

**TATA AKUSTIK PADA *BALLROOM* DAN *MEETING ROOM*
HOTEL PASEBAN SENA KOTA PROBOLINGGO**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

**TATA AKUSTIK PADA *BALLROOM* DAN *MEETING ROOM*
HOTEL PASEBAN SENA KOTA PROBOLINGGO**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ADITA RONARIZKIA
NIM. 145060501111034**

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen
pembimbing pada tanggal 12 Juli 2018

Mengetahui
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

Wasiska Iyati, ST., MT.
NIP. 201304 870504 2 001



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI, TESIS, ATAU DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi/Tesis/Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi/Tesis/Disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 12 Juli 2018

Mahasiswa,

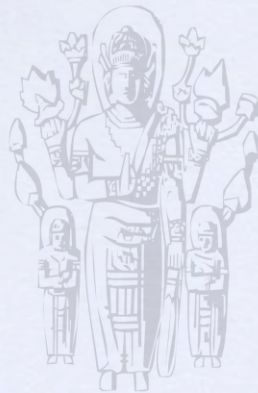


Adita Ronarizkia

NIM. 145060501111034



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 609/JUN10. F07.15/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ADITA RONARIZKIA

Dengan Judul Skripsi :

**TATA AKUSTIK PADA BALLROOM DAN MEETING ROOM
HOTEL PASEBAN SENA KOTA PROBOLINGGO**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **12 Juli 2018**

Ketua Jurusan Arsitektur



Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
 Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsfub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL
 DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Adita Ronarizkia
 NIM : 145060501111034
 Judul Skripsi : Tata Akustik pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel
 Paseban Sena Kota Probolinggo
 Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT.
 Periode Skripsi : Semester Genap 2017-2018
 Alamat Email : adita.aditarona@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
12 Juli 2018	1	2 %	
	2		
	3		

Malang, 12 Juli 2018
 Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Wasiska Iyati, ST., MT
 NIP. 2013048705042001

Kepala Laboratorium
 Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budianto Amiuza, MSA
 NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi



RINGKASAN

Adita Ronarizkia, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Tata Akustik pada Ballroom dan Meeting Room Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo*, Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT.

Pengamatan kondisi eksisting lapangan *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo menunjukkan bahwa ruang pertemuan dan ruang rapat tersebut dibuat tanpa mempertimbangkan tata akustik didalamnya, seperti penggunaan bahan material yang cenderung keras (*hard material*) pada elemen pelingkup ruang dinding, plafond dan lantai. Hal ini menyebabkan kondisi akustik tidak memadai dan timbul adanya cacat akustik seperti waktu dengung yang berkepanjangan, hingga mengakibatkan pendengar merasa terganggu dan suara yang dihasilkan tidak jelas.

Hasil simulasi eksperimental menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* menunjukkan bahwa penggunaan alternatif pelapis material *absorber* pada dinding dan lantai serta material *reflector* pada plafond yang paling optimal menurunkan waktu dengung (*reverberation time*) hingga memenuhi standart yaitu alternatif pelapis pada lantai menggunakan karpet tebal diatas lateks dan kombinasi pelapis dinding dengan *softboard* serta plafond dengan *plywood* untuk ruang *meeting room* saja. Sedangkan, alternatif penambahan bentuk yang paling optimal dan memenuhi standart yaitu dengan memberikan plafond bertrap dilapisi *plasterboard*. Alternatif tersebut dapat menurunkan nilai waktu dengung hingga 56.37 % untuk ruang *ballroom* dan 63.70 % untuk *meeting room*.

Selain optimal dalam kualitas akustik dan memenuhi standart yang telah ditentukan, seluruh alternatif tersebut dapat dipergunakan dengan baik dan praktis karena mampu mengadaptasi perubahan fungsi, kemudahan dalam pengerjaan, serta menghemat waktu, biaya, dan tenaga kerja dalam pemasangan maupun perawatan jangka panjang kedepannya.

Kata kunci : *ballroom*, *meeting room*, peningkatan kualitas akustik ruang, waktu dengung

SUMMARY

Adita Ronarizkia, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2018, Acoustic system on Ballroom and Meeting Room Paseban Sena Hotel Probolinggo City, Academic Supervisor :Wasiska Iyati, ST., MT.

Based on observation of the existing Ballroom and Meeting Room Paseban Sena Hotel in Probolinggo City shows that rooms are build without considering acoustics system, such as using tend to hard materials on scoping element of the wall, plafond, and the floor. These caused the acoustic inadequate and appear deffect of a constant acoustic reverberation time, thus may caused the listener to be disturbed and producing unclear voices.

The result of experimental simulation by using software Ecotect Analysis 2011 shows that the used of an alternative absorber material on the wall and floor and reflector material on plafond that the most optimally reduce reverberation time until compatible to standart are by coating the floor using a thick carpet on latex and combination of wall's coverings with softboard and ceiling with plywood for meeting room only. While, an alternative of additional form at the most optimally condition and to fulfill the standart by given multilevel ceiling with plasterboard. Those alternatives could be decrease the value of reverberation time until 56.37% for the ballroom and 63.70% to meeting room.

Besides for an optimally in acoustic quality system and compatible to standart which has been specified, all of those alternatives can be used properly and practically because its adaptable to functional changes, easily applied, saving time, cost, and man power consuming of implementation and long term maintenance.

Keyword : ballroom, meetingroom, improvement of acoustic quality room, reverberation time

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Tata Akustik pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo”. Shalawat serta salam juga penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga, dan sahabatnya. Studi ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pembaca akan tata akustik dan pengaruh material bangunan yang digunakan terhadap cacat akustik yang ditimbulkan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

Selanjutnya, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran penulisan skripsi ini, baik berupa dorongan moril maupun materil. Penulis yakin, tanpa adanya bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasanya bagi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Di samping itu, izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. yang telah memberikan izin untuk mengadakan penelitian, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini
2. Ketua Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya Bapak Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT. yang telah menyetujui pemilihan judul skripsi ini.
3. Mas Angga dan Mbak Fitri selaku manager dan perwakilan pihak Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo yang telah memberikan informasi lengkap dan memberikan izin untuk meneliti ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo
4. Ibu Wasiska Iyati ST., MT. selaku dosen pembimbing yang penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc selaku dosen penguji I dan Ibu Eryani Nurma Yulita, ST., MT., M.Sc. selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kedepannya dalam skripsi ini hingga terselesaikan dengan baik.
6. Orang tua penulis Mama dan Papa yang selalu mendukung, mendokaaan, serta membantu dalam segi moril dan materil penulis demi kelancaran dan kemudahan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Kakak kandung beserta kakak ipar Aulia Kurniawan, Anas Affandi, Sarah Rosalia, dan Veliana Ningrum yang telah membantu memberikan arahan dalam tahap penyelesaian skripsi ini.
8. Saudara ipar Mama Indah, Papa Haris, Hani, Ana, Nisa, dan Ded, yang selalu menyemangati ketika penulis sudah mulai lelah untuk mengerjakan skripsi ini.
9. Alief Muhammad selaku teman terdekat dan terspecial yang selalu mendukung, mendoakan, dan juga memberikan arahan yang baik dari awal pengerjaan skripsi hingga skripsi selesai.
10. Astri Felia Yulianti selaku teman yang memberikan arahan dan informasi mengenai akustik hingga penulis dapat lebih memahami serta dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
11. Teman-teman terdekat Medina, Lita, Puput, Acika, Salsa, Adel dan Nanda yang juga mendukung serta menyemangati agar tetap konsisten dan fokus dalam mengerjakan skripsi.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa studi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu penulis harapkan demi kesempurnaan dan perbaikan skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membaca skripsi ini. Semoga bermanfaat.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

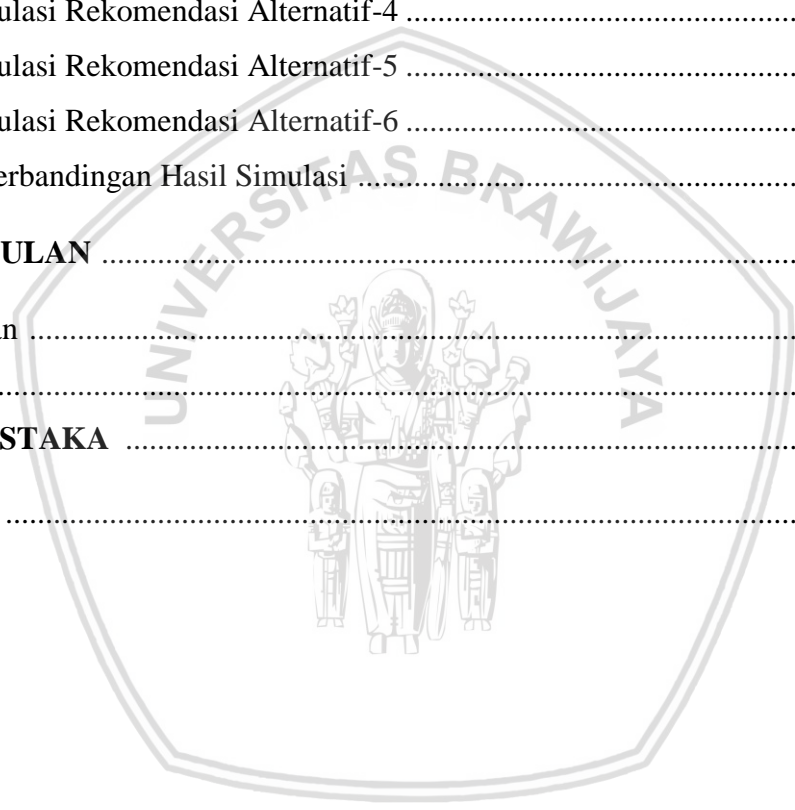
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR HASIL DETEKSI PLAGIASI	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xxvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan Masalah	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Pembahasan	5
1.8 Kerangka Pemikiran	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Definisi Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat	8
2.1.1 Ruang Pertemuan.....	8
2.1.2 Ruang Rapat	10
2.2 Akustika Arsitektur	11
2.2.1 Sumber Bunyi atau Suara	12
2.2.2 Penghantar Bunyi atau Suara.....	14
2.2.3 Indera Pendengaran Manusia sebagai Penerima Bunyi.....	21
2.3 Perancangan Akustika Arsitektur untuk Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat	21



2.3.1 Waktu Dengung (<i>Reverbratin Time</i>).....	22
2.3.2 Terbebas dari Cacat Akustik Ruang	24
2.3.3 Kreteria Perancangan Akustik Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat.....	25
2.4 Metode Analisis Akustik Waktu Dengung pada Ruang	29
2.5 Penelitian Terdahulu	31
2.6 Kerangka Teori	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Metode Umum dan Tahapan Penelitian	35
3.1.1 Metode Umum	35
3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian.....	36
3.2 Lokus dan Fokus Penelitian	36
3.2.1 Lokus Penelitian.....	36
3.2.2 Fokus Penelitian	37
3.3 Metode Pengumpulan Data	37
3.3.1 Data Primer.....	37
3.3.2 Data Sekunder	38
3.4 Variabel Penelitian	38
3.4.1 Variabel Bebas.....	38
3.4.2 Variabel Terikat.....	38
3.5 Metode Pengukuran	38
3.5.1 Pengukuran Tingkat Bising latar Belakang (<i>Background Noise Level</i>)	39
3.5.2 Pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi	41
3.5.3 Pengukuran Waktu Dengung (<i>Reverberation Time</i>).....	43
3.6 Metode Analisis	44
3.7 Instrument Penelitian	46
3.8 Kerangka Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Tinjauan Umum <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo 42	49
4.2 Analisis Kondisi Eksisting Objek Penelitian	51
4.2.1 Pengamatan Visual	51
4.2.2 Pengukuran Lapangan	56



4.2.3 Pensimulasian	76
4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran Lapangan dan Pensimulasian	88
4.4 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain	90
4.4.1 Menambahkan Pelapis Material	91
4.4.2 Menambahkan Elemen Bentuk.....	99
4.5 Pensimulasian Alternatif Rekomendasi Desain	105
4.5.1 Simulasi Rekomendasi Alternatif-1	105
4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-2	120
4.5.3 Simulasi Rekomendasi Alternatif-3	135
4.5.4 Simulasi Rekomendasi Alternatif-4	149
4.5.5 Simulasi Rekomendasi Alternatif-5	161
4.5.6 Simulasi Rekomendasi Alternatif-6	176
4.6 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi	196
BAB V SIMPULAN	216
5.1 Kesimpulan	216
5.2 Saran	217
DAFTAR PUSTAKA	218
LAMPIRAN	219



