

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TESIS	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Networked Music Performance.....	10
3.1.1 Gambaran Umum	10
3.1.2 Arsitektur.....	11
3.2 WebRTC	12
3.3 Pengukuran Subjektif.....	13
3.3.1 Mean Opinion Score (MOS)	13
3.3.2 PAQA.....	14
3.4 Pengukuran Objektif	16
3.4.1 PEAQ	16
3.4.2 SSNR.....	20
3.4.3 VisqolAudio	21
3.5 Spektrum Sinyal	26

3.5.1	Ranah Waktu dan Ranah Frekuensi	26
3.6	Ranah Waktu-Frekuensi.....	28
3.6.1	Short-time Fourier Transform (STFT).....	29
3.6.2	Spektrogram	29
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1	Alat & Bahan.....	32
4.1.1	Alat.....	32
4.1.2	Audio Routing.....	33
4.1.3	Bahan.....	38
4.2	Pengumpulan Data	40
4.3	Prosedur Kerja.....	42
4.3.1	Analisis sistem	42
4.3.2	Rancangan Sistem	45
4.3.3	Implementasi	52
4.3.4	Pengujian dan Evaluasi	58
4.3.5	Pengukuran dan Analisis.....	60
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		71
5.1	Pengukuran.....	71
5.1.1	PAQA – MOS-LQS	71
5.1.2	Google Visqol – MOS-LQO	73
5.1.3	PEAQb – ODG & MOS-LQO	77
5.1.4	Signal-to-noise ratio estimation	81
5.2	Hasil Transmisi	83
5.2.1	Jacktrip Windows.....	83
5.2.2	Soundjack.....	88
5.2.3	Jamulus.....	91
5.2.4	WebRTC	95
5.2.5	Zoom	100

5.2.6	Jacktrip baru MacOS.....	104
5.3	Analisis Kualitas	110
BAB VI KESIMPULAN.....		114
6.1	Kesimpulan	114
6.2	Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA		116
LAMPIRAN.....		120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Topologi Networked Music Performance (Tsioutas et al., 2019b)...	10
Gambar 3.2 Skema arsitektur umum Networked Music Performance (Carot and Werner, 2008)	11
Gambar 3.3 Skema kerja MOS (“P.800.1 : Mean opinion score (MOS) terminology,” 2016)	14
Gambar 3.4 Skema arsitektur umum Networked Music Performance (Garcia-Alvarez et al., 2014)	15
Gambar 3.5 Blok Diagram Skema Pengukuran PEAQ (Thiede, 2000)	16
Gambar 3.6 PEAQ versi dasar dengan Pheripheral Ear Model (Watanabe, 2009)	17
Gambar 3.7 Blok Diagram Skema Umum VisqolAudio (Sloan et al., 2017)	21
Gambar 3.8 Tambahan sub proses pada VisqolAudio v3 (Chinen et al., 2020) ...	22
Gambar 3.9 Proses membuat <i>audio patch</i> NSIM (Sloan et al., 2017)	24
Gambar 3.10 Proses menentukan MOS-LQO dari <i>audio patch</i> NSIM (Sloan et al., 2017)	25
Gambar 3.11 Ranah waktu dan ranah frekuensi (“Teach Tough Concepts: Frequency Domain in Measurements - National Instruments,” 2021)	27
Gambar 3.12 Kurva fungsi Fletcher-Munson (“Equal-loudness contour,” 2021)	28
Gambar 3.13 Representasi Spektrogram (“Spectrogram,” 2021)	30
Gambar 3.14 Representasi Spektrogram (“STFT Spectrograms VI - NI LabVIEW 8.6 Help,” n.d.)	30
Gambar 4.1 Reaper Audio Workstation sebagai pemutar audio maupun perekam audio	34
Gambar 4.2 Antarmuka Blackhole 16ch audio router pada DAW Reaper (atas) dan aplikasi induk MacOS (bawah)	35
Gambar 4.3 routing Jack Audio router untuk kebutuhan Jacktrip	37
Gambar 4.4 ReaRoute sebagai perangkat masukan audio yang akan direkam.	38
Gambar 4.5 Spektrogram dan waveform suara musik elektronik & orkestra	39
Gambar 4.6 Spektrogram dan waveform suara musik akustik	39
Gambar 4.7 Spektrogram dan waveform suara hujan	40

Gambar 4.8 Spektrogram dan waveform suara white noise (kiri) dan pink noise (kanan).....	40
Gambar 4.9 Empat kelompok suara, tiga diantaranya adalah musik, serta satu suara alam	41
Gambar 4.10 Hasil generasi sinyal noise di aplikasi Audacity. Sinyal kiri merupakan white noise, sinyal tengah merupakan chirp, sedangkan sinyal kanan merupakan pink noise	41
Gambar 4.11 Platform Networked Music Performance Soundjack.....	43
Gambar 4.12 Platform Networked Music Performance Jamulus.....	44
Gambar 4.13 Platform Networked Music Performance Jacktrip	44
Gambar 4.14 Skema implementasi	45
Gambar 4.15 Aturan Port Forwarding yang diterapkan pada node MacMini untuk kebutuhan Jacktrip.	48
Gambar 4.16 Aturan Port Forwarding yang diterapkan pada node Mini PC untuk kebutuhan Jacktrip.	49
Gambar 4.17 Arsitektur Jaringan konfigurasi 1 pada pengujian (a) dalam kota dan (b) luar kota	51
Gambar 4.18 Arsitektur Jaringan konfigurasi 2 pada pengujian (a) dalam kota dan (b) luar kota	52
Gambar 4.19 Antarmuka Jacktrip CLI dengan qJackCtl yang susah diidentifikasi status dan kondisi koneksinya.	53
Gambar 4.20 Antarmuka yang lebih ramah dari Jacktrip versi 1.5.1.	54
Gambar 4.21 Implementasi perekaman Soundjack.....	55
Gambar 4.22 Antarmuka Jamulus dan konfigurasinya pada pengujian antarkota.	56
Gambar 4.23 WebRTC menggunakan Google Meet	57
Gambar 4.24 Zoom untuk menerima rekaman audio.....	58
Gambar 4.25 Skema pengujian	58
Gambar 4.26 Perangkat lunak Sonic Line Up yang memiliki fitur visualisasi gelombang audio.	61
Gambar 4.27 Penawaran harga algoritma POLQA dari GL Communication Inc.	63

