



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

**DESAIN DAN EVALUASI KUALITAS AKUSTIK  
RUANG DARI GEDUNG AIRLANGGA  
CONVENTION CENTER, UNIVERSITAS  
AIRLANGGA SURABAYA**

**MALVIKA AGUSTIA RESA  
NRP. 0231144000019**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  
NIPN. 19600229 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2018**

*“Halaman ini memang dikosongkan”*



**FINAL PROJECT - TF 141581**

**DESIGN AND EVALUATION OF BUILDING  
ACOUSTIC QUALITY OF AIRLANGA  
CONVENTION CENTER, AIRLANGGA  
UNIVERSITY SURABAYA**

**MALVIKA AGUSTIA RESA**  
**NRP. 02311440000019**

*Supervisor*  
**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**  
**NIPN. 19600229 198701 1 001**

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT**  
**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**Surabaya 2018**

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME


Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Malvika Agustia Resa  
NRP : 0231144000019  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Desain Dan Evaluasi Kualitas Akustik Ruang Dari Gedung Airlangga Convention Center, Universitas Airlangga Surabaya” adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari orang lain. Apalagi di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 4 Juni 2018  
Yang membuat pernyataan,

A.N. 

Malvika Agustia Resa  
NRP. 0231144000019

*“Halaman ini memang dikosongkan”*



## Lembar Pengesahan I

### DESAIN DAN EVALUASI KUALITAS AKUSTIK RUANG DARI GEDUNG AIRLANGGA CONVENTION CENTER, UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA

#### TUGAS AKHIR

oleh:

**MALVIKA AGUSTIA RESA**  
**NRP. 0231144000019**

Surabaya, 12 Juli 2018

**Pembimbing,**



**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**  
NIPN. 19600229 198701 1 001



**Agus W. Hatta, ST., M.Si., Ph.D**  
NIPN. 19780902 200312 1 002



*“Halaman ini memang dikosongkan”*





**DESAIN DAN EVALUASI KUALITAS AKUSTIK RUANG  
DARI GEDUNG AIRLANGGA CONVENTION CENTER,  
UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Vibrasi dan Akustik  
Program Studi S1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
oleh:

**MALVIKA AGUSTIA RESA  
NRP. 0231144000019**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Pembimbing)
2. Ir. Jerri Susatio, MT  (Penguji 1)
3. Ir. Heri Joestiono, MT  (Penguji 2)
4. Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT  (Penguji 3)

**Surabaya, Juli 2018**

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

# DESAIN DAN EVALUASI KUALITAS AKUSTIK RUANG DARI GEDUNG AIRLANGGA CONVENTION CENTER, UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Malvika Agustia Resa  
NRP : 02311440000019  
Departemen : Teknik Fisika FTI ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

## ABSTRAK

Gedung Airlangga Convention Center (ACC) merupakan gedung auditorium milik Universitas Airlangga yang digunakan untuk mengadakan berbagai macam pertemuan. Kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan nyaman apabila ruangan tersebut memiliki kualitas akustik yang baik agar penonton dapat mendengar dengan jelas artikulasi percakapan pembicara. Berdasarkan *survey* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa sekitar 60% responden menyatakan bahwa suara di beberapa titik di gedung ACC tidak dapat didengar dengan jelas. Sehingga penulis melakukan penelitian untuk mengetahui kualitas akustik ruang pada gedung ACC. Penelitian dilaksanakan dengan melakukan pengukuran tingkat bising latar belakang pada gedung ACC serta waktu dengung dalam keadaan ruang tertutup dan tidak ada audiens. Dari hasil pengukuran tersebut, dilakukan simulasi pada *software* EASE 4.4 untuk validasi dan evaluasi pada gedung tersebut. Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa nilai bising latar belakang pada gedung ACC adalah NC-42. Nilai ini sangat jauh dari standar yang seharusnya bernilai NC-25. Hal ini disebabkan oleh adanya mesin yang menimbulkan bising cukup tinggi dari perangkat elektronik maupun HVAC. Sedangkan nilai waktu dengung yang didapatkan bernilai 8 detik di frekuensi tengah. Nilai ini juga sangat jauh melebihi standar yang ada. Sehingga penulis melakukan evaluasi dengan beberapa variasi bahan penyerap serta penggunaan panel *movable*. Dari beberapa variasi tersebut didapatkan hasil terbaik pada variasi dengan penggunaan abfuser sebagai panel di dinding yang diberikan *airgap*. Variasi ini menghasilkan nilai waktu dengung senilai 1,9 detik di frekuensi tengah serta persebaran nilai parameter objektif yang cukup bagus pada area lantai 1 maupun di tribun. Dimana nilai *STI* berada direntang 0,6-0,8; *alcons* dengan nilai 0,8-0%; C50 yang bernilai di atas -5 serta C80 yang bernilai tidak melebihi 8.

**Kata Kunci:** gedung ACC, akustik ruang, parameter akustik

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

# **DESIGN AND EVALUATION OF BUILDING ACOUSTIC QUALITY OF AIRLANGA CONVENTION CENTER, AIRLANGGA UNIVERSITY SURABAYA**

Name : Malvika Agustia Resa  
NRP : 02311440000019  
Departement : Engineering Physics  
Supervisor : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

## **ABSTRACT**

*Airlangga Convention Center (ACC) is an auditorium owned by Airlangga University which used to hold a variety of campus activities both of the meetings or activities outside the campus. These activities can be carried comfortably in a room designed in accordance with the specified standards of comfort. One of the standards of comfort to consider in designing an auditorium is the architectural acoustic quality of the auditorium. Based on the survey, 60% of the respondents stated that voices in some point in the building can not be heard clearly. So the author did some study to find out the architectural acoustic quality of the auditorium in order to provide recommendations for sound system design in the building. The study was conducted by measuring the background noise levels in the ACC building and the reverberation time as the building was completely closed and unoccupied. Then the result of measurement will be simulated in EASE 4.4 to perform validation and evaluation. The result showed that the value of the background noise in the ACC is building NC-42. This value is very far from the standard that should be worth a NC-25. This is caused by a machine that causes high noise from electronic devices and HVAC. While the reverberation time value is worth 8 seconds in the middle frequencies. This value is also very well beyond existing standards. So the author do an evaluation with some variation of absorbent material and the use of movable panel. From these variations, the best result was obtained on variation with the use of abfusor as a panel on the wall provided with airgap. This variation produces a 1.9-second reverberation time in the middle frequency as well as an excellent distribution of objective parameters on the first floor area and in the stands. Where STI showed a value of 0.6-0.8, alcons of 0,8-0%, C50 was above -5, and C80 was not exceed 8.*

**Keywords:** ACC building, architectural acoustic, acoustical attributes

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **DESAIN DAN EVALUASI KUALITAS AKUSTIK RUANG DARI GEDUNG AIRLANGGA CONVENTION CENTER, UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA.**

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat serta selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumensi yang telah memberikan ilmu, serta kemudahan perizinan.
3. Bapak Ir. Tutug Dhanardono dan Ibu Dr. Katherin Indriawati ST, MT, selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
4. Kedua orang tua (Bapak Jhon Baker dan Ibu Misrawati) serta saudara (Jefri Sepriadi). Terima kasih atas segala doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
5. Seluruh teman seperjuangan Laboratorium Vibrasi dan Akustik diantaranya Nurul, Ilvy, Afif, Dimas, Pieter, Dhewangga, Arief, Deni dan lainnya terima kasih untuk semuanya.
6. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.



Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 31 Mei 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
<i>Title Page</i>	ii
Lembar Pengesahan I	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
KATA PENGANTAR	xvi
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perancangan Auditorium Multifungsi	5
2.2 Area Dengar Manusia untuk <i>Speech</i> dan Musik	7
2.3 Parameter Akustik Ruang	9
2.4 Penggunaan Bahan Penyerap	16
2.5 Penggunaan Sistem Pengeras Suara dalam Ruang	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Studi Literatur	20
3.2 Pengambilan Data	20
3.3 Desain dan Simulasi Ruang	27
3.4 Perbaikan Kualitas Akustik Ruang	28
3.5 Analisa Data dan Penyusunan Laporan	28
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Pengukuran	29
4.2 Hasil Simulasi Kondisi <i>Existing</i>	35
4.3 Perbaikan Kualitas Akustik Ruang	48
4.4 Perbandingan Semua Variasi	102
BAB V PENUTUP	107

5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	108
	DAFTAR PUSTAKA	109
	LAMPIRAN	
	BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Area dengar manusia untuk speech	8
Gambar 2.2 Area dengar manusia untuk musik	8
Gambar 2.3 Total SPL dan Direct SPL pada ruang	10
Gambar 2.4 Perambatan bunyi di dalam ruang	11
Gambar 2.5 Nilai waktu dengung berdasarkan fungsi dan volume ruang	12
Gambar 2.6 Rentang toleransi respon frekuensi untuk waktu dengung (a) speech (b) musik	13
Gambar 2.7 Kurva <i>Noise Criteria</i>	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	20
Gambar 3.2 Lokasi pengukuran (Gedung ACC)	21
Gambar 3.3 Diagram alir kalibrasi SLM	22
Gambar 3.4 Denah titik pengukuran bising latar belakang di lantai 1	23
Gambar 3.5 Denah titik pengukuran bising latar belakang di lantai 2	24
Gambar 3.6 Denah pengukuran waktu dengung lantai 1	25
Gambar 3.7 Denah pengukuran waktu dengung lantai 2	25
Gambar 3.8 Langkah pengambilan data	26
Gambar 3.9 Desain gedung ACC(a)tampak dalam (b)tampak luar	27
Gambar 4.1 Hasil pengukuran bunyi latar belakang gedung ACC	31
Gambar 4.2 Hasil pengukuran waktu dengung	34
Gambar 4.3 Gambaran desain gedung ACC di <i>software</i> EASE 4.4 tampak samping	35
Gambar 4.4 Gambaran desain gedung ACC di <i>software</i> EASE 4.4 tampak 3D	35
Gambar 4.5 Gambaran desain gedung ACC di <i>software</i> EASE 4.4 tampak atas	36
Gambar 4.6 Nilai waktu dengung pada simulasi	36
Gambar 4.7 Nilai STI di lantai 1(a) persebaran (b) distribusi	37
Gambar 4.8 Nilai STI di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi	38
Gambar 4.9 Nilai % <i>Alcons</i> di lantai 1(a) persebaran (b) distribusi	39
Gambar 4.10 Nilai % <i>Alcons</i> di lantai 2(a) persebaran (b) distribusi	40

Gambar 4.11 Nilai <i>direct</i> SPL di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi	41
Gambar 4.12 Nilai <i>direct</i> SPL di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi	42
Gambar 4.13 Nilai <i>total</i> SPL di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi	43
Gambar 4.14 Nilai <i>total</i> SPL di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi	44
Gambar 4.15 Nilai C50 di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi	45
Gambar 4.16 Nilai C50 di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi	46
Gambar 4.17 Nilai C80 di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi	47
Gambar 4.18 Nilai C80 di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi	48
Gambar 4.19 Nilai koefisien absorpsi <i>perforated panel</i> pada dinding	50
Gambar 4.20 Nilai koefisien absorpsi karpet	50
Gambar 4.21 Nilai koefisien absorpsi <i>perforated panel</i> pada <i>ceiling</i>	50
Gambar 4.22 Nilai koefisien absorpsi <i>fiberglass</i>	51
Gambar 4.23 Nilai waku dengung pada variasi 1.1	51
Gambar 4.24 Persebaran nilai STI di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	52
Gambar 4.25 Persebaran nilai STI di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	53
Gambar 4.26 Persebaran nilai <i>direct SPL</i> di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	54
Gambar 4.27 Persebaran nilai <i>direct SPL</i> di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	55
Gambar 4.28 Persebaran nilai <i>total SPL</i> di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	56
Gambar 4.29 Persebaran nilai <i>total SPL</i> di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	57
Gambar 4.30 Persebaran nilai C50 di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	58
Gambar 4.31 Persebaran nilai C50 di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	59

Gambar 4.32 Persebaran nilai C80 di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	60
Gambar 4.33 Persebaran nilai C80 di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	61
Gambar 4.34 Persebaran nilai %Alcons di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	62
Gambar 4.35 Persebaran nilai %Alcons di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	63
Gambar 4.36 Nilai koefisien absorpsi bunyi abfuser	64
Gambar 4.37 Nilai waktu dengung pada variasi 1.2	65
Gambar 4.38 Persebaran nilai STI di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	66
Gambar 4.39 Persebaran nilai STI di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	67
Gambar 4.40 Persebaran nilai direct SPL di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	68
Gambar 4.41 Persebaran nilai direct SPL di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	69
Gambar 4.42 Persebaran nilai total SPL di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	70
Gambar 4.43 Persebaran nilai total SPL di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	71
Gambar 4.44 Persebaran nilai C50 di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	72
Gambar 4.45 Persebaran nilai C50 di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	73
Gambar 4.46 Persebaran nilai C80 di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	74
Gambar 4.47 Persebaran nilai C80 di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	75
Gambar 4.48 Persebaran nilai %Alcons di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	76
Gambar 4.49 Persebaran nilai %Alcons di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) <i>mapping</i> (b) distribusi	77
Gambar 4.50 Nilai koefisien absorpsi bunyi <i>perforated panel</i> dinding	79

Gambar 4.51 Nilai koefisien absorpsi bunyi <i>fiberboard</i>	79
Gambar 4.52 Nilai koefisien absorpsi bunyi <i>gypsumceiling 5/8"</i>	80
Gambar 4.53 Nilai koefisien absorpsi bunyi <i>hanging acoustical baffle</i>	80
Gambar 4.54 Nilai waktu dengung pada variasi <i>movable</i>	81
Gambar 4.55 Nilai STI pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	82
Gambar 4.56 Nilai STI pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	83
Gambar 4.57 Nilai %Alcons pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	84
Gambar 4.58 Nilai %Alcons pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	85
Gambar 4.59 Nilai C50 pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	86
Gambar 4.60 Nilai C50 pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	87
Gambar 4.61 Nilai direct SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	88
Gambar 4.62 Nilai direct SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	89
Gambar 4.63 Nilai total SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	90
Gambar 4.64 Nilai total SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	91
Gambar 4.65 Nilai waku dengung untuk variasi <i>movable</i>	92
Gambar 4.66 Nilai C80 pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	93
Gambar 4.67 Nilai C80 pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	94
Gambar 4.68 Nilai <i>direct SPL</i> pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	95
Gambar 4.69 Nilai direct SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	96
Gambar 4.70 Nilai total SPL pada variasi <i>movable</i> di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi	97

Gambar 4.71 Nilai total SPL pada <i>variasi movable</i> di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi	98
Gambar 4.72 Posisi <i>speaker</i> pada gedung ACC	99
Gambar 4.73 Posisi lubang udara pada gedung ACC	101
Gambar 4.74 Contoh <i>enclosure</i> pada AC	102



*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Material penyusun ruang	23
Tabel 4.1 Hasil pengukuran bising latar belakang di lantai 1	29
Tabel 4.2 Hasil pengukuran bising latar belakang di lantai 2	30
Tabel 4.3 Rata-rata hasil pengukuran bising latar belakang	31
Tabel 4.4 Hasil pengukuran waktu dengung lantai 1	32
Tabel 4.5 Hasil pengukuran waktu dengung lantai 2	33
Tabel 4.6 Rata-rata hasil pengukuran waktu dengung	34
Tabel 4.7 Susunan material pada variasi 1.1	49
Tabel 4.8 Rincian penggunaan material pada variasi 1.2	64
Tabel 4.9 Rincian penggunaan material pada <i>variasi movable</i>	78
Tabel 4.10 Rincian penggunaan speaker di gedung ACC	99
Tabel 4.11 Perbandingan distribusi nilai STI pada semua variasi	104
Tabel 4.12 Perbandingan distribusi nilai %Alcons pada semua variasi	104
Tabel 4.13 Perbandingan distribusi nilai C50 pada semua variasi	104
Tabel 4.14 Perbandingan distribusi nilai C80 pada semua variasi	105

*“Halaman ini memang dikosongkan”*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Auditorium merupakan salah satu tempat untuk melakukan pertunjukan musik atau teater maupun mengadakan konferensi yang dihadiri oleh banyak orang. Kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan nyaman apabila ruangan tersebut didesain sesuai dengan standar kenyamanan yang telah ditentukan. Salah satu standar kenyamanan yang perlu diperhatikan dalam perancangan sebuah auditorium adalah kualitas akustik ruang dari auditorium tersebut. Desain akustik pada sebuah auditorium yang digunakan harus dapat membuat pendengar di berbagai lokasi agar dapat mendengar dengan jelas artikulasi percakapan pembicara, sehingga pesan-pesan yang ditampilkan dapat ditangkap dan dicerna (Indriani, 2007). Jika pendengar hanya dapat mendengar informasi dengan jelas di beberapa lokasi tertentu saja, berarti kondisi kualitas akustik dari auditorium tersebut masih belum baik dan perlu dilakukannya peninjauan ulang mengenai kualitas akustik pada ruang tersebut.

Gedung Airlangga Convention Center merupakan gedung auditorium milik Universitas Airlangga. Gedung ini digunakan untuk mengadakan berbagai macam pertemuan baik dari kegiatan kampus maupun kegiatan di luar kampus. Penulis melakukan survey dengan memberikan kuisioner kepada 102 responden responden untuk mengetahui pendapat dari pengunjung yang pernah mengikuti kegiatan di auditorium tersebut. Berdasarkan data yang didapat dari hasil kuisioner tersebut, 61 responden menyatakan bahwa kualitas suara di auditorium ini kurang memuaskan karena suara dari pembicara di panggung terdengar kurang jelas di beberapa tempat. 33 responden menyatakan kualitas suara auditorium baik-baik saja dan 8 responden lainnya menyatakan tidak tahu.

Pada auditorium ini terdapat area di bawah tribun yang membuat pengunjung kesulitan untuk melihat area panggung sebagai sumber suara. Begitu pula di beberapa area tribun,

pengunjung juga memiliki kesulitan yang sama. Sebagai bangunan yang digunakan untuk mengadakan berbagai macam pertemuan, maka seharusnya auditorium pada gedung Airlangga Convention Center ini memiliki kriteria kenyamanan akustik yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan agar tidak terjadi *complain* dari berbagai pihak yang melakukan penyewaan terhadap auditorium pada gedung tersebut maupun peserta dari acara tiap pertemuan yang diadakan di auditorium tersebut.

Berangkat dari keadaan yang telah dipaparkan tersebut, maka penulis mengusung sebuah tema untuk penelitian di gedung auditorium ini dengan tujuan agar dapat melakukan evaluasi terkait kenyamanan gedung tersebut ditinjau dari segi ilmu akustik ruang dengan mempertimbangkan parameter-parameter akustik yang telah ada dan menyesuaikannya dengan standar yang berlaku.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana kondisi kualitas akustik gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya?
- b. Bagaimana perancangan perbaikan akustik ruang pada gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya?

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui kondisi kualitas akustik gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya.
- b. Untuk melakukan perancangan perbaikan akustik ruang gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya.

## **1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari pembahasan topik di luar tugas akhir ini, terdapat beberapa batasan masalah diantaranya :

- a. Ruang yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah pada gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya
- b. Analisa kondisi akustik pada gedung ini dilakukan dengan mengabaikan kondisi lingkungan luar.
- c. Perancangan gedung hingga perbaikan kualitas akustik ruang dilakukan dengan perangkat lunak yaitu EASE 4.4.
- d. Parameter akustik yang digunakan adalah waktu dengung, *Speech Transmission Index*, *Clarity-50*, *Articulation loss consonants*, *Clarity-80* dan persebaran tingkat tekanan bunyi.

## 1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

- a. **BAB I PENDAHULUAN**  
Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.
- b. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**  
Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, seperti teori mengenai desain bangunan dari segi akustik, parameter-parameter akustik ruang, penggunaan *sound reinforcement* dan sebagainya.
- c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**  
Pada bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode dan langkah-langkah dalam penelitian.
- d. **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**  
Pada bab IV ini berisi tentang data hasil penelitian dari simulasi gedung di perangkat lunak, serta analisis data pengukuran yang didapatkan. Beserta perbaikan kualitas akustik ruang dari gedung tersebut. Hasil perbaikan ini juga disesuaikan dengan standarisasi yang ada.
- e. **BAB V PENUTUP**  
Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh,

serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perancangan Auditorium Multifungsi**

Parameter akustik yang membuat ruangan baik untuk kegunaan *speech auditorium*, biasanya buruk digunakan untuk musik, begitupun sebaliknya. Untuk mendapatkan tingkat kejelasan bicara yang bagus, volume ruang dan waktu dengung haruslah rendah. Pantulan bunyi pertama harusnya dari *ceiling*, dan hanya dibutuhkan sedikit difusi bunyi. Sedangkan ruangan yang digunakan untuk *unamplified music* membutuhkan waktu dengung yang panjang, volume ruang yang besar dan difusi bunyi serta *lateral reflection* yang dominan (Long, 2006).

Untuk menghasilkan kualitas suara yang baik, secara garis besar suatu auditorium harus memenuhi syarat: kekerasan (*loudness*) yang cukup, bentuk ruang yang tepat, distribusi energi bunyi yang merata dalam ruang, dan harus bebas dari cacat akustik (Egan, 1976).

##### **a. Kekerasan yang cukup**

Menurut Doelle dalam bukunya pada tahun 1972 (Doelle, 1972), kekerasan bunyi berkurang pada suatu gedung yang besar disebabkan oleh energi yang hilang pada perambatan gelombang bunyi karena jarak tempuh bunyi yang terlalu panjang dan penyerapan suara oleh penonton dan isi ruang. Oleh karena itu, terdapat beberapa persyaratan untuk mencapai kekerasan yang cukup yaitu:

##### **i. Memperpendek jarak penonton dengan sumber bunyi**

Jarak maksimum dari penyaji/pembicara pada suatu auditorium di panggung dengan kekerasan yang cukup adalah sebesar 40 m.

##### **ii. Penaikan sumber bunyi**

Sumber bunyi harus dinaikkan agar sebanyak mungkin dapat dilihat oleh penonton, sehingga menjamin gelombang bunyi langsung yang bebas (gelombang yang merambat secara langsung tanpa pemantulan) ke setiap pendengar.

### iii. Pemiringan lantai

Lantai di area penonton harus dibuat miring karena bunyi lebih mudah diserap bila merambat melewati penonton dengan sinar datang miring. Aturan gradien kemiringan lantai yang ditetapkan tidak boleh lebih dari 1:8 atau  $30^\circ$  dengan pertimbangan keamanan dan keselamatan. Kemiringan lebih dari itu menjadikan lantai terlalu curam dan membahayakan.

### iv. Sumber bunyi harus dikelilingi lapisan pemantul suara

Untuk mencegah berkurangnya energi suara, sumber bunyi harus dikelilingi oleh permukaan-permukaan pemantul bunyi. Salah satu cara untuk memperkuat bunyi dari panggung adalah dengan menyediakan pemantul di atas bagian depan auditorium untuk memantulkan bunyi secara langsung ke tempat duduk bagian belakang, dimana bunyi langsung (*direct sound*) terdengar paling lemah (Mills, 1976).

### v. Kesesuaian luas lantai dengan volume ruang

Nilai volume per tempat duduk penonton yang direkomendasikan untuk gedung pertunjukan serbaguna minimal  $5,1 \text{ m}^3$ , optimal  $7,1 \text{ m}^3$  dan maksimal  $8,5 \text{ m}^3$ .

### vi. Menghindari pemantul bunyi *parallel* yang saling berhadapan

Disarankan bentuk permukaan pemantul bunyi yang miring dengan permukaan yang tidak beraturan, terutama daerah *plafond* di atas sumber bunyi, agar sebagian besar bunyi langsung (*direct sound*) menyebar ke arah penonton dengan waktu tunda yang panjang sehingga bunyi langsung dapat diterima sebagian besar penonton hingga ke tempat duduk terjauh.

### vii. Penempatan penonton di area yang menguntungkan

Lingkar area tempat duduk penonton yang dapat ditoleransi adalah sebesar sudut  $135^\circ$ , agar mendapatkan jarak mendengar dan melihat yang baik secara akustik maupun visual.

### b. Pemilihan bentuk ruang yang tepat

Bentuk ruang juga mempengaruhi kualitas bunyi pada suatu auditorium, pertimbangan yang digunakan adalah ruangan yang dapat membuat penonton dekat dengan sumber bunyi dan dapat menampung penonton yang banyak.

c. Distribusi bunyi yang merata

Menurut Doelle, agar energi bunyi dari sumber terdistribusi merata ke setiap bagian ruang maka perlu dilakukan pengolahan elemen pembentuk ruangnya, seperti unsur langit-langit, lantai dan dinding, dengan cara membuat permukaan yang tidak hanya datar saja, terdapat penonjolan elemen bangunan, langit-langit yang ditutupi dekorasi pada permukaan dinding yang dipahat, bukaan jendela yang dalam dan sebagainya (Doelle, 1972).

d. Ruang harus bebas dari cacat-cacat akustik

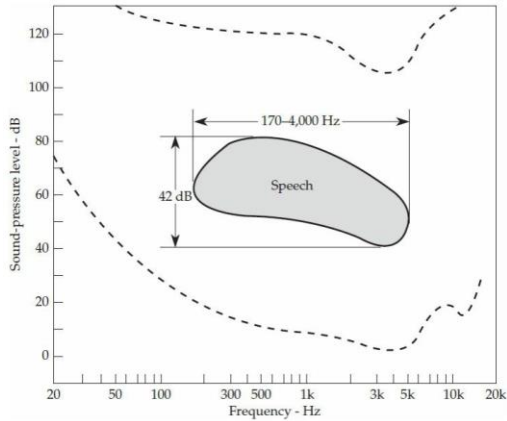
Cacat akustik merupakan kekurangan-kekurangan yang terdapat pada pengolahan elemen pembentuk ruang gedung pertunjukan yang menimbulkan permasalahan akustik.

e. Penggunaan bahan penyerap bunyi

Bahan-bahan penyerap bunyi yang digunakan dalam perancangan akustik yang dipakai sebagai pengendali bunyi dalam ruang-ruang bising dan dapat dipasang pada dinding ruang atau di gantung sebagai penyerap ruang yakni yang berjenis bahan berpori dan panel penyerap (panel *absorber*) serta karpet. Pada ruangan yang digunakan untuk musik maupun *speech presentation*, sebaiknya dirancang dengan waktu dengung yang tinggi, lalu untuk mengatur kejelasan bicara dapat dilakukan dengan menggunakan sistem penguat suara (Long, 2006).

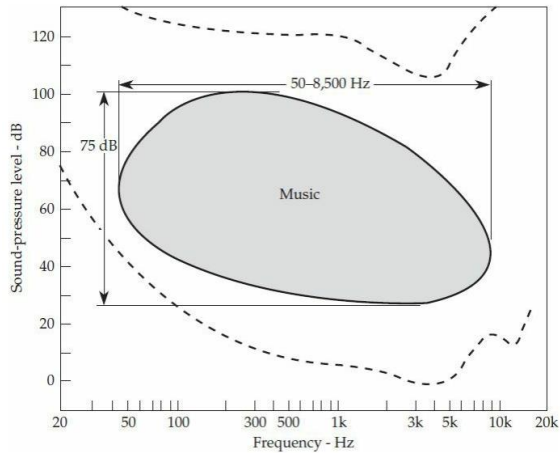
## 2.2 Area Dengar Manusia untuk *Speech* dan Musik

Rentang frekuensi dan rentang dinamik dari *speech* dan musik serta sumber suara lainnya bervariasi sesuai dengan kebutuhan telinga manusia. *Speech* hanya menggunakan sebagian kecil area pada kemampuan dengar telinga manusia. Area ini biasanya berada di tengah rentang pendengaran. Walaupun suara tersebut terlalu lembut ataupun keras, nilainya tidak akan melebihi rentang tersebut. Area dengar *speech* ditunjukkan dengan area dinamik sekitar 42 dB. Serta rentang frekuensi yang digunakan adalah antara 170-4000 Hz yang mencakup 4,5 oktaf (Everest & Pohlmann, 2009). Area dengar untuk *speech* dan dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.1** Area dengar manusia untuk *speech* (Everest & Pohlmann, 2009)

Pada musik, area yang digunakan lebih besar daripada *speech*. Ara dinamik dari musik adalah sekitar 75 dB dengan rentang frekuensi dari 50-8500 Hz. Span frekuensi musik adalah sebesar 7,5 oktaf. Berikut merupakan area dengar manusia untuk musik.



