	106
Tabel D.4 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan LAN .....	106
Tabel D.5 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	107
Tabel D.6 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	108



<b>Tabel D.7</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting</b>	
	di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	109
<b>Tabel D.8</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe</b>	
	di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	109
<b>Tabel D.9</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone</b>	
	di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	110
<b>Tabel E.1</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting</b>	
	di jaringan dua unit komputer .....	111
<b>Tabel E.2</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting</b>	
	di jaringan LAN .....	111
<b>Tabel E.3</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeME</b>	
	di jaringan dua unit komputer .....	112
<b>Tabel E.4</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe</b>	
	di jaringan LAN .....	112
<b>Tabel E.5</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone</b>	
	di jaringan dua unit komputer .....	113
<b>Tabel E.6</b>	<b>Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone</b>	
	di jaringan LAN .....	114
<b>Tabel E.7</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting</b>	
	di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	115
<b>Tabel E.8</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe</b>	
	di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	115
<b>Tabel E.9</b>	<b>Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone</b>	



di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	116
Tabel F.1 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer .....	117
Tabel F.2 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan LAN .....	117
Tabel F.3 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeME di jaringan dua unit komputer .....	118
Tabel F.4 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan LAN .....	118
Tabel F.5 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	119
Tabel F.6 Delay transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan LAN .....	120
Tabel F.7 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	121
Tabel F.8 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada CUseeMe di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	121
Tabel F.9 Delay rata-rata transmisi suara dan standar deviasi pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer dan jaringan LAN .....	122
Tabel G.1 Pengukuran skala MOS pada NetMeeting di jaringan dua unit komputer .....	123
Tabel G.2 Pengukuran skala MOS pada NetMeeting di jaringan LAN .....	123
Tabel G.3 Pengukuran skala MOS pada CUseeMe di jaringan dua unit	



komputer .....	124
Tabel G.4 Pengukuran skala MOS pada CUseeMe di jaringan LAN .....	124
Tabel G.5 Pengukuran skala MOS pada OpenPhone di jaringan dua unit komputer .....	125
Tabel G.6 Pengukuran skala MOS pada OpenPhone di jaringan LAN .....	126



## Daftar Gambar

Gambar 2.1	Empat layer protokol TCP/IP .....	8
Gambar 2.2	Format header UDP .....	10
Gambar 2.3	Format header RTP .....	11
Gambar 2.4	Format header RTPC .....	12
Gambar 2.5	Implementasi sistem RSVP pada router dan host .....	14
Gambar 2.6	Stack protokol H.323 .....	17
Gambar 2.7	Format paket VoIP .....	19
Gambar 2.8	Sampling dan Quantisation .....	22
Gambar 2.9	Sistem suara pada manusia .....	26
Gambar 2.10	Segmen khas dari pengucapan suara .....	28
Gambar 2.11	Power Spectral Density untuk segmen pengucapan suara .....	29
Gambar 2.12	Segmen khas dari pengucapan suara secara berbisik .....	29
Gambar 2.13	Power Spectral Density untuk segmen pengucapan suara secara jelas .....	29
Gambar 2.14	Mean Opinion Score (MOS) .....	30
Gambar 2.15	Penggolongan algoritma pengkodean suara .....	31
Gambar 2.16	DPCM encoder (pengirim) .....	35
Gambar 2.17	DPCM coder (penerima) .....	35
Gambar 2.18	Diagram blok pada sistem vocoding .....	38
Gambar 2.19	Contoh speech spektrum LPC .....	40
Gambar 2.20	Model source filter pada speech production .....	41



Gambar 2.21	Diagram CELP <i>encoder</i> .....	49
Gambar 3.1	Tampilan Windows NetMeeting versi 3.01 .....	55
Gambar 3.2a	Pencarian dan pemanggilan telepon pada NetMeeting .....	56
Gambar 3.2b	Pemberitahuan panggilan telepon pada NetMeeting .....	56
Gambar 3.2c	Pemberitahuan panggilan ditolak atau tidak ada yang menerima Panggilan pada NetMeeting .....	56
Gambar 3.2d	Pemberitahuan tujuan tidak aktif menerima telepon pada Netmeeting .....	56
Gambar 3.3	Tampilan percakapan chatting pada NetMeeting .....	57
Gambar 3.4	Tampilan sederhana OpenPhone versi 1.7.0 .....	59
Gambar 3.5a	Tampilan untuk memasukkan alamat IP tujuan pada OpenPhone ..	60
Gambar 3.5b	Tampilan panggilan telepon diterima pada Openphone .....	60
Gambar 3.5c	Tampilan OpenPhone tidak aktif ditujukan .....	60
Gambar 3.6	Tampilan CUseeMe versi 5.0.0.043 .....	63
Gambar 3.7a	Tampilan untuk memasukkan alamat IP tujuan pada CUseeMe ..	64
Gambar 3.7b	Pencarian dan pemanggilan telepon pada CUseeMe .....	64
Gambar 3.7c	Pemberitahuan panggilan telepon pada CUseeMe .....	65
Gambar 3.7d	Pemberitahuan panggilan telepon ditolak pada CUseeMe .....	65
Gambar 3.7e	Pemberitahuan tujuan tidak aktif menerima panggilan telepon pada CUseeMe .....	65
Gambar 3.8	Tampilan percakapan chatting pada CUseeMe .....	66