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Kerangka Penelitian.....	7
Gambar 2.1.	(a) Denah <i>Ballroom Upper Floor</i> Aisawan Resort & Spa (b) <i>Ballroom</i> Aisawan Resort & Spa	8
Gambar 2.2	(a) Denah <i>Ballroom lantai satu</i> Hotel Paseban Sena Kota <i>Probolinggo</i> (b) Ruang <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota <i>Probolinggo</i>	9
Gambar 2.3	(a) Denah <i>Meeting Room Lower Floor</i> Aisawan Resort & Spa (b) Ruang Rapat pada Aisawan Resort & Spa	10
Gambar 2.4	(a) Denah <i>meeting room</i> lantai dua Hotel Paseban Sena Kota <i>Probolinggo</i> (b) <i>Meeting room</i> Hotel Paseban Sena Kota <i>Probolinggo</i>	11
Gambar 2.5	Elemen dasar akustik	12
Gambar 2.6	Lintasan Bunyi Langsung dan Bunyi Pantul	15
Gambar 2.7	Pemantulan yang terjadi pada elemen pembatas cembung, cekung, dan datar	15
Gambar 2.8	Karakteristik Penyerapan dari Material Berpori.....	16
Gambar 2.9	(a) <i>Soft-board</i> (b) Selimut Akustik (c) <i>Acoustics Tiles</i>	17
Gambar 2.10	Karakteristik Penyerapan dari Panel.....	17
Gambar 2.11	Karakteristik Rongga Penyerap	18
Gambar 2.12	Difraksi Bunyi pada Plafond dan Dinding Penghalang	20
Gambar 2.13	Difusor pada Plafond	20
Gambar 2.14	(a) Panel Difusor Kayu (b) Difusor Panel Tunggal <i>Schroeder</i> (c) Blok Difusor	21
Gambar 2.15	Standart Waktu Dengung	23
Gambar 2.16	Jangkauan rambat bunyi dengan berbagai tingkat frekuensi	25
Gambar 2.17	Perlakuan terhadap dinding belakang penonton	26
Gambar 2.18	(a) Karpet untuk Lantai (b) <i>Axminster Carpet</i>	27
Gambar 2.19	Skema <i>Sound System</i>	28
Gambar 2.20	Sistem Perletakan <i>Speaker</i> Terpusat	28

Gambar 2.21	Sistem Perletakan <i>Speaker</i> Terdistribusi.....	29
Gambar 2.22	Kerangka Teori	33
Gambar 3.1	Lokasi Objek Penelitian.....	35
Gambar 3.2	(a) <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo (b) <i>Meeting room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	36
Gambar 3.3	Titik Pengukuran Bising Latar Belakang pada <i>Ballroom</i> Lantai 1 Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	38
Gambar 3.4	Titik Pengukuran Bising Latar Belakang pada <i>Meeting Room</i> Lantai 2 <i>Mezzanine</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	39
Gambar 3.5	Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada <i>ballroom</i> lantai satu Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	40
Gambar 3.6	Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada <i>meeting room</i> lantai dua Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	41
Gambar 3.7	Meteran Bangunan	45
Gambar 3.8	<i>Sound Level Meter</i>	46
Gambar 3.9	Kerangka Penelitian	47
Gambar 4.1	(a) Kegiatan sosialisasi pada <i>ballroom</i> Hotel Paseban Sena, (b) Kegiatan resepsi pernikahan pada <i>ballroom</i> Hotel Paseban Sena, (c) Kegiatan seminar pada <i>meeting room</i> Hotel Paseban Sena, (d) Kegiatan rapat internal pada <i>meeting room</i> Hotel Paseban Sena.....	43
Gambar 4.2	Peta Kota Probolinggo Wilayah (RTRW) Kota Probolinggo Tahun 2012-2032	44
Gambar 4.3	Wilayah jalan Suroyo.....	44
Gambar 4.4	<i>Site plan</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	44
Gambar 4.5	Denah lantai satu <i>ballroom</i> Paseban Sena Kota Probolinggo.....	45
Gambar 4.6	Denah lantai dua <i>meeting room</i> Paseban Sena Kota Probolinggo...	46
Gambar 4.7	Analisis perambatan suara yang terjadi pada <i>ballroom</i> dan <i>meeting room</i> Hotel Paseban Sena.....	48
Gambar 4.8	Zonasi tiap material (a) Bidang dinding bata <i>finishing</i> plester dan cat (b) Bidang keramik 60 x 60 cm (c) Bidang kolom beton (d) Bidang plafond gypsum (e) Jendela dan pintu kusen kayu dan kaca <i>single glass</i>	49
Gambar 4.9	Area yang diukur pada <i>ballroom</i> lantai satu	50

Gambar 4.10	Area yang diukur pada <i>meeting room</i> lantai dua	55
Gambar 4.11	Letak titik ukur pada <i>ballroom</i> lantai satu	56
Gambar 4.12	Letak titik ukur pada <i>meeting room</i> lantai dua	56
Gambar 4.13	Proses pengukuran (a) <i>Sound level meter</i> (b) Pencatatatan hasil pengukuran (c) Kegiatan pengukuran pada tiap titik	57
Gambar 4.14	Hasil pengukuran <i>background noise level</i> pada <i>ballroom</i> lantai satu	57
Gambar 4.15	Hasil pengukuran <i>background noise level</i> pada <i>meeting room</i> lantai dua.....	58
Gambar 4.16	Grafik hasil pengukuran <i>background noise level</i> pada <i>ballroom</i> dan <i>meeting room</i>	58
Gambar 4.17	Analisis hasil pengukuran <i>background noise level</i> pada <i>ballroom</i> ..	59
Gambar 4.18	Analisis hasil pengukuran <i>background noise level</i> pada <i>meeting room</i>	60
Gambar 4.19	Analisis pengaruh ruang luar terhadap tingkat bunyi dan bising latar belakang pada <i>layout plan Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	61
Gambar 4.20	Analisis pengaruh ruang luar terhadap tingkat bunyi latar belakang pada potongan Kawasan A-A' Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	62
Gambar 4.21	Analisis pengaruh ruang luar terhadap tingkat bunyi latar belakang pada potongan kawasan B-B' Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	62
Gambar 4.22	Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada <i>ballroom</i> dan <i>meeting room</i>	63
Gambar 4.23	Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan bunyi pada <i>ballroom</i> ..	64
Gambar 4.24	Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan bunyi pada <i>meeting room</i>	65
Gambar 4.25	Analisis hasil tingkat tekanan bunyi pada <i>ballroom</i>	66
Gambar 4.26	Analisis hasil tingkat tekanan bunyi pada <i>meeting room</i>	67
Gambar 4.27	Grafik waktu dengung pada <i>ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	72
Gambar 4.28	Grafik waktu dengung pada <i>meeting room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	72



Gambar 4.29	Analisis hasil perhitungan numerik waktu dengung (<i>reverbration time</i>) (a) <i>ballroom</i> (b) <i>meeting room</i>	73
Gambar 4.30	Klasifikasi material kondisi eksisting dalam pensimulasian.....	74
Gambar 4.31	Pengaturan simulasi pada <i>ballroom</i> meliputi sudut dan jumlah sebaran	75
Gambar 4.32	Hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada denah.....	75
Gambar 4.33	Hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada <i>ballroom</i> tampak samping	76
Gambar 4.34	Pengaturan simulasi pada <i>ballroom</i> meliputi sudut dan jumlah sebaran	76
Gambar 4.35	Hasil simulasi pantulan bunyi pada <i>ballroom</i> tampak atas.....	77
Gambar 4.36	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada <i>meeting room</i> (a) Pantulan pada elemen pelingkup bagian depan (b) Pantulan pada elemen pelingkup bagian belakang	78
Gambar 4.37	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada <i>ballroom</i> tampak atas.....	79
Gambar 4.38	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada <i>ballroom</i> tampak samping.....	80
Gambar 4.39	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> pada <i>meeting room</i> tampak atas	81
Gambar 4.40	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> bagian depan pada <i>meeting room</i>	81
Gambar 4.41	Analisis hasil simulasi pantulan bunyi <i>animated rays</i> bagian belakang pada <i>meeting room</i>	82
Gambar 4.42	Pengaturan simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>ballroom</i> meliputi jumlah tempat duduk dan jenis zona.....	83
Gambar 4.43	Grafik hasil simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>ballroom</i>	83
Gambar 4.44	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i>	83
Gambar 4.45	Pengaturan simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>meeting room</i> meliputi jumlah tempat duduk dan jenis zona	84
Gambar 4.46	Grafik hasil simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>meeting room</i>	84
Gambar 4.47	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>meeting room</i>	84
Gambar 4.48	Grafik nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i>	85
Gambar 4.49	Grafik nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>meeting room</i>	85
Gambar 4.50	Alternatif rekomendasi desain pada dinding <i>ballroom</i>	89



Gambar 4.51	Alternatif rekomendasi desain pada dinding <i>meeting room</i>	90
Gambar 4.52	Analisis alternatif rekomendasi desain pada denah <i>ballroom</i>	91
Gambar 4.53	Analisis alternatif rekomendasi desain pada denah <i>meeting room</i> ..	91
Gambar 4.54	Alternatif rekomendasi desain pada <i>Ballroom</i> dan <i>meeting room</i> dengan pelapis baru pada dinding.....	93
Gambar 4.55	Analisis rekomendasi desain pada plafond <i>ballroom</i> dan <i>meeting room</i>	94
Gambar 4.56	Alternatif rekomendasi desain pada <i>Ballroom</i> dan <i>meeting room</i> dengan pelapis baru pada plafond.....	94
Gambar 4.57	Analisis rekomendasi desain pada lantai <i>ballroom dan meeting room</i>	95
Gambar 4.58	Alternatif rekomendasi desain pelapis pada lantai <i>ballroom dan meeting room</i>	95
Gambar 4.59	Alternatif rekomendasi desain kombinasi material absorber dan reflektor.....	96
Gambar 4.60	Rekomendasi desain penambahan elemen pada dinding pada lantai <i>ballroom dan meeting room</i>	97
Gambar 4.61	Detail elemen tambahan pada dinding	98
Gambar 4.62	Spesi dinding bergerigi dengan konsep <i>air-gap</i>	98
Gambar 4.63	Rekomendasi desain penambahan elemen gantung pada plafond di <i>ballroom</i>	99
Gambar 4.64	Rekomendasi desain penambahan elemen gantung pada plafond di <i>meeting room</i>	101
Gambar 4.65	Grafik hasil simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>ballroom</i> menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral	104
Gambar 4.66	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i> menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral.....	104
Gambar 4.67	Grafik hasil simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>meeting room</i> menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral	104
Gambar 4.68	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i> menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral.....	105
Gambar 4.69	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral pada <i>ballroom</i>	106



Gambar 4.70	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material karpet tebal bermineral pada <i>meeting room</i>	107
Gambar 4.71	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i> menggunakan Papan Serat Tatal Kayu	107
Gambar 4.72	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>ballroom</i> menggunakan material pelapis dinding papan serat tatal kayu	108
Gambar 4.73	Grafik hasil simulasi <i>reverberation time</i> pada <i>meeting room</i> menggunakan papan serat tatal kayu	108
Gambar 4.74	Nilai waktu dengung hasil simulasi pada <i>meeting room</i> dengan material papan serat tatal kayu	108
Gambar 4.75	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada <i>ballroom</i>	109
Gambar 4.76	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada <i>meeting room</i>	110
Gambar 4.77	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding <i>softboard</i> pada <i>ballroom</i>	111
Gambar 4.78	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding <i>softboard</i> pada <i>ballroom</i>	111
Gambar 4.79	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding <i>softboard</i> pada <i>meeting room</i>	112
Gambar 4.80	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding <i>softboard</i> pada <i>meeting room</i>	112
Gambar 4.81	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada <i>ballroom</i>	113
Gambar 4.82	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada <i>meeting room</i>	114
Gambar 4.83	Perbandingan dari masing-masing alternatif material pelapis dinding <i>ballroom</i>	115
Gambar 4.84	Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis material dinding pada <i>meeting room</i>	116
Gambar 4.85	Potongan detail alternatif satu pelapis dinding <i>softboard</i> (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	117



Gambar 4.86	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis material <i>softboard</i> pada dinding.....	117
Gambar 4.87	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Meeting Room</i> setelah diberikan pelapis material <i>softboard</i> pada dinding	118
Gambar 4.88	Hasil rekomendasi desain <i>Ballroom</i> penambahan lapisan material <i>plywood</i>	118
Gambar 4.89	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plywood</i> pada plafond <i>ballroom</i>	119
Gambar 4.90	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plywood</i> pada plafond <i>meeting room</i>	119
Gambar 4.91	Data hasil rekomendasi desain material <i>plywood</i> pada plafond <i>meeting room</i>	119
Gambar 4.92	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	120
Gambar 4.93	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond material <i>plywood</i> pada <i>meeting room</i> ...	121
Gambar 4.94	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plesterboard</i> pada plafond <i>ballroom</i>	122
Gambar 4.95	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plesterboard</i> pada plafond <i>ballroom</i>	122
Gambar 4.96	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plesterboard</i> pada plafond <i>meeting room</i>	123
Gambar 4.97	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plesterboard</i> pada plafond <i>meeting room</i>	123
Gambar 4.98	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	124
Gambar 4.99	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond material <i>plasterboard</i> pada <i>meeting room</i>	125
Gambar 4.100	Hasil rekomendasi desain <i>Ballroom</i> penambahan lapisan material plaster pada bilah papan	126
Gambar 4.101	Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material plaster pada bilah papan pada plafond <i>ballroom</i>	126
Gambar 4.102	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material <i>plaster</i> pada papan bilah pada plafond <i>meeting room</i>	126
Gambar 4.103	Data hasil rekomendasi desain material plaster papan bilah pada plafond <i>meeting room</i>	127