**Gambar 2.2** Area dengar manusia untuk music (Everest & Pohlmann, 2009)

### 2.3 Parameter Akustik Ruang

Parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas akustik ruang auditorium terbagi menjadi dua yaitu parameter subjektif dan parameter objektif. Pada parameter subjektif, kualitas akustik ditentukan oleh persepsi dengan nilai representasi berupa indeks antara 0 sampai 10. Parameter ini meliputi *intimacy*, *spaciousness* atau *envelopment*, *fullness*, dan *overall impressions* yang biasanya dipakai untuk akustik teater dan *concert hall*. Namun parameter ini memiliki kelemahan mengenai akurasi dari data yang ada. Hal ini dikarenakan masing-masing individu dapat memiliki persepsi yang berbeda-beda terhadap suara yang didengarkan tergantung dari kondisi fisik orang tersebut dan bising latar belakang yang ada pada saat dilakukan pengukuran. Selanjutnya adalah parameter objektif, dimana parameter ini didapat dengan melakukan proses pengukuran di lapangan dan didapatkan analisa dari berbagai parameter tersebut, diantaranya adalah:

#### a. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Salah satu tujuan dalam mendesain ruang auditorium adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang dipancarkan oleh pembicara atau pemusik diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara maupun pemusik. Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata (Mills, 1976).

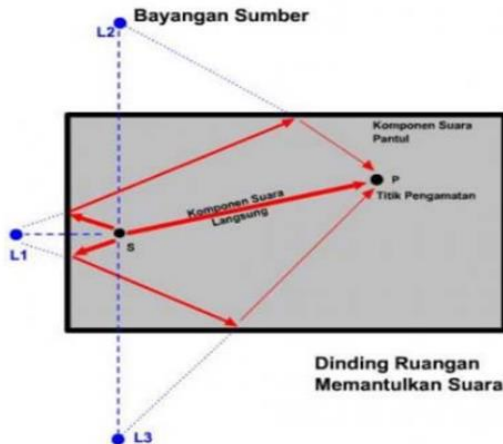
Terdapat dua jenis *Sound Pressure Level (SPL)* dalam ruang yaitu:

i. *Direct SPL*

*Direct SPL* atau tingkat tekanan bunyi langsung didapat melalui nilai yang dihasilkan oleh bunyi langsung dari sumber bunyi tanpa pertimbangan dari pemantulan-pemantulan di sekitar lingkungan sumber bunyi tersebut.

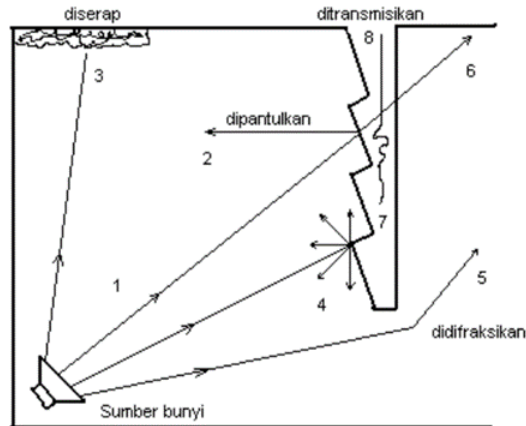
ii. *Total SPL*

Bunyi yang diterima oleh seorang pendengar di dalam ruangan tidak hanya berasal dari bunyi langsung, tetapi juga berasal dari bunyi yang mengalami pemantulan-pemantulan. Bunyi dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya bahan penyusun ruang (berkaitan dengan koefisien absorpsi bahan), bentuk dan volume ruang serta penempatan *speaker* (sumber bunyi). Oleh karena di dalam ruang, maka titik-titik yang jauh dari sumber bunyi belum tentu akan mempunyai TTB yang lebih kecil dibandingkan TTB yang lebih dekat ke sumber. Hal ini terjadi karena pada titik tersebut banyak bunyi pantul yang tiba meskipun bunyi langsungnya berkurang, sehingga TTB dapat tetap tinggi di titik tersebut (Suyatno, 2007).



**Gambar 2.3** *Total SPL* dan *Direct SPL* pada ruang (Kadarisman & Suyatno, 2017)

Gelombang bunyi dalam sebuah ruang akan merambat lurus hingga gelombang itu membentur suatu permukaan atau benda. Ketika gelombang bunyi tersebut mengenai suatu permukaan maka terjadi beberapa kemungkinan, diantaranya bunyi akan dipantulkan, diserap, ditransmisikan atau bunyi akan didifraksikan.



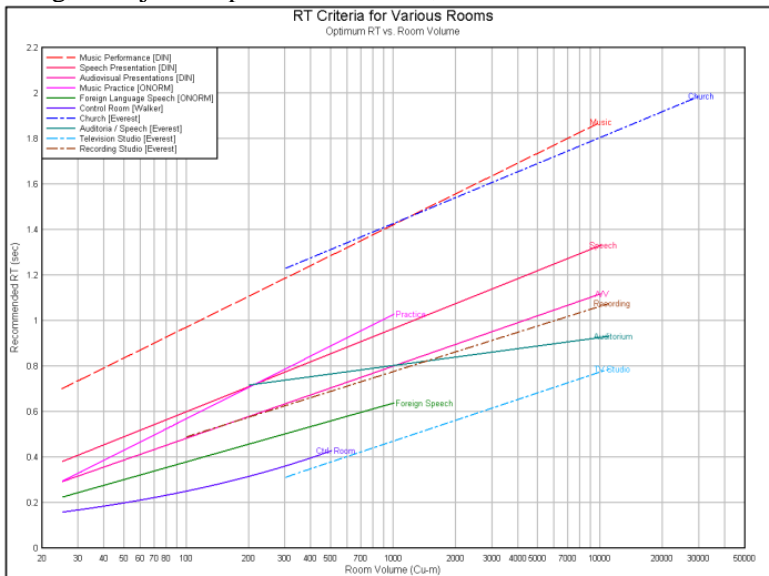
**Gambar 2.4** Perambatan bunyi di dalam ruang (Prasetyo, 2003)

Adanya pemantulan dan penyerapan bunyi menentukan keadaan medan bunyi dalam ruang. Semakin kecil pemantulannya berarti semakin besar penyerapan bunyi di dalam ruang, begitu juga sebaliknya. Gelombang bunyi yang dapat menembus ke luar atau ke dalam ruangan merupakan transmisi bunyi yang berhubungan dengan daya isolasi ruang. Daya isolasi yang baik dapat mengisolasi bunyi dari luar ke dalam ruangan atau sebaliknya. Sedangkan difraksi bunyi pada tepi-tepi permukaan ruang menentukan keacakan bunyi pada ruang atau difusitas ruangan sehingga bunyi dapat terdistribusi lebih merata (Suyatno, 2007).

#### b. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Parameter yang sangat berpengaruh dalam desain akustik auditorium adalah waktu dengung (*Reverberation Time*). Dalam geometri akustik disebutkan bahwa bunyi juga mengalami

pantulan jika mengenai permukaan yang keras, tegar, dan rata, seperti plesteran, batu bata, beton, atau kaca. Selain bunyi langsung, akan muncul pula bunyi yang berasal dari pantulan tersebut. Bunyi yang berkepanjangan akibat pemantulan permukaan yang berulang-ulang ini disebut dengung. Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatujuuta dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60 dB saja, tetapi juga pada pengaruh suara langsung dan pantulan awal atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT15), 20 dB (RT20), dan 30 dB (RT30) (Mills, 1976). Waktu dengung dapat ditentukan dengan menentukan fungsi ruang serta volume ruang, ditunjukkan pada Gambar 2.5,

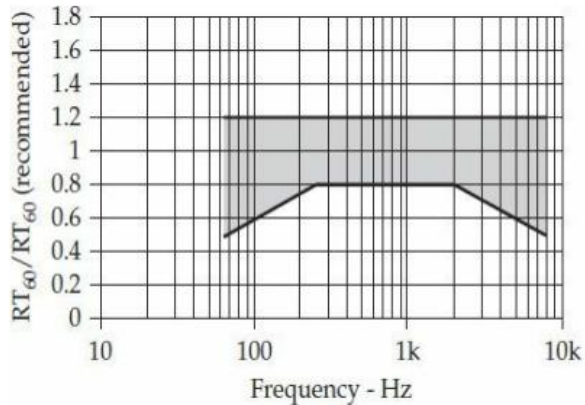


**Gambar 2.5** Nilai waktu dengung berdasarkan fungsi dan volume ruang (Sheaffer, 2007)

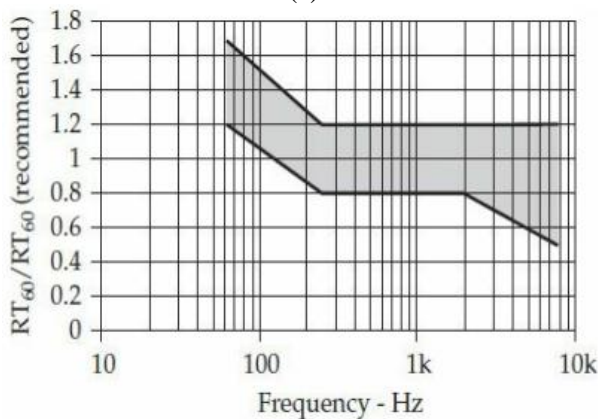
Gambar 2.5 menjelaskan waktu dengung dapat ditentukan melalui fungsi dan volume ruang pada frekuensi 500 Hz dan



1000-Hz. Namun respon frekuensi di rentang lainnya dapat ditentukan melalui gambar berikut.



(a)



(b)

**Gambar 2.6** Rentang toleransi respon frekuensi untuk waktu dengung (a) *speech* (b) *music* (Everest & Pohlmann, 2009)

Berdasarkan Gambar 2.6, dijelaskan bahwa terdapat rentang toleransi yang berbeda untuk masing-masing respon frekuensi waktu dengung ruang. Ruang untuk keperluan *speech*, dibutuhkan waktu dengung yang menurun pada frekuensi rendah agar dapat meningkatkan kejelasan suara bicara. Sedangkan untuk keperluan

musik, waktu dengung pada frekuensi rendah harus lebih tinggi agar meningkatkan *warmness* pada ruang (Everest & Pohlmann, 2009).

c. *Clarity* atau *Klarheitsmass* (C50; C80)

*Clarity* menentukan kejelasan suara dari *speech* dan musik. Pada *speech* digunakan C50 dan musik menggunakan C80, *Clarity* dihitung dengan membandingkan antara energi suara yang termanfaatkan (yang datang sekitar 0,05 – 0,08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantulan yang datang setelahnya, dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam percakapan adalah antara 50-80 ms. Tingkat kejelasan pembicaraan untuk *speech* akan bernilai baik jika C50 bernilai  $>-5$ dB. Sedangkan untuk musik nilai C80 yang diperkenankan tidak boleh melebihi nilai 8 (Everest & Pohlmann, 2009).

d. *Speech Transmission Index (STI)*

*Speech Transmission Index* merupakan salah satu parameter yang berguna untuk mengukur kejelasan suara. STI ditentukan dengan menghitung penurunan modulasi sinyal antara lokasi sumber suara dengan lokasi penerima suara dengan rentang frekuensi bunyi 125 Hz hingga 8000 Hz (Ballou, 2008). Nilai STI berkisar antara 0 hingga 1, dimana nilai 1 menunjukkan tingkat kejelasan suara yang sangat bagus sedangkan 0 merupakan sangat buruk. Berdasarkan (IEC Standard 60268-26, 2003), dijelaskan kategori STI sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Kategori nilai *Speech Transmission Index* (IEC Standard 60268-26, 2003)

<i>Value</i>	<i>Category</i>
0,75 – 1	<i>Excellent</i>
0,6 – 0,75	<i>Good</i>
0,45 – 0,6	<i>Fair</i>
0,3 – 0,45	<i>Poor</i>
0 – 0,3	<i>Unacceptable</i>

e. *Articulation Loss Consonants (% Alcons)*

Nilai *articulation loss consonants* digunakan untuk mengetahui tingkat kejelasan suara. *% Alcons* fokus pada persepsi dari konsonan yang diucapkan. Nilai *% Alcons* memiliki rentang antara 0 – 1, Nilai 0 menunjukkan kejelasan suara bicara yang sangat bagus sedangkan 1 sangat buruk. Berikut merupakan kategori dari *articulation loss consonants* :

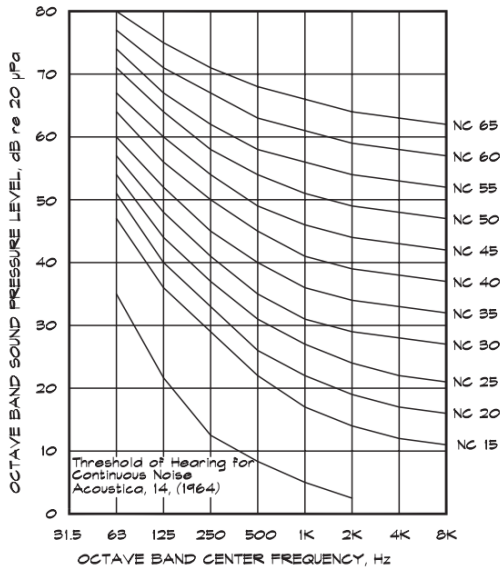
**Tabel 2. 2** Kategori nilai *articulation loss consonants* (Everest & Pohlmann, 2009)

<i>Subjective Intelligibility</i>	<i>% Alcons</i>
<i>Ideal</i>	< 3%
<i>Good</i>	3 – 8%
<i>tisfactory</i>	8 – 11%
<i>Poor</i>	>11%
<i>Worthless</i>	>20%

f. *Background Noise* (Bising Latar Belakang)

Bising latar belakang merupakan tingkat bising pada ruangan yang bukan aktivitas manusia tetapi karena pengaruh bising dari dalam ruangan (misalkan lampu dan AC) maupun dari luar seperti bising jalan raya. Tingkat bising latar belakang maksimum yang diperbolehkan untuk berbagai jenis dan fungsi ruangan telah ditetapkan dalam bilangan *Noise Criteria (NC)* (Kadarisman & Suyatno, 2017). Level bising latar belakang untuk ruang kelas kecil dan hall untuk kuliah didesain dengan NC 30 (35 dBA) dan auditorium yang lebih besar adalah senilai NC 25 (30 dBA) (Long, 2006).

Kurva kekerasan bunyi berdasarkan pengukuran tingkat tekanan bunyi biasanya digunakan pada bangunan untuk menentukan standar dari berbagai aktivitas dalam ruang tersebut. Kurva NC dikembangkan oleh Beranek pada tahun 1957 untuk menentukan tingkat kepuasan dari kejelasan suara pada suatu ruang. Nilai ini ditunjukkan dalam bentuk kurva yang dinamakan NC. Berikut merupakan kurva NC yang digunakan:



**Gambar 2.7** Kurva Noise Criteria (Beranek, 1957)

Metode penentuan NC ini terdiri dari serangkaian kurva kriteria yang dengan rentang 63 hingga 8000 Hz. Kurva kriteria menentukan batas spektrum oktaf band yang tidak boleh dilampaui. Nilai NC dapat diperoleh dengan memplot tingkat oktaf band untuk spektrum suara yang diberikan terhadap kurva NC. Bilangan NC dari suatu ruangan adalah nilai dari kurva NC tertinggi yang menyinggung titik hasil plot tingkat bising latar belakang. Dari gambar dapat dilihat adanya toleransi yang cukup tinggi untuk bising pada frekuensi rendah. Hal ini dikarenakan pada awalnya NC dikembangkan untuk memperhitungkan pengaruh bising dari penyejuk udara (AC), dimana karakter bising dominan terletak pada frekuensi rendah (Cirrus, 2013).

## 2.4 Penggunaan Bahan Penyerap

Dalam mendapatkan nilai parameter akustik yang optimal, maka perlu diberikan *treatment* terhadap suatu ruangan. Salah satunya adalah dengan menggunakan bahan penyerap suara.

Berikut merupakan jenis bahan penyerap yang dapat digunakan berdasarkan frekuensi bunyi:

- a. Bahan penyerap frekuensi rendah
 

Terdapat beberapa cara untuk mengontrol energi dari frekuensi rendah, diantaranya adalah:

  - i. Menggunakan panel (membran) *absorber* pada bagian depan dan belakang ruang.
  - ii. Menggunakan *deep layer of absorptive material* yang dikombinasikan dengan panel *absorber*.
  - iii. Menggunakan Helmholtz resonator
- b. Menggunakan *bass loudspeaker* (Long, 2006).
- c. Bahan penyerap frekuensi tengah hingga tinggi

Bunyi dalam rentang frekuensi ini dapat diserap dengan menggunakan material berpori seperti karpet, *acoustic tiles*, gorden, kapas dan *fiberglass*. Material ini dikarakterisasi dengan nilai koefisien absorpsi yang tinggi pada frekuensi rendah. Dalam bentuk aslinya, jenis material ini biasanya tidak memiliki nilai estetika jika digunakan dalam jumlah besar dalam ruangan, oleh karena itu para *acoustician* memilih untuk menutupi material ini dengan *perforated panel* yang terbuat dari tekstil, kayu, ataupun *metal sheet*. Dalam berbagai kasus, prosentase dari bahan penyerap berpori dalam ruang tidak boleh melebihi 20% dari semua total area panel. Dengan menutupi material absorptif dengan bahan *perforated panel*, maka dapat melindungi material ini dari kerusakan serta meningkatkan nilai estetika bangunan (Elkhateeb, 2012).

## 2.5 Penggunaan Sistem Pengeras Suara dalam Ruang

Sistem pengeras suara merupakan bagian yang penting untuk mendapatkan tingkat kejelasan suara yang bagus. Ketika volume ruangan melebihi 425 m<sup>3</sup>, atau kapasitas penonton melebihi 100 orang, atau jarak pembicara dan pendengar lebih dari 12 meter, maka perlu digunakan sistem pengeras suara pada ruangan tersebut (Long, 2006).

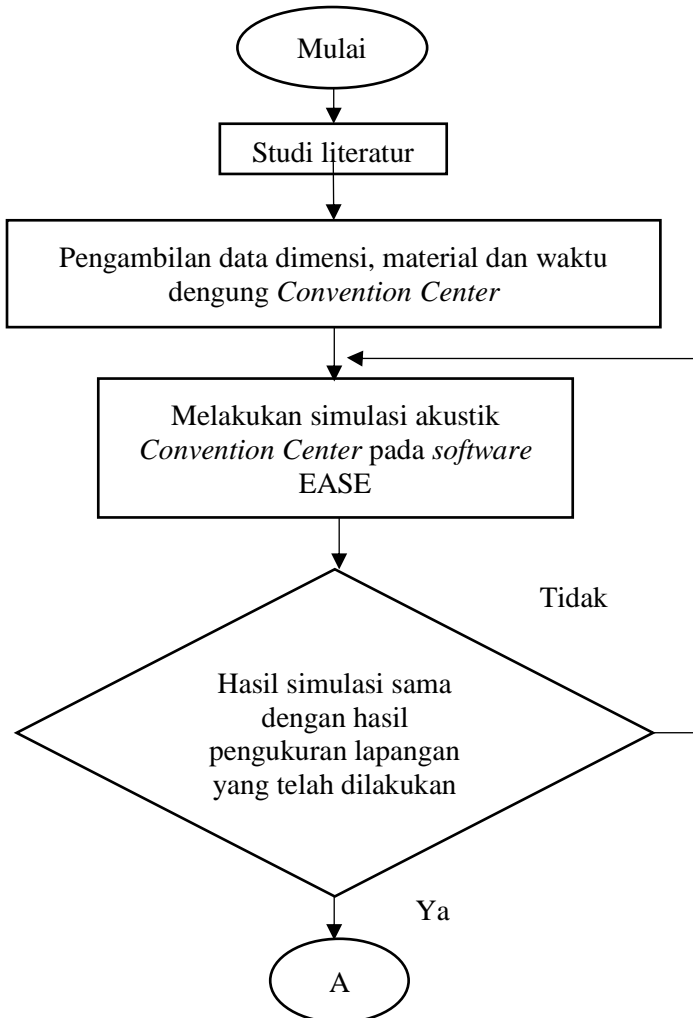
Pemilihan jenis *speaker* menjadi penting untuk dapat memperoleh nilai kejelasan dan mencapai fungsi ruang dengan

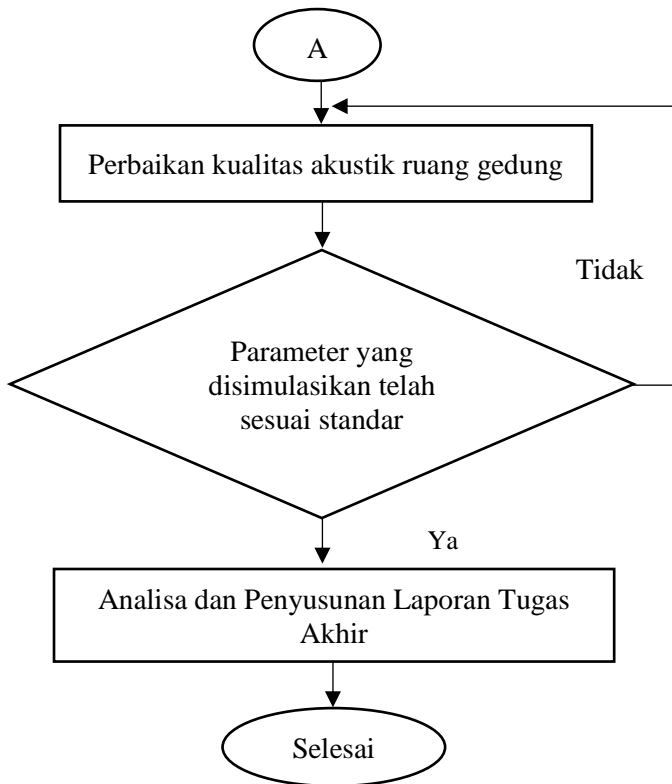
baik. Pemilihan *speaker* harus menyesuaikan kondisi ruang. Ruang yang terlalu tinggi tidak cocok menggunakan *speaker* atap, atau ruang yang luas tanpa kolom akan sulit jika dipasang *speaker* tipe wall-mount. Selain itu, kriteria atau spesifikasi dalam *speaker* juga penting untuk diperhatikan. Ada spesifikasi penting dari *speaker* yang perlu diperhatikan, yaitu respon frekuensi dan sensitivitas. Frekuensi respon menunjukkan rentang kerja dari sebuah *speaker* pada rentang frekuensi dengar manusia (20 Hz hingga 20000 Hz). Dalam frekuensi respon ini, dapat dilihat keluaran *speaker* berbanding dengan frekuensi. *Speaker* yang baik memiliki respon frekuensi yang datar atau diindikasikan dengan deviasi yang kecil ( $\pm 3\text{dB}$ ).

Sedangkan sensitivitas menunjukkan efisiensi dari *speaker*. Menunjukkan seberapa keras suara akan dibangkitkan dari *speaker* dengan daya masukan standard (1 W) dan diukur dari jarak 1 meter. Sensitivitas memiliki satuan decibel (dB). Semakin tinggi nilai sensitivitas ini semakin efisien. Nilai *speaker* biasanya berada pada pertengahan 80an dB, namun akan lebih baik jika bernilai 90d (Basuki, 2017) Perencanaan tata suara tidak terlepas dari persyaratan kebisingan yang disesuaikan dengan fungsi bangunan, agar rasa nyaman penghuni/pengguna dapat tetap terpenuhi.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Diagram dari penelitian ini adalah sebagai berikut.





**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan peninjauan metode yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir serta parameter-parameter yang akan dioptimalkan. Tahap ini meliputi *review* jurnal, ISO serta makalah lainnya.

### 3.2 Pengambilan Data

#### 3.2.1 Lokasi Pengukuran

Lokasi gedung yang digunakan dalam penelitian ini adalah gedung Airlangga Convention Center (ACC), Universitas Airlangga Surabaya (Gambar 3.2). Gedung ini memiliki bentuk



menyerupai segi enam dengan area utama di lantai 1 dan area tribun di lantai 2 yang berada di bagian belakang dan samping ruangan. Gedung ini biasa digunakan untuk acara seminar, perlombaan, wisuda hingga acara pernikahan.



**Gambar 3.2** Lokasi pengukuran (Gedung ACC)

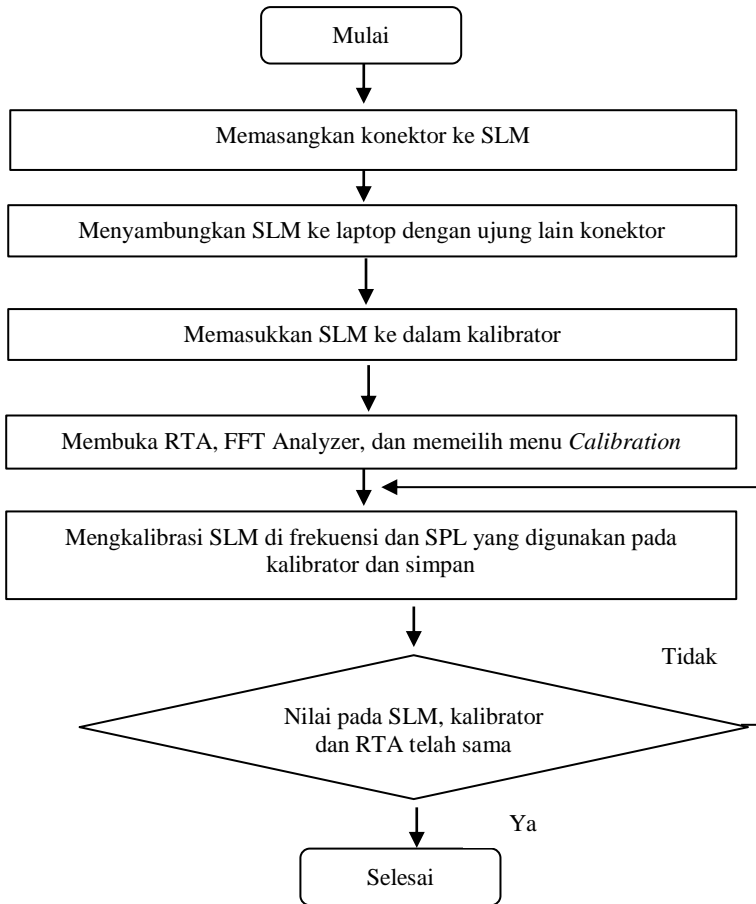
### **3.2.2 Kondisi Pengukuran**

Pengukuran dilakukan pada 14 Maret 2018 pukul 11.00 WIB saat ruangan sedang tidak digunakan. Lampu di area atas tribun dihidupkan sebanyak 5 lampu. Nilai *relative humidity* pada saat pengukuran adaah 60% dan suhu ruangan berkisar 29°C. Ruangan berada dalam keadaan kosong tanpa menggunakan *sound system* dan dekorasi untuk acara.

### **3.2.3 Kalibrasi Pengukuran**

Pada proses persiapan pengambilan data, hal yang perlu dilakukan sebelum pengambilan data yakni melakukan kalibrasi alat ukur *Sound Level Meter (SLM)*. SLM perlu dikalibrasi untuk mendapatkan hasil pembacaan yang sama dengan pembacaan pada perangkat lunak *Real Time Analyzer (RTA)*.

Berikut merupakan langkah-langkah kalibrasi *SLM* dengan menggunakan perangkat lunak *RTA* seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini (Gambar 3.3).



**Gambar 3.3** Diagram alir kalibrasi SLM

### 3.2.4 Pengukuran

Pengambilan data dilakukan dengan dua tahap, yakni:

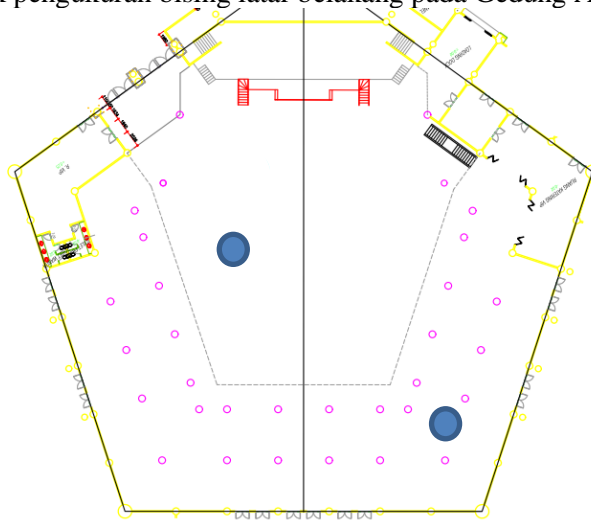
- Pengukuran dimensi ruangan serta material yang digunakan.
- Pengambilan data bising latar belakang dan waktu dengung.

