



TUGAS AKHIR TF 141581

**PERENCANAAN SISTEM TATA SUARA
AUDITORIUM PUSAT RISET ITS**

DENI NUR FAUZI

NRP. 02311440000070

Dosen Pembimbing

Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

NIPN. 19600209 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“ Halaman ini memang dikosongkan “



FINAL PROJECT TF 141581

**DESIGN OF SOUND SYSTEM AUDITORIUM
RESEARCH CENTER ITS**

DENI NUR FAUZI

NRP. 02311440000070

Supervisor

Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

NIPN. 19600209 198701 1 001

DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“ Halaman ini memang dikosongkan “

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Deni Nur Fauzi

NRP : 02311440000070

Jurusan : Teknik Fisika FTI ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Perencanaan Sistem Tata Suara Auditorium Pusat Riset ITS” adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku. Demikian suat ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 12 Juli 2018
Yang membuat pernyataan



Deni Nur Fauzi

“ Halaman ini memang dikosongkan “

**PERENCANAAN SISTEM TATA SUARA
AUDITORIUM PUSAT RISET ITS**

TUGAS AKHIR

oleh:

**DENI NUR FAUZI
NRP. 02311440000070**

Surabaya, 13 Juli 2018

Pembimbing I,



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc
NIPN. 19600209 198701 1 001

**Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI ITS,**



Agus Muhammad Hatta, ST., M.Si., Ph.D.
NIPN: 19780902 200312 1 002

“ Halaman ini memang dikosongkan “





**PERENCANAAN SISTEM TATA SUARA
AUDITORIUM PUSAT RISET ITS**

TUGAS AKHIR

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

DENI NUR FAUZI
NRP. 0231144000070

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  (Pembimbing I)
2. Dr. Dhany Arifianto, ST., M.Eng.  (Ketua Penguji)
3. Ir. Heri Joestiono, M. T.  (Penguji 1)
4. Ir. Yerri Susatio, M. T.  (Penguji 2)

Surabaya, Juli 2018

...

“ Halaman ini memang dikosongkan “

PERENCANAAN SISTEM TATA SUARA AUDITORIUM PUSAT RISET ITS

Nama Mahasiswa : Deni Nur Fauzi
NRP : 0231144000070
Departemen : Teknik Fisika FTI ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

ABSTRAK

Auditorium Pusat Riset Institut Teknologi Sepuluh Nopember dibangun sebagai fasilitas untuk pertemuan yang membutuhkan tersampainya informasi dari pemberi informasi kepada penerima. Agar tersampainya informasi dengan baik dibutuhkan akustik ruangan dan juga *loudspeaker* yang sesuai dengan standar yang ada. Tugas Akhir ini membahas tentang perencanaan sistem tata suara meliputi akustik ruang dan *loudspeaker* agar didapatkan akustik yang baik dengan penambahan material pada ruangan dan penggantian posisi, jumlah dan jenis *loudspeaker* yang ada pada Auditorium Pusat Riset ITS. Hasil pengukuran nilai *reverberation time* dari ruangan didapatkan hasil sebesar 1.8 hingga 1.9 detik di frekuensi tengah. Padahal standar yang ada merekomendasikan agar nilai *reverberation time* sebesar 1.2 detik sehingga ruangan tersebut direkomendasikan ditambah material yang memiliki daya serap tinggi pada bagian antar kaca dan indoyumen sehingga nilai *reverberatiOn time* menjadi 1.2 detik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan penerapan rekomendasi berupa penambahan material dan pengkondisian *speaker* dengan cara di sesuaikan atau diganti dengan *speaker* dengan 4 *speaker* VIO X15 yang dipasang pada kanan kiri ruangan akan meningkatkan parameter kejelasan untuk ruangan yang diperuntukan *speech* yaitu STI, %Alcons dan C_{50} sehingga hasil akhir menunjukkan nilai sangat baik.

Kata Kunci: *Reverberation time*, STI, %Alcons, C_{50} , *loudspeaker*

“ Halaman ini memang dikosongkan “

DESIGN OF SOUND SYSTEM AUDITORIUM RESEARCH CENTER ITS

Name : Deni Nur Fauzi
NRP : 02311440000070
Department : *Engineering Physics*
Supervisor : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

ABSTRACT

Auditorium Research Center Institut Teknologi Sepuluh Nopember was built as a facility for meetings that require information from source to the recipient. In order to get good information delivered properly requires room acoustics and also loudspeaker in accordance with existing standards. This final project discusses the sound and acoustic system planning of space and loudspeaker to find good acoustics with the addition of material in the room and the replacement position, number and type of loudspeaker that is in Auditorium of Research Center ITS. The result of measuring the value of reverberation time from outside to get a result of 1.8 to 1.9 sekon in the middle frequency. Whereas existing standard recommends that the value of reverberation time of 1.2 seconds so that the room is recommended plus materials that have high absorption in the inter-glass and indoyumen so that the value of reverberation time to 1.2. The simulation results show that with the application of recommendation application in the form of material addition and conditioning the speakers in a way adjusted or replaced with 4 VIO X15 speakers mounted on the right side of the room will increase the parameter of Clarity for the space that is intended speech STI, % Alcons and C_{50} so that the end result shows excellent value.

Keywords: *Reverberation time, STI, %Alcons, C_{50} , loudspeaker*

“ Halaman ini memang dikosongkan “

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas rahmat-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **“Perencanaan Sistem Tata Suara Auditorium Pusat Riset ITS”** dapat terselesaikan.

Saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Khususnya kepada:

1. Ibu Ayah dan keluarga di Bantur yang selalu mendukung melalui dorongan emosional maupun finansial yang tak lupa dengan doa setiap harinya.
2. Dosen Pembimbing saya, **Bapak Wiratno** yang banyak memberikan pertolongan dan pengalaman kepada saya.
3. **Bapak Dhany**, sebagai sosok inspiratif yang sudah saya anggap sebagai orang tua kedua saya di kampus, yang memberikan banyak sekali ilmu kepada saya dan banyak pertolongan selama saya kuliah di Teknik Fisika ITS.
4. **Ibu Aulia**, selaku dosen wali yang tak pernah berhenti untuk memberi saya nasihat dan bimbingan selama 4 tahun.
5. **Bapak Ngurah**, sebagai pembimbing saya dalam bidang Arsitektur sehingga saya lebih mengetahui tentang Arsitektur.
6. **Bapak Vikcy**, sebagai pembimbing di bidang akustik dan pemotivasi untuk terus belajar dan bekerja keras.
7. **Malvika Agustia Resa** sebagai pendamping yang menemani masa kuliah selama di Laboratorium Vibrastic dan tempat kerja praktik di PT Akustika Swara Indonesia.
8. Teman-teman Vibrastic **Pieter, Dimas, Vandi, Mbak Ainun, Mas Farid, Dhewangga, Serif, Nurul, Ilvy, Afif, Bintang, Ihsan, Adit, Mayang, Lina, Mbak**

Fidia, Tenti, Bina, Mbak Ayu, Alif dan teman teman lain yang belum saya sebutkan.

9. Dan pihak lain yang tidak bisa saya sebut. Terima kasih banyak.

Demikian laporan ini penulis buat, semoga dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 13 Juli 2018
Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR TF 141581	i
TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Background Noise	5
2.2 Reverberation time	6
2.3 Speech Transmission Index, STI	8
2.4 Alcons	9
2.5 Clarity (C₅₀)	9
2.6 Material Akustik	10
2.7 Loudspeaker	10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Lokasi dan Skenario Pengukuran	13
3.2. Pengambilan Data.....	15
3.3. Simulasi	18
3.4. Pemrosesan Data	19
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Analisis Data	21
4.2 Rekomendasi Dari Segi <i>Arsitektural Acoustic</i>	27
4.3 Rekomendasi Dari Segi <i>Electroacoustic</i>	40
4.4 Variasi <i>Speaker</i>	52
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem HVAC dari ruang Auditorium Pusat Riset ITS	5
Gambar 2. 2 Kurva <i>Noise Criteria</i> (Beranek LL, 1989)	6
Gambar 2. 3 Contoh penurunan 60 dB untuk perhitungan RT60	7
Gambar 2. 4 Rekomendasi <i>Reverberation time</i> ruangan berdasarkan fungsi dan volumenya	8
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	13
Gambar 3. 2 Denah gedung lokasi penelitian	14
Gambar 3. 3 Pengambilan data menggunakan Dodec dan <i>Real Time Analyzer</i>	15
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengambilan Data	16
Gambar 3. 5 Skema pengambilan data.....	17
Gambar 4. 1 <i>Noise Criteria</i> Ruangan.....	21
Gambar 4. 2 Nilai <i>reverberation time</i> sebelum adanya perbaikan.....	23
Gambar 4. 3 <i>Plotting</i> STI hasil simulasi sebelum redesain ..	24
Gambar 4. 4 <i>Plotting</i> C_{50} hasil simulasi sebelum redesain...	25
Gambar 4. 5 <i>Plotting</i> % <i>Alcons</i> hasil simulasi sebelum	26
Gambar 4. 6 Nilai <i>reverberation time</i> setelah rekomendasi 1 diberikan	28
Gambar 4. 7 <i>Plotting</i> STI hasil simulasi rekomendasi 1	29
Gambar 4. 8 <i>Plotting</i> C_{50} hasil simulasi rekomendasi 1	30
Gambar 4. 9 <i>Plotting</i> % <i>Alcons</i> hasil simulasi rekomendasi 1	31
Gambar 4. 10 Nilai <i>reverberation time</i> setelah rekomendasi 2 diterapkan.....	32
Gambar 4. 11 <i>Plotting</i> STI hasil simulasi rekomendasi 2	33

Gambar 4. 12 *Plotting* C_{50} hasil simulasi rekomendasi 2 34

Gambar 4. 13 *Plotting* %Alcons hasil simulasi rekomendasi 2 35

Gambar 4. 14 Persebaran STI sebelum perbaikan..... 37

Gambar 4. 15 Nilai STI setelah rekomendasi 1 diterapkan .. 37

Gambar 4. 16 Nilai STI setelah rekomendasi 2 diterapkan .. 37

Gambar 4. 17 Persebaran C_{50} sebelum perbaikan 38

Gambar 4. 18 Nilai C_{50} setelah rekomendasi 1 diterapkan ... 38

Gambar 4. 19 Nilai C_{50} setelah rekomendasi 2 diterapkan ... 38

Gambar 4. 20 Persebaran %Alcons sebelum rekomendasi . 39

Gambar 4. 21 Nilai %Alcons setelah rekomendasi 1 diterapkan..... 39

Gambar 4. 22 Nilai %Alcons setelah rekomendasi 2 diterapkan..... 39

Gambar 4. 23 *Plotting* STI hasil simulasi *Aiming* 30⁰ dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan *Aiming* 20⁰ untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal 41

Gambar 4. 24 *Plotting* C_{50} hasil simulasi *Aiming* 30⁰ dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan *Aiming* 20⁰ untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal 42

Gambar 4. 25 *Plotting* %Alcons hasil simulasi *Aiming* 30 dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan *Aiming* 20⁰ untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal 43

Gambar 4. 26 *Plotting* STI hasil simulasi *speaker* yang sudah di *delay*..... 44

Gambar 4. 27 *Plotting* C_{50} hasil simulasi *speaker* yang sudah di *delay*..... 45

Gambar 4. 28 *Plotting* %Alcons hasil simulasi *speaker* yang sudah di *delay*..... 46

Gambar 4. 29 *Plotting* C_{50} hasil simulasi dengan penambahan *power* pada frekuensi 500 Hz – 1000 Hz..... 47

Gambar 4. 30 Perbandingan nilai STI sebelum dan sesudah perubahan <i>aiming</i> 30 ⁰ terhadap garis horizontal pada <i>speaker</i> di atas panggung dan 20 ⁰ pada <i>speaker</i> kanan kiri panggung	49
Gambar 4. 31 Perbandingan nilai C ₅₀ sebelum dan sesudah perubahan <i>aiming</i> 30 ⁰ terhadap garis horizontal pada <i>speaker</i> di atas panggung dan 20 ⁰ pada <i>speaker</i> kanan kiri panggung	49
Gambar 4. 32 Perbandingan nilai % <i>Alcons</i> sebelum dan sesudah perubahan <i>aiming</i> 30 ⁰ terhadap garis horizontal pada <i>speaker</i> di atas panggung dan 20 ⁰ pada <i>speaker</i> kanan kiri panggung.....	50
Gambar 4. 33 Perbandingan nilai STI sebelum dan setelah pemberian <i>delay</i> pada <i>speaker</i>	50
Gambar 4. 34 Perbandingan nilai C ₅₀ sebelum dan setelah pemberian <i>delay</i> pada <i>speaker</i>	51
Gambar 4. 35 Nilai % <i>Alcons</i> setelah pemberian <i>delay</i> pada <i>speaker</i>	51
Gambar 4. 36 Nilai C ₅₀ setelah peningkatan <i>power speaker</i> pada frekuensi 500 Hz - 1000 Hz	52
Gambar 4. 37 <i>Plotting</i> STI hasil simulasi <i>speaker</i> HK Audio	53
Gambar 4. 38 <i>Plotting</i> C ₅₀ hasil simulasi <i>speaker</i> HK Audio	54
Gambar 4. 39 <i>Plotting</i> % <i>Alcons</i> hasil simulasi <i>speaker</i> HK Audio	55
Gambar 4. 40 <i>Plotting</i> STI hasil simulasi <i>speaker</i> VIO	56
Gambar 4. 41 <i>Plotting</i> C ₅₀ hasil simulasi <i>speaker</i> VIO.....	57
Gambar 4. 42 <i>Plotting</i> % <i>Alcons</i> hasil simulasi <i>speaker</i> VIO.....	58
Gambar 4. 43 Perbandingan nilai STI setelah penggantian <i>speaker</i> dengan HK-Audio dibandingkan dengan <i>speaker</i> VIO.	59

Gambar 4. 44 Perbandingan nilai C_{50} setelah penggantian <i>speaker</i> dengan HK-Audio dibandingkan dengan <i>speaker</i> VIO.	60
Gambar 4. 45 Perbandingan nilai % <i>Alcons</i> setelah penggantian <i>speaker</i> HK-Audio dibandingkan dengan <i>speaker</i> VIO.	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar <i>Speech Transmision Index</i> (STI).....	9
Tabel 2. 2 Standar dari % <i>Alcons</i>	9

“ Halaman ini memang dikosongkan “

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Faktor kenyamanan akustik merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang sebuah ruangan dengan bagaimanapun fungsinya. Antara ruangan satu dan yang lain tentu berbeda rasanya ketika digunakan untuk sebuah kegiatan.

Kita dapat membandingkan bahwa suara di ruangan ini lebih baik dari ruangan lain tanpa tahu nilai yang tepat dari ruangan tersebut. Seperti “Jika digunakan untuk kegiatan belajar mengajar, suara dari dosen terdengar lebih jelas ketika berada di ruangan kelas C125 ini daripada di ruangan sidang”. Hal ini yang disebut penilaian subjektif sehingga dari satu orang dengan orang lainnya berbeda. Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah parameter yang dapat diukur secara objektif sebagai acuan dari ruangan yang baik maupun buruk. (Gramez & Boubenider, 2017)

Faktor yang paling menentukan baik atau tidaknya suara dari suatu ruangan yang diperuntukan untuk *speech* adalah *reverberation time* dan *Signal Noise Ratio* (SNR). (Gramez & Boubenider, 2017). *reverberation time* inilah yang menjadi fokus bahasan suatu ruangan karena nilai *reverberation time* ini menentukan seberapa lama suara dapat dihilangkan oleh suatu ruangan. Suara akan dapat didengar secara optimal jika pantulan suara sampai pada telinga pendengar kurang dari 50ms setelah suara langsung sampai ke telinga pendengar (Gramez & Boubenider, 2017). Ketika suara pantulan yang diterima oleh pendengar lebih dari 50ms setelah suara langsung maka akan tercampur dengan suara langsung berikutnya sehingga akan meningkatkan *background noise* dan menurunkan tingkat kejelasan suara. (Gramez & Boubenider, 2017). Sehingga parameter yang lain yang tidak kalah penting adalah C_{50} yang menentukan seberapa besar energi yang hilang selama 50ms.

Kondisi akustik yang tidak nyaman pada suatu ruangan akan menyebabkan beberapa satu sampai sepuluh masalah pada pembicara. (Eldakdoky & Elkhateeb, 2017). Kondisi akustik yang tidak nyaman ini bisa jadi karena cacat akustik maupun karena parameter akustiknya jelek.

Parameter yang menjadi acuan adalah *reverberation time*, *Clarity* (C_{50}), *Early Decay Time* dan STI. (Eldakdoky & Elkhateeb, 2017). Parameter akustik inilah yang akan menjadi bahasan utama dari ruangan yang digunakan untuk *speech*.

Pada penelitian ini akan dianalisa parameter akustik dari ruangan Auditorium Pusat Riset ITS untuk membuktikan apakah ruangan sudah baik menurut parameter objektif ruangan yang dikatakan bagus dari segi akustiknya. Analisa ruangan dibantu dengan *software* EASE sebagai media untuk melakukan redesain sehingga akan dapat diberikan rekomendasi kepada vendor agar ruangan Auditorium memiliki akustik ruang yang baik.

1.2 Permasalahan

Dari latar belakang di atas terdapat permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi akustik ruang pada Auditorium Pusat Riset ITS?
2. Bagaimana perancangan akustik ruang yang baik pada Auditorium Pusat ITS jika disimulasikan dengan *software* EASE 4.4?
3. Bagaimana perancangan sistem audio yang baik dari Auditorium Pusat ITS jika disimulasikan dengan *software* EASE 4.4?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi akustik ruang Auditorium Pusat Riset ITS.

2. Melakukan perbaikan akustik ruang dari Auditorium Pusat Riset ITS dengan simulasi pada *software* EASE 4.4.
3. Merancang sistem audio dari Auditorium Pusat Riset ITS dengan simulasi pada *software* EASE 4.4.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Dasar simulasi dan pengukuran mengacu pada ISO 3382 *Acoustic – Measurement of room acoustics parameters*.
2. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software* EASE 4.4.
3. Analisa yang dilakukan tidak mempertimbangkan kondisi luar ruangan.