Gambar 4.104	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material plaster pada papan bilah pada <i>ballroom</i>	128
Gambar 4.105	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond <i>meeting room</i> material plaster pada bilah papan	129
Gambar 4.106	Perbandingan dari masing-masing alternatif material plafond pada <i>ballroom</i>	130
Gambar 4.107	Perbandingan dari masing-masing alternatif material plafond <i>meeting room</i>	131
Gambar 4.108	Potongan detail alternatif satu pelapis plafond berupa <i>plywood</i> (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	131
Gambar 4.109	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis material <i>plywood</i> pada plafond	132
Gambar 4.110	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Meeting Room</i> setelah diberikan pelapis material <i>plywood</i> pada plafond	132
Gambar 4.111	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat di atas Karpet Busa pada lantai <i>Ballroom</i>	134
Gambar 4.112	Data hasil rekomendasi desain penambahan material Karpet Berat di atas Karpet Busa pada lantai <i>Ballroom</i>	134
Gambar 4.113	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat di atas Karpet Busa pada lantai <i>meeting room</i>	134
Gambar 4.114	Data hasil rekomendasi penambahan material Karpet Berat di atas Karpet Busa pada lantai <i>Meeting Room</i>	135
Gambar 4.115	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet tebal di atas busa pada <i>ballroom</i>	135
Gambar 4.116	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat di atas Lateks pada lantai <i>Ballroom</i>	137
Gambar 4.117	Data hasil rekomendasi penambahan material Karpet Berat di atas lateks pada lantai <i>Ballroom</i>	137
Gambar 4.118	Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat di atas Karpet Lateks tak berpori pada <i>meeting room</i>	138
Gambar 4.119	Data hasil rekomendasi desain penambahan material Karpet Berat di atas Lateks pada lantai <i>Meeting Room</i>	138
Gambar 4.120	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet di atas lateks pada <i>ballroom</i>	139

Gambar 4.121	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet tebal di atas lateks tak berpori pada <i>meeting room</i>	140
Gambar 4.122	Hasil grafik alternatif rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet ruang dalam- luar dalam <i>Ballroom</i>	141
Gambar 4.123	Data hasil simulasi menggunakan alternatif karpet ruang dalam pada lantai <i>ballroom</i>	141
Gambar 4.124	Hasil grafik alternatif rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet ruang dalam- luar pada lantai <i>meeting room</i>	141
Gambar 4.125	Data hasil simulasi alternatif karpet ruang dalam yang diterapkan dalam lantai <i>meeting room</i>	142
Gambar 4.126	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet ruang luar-dalam pada <i>ballroom</i>	143
Gambar 4.127	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet ruang luar-dalam pada <i>meeting room</i>	144
Gambar 4.128	Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada <i>Ballroom</i>	145
Gambar 4.129	Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada <i>Meeting room</i>	145
Gambar 4.130	Potongan detail alternatif satu lantai karpet tebal di atas lateks tak berpori (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	146
Gambar 4.131	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai	146
Gambar 4.132	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Meeting Room</i> setelah diberikan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai	147
Gambar 4.133	Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan <i>softboard</i> dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Ballroom</i>	148
Gambar 4.134	Data Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan <i>softboard</i> dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Ballroom</i>	148
Gambar 4.135	Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan <i>softboard</i> dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Meeting Room</i>	149
Gambar 4.136	Data Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan <i>softboard</i> dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Meeting Room</i>	149
Gambar 4.137	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif kombinasi pelapis dinding <i>softboard</i> dengan plafond <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	150



Gambar 4.138	Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet ruang luar-dalam pada <i>meeting room</i>	151
Gambar 4.139	Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Ballroom</i>	152
Gambar 4.140	Data Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Ballroom</i>	152
Gambar 4.141	Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Meeting Room</i>	153
Gambar 4.142	Data Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond <i>Plywood</i> pada <i>Meeting Room</i>	153
Gambar 4.143	Grafik perbandingan antara simulasi dengan alternatif kombinasi pelapis lantai karpet di atas lateks denagan plafond <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	154
Gambar 4.144	Grafik perbandingan antara eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet di atas ateks dan <i>plywood</i> pada plafond <i>meeting room</i>	155
Gambar 4.145	Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada <i>Ballroom</i>	156
Gambar 4.146	Perbandingan dari masing-masing alternatif kombinasi pada <i>Meeting room</i>	157
Gambar 4.147	Potongan detail alternatif kombinasi dinding <i>softboard</i> dengan plafond <i>plywood</i> (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	157
Gambar 4.148	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis kombinasi dinding <i>softboard</i> dan plafond <i>plywood</i>	158
Gambar 4.149	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Meeting Room</i> setelah diberikan pelapis kombinasi dinding <i>softboard</i> dan plafond <i>plywood</i>	158
Gambar 4.150	Visualisasi konsep dinding bertrap	159
Gambar 4.151	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>perforated mineral fiberboard</i> pada <i>ballroom</i>	159
Gambar 4.152	Data Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>perforater mineral fiberboard</i> pada <i>ballroom</i>	160
Gambar 4.153	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>perforater mineral fiberboard</i> pada <i>meeting room</i>	160
Gambar 4.154	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>perforater mineral fiberboard</i> pada <i>meeting room</i>	161



Gambar 4.155	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan bentuk dinding bergerigi lapis <i>perforated mineral fiberboard</i>	162
Gambar 4.156	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dan alternatif penambahan bentuk dinding bergerigi lapis <i>perforated mineral fiberboard</i>	163
Gambar 4.157	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>softboard</i> pada <i>ballroom</i>	163
Gambar 4.158	Data pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>softboard</i> pada <i>ballroom</i>	164
Gambar 4.159	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>softboard</i> pada <i>meeting room</i>	164
Gambar 4.160	Data pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis <i>softboard</i> pada <i>meeting room</i>	164
Gambar 4.161	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi <i>softboard</i> pada <i>Ballroom</i>	165
Gambar 4.162	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi <i>softboard</i> pada <i>meeting room</i>	166
Gambar 4.163	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada <i>ballroom</i>	167
Gambar 4.164	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada <i>ballroom</i>	167
Gambar 4.165	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada <i>meeting room</i>	168
Gambar 4.166	Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada <i>meeting room</i>	168
Gambar 4.167	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi papan serat kayu tatal.....	169
Gambar 4.168	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif dinding bergerigi dilapisi papan serat kayu tatal pada <i>meeting room</i>	170
Gambar 4.169	Perbandingan dari masing-masing alternatif dinding bergerigi yang terlapis beberapa material pada <i>Ballroom</i>	171
Gambar 4.170	Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis dinding bergerigi pada <i>Meeting room</i>	172



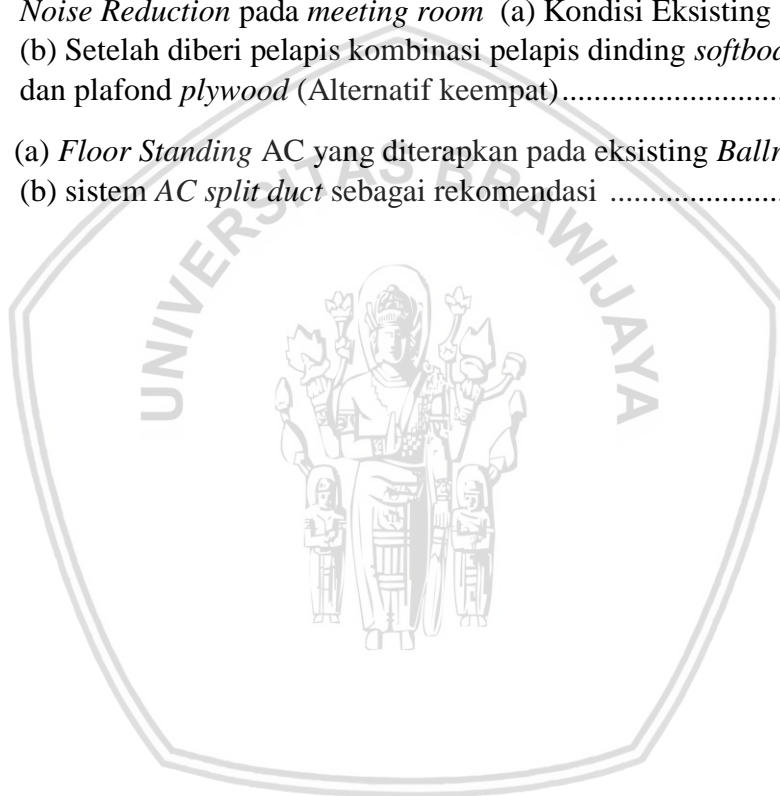
Gambar 4.171	Potongan detail alternatif lapisan penambahan bentuk dinding bergerigi (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	173
Gambar 4.172	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis <i>softboard</i> pada permukaan dinding bergerigi.....	173
Gambar 4.173	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Meeting Room</i> setelah diberikan pelapis <i>softboard</i> pada permukaan dinding bergerigi.....	174
Gambar 4.174	Visualisasi alternatif keenam dengan konsep gantung bertrap	174
Gambar 4.175	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan pelapis <i>plasterboard</i> pada <i>ballroom</i>	175
Gambar 4.176	Data hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan pelapis <i>plasterboard</i> pada <i>ballroom</i>	175
Gambar 4.177	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> pada <i>meeting room</i>	176
Gambar 4.178	Data hasil rekomendasi <i>meeting room</i> penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i>	176
Gambar 4.179	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap <i>plasterboard</i> pada <i>ballroom</i>	177
Gambar 4.180	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> pada <i>meeting room</i>	178
Gambar 4.181	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>Plywood</i> pada <i>Ballroom</i>	179
Gambar 4.182	Data hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	180
Gambar 4.183	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>Plywood</i> pada <i>meeting room</i>	180
Gambar 4.184	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>Plywood</i> pada <i>meeting room</i>	181
Gambar 4.185	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap <i>plywood</i> pada <i>ballroom</i>	182
Gambar 4.186	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi <i>plywood</i> pada <i>meeting room</i>	183



Gambar 4.187	Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada bilah papan pada <i>Ballroom</i>	184
Gambar 4.188	Data hasil rekomendasi desain <i>ballroom</i> penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plaster pada papan bilah</i>	185
Gambar 4.189	Hasil rekomendasi desain <i>meeting room</i> penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah	185
Gambar 4.190	Hasil rekomendasi <i>meeting room</i> dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah	186
Gambar 4.191	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting <i>ballroom</i> dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap plester pada papan bilah.....	187
Gambar 4.192	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi plester pada papan bilah di <i>meeting room</i>	188
Gambar 4.193	Perbandingan dari masing-masing alternatif plafond gantung bertrap yang dilapisi beberapa material pada <i>Ballroom</i>	190
Gambar 4.194	Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis plafond gantung bertrap pada <i>Meeting room</i>	191
Gambar 4.195	Potongan detail alternatif lapisan penambahan bentuk plafond gantung bertrap (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'	191
Gambar 4.196	Perspektif Visualisasi 3D pada <i>Ballroom</i> setelah diberikan pelapis <i>plasterboard</i> pada permukaan plafond gantung bertrap ...	192
Gambar 4.199	Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dan keenam alternatif rekomendasi desain pada <i>meeting room</i>	192
Gambar 4.200	Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan <i>animated rays</i> pada <i>ballroom</i> sebelum diberikan rekomendasi desain	197
Gambar 4.201	Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan <i>animated rays</i> pada <i>ballroom</i> setelah diberikan rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap	202
Gambar 4.202	Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan <i>animated rays</i> pada <i>meeting room</i> sebelum diberikan rekomendasi desain	202
Gambar 4.203	Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan <i>animated rays</i> pada <i>meeting room</i> setelah diberikan rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap	203
Gambar 4.204	Hasil pengurangan <i>Background Noise Level</i> menggunakan rumus <i>Noise Reduction</i> pada <i>ballroom</i> (a) Kondisi Eksisting	