Gedung ACC memiliki volume sebesar 29932,12 m<sup>3</sup> dengan rincian material komponen ruang sebagai berikut:

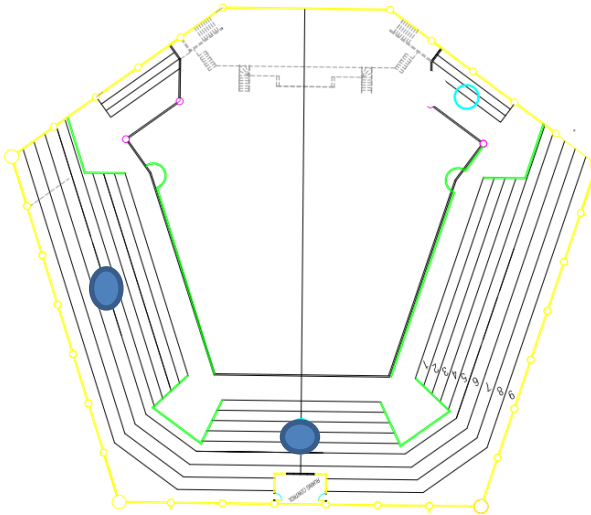
**Tabel 3.1** Material penyusun ruang

<b>Bagian</b>	<b>Material</b>
Lantai	<i>Marble dan tile floor</i>
Ceiling	<i>Gypsum 2x 5/8" + steel</i>
Dinding	<i>concrete smooth</i>
Tiang	<i>concrete smooth</i>
Panggung	<i>Tile floor</i>
Belakang panggung	<i>Plywood 3/8"</i>
Tribun	<i>Tile floor</i>

Untuk bising latar belakang pengukuran dilakukan di 4 titik, masing-masing selama 3 menit. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak dua kali dengan posisi SLM setinggi 1,2 m di atas lantai sesuai dengan kondisi pendengaran manusia. Berikut merupakan denah titik pengukuran bising latar belakang pada Gedung ACC:



**Gambar 3.4** Denah titik pengukuran bising latar belakang di lantai 1



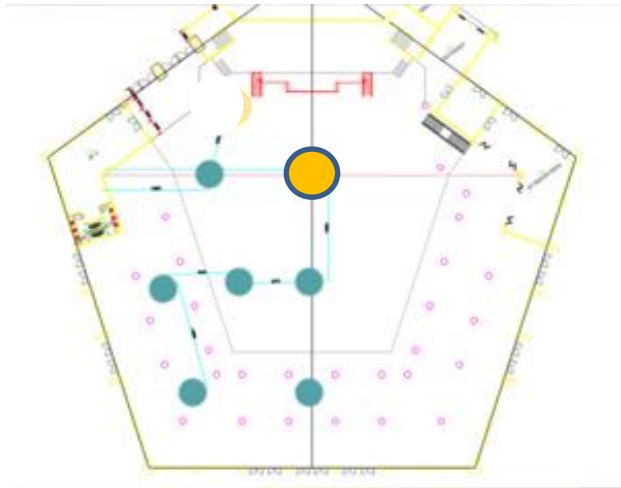
**Gambar 3.5** Denah titik pengukuran bising latar belakang di lantai 2

Keterangan:

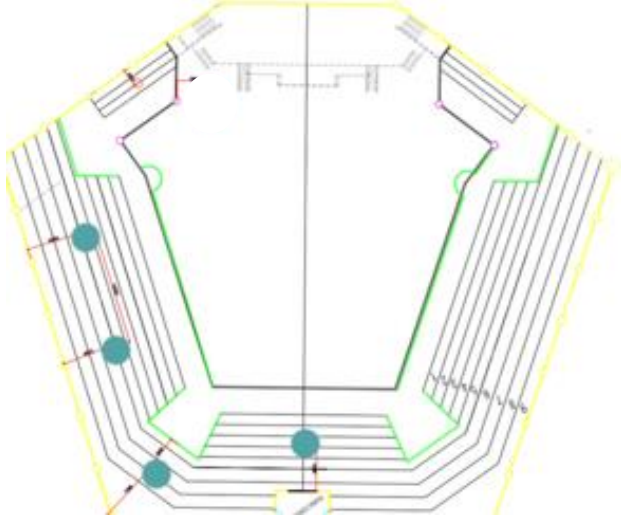


: Titik pengukuran bising latar belakang

Untuk waktu dengar, pengukuran dilakukan dengan cara menempatkan satu sumber suara di titik tertentu, kemudian ditempatkan beberapa penerima pada 10 titik tertentu sesuai dengan acuan pada (ISO 3382-1, 2009). Sumber suara yang digunakan merupakan sebuah *speaker* dodecahedron dari laboratorium vibrasi dan akustik, Teknik Fisika ITS dan alat penerima suara merupakan sebuah *Sound Level Meter* (SLM). Metode pengukuran yang dilakukan adalah metode *interrupted noise method* dengan sinyal *pink noise* yang dinyalakan selama 4 detik sesuai ketentuan pada (ISO 3382-1, 2009). Denah pengukuran waktu dengar dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.6** Denah pengukuran waktu dengung lantai 1

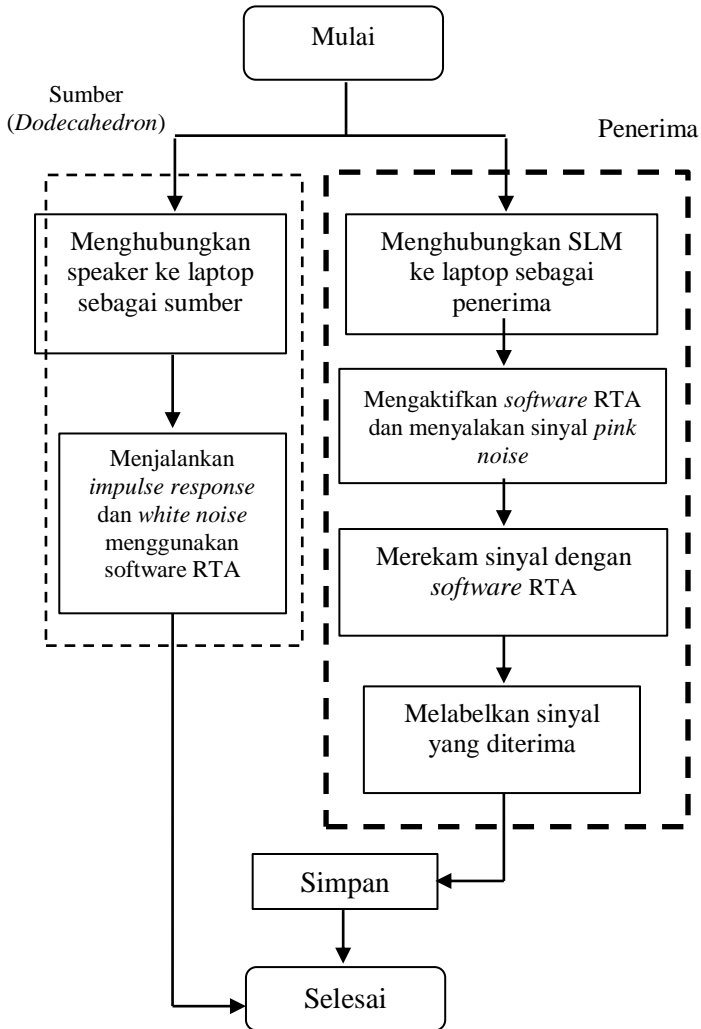


**Gambar 3.7** Denah pengukuran waktu dengung lantai 2

Keterangan:

- : sumber suara
- : penerima

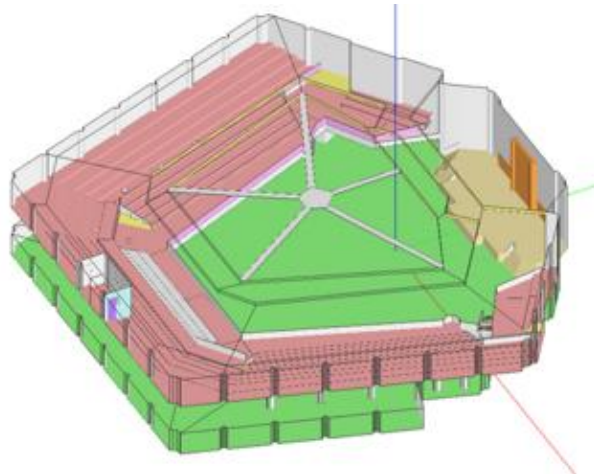
Langkah-langkah pengambilan data dijelaskan pada gambar di bawah ini.



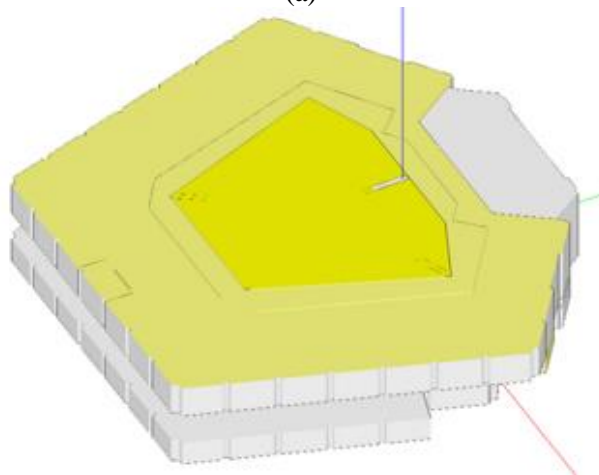
**Gambar 3.8** Langkah pengambilan data

### 3.3 Desain dan Simulasi Ruang

Desain dan simulasi ruang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EASE 4.4. Berikut merupakan model ruang yang sesuai dengan kondisi *existing*:



(a)



(b)

**Gambar 3.9** Desain gedung ACC (a) tampak dalam (b) tampak luar

### **3.4 Perbaikan Kualitas Akustik Ruang**

Setelah didapatkan kecocokan antara nilai pada pengukuran dengan nilai simulasi kondisi *existing* maka dilakukan perbaikan kualitas akustik ruang dari Gedung ACC. Perbaikan dapat dilakukan dengan menambahkan material penyerap suara untuk frekuensi tinggi maupun rendah serta penentuan penggunaan dan peletakan *speaker* hingga mengubah geometri ruang.

### **3.5 Analisa Data dan Penyusunan Laporan**

Saat hasil perbaikan kualitas akustik ruang telah memenuhi standar, maka akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan lalu dituangkan ke dalam bentuk laporan.



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengukuran

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai bising latar belakang dan juga waktu dengar dari gedung ACC.

#### 4.1.1 Bising latar belakang

Berikut merupakan nilai bising latar belakang hasil pengukuran:

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran bising latar belakang di lantai 1

Frekuensi (Hz)	Tingkat Tekanan Bunyi (dB) pada titik ukur			
	1		2	
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 1	Percobaan 2
125	24,26	24,92	24,76	24,71
160	27,05	27,73	28,25	27,90
200	31,19	32,42	32,72	32,04
250	31,07	32,46	32,47	31,85
315	33,81	35,32	35,65	34,38
400	35,16	36,65	36,98	36,10
500	35,78	36,90	37,57	36,79
630	37,07	38,05	40,99	40,69
800	37,12	38,15	40,50	41,14
1000	37,39	37,94	40,70	40,99
1250	37,20	37,62	39,59	38,85
1600	37,11	37,66	39,89	38,87
2000	36,80	37,23	39,06	38,75
2500	37,56	37,95	41,10	40,91
3150	36,74	37,03	38,22	37,92
4000	36,89	37,12	38,20	37,85
5000	36,91	37,10	37,63	37,36
6300	37,14	37,34	37,80	37,67
8000	37,05	37,41	37,60	37,23

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran bising latar belakang di lantai 2

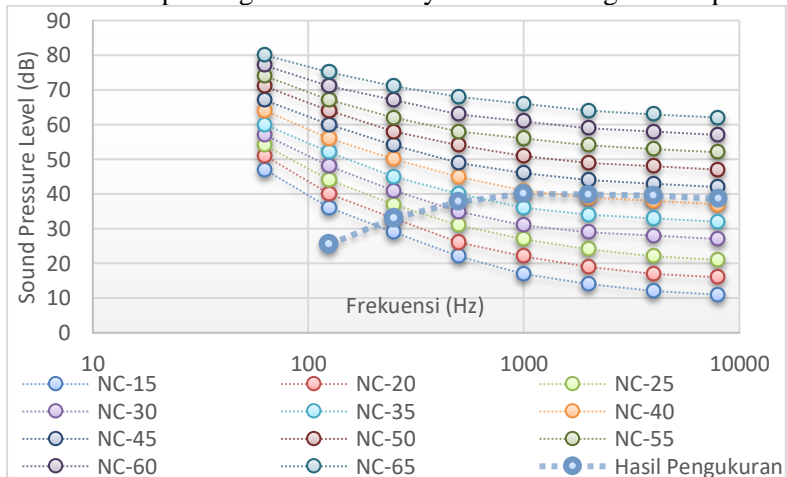
Frekuensi (Hz)	Tingkat Tekanan Bunyi (dB) pada titik ukur			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 1	Percobaan 2
125	26,67	25,94	26,10	26,34
160	30,70	29,96	29,68	30,81
200	32,79	32,47	32,11	32,68
250	34,31	33,97	34,15	34,28
315	36,82	35,95	36,60	36,97
400	37,83	37,26	37,97	38,14
500	38,90	38,28	38,97	38,66
630	39,94	39,39	39,72	39,78
800	40,90	40,41	40,87	40,81
1000	41,00	41,02	41,07	41,08
1250	41,34	41,15	41,25	41,22
1600	41,72	41,50	41,85	41,92
2000	41,71	41,65	41,65	41,69
2500	41,81	41,81	41,78	41,84
3150	41,86	41,83	41,78	41,88
4000	41,54	41,55	41,50	41,59
5000	41,15	41,14	41,09	41,11
6300	40,83	40,83	40,78	40,82
8000	39,84	39,86	39,82	39,82

Pengukuran bising latar belakang dilakukan sebanyak 2 kali pada 4 titik, sehingga didapatkan nilai pada masing-masing frekuensi. Pada analisa data penelitian ini, dilakukan peninjauan pada frekuensi 1/3 oktaf dari 125 Hz hingga 8000 Hz. Dari nilai bising latar belakang pada setiap percobaan, maka bisa didapatkan nilai bising latar belakang secara keseluruhan. Berikut merupakan hasil dari rata-rata nilai semua percobaan.

**Tabel 4.3** Rata-rata hasil pengukuran bising latar belakang

Frekuensi (Hz)	TTB (dB)	Frekuensi (Hz)	TTB (dB)
100	22,67	1000	40,15
125	25,46	1250	39,78
160	29,01	1600	40,06
200	32,3	2000	39,82
250	33,07	2500	40,59
315	35,69	3150	39,66
400	37,01	4000	39,53
500	37,73	5000	39,19
630	39,45	6300	39,15
800	39,99	8000	38,5

Berdasarkan nilai bising latar belakang yang dihasilkan untuk tiap frekuensi, maka dapat ditentukan nilai *NC* pada gedung ini. Berikut merupakan grafik hasil bunyi latar belakang terhadap *NC*:

**Gambar 4.1** Hasil pengukuran bunyi latar belakang gedung ACC

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa gedung ACC memiliki nilai *NC*-42. Hal ini menunjukkan bahwa gedung ACC memiliki masalah dengan nilai bising latar belakang yang melewati standar yaitu *NC*-25. Nilai *SPL* yang melebihi terdapat

pada frekuensi 300 Hz hingga frekuensi tinggi. Hal ini dapat mengganggu kejelasan suara musik dan suara bicara. Tingginya nilai NC pada gedung ACC disebabkan oleh bising yang ditimbulkan dari mesin yang beroperasi saat lampu gedung dinyalakan. Oleh karena itu, alternatif yang digunakan adalah dengan memindahkan mesin-mesin yang beroperasi keluar gedung, seperti diruang-ruang kecil sebelah ruang utama gedung ACC.

#### 4.1.2 Waktu Dengung

Untuk nilai waktu dengung, pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pada 10 titik sesuai Gambar 3.6 dan Gambar 3.7. Dari hasil pengukuran tersebut maka didapatkan nilai rata-rata waktu dengung untuk masing-masing titik.

**Tabel 4.4** Hasil pengukuran waktu dengung lantai 1

Frekuensi (Hz)	Waktu Dengung (detik) pada titik ukur					
	1	2	3	4	5	6
125	2,03	1,91	1,81	1,51	2,25	1,92
160	2,03	1,90	2,26	2,00	2,10	1,92
200	2,14	2,10	2,39	2,03	2,20	2,46
250	2,61	2,64	2,53	2,67	2,53	2,38
315	2,66	2,70	2,67	2,81	2,85	2,42
400	3,00	2,74	2,60	2,82	2,59	2,81
500	2,79	2,86	2,87	2,45	2,87	2,46
630	2,83	2,72	2,91	2,71	2,87	2,65
800	2,65	2,78	2,71	2,53	2,75	2,65
1000	2,74	2,65	2,64	2,71	3,01	2,69
1250	2,51	2,55	2,52	2,79	2,52	2,46
1600	2,29	2,34	2,41	2,38	2,30	2,46
2000	2,16	2,24	2,05	2,56	2,02	2,35
2500	2,01	2,07	2,01	2,09	2,02	2,08
3150	1,71	1,75	1,66	1,77	1,84	1,77
4000	1,47	1,53	1,52	1,63	1,55	1,63
5000	1,31	1,30	1,20	1,31	1,40	1,40
6300	0,96	1,05	0,97	1,05	1,16	1,06
8000	0,80	0,87	0,82	0,85	1,01	0,95

**Tabel 4.5** Hasil pengukuran waktu dengung lantai 2

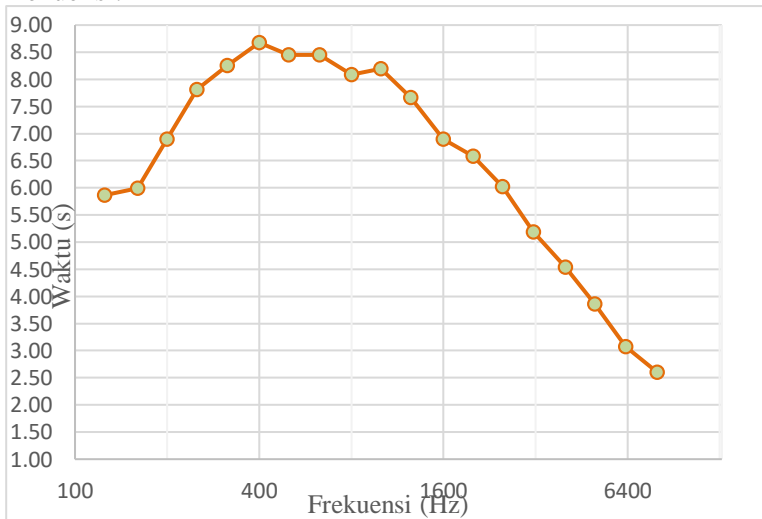
Frekuensi (Hz)	Waktu Dengung (detik) pada titik ukur			
	1	2	3	4
125	1,64	1,86	2,47	1,79
160	1,94	1,92	1,58	2,12
200	2,28	2,31	2,48	2,89
250	2,74	2,60	2,30	2,70
315	3,00	3,16	2,80	2,64
400	3,06	2,96	2,86	3,24
500	3,40	3,03	3,21	2,63
630	2,99	2,84	3,27	2,87
800	2,68	2,68	2,74	2,78
1000	2,58	2,74	2,61	3,08
1250	2,58	2,52	2,70	2,85
1600	2,26	2,48	1,65	2,42
2000	2,19	2,13	2,21	2,23
2500	1,97	2,07	1,96	1,91
3150	1,72	1,70	1,80	1,72
4000	1,57	1,49	1,55	1,46
5000	1,33	1,31	1,25	1,22
6300	1,06	1,09	1,06	0,99
8000	0,94	0,89	0,86	0,91

Analisa data untuk waktu dengung menggunakan frekuensi 1/3 oktaf dari 125 Hz hingga 8000 Hz. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai tingkat tekanan bunyi tertinggi sebesar 30 dB di atas bising latar belakang untuk masing-masing frekuensi. Maka, dapat dicari nilai waktu dengung-60 dengan melakukan ekstrapolasi dari nilai waktu dengung-20. Nilai waktu dengung yang didapat untuk tiap lantai dirata-rata sehingga didapatkan hasil secara keseluruhan. Berikut merupakan nilai waktu dengung-20 dan waktu dengung-60 pada tabel dan grafik:

**Tabel 4.6** Rata-rata hasil pengukuran waktu dengung

Frekuensi (Hz)	RT-20 (detik)	RT-60 (detik)	Frekuensi (Hz)	RT-20 (detik)	RT-60 (detik)
125	1,95	5,85	1250	2,56	7,67
160	2,0	6,0	1600	2,3	6,9
200	2,3	6,9	2000	2,19	6,58
250	2,6	7,8	2500	2,01	6,02
315	2,75	8,25	3150	1,73	5,19
400	2,89	8,67	4000	1,51	4,54
500	2,82	8,46	5000	1,29	3,86
630	2,82	8,45	6300	1,02	3,07
800	2,69	8,08	8000	0,87	2,6
1000	2,73	8,19			

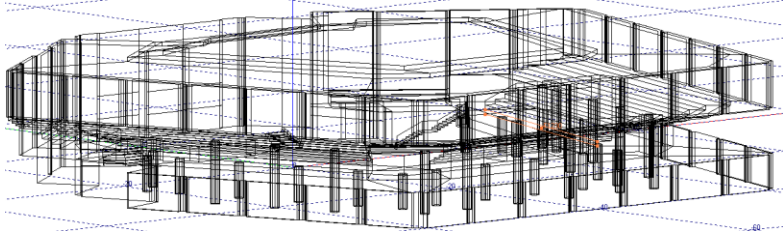
Dari tabel di atas maka dapat dibuat plot grafik dari nilai waktu dengung yang dihasilkan terhadap spektrum frekuensi. Berikut merupakan hasil plot waktu dengung-60 terhadap frekuensi:

**Gambar 4.2** Hasil pengukuran waktu dengung

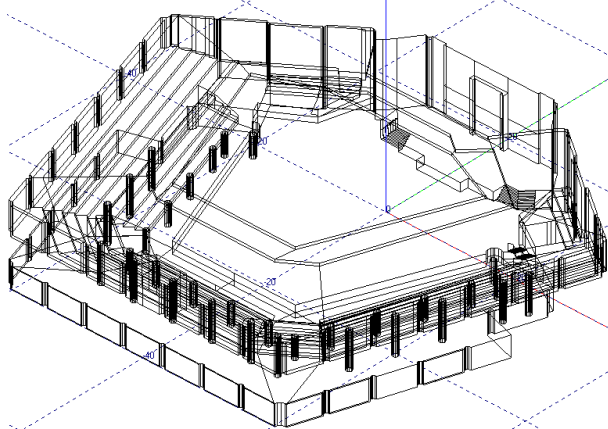
Berdasarkan standar telah ditentukan (Gambar 2.5), nilai waktu dengung yang didapatkan sangat jauh melebihi standar, dimana ruangan tersebut seharusnya memiliki nilai waktu dengung berkisar antara 1,5 hingga 2,1 detik pada semua frekuensi. Sehingga dilakukan perbaikan kualitas akustik ruang ini agar nilai waktu dengungnya sesuai standar, diikuti dengan parameter objektif lainnya.

#### 4.2 Hasil Simulasi Kondisi *Existing*

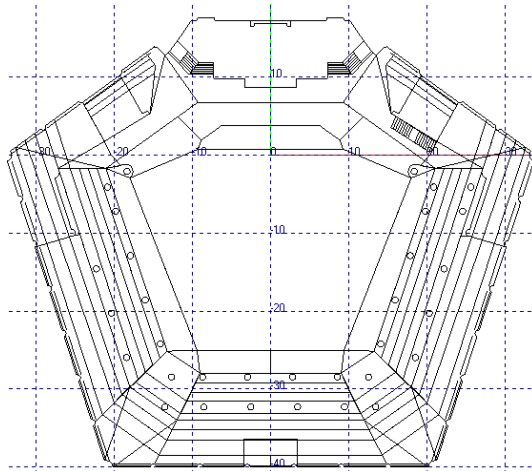
Berdasarkan hasil pengambilan data dimensi ruang dan material yang digunakan, maka dilakukan perancangan gedung ACC di *software* EASE 4.4, berikut merupakan gambaran dari desain ruang yang sesuai dengan kondisi *existing*.



**Gambar 4.3** Gambaran desain gedung ACC di *software* EASE 4.4 tampak samping

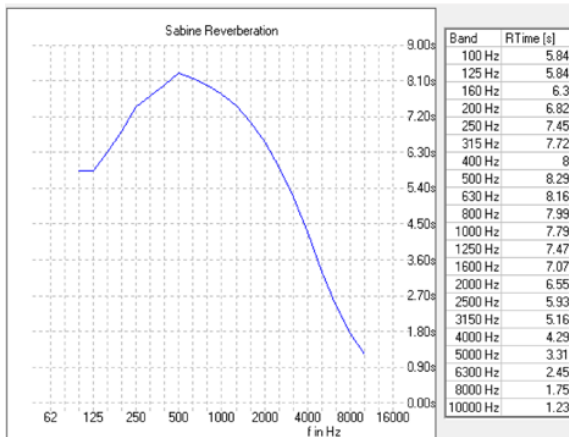


**Gambar 4.4** Gambaran desain gedung ACC di *software* EASE 4.4 tampak 3D



**Gambar 4.5** Gambaran desain gedung ACC di software EASE 4.4 tampak atas

Setelah melakukan penyocokan jenis material yang digunakan serta dimensi dari bagian interior gedung ACC maka didapatkan nilai waktu dengung yang mendekati nilai hasil pengukuran. Berikut merupakan nilai waktu dengung hasil simulasi EASE 4.4.



**Gambar 4.6** Nilai waktu dengung pada simulasi



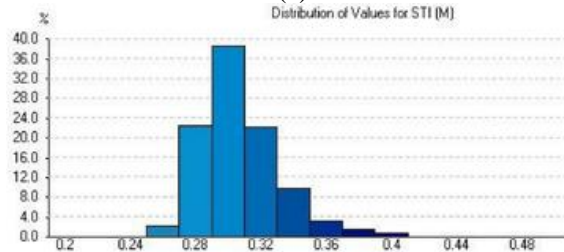
Dari hasil simulasi menggunakan *software* EASE 4.4, dapat ditentukan nilai parameter objektif selain dari waktu dengung. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat peta persebaran nilai dari parameter objektif tersebut di area sesuai dengan ketinggian telinga manusia, yaitu 1,2-meter di atas lantai. Berikut merupakan hasil persebaran nilai parameter objektif pada area dengar manusia di Gedung ACC:

#### 4.2.1 *Speech Transmission Index (STI)*

Tingkat kejelasan suara bicara yang didapatkan pada gedung ACC di tiap area dapat dilihat melalui persebaran nilai STI sesuai gambar berikut:

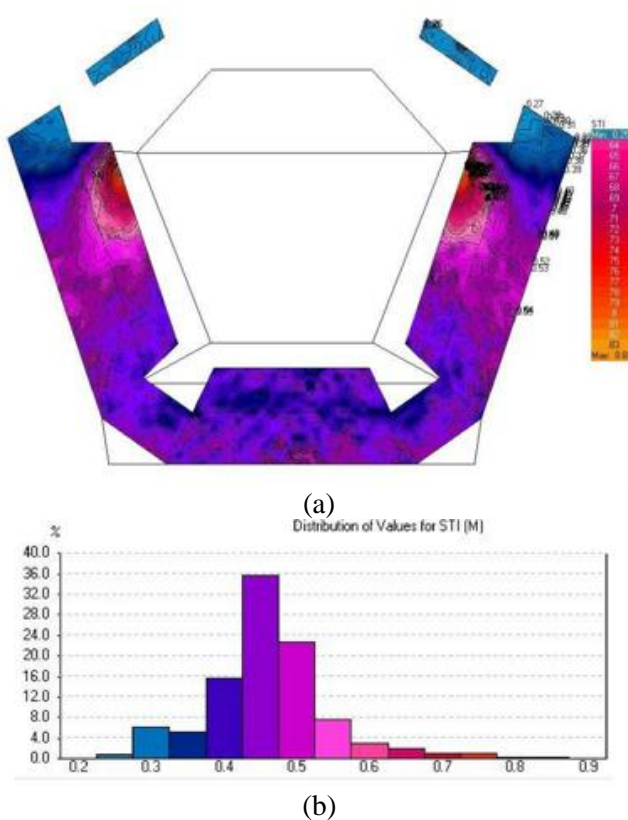


(a)



(b)

**Gambar 4.7** Nilai STI di lantai 1(a) persebaran (b) distribusi

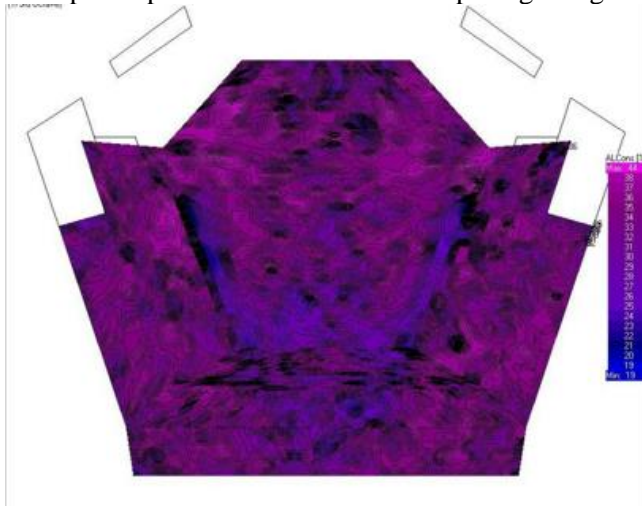


**Gambar 4.8** Nilai STI di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi

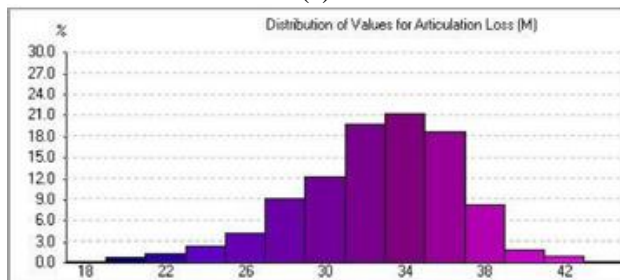
Berdasarkan gambar persebaran nilai STI pada lantai 1 dan 2, dapat disimpulkan bahwa nilai STI yang dikategorikan baik hanya pada area tertentu di lantai 2 yaitu sekitar 4% dari total area lantai 2, sedangkan pada lantai 1 persebaran nilai dapat dikategorikan *fair* hingga *unacceptable* untuk seluruh area lantai 1, Hal ini berarti tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC dinilai buruk.