1.5 Manfaat Penelitian

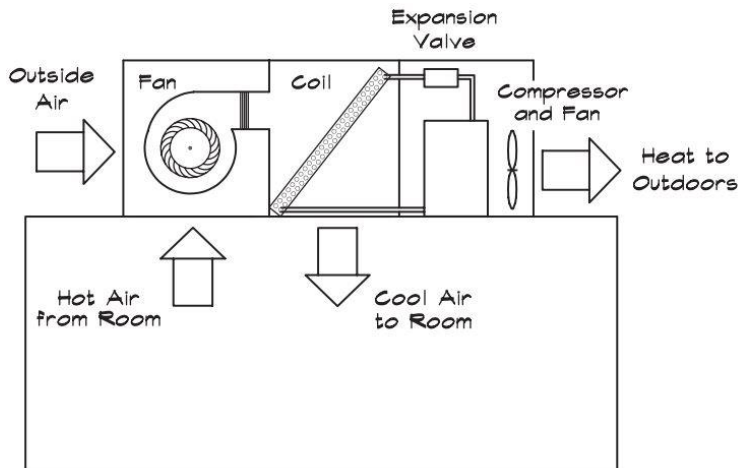
Penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kepada pihak pengelola Auditorium Pusat Riset ITS agar penggunaan Gedung dapat lebih optimal dan lebih baik dari segi akustiknya. Melalui pengkondisian material yang ada di dalam ruangan dan pengkondisian *speaker*.

“ Halaman ini memang dikosongkan “

BAB II DASAR TEORI

2.1 *Background Noise*

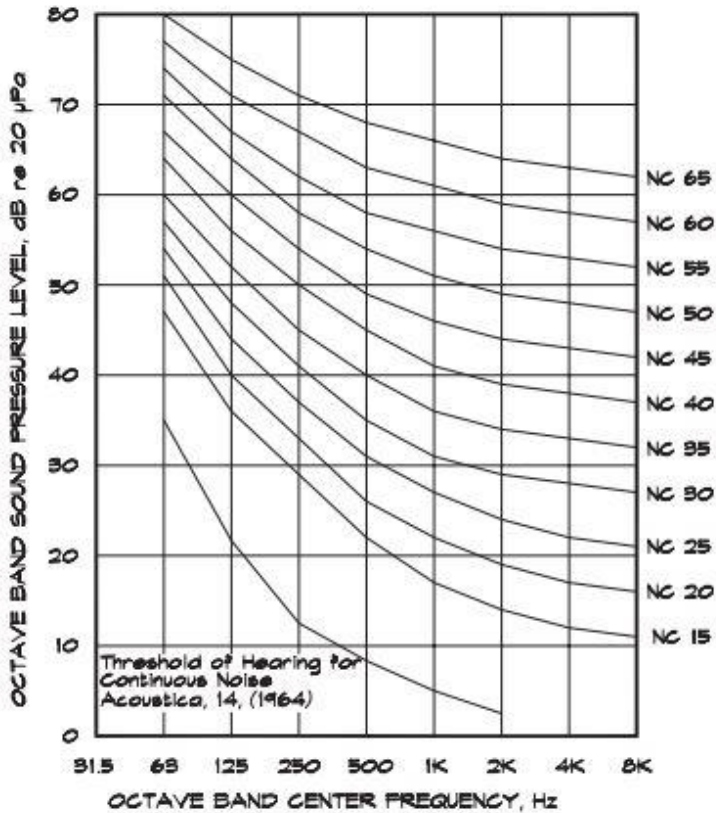
Suatu ruangan yang dipakai untuk suatu kegiatan pasti membutuhkan pengkondisian dari udara dan suhu. Untuk mengkondisikan udara dan suhu diperlukan sistem HVAC. Bising dan getaran mesin sering dihasilkan oleh proses mekanik dari sistem HVAC. (Long, 2006) Pada Gedung Pusat Riset ITS pengkondisian udara dan suhu menggunakan sistem seperti gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem HVAC dari ruang Auditorium Pusat Riset ITS

Background noise pada suatu ruangan harus dijaga agar tetap dalam keadaan rendah. Pada ruangan yang difungsikan sebagai ruangan untuk mendengarkan pidato harusnya berada pada rentang sekitar NC 30. (Long, 2006)

Nilai NC didapatkan dari komparasi hasil pengukuran *background noise* dengan kurva *Noise Criteria* (NC) pada gambar 2.2.

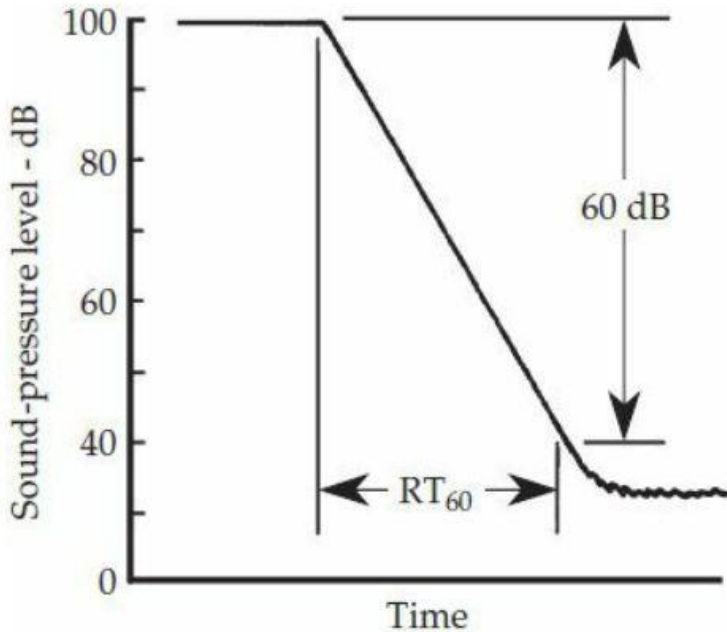


Gambar 2. 2 Kurva *Noise Criteria* (Beranek LL, 1989)

2.2 Reverberation time

Reverberation time merupakan ukuran tingkat peluruhan bunyi. RT_{60} didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk bunyi meluruh sebesar 60 dB. (Everest & Pohlmann, 2015).

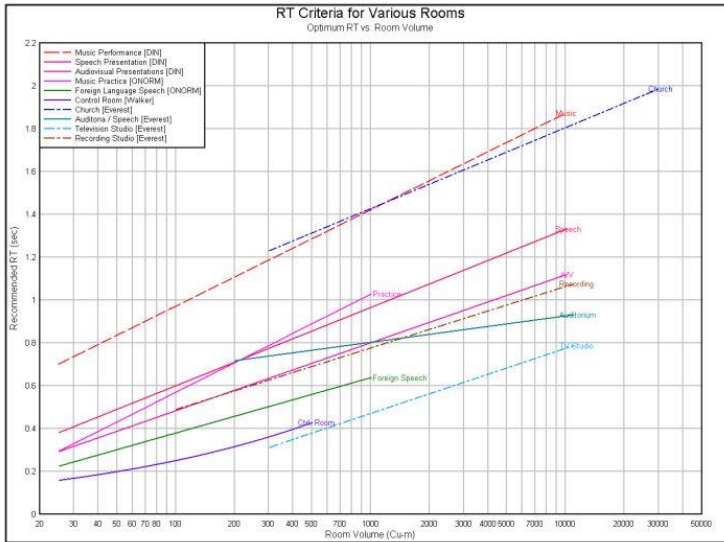
Penurunan dari tingkat tekanan bunyinya dapat dilihat dari grafik pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Contoh penurunan 60 dB untuk perhitungan RT60

Pada pengukuran terkadang kita tidak dapat mencapai suara di atas 60 dB dari *background noise* sehingga yang dipakai bukan RT60 tetapi RT30, RT 20 atau RT10. (ISO, 2012).

Standar untuk *reverberation time* tiap ruangan berbeda-beda mulai dari *speech*, auditorium, musik hingga gereja. Standarnya dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Rekomendasi *reverberation time* ruangan berdasarkan fungsi dan volumenya

Tugas Akhir ini membahas tentang Auditorium yang diperuntukan untuk *speech*. Sehingga nilai *reverberatioan time* yang direkomendasikan sebesar 0,8 detik hingga 1,2 detik.

2.3 *Speech Transmission Index, STI*

Speech Transmission Index (STI) adalah nilai yang digunakan untuk menggambarkan kualitas transfer suara dari sumber ke penerima dalam suatu ruangan. Nilai ini memperhatikan transmisi dari sumber ke penerima dalam pita frekuensi dalam penggambaran kejelasan suara yang mana nilainya berkisar antara 0 hingga 1. Standar dari STI sendiri adalah seperti tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Standar *Speech Transmission Index* (STI)

Nilai	Interpretasi
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>

2.4 *Alcons*

Nilai %*Alcons* digambarkan dengan persentase. Nilai ini menghitung perambatan bunyi konsonan yang salah dimengerti. Standar dari %*Alcons* disajikan pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Standar dari %*Alcons*

Nilai	Interpretasi
0% - 3%	<i>Excellent</i>
3% - 7%	<i>Good</i>
7% - 15%	<i>Fair</i>
15% - 33%	<i>Poor</i>
Di - 33%	<i>Unacceptable</i>

2.5 *Clarity* (C_{50})

Merupakan parameter untuk membedakan suara seseorang (Long, 2006). Nilai C_{50} menggambarkan kejelasan suara yaitu perbandingan energi sebelum dan sesudah 50 milidetik. Standar yang ada menunjukkan bahwa nilai di atas 0 dB pada ruangan yang nilai *reverberation time* normal menunjukkan bahwa ruangan tersebut bagus. Tetapi ketika ruangan yang nilai *reverberation time* terlalu tinggi dalam batas tertentu nilai -5 dB juga dinyatakan masih layak.

2.6 Material Akustik

Material yang ada di dinding sangat mempengaruhi hasil dari *reverberation time* dan juga parameter akustik yang lainnya. Koefisien serapan material didefinisikan sebagai energi suara yang diserap di semua permukaan dengan nilai daya serap antara 0 hingga 1 sesuai dengan frekuensi dan sudut sumber suara. (Everest & Pohlmann, 2015) Pengkondisian dari *reverberation time* kebanyakan pada pengkondisian bagian material, ketika suatu ruangan memiliki nilai *reverberation time* yang terlalu tinggi maka kita dapat mengganti material dengan material lain yang memiliki koefisien serap lebih tinggi. Begitu pula sebaliknya ketika ruangan memiliki nilai *reverberation time* terlalu rendah maka pengkondisian bisa dilakukan dengan mengganti material ruangan dengan bahan yang lebih reflektif.

2.7 Loudspeaker

Pemasangan *loudspeaker* dilakukan setelah suara langsung tidak dapat mengakomodasi dari keseluruhan audiens area. (Davis, Jr, & Brown, 2013)

Menurut (Davis, Jr, & Brown, 2013) Faktor yang harus dipenuhi agar pendengar dapat dengan mudah memahami apa yang disampaikan oleh pemberi informasi adalah sebagai berikut:

1. Suara harus cukup keras minimal 25 dB di atas batas kebisingan ruangan pada frekuensi tengah
2. Suara yang diterima oleh pendengar harus sama atau mendekati dari frekuensi yang dihasilkan oleh sumber.
3. Nilai perbandingan suara langsung dan *reverberant* harusnya tidak terlalu jauh. Parameter ini sering membuat pendengar tidak dapat mendapat informasi dengan baik.

2.8 Conference Rooms

Suara yang didengar pada ruangan bukanlah suara yang bersumber dari pemberi informasi saja melainkan campuran dari *background noise* dan pantulan dari suara sumber (Long, 2006). Hal inilah yang membuat perlu adanya pengkondisian dari ruangan agar efek dari *background noise* dan pantulan suara tidak mengurangi tingkat kejelasan suara.

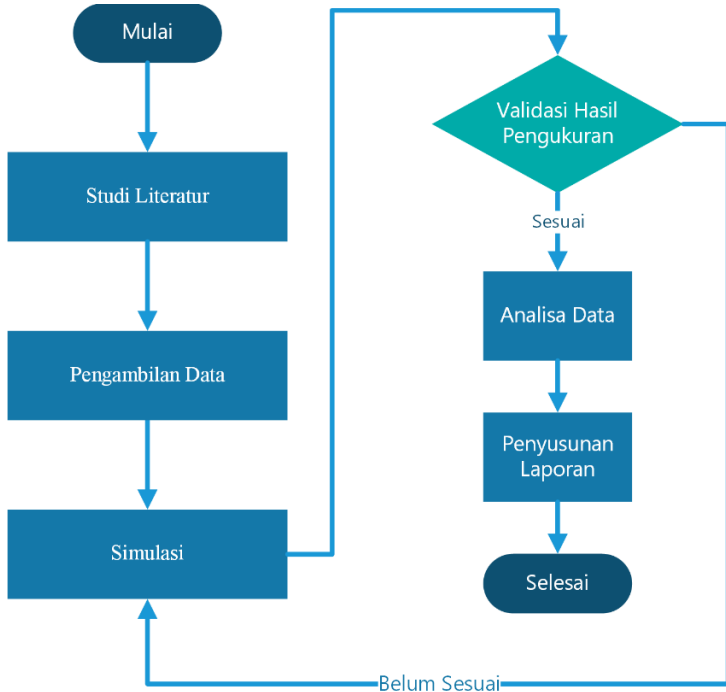
Menurut (Long, 2006) ada beberapa persyaratan dasar untuk desain ruangan yang digunakan untuk *speech* adalah sebagai berikut:

1. Bunyi yang didengar harus cukup keras
2. Level suara yang dihasilkan harus relatif seragam
3. *Reverberation* ruangan harus memenuhi standar
4. Perbandingan keras sumber dan *noise* harus lebih besar sumber
5. *Background noise* harus dijaga tetap kecil sesuai dibawah lingkungan pendengaran.
6. Ruangan harus dijaga agar tidak ada cacat akustik.

“ Halaman ini memang dikosongkan “

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. *Flowchart* dari penelitian ini disajikan pada gambar 3.1

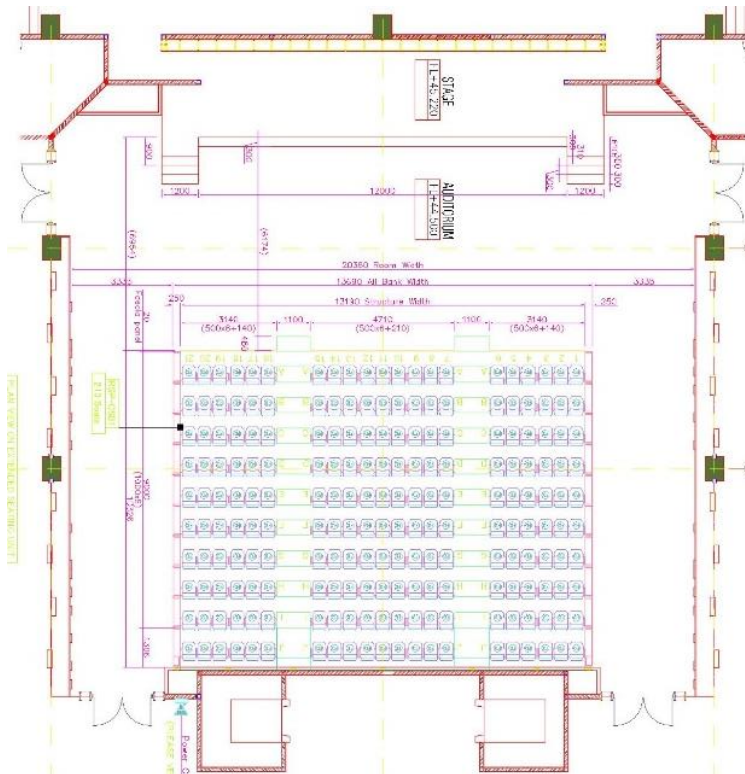


Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.1. Lokasi dan Skenario Pengukuran

Lokasi penelitian berada di Gedung Pusat Riset ITS tepatnya lantai 11. Bangun ini berbentuk Auditorium yang mayoritas digunakan untuk *Speech*. Ukuran ruangan sebesar 21 m x 21 m x 6.3 m dengan volume 2778.3 m³ ruangan ini dapat menampung sebanyak 250 kursi. Denah dari ruangan disajikan

pada gambar 3.2. Bangunan ini didesain dengan kanan kiri berupa kaca agar ada kesan terbuka dari Auditorium tersebut. Untuk mengatasi akustiknya vendor memasang indoyumen di bagian kiri kanan dengan menggunakan rangka tersendiri yang berada di depan kaca sekitar 40 cm. Indoyumen ini disusun dengan ada lubang di sebagian tempat sehingga audiens bisa tetap dapat melihat ke luar jendela. Selain itu dipasang juga *perforated* panel di bagian atap dan bagian belakang ruangan untuk mengurangi nilai *reverberation time*.



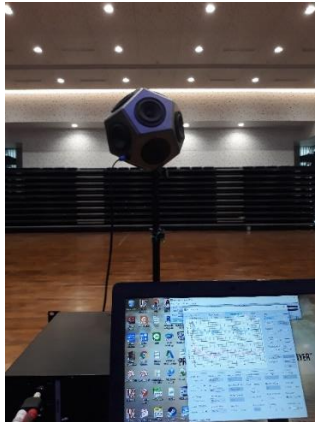
Gambar 3. 2 Denah gedung lokasi penelitian

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber *Omnidirectional Speakers* yang diletakkan di tempat dimana sumber biasanya berada. Sedangkan penerima yakni berupa *Sound Level Meter (SLM)* diletakkan di jarak 6 meter dari sumber di bagian tengah ruangan. SLM disambungkan dengan laptop yang sudah terinstal *software Real Time Analyzer (RTA)* untuk merekam hasil dari suara yang dibangkitkan oleh *speaker*. Suara yang digunakan adalah *white noise* yang dibangkitkan selama 2 detik lalu dimatikan, sehingga akan didapatkan nilai peluruhan dari suara. Pengukuran ini menggunakan metode dari ISO 3382-3: 2012.

