UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sintesis Suara Bell/Lonceng dengan Metode FM, Aditif dan Wavetabel dengan Pure Data dan MFCC DTW
Lafendra Amalia, Ir. Addin Suwastono, S.T., M.Eng., IPM. , Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M. Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR SINGKATAN xii
INTISARI xiii
ABSTRACT xiv
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.1.1 Sintesis Suara Bel Berbasis Sintesis Aditif oleh Jean-Claude Risset 5
2.1.2 Analisis dan Resintesis Suara Bel pada Cornell Chimes 7
2.1.3 Sintesis Suara Kompleks dengan Frequency Modulation (sintesis FM) 10
2.1.4 Sintesis Spektrum Alami Menggunakan Adaptive Frequency Modulation (AdFM) 11
2.1.5 Sintesis Suara Inharmonik dengan Metode Wavetable Matching ... 13
2.1.6 Multiple Wavetable untuk Suara Instrumen Musik Inharmonik 15
2.1.7 Pengenalan Suara menggunakan MFCC dan DTW untuk Aplikasi Mobile 18
2.1.8 Identifikasi Nada Instrumen Suling Menggunakan MFCC dan DTW 19
2.1.9 Pengenalan Ucapan Menggunakan MFCC dan DTW 20
2.2 Dasar Teori 22
2.2.1 Karakteristik Akustik Suara Bel 22
2.2.2 Model Matematis Suara Bel 24
2.2.3 Metode Sintesis 25

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sintesis Suara Bell/Lonceng dengan Metode FM, Aditif dan Wavetabel dengan Pure Data dan MFCC DTW
Lafendra Amalia, Ir. Addin Suwastono, S.T., M.Eng., IPM. , Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M. Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.3.1 Metode Sintesis Aditif 25
2.2.3.2 Metode Sintesis *Frequency Modulation* 27
2.2.3.3 Metode Sintesis Wavetable 28
2.2.4 Analisis Sinyal Digital 31
2.2.4.1 Fast Fourier Transform (FFT) 31
2.2.4.2 Short-Time Fourier Transform (STFT) 32
2.2.5 Pure Data (Pd) 33
2.2.6 Metode Validasi Suara 34
2.2.6.1 Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) 34
2.2.6.2 Dynamic Time Warping (DTW) 35
BAB III Metodologi Penelitian 37
3.1 Alat dan Bahan Tugas Akhir 37
3.1.1 Alat Tugas Akhir 37
3.1.2 Bahan Tugas Akhir 37
3.2 Alur Penelitian 38
3.3 Metodologi 39
3.3.1 Pra-pemrosesan dan Analisis Sinyal 39
3.3.2 Implementasi Metode Sintesis 40
3.3.2.1 Sintesis Aditif 41
3.3.2.2 Frequency Modulation (FM) 45
3.3.2.3 Sintesis Wavetable 54
3.3.3 Metode Evaluasi dan Validasi 65
3.3.3.1 Ekstraksi Fitur MFCC 65
3.3.3.2 Perhitungan Kemiripan dengan DTW 66
BAB IV Hasil dan Pembahasan 69
4.1 Karakteristik dan Hasil Analisis STFT Suara Asli 69
4.2 Hasil Metode Sintesis Aditif 70
4.2.1 Hasil Ekstraksi Parameter Sintesis 70
4.2.2 Evaluasi Visual Hasil Sintesis Aditif 72
4.3 Hasil Metode Sintesis FM 74
4.3.1 Hasil Ekstraksi Parameter Sintesis 74
4.3.2 Evaluasi Visual Hasil Sintesis FM 76
4.4 Hasil Metode Sintesis Wavetable 78
4.4.1 Hasil Ekstraksi Parameter Sintesis 78
4.4.1.1 Analisis Spektral Awal 78
4.4.1.2 Seleksi Frekuensi Spektral Dominan dan Penentuan Frekuensi Fundamental 78
4.4.1.3 Seleksi Parsial Awal pada Spektrum FFT dan Spektrogram STFT 79

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sintesis Suara Bell/Lonceng dengan Metode FM, Aditif dan Wavetabel dengan Pure Data dan MFCC DTW
Lafendra Amalia, Ir. Addin Suwastono, S.T., M.Eng., IPM. , Prof. Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M. Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.4.1.4 Pelacakan Lintasan Parsial 80
4.4.2 Evaluasi Visual Hasil Sintesis Wavetable 86
4.5 Analisis Kemiripan Menggunakan MFCC dan DTW 87
4.5.1 Validasi Metode MFCC dan DTW 87
4.5.2 Perbandingan Suara Hasil Sintesis Aditif 88
4.5.3 Perbandingan Suara Hasil Sintesis FM 89
4.5.4 Perbandingan Suara Hasil Sintesis Wavetable 90
4.6 Analisis Kemiripan Menggunakan DTW 91
4.6.1 Validasi Metode DTW 91
4.6.2 Perbandingan Suara Hasil Sintesis Aditif 92
4.6.3 Perbandingan Suara Hasil Sintesis Frequency Modulation 93
4.6.4 Perbandingan Suara Hasil Sintesis Wavetable 94
4.7 Perbandingan Keseluruhan Metode Sintesis 95
4.7.1 Perbandingan Menggunakan MFCC dan DTW 95
4.7.2 Perbandingan Menggunakan DTW Time-Series 95
4.7.3 Analisis Sensitivitas Parameter Evaluasi MFCC-DTW 96
4.7.3.1 Latar Belakang dan Tujuan Uji 96
4.7.3.2 Desain Uji Sensitivitas 97
4.7.3.3 Hasil Uji Sensitivitas 98
4.7.3.4 Pembahasan 101
4.7.3.5 Implikasi terhadap Interpretasi Hasil Utama 102
4.7.4 Kelebihan dan Keterbatasan Tiap Metode 102
4.8 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu 104
BAB V Kesimpulan dan Saran 107
5.1 Kesimpulan 107
5.2 Saran 108
DAFTAR PUSTAKA 109
LAMPIRAN L-1
L.1 Penurunan Fungsi Bessel pada Sintesis FM untuk Bunyi Bel L-1
L.1.1 Hubungan dengan Bunyi Bel L-3