#### 4.2.2 %Articulation Loss Consonants (%Alcons)

Parameter objektif lainnya yang menunjukkan tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC adalah prosentase dari artikulasi huruf konsonan yang hilang atau disingkat %Alcons. Berikut merupakan persebaran nilai %Alcons pada gedung ACC.

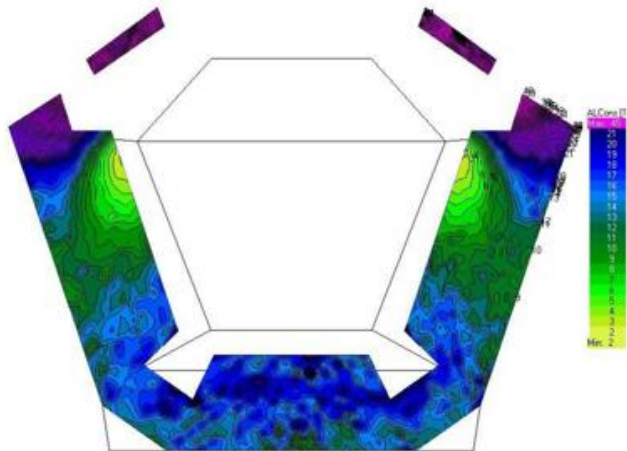


(a)

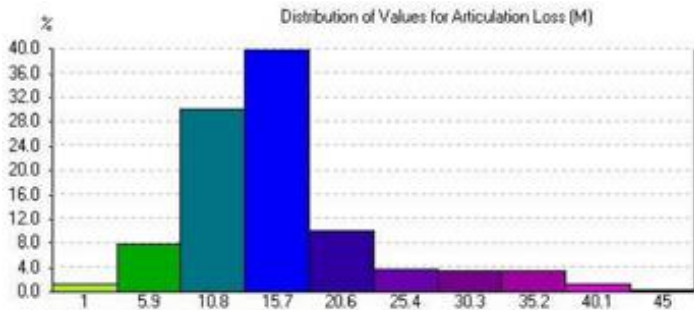


(b)

**Gambar 4.9** Nilai %Alcons di lantai 1(a) persebaran (b) distribusi



(a)



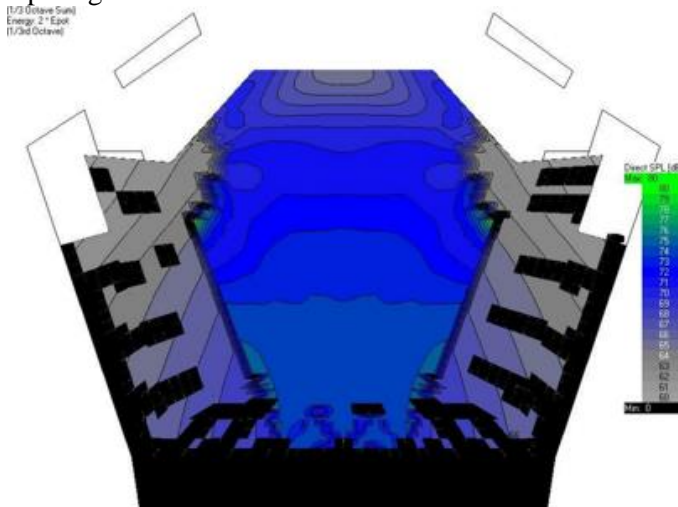
(b)

**Gambar 4.10** Nilai %*Alcons* di lantai 2(a) persebaran (b) distribusi

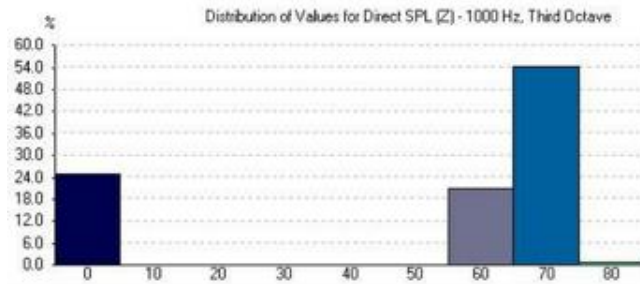
Nilai %*Alcons* dari lantai 1 gedung ACC dapat dikategorikan buruk karena memiliki nilai dalam rentang 19-44, Begitu pula dengan area di lantai 2, nilai dengan kategori baik hanya didapati di area depan *speaker* dengan prosentase 1 % untuk *excellent* dan 5,9% untuk *good* dari seluruh area.

### 4.2.3 Direct Sound Pressure Level (Direct SPL)

Untuk mengetahui area yang mendapat suara langsung dari sumber bunyi maka dilakukan pemetaan nilai persebaran *direct SPL* seperti gambar berikut:

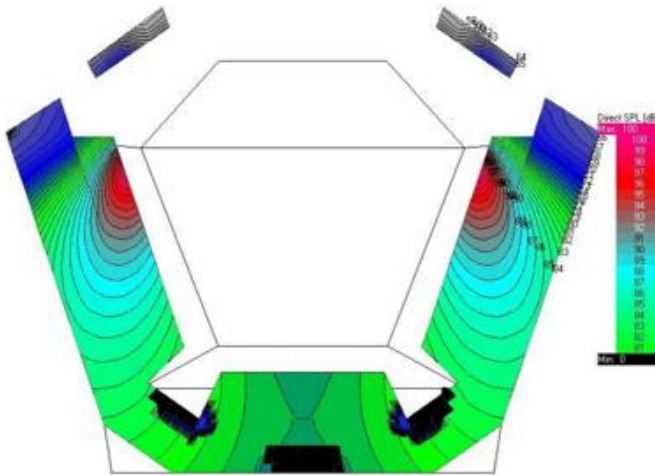


(a)

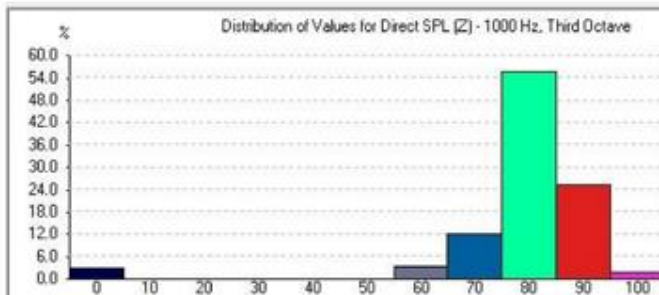


(b)

**Gambar 4.11** Nilai *direct SPL* di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi



(a)



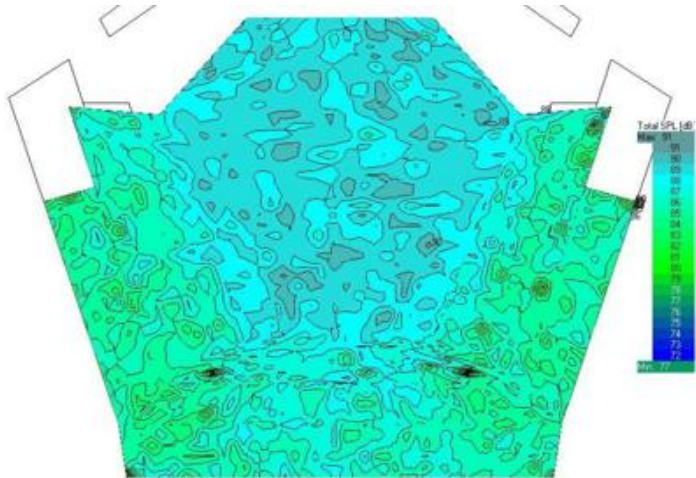
(b)

**Gambar 4.12** Nilai *direct SPL* di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi

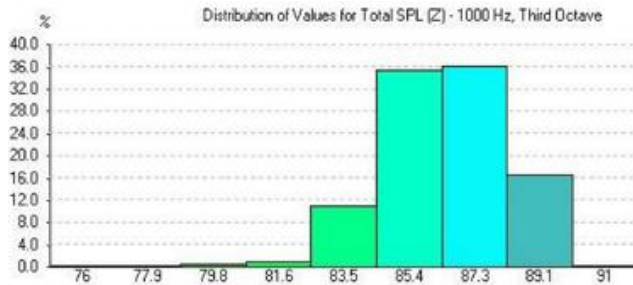
Pada lantai 1, nilai *direct SPL* yang didapat hanya berkisar antara 60 hingga 70 dB, sedangkan area di bawah balkon diaktegorikan sebagai area *black spot* yaitu tidak mendapatkan suara *direct SPL*. Lalu pada lantai 2, nilai *direct SPL* dapat mencapai 100dB namun hanya pada area di depan *speaker*, area lainnya memiliki nilai yang rendah seperti pada lantai 1.

#### 4.2.4 Total Sound Pressure Level (Total SPL)

Persebaran nilai tekanan bunyi yang telah dipengaruhi oleh bunyi pantulan pada gedung ACC dapat dilihat pada gambar berikut:

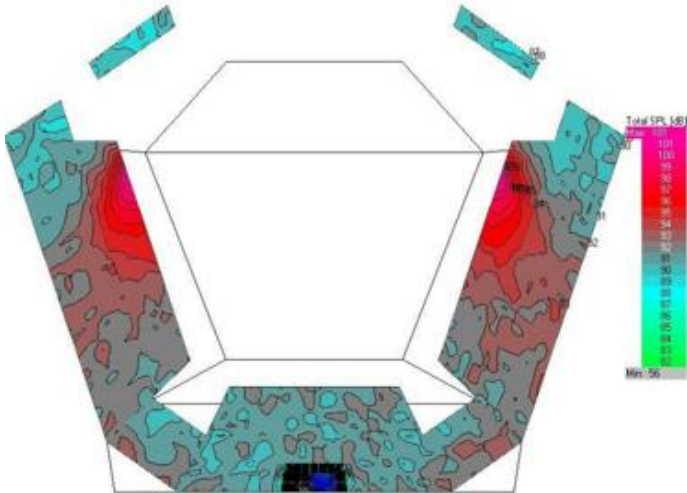


(a)

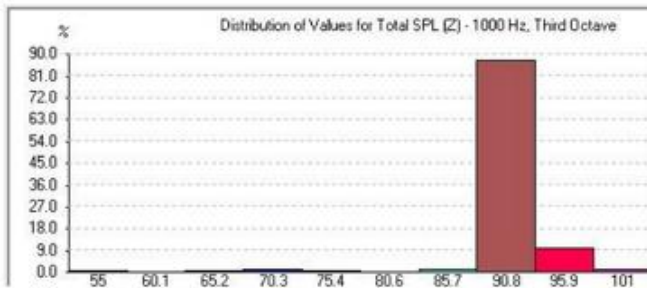


(b)

**Gambar 4.13** Nilai *total SPL* di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi



(a)



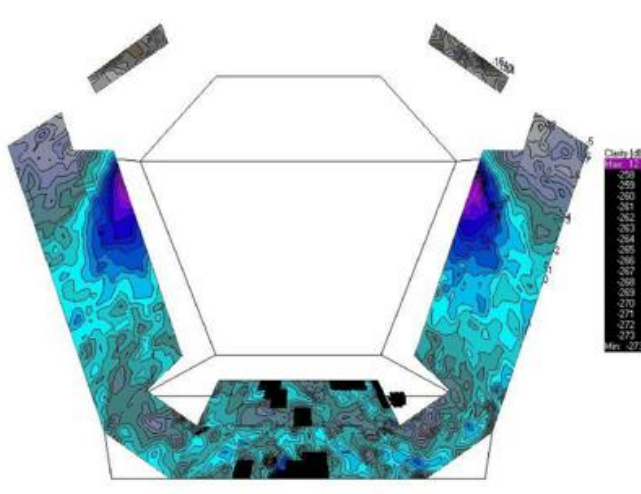
(b)

**Gambar 4.14** Nilai *total SPL* di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi

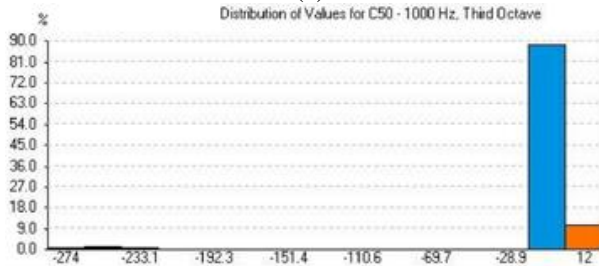
Persebaran nilai *total SPL* pada gedung ini sama seperti yang sebelumnya di deskripsikan di *direct SPL*, nilai SPL tinggi hanya didapatkan di area tengah lantai 1 dan di depan *speaker* pada lantai 2, Sama halnya seperti *direct SPL*, persebaran tingkat tekanan bunyi pada gedung ACC dinilai tidak merata.







(a)



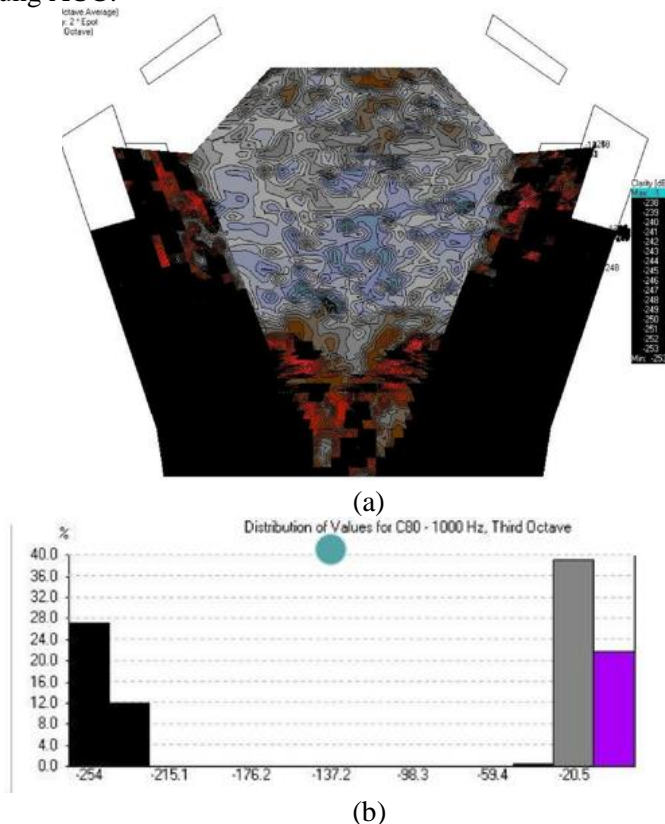
(b)

**Gambar 4.16** Nilai C50 di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi

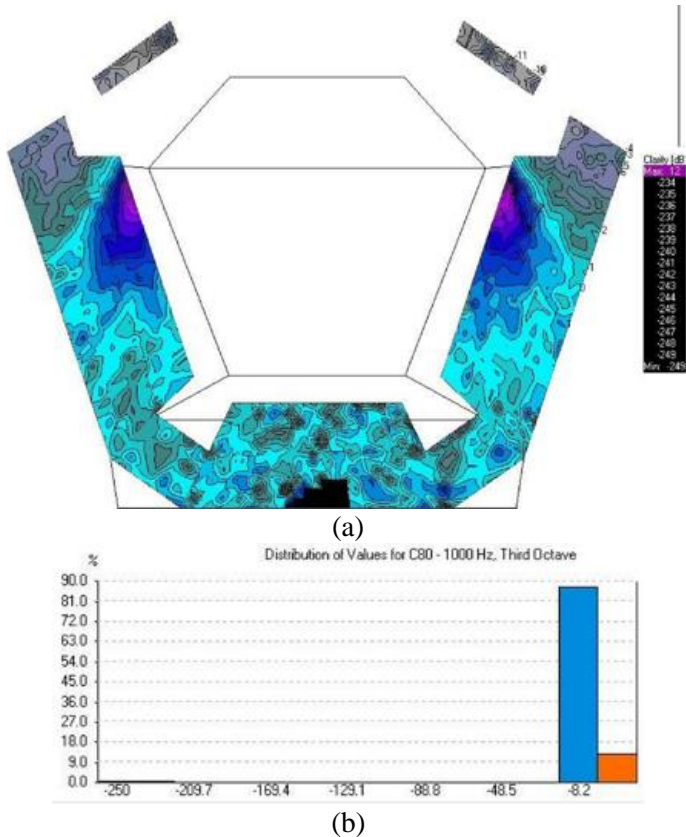
Menurut peta persebaran nilai C50 pada Gambar 4.15 dan 4.16, dapat disimpulkan bahwa kejelasan suara di area lantai 1 sangat buruk, masih jauh di bawah standar yang kurang dari -5. Sedangkan pada lantai 2 hanya area di depan *speaker* yang memiliki nilai C50 yang baik (lebih dari -5). Hal ini berarti tingkat kejelasan suara bicara dalam gedung ACC nilai buruk.

#### 4.2.6 Clarity-80 (C80)

Untuk mengetahui tingkat kejelasan suara yang dihasilkan oleh musik, maka parameter C80 dapat dijadikan acuan untuk menentukan apakah kejelasan suara musik pada gedung ACC sudah optimal. Berikut merupakan persebaran nilai C80 pada gedung ACC:



**Gambar 4.17** Nilai C80 di lantai 1 (a) persebaran (b) distribusi



**Gambar 4.18** Nilai C80 di lantai 2 (a) persebaran (b) distribusi

Pada peta persebaran nilai C80 di atas, dapat disimpulkan bahwa kejelasan suara musik di area lantai 1 juga sangat buruk, masih jauh di bawah standar seperti C50 yang memiliki nilai terlalu jauh di bawah 0, Sedangkan pada lantai 2 hanya area di depan *speaker* yang memiliki nilai C80 yang baik.

### 4.3 Perbaikan Kualitas Akustik Ruang

Tujuan dilakukan perbaikan kualitas akustik ruang ini adalah untuk mendapatkan nilai parameter akustik yang sesuai standar dan tersebar secara merata diseluruh area dengar penonton. Hal

ini dapat dilihat di peta persebaran nilai parameter objektif hasil perbaikan kualitas akustik ruang. Perbaikan dibuat dengan menggunakan 2 macam variasi, yaitu variasi penggunaan bahan penyerap dan variasi menggunakan bahan material yang *movable*.

#### 4.3.1 Variasi Penggunaan Bahan Penyerap

Penggunaan bahan penyerap pada variasi ini dibagi menjadi 2 macam yaitu dengan menggunakan *perforated panel* serta penggunaan abfuser.

##### 4.3.1.1 Material kombinasi *perforated* (variasi 1.1)

Berikut merupakan kombinasi penggunaan material pada variasi ini:

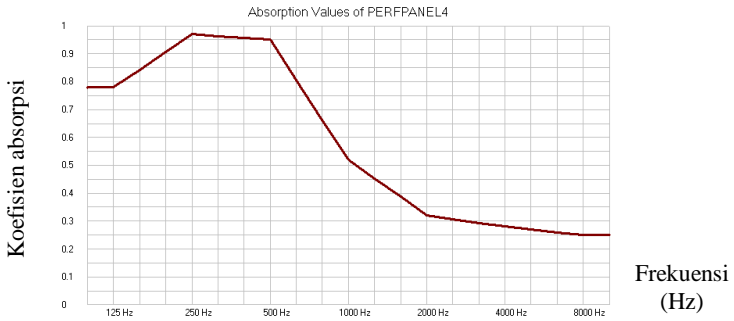
**Tabel 4.7** Susunan material pada variasi 1.1

Bagian ruang	Material
Lapisan dinding depan*	<i>Perforated panel (perffpanel 8,7% on 8" cavity w/4"fg)</i>
Lapisan dinding belakang*	Karpet
<i>Ceiling</i> depan	<i>Fiberglass</i>
<i>Ceiling</i> di atas tribun	<i>Perforated panel (perffpanel .18% on 8" cavity w/4"fg)</i>
Bawah pagar	Abfuser

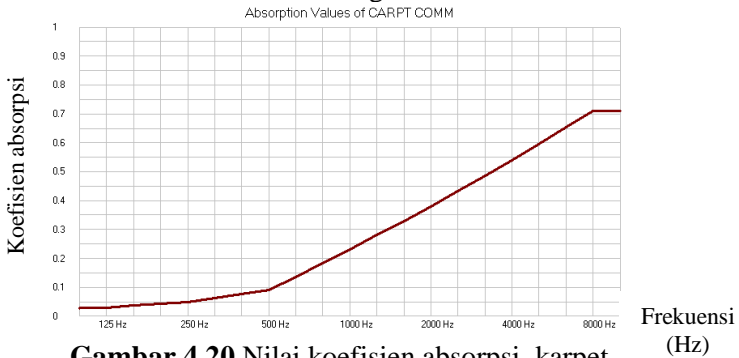
\*sebelum pelapisan panel, diberi airgap sebesar 25 cm

Pada bagian dinding diletakkan panel 2 lapisan dengan bagian depan merupakan bahan *perforated panel* (rongga 8,7% di setiap 8 inci panel) yang berguna untuk menyerap bunyi frekuensi rendah serta bagian belakang dilapisi karpet untuk menyerap frekuensi tinggi. Lalu pada *ceiling* diberikan kombinasi antara *fiberglass* dan *perforated panel* (rongga 0,18% di setiap 8 inci panel) yang berguna untuk menyerap frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Area di bawah pagar dilapisi dengan abfuser agar suara dapat disebarkan secara merata pada area lantai 1 utama dengan area *ceiling* yang tinggi. Berikut merupakan rincian

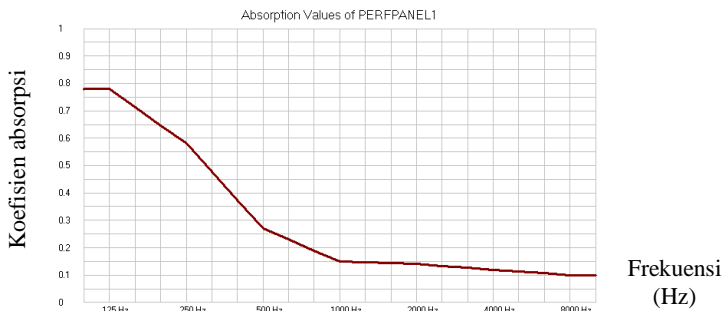
nilai koefisien serap bunyi pada masing-masing material yang digunakan:



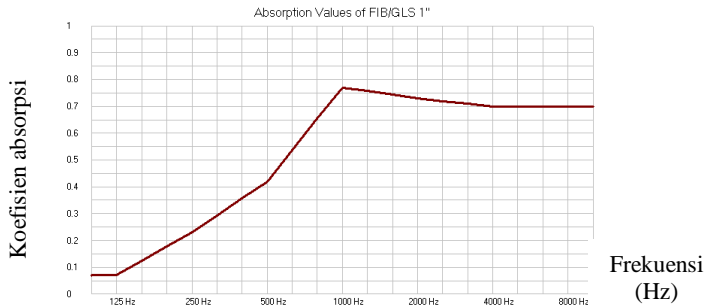
**Gambar 4.19** Nilai koefisien absorpsi *perforated panel* pada dinding



**Gambar 4.20** Nilai koefisien absorpsi karpet



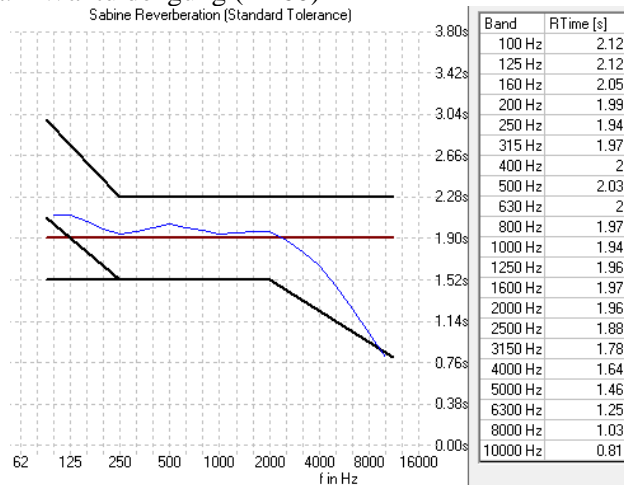
**Gambar 4.21** Nilai koefisien absorpsi *perforated panel* pada ceiling



**Gambar 4.22** Nilai koefisien absorpsi *fiberglass*

Dari perancangan yang telah dilakukan maka didapatkan hasil waktu dengung serta parameter objektif lainnya yang telah sesuai standar.

a. Waktu dengung (RT60)

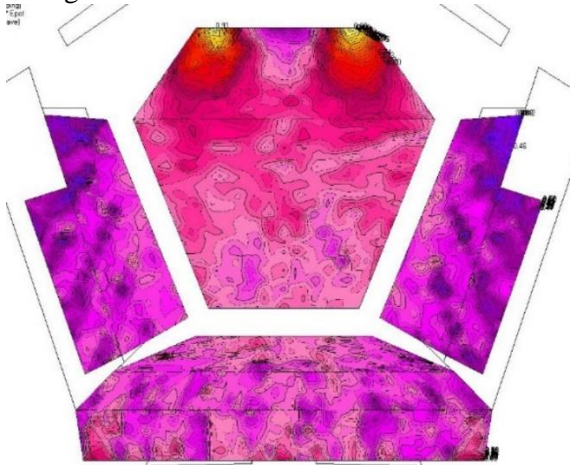


**Gambar 4.23** Nilai waktu dengung pada variasi 1.1

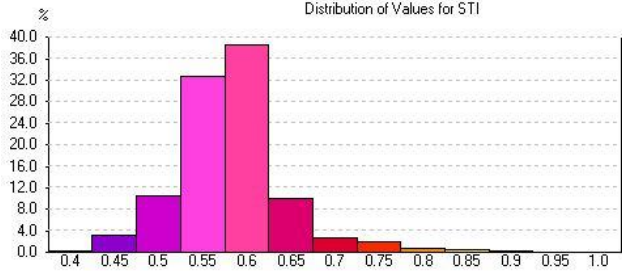
Berdasarkan Gambar 4.23, dapat dilihat bahwa waktu dengung yang dihasilkan berada di dalam area batas toleransi dari standar sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu dengung ruang tersebut sudah memenuhi kriteria kenyamanan akustik ruang.

*b. Speech Transmission Index (STI)*

Dari hasil simulasi yang didapatkan, maka tingkat kejelasan suara bicara pada tiap area dapat ditentukan melalui persebaran nilai STI sebagai berikut:



(a)  
Distribution of Values for STI



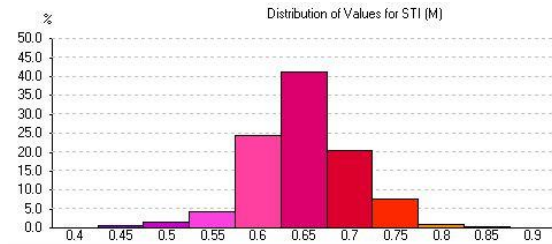
(b)

**Gambar 4.24** Persebaran nilai STI di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi





(a)



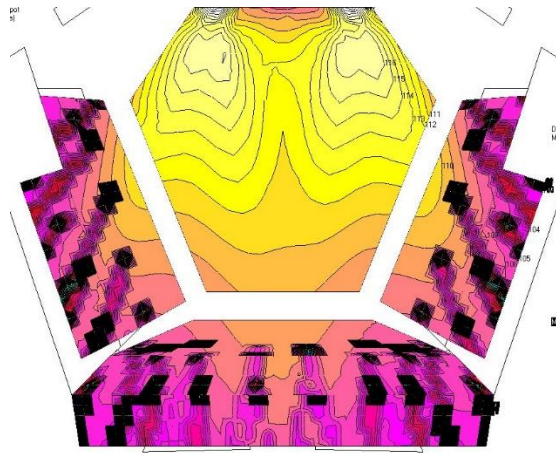
(b)

**Gambar 4.25** Persebaran nilai STI di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

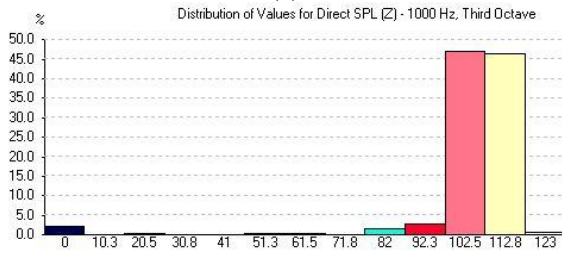
Dari gambar 4.24 dan 4.25, rata-rata nilai STI pada ruang sudah cukup bagus. Hal ini dapat dilihat rentang nilai pada lantai 1 dan lantai 2 didominasi pada 0,6–0,8 yang berarti tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC ini sudah optimal.