3.2. Pengambilan Data

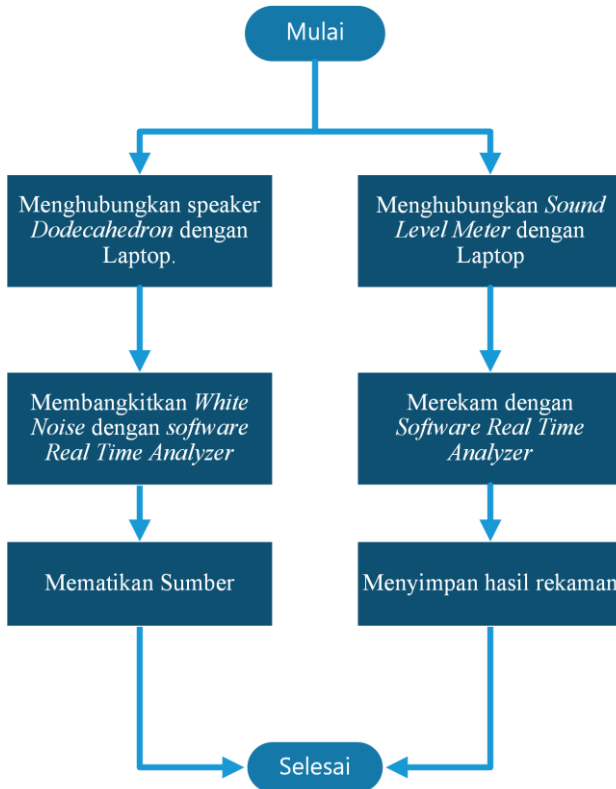
Pengambilan data menggunakan sumber berupa *white noise* untuk mendapatkan nilai parameter waktu dengung. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali untuk membuat pengukuran ini lebih valid. Dasar dari pengukuran menggunakan ISO 3382-3:2012 dengan alat seperti pada gambar 3.3 sebagai berikut:

- a) *Speaker Dodecahedron*
- b) *Samson SDX5000 Power Amplifier*
- c) *Dekko SLM model: SL-130*



Gambar 3. 3 Pengambilan data menggunakan Dodec dan *Real Time Analyzer*

Langkah-langkah dan skema pengambilan data dijelaskan pada gambar 3.4 dengan gambar skema pengambilan data seperti gambar 3.5.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengambilan Data

Data yang diambil yaitu *background noise* dan *reverberation time*.

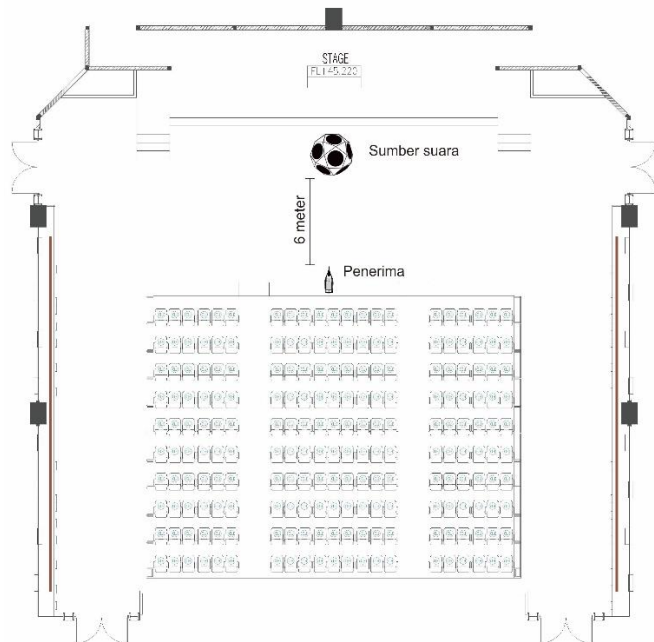
a) *Background Noise*

Merupakan hal yang harus dilakukan pertama kali untuk mengetahui besar dari bising lingkungan yang ada. *Background noise* level adalah salah satu hal yang sangat

penting dalam indikator baik tidaknya akustik suatu ruangan. (Bradley & Sato, The intelligibility of speech in, 2008) Pembobotan dari *Sound Pressure Level* menggunakan pembobotan A karena secara umum digunakan pada standar pengukuran Internasional. Setelah itu nilai ini dibawa kedalam kurva NC yang akan menentukan besar dari NC yang direkomendasikan sebagai acuan. (Beranek LL, 1989) Data *background noise* diambil dengan cara merekam suara pada keadaan normal dengan batasan sistem HVAC dinyalakan.

b) *Reverberation time*

Sedangkan data *reverberation time* diambil dengan merekam *white noise* yang berasal dari sumber dengan menggunakan perangkat lunak *Real Time Analyzer*.



Gambar 3. 5 Skema pengambilan data

Setelah itu data diproses dengan *software Ms Excel* sehingga nilai *reverberation time* didapatkan. Sehingga simulasi dapat dilakukan untuk mencari parameter lain yaitu *Clarity* (C_{50}) dan STI.

3.3. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software EASE 4.4* untuk merancang geometri ruangan dan mendapatkan nilai parameter akustik yang diinginkan. Pertama ruangan dibuat geometrinya seperti yang ada pada keadaan sesungguhnya. Setelah itu yang kedua material ruangan dibuat dengan 3 kondisi yaitu:

- a) Ruangan dibuat sesuai dengan keadaan hasil pengukuran Bagian depan ruangan dindingnya terbuat dari *perforated* panel yang memiliki daya serap tinggi begitupun juga pada material plafon dan bagian belakang. Dibagian samping kanan dan kiri terdapat indoyumen dibagian depan kaca untuk meredam dari pantulan suara dari kaca. Lantai yang terbuat dari kayu menambah nilai *reverberation time* dari ruangan.
- b) Ruangan didesain ulang sehingga nilai parameter akustiknya menjadi lebih baik tanpa melihat faktor ekonomi dan estetika.
Rekomendasi yang pertama ini ditekankan pada tujuan agar akustik ruang dari Auditorium berada pada kondisi paling ideal dan paling baik. Rekomendasi yang diberikan berupa penggantian seluruh *perforated* panel yang terpasang dengan material yang terbuat dari kayu tertentu, sehingga nilai *reverberation time* dari ruangan tersebut dapat turun dari 1.9 detik menjadi sesuai standar *reverberation time* suara dalam suatu auditorium yakni berkisar antara 0.8 detik hingga 1.2 detik.
- c) Ruangan didesain sehingga nilai parameter akustiknya menjadi lebih baik dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan estetika.

Rekomendasi ini dilakukan dengan batasan batasan ekonomi sehingga ruang gerak dari desain sangat terbatas. Penambahan material ditambahkan diantara panel indoyumen dan kaca. Materialnya berupa kayu yang berlubang sehingga daya serapnya tinggi dan akan menurunkan *reverberation time* ruang Auditorium.

3.4. Pemrosesan Data

Data yang diambil kemudian diolah di dalam *software* Excel untuk mencari nilai *background noise* dan nilai *reverberation time*. Dari tiga kali pengambilan data didapatkan hasil yang dirata rata.

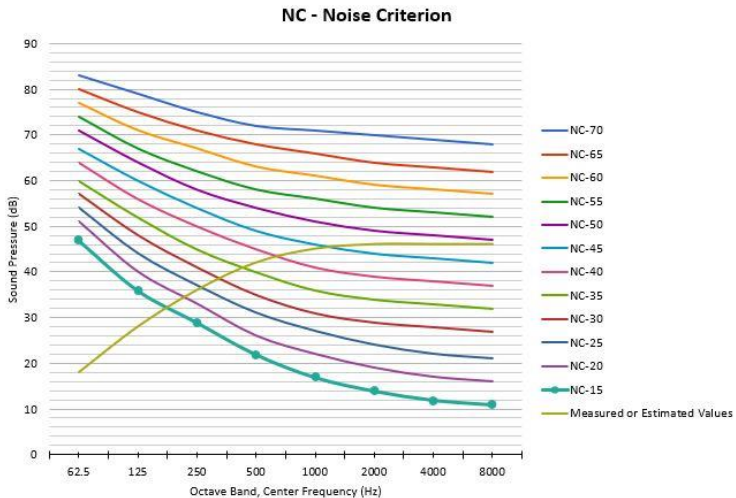
“ Halaman ini memang dikosongkan “

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1. Analisis Data *Background Noise*

Nilai dari *background noise* didapatkan dengan keadaan sistem HVAC menyala yang disajikan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 *Noise Criteria* Ruang

Dari hasil tersebut didapatkan nilai *Noise Criteria* sebesar 49 (NC 49). Nilai ini terlalu tinggi dari rekomendasi pada umumnya di standar. Bising ini disebabkan oleh suara HVAC yang menyala dan mengeluarkan udara dari atas ruangan.

4.1.2. Analisis Data *Reverberation Time*

Pengukuran *reverberation time* menggunakan metode ISO 3382-2. Ruang yang luasnya 2581 m³ dan dapat mengakomodasi 250 diperlukan 1 titik pengukuran dengan 3 kali pengambilan data. Dari data tersebut dapat diketahui nilai *reverberation time* ruangan sebesar 1.9 detik. Auditorium

seharusnya bersifat sedikit *reverberant* jadi *speaker* tidak perlu mengangkat suara terlalu tinggi dan memberi sedikit kekuatan untuk suara terutama pantulan pertama. Akan tetapi *reverberation time* juga tidak boleh terlalu tinggi karena jika pantulan pertama lebih dari suara langsung maka akan menyebabkan suara tidak jelas.

Pengukuran menunjukkan bahwa nilai *reverberation time* berada pada 1.9 detik dan *background noise* sebesar 45. Hal ini menunjukkan bahwa Auditorium tersebut dirasa terlalu bising dan kurang jelas untuk digunakan sebagai ruangan *speech*. Pengaruh bising paling utama berasal dari sistem HVAC dari ruangan. Sistem HVAC berada di luar ruangan di bagian atas depan pintu utama. Ada sumber motor yang menyala ketika sistem HVAC digunakan secara maksimal. Untuk mengurangi kebisingan biasanya sistem HVAC hanya dinyalakan 1 motor untuk kegiatan yang tidak terlalu padat

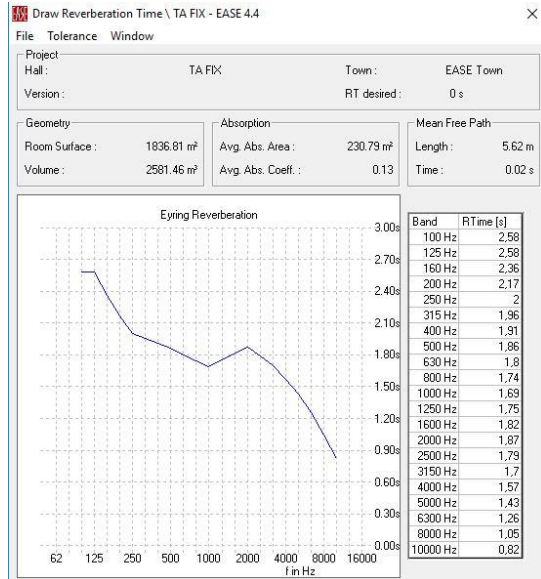
4.1.3. Analisis Hasil Simulasi

Data hasil pengukuran selanjutnya ditarik dalam hasil simulasi. Komparasi dari *reverberation time* pada pemodelan simulasi dan pengukuran sebenarnya menunjukan hasil yang tidak terlalu berbeda. Hal itu dapat dilihat dari perbedaan antara kurva *reverberation time* hasil pengukuran dan *reverberation time* hasil simulasi sudah mendekati.

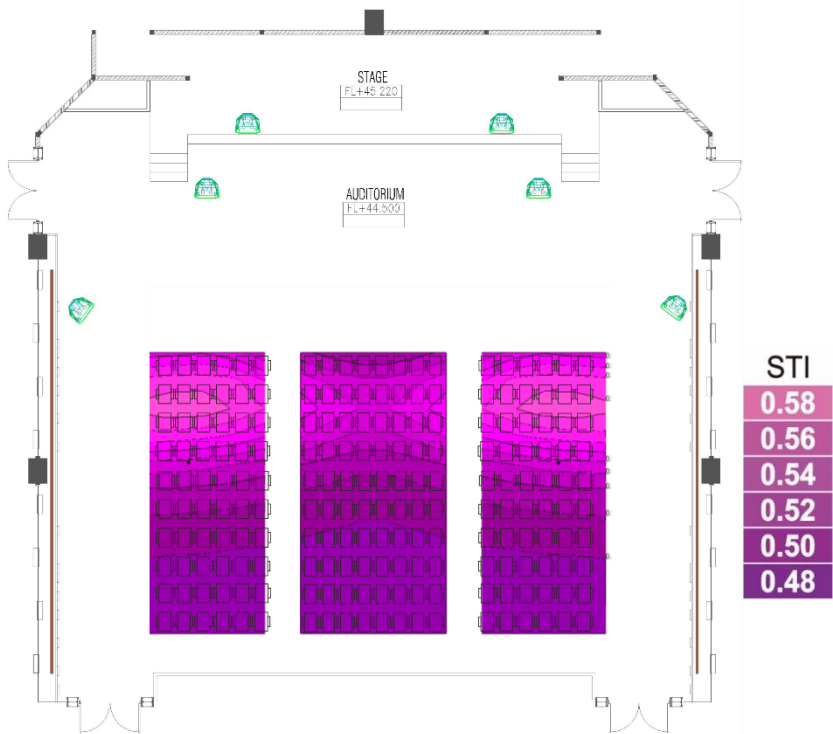
Nilai dari STI yang ditampilkan dalam hasil simulasi pada gambar 4.3 menunjukan secara keseluruhan kondisi akustik ruangan sebelum diperbaiki menunjukan nilai yang buruk yaitu berkisar antara 0,48 hingga 0,58 dengan standar yang dapat dikatakan baik yaitu di atas 0,6. Setelah dilakukan desain ulang terhadap ruangan hasilnya menjadi di atas 0,6 yang artinya sudah dalam keadaan yang baik.

Nilai dari C_{50} sebelum desain ulang dapat dilihat dari gambar 4.4. Nilainya bervariasi dari -6 dB hingga 1 dB. Nilai negatif dari C_{50} menunjukan bahwa ruangan bermasalah. Nilai ini sejak awal sudah dapat diprediksi karena nilai *reverberation*

time yang terlalu tinggi. Hasil simulasi disajikan pada gambar 4.2 hingga gambar 4.5

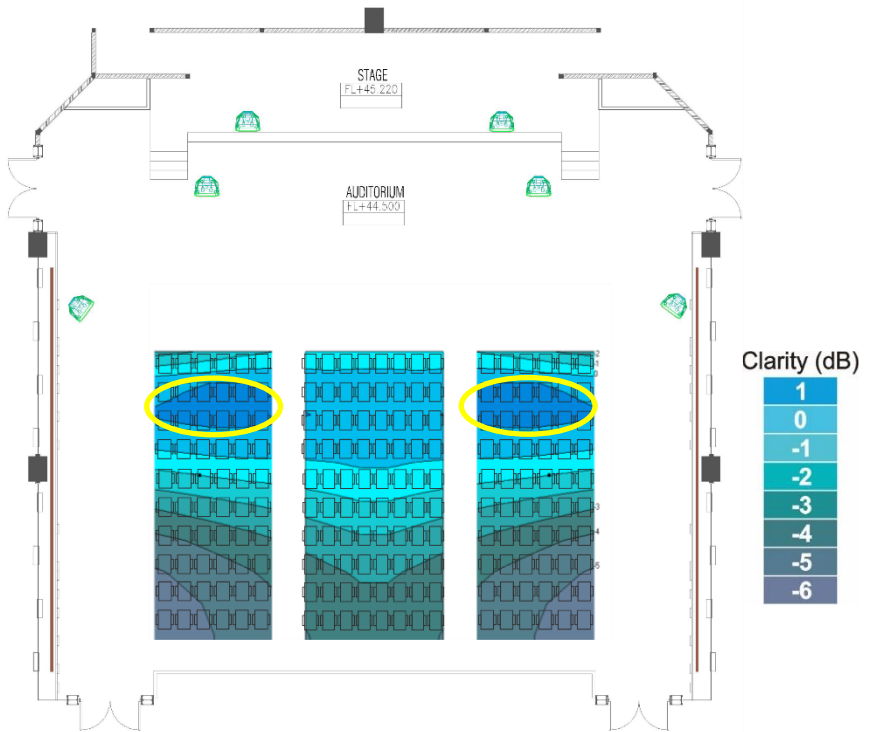


Gambar 4. 2 Nilai *reverberation time* sebelum adanya perbaikan



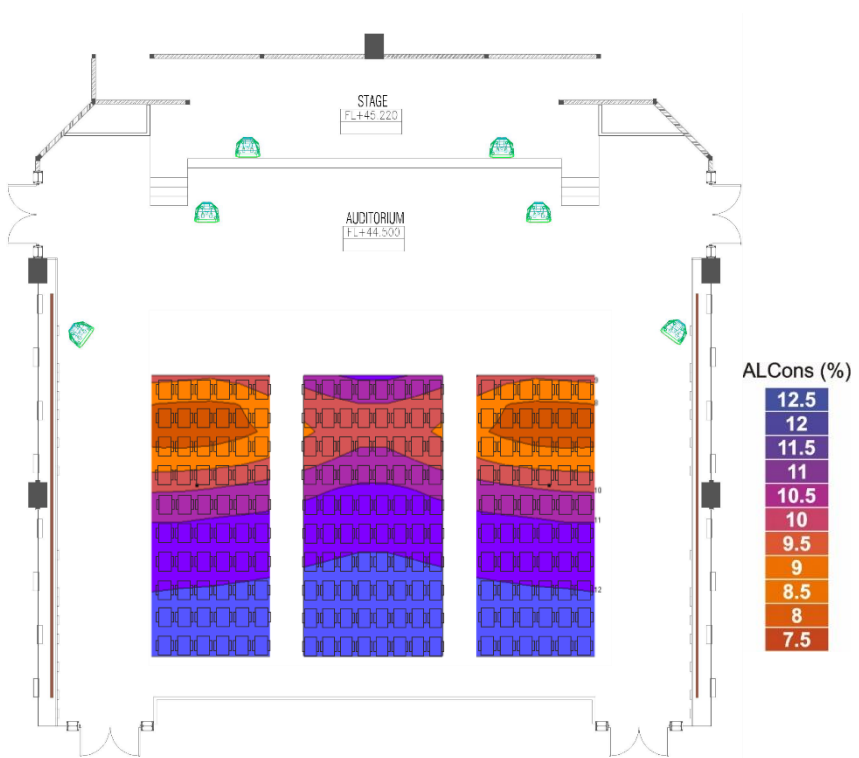
Gambar 4.3 Plotting STI hasil simulasi sebelum redesain

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai STI di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *fair* karena nilainya berada diantara 0.45 hingga 0.6.