	(b) Setelah diberi plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> (Alternatif keenam).....	203
Gambar 4.205	Hasil pengurangan <i>Background Noise Level</i> menggunakan rumus <i>Noise Reduction</i> pada <i>meeting room</i> (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> (Alternatif keenam).....	209
Gambar 4.206	Hasil pengurangan <i>Background Noise Level</i> menggunakan rumus <i>Noise Reduction</i> pada <i>ballroom</i> (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi pelapis lantai dengan material karpet tebal diatas lateks tak berpori (Alternatif ketiga).....	210
Gambar 4.207	Hasil pengurangan <i>Background Noise Level</i> menggunakan rumus <i>Noise Reduction</i> pada <i>meeting room</i> (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi pelapis kombinasi pelapis dinding <i>softboard</i> dan plafond <i>plywood</i> (Alternatif keempat).....	211
Gambar 4.208	(a) <i>Floor Standing AC</i> yang diterapkan pada eksisting <i>Ballroom</i> (b) sistem <i>AC split duct</i> sebagai rekomendasi	213



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 1	Koefisien Absorpsi Jenis Material.....	18
Tabel 2	Koefisien Air <i>Absorption</i>	19
Tabel 3	Sifat dan Alokasi Material.....	27
Tabel 4	Penelitian Terdahulu.....	30
Tabel 5	Contoh metode pemilihan material yang dijadikan alternatif rekomendasi.....	44
Tabel 6	Daftar Ruang pada Gedung <i>Ballroom</i> Paseban Sena Kota Probolinggo	49
Tabel 7	Jenis Material <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	51
Tabel 8	Koefisien Serap Material pada <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i>	68
Tabel 9	Luas Permukaan dan Volume Ruang <i>Ballroom</i>	69
Tabel 10	Luas Permukaan dan Volume Ruang <i>Meeting Room</i>	69
Tabel 11	Hasil Perhitungan Angka Sabine <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	70
Tabel 12	Hasil Perhitungan Angka Sabine <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	70
Tabel 13	Hasil perhitungan waktu dengung menggunakan formula Sabine pada <i>Ballroom</i>	71
Tabel 14	Hasil perhitungan waktu dengung menggunakan formula Sabine pada <i>Meeting Room</i>	71
Tabel 15	Keterangan perbedaan warna dalam pancaran sumber bunyi	78
Tabel 16	Perbandingan hasil perhitungan <i>reverberation time</i> pada <i>ballroom</i>	86
Tabel 17	Perbandingan hasil perhitungan <i>reverberation time</i> pada <i>meeting room</i>	86
Tabel 18	Grafik perbandingan hasil perhitungan <i>reverberation time</i> pada <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i>	87
Tabel 19	Fungsi dan Alokasi Material.....	88
Tabel 20	Alternatif Rekomendasi pada Dinding	92



Tabel 21	Detail Plafond pada <i>Ballroom</i>	99
Tabel 22	Detail Plafond pada <i>Meeting Room</i>	101
Tabel 23	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral	105
Tabel 24	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral	106
Tabel 25	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu	109
Tabel 26	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu.....	110
Tabel 27	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis dinding material <i>softboard</i>	113
Tabel 28	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis dinding material <i>softboard</i>	114
Tabel 29	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Dinding	115
Tabel 30	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Dinding	116
Tabel 31	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis plafond material <i>plywood</i>	120
Tabel 32	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis plafond material <i>plywood</i>	121
Tabel 33	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis plafond material <i>plasterboard</i>	123
Tabel 34	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis plafond material <i>plasterboard</i>	125
Tabel 35	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis plafond material plester pada papan bilah	127
Tabel 36	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis plafond material plester pada bilah papan	128
Tabel 37	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Plafond	129
Tabel 38	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Plafond	130

Tabel 39	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis lantai material karpet tebal diatas busa.....	135
Tabel 40	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> pelapis lantai material karpet diatas busa.....	136
Tabel 41	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis lantai material karpet tebal diatas lateks tak berpori	139
Tabel 42	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis lantai berupa karpet tebal diatas lateks tak berpori	140
Tabel 43	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis lantai material karpet ruang luar-dalam	142
Tabel 44	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis lantai berupa karpet ruang luar-dalam.....	143
Tabel 45	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif lantai.....	144
Tabel 46	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi	145
Tabel 47	Hasil pensimulasian terbaik oleh setiap elemen pelingkup bangunan	147
Tabel 48	Koefisien Serap Material Komninsi	148
Tabel 49	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan kombinasi pelapis dinding <i>softboard</i> dengan plafond <i>plywood</i>	150
Tabel 50	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan kombinasi dinding <i>softboard</i> dengan plafond <i>plywood</i>	151
Tabel 51	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan kombinasi pelapis lantai karpet diatas lateks tak berpori dengan plafond <i>plywood</i>	154
Tabel 52	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan kombinasi lantai karpet diatas lateks dengan plafond <i>plywood</i>	155
Tabel 53	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif kombinasi	156
Tabel 54	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif kombinasi.....	157



Tabel 55	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan pelapis bentukan dinding bergerigi dengan material <i>perforated mineral fiberboard</i>	161
Tabel 56	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan pelapis bentukan dinding bergerigi dengan material <i>perforated mineral fiberboard</i>	162
Tabel 57	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis <i>softboard</i>	165
Tabel 58	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis <i>softboard</i>	
Tabel 59	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis papan serat kayu tatal ..	166
Tabel 60	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis papan serat kayu tatal ..	169
Tabel 61	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Pelapis dinding bergerigi	170
Tabel 62	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif diding bergerigi	171
Tabel 63	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> .	172
Tabel 64	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plasterboard</i> .	177
Tabel 65	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dipalisi <i>plywood</i>	178
Tabel 66	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi <i>plywood</i>	181
Tabel 67	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah	183
Tabel 68	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plester pada papan bilah.....	186



Tabel 69	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Ballroom</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Pelapis Bentuk Plafond Gantung Bertrap	188
Tabel 70	Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting <i>Meeting Room</i> dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif plafond gantung bertrap .	189
Tabel 71	Kelemahan dan Kelebihan setiap Alternatif Rekomendasi	191
Tabel 72	Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberikan Rekomendasi Alternatif Keenam pada Plafond <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	194
Tabel 73	Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberikan Rekomendasi Alternatif keenam pada Plafond <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	198
Tabel 74	Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberikan Rekomendasi Alternatif Ketiga pada lantai <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	199
Tabel 75	Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberikan Rekomendasi Alternatif Keempat kombinasi di <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	200
Tabel 76	Total Absorpsi Material Eksisting (a1) pada <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	201
Tabel 77	Total Absorpsi Material Eksisting (a1) pada <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	204
Tabel 78	Total Absorpsi rekomendasi alternatif keenam (a2) pada <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	205
Tabel 79	Hasil Penurunan <i>Background Noise Level</i> pada <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	205
Tabel 80	Total Absorpsi rekomendasi alternatif keenam (a2) pada <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	206
Tabel 81	Hasil Penurunan <i>Background Noise Level</i> pada <i>meeting room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	206
Tabel 82	Total Absorpsi rekomendasi alternatif ketiga (a2) pada <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	207



Tabel 83	Hasil Penurunan <i>Background Noise Level</i> menggunakan alternatif ketiga pelapis dinding pada ruang <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	207
Tabel 84	Hasil Penurunan <i>Background Noise Level</i> menggunakan alternatif keempat kombinasi dinding <i>softboard</i> dan plafond <i>plywood</i> pada ruang <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	208
Tabel 85	Hasil Penurunan <i>Background Noise Level</i> menggunakan alternatif ketiga pelapis dinding pada ruang <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	208



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Gambar Kerja <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	219
Lampiran 1.1	<i>Site Plan</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	219
Lampiran 1.2	Denah Kawasan Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	220
Lampiran 1.3	Denah <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	221
Lampiran 1.4	Denah <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	222
Lampiran 1.5	Potongan Kawasan Hotel Paseban Sena Kota probolinggo.....	223
Lampiran 1.6	Potongan A-A' <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	224
Lampiran 1.7	Potongan B-B' <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	225
Lampiran 2.	Standart Waktu Dengung.....	226
Lampiran 3.	Hasil Simulasi Kondisi Eksisting.....	227
Lampiran 3.1	Simulasi Perhitungan <i>Reverberation Time</i> pada <i>Ballroom</i>	227
Lampiran 3.2	Data Hasil Simulasi <i>Reverberation Time</i> pada <i>Ballroom</i>	227
Lampiran 3.3	Simulasi Perhitungan <i>Reverberation Time</i> pada <i>Meeting Room</i>	228
Lampiran 3.4	Data Hasil Simulasi <i>Reverberation Time</i> pada <i>Meeting Room</i>	228
Lampiran 4.	Hasil Rekomendasi Desain	229
Lampiran 4.1	Hasil simulasi penambahan material lantai menggunakan karpet tebal di atas lateks tak berpori (Alternatif 3) pada <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	229
Lampiran 4.2	Data hasil penambahan material lantai dengan karpet tebal di atas lateks tak berpori (Alternatif 3) pada <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	229
Lampiran 4.3	Potongan A-A' penambahan pelapis lantai dengan karpet tebal di atas lateks tak berpori (Alternatif 3) di <i>Meeting Room</i>	230
Lampiran 4.4	Potongan B-B' penambahan pelapis lantai dengan karpet tebal di atas lateks tak berpori (Alternatif 3) di <i>Meeting Room</i>	230



Lampiran 4.5	Perspektif interior setelah menggunakan pelapis lantai dengan karpet tebal di atas lateks tak berpori (alternatif 3) pada <i>Meeting Room</i>	231
Lampiran 4.6	Hasil simulasi kombnasi pelapis material <i>softboard</i> pada dinding dan material <i>plywood</i> pada plafond di <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	232
Lampiran 4.7	Data hasil kombnasi pelapis material <i>softboard</i> pada dinding dan material <i>plywood</i> pada plafond pada <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	232
Lampiran 4.8	Potongan A-A' penambahan material <i>softboard</i> pada dinding dan <i>plywood</i> pada plafond (Alternatif 4) di <i>Meeting Room</i>	233
Lampiran 4.9	Potongan B-B' penambahan material <i>softboard</i> pada dinding dan <i>plywood</i> pada plafond (Alternatif 4) di <i>Meeting Room</i>	233
Lampiran 4.10	Perspektif interior setelah menggunakan kombinasi material <i>softboard</i> pada dinding dan <i>plywood</i> pada plafond (Alternatif 4) pada <i>Meeting Room</i>	234
Lampiran 4.11	Hasil simulasi penambahan bentuk plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) pada <i>Ballroom</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	235
Lampiran 4.12	Data hasil simulasi penambahan plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> pada <i>Ballroom</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	235
Lampiran 4.13	Hasil simulasi penambahan bentuk plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) pada <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	236
Lampiran 4.14	Data hasil simulasi penambahan plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> pada <i>Meeting Room</i> menggunakan <i>software Ecotect Anlysis 2011</i>	236
Lampiran 4.15	Potongan A-A' penambahan bentuk plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) pada <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	237
Lampiran 4.16	Potongan B-B' penambahan bentuk plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	237



Lampiran 4.17	Perspektif interior setelah menggunakan plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) pada <i>Ballroom</i>	238
Lampiran 4.18	Perspektif interior setelah menggunakan plafond gantung lapis <i>plasterboard</i> (alternatif 6) pada <i>Meeting Room</i>	239
Lampiran 5.	Foto Eksterior <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	240
Lampiran 5.1	Tampak Depan <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	240
Lampiran 5.2	Area <i>lobby</i> dan <i>drop zone</i> <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	240
Lampiran 5.3	Bagian samping <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	241
Lampiran 5.4	Bagian belakang <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	242
Lampiran 6.	Foto Interior <i>Ballroom</i> dan <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	242
Lampiran 6.1	Area penonton <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo ..	242
Lampiran 6.2	Tampak keseluruhan area panggung dan penonton pada <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	242
Lampiran 6.3	Area <i>lobby</i> <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	243
Lampiran 6.4	Area panggung <i>Ballroom</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo ..	243
Lampiran 6.5	Area ruang tunggu <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo	244
Lampiran 6.6	Tampak keseluruhan area <i>audience</i> <i>Meeting Room</i> Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.....	244



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir Kota Probolinggo mengalami perkembangan dari segi pembangunan, salah satunya ditunjukkan dengan pembangunan gedung pemerintahan dan area wisata. Hal tersebut erat hubungannya dengan aktivitas manusia dalam hal bekerja dan berekreasi. Dalam kegiatan bekerja, dibutuhkan fasilitas penunjang bersama untuk kegiatan rapat, seminar, sosialisasi, dan kongres, sedangkan dalam kegiatan berekreasi, dibutuhkan tempat untuk beristirahat dan bersantai. Selain itu, adanya pembangunan tersebut juga dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya dan membutuhkan adanya fasilitas gedung bersama untuk beberapa acara, salah satunya acara pernikahan yang banyak dibutuhkan masyarakat. Contoh bangunan yang dapat memenuhi kebutuhan akan kegiatan tersebut yaitu hotel dan gedung pertemuan.