*c. Direct Sound Pressure Level (Direct SPL)*

Adapun persebaran tingkat tekanan bunyi langsung dari sumber suara pada variasi 1.1 adalah sebagai berikut:

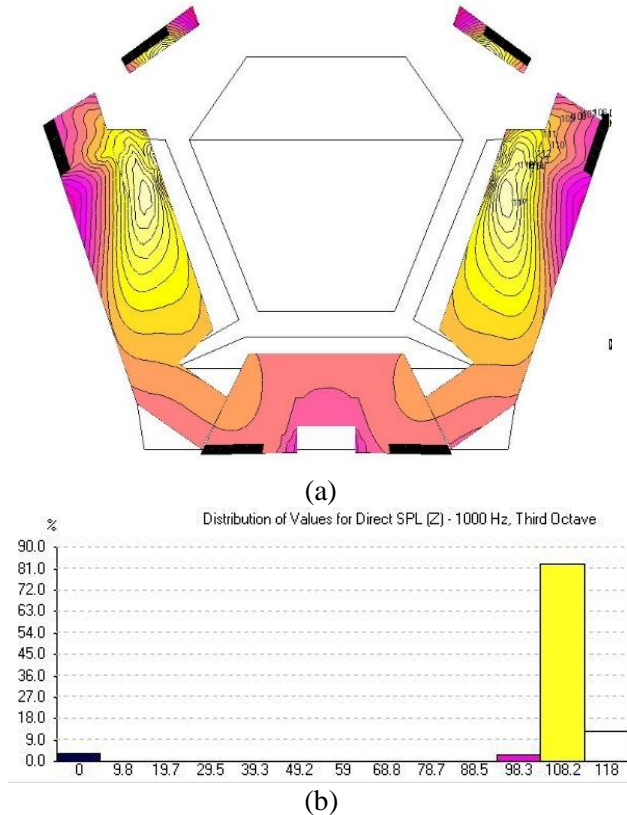


(a)



(b)

**Gambar 4.26** Persebaran nilai *direct SPL* di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

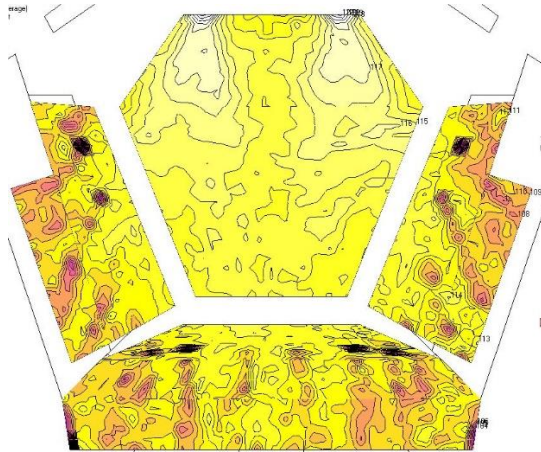


**Gambar 4.27** Persebaran nilai direct SPL di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

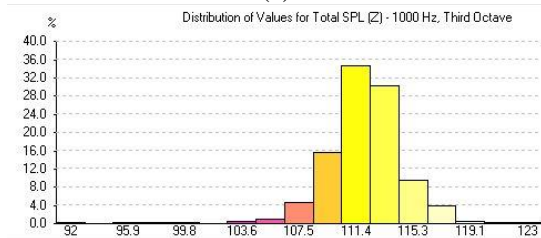
Nilai *direct SPL* pada hasil *mapping* tersebut menunjukkan bahwa persebaran suara langsung pada gedung hasil simulasi sudah cukup baik. Area berwarna hitam pada simulasi lantai 1 hanya merupakan area tiang yang dapat dilihat pada desain Gambar 4.3, Area selain tiang sudah mencapai nilai yang optimal.

d. *Total Sound Pressure Level (Total SPL)*

Dengan menggunakan variasi 1.1, maka didapatkan hasil persebaran tingkat tekanan bunyi total pada gedung ACC seperti gambar berikut:

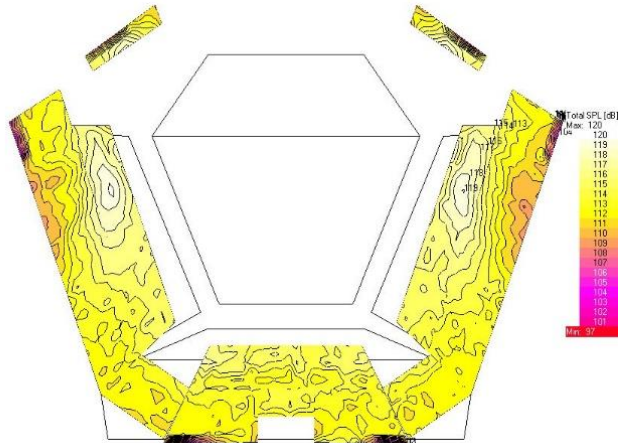


(a)

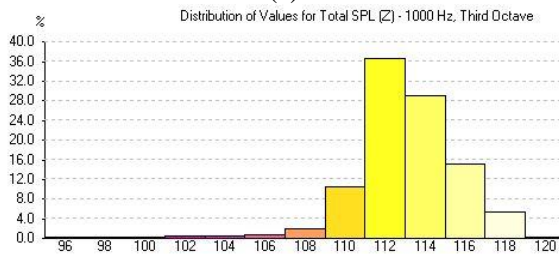


(b)

**Gambar 4.28** Persebaran nilai total SPL di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi



(a)



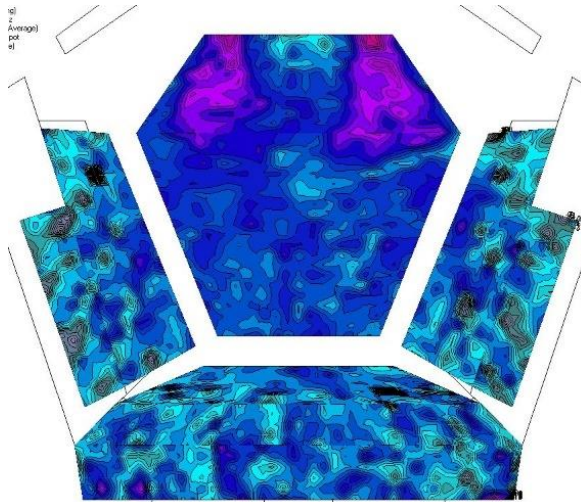
(b)

**Gambar 4.29** Persebaran nilai total SPL di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

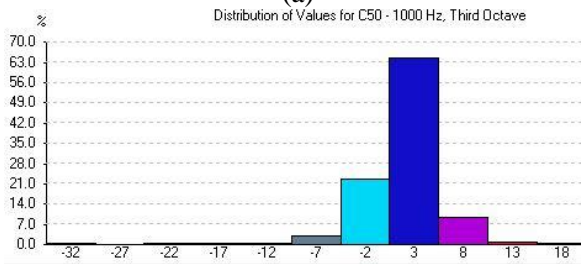
Berdasarkan Gambar 4.28 dan 4.29 di atas, dapat dilihat bahwa persebaran nilai tingkat tekanan bunyi di gedung ACC sudah merata.

#### e. *Clarity-50* (C50)

Parameter objektif lainnya yang menentukan tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC adalah C50. Berikut merupakan persebaran nilai C50 pada area lantai 1 dan 2 di gedung ACC:

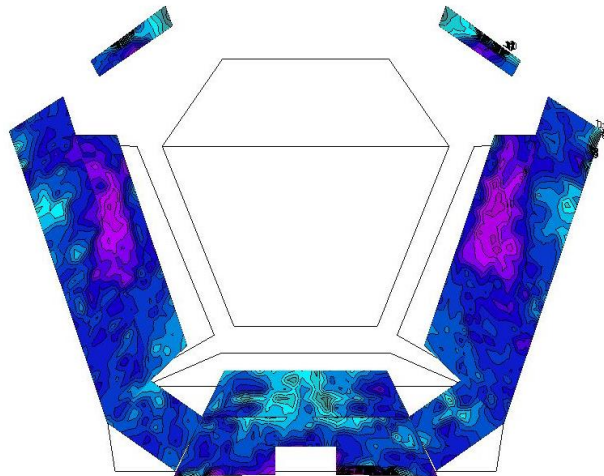


(a)

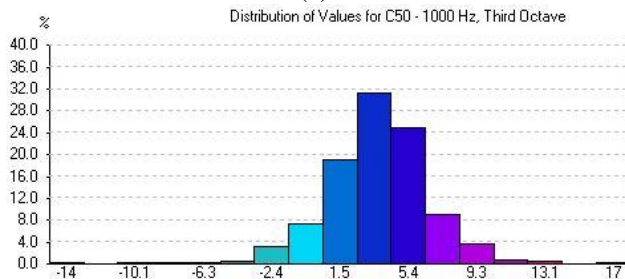


(b)

**Gambar 4.30** Persebaran nilai C50 di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi



(a)



(b)

**Gambar 4.31** Persebaran nilai C50 di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

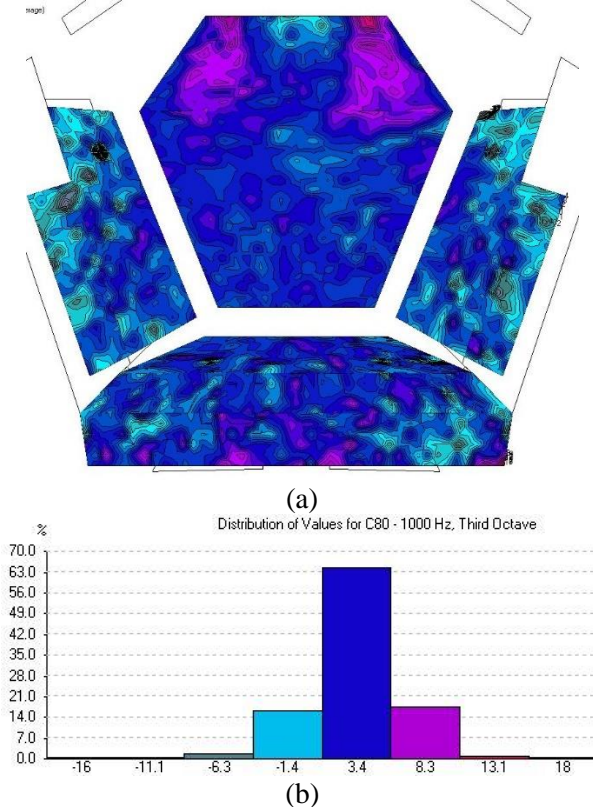
Mengacu pada nilai standar yang telah ditentukan, nilai *clarity* pada hasil simulasi di atas sudah mencukupi standar baik pada lantai 1 maupun lantai 2, Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.30 dan 4.31 bahwa nilai C50 masih berada dalam rentang kategori *good* (di atas -5). Pada lantai 1, terdapat sekitar 5% dari total keseluruhan area dengan nilai kategori buruk yaitu berada di bawah -5, Namun jika memperhatikan hasil *mapping*, area tersebut merupakan area tempat tiang berada. Sehingga dapat



disimpulkan untuk keseluruhan area dengar pada gedung ACC hasil simulasi memiliki nilai kejelasan suara yang baik.

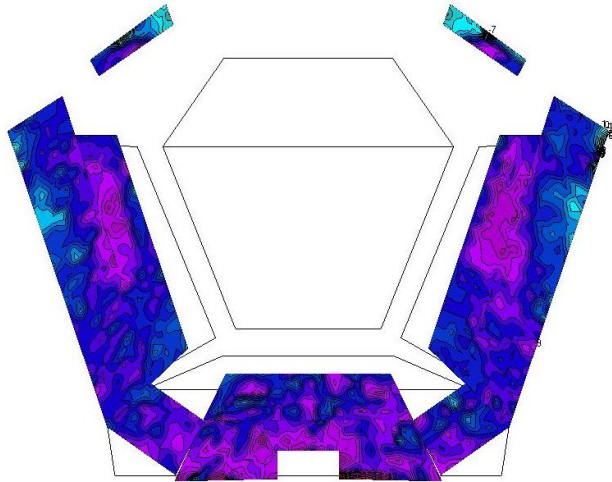
f. *Clarity-80*

Untuk kejelasan suara musik pada gedung ACC, dapat ditentukan oleh persebaran nilai C80. Berikut merupakan persebaran nilai C80 pada gedung ACC di lantai 1 dan 2:

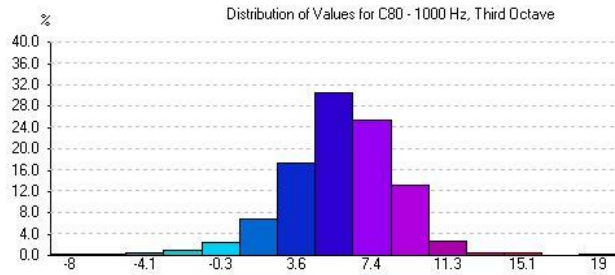


**Gambar 4.32** Persebaran nilai C80 di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi





(a)



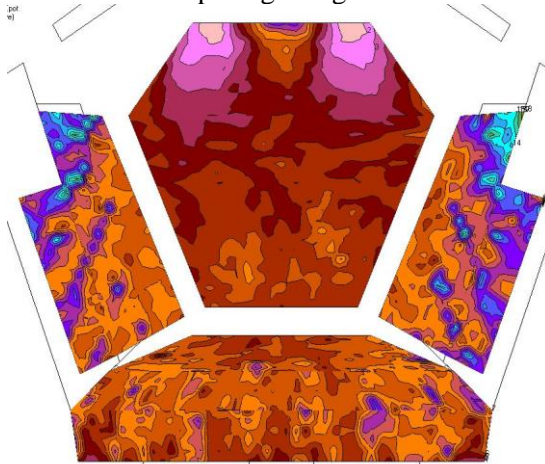
(b)

**Gambar 4.33** Persebaran nilai C80 di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) *mapping* (b) distribusi

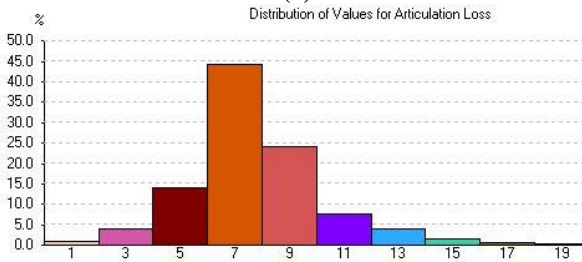
Tingkat kejelasan suara yang dihasilkan dari musik dapat dikategorikan baik jika nilai C80 memiliki nilai dalam rentang yang baik yaitu tidak melebihi 8, Menurut persebaran pada Gambar 4.32 dan 4.33, nilai kejelasan suara musik pada ruang ini sudah dapat dikatakan optimal.

g. *Articulation Consonant Loss (%Alcons)*

Parameter selain C50 dan STI yang dapat menentukan tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC adalah %Alcons. Semakin rendah nilai %Alcons maka semakin bagus tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC. Berikut merupakan persebaran nilai %Alcons pada gedung ACC:

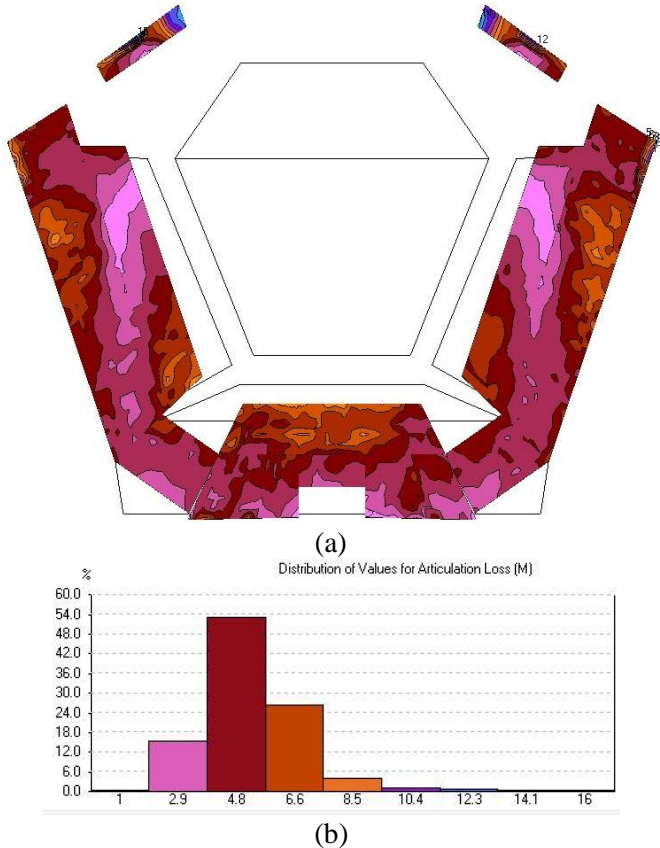


(a)



(b)

**Gambar 4.34** Persebaran nilai %Alcons di lantai 1 pada variasi 1.1 (a) mapping (b) distribusi



**Gambar 4.35** Persebaran nilai % Alcons di lantai 2 pada variasi 1.1 (a) mapping (b) distribusi

Nilai % Alcons pada variasi ini sudah memenuhi standar pada hampir seluruh area baik di lantai 1 maupun di lantai 2 yaitu bernilai kurang dari 8%. Untuk lantai 1, tetap saja area di belakang tiang akan mengalami masalah untuk kejelasan suara. Hal ini karena suara langsung tidak dapat mencapai penonton yang berada di belakang tiang.

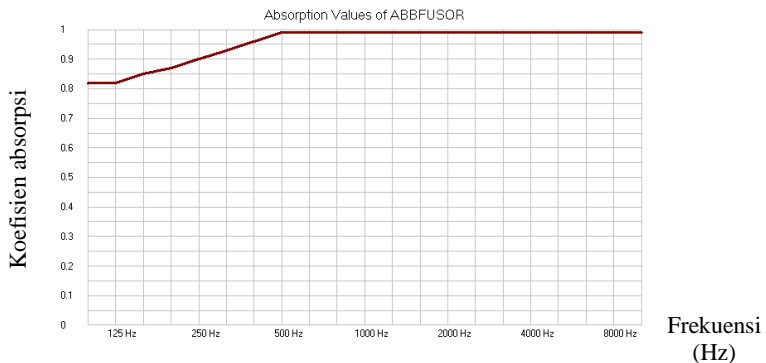
#### 4.3.1.2 Material kombinasi abfuser (variasi 1.2)

Pada variasi ini, digunakan material abfuser sebagai media untuk menurunkan nilai waktu dengung pada ruangan. Abfuser ditempelkan pada dinding dengan sebelumnya memberikan *airgap* sebesar 20 cm. Rincian penggunaan material pada variasi 1.2 dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.8** Rincian penggunaan material pada variasi 1.2

Bagian ruang	Material
Lapisan dinding	Abfuser
Ceiling	<i>Gypsum board</i>
Bawah pagar	Abfuser

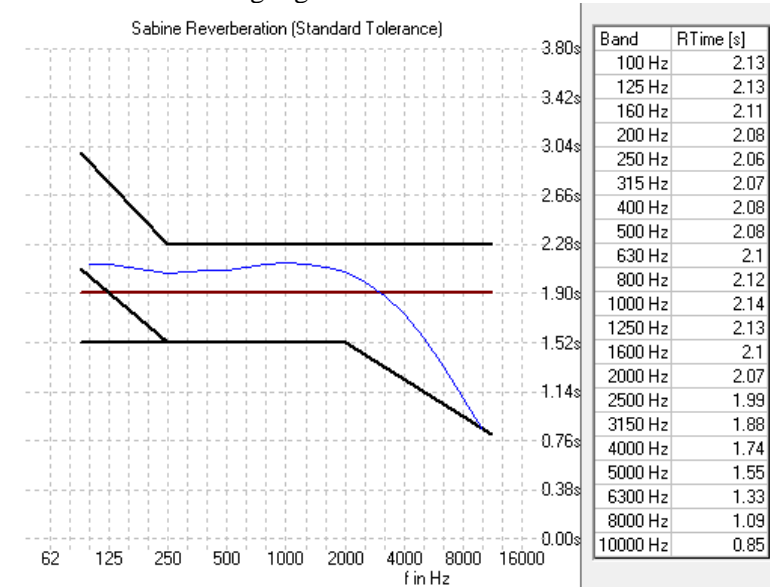
Material abfuser dipilih karena memiliki koefisien serap bunyi yang cukup tinggi hampir disemua frekuensi, hanya frekuensi rendah yang memiliki nilai lebih rendah, namun hal ini sudah di atasi dengan pemberian *airgap* sebelum peletakan abfuser. Selain itu material abfuser juga dapat menyebarkan suara secara merata ke segala arah. Berikut merupakan rincian nilai koefisien absorpsi bunyi dari abfuser:



**Gambar 4.36** Nilai koefisien absorpsi bunyi abfuser

Pada perancangan variasi 1.2 ini, juga telah didapatkan hasil waktu dengung serta parameter objektif lainnya yang memenuhi standar.

a. Waktu Dengung

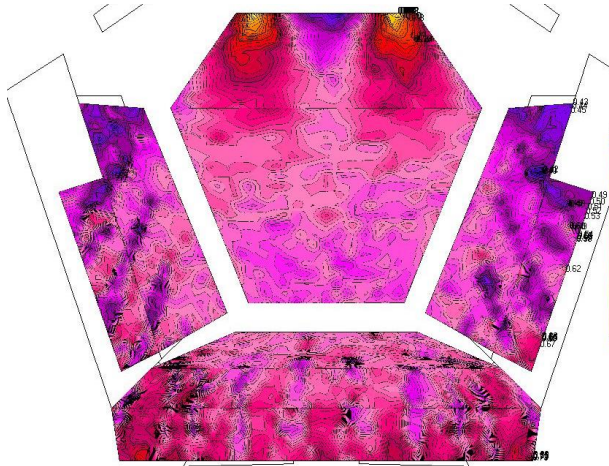


**Gambar 4.37** Nilai waktu dengung pada variasi 1.2

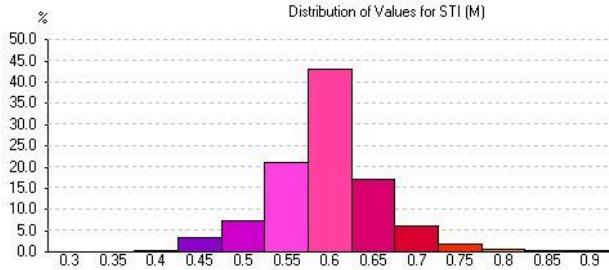
Berdasarkan Gambar 4.37, nilai waktu dengung yang dihasilkan dari perbaikan akustik pada variasi 1.2 ini masih berada dalam rentang toleransi standar. Hal ini berarti bahwa perbaikan akustik dengan metode ini dapat menurunkan nilai waktu dengung gedung ACC.

b. *Speech Transmission Index (STI)*

Nilai kejelasan suara bicara pada tiap area di gedung ACC dapat dilihat dari persebaran nilai STI dari gedung ini. Semakin tinggi nilai STI pada suatu area maka semakin bagus tingkat kejelasan suara bicara pada area tersebut.

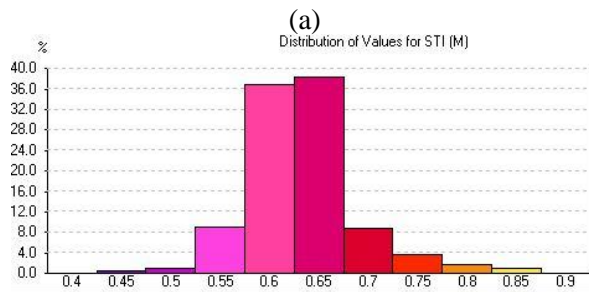
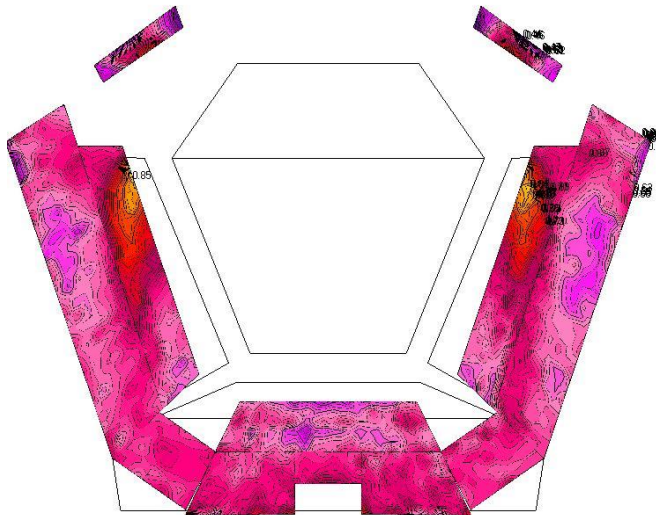


(a)



(b)

**Gambar 4.38** Persebaran nilai STI di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi



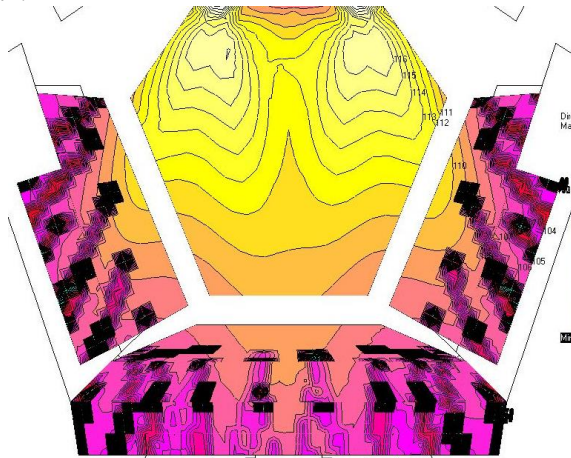
(b)

**Gambar 4.39** Persebaran nilai STI di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi

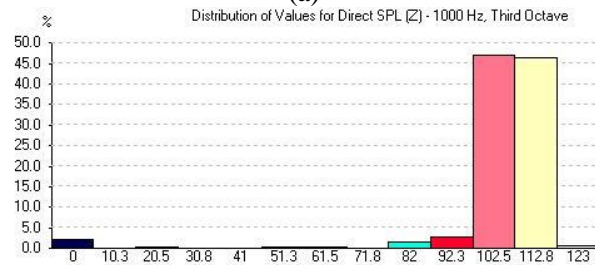
Pada persebaran nilai STI untuk lantai 1 dan lantai 2, didapatkan hasil bahwa sebagian besar nilai STI berada di atas 0,5 pada area dengan penonton. Hal ini berarti tingkat kejelasan suara bicara yang akan diterima penonton akan baik dan cukup memuaskan.

c. *Direct Sound Pressure Level (Direct SPL)*

Persebaran nilai tekanan bunyi langsung dari speaker dapat diamati pada Gambar 4.40 dan 4.41, Persebaran tingkat tekanan bunyi langsung pada gedung ACC dinilai cukup baik karena jarak nilai terendah dan tertinggi tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan.