Gambar 4. 4 Plotting C_{50} hasil simulasi sebelum redesain

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai C_{50} hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *poor* karena nilainya berada dibawah 0. Hanya di daerah yang diberi garis kuning dalam keadaan baik karena nilainya lebih dari 0.



Gambar 4. 5 Plotting %Alcons hasil simulasi sebelum

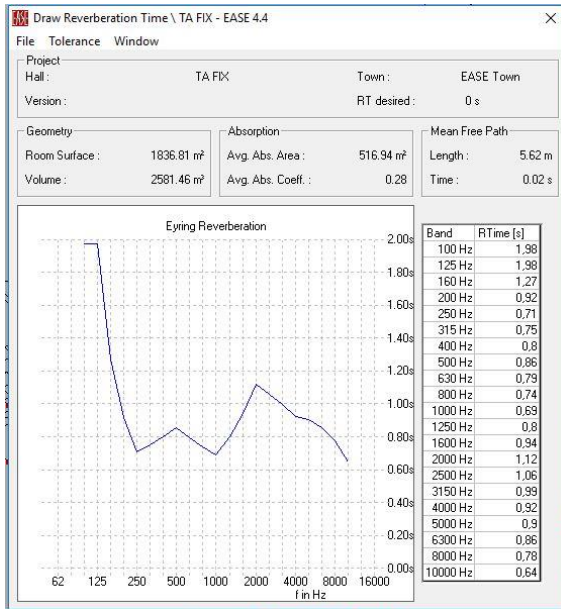
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai %Alcons di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *fair* karena nilainya berada diantara 7% hingga 15%.

4.2 Rekomendasi Dari Segi *Arsitektural Acoustic*

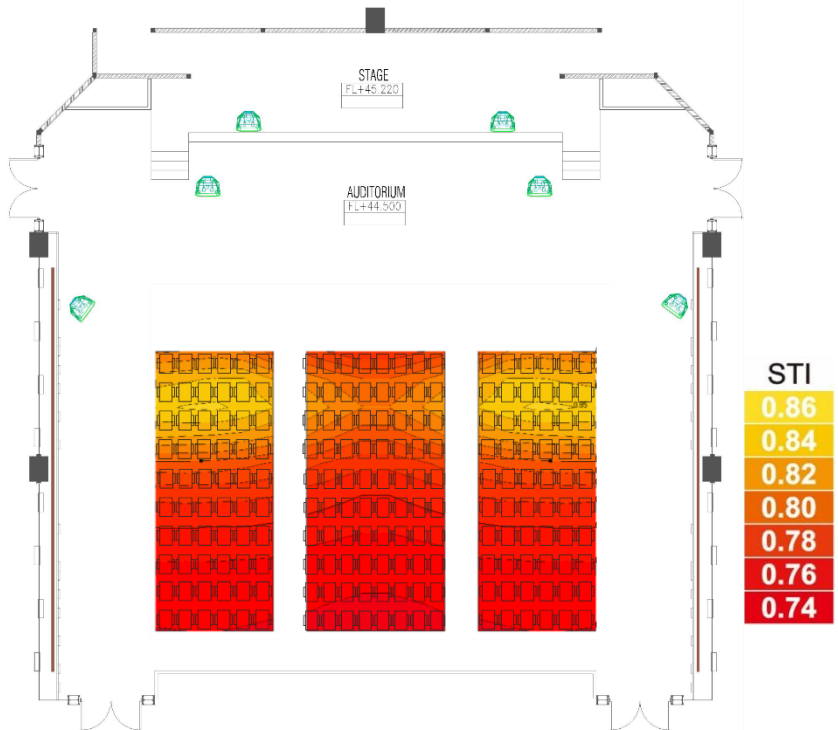
4.2.1. Rekomendasi 1

Sesuai hasil simulasi menunjukan bahwa kejelasan suara pada bagian tengah ruangan kurang. Hal ini karena adanya 2 suara yang bergabung yaitu suara yang datang langsung dari *speaker* dan pantulan dari belakang. Berbeda dengan daerah dekat dinding belakang yang menerima suara langsung dan pantulan secara hampir bersamaan ketika di bagian tengah atau dekat *speaker* maka perbedaan waktu suara yang diterima langsung dengan pantulan sangatlah jauh. (Gramez & Boubenider, 2017) Cara mengatasi hal ini yaitu dengan mengkondisikan bagian belakang ruangan sehingga tidak terlalu merefleksikan suara. Solusi yang ditawarkan harus solusi yang memungkinkan dan sesuai dengan keadaan ekonomi yang ada. (Eldakdoky & Elkhateeb, 2017)

Perbaikan sebisa mungkin dilakukan di bagian belakang ruangan karena bagian belakang menjadi jarak terjauh dari *speaker*. (Ellison & Germain, 2013). Analisa yang ada menunjukan permukaan yang paling luas dan memungkinkan untuk diperbaiki adalah pada bagian atap dan bagian belakang. Karena pada bagian lantai tidak memungkinkan untuk pergerakan kursi secara bebas. Rekomendasi berupa penggantian material menjadi kayu yang memiliki daya serap lebih tinggi. Hasil simulasi disajikan pada gambar 4.6 hingga gambar 4.9.

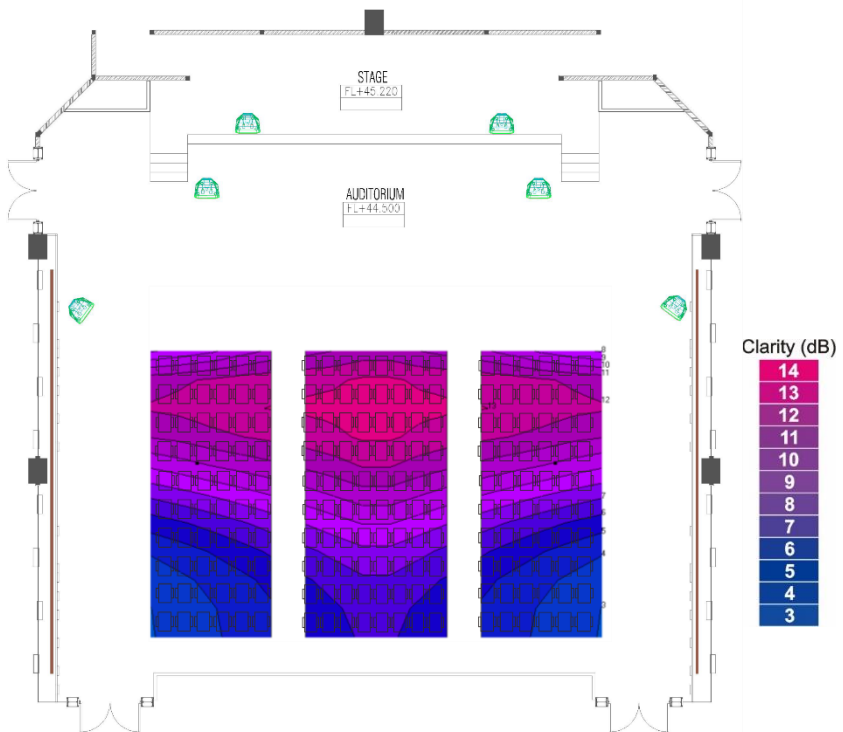


Gambar 4. 6 Nilai *reverberation time* setelah rekomendasi 1 diberikan



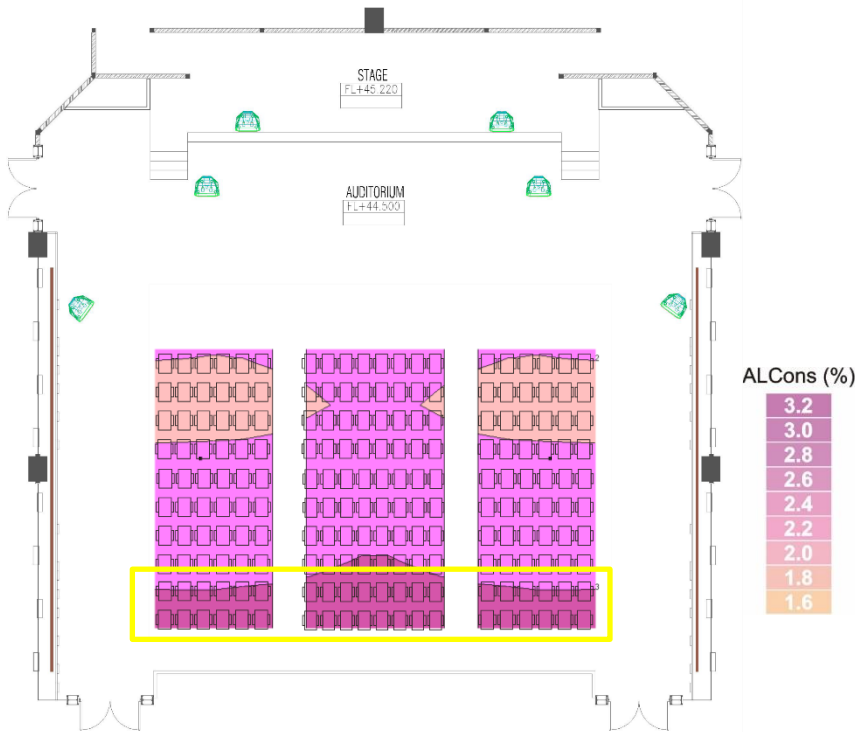
Gambar 4. 7 Plotting STI hasil simulasi rekomendasi 1

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai STI di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *excellent* karena nilainya berada diantara 0.75 hingga 1.



Gambar 4. 8 Plotting C_{50} hasil simulasi rekomendasi 1

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai C_{50} di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0.



Gambar 4. 9 Plotting %Alcons hasil simulasi rekomendasi 1

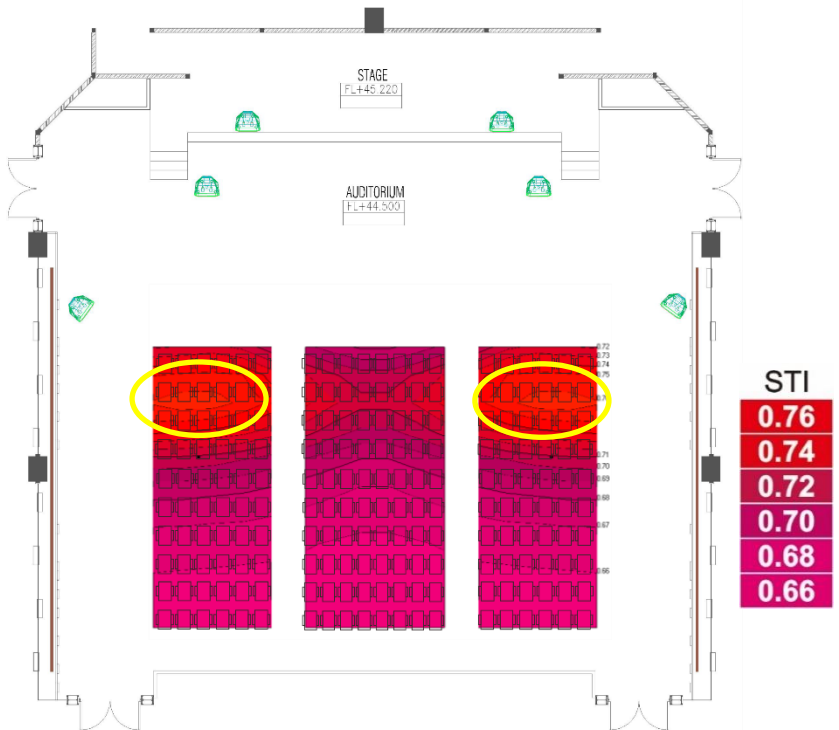
Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai %Alcons hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *excellent* karena nilainya berada diantara 0% hingga 3%. Hanya pada bagian belakang yang diberikan garis kuning yang berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%.

4.2.2. Rekomendasi 2

Rekomendasi yang diberikan sebisa mungkin adalah rekomendasi yang dapat diaplikasikan. Rekomendasi 2 ini berupa penambahan material yang ada di antara indoyumen dan kaca yang berjarak sekitar 40 cm sehingga lebih mudah diterapkan daripada rekomendasi 1. Material ini terbuat dari kayu yang memiliki lubang lubang kecil untuk menyerap suara lebih baik. Penempatan material absorber sesuai dengan lampiran 6. Rekomendasi ini akan membuat nilai parameter akustik lebih baik dari pada sebelum adanya perubahan. Secara keseluruhan parameter memenuhi standar yang ada. Hasil simulasi disajikan pada gambar 4.10 hingga 4.13.

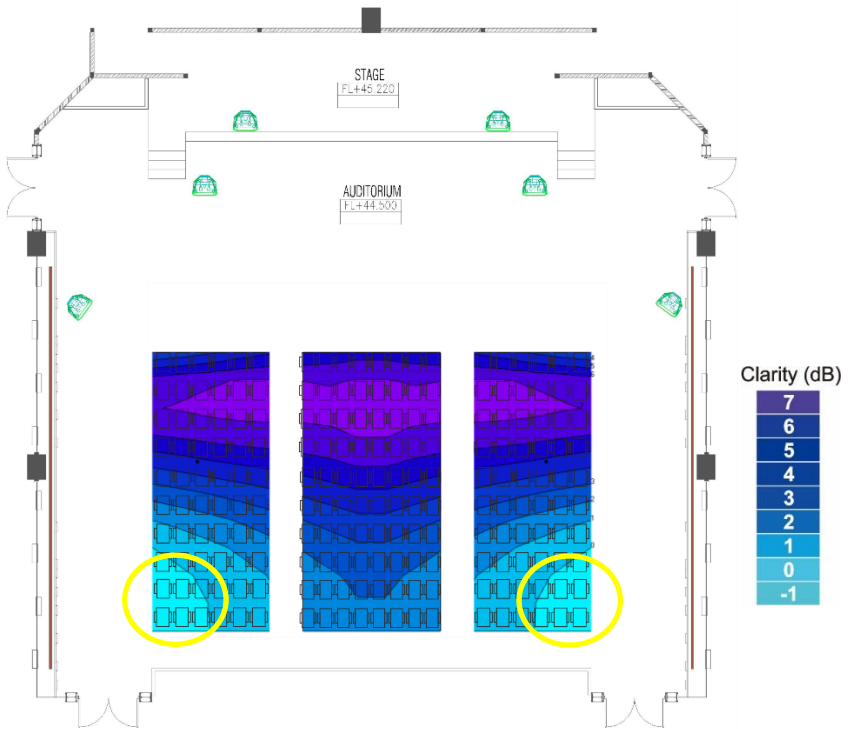


Gambar 4. 10 Nilai *reverberation time* setelah rekomendasi 2 diterapkan



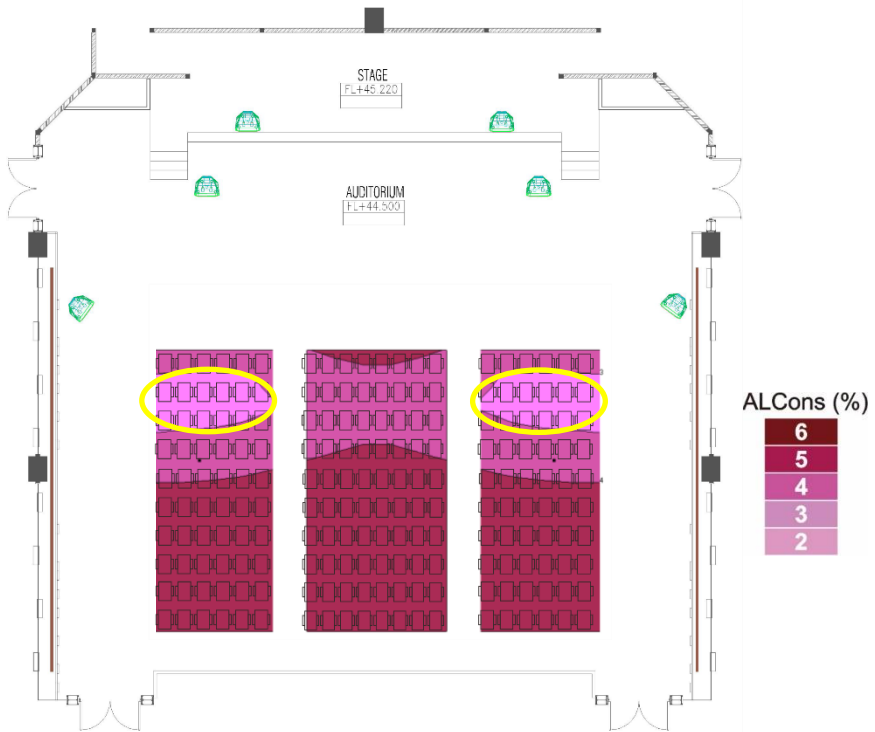
Gambar 4. 11 Plotting STI hasil simulasi rekomendasi 2

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai STI hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* dan di daerah yang diberikan lingkaran kuning memiliki nilai STI di atas 0.75 yang termasuk kategori *excellent*.



Gambar 4. 12 *Plotting C_{50} hasil simulasi rekomendasi 2*

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa nilai C_{50} hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0. Hanya pada daerah yang diberikan garis kuning yang memiliki nilai C_{50} di bawah 0 yang termasuk kategori *poor*.



