

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvii
INTISARI.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	5
I.2.1. Batasan Masalah	5
I.3. Tujuan Penelitian	6
I.4. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II.1. Geometri <i>Ceiling Dome</i> Terhadap Kualitas Akustik.....	7
II.2. Parameter Akustik Ruang Multifungsi.....	11
BAB III DASAR TEORI	15
III.1. Resonansi Bunyi	15
III.2. Bunyi Dalam Fungsi Pidato dan Musik	16
III.3. Akustik Ruang.....	19
III.3.1. Cacat Akustik Ruang.....	20
III.4. Sifat – Sifat Bunyi pada Ruang Tertutup	21
III.4.1. Transmisi dan Refleksi.....	22
III.4.2. Penyerapan Bunyi (Absorpsi)	23
III.4.3. Penyebaran Bunyi (Difusi).....	24
III.4.4. <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)	26
III.4.5. Respon Impuls.....	26
III.5. Parameter Akustik Ruang untuk Fungsi Pidato dan Musik	27



III.5.1. Waktu Dengung (<i>Reverberation Time-RT</i>)	28
III.5.2. Kejelasan Wicara (<i>Definition- D₅₀</i>).....	32
III.5.3. Kejernihan Bunyi (<i>Clarity-C</i>)	33
III.5.4. Indeks Transmisi Bunyi (<i>Speech Transmission Index-STI</i>).....	35
III.5.5. <i>Early Decay Time</i> (EDT)	36
III.5.6. Tingkat Keluasan Bunyi (<i>Lateral Fraction-LF</i>)	37
III.5.7. <i>Background Noise</i>	38
III.6. <i>Geometrical Room Acoustics</i>	39
III.6.1. Akustik Auditorium Multifungsi (<i>Multifunction Auditorium</i>).....	40
III.6.2. Akustik pada Bentuk Ruang Melingkar.....	41
III.6.3. <i>Dome Ceiling</i> dengan Prinsip Akustik Ruang	42
III.6.4. <i>Hybrid Method</i> pada Pemodelan.....	45
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	49
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	49
IV.1.1. Komputer <i>Portable</i>	49
IV.1.2. <i>3D Designer</i>	50
IV.1.3. <i>Room Acoustic Designer</i>	51
IV.2. Tata Laksana Penelitian	52
IV.2.1. Pemilihan Studi Kasus	54
IV.2.2. Literatur.....	56
IV.2.3. Pemodelan 3 Dimensi	57
IV.2.4. Penempatan Material Akustik.....	59
IV.2.5. Pendefinisian Material Elemen Ruang.....	61
IV.2.6. Pendefinisian Material <i>Ceiling</i>	68
IV.2.7. Simulasi dan Analisis.....	70
IV.2.8. Tahapan Simulasi Menggunakan EASE 4.4.....	73
IV.2.9. Analisis Parameter	81
IV.3. Rencana Analisis Hasil Penelitian	84
IV.3.1. Analisis Deskriptif	84
IV.3.2. Eksperimental	84
IV.3.3. Analisis Evaluasi.....	84
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	85



V.1. Analisis Waktu Dengung (<i>Reverberation Time-RT</i>) Berbasis Material ...	87
V.2. Analisis Waktu Dengung (<i>Reverberation Time-RT</i>) Berbasis Akustik Ruang	88
V.3. Analisis Kejelasan Wicara (<i>Definition-D</i>)	93
V.4. Analisis Kejernihan Bunyi Pidato (<i>Clarity of Speech-C₅₀</i>)	95
V.5. Analisis Kejernihan Bunyi Musik (<i>Clarity of Music-C₈₀</i>)	98
V.6. Analisis Indeks Transmisi Bunyi (<i>Speech Transmission Index-STI</i>)	101
V.7. Analisis Early Decay Time (EDT)	104
V.8. Analisis Tingkat Keluasan Bunyi (<i>Lateral Fraction-LF</i>)	106
V.9. Analisis Efek Pemfokusan Bunyi	108
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	112
VI.1. Kesimpulan	112
VI.2. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN	117
LAMPIRAN A DATA HASIL SIMULASI SKENARIO 1	117
LAMPIRAN B DATA HASIL SIMULASI SKENARIO 2	119
LAMPIRAN C DATA HASIL SIMULASI SKENARIO 3	121
LAMPIRAN D DESAIN BANGUNAN MFH <i>UPDATE</i> FEBRUARI 2022	123