Gambar 5.1 Sinyal audio pengujian (a) audio referensi, dan (b) audio hasil rekaman Jacktrip	84
Gambar 5.2 Penampakan derau yang sangat kentara pada (a) Orchestra, (b) Angin, (c) Burung, dan (d) Chirp	88
Gambar 5.3 Status konfigurasi NAT yang menunjukkan bisa atau tidaknya Soundjack untuk terkoneksi dengan node lain	89
Gambar 5.4 Perbandingan waveform (a) sinyal asli dan (b) suara rekaman Soundjack	91
Gambar 5.5 Perbandingan waveform (a) sinyal asli dan (b) suara rekaman Jamulus	92
Gambar 5.6 Penampakan derau buyaran pada (a) Orchestra, (b) Gitar Akustik, dan (c) Pink Noise	95
Gambar 5.7 Perbandingan waveform (a) sinyal asli dan (b) suara rekaman WebRTC	96
Gambar 5.8 Penampakan sinyal hilang pada (a) Elektronik, (b) Angin, (c) Burung, dan (d) Hujan	100
Gambar 5.9 Perbandingan waveform (a) sinyal asli dan (b) suara rekaman WebRTC	101
Gambar 5.10 Penampakan sinyal hilang pada (a) Orchestra dan (b) Hujan	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan pustaka	8
Tabel 3.1 Perbedaan Jacktrip, Aretousa, Jamulus, dan Soundjack (Rottondi et al., 2016; Tsioutas et al., 2019b)	12
Tabel 4.1 Spesifikasi node dan konfigurasi	33
Tabel 4.2 Spesifikasi bahan sinyal audio sesuai ontologi	41
Tabel 4.3 Platform Network Performance	42
Tabel 5.1 Skor MOS-LQS tiap ontologi tiap platform	71
Tabel 5.2 Rata-rata Skor MOS-LQS untuk tiap platform	72
Tabel 5.3 Skor Visqol tiap ontologi tiap platform	74
Tabel 5.4 Rata-rata Skor MOS-LQO ViSQOL untuk tiap platform	75
Tabel 5.5 Rata-rata Skor MOS-LQO ViSQOL untuk platform Jacktrip 128, 64, dan 32 pada lingkungan luar kota dan dalam kota	76
Tabel 5.6 Rata-rata Skor ODG PEAQ untuk semua platform	77
Tabel 5.7 Rata-rata Skor MOS PEAQ untuk semua platform	78
Tabel 5.8 Rata-rata Skor MOS-LQO PEAQ untuk tiap platform	78
Tabel 5.9 Rata-rata Skor ODG PEAQ untuk platform Jacktrip 128, 64, dan 32 pada lingkungan luar kota dan dalam kota	79
Tabel 5.10 Rata-rata Skor MOS PEAQ untuk platform Jacktrip 128, 64, dan 32 pada lingkungan luar kota dan dalam kota	80
Tabel 5.11 Skor SNR tiap ontologi tiap platform	82
Tabel 5.12 Rata-rata Skor SNR untuk tiap platform	82
Tabel 5.13 Hasil Rekaman Jacktrip Windows	85
Tabel 5.14 Hasil Rekaman Soundjack	89
Tabel 5.15 Hasil Rekaman Jamulus	93
Tabel 5.16 Hasil Rekaman WebRTC	97
Tabel 5.17 Hasil Rekaman Zoom	101
Tabel 5.18 Hasil Rekaman Jacktrip <i>sampling buffer</i> 128	104
Tabel 5.19 Hasil Rekaman Jacktrip <i>sampling buffer</i> 64	106
Tabel 5.20 Hasil Rekaman Jacktrip <i>sampling buffer</i> 16	109

Tabel 8.1 Program Utama ViSQOL.....	120
Tabel 8.2 Proses Penyejajaran.....	123
Tabel 8.3 Pengkondisian Audio	127
Tabel 8.4 Gammatone Spectrogram.....	133
Tabel 8.5 Membangun <i>Patch</i> /Tambalan	136
Tabel 8.6 Penyejajaran <i>Patch</i> /Tambalan.....	139
Tabel 8.7 Support Vector Regresion Model	152
Tabel 8.8 Pemetaan SVR hasil menjadi MOS	155
Tabel 8.9 Program Utama PEAQ.....	158
Tabel 8.10 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	186
Tabel 8.11 Proses <i>Peripheral Ear Model</i>	189