Gambar 4. 13 *Plotting %Alcons* hasil simulasi rekomendasi 2

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai *%Alcons* hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%. Hanya pada bagian yang diberikan garis kuning berada pada kondisi *excellent* karena nilainya berada diantara 0% hingga 3%.

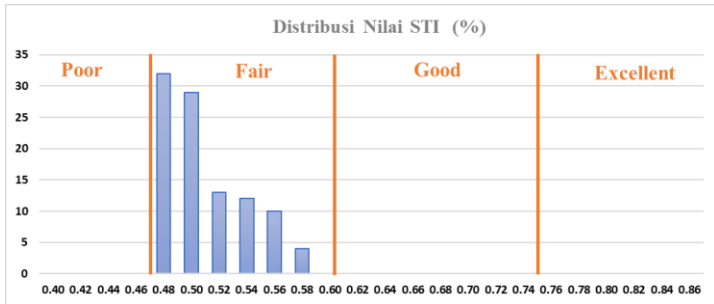
4.2.3. Komparasi Hasil Simulasi

Hasil kedua rekomendasi jika dibandingkan dengan hasil simulasi desain awal dapat dilihat dari gambar 4.3 hingga gambar 4.13 yang menunjukkan bahwa ruangan menjadi lebih baik untuk parameter akustiknya. Nilai STI semakin besar atau semakin berwarna kuning menunjukkan nilai STI semakin baik. Sedangkan untuk nilai C_{50} semakin besar atau semakin berwarna ungu menunjukkan nilai C_{50} semakin baik dan untuk %*Alcons* semakin kecil nilainya atau semakin berwarna merah muda maka nilainya akan semakin baik.

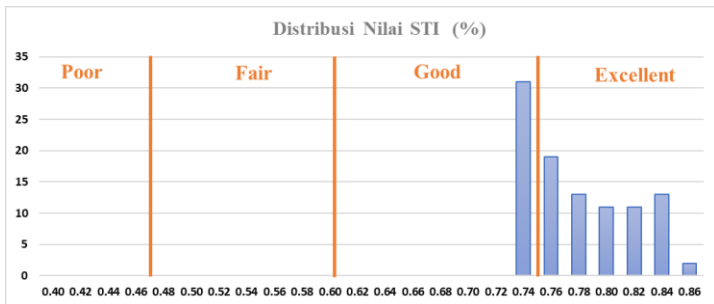
Gambar 4.14 hingga gambar 4.22 menunjukkan nilai bahwa perbandingan dari hasil simulasi dalam bentuk grafik distribusi dari nilai STI, %*Alcons* dan C_{50} .

Dapat dilihat bahwa hasil terbaik didapat pada rekomendasi 1 karena menurut analisa dari bahan yang ada masalah dengung terjadi pada bagian atas dan bawah dari ruangan tersebut karena pada bagian kanan dan kiri ruangan sudah tercukupi jumlah absorbernya. Maka dari itu dengan penggantian material pada bagian atas dan bawah masalah pantulan bunyi atas bawah akan teratasi.

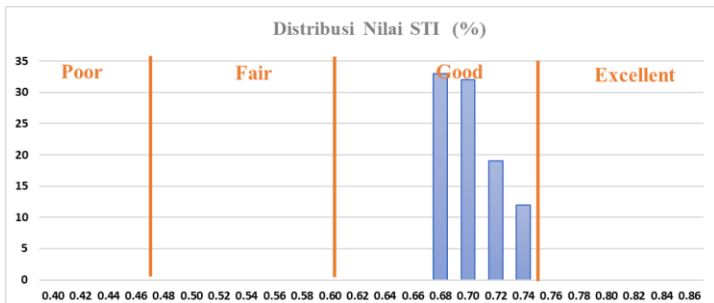
Rekomendasi 1 memang menunjukkan hasil yang sangat baik akan tetapi realisasinya menjadi sangat sulit karena membutuhkan biaya sangat mahal dan menyebabkan banyak kerugian karena harus membongkar material yang terpasang dan menggantinya dengan material baru. Berbeda dengan Rekomendasi 2 yang tidak perlu membongkar bagian ruangan tetapi cukup dengan menambahkan material baru di bagian antara kaca dan indoyumen. Dari gambar 4.14 hingga gambar 4.22 didapatkan bahwa hasil simulasi dari parameter parameter yang ada menunjukkan bahwa nilainya sudah memenuhi standar yang ada tapi tidak sebaik rekomendasi yang pertama.



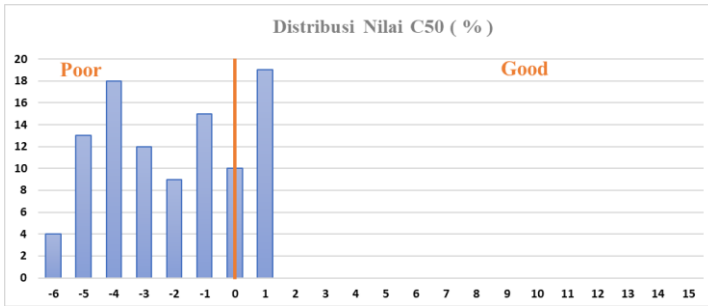
Gambar 4. 14 Persebaran STI sebelum perbaikan



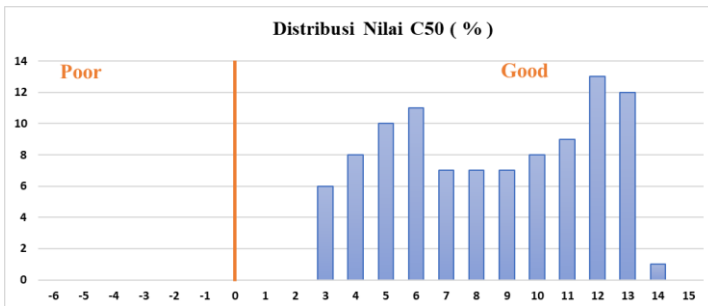
Gambar 4. 15 Nilai STI setelah rekomendasi 1 diterapkan



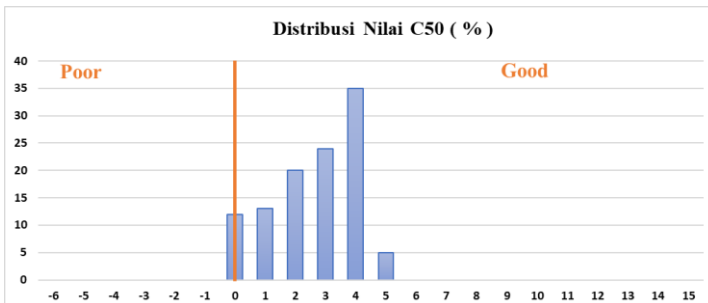
Gambar 4. 16 Nilai STI setelah rekomendasi 2 diterapkan



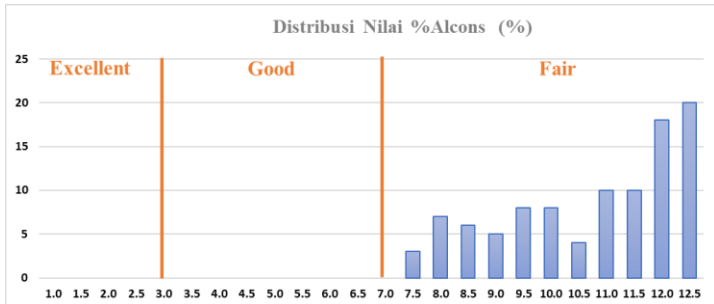
Gambar 4. 17 Persebaran C₅₀ sebelum perbaikan



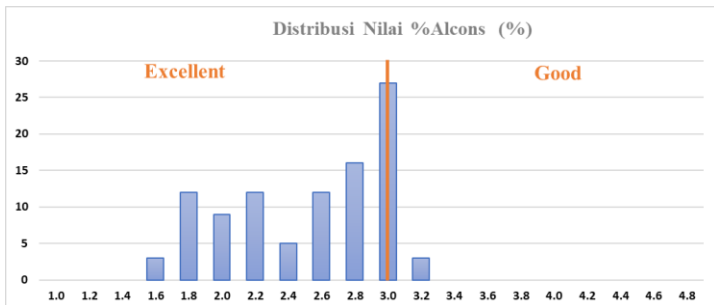
Gambar 4. 18 Nilai C₅₀ setelah rekomendasi 1 diterapkan



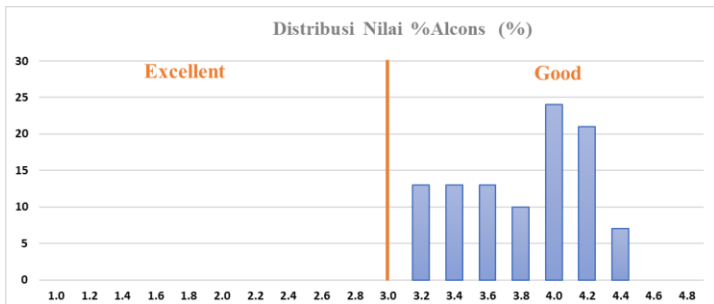
Gambar 4. 19 Nilai C₅₀ setelah rekomendasi 2 diterapkan



Gambar 4. 20 Persebaran % Alcons sebelum rekomendasi



Gambar 4. 21 Nilai % Alcons setelah rekomendasi 1 diterapkan



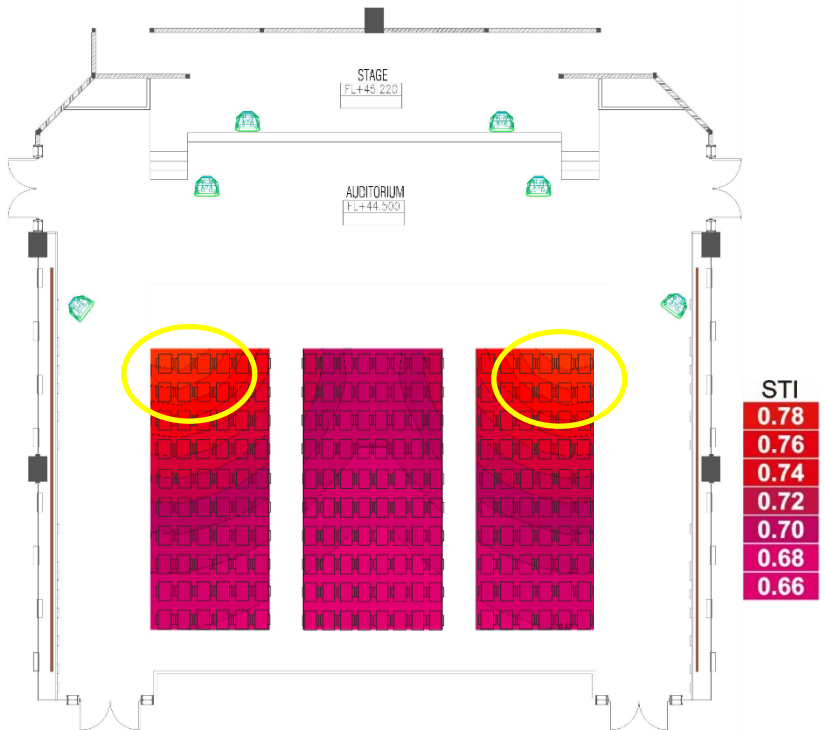
Gambar 4. 22 Nilai % Alcons setelah rekomendasi 2 diterapkan

4.3 Rekomendasi Dari Segi *Electroacoustic*

Rekomendasi selanjutnya adalah pengkondisian pada bagain *electroacoustic* sehingga didapatkan nilai yang paling maksimal dengan *speaker* yang ada saat ini yaitu *speaker* Yamaha CBR15 pada lampiran 4 dan *speaker* Electro Voice EVF-1122S seperti pada lampiran 5 dengan *subwoofer speaker* Electro Voice EVF-2151D pada lampiran 6. Pertama adalah dengan mengkondisikan agar sudut *aiming* dari speaker berada pada kondisi maksimal yaitu dengan sudut *speaker* depan sebesar 30^0 terhadap garis horizontal menghadap ke bawah dan *speaker* kanan dan kiri sebesar 20^0 terhadap garis vertikal menghadap audiens. Kedua adalah dengan memberikan *delay* pada *speaker* bagian kanan kiri sebesar 5 milidetik dan mempercepat *subwoofer* sebesar 5 milidetik terhadap *speaker* utama yang berada di atas panggung. Ketiga dengan menambah *power* dari *output speaker* pada frekuensi 500 Hz hingga 1000 Hz untuk meningkatkan nilai C_{50} pada frekuensi tersebut. Nilai STI semakin besar atau semaikin berwarna kuning menunjukkan nilai STI semakin baik. Sedangkan untuk nilai C_{50} semakin besar atau semakin berwarna ungu menunjukkan nilai C_{50} semakin baik dan untuk %*Alcons* semakin kecil nilainya atau semakin berwarna merah muda maka nilainya akan semakin baik.

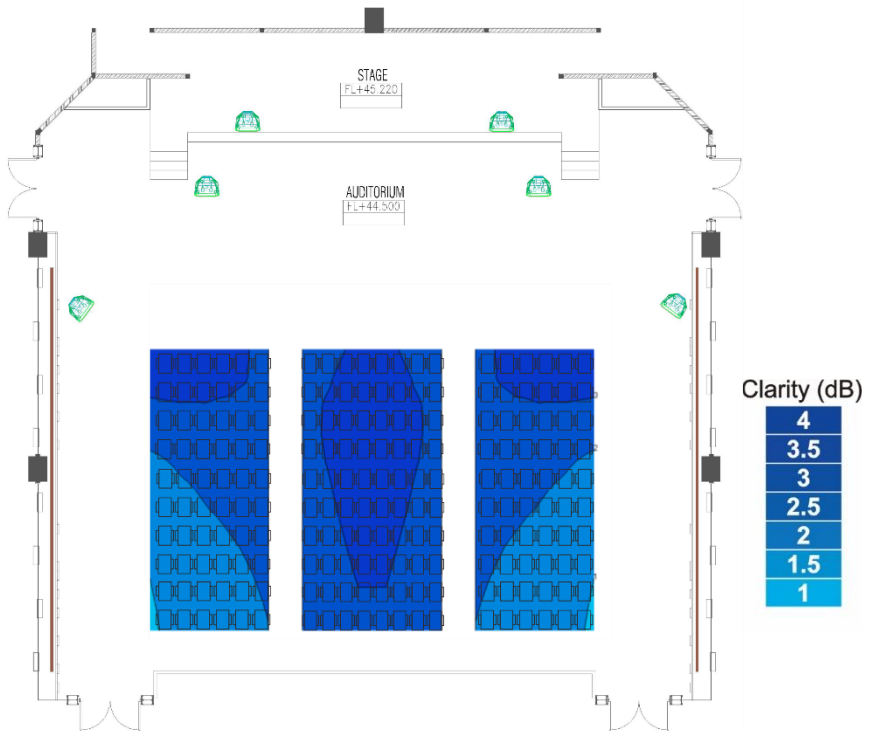
4.4.1. Aiming *Speaker* Atas Panggung

Setelah memvariasikan sudut dari elevasi *speaker* bagian atas panggung dari sudut 10^0 hingga 40^0 didapatkan hasil terbaik adalah dengan sudut 30^0 terhadap garis horizontal menghadap ke audiens sesuai dengan lampiran 10 dan pengaturan *aiming* dari *speaker* kanan kiri sebesar 20^0 seperti lampiran 10. Hasil simulasinya ditampilkan pada gambar 4.23 hingga 4.25.



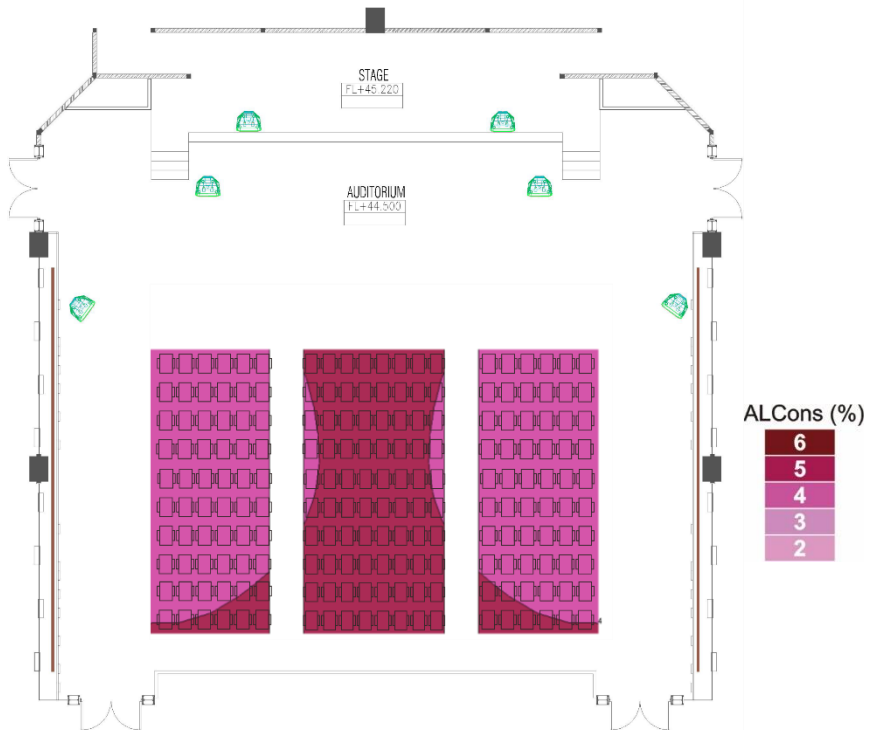
Gambar 4. 23 *Plotting* STI hasil simulasi Aiming 30^0 dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan Aiming 20^0 untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa nilai STI hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* dan di daerah yang diberikan lingkaran kuning memiliki nilai STI di atas 0.75 yang termasuk kategori *excellent*.



Gambar 4. 24 Plotting C_{50} hasil simulasi Aiming 30^0 dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan Aiming 20^0 untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal

Gambar 4.24 menunjukkan bahwa nilai C_{50} di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0.