Hotel merupakan suatu usaha penyediaan akomodasi secara harian berupa kamar-kamar yang dilengkapi dengan fasilitas parkir, makan dan minum, serta fasilitas penunjang dengan tujuan memperoleh keuntungan. Fasilitas Penunjang yang ditawarkan hotel cukup beragam, tidak hanya untuk menunjang kebutuhan penginapan saja, tetapi ada pula fasilitas penunjang untuk kepentingan acara-acara tertentu, seperti ruang pertemuan dan ruang rapat. Ruang pertemuan merupakan suatu ruang yang memiliki fungsi untuk berbagai keperluan percakapan (*speech*) atau musik, seperti pameran, acara pernikahan, sosialisasi, dan lain-lain. Sedangkan ruang rapat merupakan ruang pertemuan dengan aktivitas utama percakapan (*speech*) atau diskusi saja. Sayangnya, sebagian besar ruang pertemuan dan ruang rapat dalam hotel lebih mengutamakan tingkat efektivitas lahan dan estetika bangunan saja, tanpa mempertimbangkan kebutuhan akustik didalamnya.

Salah satu hotel yang menyediakan fasilitas penunjang berupa ruang pertemuan sekaligus ruang rapat tanpa mempertimbangkan kualitas akustik di dalamnya adalah Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Sistem *layout* ruang yang dimiliki Hotel Paseban Sena, terdiri dari tiga massa bangunan dengan fungsi yang berbeda-beda. Pada bagian depan terdapat bangunan untuk ruang pertemuan (*Ballroom* dan *Meeting room*) yang bersebelahan dengan *restaurant* dan berjarak hanya ± 2.5 meter dengan, sedangkan dibagian belakang terdapat fungsi kamar dan *lobby* hotel yang merupakan area semi privat berbentuk pola linier, serta memiliki jarak dengan bangunan untuk ruang pertemuan hanya $\pm 2,5$ meter.

Ballroom pada hotel tersebut merupakan *ballroom* terbesar di Kota Probolinggo yang merupakan jenis ruang pertemuan dalam kategori *speech*. Hal ini dikarenakan, berdasarkan pengamatan dan wawancara yang dilakukan dalam pengumpulan data dengan pihak hotel, didapatkan informasi bahwa jenis acara yang sering digunakan seperti kegiatan sosialisasi, halal bihalal dan juga pernikahan, dimana beberapa acara tersebut merupakan acara yang menjadikan musik hanya sebagai *background* acara inti dan lebih dominan dalam kegiatan *speech* saja. *Ballroom* tersebut memiliki luas sebesar $\pm 1080 \text{ m}^2$ dan dapat menampung sekitar ± 2000 orang, tidak hanya itu, untuk lantai di atasnya yaitu lantai dua dengan konsep *mezzanine* terdapat ruang rapat (*meeting room*) yang memiliki luas 162 m^2 dan dapat menampung hingga 200 orang. *Meeting room* tersebut juga merupakan ruang pertemuan yang sebagian besar digunakan untuk rapat dan cenderung sebagai fungsi *speech*. Fungsi kedua ruangan tersebut yang menyebabkan *ballroom* dan *meeting room* di hotel tersebut banyak digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan acara pribadi, perusahaan swasta maupun pemerintah sekitar Kota Probolinggo.

Ballroom dan *meeting room* yang diletakkan pada satu tempat yang berdekatan dalam satu bangunan seperti pada Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, membutuhkan penanganan khusus mengenai sistem akustik di dalam masing-masing ruang tersebut. Hal ini dikarenakan akan sangat mempengaruhi bunyi yang dihasilkan antar dua ruang yang berdekatan dalam suatu bangunan, tetapi memiliki kegiatan atau fungsi yang berbeda. Selain itu penggunaan *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena itu sendiri sebagian besar cenderung memakai material berbahan keras (*hard material*) yang dapat memantulkan suara hingga menimbulkan dengung yang berkepanjangan dan cacat akustik lainnya. Adapun jenis material yang digunakan seperti menggunakan dinding plester *finishing* cat, lantai tegel keramik dan jendela menggunakan kaca *single glass*. Terlihat bahwa penggunaan material pada kedua ruangan ini hanya mementingkan kebutuhan akan pencahayaan alami dan estetika bangunan saja tanpa memikirkan dampak cacat akustik yang ditimbulkan, seperti munculnya dengung yang berkepanjangan hingga dapat mengganggu aktifitas di dalam ruangan tersebut. Material yang digunakan diharapkan nantinya dalam ruangan tersebut diharapkan mampu mengendalikan bunyi yang dihasilkan dari sumber suara, dengan pemantul bunyi (*reflector*), penyerap bunyi (*absorber*), penyebar bunyi (*diffuser*), dan penginsulasi (*insulator*) sesuai dengan kemampuan material yang ditentukan.

Material yang kurang tepat pada suatu ruang juga akan berdampak pada munculnya bunyi dengung yang berkepanjangan atau tingginya waktu dengung (*reverberation time*) pada suatu ruang tersebut. Waktu dengung merupakan waktu yang dibutuhkan suatu bunyi

untuk meluruh hingga tidak terdengar lagi dan sesuai dengan standart yang telah ditentukan. (Indrani, 2007). Standar waktu dengung itu sendiri, untuk fungsi ruang pertemuan multi fungsi pada umumnya 1.6 – 1.8 detik untuk *speech*, kemudian untuk standart waktu dengung (*reverberation time*) pada ruang rapat sebesar 0.7 - 1.1 detik dengan fungsi percakapan saja atau *speech*. Dalam menghasilkan kualitas akustik yang baik, diperlukan pula kualitas frekuensi bunyi yang baik, agar dapat diterima oleh manusia sebagai penerima bunyi.

Berdasarkan hasil pengamatan awal yang dilakukan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena kota Probolinggo, ruangan tersebut belum memperhatikan kualitas akustik ruang, tetapi hanya mementingkan kenyamanan pencahayaan alami dan efektifitas ruang saja. Sehingga diperlukan suatu rekomendasi dengan beberapa alternatif dalam meningkatkan tata akustik serta mencegah cacat akustik yang ditimbulkan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo agar mencapai kualitas akustik ruang yang baik dan optimal antara kedua ruang tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang sebelumnya, didapatkan permasalahan sebagai berikut :

1. Letak ruang yang cukup berdekatan dalam satu bangunan antara *ballroom* dan *meeting room* yang tidak diimbangi dengan penggunaan material akustik yang tepat, sehingga menimbulkan cacat akustik dan dapat mengganggu pengunjung sebagai pengguna ruang.
2. Penggunaan material keras (*hard material*) seperti, dinding bata plester *finishing cat*, dan lantai tegel keramik yang cenderung memantulkan dan merambatkan bunyi dengan cepat, sehingga dapat mengganggu antar ruang.
3. Kualitas akustik yang kurang baik pada *ballroom* dan *meeting room* menyebabkan munculnya cacat akustik berupa bunyi dengung yang berkepanjangan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil penjabaran identifikasi masalah, didapatkan suatu rumusan masalah yaitu: Bagaimana alternatif rekomendasi tata akustik ruang sebagai upaya mengoptimalkan kualitas akustik pada *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan permasalahan pada penelitian ini, dibutuhkan adanya batasan masalah dalam penelitian. Berikut batasan masalah pada penelitian ini :

1. Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.
2. Ruang yang diteliti adalah *Ballroom* dan *Meeting room* pada Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo
3. Variabel bebas penelitian tersebut adalah elemen pelingkup interior bangunan (lantai, dinding, dan plafond atau langit-langit bangunan)
4. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu dengung (*reverberation time*)

Hal ini dikarenakan waktu dengung (*reverberation time*) sangat menentukan dalam pengukuran tingkat kejelasan suara yang berasal dari sumber suara asli, mengingat fungsi antar kedua ruang tersebut merupakan fungsi untuk aktivitas *speech* atau percakapan yang membutuhkan kejelasan bersuara dengan pemisahan anta kata yang terdengar jelas dan baik serta tidak terdengar kabur dalam pengucapannya. Ruang pertemuan yang memiliki waktu dengung yang terlalu panjang akan menyebabkan penurunan tingkat kejelasan suara ucapan (*speech intelligibility*) karena suara asli masih dipengaruhi adanya suara yang bersal dari pantulan. Sedangkan, waktu dengung yang terlalu pendek, akan terkesan mati (Istiadji, 2007).

5. Data primer untuk dokumentasi dan hasil pengukuran menggunakan *sound level meter* didapatkan dengan observasi secara langsung pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo
6. Metode deskriptif kuantitatif dalam pengumpulan data dan metode eksperimental dengan simulasi menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* digunakan untuk menyelesaikan masalah

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjabaran rumusan masalah didapatkan suatu tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk memperoleh alternatif rekomendasi tata akustik ruang yang dapat diterapkan pada *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo sehingga mendapatkan kualitas akustik yang baik dan optimal tanpa mengganggu aktivitas dalam ruang tersebut.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik secara teoritis maupun praktis. Berikut manfaat dari penelitian mengenai Tata Akustik *Ballroom* dan *Meeting room* pada Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo :

1. Manfaat Teoritis :

Hasil penelitian mengenai akustik ruang ini nantinya diharapkan mampu memperkaya ilmu pengetahuan dan teori mengenai akustik ruang.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Hasil penelitian mengenai kualitas akustik pada *ballroom* dan *meeting room* di hotel tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan apabila akan melakukan renovasi bangunan untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik.

b. Bagi Universitas Brawijaya

Hasil penelitian mengenai akustik ruang ini diharapkan dapat memperkaya hasil penelitian berkaitan dengan akustik ruang serta dapat menjadi literature kedepannya.

c. Bagi Penulis

Bagi Penulis dapat menambah wawasan serta memperdalam akan pengetahuan mengenai akustik ruang

1.7 Sistematika Pembahasan

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan penjelasan tentang isu yang menjadi dasar atau hal yang melatarbelakangi penelitian mengenai tata akustik ruang *Ballroom* dan *Meeting Room* pada Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo terhadap kebutuhan akan kualitas akustik dalam bangunan tersebut.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab II ini berisikan mengenai tinjauan pustaka dan literature yang berhubungan dengan tata akustik ruang pertemuan dan ruang rapat yang bersumber dari penelitian terdahulu serta dapat dijadikan referensi untuk menyelesaikan masalah dari penelitian ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab III menjelaskan tentang metode penelitian yang digunakan, yaitu metode deskriptif kuantitatif dalam pengumpulan data, yang dilakukan dengan pengukuran

menggunakan *sound level meter*, kemudian dilakukan metode eksperimental atau simulasi dengan *software Ecotect Analysis 2011*.

4. BAB IV PEMBAHASAN

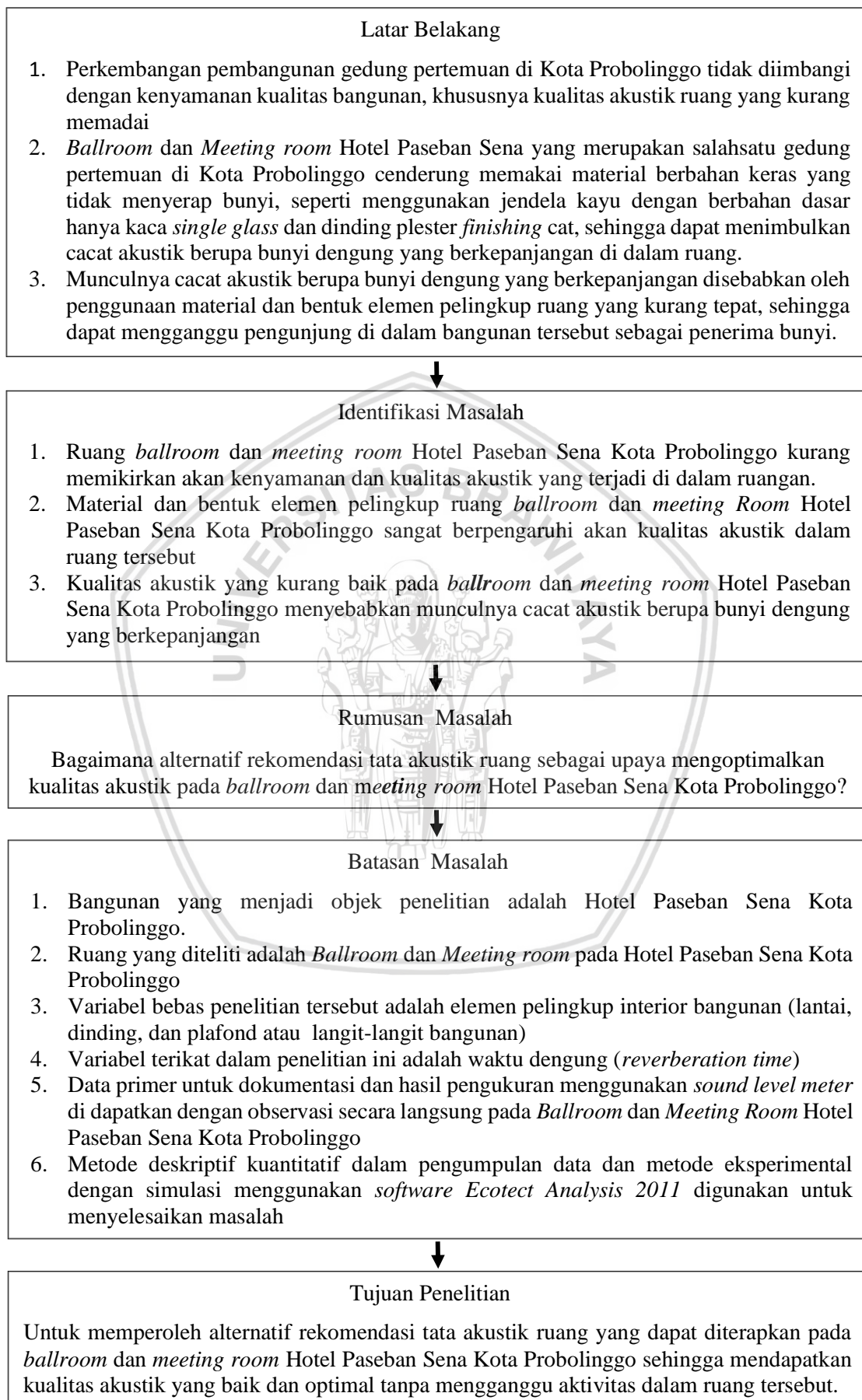
Pada Bab IV dijelaskan mengenai pembahasan hasil metode simulasi untuk menyelesaikan permasalahan hingga penjabaran mengenai solusi atau rekomendasi desain untuk ruang *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo dalam mengoptimalkan kualitas akustik yang baik.