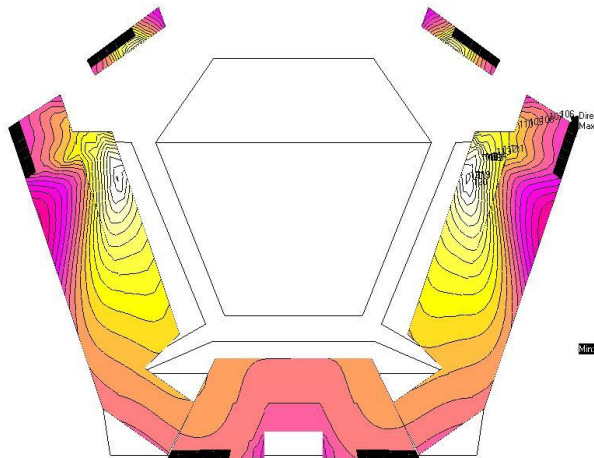
(a)



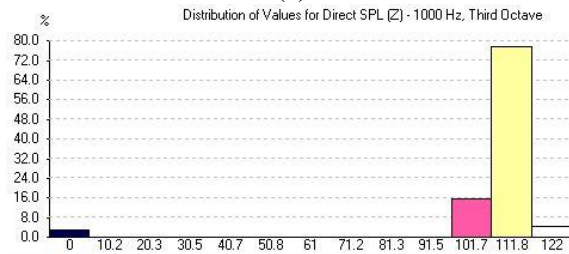
(b)

**Gambar 4.40** Persebaran nilai direct SPL di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi





(a)



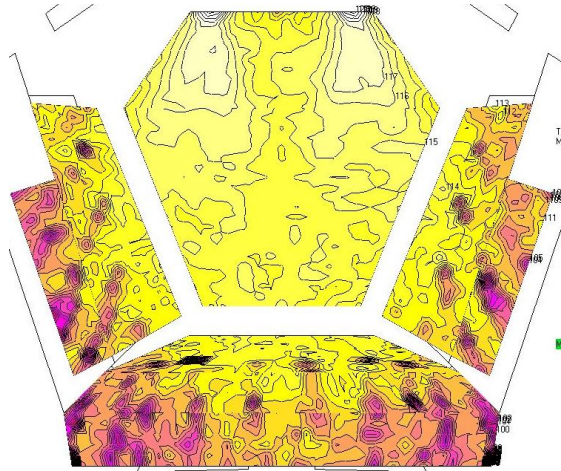
(b)

**Gambar 4.41** Persebaran nilai direct SPL di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi

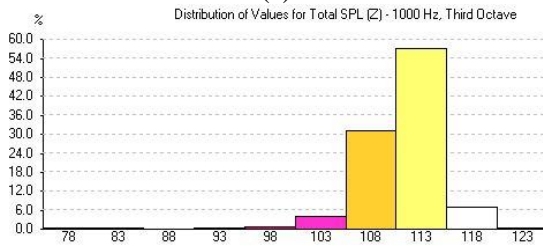
Sama halnya seperti variasi 1.1, persebaran nilai tingkat tekanan bunyi langsung dari sumber menjangkap semua area kecuali area berwarna hitam yang merupakan tanda adanya tiang dan juga bukan merupakan area dengar dari penonton.

*d. Total Sound Pressure Level (Total SPL)*

Nilai tingkat tekanan bunyi total yang dihasilkan speaker dapat dilihat dari persebaran nilai total SPL. Apabila nilai pada suatu area yang dihasilkan sudah cukup, maka area tersebut sudah dikatakan memenuhi standar.

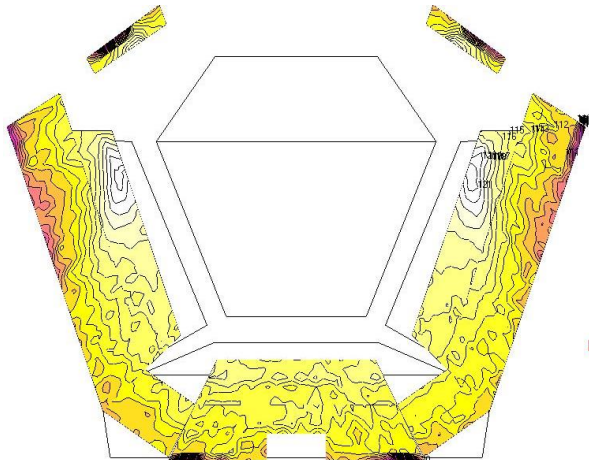


(a)

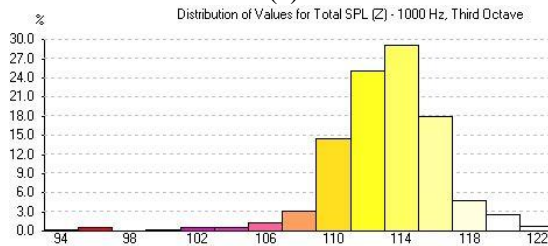


(b)

**Gambar 4.42** Persebaran nilai total SPL di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi



(a)



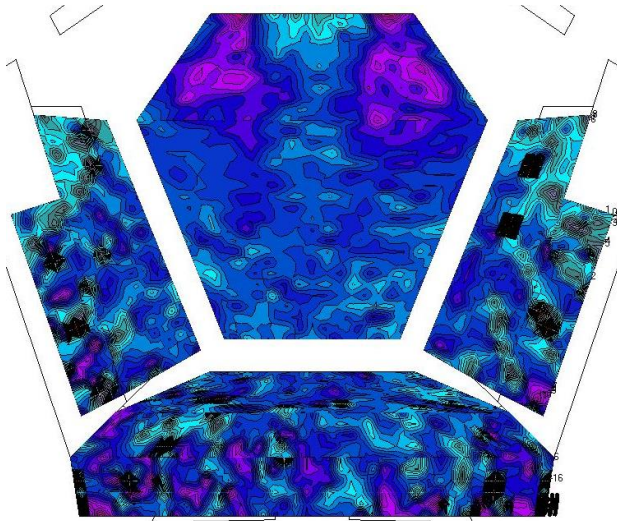
(b)

**Gambar 4.43** Persebaran nilai total SPL di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi

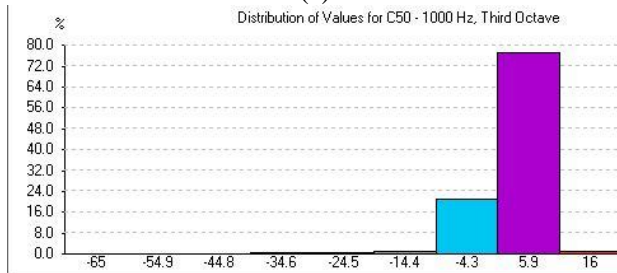
Persebaran nilai tingkat tekanan bunyi total di lantai 1 dan lantai 2 pada variasi ini cukup merata. Namun untuk area di belakang tiang mendapat tingkat tekanan bunyi yang masih kurang.

e. *Clarity-50*

Nilai tingkat kejelasan suara pada gedung ACC dari variasi ini memiliki nilai yang cukup baik. Jika nilai berada di atas -5 maka tingkat kejelasan suara yang dihasilkan dinilai baik.

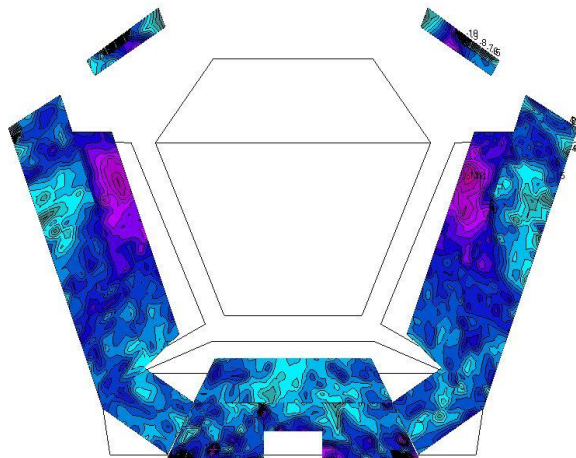


(a)

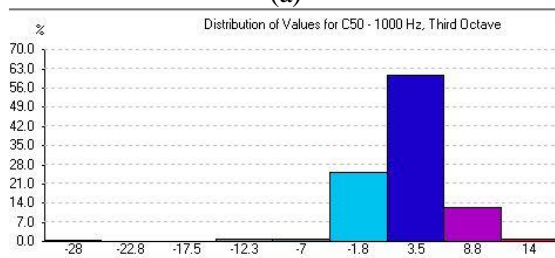


(b)

**Gambar 4.44** Persebaran nilai C50 di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi



(a)



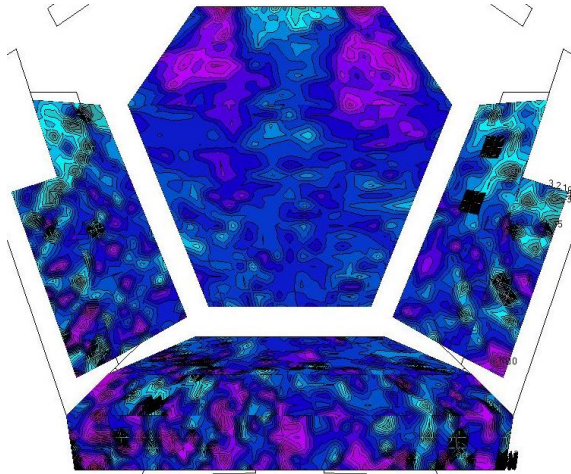
(b)

**Gambar 4.45** Persebaran nilai C50 di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi

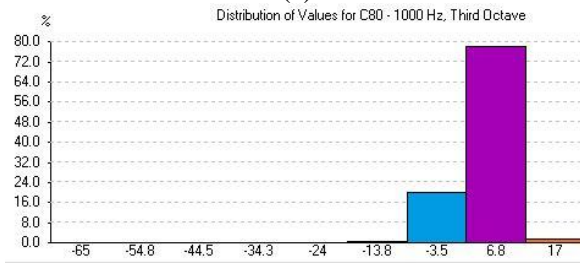
Nilai C50 di berbagai area pada variasi ini dinilai cukup bagus dan telah memenuhi standar karena hampir seluruh area memiliki nilai di atas -5, yang artinya tingkat kejelasan suara bicara pada ruang ini baik lantai 1 maupun 2 sudah baik.

f. *Clarity-80*

Pada variasi 1.2, didapatkan persebaran nilai C80 di masing-masing lantai untuk mengetahui tingkat kejelasan suara musik dalam gedung. Nilai yang baik adalah bernilai kurang dari 8.

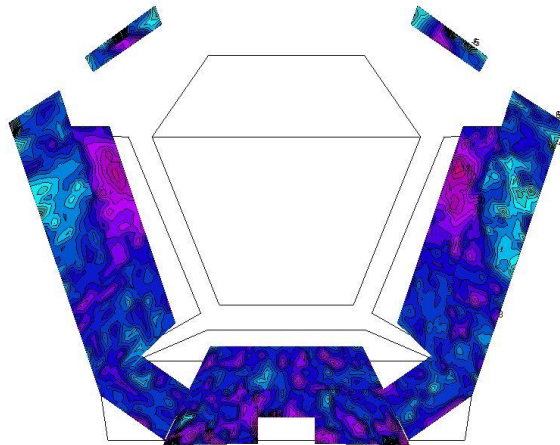


(a)

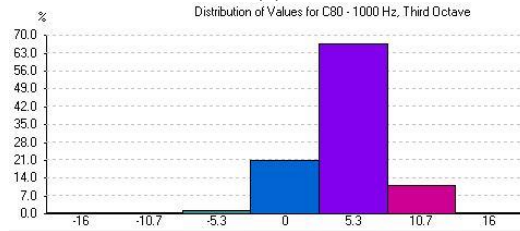


(b)

**Gambar 4.46** Persebaran nilai C80 di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi



(a)



(b)

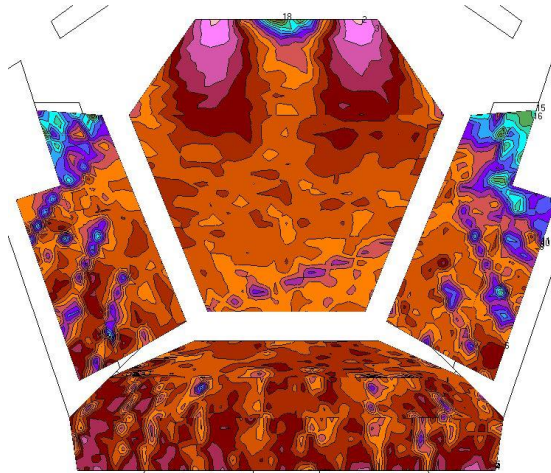
**Gambar 4.47** Persebaran nilai C80 di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) *mapping* (b) distribusi

Persebaran nilai C80 pada variasi ini dinilai cukup baik karena area lantai 1 maupun lantai 2 masih berada dalam rentang nilai standar yang ada. Hanya sebagian kecil area yang memiliki nilai C80 di atas 8, Hal ini berarti bahwa tingkat kejelasan suara musik pada gedung ini bernilai baik.

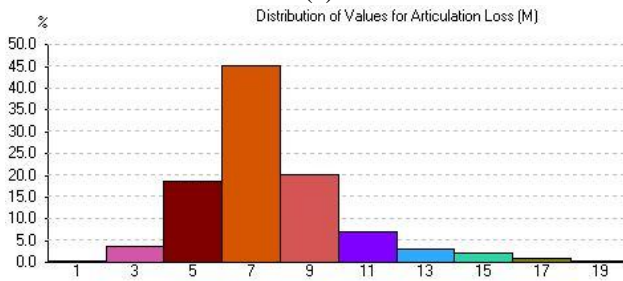
g. *%Articulation Consonant Loss (%Alcons)*

Nilai tingkat kejelasan suara yang ditinjau dari parameter %Alcons pada variasi 1.2 dapat dilihat pada Gambar 4.48 dan 4.49, Nilai dikatakan baik jika mendekati 0, Berikut hasil persebaran dari simulasi yang dilakukan:





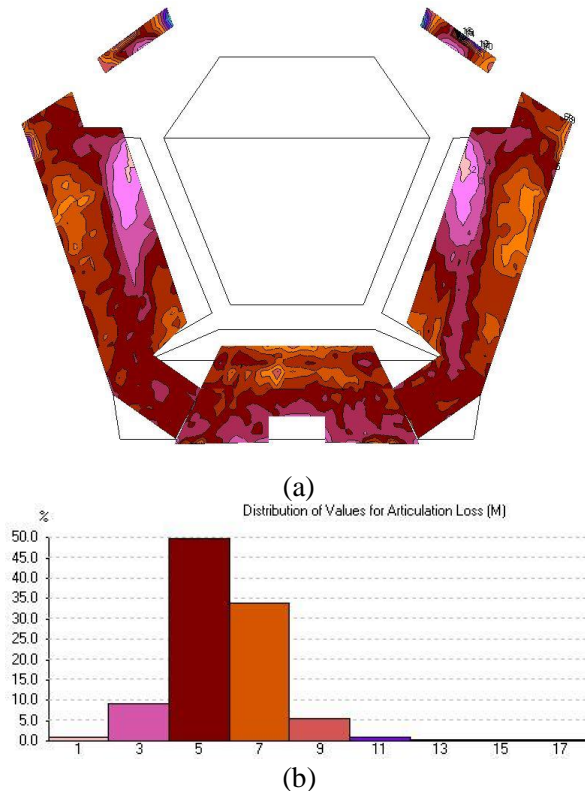
(a)



(b)

**Gambar 4.48** Persebaran nilai %Alcons di lantai 1 pada variasi 1.2 (a) mapping (b) distribusi





**Gambar 4.49** Persebaran nilai % Alcons di lantai 2 pada variasi 1.2 (a) mapping (b) distribusi

Distribusi nilai % Alcons pada variasi ini berguna untuk mengetahui kejelasan suara bicara pada tiap area di gedung ACC. Dari distribusi nilai sesuai gambar 4.48 dan 4.49, dilihat bahwa pada lantai 1 sekitar 25% area memiliki nilai % Alcons di atas 8. Sisanya dengan nilai di bawah 8, Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat kejelasan suara bicara pada variasi ini bernilai *good* dan *excellent*. Sisanya memiliki nilai *fair* yang masih dapat di toleransi. Lalu pada lantai 2, hanya 5% area yang memiliki nilai di atas 8, Sehingga apabila ditinjau secara keseluruhan, tingkat kejelasan suara bicara pada variasi ini dinilai baik.

### 4.3.2 Variasi Penggunaan *Movable Material*

Dalam melakukan perancangan untuk sebuah auditorium multifungsi, terdapat alternatif lain untuk mendapatkan kulitakustik yang memuaskan dari suatu ruang. Salah satunya adalah mengaplikasikan suatu penambahan material yang dapat dipindah atau diubah bentuknya sewaktu-waktu sesuai kebutuhan akan fungsi ruang tersebut. Pada tugas akhir kali ini, penulis juga menerapkan alternatif tersebut dengan menggunakan *movable panel* pada area *ceiling* bagian tengah. Cara kerja dari sistem ini sesuai dengan fungsi ruangnya adalah sebagai berikut:

#### 4.3.2.1 *Speech Presentation (variasi movable)*

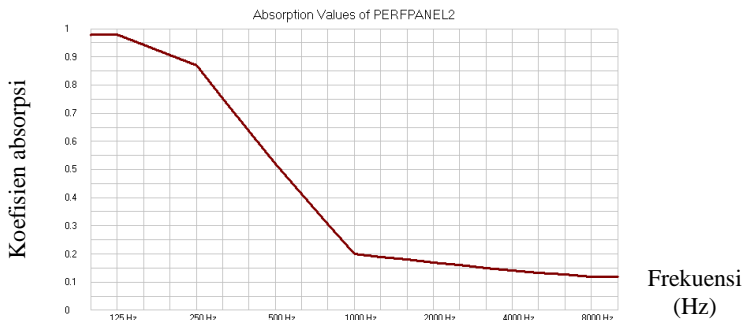
Pada variasi ini, area *ceiling* bagian tengah ruang dirancang terbuat dari *perforated panel* yang juga merupakan tempat peletakan *movable panel*. Ketika ruangan digunakan untuk *speech presentation* seperti seminar atau hal lainnya, maka *movable panel* akan diturunkan sejauh 2-meter dari *perforated panel*. Berikut merupakan rincian dari penggunaan material pada simulasi ini.

**Tabel 4.9** Rincian penggunaan material pada *variasi movable*

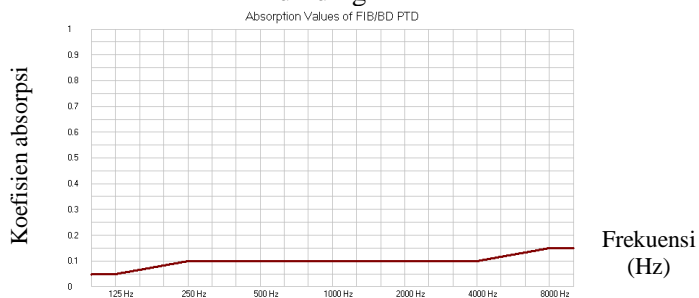
Bagian ruang	Material
Lapisan dinding depan*	<i>Perforated panel</i> ( <i>perfpnanel .79% on 8" cavity w/4"fg</i> )
Lapisan dinding belakang*	<i>Fiberboard</i>
<i>Ceiling</i> depan	<i>Gypsum board 5/8 in</i>
<i>Ceiling</i> di atas tribun	<i>Fiberglass 1 in</i>
Bawah pagar	Abfusor
<i>Ceiling</i> tengah	<i>Perforated panel</i> ( <i>perfpnanel .18% on 8" cavity w/4"fg</i> )
<i>Movable panel</i>	<i>Hanging acoustical baffle</i>

\*diberikan *airgap* sebesar 25 cm

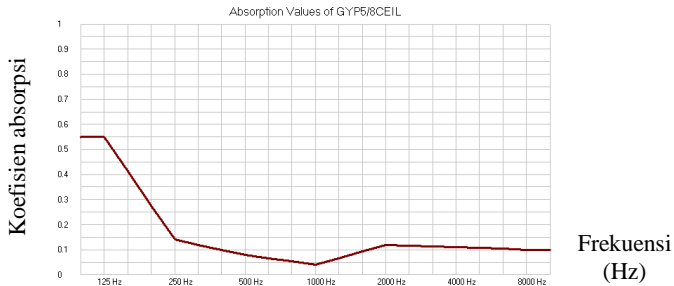
Penggunaan *movable panel* ini pada fungsi ruang *speech presentation* bertujuan agar dapat mengurangi volume area di bagian tengah lantai 1 yang terlalu tinggi jika digunakan untuk fungsi ruang *speech*. Perlakuan akustik ini akan mengakibatkan area tengah mendapatkan *overhead reflection* yang cukup banyak untuk meningkatkan kejelasan suara bicara pada area tersebut. Selain itu penambahan *acoustical baffle* ini juga berfungsi dalam optimalisasi nilai waktu dengung pada ruangan dengan nilai koefisien absorpsinya yang tinggi. Berikut merupakan rincian nilai koefisien absorpsi bunyi dari material yang digunakan pada variasi ini.



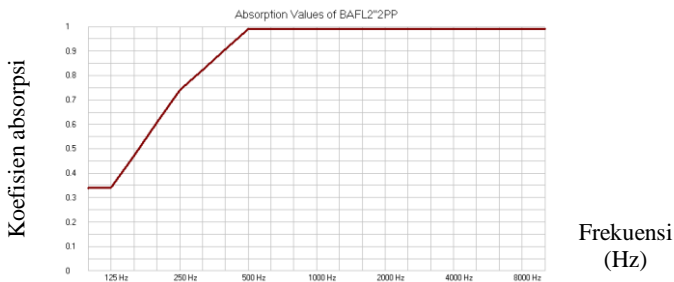
**Gambar 4.50** Nilai koefisien absorpsi bunyi *perforated panel* dinding



**Gambar 4.51** Nilai koefisien absorpsi bunyi *fiberboard*



**Gambar 4.52** Nilai koefisien absorpsi bunyi *gypsumceiling 5/8''*

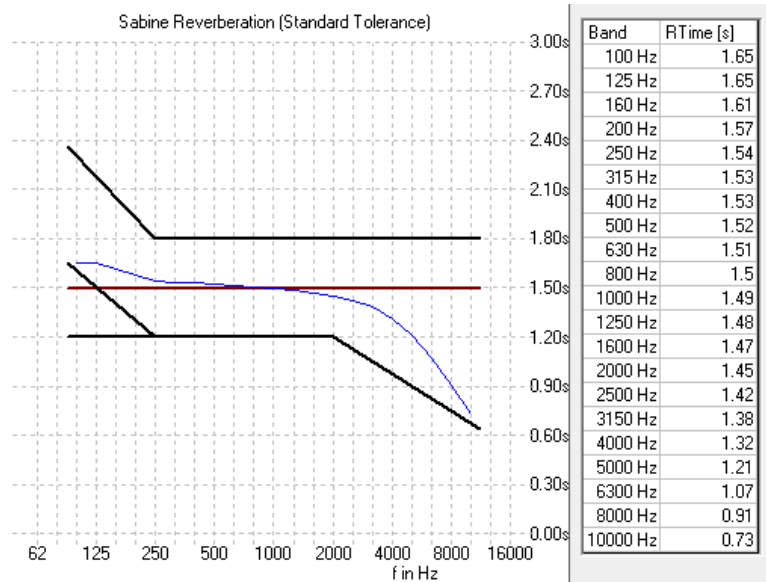


**Gambar 4.53** Nilai koefisien absorpsi bunyi *hanging acoustical baffle*

Berdasarkan pengkondisian tersebut, maka didapatkan nilai parameter akustik yang optimum bagi gedung ACC. Berikut merupakan uraian mengenai nilai optimum hasil simulasi:

a. Waktu Dengung

Pada variasi ini, saat ruang digunakan untuk keperluan *speech* maka nilai waktu dengung harusnya *flat* untuk keseluruhan frekuensi dan memiliki nilai 1,5 detik. Hal ini sesuai dengan ketentuan waktu dengung untuk volume ruang yang mendekati 30.000 m<sup>3</sup>.

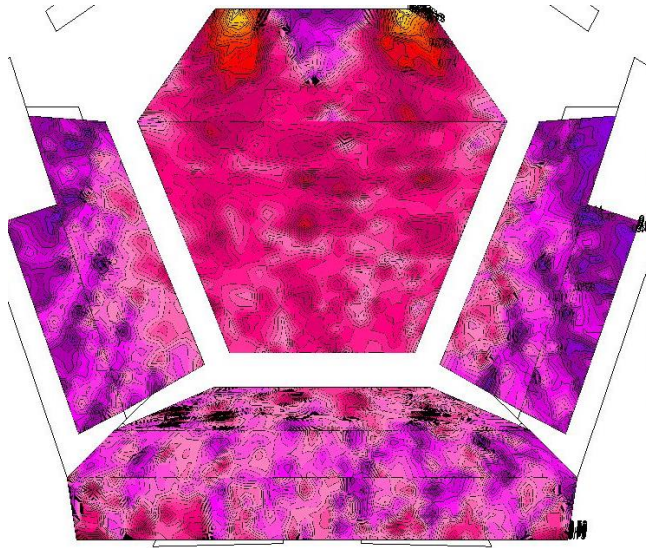


**Gambar 4.54** Nilai waktu dengung pada variasi *movable*

Berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka nilai waktu dengung untuk fungsi ruang *speech presentation* dapat dinyatakan telah sesuai standar. Dimana nilai waktu dengung masih berada dalam batas toleransi nilai seperti gambar 4.54.

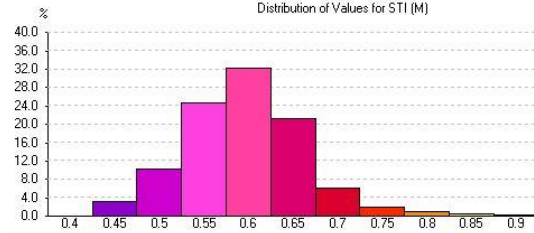
b. *Speech Transmission Index (STI)*

Nilai STI pada variasi ini harusnya melebihi dari 0,6 karena ruang dibatasi untuk keperluan *speech* sehingga apabila semakin mendekati 1 nilai yang didapatkan, maka tingkat kejelasan suara yang dihasilkan semakin bagus.



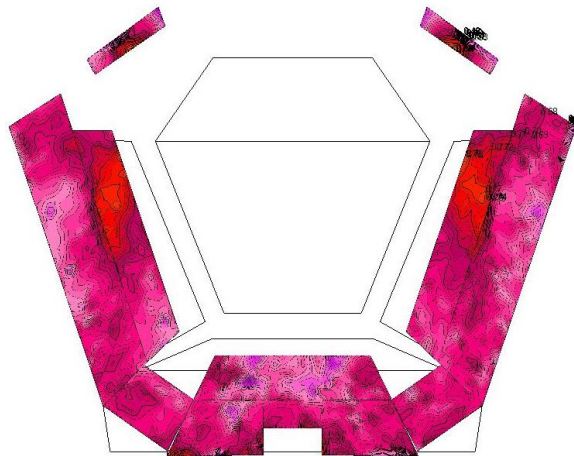
(a)

Distribution of Values for STI (M)

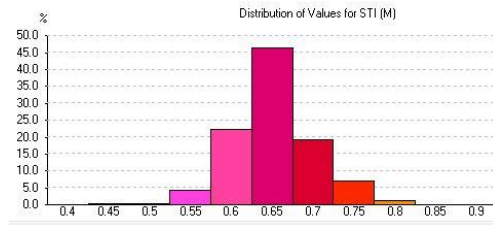


(b)

**Gambar 4.55** Nilai STI pada *variasi movable* di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi



(a)



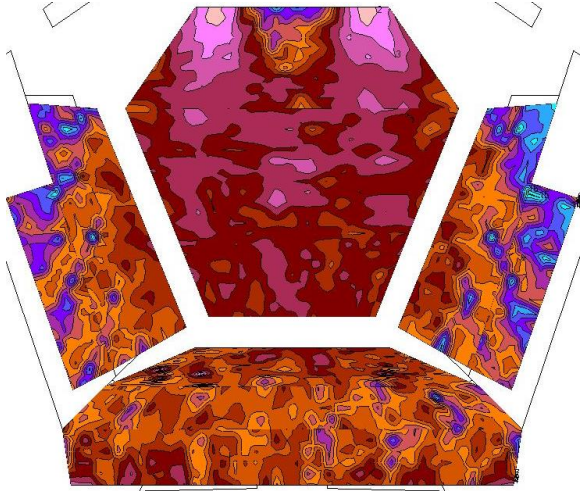
(b)

**Gambar 4.56** Nilai STI pada *variasi movable* di lantai 2 (a) *mapping* (b) distribusi

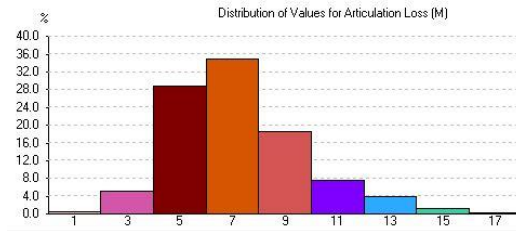
Pada persebaran STI *variasi movable* ini, nilai yang didapatkan berada dalam rentang *fair* hingga *excellent*. Untuk lantai 1, sekitar 65% memiliki nilai STI dalam kategori *good* dan *excellent*. Sedangkan sisanya memiliki nilai dalam kategori *fair*. Jika melihat Gambar 4.55, area yang memiliki kategori *fair*, juga memiliki *sight line* yang kurang bagus sehingga membuat kejelasan suara bicara sulit didapatkan. Namun range ini masih berada dalam batas toleransi. Lalu untuk lantai 2, Hanya sekitar 5% area yang memiliki nilai STI dengan kategori *fair*. Hal ini berarti tingkat kejelasan suara pada gedung ACC untuk *variasi movable* dinilai cukup memuaskan.

c. *%Articulation Consonant Loss (%Alcons)*

Parameter penting lainnya untuk mengetahui baik dan buruknya kejelasan suara bicara pada gedung ACC adalah %Alcons. Nilai akan dikatakan baik jika mendekati 0, Berikut merupakan persebaran %Alcons pada gedung ACC untuk *variasi movable*.