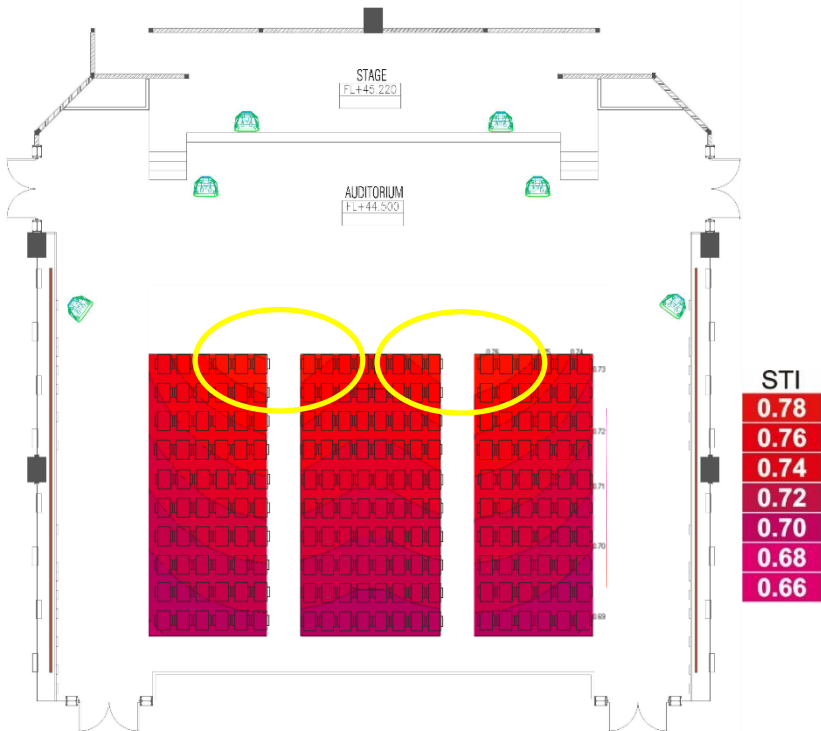


Gambar 4. 25 *Plotting %Alcons* hasil simulasi Aiming 30 dari garis horizontal *Speaker* bagian Atas Panggung dan Aiming 20⁰ untuk *speaker* kanan kiri panggung dari garis vertikal

Gambar 4.25 menunjukkan bahwa nilai *%Alcons* di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%.

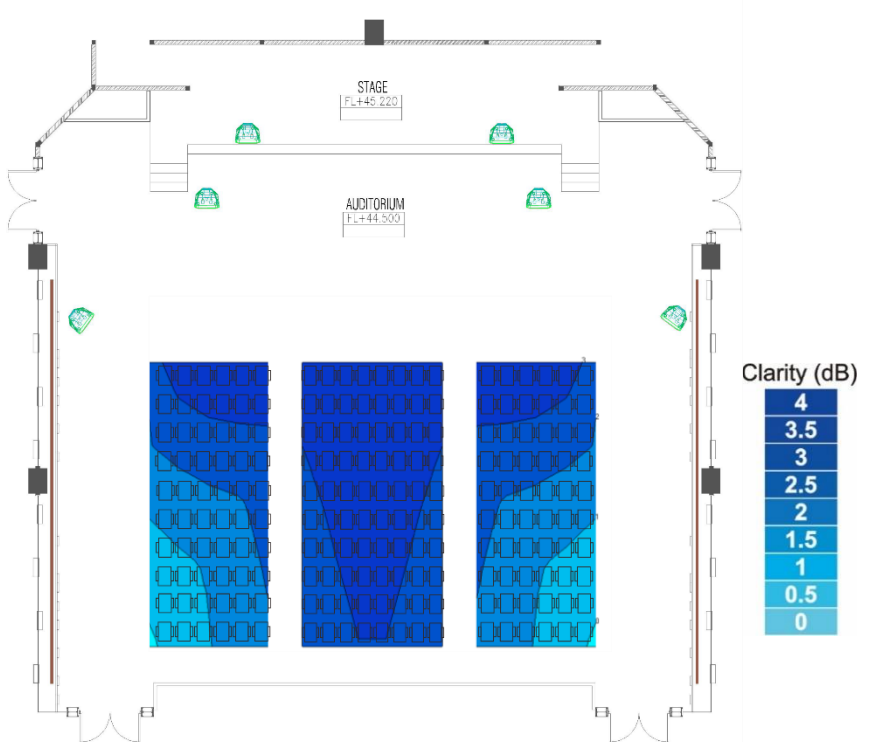
4.4.2. Pemberian *Delay* Pada *Speaker*

Pemberian *delay* dilakukan agar suara yang didengar oleh penerima suara dari beberapa sumber terdengar bersamaan sehingga tidak terjadi perbedaan waktu penerimaan bunyi. Nilai *delay* didapatkan dari hasil perhitungan *delay* pada *software* EASE sehingga didapatkan *delay* sebesar 5 milidetik untuk *speaker* yang berada di kanan kiri terhadap *speaker* utama yang berada di atas panggung dan *subwoofer* harus dipercepat 5 milidetik terhadap *speaker* di atas panggung. Hasil simulasinya dapat dilihat pada gambar 4.26 hingga 4.28.



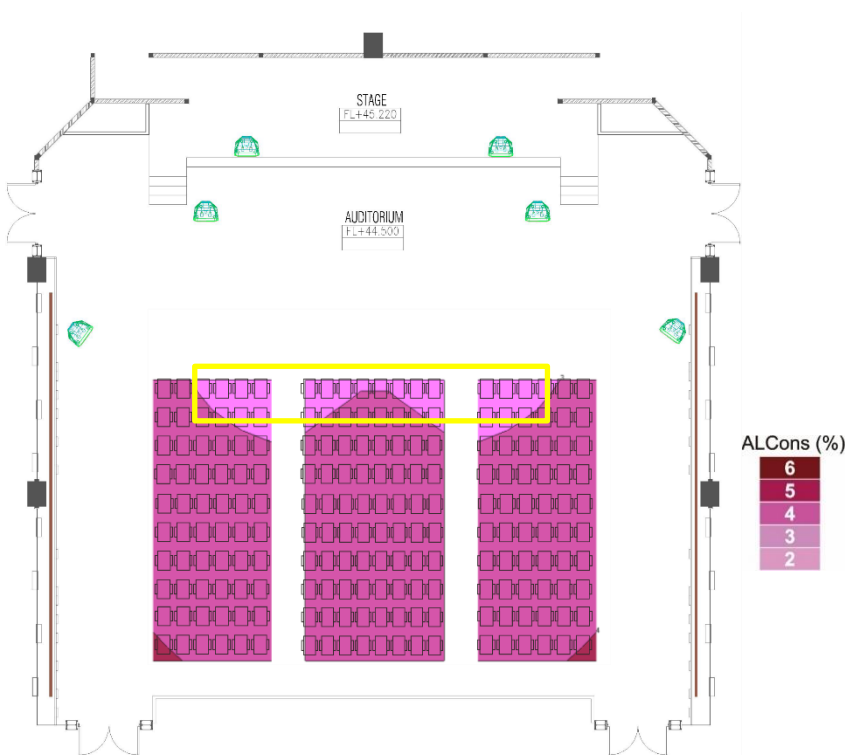
Gambar 4. 26 *Plotting* STI hasil simulasi *speaker* yang sudah di *delay*.

Gambar 4.26 menunjukkan bahwa nilai STI hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* dan di daerah yang diberikan lingkaran kuning memiliki nilai STI di atas 0.75 yang termasuk kategori *excellent*.



Gambar 4. 27 Plotting C_{50} hasil simulasi *speaker* yang sudah di delay

Gambar 4.27 menunjukkan bahwa nilai C_{50} di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0.

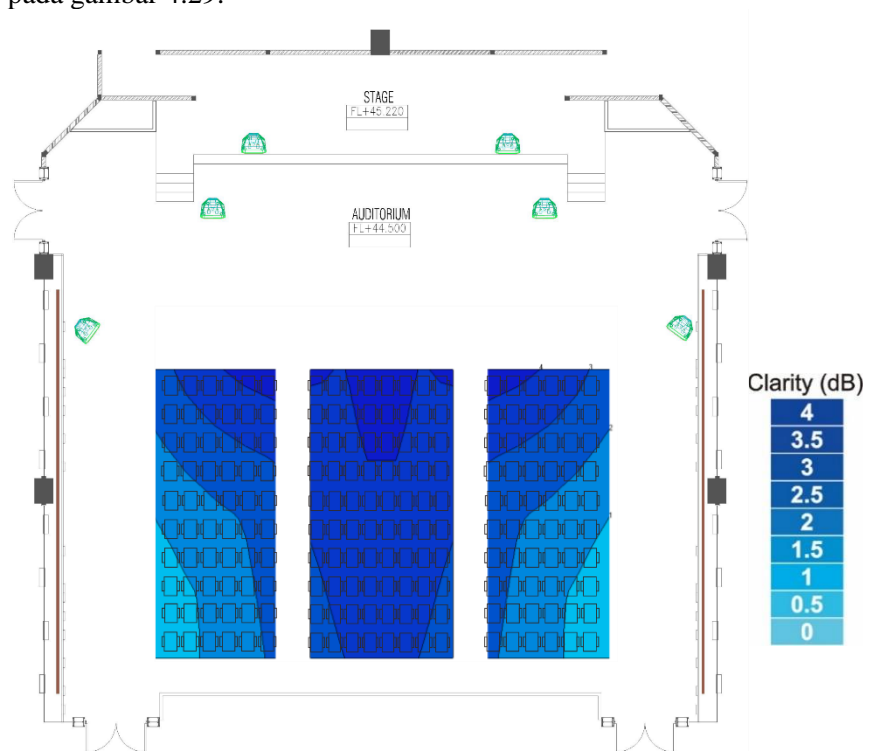


Gambar 4. 28 Plotting %Alcons hasil simulasi *speaker* yang sudah di delay.

Gambar 4.28 menunjukkan bahwa nilai %Alcons hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%. Hanya pada bagian yang diberikan garis kuning berada pada kondisi *excellent* karena nilainya berada diantara 0% hingga 3%.

4.4.3. Penambahan *Power* dari *Speaker*

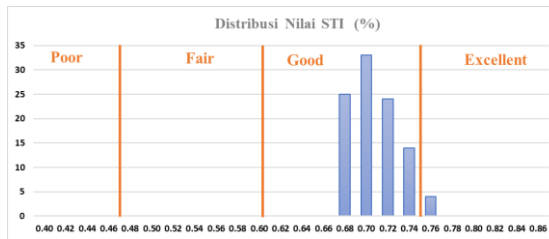
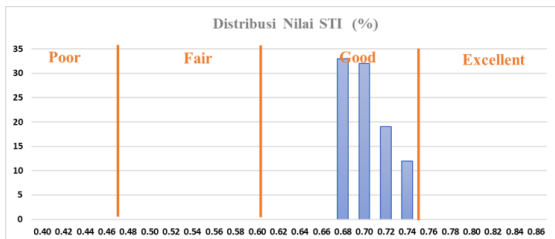
Penambahan *power* dilakukan agar terjadi peningkatan dari C_{50} . Frekuensi 500 Hz – 1000 Hz merupakan frekuensi dominan untuk *speech* sehingga pada frekuensi inilah *power* dari *speaker* harus ditambah sehingga nilai C_{50} dapat meningkat. Hasil simulasi pada gambar 4.20 menunjukkan peningkatan dari nilai C_{50} dengan persebaran nilai ditampilkan pada gambar 4.29.



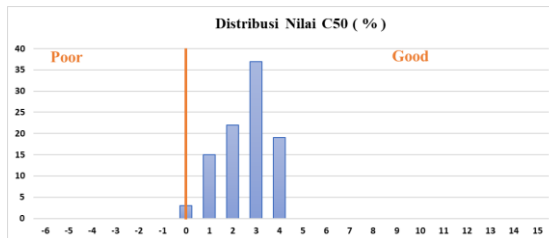
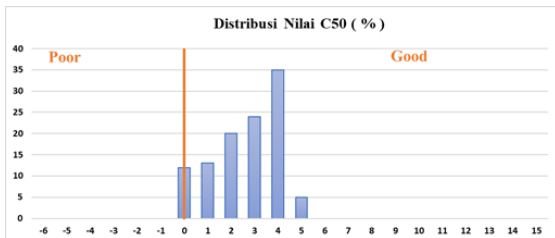
Gambar 4. 29 *Plotting* C_{50} hasil simulasi dengan penambahan *power* pada frekuensi 500 Hz – 1000 Hz

Ketiga rekomendasi ini memberikan peningkatan pada hasil simulasi yang dapat dilihat dari gambar 4.30 hingga gambar 4.36 yang menunjukkan peningkatan nilai dari STI, C_{50} dan %Alcons. Gambar 4.30 menunjukkan nilai STI yang sebelumnya tidak ada yang berada pada kategori *excellent* grafiknya bergeser ke arah kanan sehingga di beberapa titik nilainya masuk dalam kategori *excellent*. Gambar 4.31 menunjukkan peningkatan nilai C_{50} yang semula banyak daerah yang bernilai *poor* karena nilainya tidak di atas 0 dengan perubahan *aiming speaker* nilai yang tidak di atas 0 berkurang menjadi lebih sedikit. Gambar 4.32 juga menunjukkan pergeseran grafik persebaran nilai %Alcons dari keseluruhan berada pada kategori *good* bergeser ke kiri sehingga sebagian kecil dari grafik berada pada kategori *excellent*.

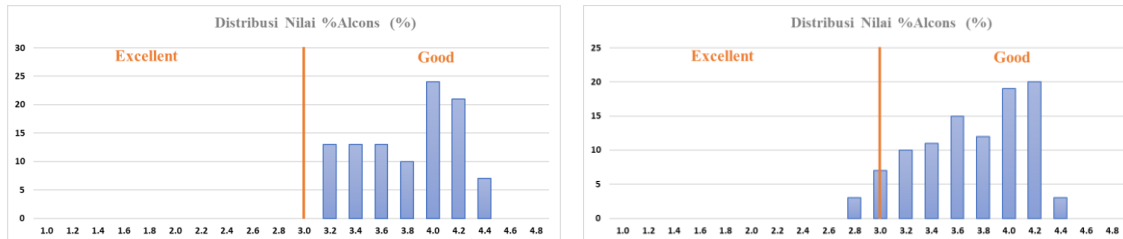
Penambahan *delay* juga memeberikan kontribusi bagi peningkatan nilai dari ketiga parameter. Gambar 4.33 menunjukkan nilai STI grafiknya bergeser ke kanan sehingga nilai yang mendekati kategori *excellent* bertambah dan nilai yang berada pada *excellent* juga bertambah. Selain itu Gambar 4.34 menunjukkan peningkatan nilai C_{50} yang semula ada daerah yang bernilai *poor* karena nilainya tidak di atas 0 dengan pemberian *delay speaker* semua daerah termasuk kategori *good*. Gambar 4.35 juga menunjukkan pergeseran grafik persebaran nilai %Alcons menjadi lebih baik. Penambahan *power* pada *speaker* juga memberikan pengaruh bagi pergeseran grafik C_{50} menjadi lebih baik yang dapat dilihat dari gambar 4.36.



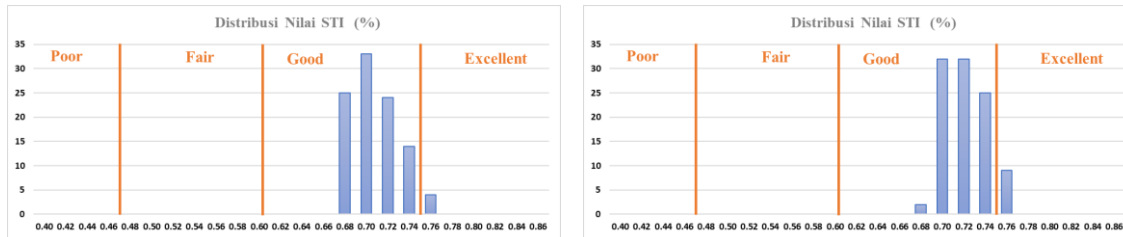
Gambar 4. 30 Perbandingan nilai STI sebelum dan sesudah perubahan *aiming* 30⁰ terhadap garis horizontal pada *speaker* di atas panggung dan 20⁰ pada *speaker* kanan kiri panggung



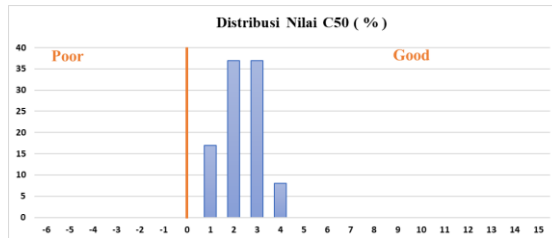
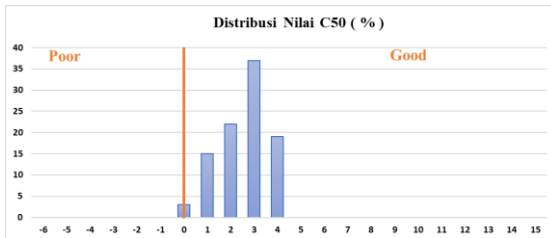
Gambar 4. 31 Perbandingan nilai C₅₀ sebelum dan sesudah perubahan *aiming* 30⁰ terhadap garis horizontal pada *speaker* di atas panggung dan 20⁰ pada *speaker* kanan kiri panggung



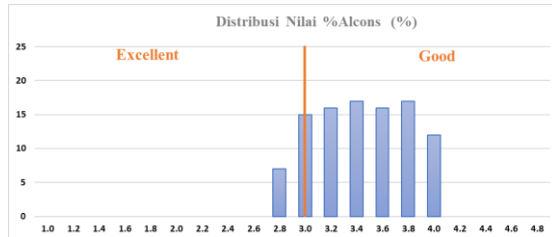
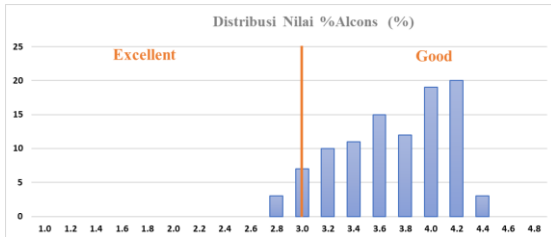
Gambar 4. 32 Perbandingan nilai %Alcons sebelum dan sesudah perubahan *aiming* 30^0 terhadap garis horizontal pada *speaker* di atas panggung dan 20^0 pada *speaker* kanan kiri panggung