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian. ...	14
Tabel 3.1. Hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang [20].	17
Tabel 3.2. Nilai koefisien absorpsi beberapa material umum [24].	24
Tabel 3.3. Parameter objektif untuk auditorium multifungsi berdasarkan ISO 3382-1:2009 <i>Performance Spaces</i> [26].	28
Tabel 3.4. Katagori penilaian <i>speech intelligibility</i> berdasarkan nilai D_{50} [28].	33
Tabel 3.5. Hubungan nilai <i>STI</i> dengan kualitas transmisi bunyi sebagai kejelasan bunyi [32].	36
Tabel 3.6. Nilai NC yang disarankan untuk masing-masing fungsi ruang [16].	39
Tabel 3.7. Batas SPL bagi setiap kriteria NC di setiap frekuensi [16].	39
Tabel 4.1. Spesifikasi komputer <i>portable</i> (laptop) yang digunakan.	49
Tabel 4.2. Koefisien serapan pada elemen penyusun gedung MFH.	62
Tabel 4.3. Material elemen penyusun gedung MFH (Skenario 1).	63
Tabel 4.4. Material elemen penyusun gedung MFH (Skenario 2).	64
Tabel 4.5. Material elemen penyusun gedung MFH (Skenario 3).	64
Tabel 4.6. Koefisien hamburan pada langit-langit gedung MFH.	67
Tabel 4.7. Spesifikasi material ETFE [43].	68
Tabel 4.8. Koefisien penyerapan membran Serge Ferrari [44].	69
Tabel 4.9. <i>Minimum number of receiver positions as a function of</i> .	71
Tabel 4.10. Parameter yang digunakan dalam simulasi.	72
Tabel 4.11. Pengaturan <i>software</i> simulasi akustik ruang.	75
Tabel 4.12. Parameter kualitas akustik ruang untuk fungsi pidato (<i>speech</i>).	82
Tabel 4.13. Parameter kualitas akustik ruang untuk fungsi musik.	82
Tabel 5.1. Nilai waktu dengung MFH pada <i>software</i> EASE 4.4 menggunakan formula Eyring.	88
Tabel 5.2. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi T_{30} pada <i>software</i> EASE 4.4.	91



Tabel 5.3. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi D_{50} pada <i>software</i> EASE 4.4.....	95
Tabel 5.4. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi C_{50} pada <i>software</i> EASE 4.4.....	98
Tabel 5.5. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi C_{80} pada <i>software</i> EASE 4.4.....	100
Tabel 5.6. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi STI pada <i>software</i> EASE 4.4.....	103
Tabel 5.7. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi EDT pada <i>software</i> EASE 4.4.....	105
Tabel 5.8. Visualisasi <i>audience area mapping</i> dan grafik hasil simulasi LF pada <i>software</i> EASE 4.4.....	108