5. BAB V PENUTUP

Bab V ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran secara keseluruhan dari tahap awal hingga tahap penyelesaian masalah.



1.8 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Kerangka pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

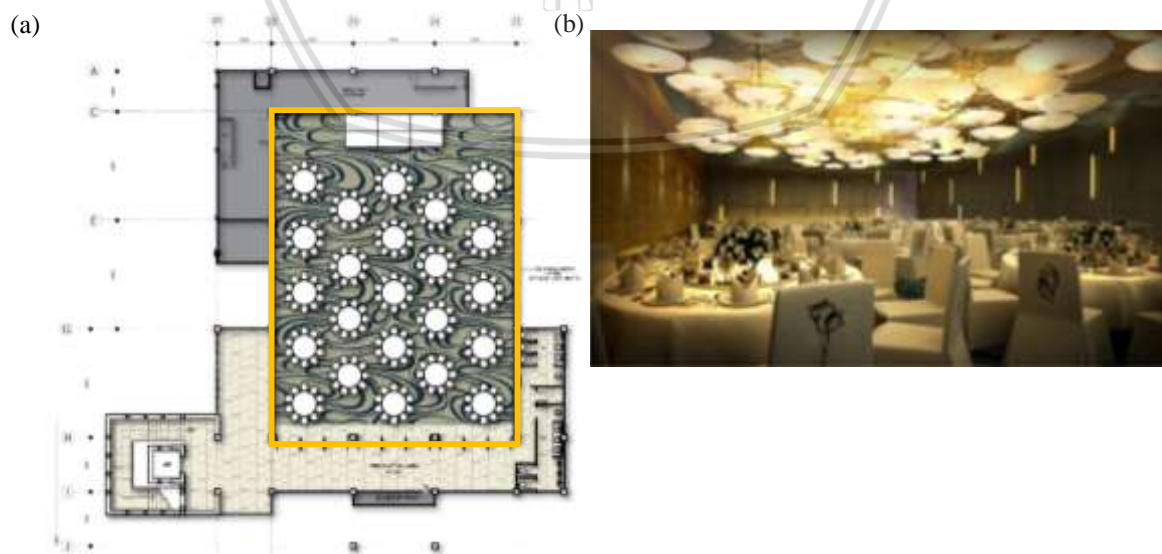
2.1 Definisi Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat

2.1.1 Ruang Pertemuan

Ruang pertemuan merupakan suatu ruang yang dipergunakan untuk mengakomodasi pengunjung untuk menyaksikan suatu acara atau kegiatan tertentu dengan kapasitas besar. (Lawson, 2000). Berdasarkan jenis aktivitasnya atau kegiatannya, maka ruang pertemuan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (Mediastika, 2005) :

1. Ruang pertemuan untuk percakapan (*speech*), yaitu ruang dengan aktivitas untuk percakapan (*speech*) saja, seperti seminar, konferensi, rapat besar, dan lain-lain.
2. Ruang pertemuan untuk pertunjukan seni, yaitu ruang pertemuan dengan aktivitas atau kegiatan utama yaitu menampilkan kesenian, seperti seni musik, tari, dan lain-lain. Jenis ruang pertemuan tersebut juga dapat digolongkan menjadi beberapa kelompok yaitu ruang pertemuan yang digunakan khusus untuk musik saja serta ada pula yang dapat menampung musik sekaligus gerak.
3. Ruang pertemuan multifungsi, yaitu ruang yang dirancang untuk berbagai keperluan acara atau kegiatan, termasuk pameran produk, konser dan lain-lain.

Salah satu ruang pertemuan pada hotel yang memiliki kesamaan bentuk ruang dengan objek penelitian dan dimensi serta kapasitas yang hampir sama yaitu *Ballroom* pada *Aisawan Resort & Spa* yang berlokasi di Pattaya, Thailand.

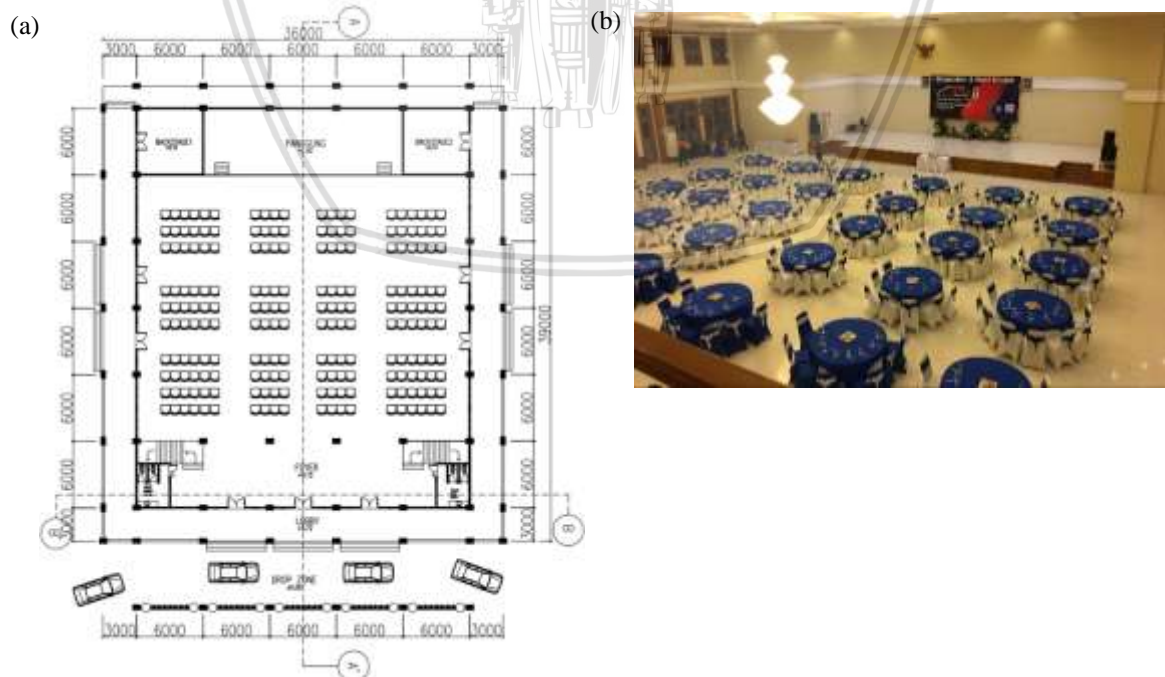


Gambar 2.1 (a) Denah *Ballroom upper floor* Aisawan Resort & Spa (b) *Ballroom* Aisawan Resort & Spa

Sumber : <http://www.asianescapes.com/gallery2/v/Thailand/Pattaya/Aisawan.jpg.html> diakses pada 28 Oktober 2017

Berdasarkan gambar diatas, *ballroom* pada *Aisawan Resort & Spa Pattaya Thailand* menggunakan dinding yang permukaannya dikombinasi maju dan mundur atau permukaan yang tidak rata dengan bahan material absorpsi atau penyerap suara, yaitu bahan dasar karpet tebal pada *fiberboard* dan pada sisi lainnya yang dilapisi *vinyl wood*. Kemudian, pada bagian plafond terdapat lampu-lampu gantung yang berbentuk cembung disusun selain sebagai estetika, digunakan pula sebagai pemantul dan penyebar suara yang dihasilkan di dalam ruangan. Lantai dari ruangan tersebut juga dilapisi bahan penyerap suara yaitu *axminster carpet* yang terbuat dari bahan wol. Sehingga, pada ruang *ballroom* tersebut sebagian besar telah menggunakan material-material absorpsi untuk menunjang kenyamanan akustik ruang didalamnya.

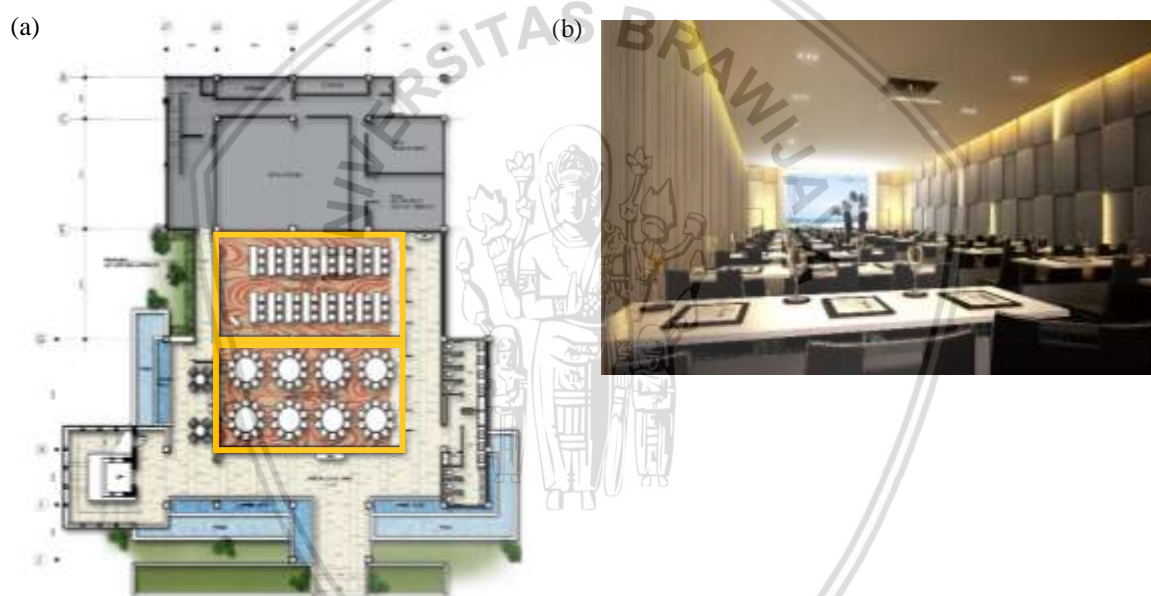
Sedangkan, berdasarkan survei awal keadaan eksisting pada *Ballroom Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo* banyak menggunakan material-material berbahan keras (*hard material*) seperti dinding plester *finishing* cat dan lantai tegel keramik yang memiliki sifat pemantul dan memiliki sedikit koefisien serap yang dapat dikatakan mendekati terjadinya pemantulan sempurna pada beberapa bahan. Aktivitas pada *ballroom* tersebut sebagai ruang pertemuan untuk kegiatan cenderung percakapan (*speech*) yaitu terdapat acara atau kegiatan seperti pernikahan, sosialisasi, seminar, dan aktivitas lainnya yang cenderung digunakan sebagian besar masyarakat untuk fungsi *speech* dan musik hanya sebagai *background* acara inti saja.