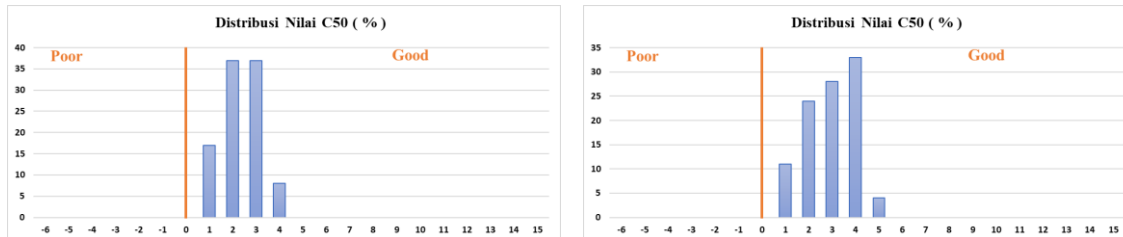
Gambar 4. 33 Perbandingan nilai STI sebelum dan setelah pemberian *delay* pada *speaker*



Gambar 4. 34 Perbandingan nilai C_{50} sebelum dan setelah pemberian *delay* pada *speaker*



Gambar 4. 35 Nilai *%Alcons* setelah pemberian *delay* pada *speaker*



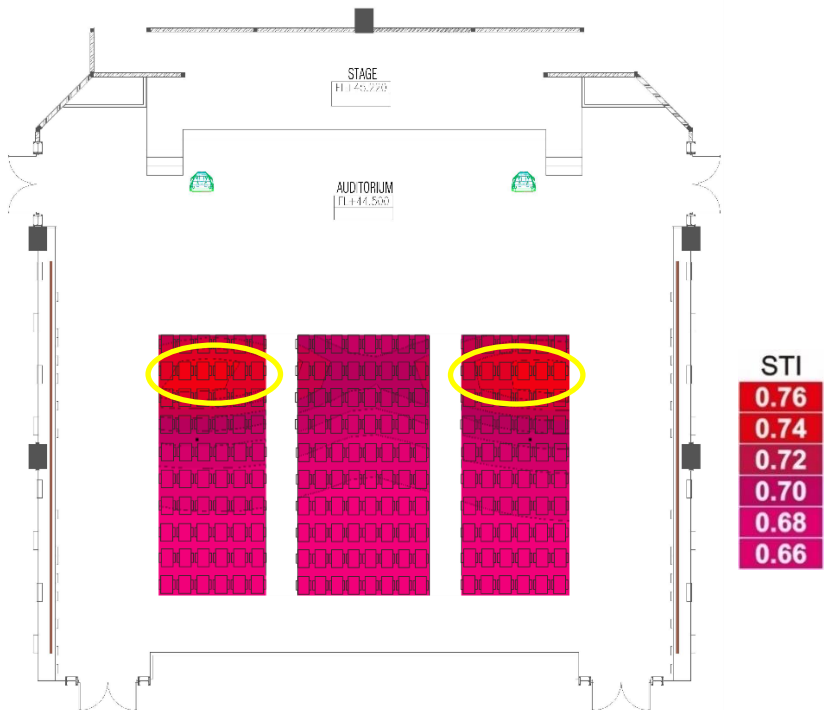
Gambar 4. 36 Nilai C_{50} setelah peningkatan *power speaker* pada frekuensi 500 Hz - 1000 Hz

4.4 Variasi *Speaker*

Selain ruangan faktor penting lain yaitu *speaker*. Variasi yang dilakukan dalam bentuk penggantian jenis *speaker* dan posisi dari *speaker*. Variasi yang pertama yaitu penggantian jenis *speaker* dengan *speaker array* yang digantung di depan panggung. *Speaker* yang digunakan adalah HK-Audio Cohedra yang digambarkan pada lampiran 2 dan 3. Rekomendasi kedua yaitu penggantian posisi dan jenis *speaker* menjadi di samping kanan dan kiri tempat duduk. Selain itu *speaker* ditambah menjadi 4 *speaker* yang berjenis VIO X15 yang ada pada lampiran 1.

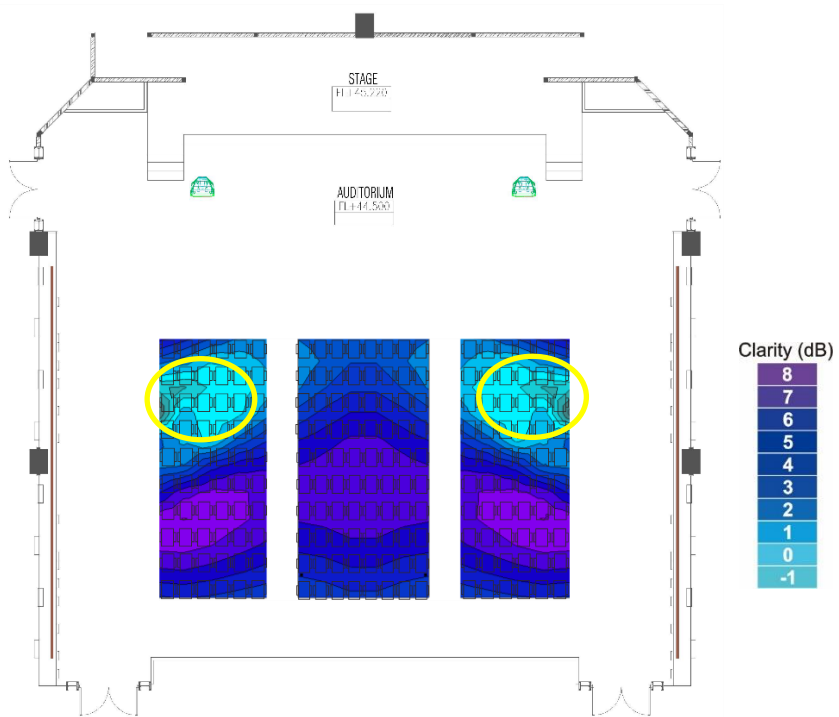
4.4.1. Rekomendasi *Speaker* HK Audio Cohedra

Rekomendasi penggantian dengan dua *speaker* HK Audio Cohedra yang terdiri dari 2 *speaker* CTA 208 dan 1 *speaker* CTA 118 SUB di tiap sisinya sesuai dengan gambar pada lampiran 7. Hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 4.37 hingga 4.39.



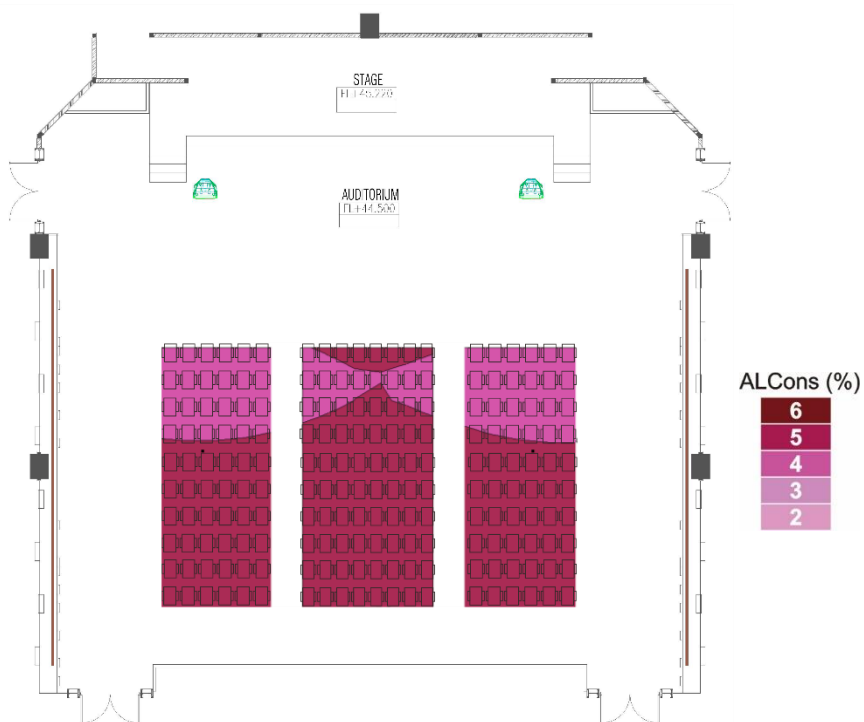
Gambar 4. 37 *Plotting* STI hasil simulasi *speaker* HK Audio

Gambar 4.37 menunjukkan bahwa nilai STI hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* dan di daerah yang diberikan lingkaran kuning memiliki nilai STI di atas 0.75 yang termasuk kategori *excellent*.



Gambar 4. 38 *Plotting C_{50} hasil simulasi speaker HK Audio*

Gambar 4.38 menunjukkan bahwa nilai C_{50} hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0. Hanya pada daerah yang diberikan garis kuning yang memiliki nilai C_{50} di bawah 0 yang termasuk kategori *poor*.

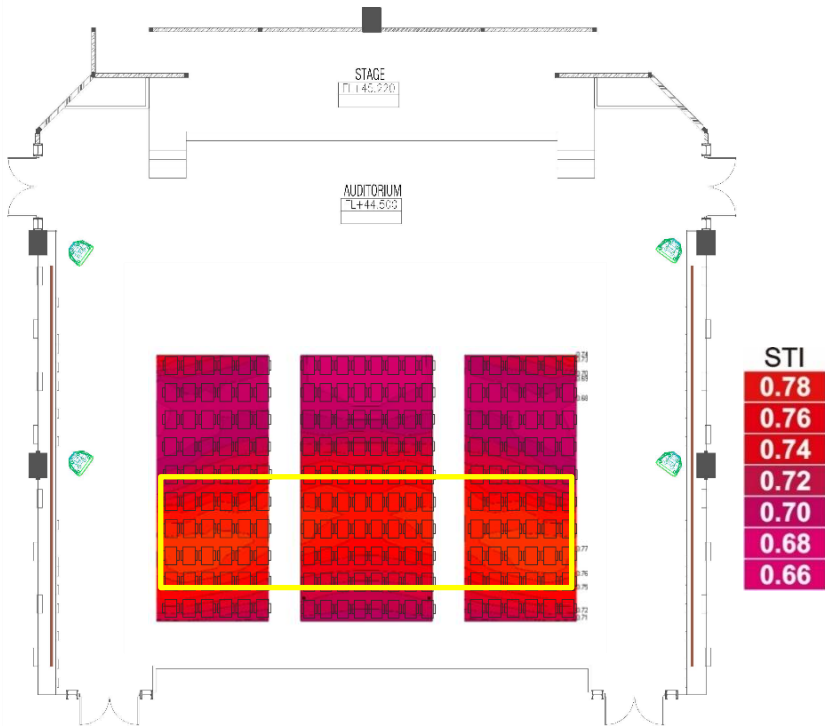


Gambar 4. 39 Plotting %Alcons hasil simulasi *speaker* HK Audio

Gambar 4.39 menunjukkan bahwa nilai %Alcons di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%.

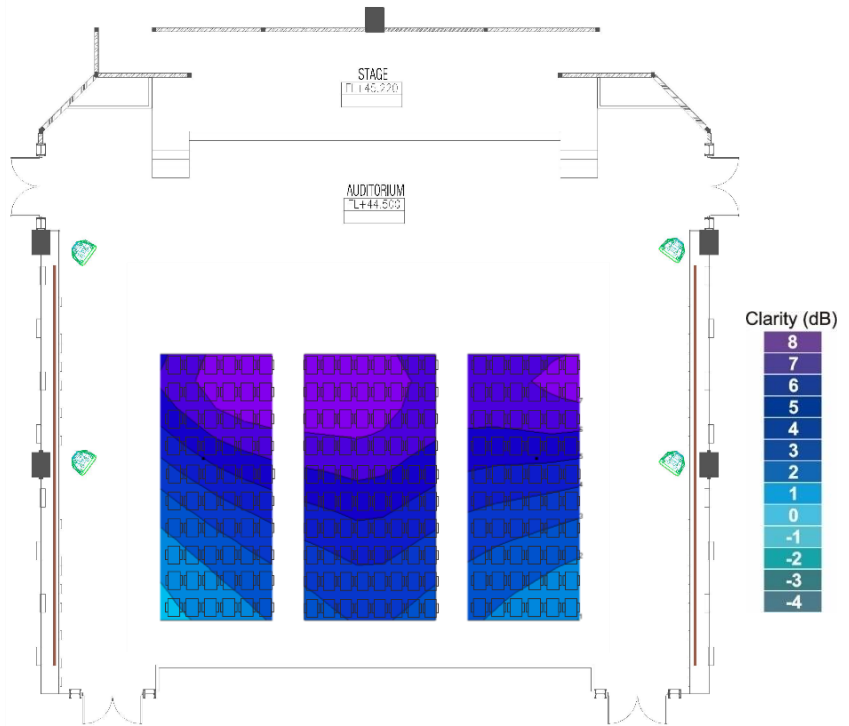
4.4.2. Rekomendasi *Speaker* VIO X15

Rekomendasi penggantian dengan 4 *speaker* VIO X15 yang dipasang pada kanan kiri ruangan sesuai dengan lampiran 8 memberikan hasil simulasi seperti pada gambar 4.40 hingga 4.42.



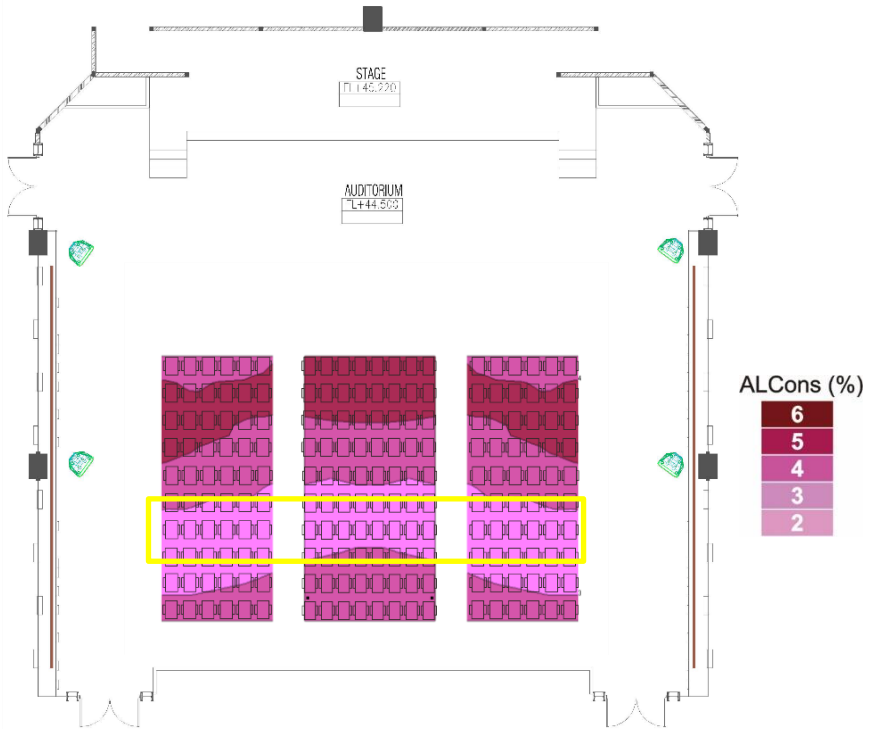
Gambar 4. 40 Plotting STI hasil simulasi speaker VIO

Gambar 4.40 menunjukkan bahwa nilai STI separuh daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* dan di daerah yang diberikan lingkaran kuning memiliki nilai STI di atas 0.75 yang termasuk kategori *excellent*



Gambar 4. 41 *Plotting C_{50} hasil simulasi speaker VIO*

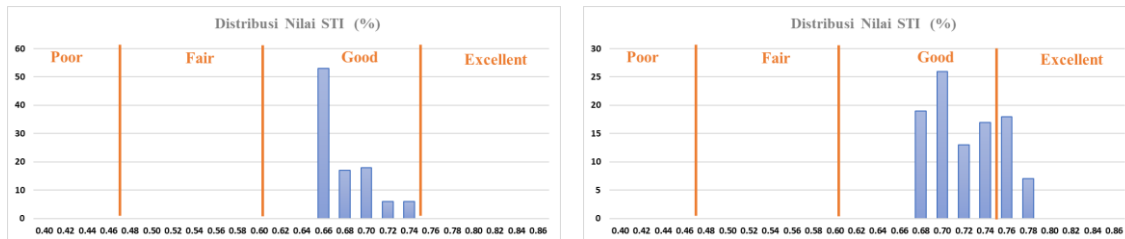
Gambar 4.41 menunjukkan bahwa nilai C_{50} di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada di atas 0.



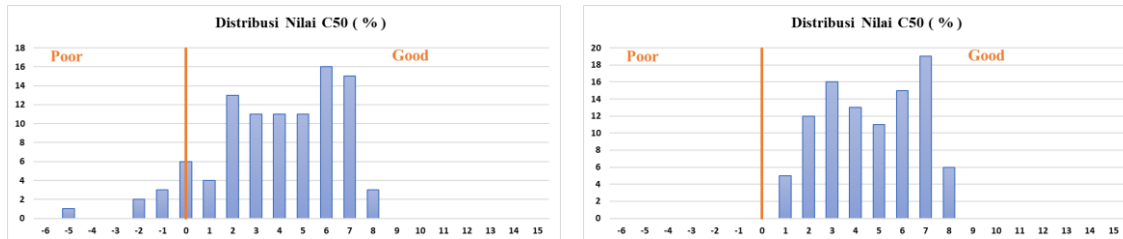
Gambar 4. 42 Plotting %Alcons hasil simulasi *speaker VIO*

Gambar 4.42 menunjukkan bahwa nilai %Alcons hampir di semua daerah dari audiens area berada pada kondisi *good* karena nilainya berada diantara 3% hingga 7%. Hanya pada bagian yang diberikan garis kuning berada pada kondisi *excellent* karena nilainya berada diantara 0% hingga 3%.