(a)



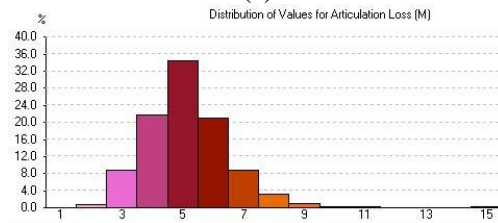
(b)

**Gambar 4.57** Nilai %Alcons pada *variasi movable* di lantai 1 (a) *mapping* (b) distribusi





(a)



(b)

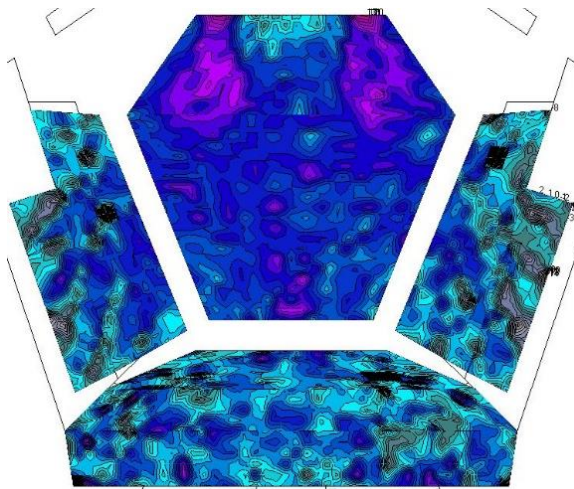
**Gambar 4.58** Nilai %Alcons pada *variasi movable* di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi

Dari persebaran yang dihasilkan pada gambar 4.57 dan 4.58, nilai %Alcons pada lantai 1 memiliki persebaran yang cukup merata dengan kategori nilai *good* hingga *excellent*. Namun terdapat sekitar 25% area memiliki nilai di atas 8%. Jika diperhatikan, area ini merupakan area dengan *sight line* yang kurang memadai, dimana penonton akan kesulitan untuk melihat area panggung. Akan tetapi nilai %Alcons pada area tersebut masih berada dalam kategori *fair* sehingga nilai ini masih dapat ditoleransi. Sedangkan pada lantai 2, hanya terdapat sekitar 5% area yang memiliki nilai %Alcons di atas 8. Namun tetap berada

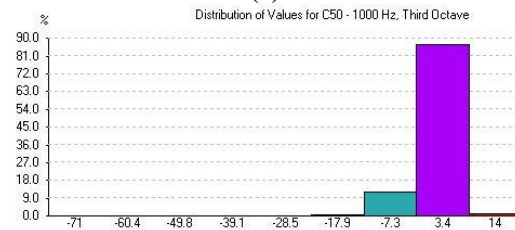
dalam kategori *fair*. Hal ini berarti tingkat kejelasan suara bicara pada variasi ini sudah dapat dikatakan memenuhi standar.

d. *Clarity-50 (C50)*

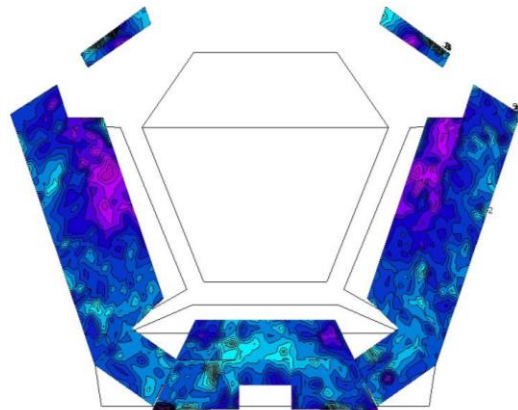
Nilai C50 merupakan parameter objektif yang juga dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan tingkat kejelasan suara bicara pada gedung ACC. Saat nilai ini berada di atas -5, maka kejelasan suara bicara gedung ACC dapat dikatakan baik. Berikut merupakan hasil persebaran nilai C50 pada *variasi movable*:



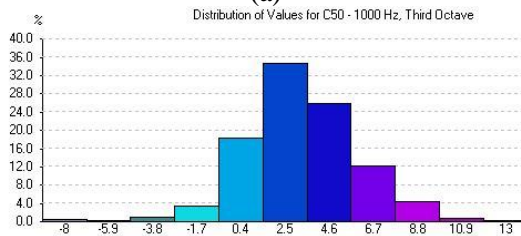
(a)



**Gambar 4.59** Nilai C50 pada *variasi movable* di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi



(a)



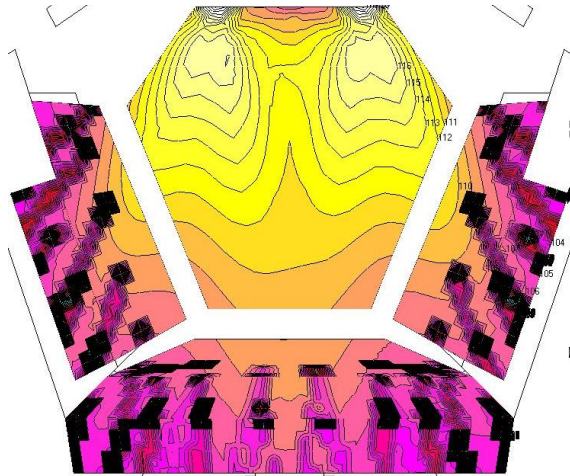
(b)

**Gambar 4.60** Nilai C50 pada *variasi movable* di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi

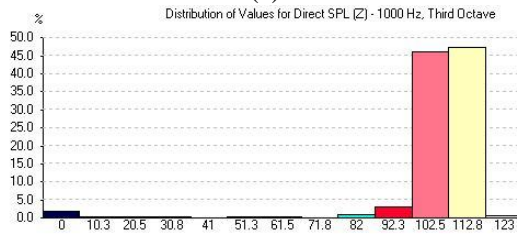
Persebaran nilai C50 pada lantai 1 memiliki kategori yang bagus pada 88% area, hanya sekitar 12% yang memiliki kategori yang kurang bagus. Sedangkan pada lantai 2, hampir keseluruhan area memiliki nilai C50 yang bagus, yaitu berada di atas -5, Sehingga dapat disimpulkan nilai C50 pada gedung ACC di *variasi movable* cukup memadai.

*e. Direct SPL*

Nilai persebaran tingkat tekanan bunyi langsung di lantai 1 maupun pada variasi ini dapat dilihat pada gambar berikut:

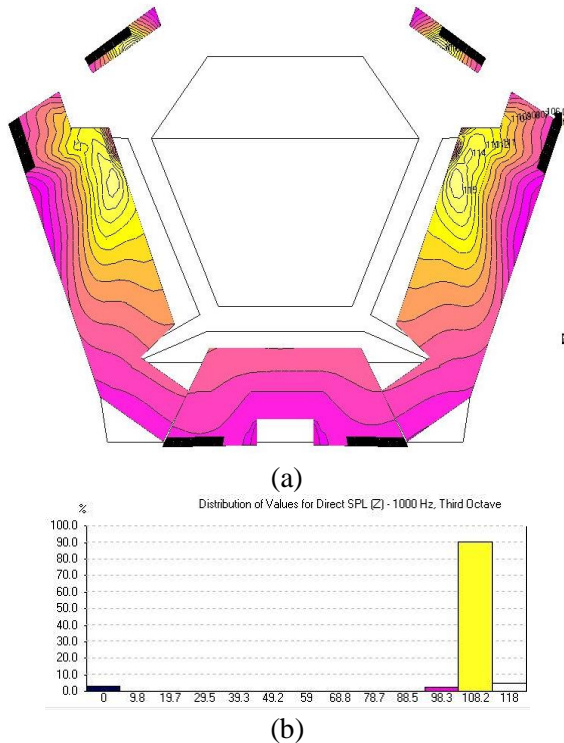


(a)



(b)

**Gambar 4.61** Nilai direct SPL pada *variasi movable* di lantai 1  
(a) mapping (b) distribusi

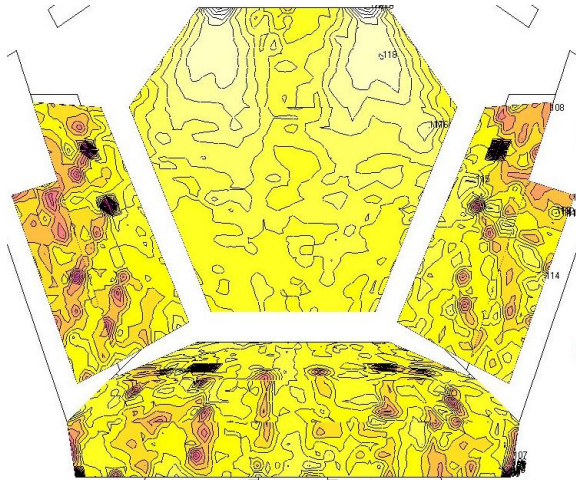


**Gambar 4.62** Nilai direct SPL pada *variasi movable* di lantai 2  
(a) mapping (b) distribusi

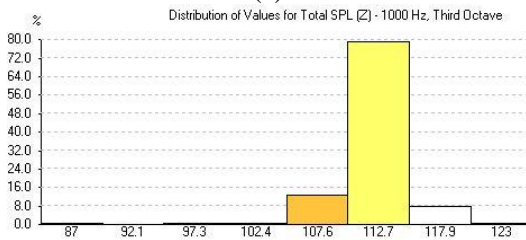
Dari peta persebaran yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa nilai *direct SPL* pada tiap area mendapat cukup tekanan bunyi. Pada lantai 1 hanya area di belakang tiang yang menjadi *black spot* serta pada lantai 2 hampir semua area mendapatkan tingkat tekanan bunyi langsung secara merata.

#### f. *Total SPL*

Persebaran tingkat tekanan bunyi total berguna untuk mengetahui nilai tekanan bunyi yang dihasilkan pada tiap titik dengan akumulasi suara langsung dan suara pantulan. Berikut merupakan hasil persebaran *total SPL* pada *variasi movable*

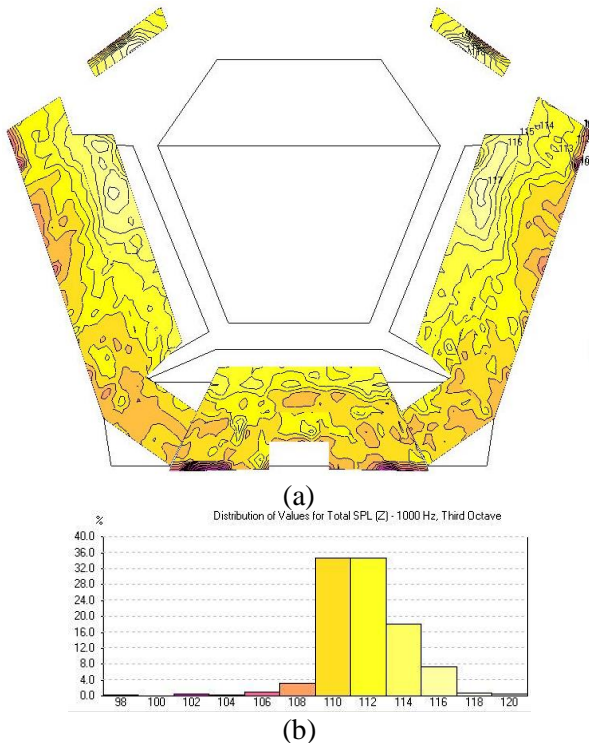


(a)



(b)

**Gambar 4.63** Nilai total SPL pada *variasi movable* di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi



**Gambar 4.64** Nilai total SPL pada *variasi movable* di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi

Dapat dilihat pada gambar 4.63 dan 4.64, baik pada lantai 1 maupun lantai 2 persebaran tingkat tekanan bunyi total sudah memenuhi standar secara keseluruhan. Jarak antara tingkat tekanan bunyi tertinggi dan terendah tidak terlalu signifikan yaitu sekitar 9 dB.

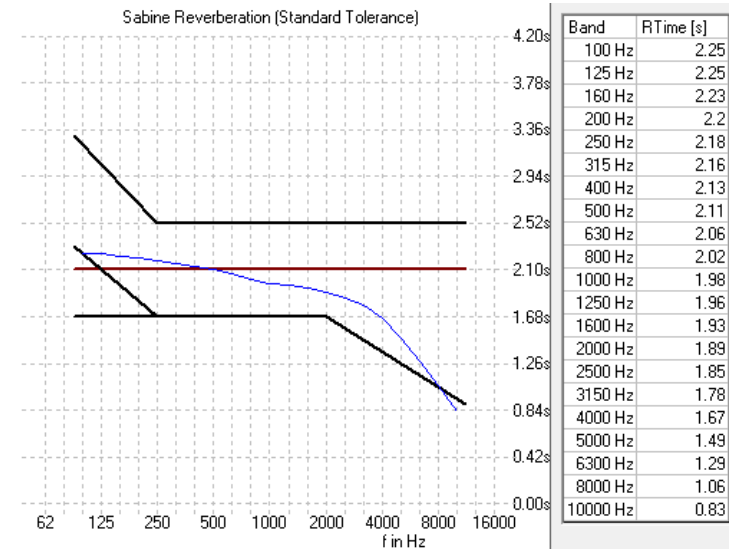
#### 4.3.2.2 Musik *Presentation* (*variasi movable*)

Apabila gedung ACC akan digunakan untuk keperluan musik *presentation* seperti acara *band*, maka *movable material* yang terbuat dari *hanging acoustical baffle* akan dinaikkan kembali sejauh 2-meter menempel ke area yang terbuat dari *perforated*

*panel*. Penggunaan material untuk fungsi ruang *speech* dan musik adalah sama, yang membedakan hanyalah posisi dari *movable material* yang ada. Perlakuan akustik seperti ini, juga mendapatkan hasil yang optimal untuk ruang dengan keperluan musik *presentation*. Berikut merupakan hasil simulasi dari parameter objektif gedung ACC:

a. Waktu Dengung

Nilai waktu dengung yang dihasilkan pada variasi *movable* untuk keperluan musik *presentation* ini ditunjukkan oleh gambar berikut:



**Gambar 4.65** Nilai waku dengung untuk variasi *movable*

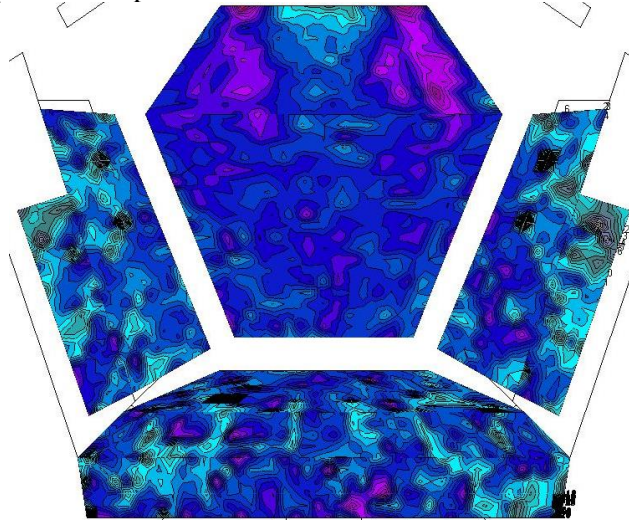
Nilai waktu dengung untuk ruangan dengan fungsi musik pada gedung ini adalah senilai 2,1 detik pada frekuensi tengah. Namun karena untuk keperluan musik maka nilai waktu dengung pada frekuensi rendah lebih ditinggikan, hal ini dapat meningkatkan *warmness* dari musik. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka nilai waktu dengung ruang ini sudah cukup bagus mulai dari frekuensi rendah hingga ke frekuensi



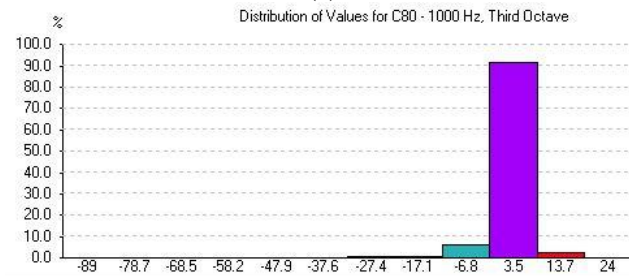
tinggi. Nilai ini juga masih berada di dalam batas toleransi standar yang ada.

b. *Clarity-80 (C80)*

Parameter yang digunakan untuk menentukan kejelasan suara dari musik pada variasi ini adalah C80, Dimana seharusnya nilai yang didapatkan pada tiap titik tidak boleh melebihi 8, Berikut merupakan hasil persebaran nilai C80 untuk *variasi movable*

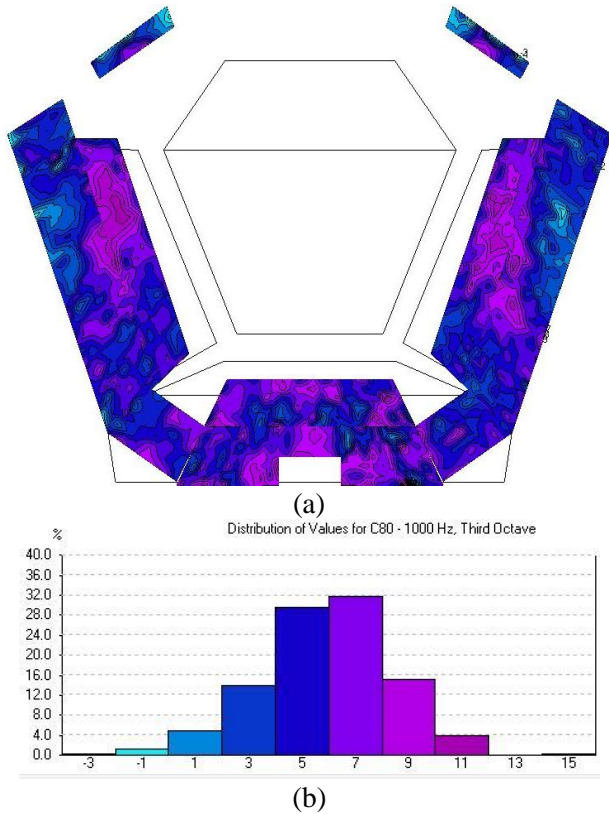


(a)



(b)

**Gambar 4.66** Nilai C80 pada *variasi movable* di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi

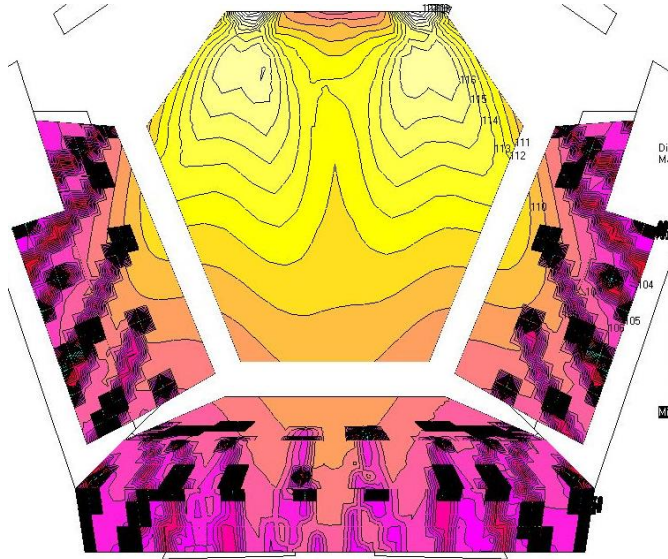


**Gambar 4.67** Nilai C80 pada *variasi movable* di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi

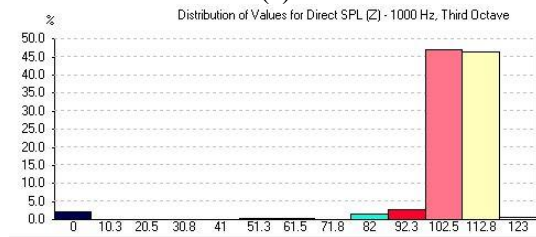
Persebaran nilai C80 pada variasi ini baik lantai 1 maupun 2 dinilai cukup baik. Pada lantai 1, hanya sekitar 3% area yang memiliki nilai di atas 8, Pada lantai 2 terdapat sekitar 20% area yang memiliki nilai di atas 8, Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar area di gedung ACC telah memiliki tingkat kejelasan suara musik yang baik.

c. *Direct SPL*

Untuk mengetahui persebaran tingkat tekanan bunyi langsung dari sumber suara, maka dicari nilai persebaran *direct SPL* seperti gambar berikut:

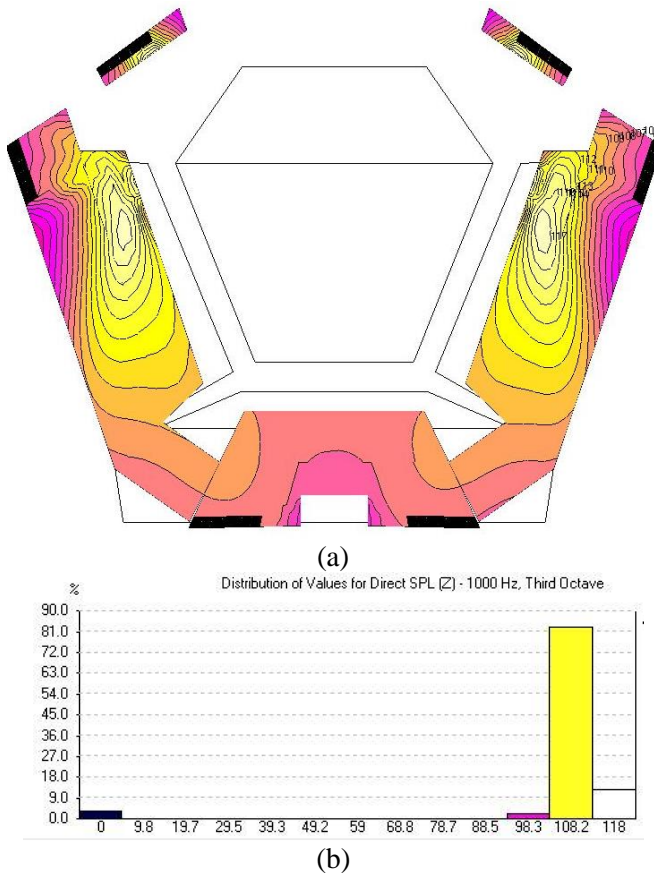


(a)



(b)

**Gambar 4.68** Nilai *direct SPL* pada variasi *movable* di lantai 1  
(a) mapping (b) distribusi

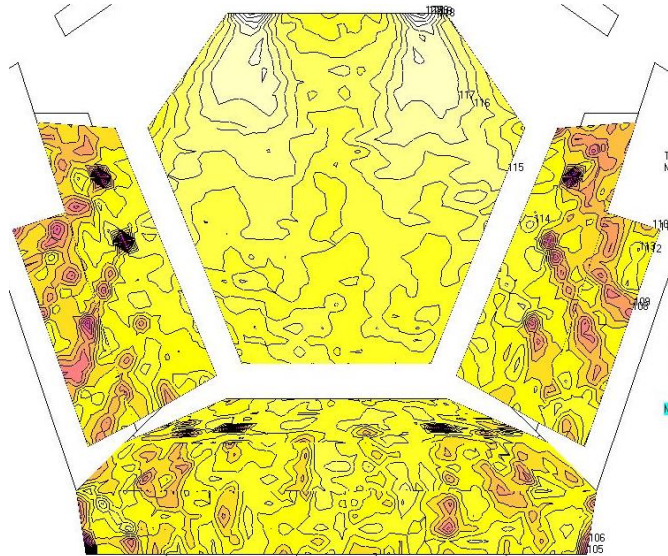


**Gambar 4.69** Nilai direct SPL pada *variasi movable* di lantai 2  
(a) mapping (b) distribusi

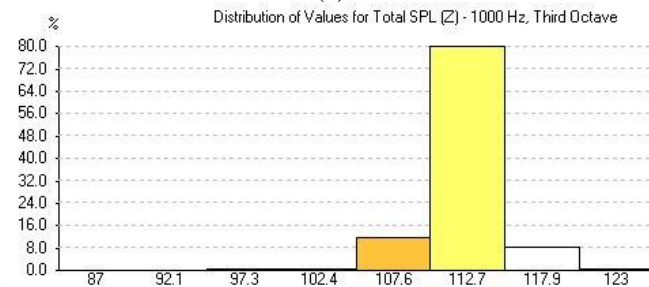
Nilai *direct SPL* pada hasil *mapping* tersebut menunjukkan bahwa persebaran suara langsung pada gedung hasil simulasi sudah cukup baik. Area berwarna hitam pada simulasi lantai 1 hanya merupakan area tiang yang dapat dilihat pada desain Gambar 4.68, Area selain tiang sudah mencapai nilai yang optimal. Sedangkan pada lantai 2, seluruh area sudah mendapat tekanan bunyi langsung dari *speaker*.

d. *Total SPL*

Persebaran nilai tekanan bunyi yang telah dipengaruhi oleh bunyi pantulan pada gedung ACC dapat dilihat pada gambar berikut:

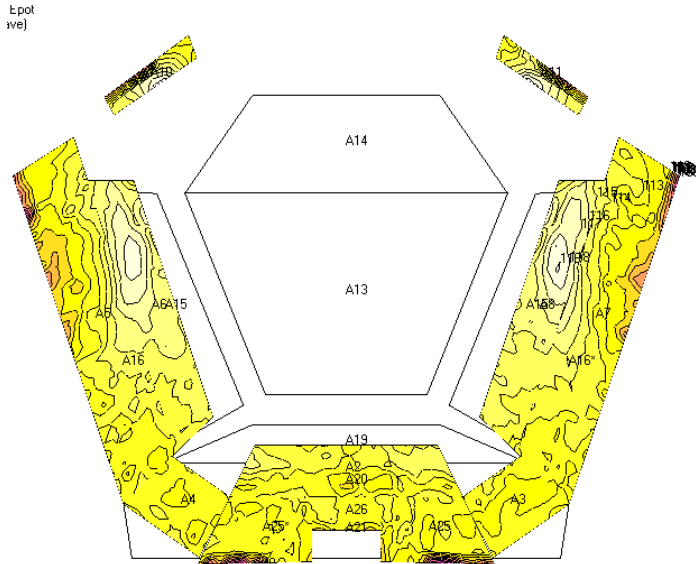


(a)

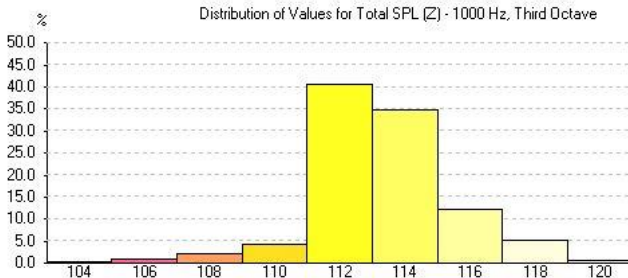


(b)

**Gambar 4.70** Nilai total SPL pada *variassi movable* di lantai 1 (a) mapping (b) distribusi



(a)



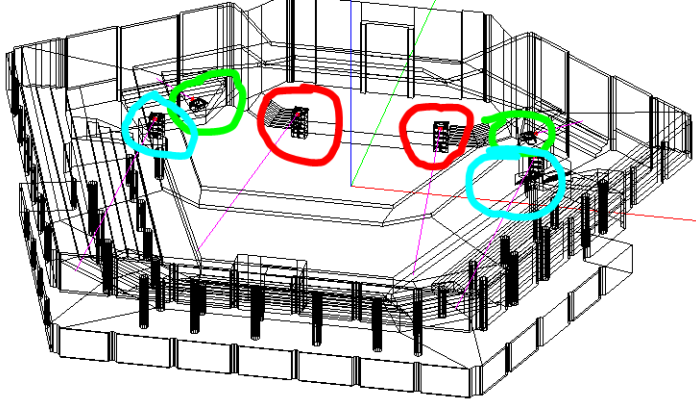
(b)

**Gambar 4.71** Nilai total SPL pada variasi movable di lantai 2 (a) mapping (b) distribusi

Pada persebaran total SPL dari variasi ini, baik lantai 1 maupun lantai 2 nilai yang didapatkan sudah merata. Hal ini dapat dilihat dari kontur warna yang dihasilkan pada peta persebaran didominasi oleh warna kuning yang menunjukkan bahwa persebaran total SPL pada variasi ini telah optimal.

### 4.3.3 Penggunaan Sistem Pengeras Suara dalam Gedung

Penggunaan *speaker* pada gedung ACC dapat dilihat pada Gambar 4.72 dan Tabel 4.10, *Speaker* yang digunakan pada variasi ini adalah M3D Line Array Loudspeaker, M3D-Sub Directional Subwoofer.