Gambar 2.2 (a) Denah *Ballroom* lantai satu *Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo* (b) Ruang *ballroom* *Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo*

2.1.2 Ruang Rapat

Ruang rapat merupakan ruang yang menyediakan tempat untuk komunikasi antar pengunjung atau diskusi suatu instansi dengan pengaturan ruang teknis dan kontrol audiovisual yang baik dan tepat. Selain itu ruang rapat juga memerlukan sirkulasi pengguna ruang untuk keluar masuk ruangan tanpa mengganggu kegiatan diskusi maupun persentasi yang ada di dalam ruangan. (Watson, Donald, Crosbie, Micheael J. & Callender, John Hancock.1997.*Times-Saver Standart for Architectural Design Data*. USA). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ruang rapat merupakan ruang yang digunakan untuk aktivitas atau kegiatan manusia dalam berdiskusi dengan fungsi percakapan saja (*speech*) dalam kapasitas kecil. Salah satu ruang rapat yang mempertimbangkan kualitas akustik di dalamnya serta memiliki dimensi dan kapasitas ruang yang hampir sama dengan objek penelitian yaitu *meeting room* pada *Aisawan Resort & Spa Pattaya Thailand* :



Gambar 2.3 (a) Denah *Meeting Room lower floor* Aisawan Resort & Spa (b) Ruang rapat pada Aisawan Resort & Spa

Sumber :

<http://www.asianescapes.com/gallery2/v/Thailand/Pattaya/Aisawan/Function+Room.jpg.html>
diakses pada 28 Oktober 2017

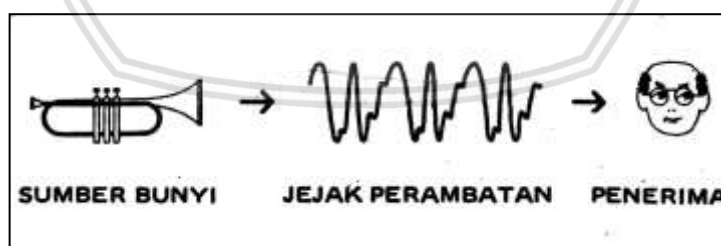
Berdasarkan gambar di atas, ruang rapat pada Aisawan Resort & Spa Pattaya Thailand menggunakan kombinasi dinding maju mundur atau permukaan tidak rata pada salah satu sisi ruang. Dinding pada ruang tersebut juga berbahan dasar karpet pada *fiberboard* dan pada sisi lainnya yang dilapisi *vinyl wood* yang termasuk bahan penyerap suara. Kemudian pada bagian lantai juga sama seperti pada *ballroom* yang berada di lantai atas tersebut menggunakan bahan *axminster carpet* yang terbuat dari bahan wol untuk penyerap suara serta menunjang kualitas akustik dalam ruang.

Perancangan sebuah ruang pertemuan dan ruang rapat memang memerlukan perhatian khusus terhadap sistem akustik yang menjadi hal utama dan sangat berpengaruh dengan kenyamanan pengunjung untuk menyaksikan suatu acara, baik fungsi musik maupun fungsi percakapan. Kebutuhan akan sistem akustik dalam ruang, bangunan, maupun lingkungan dikarenakan hal sebagai berikut :

1. Terdapat elemen maupun komponen bangunan sebagai pemantul suara hingga dapat menimbulkan cacat akustik berupa waktu dengung yang berkepanjangan, seperti konstruksi yang keras, licin, rata, ringan, tipis, dan yang tidak menyerap suara atau memiliki koefisien serap yang terlampaui sedikit atau mendekati 0 (nol), dimana nilai 0 (nol) tersebut merupakan pemantul sempurna.
2. Terdapat sumber bising dalam masing-masing ruangan tersebut yang berasal dari peralatan-peralatan mekanikal maupun eletrikal.

Berdasarkan paparan di atas, terlihat jelas bahwa ruang pertemuan dan ruang rapat membutuhkan kualitas akustik yang baik. Hal ini bertujuan untuk menunjang aktivitas dalam ruang tersebut tanpa mengurangi kuantitas suara yang dihasilkan dari sumber suara asli atau bunyi asli (Satwiko, 2015).

Bunyi atau suara merupakan suatu gelombang yang membutuhkan media hantaran atau rambatan melalui elemen gas, padat, maupun cair dengan melepaskan suatu energi dari sumber suara asli atau bunyi asli menuju penerima atau pendengar. Hal ini juga berhubungan dengan tiga elemen yang mendasari akustik dan perlu untuk diperhatikan yaitu, sumber bunyi asli, jejak perambatan atau penghantar, serta penerima sebagai pendengar bunyi. (Doelle, 1993)



Gambar 2.5 Elemen dasar akustik
Sumber : Doelle, 1993

2.2.1 Sumber Bunyi atau Suara

Bunyi merupakan suatu energi yang merambat serta berfluktuasi dengan cepat melalui suatu medium padat, gas maupun cair yang terjadi akibat dari adanya perubahan tekanan melalui suatu penghantar sehingga dapat ditangkap atau didengar oleh telinga manusia sebagai penerima bunyi. Fluktuasi tekanan itu sendiri berasal dari objek yang

bergetar, seperti *loudspeaker*, mesin, dan pita suara manusia atau makhluk hidup lainnya. (Rusjadi, 2015). Selain itu, bunyi itu juga dapat diartikan menjadi dua definisi menurut Leslie L. Doelle, diantaranya :

1. Secara Fisis, merupakan bunyi obyektif yang terjadi akibat adanya suatu pergeseran partikel elastik, seperti udara.
2. Secara Fisiologis, merupakan bunyi subjektif yang terjadi sensasi pendengaran melalui indera pendengaran atau telinga yang ditimbulkan akibat adanya penyimpangan oleh tekanan udara.

Bunyi atau sumber suara pada ruang pertemuan yang memiliki fungsi cenderung untuk percakapan (*speech*) disarankan untuk menghilangkan bunyi yang berasal dari pantulan lainnya dan yang hanya terdengar adalah bunyi dari sumber utama atau bunyi asli (SNI 03-6386-2000). Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan penerimaan bunyi oleh manusia sebagai pendengar (Doelle, 1993). Pengoptimalan penerimaan bunyi yang berasal dari sumber suara tersebut membutuhkan penghantar suara yang dapat memantulkan dengan baik dan menyerap suara yang datang serta sekaligus agar dapat mengontrol waktu dengung dan bising yang terjadi dalam ruang pertemuan maupun ruang rapat tersebut (Mediastika, 2005). Berikut beberapa istilah yang memiliki keterkaitan dengan bunyi, diantaranya :

1. Frekuensi (f)

Frekuensi merupakan suatu gelombang bunyi yang datang dalam satuan waktu dan disebut Hertz (Hz). Semakin tinggi suatu frekuensi yang terjadi maka semakin tinggi pula bunyi atau suara yang terdengar dalam satuan waktu (Latifah, 2015).

2. Kecepatan Rambat Bunyi (v)

Kecepatan rambat bunyi merupakan kecepatan suara yang bergantung pada kerapatan bidang dan suhu elemen yang dilalui, dimana makin renggang suatu bidang dan semakin tinggi suhu suatu molekul elemen, maka semakin tinggi pula kecepatan rambat bunyi yang terjadi (Latifah, 2015).

3. Panjang Gelombang (λ)

Panjang Gelombang merupakan jarak yang ditempuh suatu gelombang bunyi yang terdengar antara puncak gelombang dan lembah gelombang, dimana hal tersebut juga erat hubungannya dengan frekuensi dan kecepatan rambat bunyi.

4. Kebisingan Bunyi

Kebisingan merupakan suatu bunyi atau suara yang tidak diinginkan terdengar dalam suatu ruang dan dapat menimbulkan ketidaknyamanan audial bagi pendengar karena

bunyi yang dihasilkan tersebut terjadi dengan frekuensi serta amplitudo tak beraturan (Latifah,2015).

5. Tekanan Bunyi (p)

Tekanan bunyi merupakan suatu getaran partikel udara dikarenakan adanya gelombang bunyi yang menyebabkan penyimpangan dalam tekanan atmosfer, dimana satuan dari suatu tekanan bunyi tersebut adalah Pascal (Pa).

6. Intensitas Bunyi (I)

Intensitas bunyi merupakan suatu metode pengukuran kekuatan bunyi berdasarkan daya yang dihasilkan oleh suatu sumber bunyi per satuan luas ruang (Latifah, 2015).

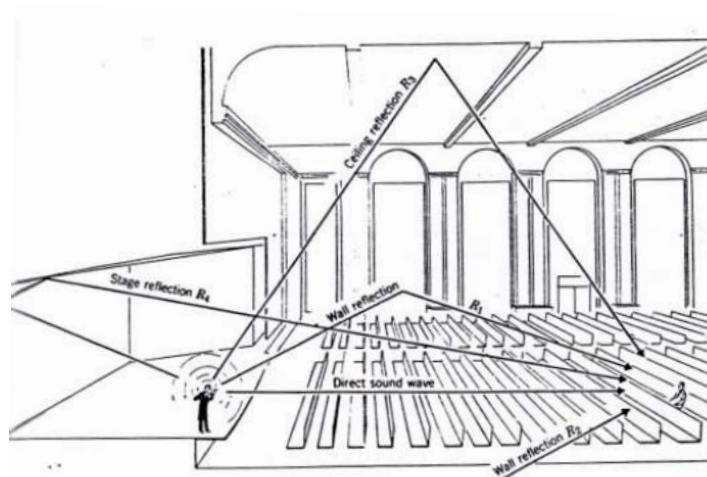
2.2.2 Penghantar Bunyi atau Suara

Sebagai dasar akustik suatu mekanisme perambatan bunyi merupakan hal yang paling mendasar, dimana suara yang berasal dari sumber bunyi asli akan merambat tak beraturan ke segala arah apabila berada pada ruang terbuka, sedangkan keadaan ruangan yang tertutup akan mengenai pembatas ruang sehingga terjadi beberapa kemungkinan, diantaranya pemantulan (*reflection*), penyerapan (*absorption*), difraksi (*diffraction*), dan perpeccaran (*diffusion*). Hal ini bergantung pada suatu material yang dipergunakan pada elemen pembatas atau pelingkup ruang (Mediastika, 2005).

1. Pemantulan Bunyi atau Suara (*reflection*)

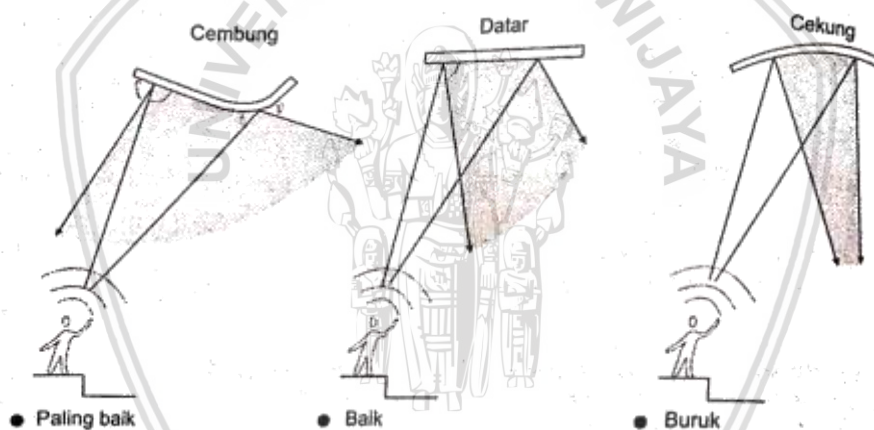
Pemantulan bunyi atau refleksi oleh objek atau elemen pelingkup ruang terjadi dikarenakan sifat yang dimiliki penghalang atau pembatas ruang kemungkinan terjadi pemantulan, dimana fenomena ini hanya terjadi apabila bunyi yang mengenai elemen pelingkup ruang yang permukaannya licin dengan luas yang jauh lebih besar daripada bunyi yang datang. Elemen pelingkup ruang dalam ruangan itu sendiri yang paling utama terdiri dari dinding, plafond atau langit-langit, dan lantai.

Material yang digunakan tentunya sangat dipengaruhi oleh adanya fenomena pemantulan bunyi. Hal ini dikarenakan masing-masing material memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Apabila gelombang bunyi yang datang mengenai salah satu elemen pelingkup ruang, maka sebagian energinya akan dipantulkan dari permukaannya, sebagian lagi diserap dan bagian lainnya ditransmisikan. Semakin keras, licin, dan masif material yang digunakan pada elemen pelingkup ruangan tersebut, maka semakin besar pula tingkat pemantulan yang dihasilkan dengan konsekuensi energi bunyi yang diserap dan yang ditransmisikan menjadi berkurang (Mediastika, 2005).



Gambar 2.6. Lintasan bunyi langsung dan bunyi pantul
Sumber : Beranek, 1962

Pemantulan bunyi juga dibagi menjadi beberapa tipe lagi yaitu berdasarkan permukaannya, diantaranya bidang batas cembung, cekung dan datar seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.7 Pemantulan yang terjadi pada elemen pembatas cembung, cekung, dan datar
Sumber : Beranek, 1962

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa pemantulan bunyi atau suara yang paling baik untuk diterapkan pada suatu ruang yaitu terdapat pada elemen pembatas yang permukaannya cembung. Hal ini dikarenakan sifat cembung tersebut memiliki sifat untuk menyebarkan gelombang bunyi atau suara (Doelle, 2013). Untuk itu, dalam memberikan rekomendasi desain pada ruang pertemuan maupun ruang rapat lebih diutamakan unsur yang sejenis dengan bentuk cembung agar dapat menyebarkan gelombang bunyi yang berasal dari sumber suara dengan merata. Sifat datar dengan kemiringan tertentu juga baik untuk diterapkan, karena juga memiliki sifat memantulkan atau menyebarkan suara dengan terarah atau terkendali.