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. SketchUp 3D model: “concert Hall” configuration pada Le Serre Hall [2].	9
Gambar 3.1. Perambatan gelombang bunyi [16].	15
Gambar 3.2. Batas pendengaran manusia terhadap kekuatan bunyi (SPL) [21].	18
Gambar 3.3. Daerah pendengaran manusia terhadap pidato (<i>speech</i>) [21].	18
Gambar 3.4. Daerah pendengaran manusia terhadap musik [21].	19
Gambar 3.5. Gema yang terjadi akibat refleksi bunyi [15].	20
Gambar 3.6. Pemusatan bunyi pada langit ruang cekung [15].	21
Gambar 3.7. Perambatan gelombang bunyi pada ruang tertutup [23].	22
Gambar 3.8. Interaksi bunyi dengan sebuah bidang batas medium [10].	23
Gambar 3.9. Fenomena penyebaran bunyi pada permukaan tidak rata [24].	25
Gambar 3.10. Grafik medan bunyi dalam sebuah ruang pada EASE.	27
Gambar 3.11. Panjang waktu dengung yang dianjurkan pada auditorium dengan fungsi pidato dan musik [27].	29
Gambar 3.12. Grafik peluruhan sumber bunyi terhadap waktu [14].	32
Gambar 3.13. Rasio antara energi awal dan akhir pada respon impuls [5].	34
Gambar 3.14. Grafik hubungan <i>STI</i> dengan kejelasan percakapan atau C_{50} [24].	35
Gambar 3.15. Mechanics Hall, Worcester, USA [14].	41
Gambar 3.16. (a) Bidang pantul cekung; (b) Bidang pantul cembung [35].	42
Gambar 3.17. Pantulan pada cermin cekung dan cermin cembung. (a) Pantulan pada cermin cekung dengan $a > R/2$, (b) Pantulan dari cemin cekung dengan $a < R/2$, dan (c) Pantulan dari cermin cembung [12].	43
Gambar 3.18. (a) <i>Focusing point effect</i> , dan (b) <i>Whispering gallery effect</i> [12].	44
Gambar 3.19. <i>Ray tracing</i> [37].	45
Gambar 3.20. Sumber bayangan. A =sumber, A' =sumber bayangan pertama, A'' = sumber bayangan kedua [37].	46
Gambar 4.1. Tampilan depan <i>software</i> Sketchup Pro 2021.	50
Gambar 4.2. Tampilan depan <i>software</i> EASE 4.4.	51



Gambar 4.3. Bagan tahapan penelitian.....	53
Gambar 4.4. Diagram alir simulasi <i>software</i> EASE 4.4 dalam penelitian.	54
Gambar 4.5. Titik lokasi penelitian pada Google Maps.....	55
Gambar 4.6. Hasil <i>modeling</i> bangunan <i>Millennial Function Hall</i> menggunakan SketchUp Pro 2021.	56
Gambar 4.7. (a) 3D <i>modeling</i> versi SketchUp; (b) <i>Modeling</i> versi EASE 4.4 <i>project file</i>	59
Gambar 4.8. Bentuk geometri atap dengan variasi <i>ceiling absorber</i> rapat.	60
Gambar 4.9. Skenario 1 peletakan panel <i>ceiling absorber</i> rapat.....	60
Gambar 4.10. Skenario 2 peletakan panel <i>ceiling absorber</i> renggang.....	60
Gambar 4.11. Geometri <i>synclastic/ positive surface curvature</i> [41].....	61
Gambar 4.12. Skenario 3 tanpa penggunaan panel <i>ceiling absorber</i>	61
Gambar 4.13. Model 3D pemodelan elemen ruang (<i>fornt view</i>) menggunakan SketchUp Pro 2021.	63
Gambar 4.14. Model 3D pemodelan elemen ruang (<i>back view</i>) menggunakan SketchUp Pro 2021.	63
Gambar 4.15. Kurva komulatif penyerapan material ruang skenario 1.....	65
Gambar 4.16. Kurva komulatif penyerapan material ruang skenario 2.....	66
Gambar 4.17. Kurva komulatif penyerapan material ruang skenario 3.....	66
Gambar 4.18. Keterangan diameter <i>ceiling</i> panel <i>absorber</i> berbentuk oktagon. 67	
Gambar 4.19. <i>Omnidirectional microphone polar pattern</i> [26].....	70
Gambar 4.20. Kondisi tata letak sumber bunyi (hijau), dan penerima sinyal (merah).....	71
Gambar 4.21. Kondisi tata letak <i>loudspeaker</i> dan <i>listenser seats</i> pada <i>software</i> EASE 4.4.....	72
Gambar 4.22. Hasil parameter akustik dalam EASE berupa <i>Audience Area Mapping</i>	73
Gambar 4.23. Hasil parameter akustik dalam EASE berupa <i>Echogram</i>	73
Gambar 4.24. Hasil parameter akustik dalam EASE berupa <i>Graph</i> dan <i>Table</i> . . 73	
Gambar 4.25. Pembuatan <i>database</i> material baru pada EASE.	76
Gambar 4.26. <i>Import .skp</i> file desain dari Sketchup ke EASE.	77