**Gambar 4.72** Posisi *speaker* pada gedung ACC

Pada gambar 4.72, terdapat *speaker* untuk lantai 1 yang berada di depan panggung (lingkar merah), dan *speaker* yang berada di atas balkon (lingkar hijau dan biru). Berikut merupakan rincian mengenai penggunaan *speaker* pada variasi 1.1,

**Tabel 4.10** Rincian penggunaan speaker di gedung ACC

Warna	Jumlah	Jenis	Sudut (°)	Height (m)	Delay (ms)
Merah	5	2 terbawah M3D subwoofer+3 teratas M3D	0	0	0
Hijau	1	M3D	135	4,4	36
Biru	4	M3D	1 atas (90) + 3 bawah 0	6,7	48

Speaker yang digunakan pada gedung ini memiliki jenis dan merk yang sama, yang membedakan hanyalah konfigurasi yang digunakan untuk setiap titik. Terdapat 3 titik penempatan speaker pada ruang ini. Pemilihan tempat ini dilakukan dengan memperhatikan tempat yang fleksibel untuk meletakkan speaker agar tidak mengganggu area jalan. Sedangkan konfigurasi yang digunakan untuk penempatan speaker dipilih dengan mempertimbangkan jangkauan dari speaker ke area penonton. Jenis *coverage* dari speaker ini adalah *cardioid* sehingga dengan meletakkan speaker tepat dihadapan penonton maka suara langsung dari speaker akan terdistribusi secara merata.

Jenis konfigurasi yang digunakan pada speaker lantai 2 adalah *ground-array*. Pertimbangan penggunaan speaker *ground* adalah dikarenakan tingginya letak *ceiling* sehingga jika digunakan speaker yang tergantung akan menghasilkan persebaran bunyi yang kurang optimal dan kejelasan suara yang kurang. Sedangkan penggunaan sistem *array* bertujuan agar dapat menambah *power* speaker sehingga bisa menjangkau seluruh area.

#### **4.3.4 Pengendalian Sumber Bising dari Sistem Pengkondisian Udara**

Sistem pengkondisian udara yang digunakan pada gedung Airlangga Convention Center merupakan sistem *central Air Conditioner (AC* sentral) dengan jumlah 27 unit di sepanjang dinding area tribun seperti yang terlihat pada gambar 4.73.





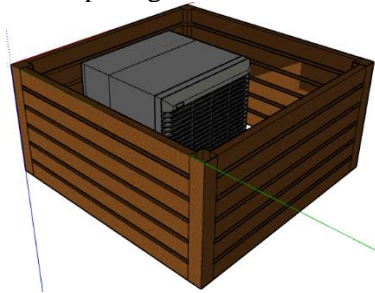
**Gambar 4.73** Posisi lubang udara pada gedung ACC

Saat berlangsungnya acara pada gedung ini, bunyi yang dihasilkan oleh sistem AC sentral mengganggu kejelasan suara bicara yang dihasilkan. Sehingga penulis menawarkan 2 solusi berdasarkan prinsip pengendalian bising, yaitu:

1. Pengendalian pada sumber bising

Pada gedung ini, sumber yang menjadi masalah kebisingan adalah bunyi yang dihasilkan oleh unit pendingin (*chiller*). Untuk mengatasi masalah ini, maka dapat dilakukan dengan penambahan *enclosure* pada AC. *Enclosure* bisa digunakan untuk satu set mesin atau sebagian dari mesin. Dalam aplikasinya, *enclosure* menyediakan satu alat yang mampu mereduksi atau mengurangi kebisingan pada level yang dapat diterima. *Enclosure* dapat digunakan pada seluruh bagian AC atau

hanya sebagian saja. Contoh dari bentuk *enclosure* yang dapat digunakan dapat dilihat pada gambar 4.74.



**Gambar 4.74** Contoh *enclosure* pada AC

*Enclosure* yang digunakan dapat dibuat dari bahan *perforated panel*, *fiberglass* atau *polypropylene panel*.

## 2. Pengendalian pada medium

Medium yang dapat menjadi sumber bising pada sistem ini adalah pompa sirkulasi maupun lubang udara yang terdapat di dinding gedung. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan lapisan peredam pada bagian tersebut seperti *rockwool*, *glasswool*, karpet ataupun kapas. Penggunaan material ini dapat menurunkan bising yang dihasilkan oleh unit.

## 4.4 Perbandingan Semua Variasi

Hasil perbaikan kualitas akustik yang didapat adalah berupa prosentase persebaran nilai yang sesuai standar pada lantai 1 dan 2, Dari semua hasil tersebut, maka dilakukan perbandingan semua variasi untuk menentukan variasi mana yang memiliki nilai terbaik. Perbandingan dilakukan dengan meninjau nilai waktu dengung yang didapatkan tiap variasi dan mengamati persebaran nilai masing-masing parameter objektif di setiap area yang dihasilkan. Variasi yang memiliki nilai parameter objektif dengan prosentase sesuai standar terbanyak merupakan variasi paling baik diantara variasi lainnya.

### 4.4.1 Waktu Dengung

Nilai optimal waktu dengung yang digunakan pada evaluasi ini dibagi menjadi dua sesuai dengan variasi yang telah dibuat.

Pada variasi bahan penyerap, digunakan 1 nilai optimal untuk ruang multifungsi yaitu 1,9 detik. Nilai ini telah dicapai baik pada variasi 1.1 maupun variasi 1.2, Pada variasi 1.1, nilai waktu dengung di frekuensi rendah lebih tinggi dari frekuensi mid hingga *high*. Hal ini dapat berguna untuk meningkatkan *warmness* pada ruang jika digunakan untuk fungsi musik, namun tidak untuk kegunaan *speech*. Lalu pada variasi 1.2, nilai waktu dengung *flat* untuk semua frekuensi, sehingga mendukung untuk ruang dengan fungsi *speech*, namun akan didapatkan *warmness* yang kurang jika digunakan untuk fungsi musik. Sedangkan pada variasi dengan menggunakan *movable panel*, nilai yang digunakan terbagi sesuai dengan fungsi ruang yang ada. Saat ruang digunakan untuk fungsi *speech*, nilai waktu dengung yang digunakan adalah sekitar 1,5 detik dan flat untuk semua frekuensi. Dari hasil simulasi yang didapatkan, nilai waktu dengung pada variasi ini sudah mencapai nilai 1,5 detik hampir disemua frekuensi, hanya frekuensi 100 hingga 160 Hz yang memiliki nilai 1,6 detik, namun nilai ini masih dapat ditoleransi. Sedangkan saat ruang digunakan untuk fungsi musik, nilai yang digunakan adalah sebesar 2,1 detik. Pada hasil simulasi telah didapatkan nilai yang sesuai, serta frekuensi rendah memiliki nilai waktu dengung yang cukup tinggi untuk meningkatkan *warmness* pada ruang.

#### 4.4.2 Parameter untuk menentukan *speech intelligibility*

Untuk menentukan tingkat kejelasan suara pada gedung ACC pada penelitian ini, maka digunakan 3 parameter objektif yaitu *Speech Transmission Index*, *%Articulation Loss Consonants*, dan *Clarity-50*, Hasil perbaikan kualitas akustik yang didapat untuk parameter *STI*, *%Alcons*, *C50* dan *C80* adalah berupa prosentase persebaran nilai yang sesuai standar pada lantai 1 dan 2, Semua hasil tersebut dibandingkan dengan menentukan variasi yang memiliki prosentase persebaran nilai sesuai standar terbanyak. Perbandingan prosentase persebaran kategori parameter yang menentukan *speech intelligibility* pada ruang (*STI*, *%Alcons*, *C50*) ditunjukkan pada Tabel 4.11, 4.12 dan 4.13,

**Tabel 4.11** Perbandingan distribusi nilai STI pada semua variasi

Kategori STI	Prosentase (%)					
	Variasi 1.1		Variasi 1.2		Variasi <i>movable</i>	
	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2
Excellent	5	7	3	4	3	3
Good	55	81	57	88	62	96
Fair	40	12	40	8	35	1

**Tabel 4.12** Perbandingan distribusi nilai %Alcons pada semua variasi

Kategori %Alcons	Prosentase (%)					
	Variasi 1.1		Variasi 1.2		Variasi <i>movable</i>	
	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2
Excellent	5	20	5	10	7	10
Good	71	71	74	87	73	80
Fair	24	9	21	3	20	10

**Tabel 4.13** Perbandingan distribusi nilai C50 pada semua variasi

Kategori C50	Prosentase (%)					
	Variasi 1.1		Variasi 1.2		Variasi <i>movable</i>	
	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2
Good	95	98	96	97	89	98
Fair	5	2	4	3	11	2

Dari hasil evaluasi untuk masing-masing variasi, dapat dikatakan bahwa semua hasil simulasi dapat diterapkan pada gedung ACC untuk keperluan *speech presentation*. Hal ini karena sebagian besar area pada lantai 1 dan 2 memiliki persebaran nilai parameter objektif yang cukup baik. Pada lantai 1 di masing-masing variasi, nilai terbaik didapatkan di area tengah gedung. Persebaran nilai menurun pada area di bawah balkon, namun hanya pada area di belakang tiang dan juga disudut ruangan. Terdapat perbedaan prosentase yang kecil untuk jumlah kategori

persebaran nilai STI, %Alcons maupun C50 pada tiap variasi baik lantai 1 maupun lantai 2, Pada parameter STI dan %Alcons, variasi dengan prosentasi nilai dalam kategori *excellent* terbesar adalah variasi 1.1, Namun jika dilihat secara keseluruhan, variasi yang memiliki prosentase persebaran nilai paling kecil untuk kategori *fair* adalah variasi 1.2 dengan kombinasi penggunaan bahan abfuser pada dindingnya. Variasi ini memiliki prosentase yang besar untuk kategori *good*, sedangkan prosentase dengan kategori *excellent* bernilai lebih kecil dari variasi 1.1, Sehingga penulis menyarankan penggunaan variasi 1.2 diaplikasikan pada renovasi gedung ini untuk meningkatkan kualitas akustik ruang dari gedung ACC.

#### 4.4.3 Clarity-80

Nilai yang digunakan untuk menentukan kualitas musik pada penelitian ini adalah C80, Apabila nilai yang dihasilkan pada area di gedung ACC kurang dari 8, maka kualitas musik dari hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat dikatakan bagus. Berikut merupakan hasil perbandingan dari persebaran nilai C80 untuk setiap variasi pada lantai 1 dan 2,

**Tabel 4.14** Perbandingan distribusi nilai C80 pada semua variasi

Kategori C80	Prosentase (%)					
	Variasi 1.1		Variasi 1.2		Variasi movable	
	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2	Lt 1	Lt 2
Good	81	85	80	90	98	88
Fair	9	15	20	10	2	12

Berdasarkan jumlah prosentase distribusi dari nilai C80 pada Tabel 4.14, dapat dilihat bahwa variasi dengan jumlah prosentase untuk kategori *fair* terkecil adalah variasi *movable*. Saat *hanging acoustical baffle* dinaikkan, ruangan ini sangat mendukung fungsi ruang untuk musik. Namun pada persebaran nilai di lantai 2, C80 memiliki 12% area yang kurang memuaskan untuk fungsi ruang musik. Area ini berada di tribun bagian belakang serta area di depan *speaker*. Sedangkan pada lantai 1,

ruangan ini mendukung untuk fungsi ruang musik baik di area utama lantai 1 maupun di bawah balkon.

#### 4.4.4 Direct Sound Pressure Level

Pada persebaran nilai *direct sound pressure level* yang dihasilkan oleh masing-masing variasi, didapatkan hasil bahwa hampir seluruh area mendapatkan bunyi langsung dari speaker untuk semua variasi, baik di lantai 1 maupun di lantai 2, Namun dalam tiap persebaran direct SPL pada variasi 1.1, 1.2 dan *movable*, area di belakang tiang bawah balkon menjadi area *black spot*, yaitu tidak mendapat bunyi langsung dari speaker. Hal sesuai dengan sifat bunyi yaitu bunyi akan mengalami pemantulan ketika mengenai suatu permukaan. Sehingga disarankan kepada audiens untuk tiap duduk di area tepat di belakang tiang. Selain menghalangi penglihatan ke arah panggung, juga akan mendapatkan nilai bunyi langsung yang sangat sedikit.

#### 4.4.5 Total Sound Pressure Level

Persebaran nilai total sound pressure level yang dihasilkan oleh variasi 1.1, variasi 1.2 dan variasi *movable* menunjukkan bahwa semua area mendapat nilai tekanan bunyi yang cukup. Hal ini terbukti pada distribusi persebaran nilai total SPL yang dihasilkan pada lantai 1 dan lantai 2 tidak berada di bawah rentang dinamik area pendengaran manusia untuk musik yaitu 75 dB.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil pengukuran langsung maupun hasil simulasi yang dilakukan melalui perangkat lunak EASE 4,4, kondisi kondisi kualitas akustik gedung Convention Center Universitas Airlangga Surabaya belum memenuhi standar yang ada. Hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan bahwa nilai waktu dengung gedung ACC bernilai 8 detik pada frekuensi tengah, dimana nilai standarnya adalah 1,5 hingga 2,1 detik. Sedangkan untuk nilai dari parameter objektif lainnya termasuk kategori *bad* hingga *unacceptable* dimana nilai *STI* yang berada di bawah 0,6, nilai *alcons* yang berada di atas 8%, nilai C50 yang berada di bawah 0,5 serta C80 yang bernilai terlalu jauh di bawah -10 dan di atas 8, Hal ini menyebabkan buruknya nilai kualitas akustik ruang pada gedung ini, sehingga dapat mengurangi kenyamanan pengunjung gedung.
- b. Rancangan perbaikan yang dilakukan untuk kualitas akustik ruang pada gedung ACC terdiri dari 2 jenis variasi. Variasi pertama menggunakan 2 variasi bahan penyerap serta variasi kedua menggunakan *movable panel*. Secara keseluruhan semua variasi yang digunakan telah bernilai baik dan dapat diaplikasikan pada gedung ACC. Dimana nilai *STI* berada di rentang 0,6-0,8, *alcons* dengan nilai 0,8-0%, C50 yang bernilai di atas -5 serta C80 yang bernilai tidak melebihi 8, Jika fungsi ruang yang digunakan pada umumnya adalah untuk *speech*, variasi yang nilai terbaik yaitu variasi dengan menggunakan *abfuser*. Variasi ini memiliki prosentase persebaran nilai dengan kategori *fair* paling kecil. Namun jika banyak digunakan untuk musik, sebaiknya ruangan menerapkan perbaikan pada variasi *movable*.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis terhadap tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebaiknya sebelum menentukan pemilihan variasi yang akan diaplikasikan pada ruang, terlebih dahulu diketahui fungsi ruang paling sering digunakan. Apabila ruang paling sering digunakan untuk acara *speech* seperti seminar, kuliah tamu ataupun acara dengan pidato lainnya, maka variasi 1.2 sangat cocok digunakan untuk ruang ini. Namun jika ruang lebih sering digunakan untuk musik, maka sebaiknya menggunakan variasi *movable*.
- b. Adanya penelitian inovasi lainnya untuk peninjauan akustik ruang adalah dengan melakukan analisa cacat akustik serta parameter subjektif akustik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, G. (2008). *Handbook for Sound Engineers*. Burlington: Elsevier.
- Basuki, A. (2017). Perencanaan Sistem Tata Suara Masjid Al-Aqsha Sukodono-Sidoarjo. *Jurnal Tugas Akhir*.
- Beranek, L. L. (1957). Revised criteria for noise in buildings. *Noise Control*.
- Cirrus, R. (2013, June 18). Calculation of NR & NC Curves in the optimum sound level meters and NoiseTools software.
- Doelle, L. L. (1972). *Environmental acoustics*. Madison: McGraw-Hill.
- Egan, M. D. (1976). *Concept in Architectural Acoustics*. United States of America: Mc-Graw Hill.
- Elkhateeb, A. A. (2012). The acoustical design of the new lecture auditorium, Faculty of Law, Ain Shams University. *Ain Shams Engineering Journal*, 219-235.
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2009). *Master Handbook of Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- (2003). *IEC Standard 60268-26*.
- Indriani, H. C. (2007). Analisis Kinerja Akustik Pada Ruang Auditorium Multifungsi. *Jurnal Desain interior, Fakultas Seni dan Desain*, 1-11.
- (2009). *ISO 3382-1*.
- Kadarisman, R. M., & Suyatno, M. (2017). Analisa Bising Latar Belakang, Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi dan Waktu Dengung di Ruang Sidang FMIPA (G-202) ITS Surabaya. *Jurnal Tugas Akhir*.
- Long, M. (2006). *Architectural Acoustic*. United States of America: Elsevier.
- Mills, E. (1976). *Acoustic Planning*. London: Newness-Butterworth.
- Prasetyo, L. (2003). *Diktat Fisika FMIPA ITS*. Surabaya.
- Sheaffer, J. (2007). Prediction and Evaluation of RT Design

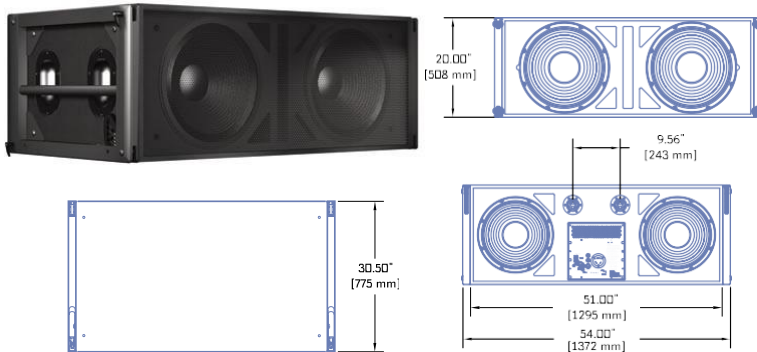
Criteria.

Suyatno. (2007). *Analisa Bising Latar Belakang, Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi, dan Waktu Dengung di Ruang Sidang Fisika*. Surabaya.

## LAMPIRAN A

### Spesifikasi *Loudspeaker* Yang Digunakan Dalam Ruangan

#### M3D Line Array Loudspeaker, M3D-Sub Directional Subwoofer, Meyer Sound Laboratories, Inc



**Dimensions** 54.00"Wx20.00"Hx30.50"D  
(1372 mm x 508 mm x 775 mm)

**Weight** 205 lbs (93 kg) Net Weight 100 lbs (45 kg)

The M3D-Sub directional subwoofer has an operating frequency range of 29 Hz to 95 Hz with a maximum peak output of 140 dB SPL. It is primarily intended to augment the M3D™ line array and MILO™ high-power curvi-linear array loudspeakers when extremely powerful, full-range sound reproduction is desired, and is suited to any low-frequency reinforcement requirement.

The M3D-Sub directional subwoofer has an operating frequency range of 29 Hz to 95 Hz with a maximum peak output of 140 dB SPL. It is primarily intended to augment the M3D™ line array and MILO™ high-power curvi-linear array loudspeakers when extremely powerful, full-range sound reproduction is desired, and is suited to any low-frequency reinforcement requirement.

## M3D-Sub specifications

<b>Acoustical<sup>1</sup></b>		
	Operating Frequency Range <sup>2</sup>	29 Hz – 95 Hz
	Frequency Response <sup>3</sup>	30 Hz – 88 Hz ±4 dB
	Phase Response	35 Hz – 90 Hz ±45°
	Maximum Peak SPL <sup>4</sup>	140 dB at 1 m (half-space)
	Signal to Noise Ratio	>110 dB
<b>Coverage</b>		
	Horizontal Coverage	Cardioid, with active pattern control
	Vertical Coverage	Varies, depending on array length and configuration
<b>Transducers</b>		
	Low Frequency (front)	Two 18" cone drivers with neodymium magnets Nominal impedance: 4 Ω Voice coil size: 4" Power-handling capability: 1200W (AES) <sup>5</sup>
	Low Frequency (rear) <sup>6</sup>	Two 15" cone drivers Nominal impedance: 8 Ω Voice coil size: 3" Power-handling capability: 600 W (AES) <sup>5</sup>
<b>Audio Input</b>		
	Type	Differential, electronically balanced
	Maximum Common Mode Range	±15 V DC, clamped to earth for voltage transient protection
	Connectors	Female XLR input with male XLR loop output or VEAM all-in-one connector (integrates AC, audio and network)
	Input Impedance	10 kΩ differential between pins 2 and 3
	Wiring	Pin 1: Chassis/earth through 220kΩ, 1000pF, 15V clamp network to provide virtual ground lift at audio frequencies Pin 2: Signal + Pin 3: Signal - Case: Earth ground and chassis
	DC Blocking	None on input, DC blocked through signal processing
	CMRR	>50 dB, typically 80 dB (50 Hz – 500 Hz)
	RF Filter	Common mode: 425kHz; Differential mode: 142kHz
	TIM Filter	Integral to signal processing (<80 kHz)
	Nominal Input Sensitivity	0 dBV (1 V rms, 1.4 V pk) continuous is typically the onset of limiting for noise and music
	Input Level	Audio source must be capable of producing a minimum of +20 dBV (10 V rms, 14 V pk) into 600 Ω in order to produce maximum peak SPL over the operating bandwidth of the loudspeaker
<b>Amplifiers</b>		
	Type	Complementary power MOSFET output stages (class AB/H)
	Output Power	3370 W (Four channels: two x 1125 W, two x 560 W) <sup>7</sup>
	THD, IM, TIM	<.02 %
	Load Capacity	4 Ω front channels, 8 Ω rear channels
	Cooling	Forced air cooling, four fans (two ultrahigh-speed reserve fans)
<b>AC Power</b>		
	Connector	250 V AC NEMA L6-20 (twistlock) inlet or IEC 309 male inlet, or VEAM
	Automatic Voltage Selection	Automatic, two ranges, each with high-low voltage tap (uninterrupted)
	Safety Agency Rated Operating Range	95 – 125 V AC; 208 – 235 V AC; 50/60 Hz
	Turn-on and Turn-off Points	85 – 134 V AC; 165 – 264 V AC; 50/60 Hz
	Current Draw:	
	Idle Current	1.2 A rms (115 V AC); 0.6 A rms (230 V AC); 1.3 A rms (100 V AC)
	Max Long-Term Continuous Current (>10 sec)	18 A rms (115 V AC); 9 A rms (230 V AC); 20 A rms (100 V AC)
	Burst Current (<1 sec) <sup>8</sup>	32 A rms (115 V AC); 16 A rms (230 V AC); 36 A rms (100 V AC)
	Ultimate Short-Term Peak Current Draw	50 A pk (115 V AC); 25 A pk (230 V AC); 57 A pk (100 V AC)
	Inrush Current	<12 A at 115 V AC
<b>RMS Network</b>		
		Equipped for two conductor twisted-pair network, reporting all operating parameters of amplifiers to system operator's host computer.

## M3D SPECIFICATIONS

<b>ACOUSTICAL<sup>1</sup></b>		
	Operating Frequency Range <sup>2</sup>	35 Hz – 18 kHz
	Frequency Response <sup>3</sup>	42 Hz – 16 kHz $\pm$ 4 dB
	Phase Response	300 Hz – 14 kHz $\pm$ 30°
	Maximum Peak SPL <sup>4</sup>	145 dB
	Signal to Noise Ratio	>110 dB
<b>COVERAGE</b>		
	Horizontal Coverage <sup>5</sup>	Low Frequency: Cardioid, with active pattern control High Frequency: 90°
	Vertical Coverage	Varies, depending on array length and configuration
<b>CROSSOVER<sup>6</sup></b>		580 Hz
<b>TRANSDUCERS</b>		
	Low/Mid Frequency (front) <sup>7</sup>	Two 15" cone drivers with neodymium magnets Nominal impedance: 4 $\Omega$ Voice coil size: 4"
	Low/Mid Frequency (rear)	Two 15" cone drivers Nominal impedance: 8 $\Omega$ Voice coil size: 3" Power-handling capability: 1200 W (AES) <sup>8</sup>
	High Frequency	Two 4" diaphragm compression drivers <sup>9</sup> Nominal impedance: 8 $\Omega$ Voice coil size: 4" Diaphragm size: 4" Exit size: 1.5" Power-handling capability: 250 W (AES) <sup>8</sup>
<b>AUDIO INPUT</b>		
	Type	Differential, electronically balanced
	Maximum Common Mode Range	$\pm$ 15 V DC, clamped to earth for voltage transient protection
	Connectors	Female XLR input with male XLR loop output or VEAM all-in-one connector (integrates AC, audio and network)
	Input Impedance	10 k $\Omega$ differential between pins 2 and 3
	Wiring	Pin 1: Chassis/earth through 220 k $\Omega$ , 1000 pF, 15 V clamp network to provide virtual ground lift at audio frequencies Pin 2: Signal +

	Pin 3: Signal - Case: Earth ground and chassis
DC Blocking	None on input, DC blocked through signal processing
CMRR	>50 dB, typically 80 dB (50 Hz – 500 Hz)
RF Filter	Common mode: 425 kHz Differential mode: 142 kHz
TIM Filter	Integral to signal processing (<80 kHz)
Nominal Input Sensitivity	0 dBV (1 V rms, 1.4 V pk) continuous is typically the onset of limiting for noise and music
Input Level	Audio source must be capable of producing a minimum of +20 dBV (10 V rms, 14 V pk) into 600 $\Omega$ in order to produce maximum peak SPL over the operating bandwidth of the loudspeaker
<b>AMPLIFIERS</b>	
Type	Complementary MOSFET output stages (class AB/H)
Output Power <sup>10</sup>	4500 W (1125 W/channel, four channels)
THD, IM, TIM	<.02%
Load Capacity	4 $\Omega$ minimum impedance each channel
Cooling	Forced air cooling, 4 fans total (2 ultrahigh-speed reserve fans)
<b>AC POWER</b>	
Connector	250 V AC NEMA L6-20 (twistlock) inlet or IEC 309 male inlet, or VEAM
Automatic Voltage Selection	Automatic, two ranges, each with high-low voltage tap (uninterrupted)
Safely Agency Rated Operating Range	95 – 125 V AC; 208 – 235 V AC; 50/60 Hz
Turn-on and Turn-off Points	85 – 134 V AC; 165 – 264 V AC; 50/60 Hz
Current Draw:	
Idle Current	1.2 A rms (115 V AC); 0.6 A rms (230 V AC); 1.3 A rms (100 V AC)
Max Long-Term Continuous Current (>10 sec)	18 A rms (115 V AC); 9 A rms (230 V AC); 20 A rms (100 V AC)
Burst Current (<1 sec) <sup>11</sup>	32 A rms (115 V AC); 16 A rms (230 V AC); 36 A rms (100 V AC)
Ultimate Short-Term Peak Current	50 A pk (115 V AC); 25 A pk (230 V AC); 57 A pk (100 V AC)
Inrush Current	<12 A at 115 V AC
<b>RMS NETWORK</b>	
	Equipped for two conductor twisted-pair network, reporting all operating parameters of amplifiers to system operator's host computer.

**LAMPIRAN B**  
**Penentuan Jumlah Titik Pengukuran Berdasarkan**  
**ISO 3382-1:2009(E)**

<b>Number of seats</b>	<b>Minimum number of microphone positions</b>
500	6
1 000	8
2 000	10





## LAMPIRAN C

### Kuisisioner Survey Kepuasan Pengunjung Terhadap Kualitas Suara Gedung Airlangga Convention Center

Nama :

Usia :

1. Seberapa seringkah anda ke bangunan ini?
  - a. 1-10 kali
  - b. 10-20kali
  - c. 20-30 kali
  - d. >30 kali
2. Dimakah anda biasanya duduk/berdiri jika mengunjungi bangunan ini?
3. Apakah suara yang terdengar disemua tempat yang anda tempati sama?
4. Apakah suara seseorang yang berbicara di panggung terdengar jelas bagi anda?
  - a. Ya
  - b. Tidak, karena.....
5. Apakah anda merasa puas dengan kualitas suara di bangunan ini?

Dari skala 1-10 berapa tingkat kepuasan yang anda rasakan?



**LAMPIRAN D**  
**Hasil Survey Kepuasan Pengunjung Terhadap Kualitas**  
**Suara Gedung Airlangga Convention Center**





**LAMPIRAN E**  
**Dokumentasi pengambilan data di Gedung Airlangga**  
**Convention Center**



Pengukuran dimensi ruang



Pengukuran bising latar belakang



Pengukuran waktu dengung ruang

## BIODATA PENULIS



Nama penulis Malvika Agustia Resa dilahirkan di Bukittinggi, tanggal 15 Agustus 1996 dari bapak yang bernama Jhon Baker dan ibu Misrawati. Saat ini penulis tinggal di Jalan Padang Gamuak, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 11 Aur Kuning pada tahun 2008, pendidikan di SMPN 2 Bukittinggi pada tahun 2011, pendidikan di SMAN 1 Bukittinggi pada tahun 2014 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang.

Pada bulan Juni 2018 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Desain Dan Evaluasi Kualitas Akustik Ruang Dari Gedung Airlangga Convention Center, Universitas Airlangga Surabaya**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email*: [malvikaresa@gmail.com](mailto:malvikaresa@gmail.com)