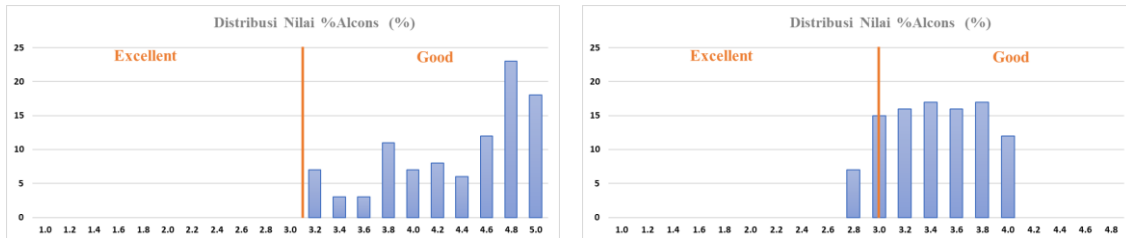
Perbandingan antara *speaker* dengan HK-Audio dibandingkan dengan *speaker* VIO dapat dilihat pada grafik pada gambar 4.43 hingga gambar 4.45. Gambar 4.43 menunjukkan bahwa nilai pada *speaker* VIO menunjukkan nilai STI lebih baik daripada *speaker* HK Audio yang dilihat dari nilai *excellent* yang ada pada persebaran grafik. Selain itu pada gambar 4.44 juga menunjukkan seluruh daerah pada audiens area berada pada kondisi *good*. Sedangkan untuk %Alcons berada pada kondisi *good* dan *excellent*.



Gambar 4. 43 Perbandingan nilai STI setelah penggantian *speaker* dengan HK-Audio dibandingkan dengan *speaker* VIO.



Gambar 4. 44 Perbandingan nilai C_{50} setelah penggantian *speaker* dengan HK-Audio dibandingkan dengan *speaker* VIO.



Gambar 4. 45 Perbandingan nilai %Alcons setelah penggantian *speaker* HK-Audio dibandingkan dengan *speaker* VIO.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Kualitas akustik dari Auditorium Pusat Riset ITS kurang bagus dengan nilai *reverberation time* pada frekuensi *speech* sebesar 1.8 detik hingga 1.9 detik. Nilai STI, %*Alcons* dan C_{50} dalam keadaan buruk.
2. Perbaikan akustik ruang hasil sumulasi menunjukkan bahwa rekomendasi paling tepat dan paling realistis adalah pemberian material kayu yang memiliki daya serap tinggi diantara indoyumen dan kaca. Sehingga nilai *reverberation time* menjadi 0.8 detik dan parameter STI, C_{50} maupun %*Alcons* dalam keadaan baik.
3. Rekomendasi untuk perbaikan sistem audio pada Auditorium adalah dengan melakukan pengkondisian pada *speaker* yang ada sekarang dengan mengatur *aiming speaker* atas panggung sebesar 30^0 dari sumbu horisontal dan 20^0 dari sumbu vertikal untuk *speaker* di bagian kanan kiri dengan *delay speaker* 5 milidetik untuk *speaker* kanan kiri dan lebih cepat 5 milidetik untuk *subwoofer* dari *speaker* di atas panggung atau memakai rekomendasi penggantian jumlah, posisi dan jenis *speaker* yang ada pada Auditorium 4 *speaker* VIO X15 yang dipasang pada kanan kiri ruangan.

5.2 Saran

Penelitian ini sempat melakukan pengambilan data 2 kali dan simulasi 2 kali karena terjebak dengan asumsi asumsi yang ada sehingga memerlukan waktu lebih lama dan biaya lebih banyak. Penelitian selanjutnya sebaiknya tidak terjebak dengan asumsi asumsi yang ada melainkan percaya pada fakta fakta yang ada di lapangan. Selain itu penelitian selanjutnya

sebaiknya melakukan penghitungan daya *amplifier* dan spesifikasinya tidak hanya pada penggantian *speaker*.

DAFTAR PUSTAKA

- Beranek LL. (1989). Balanced noise-criterion (NCB) curves. *J Acoust Soc Am*, *II*(650–64), 86.
- Bradley, J. (2003). The Acoustical Design of Conventional Open Plan Offices. *Canadian Acoustics*, 23.
- Bradley, J., & Sato, H. (2008). The intelligibility of *speech* in. *J. Acoust. Soc. Am.*, *4*(123), 2078–2086.
- Davis, D., Jr, E., & Brown, P. (2013). *Sound System Engineering*. New York and London: Focal Press.
- EASE. (t.thn.). *Material Base CARPT PAD - EASE 4.3*.
- Eldakdoky, S., & Elkhateeb, A. (2017). Acoustic improvement on two lecture auditoria: Simulation and experiment. *Frontiers of Architectural Research*, *I*(6), 1–16.
- Ellison, S., & Germain, P. (2013). *Acoustical Society of America* (Vol. 19). Canada: Acoustical Society of America.
- Everest, F., & Pohlmann, K. (2015). *Master Handbook of Acoustics*. New York: Mc Graw Hill Education.
- Gramez, A., & Boubenider, F. (2017). Acoustic comfort evaluation for a conference room: A case study. *Applied Acoustics*, *I*(118), 39–49.
- ISO. (2012). *Acoustics - Measurement of Room Acoustics Parameter - Part 1: Measurement of room*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Long, M. (2006). *Architectural Acoustics*. San Diego: Elsevier Academic Press.

“ Halaman ini memang dikosongkan “

LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi *Speaker* VIO X15



Frequency Response [-6 dB]: 72 Hz - 21 kHz

Frequency Response [-10 dB]: 55 - 22 kHz

Max SPL (1 m): 133.5 dB

HF: 1 x 1.4", Neodymium

HF Voice Coil: 3"

LF: 1 x 15", Neodymium

LF Voice Coil: 3"

Crossover freq.: 1000 Hz (24 dB/oct)

Directivity (HxV): 60° x 40° (rotatable)

“ Halaman ini memang dikosongkan “

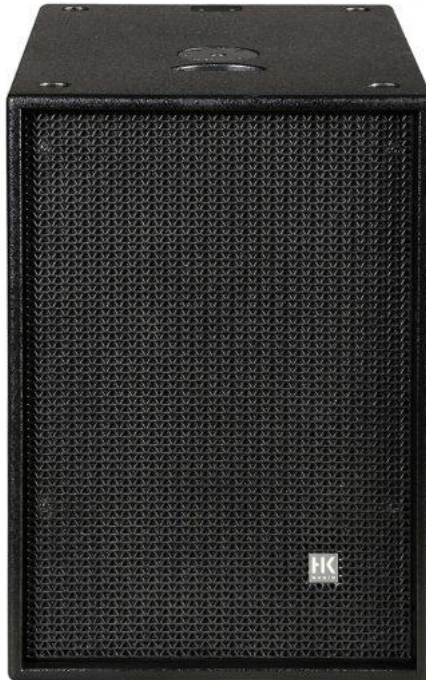
Lampiran 2. Spesifikasi *Speaker* HK-Audio Cohedra CTA 208



- Sensitivity 1W@1m (Half Space): 105 dB
- Max. SPL peak (Half Space): 136 dB
- Frequency response +/-3 dB: 95 Hz – 19 kHz
- Frequency response -10 dB 80 Hz – 20 kHz

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 3. Spesifikasi *Speaker* HK-Audio Cohedra CTA 118 SUB



- Sensitivity 1W@1m (Half Space): 101 dB
- Max. SPL peak (Half Space): 133 dB
- Frequency response +/-3 dB: 42 Hz – fx

“ Halaman ini memang dikosongkan “

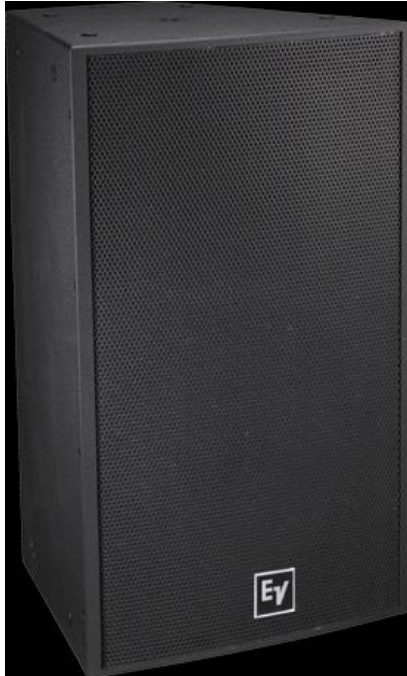
Lampiran 4. Spesifikasi *Speaker* Yamaha CBR15



- System Type : 2-way *Speaker*, Bass-reflex Type
- Components :LF 15" cone, 2.5" voice coil, Ferrite Magnet
- Frequency Range (-10dB) :46Hz - 20kHz
- Crossover Frequency :0kHz
- Coverage Angle (Horizontal x Vertical) :90° x 60° Constant directivity horn
- Nominal Impedance :8Ω
- Power Rating :NOISE 250W, PGM 500W
- Sensitivity (1W, 1m) :96dB SPL
- Maximum SPL (Calculated, 1m) :126dB SPL
- Floor Monitor Angle :50° Symmetrical

“ Halaman ini memang dikosongkan “

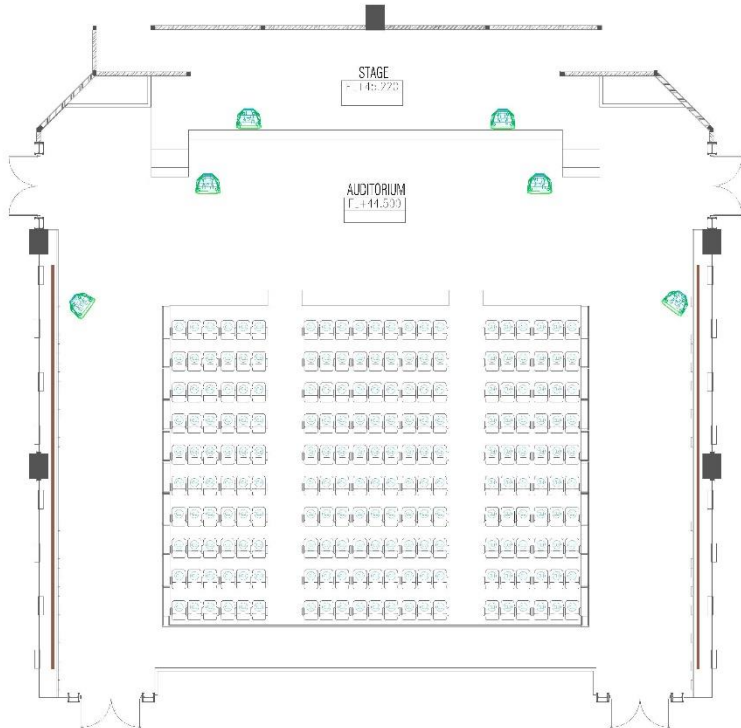
Lampiran 5. Spesifikasi *Speaker* Electro Voice EVF-1122S



- 2-inch ND2B titanium HF compression driver
- Rotatable Constant-directivity waveguide
- Six available patterns with coverage from 40° to 90°
- 101 dB sensitivity, 134 dB maximum SPL
- Power handling: 500 W continuous, 2000 W peak
- 4th-order crossover with HF protection
- Trapezoidal 13-ply birch enclosure in three finishes: EVCoat, PI, and fiberglass (FG)

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 6. Posisi peletakan absorber pada ruangan sebagai Rekomendasi 2



Material Kayu Tambahan Yang Direkomendasikan



Speaker

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 7. Posisi speaker HK Audio rekomendasi



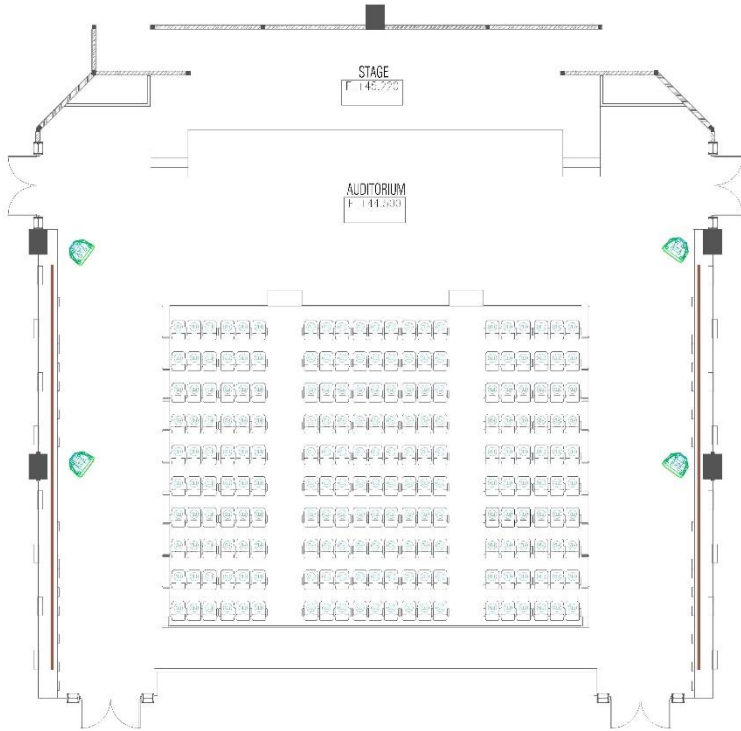
Material Kayu Tambahan Yang Direkomendasikan



Speaker HK Audio Cohedra CTA 208
dan HK Audio CTA 118 SUB

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 8. Posisi speaker VIO X15



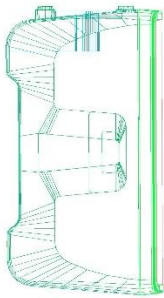
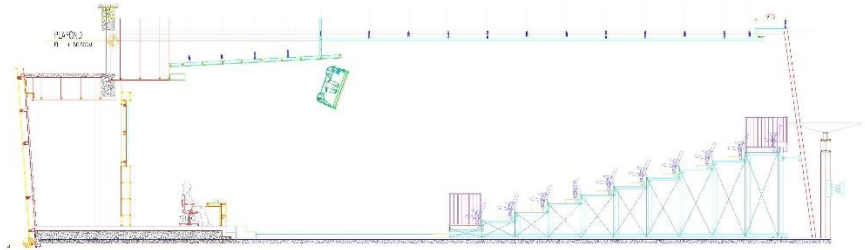
 Material Kayu Tambahan Yang Direkomendasikan



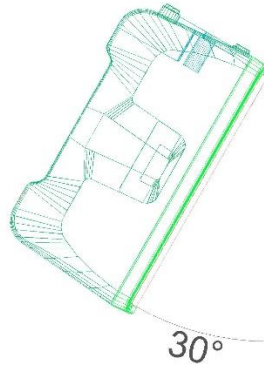
Speaker VIO X15

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 9. Perubahan aiming speaker bagian atas panggung



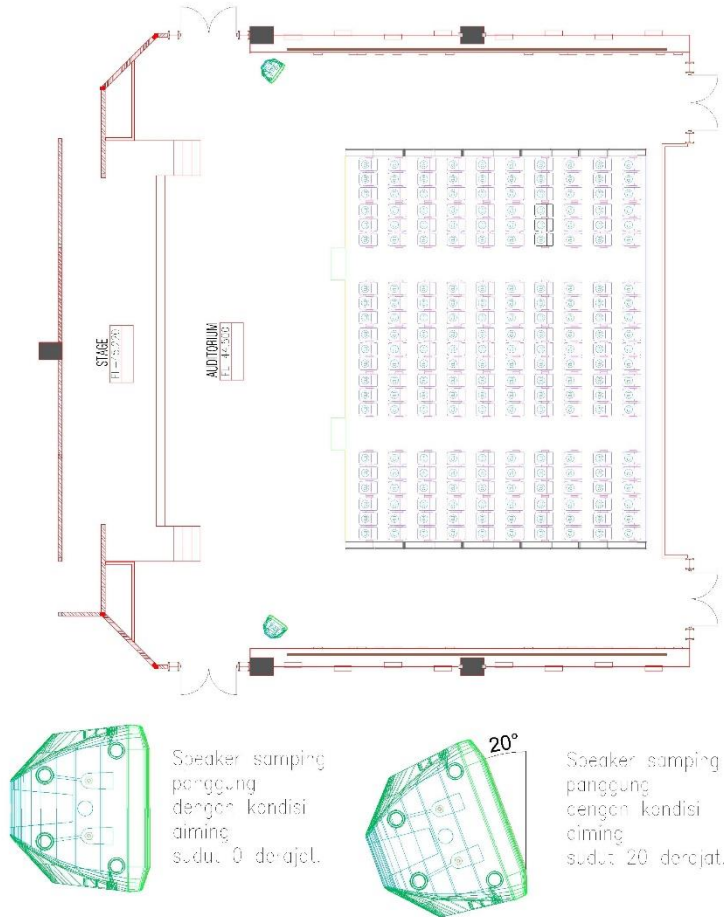
Speaker atas panggung dengan kondisi aiming sudut 0 derajat.



Speaker atas panggung dengan kondisi aiming sudut 30 derajat.

“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 10. Perubahan aiming speaker bagian kanan kiri panggung.



“ Halaman ini memang dikosongkan “

Lampiran 11. Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di desa kecil bernama Bantur yang terletak di pesisir selatan kabupaten Malang pada tanggal 24 Maret 1996. Penulis merupakan satu satunya orang yang kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dari SMAN 1 Bantur tempat menghabiskan masa SMA dulu. Penulis mengambil Tugas Akhir ini karena ketertarikannya dengan *Architectural acoustics* yang memberinya kesempatan untuk menjuarai salah satu lomba di Amerika yang bertemakan dengan *Architectural acoustics*. Penulis berencana melanjutkan belajarnya menuju jenjang lebih tinggi untuk mendalami *Architectural acoustics* hingga ke luar negeri. Penulis sangat terbuka untuk bertukar ilmu dengan menghubungi email penulis yaitu deninur2427@gmail.com.

“ Halaman ini memang dikosongkan “