Gambar 4.27. Pengaturan penggantian material Sketchup ke EASE.....	77
Gambar 4.28. Membuka jendela <i>Edit Project</i>	78
Gambar 4.29. Penambahan sumber bunyi dan pengaturan peletakannya.....	78
Gambar 4.30. Penambahan penerima sinyal dan pengaturan peletakannya.....	79
Gambar 4.31. Menjalankan <i>AURA Mapping 3 Dimensi</i>	79
Gambar 4.32. Pengaturan parameter yang akan digunakan untuk simulasi.....	80
Gambar 4.33. Pengaturan parameter yang akan digunakan untuk simulasi (lanjutan).....	80
Gambar 4.34. Pemrosesan simulasi <i>AURA Mapping 3 Dimensi</i>	81
Gambar 4.35. Hasil simulasi <i>AURA Mapping 3 Dimensi</i>	81
Gambar 4.36. Fenomena pemantulan bunyi dalam akustik ruang penghasil sinyal respon impuls [49].	83
Gambar 5.1. Grafik pengukuran respon impuls dalam <i>software</i> EASE 4.4 pada titik pengukuran 7 skenario 1.....	85
Gambar 5.2. Grafik pengukuran respon impuls dalam <i>software</i> EASE 4.4 pada titik pengukuran 7 skenario 2.....	86
Gambar 5.3. Grafik pengukuran respon impuls dalam <i>software</i> EASE 4.4 pada titik pengukuran 7 skenario 3.....	86
Gambar 5.4. Nilai rata-rata parameter T_{30} dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	89
Gambar 5.5. Perbedaan nilai parameter T_{30} antar ketiga variasi skenario.....	90
Gambar 5.6. Grafik <i>echogram</i> peluruhan bunyi skenario 1 di ruang MFH pada <i>software</i> EASE 4.4.....	90
Gambar 5.7. Grafik <i>echogram</i> peluruhan bunyi skenario 2 di ruang MFH pada <i>software</i> EASE 4.4.....	90
Gambar 5.8. Grafik <i>echogram</i> peluruhan bunyi skenario 3 di ruang MFH pada <i>software</i> EASE 4.4.....	91
Gambar 5.9. Nilai rata-rata parameter D_{50} dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	93
Gambar 5.10. Perbedaan nilai parameter D_{50} antar ketiga variasi skenario.....	94



Gambar 5.11. Grafik nilai rata-rata parameter C_{50} dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	96
Gambar 5.12. Perbedaan nilai parameter C_{50} antar ketiga variasi skenario.	97
Gambar 5.13. Grafik nilai rata-rata parameter C_{80} dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	99
Gambar 5.14. Perbedaan nilai parameter C_{80} antar ketiga variasi skenario.	99
Gambar 5.15. Grafik nilai rata-rata parameter STI dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	101
Gambar 5.16. Perbedaan nilai parameter STI antar ketiga variasi skenario.....	102
Gambar 5.17. Grafik nilai rata-rata parameter EDT dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	104
Gambar 5.18. Perbedaan nilai parameter EDT antar ketiga variasi skenario....	105
Gambar 5.19. Grafik nilai rata-rata parameter LF dengan ketiga skenario peletakan <i>ceiling absorber</i>	106
Gambar 5.20. Perbedaan nilai parameter LF antar ketiga variasi skenario.....	107
Gambar 5.21. Dokumentasi proses <i>ray tracing</i> yang dilakukan dalam ruang MFH pada <i>software</i> EASE 4.4.	110