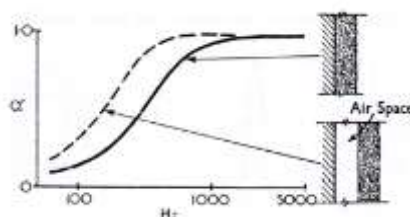
2. Penyerapan Bunyi atau Suara (*absorption*)

Material dari bidang atau elemen pelingkup ruang selain dapat memantulkan bunyi atau suara yang datang, dapat pula menyerap bunyi atau absorpsi. Penyerapan bunyi di dalam ruangan tersebut merupakan suatu energi bunyi yang hilang ketika suatu bunyi mengenai permukaan bidang pelingkup ruang (Makainas, et al, 2011). Fenomena ini memiliki manfaat untuk meminimalisir tingkat kekuatan bunyi yang terjadi di dalam ruangan, sehingga dapat mengurangi kebisingan dan mengontrol waktu dengung (*reverberation time*) yang terjadi.

Tingkat absorpsi atau penyerapan bunyi yang terjadi dapat ditentukan oleh koefisien serap/koefisien absorpsi dari masing-masing material yang digunakan. Koefisien absorpsi tersebut berbeda-beda satu sama lain, tergantung pada gelombang bunyi yang datang. Tingkat penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan (α). Koefisien serapan (α) tersebut dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1, dimana, nilai koefisien serapan 0 mengartikan bahwa tidak ada energi bunyi yang diserap atau dapat dikatakan sebagai memantul sempurna, sedangkan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna atau tidak ada energi bunyi yang dipantulkan (Mediastika, 2009). Namun, bahan absorber atau penyerap suara di sini memiliki tiga tipe utama yang dapat bekerja secara efektif dan optimal pada frekuensi tertentu, diantaranya sebagai berikut :

a. Bahan Berpori

Penyerapan pada bahan berpori ini memiliki manfaat untuk menyerap atau mengabsorpsi energi bunyi yang datang dengan frekuensi tinggi. Hal ini dikarenakan, pori-pori kecil yang terapat pada bidang tersebut sesuai dengan besar panjang gelombang bunyi yang datang. Oleh karena itu, material tersebut mampu menyerap bunyi yang memiliki frekuensi yang cukup tinggi dan di atas 1000 Hz sekalipun. (Mediastika,2005). Material yang memiliki pori-pori pada permukaannya tersebut dapat dijadikan suatu rekomendasi desain material pada sistem akustik ruang pertemuan maupun ruang rapat. Berikut gambar karakteristik penyerapan dari material berpori :



Gambar 2.8 Karakteristik penyerapan dari material berpori
Sumber : Makainas, et.al, 2011

Material yang memiliki pori-pori banyak digunakan untuk fungsi ruang pertemuan dan ruang rapat, seperti : *soft-board*, selimut akustik, *acoustic tiles*, papan fiber, *rockwool*, blanket insulasi dan sebagainya.

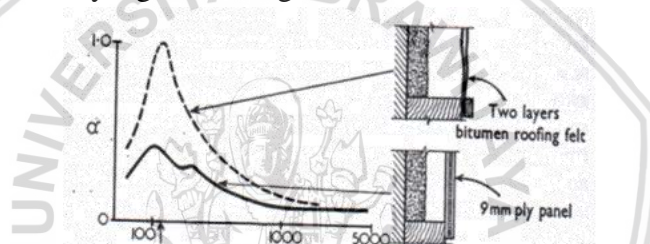


Gambar 2.9 (a) *Soft-board* (b) Selimut akustik (c) *Acoustics tiles*

Sumber : <https://dir.indiamart.com/bengaluru/soft-board.html> diakses 29 November 2017

b. Panel (membran) penyerap

Panel penyerap ini terbuat dari suatu lembaran papan tipis yang rata dan tidak memiliki permukaan berpori. Panel sejenis ini sangat berpotensi untuk menyerap bunyi dalam frekuensi yang cenderung rendah.



Gambar 2.10 Karakteristik penyerapan dari panel

Sumber : Makainas, et.al, 2011

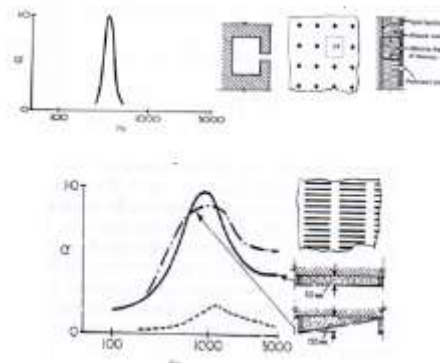
Untuk tipe penyerap bunyi, panel tersebut pada umumnya memakai bahan seperti panel plafond gantung yang menggunakan pegas, dengan tujuan agar ikut beresonansi, jendela ganda, dan sebagainya. Untuk itu panel tersebut juga dapat dijadikan suatu alternatif desain tata akustik yang baik pada ruang pertemuan dan ruang rapat sebagai bahan penyerap bunyi.

c. Rongga Penyerap (resonator Helmholtz)

Rongga penyerap jenis ini memiliki suatu manfaat untuk menyerap bunyi pada frekuensi tertentu atau khusus yang telah ada sebelum-sebelumnya, dimana rongga penyerap jenis tersebut, terdiri dari sebuah lubang yang sempit dan kecil serta terdapat ruang atau *space* yang tertutup dibelakangnya.

Jenis *cavity absorber* atau rongga penyerap ini pada umumnya cenderung menggunakan bahan plat kedap udara dan panel yang dibor atau dipukul dengan tujuan untuk membuat lubang atau celah sebagai leher dari resonator yang dipasang di depan elemen padat dengan ruang udara atau celah udara (*air-gap*) diantaranya.

Hal ini juga dapat diterapkan atau digunakan pada prinsip akustik ruang pertemuan dan ruang rapat serta ruangan sejenisnya.



Gambar 2.11 Karakteristik rongga penyerap
Sumber : Makainas, et.al, 2011

Material bangunan atau material pelingkup ruang lainnya juga memiliki nilai koefisien absorpsi atau penyerapan bunyi yang berbeda-beda, dimana semakin tinggi nilai koefisien serapnya, maka akan semakin kecil juga efek dengung atau waktu dengung yang ditimbulkan dalam suatu ruangan, begitupun juga sebaliknya. Oleh karena itu, dalam memberikan suatu alternatif rekomendasi, harus pula mempertimbangkan nilai koefisien absorpsi dari tiap material pelingkup ruang yang akan digunakan. Masing-masing material tersebut memiliki sifat lain pula yaitu sebagai reflektor atau pemantul, dimana sifat tersebut megartikan bahwa nilai koefisien serapnya rendah atau mendekati 0 (nol) yang berarti pemantul sempurna. Berikut beberapa material pelingkup ruang dengan nilai koefisien absorpsinya :

Tabel 1
Koefisien Absorpsi Jenis Material

Material	Koefisien Absorpsi Bunyi		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
1. Bata, plester	0.03	0.04	0.05
2. Bata, plester, dicat	0.02	0.02	0.02
3. Beton Kasar	0.03	0.03	0.04
4. Beton Halus, lapis cat	0.01	0.02	0.02
5. Beton Halus, tak dilapisi dicat	0.02	0.02	0.02
6. Kaca Tebal	0.04	0.03	0.02
7. Kaca (<i>ordinary window</i>)	0.18	0.12	0.07
8. Papan Gypsum 1/2 in thick (<i>nailed to 2 x 4s, 16 in ac</i>)	0.05	0.08	0.07
9. Papan Gypsum, 1 lapis, (<i>5/8 in thick screwed to 1 x 3s, 16 in ac</i>) dengan rongga udara dan dilapisi bahan berserat	0.08	0.04	0.12
10. Papan Gypsum, 2 lapis, (<i>5/8 in thick</i>) dengan rongga udara dan dilapisi bahan berserat	0.10	0.07	0.13
11. <i>Softboard</i> 13 mm	0.3	0.3	0.3
12. Kayu (<i>wood</i>)	0.1	0.07	0.06

Material	Koefisien Absorpsi Bunyi		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
13. Papan berserat kayu tatal	0.62	0.94	0.64
14. Karpet berat disertai papan berserat bemineral dengan rongga udara atau celah udara (<i>air-gap</i>) di belakangnya (<i>Fiberboard air space behind</i>)	0.63	0.85	.95
15. <i>Shaded-wood fiberboard in lay grid</i>	0.53	0.73	0.88
16. Lantai keramik berada di atas beton	0.04	0.05	0.05
17. Lantai kayu (parket)	0.07	0.06	0.06
18. Lantai beton atau teraso	0.015	0.02	0.02
19. Tegel Keramik	0.01	0.01	0.02
20. <i>Vynil</i> berada di atas beton	0.03	0.03	0.03
21. Karpet berat berada di atas busa	0.57	0.69	0.71
22. Karpet berat berada di atas lateks tak berpori	0.39	0.34	0.48
23. <i>Carpet, heavy above concrete</i>	0.14	0.39	0.60
24. Tirai dilipat-lipat berdekatan dengan dinding	0.35	0.40	0.50
25. Langit-langit gantung dilapisi <i>plasterboard</i>	0.10	0.05	0.05
26. Baja	0.01	0.01	0.07
27. <i>Plywood (3/8 in thick)</i>	0.17	0.09	0.10
28. Plaster pada papan bilah	0.06	0.05	0.04
29. <i>Plaster board</i>	0.10	0.05	0.05

Sumber : (1) Suptandar, 2004 (2) Satwiko, 2009

Tabel di atas memuat nilai koefisien absorpsi atau koefisien serap pada frekuensi yang ideal untuk ruang yang cenderung berfungsi untuk aktivitas percakapan atau cenderung *speech*. Koefisien di atas memiliki rentan antara 0 – 1, dimana koefisien terendah atau mendekati 0 (nol) merupakan sifat pemantul yang hampir sempurna sedangkan koefisien tertinggi atau mendekati 1 (satu) merupakan sifat penyerap suara yang hampir sempurna.

Khusus untuk frekuensi di atas 1000 Hz memiliki perhitungan khusus yaitu menggunakan perhitungan dengan koefisien kelembapan udara sekitar 50 % untuk negara yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia, dengan pengklasifikasiannya sebagai berikut :

Tabel 2
Koefisien *Air Absorbtion*

<i>Air at</i>	Koefisien Serap Udara (α)	
	1000 Hz	2000 Hz
20°C, 30 % RH	0.007	0.012
20°C, 50 % RH	0.007	0.010

Sumber : <http://slideplayer.com/slide/4350233/> diakses 20 Maret 2018

3. Difraksi (*diffraction*)

Difraksi merupakan suatu peristiwa menerusnya atau membeloknya perambatan gelombang bunyi yang diakibatkan atau disebabkan oleh ketidakmampuan elemen pembatas yang berdimensi kecil. Umumnya perambatan ini selain diakibatkan oleh dimensi yang cenderung kecil perambatan bunyi juga diakibatkan oleh adanya lubang atau celah pada elemen pelingkup ruang untuk dilalui. Ketika gelombang bunyi terhalangi dengan ukuran yang cenderung kecil dibandingkan dengan panjang gelombangnya yang datang maka akan terpantul atau memantul melewati penghalang kemudian mengalir lagi tanpa penghalang (Barron.1993).

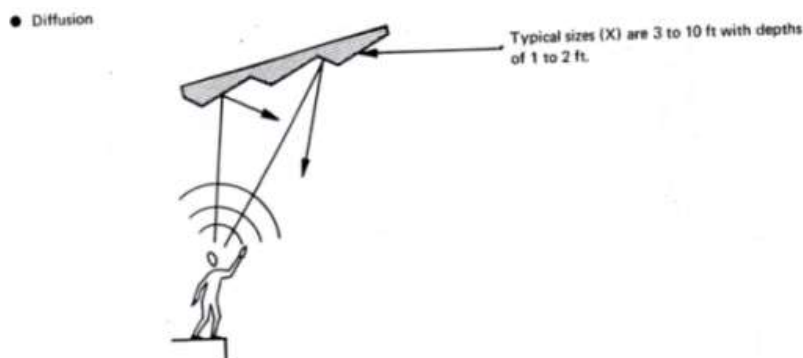
Adanya difraksi ini menyebabkan elemen pembatas atau elemen pelingkup ruang tidak dapat menciptakan bayangan akustik dengan sempurna dikarenakan pada peristiwa difraksi bunyi membelok dari sudut elemen pembatas atau penghalang, seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.12 Difraksi bunyi pada plafond dan dinding penghalang
Sumber : Egan, 1972

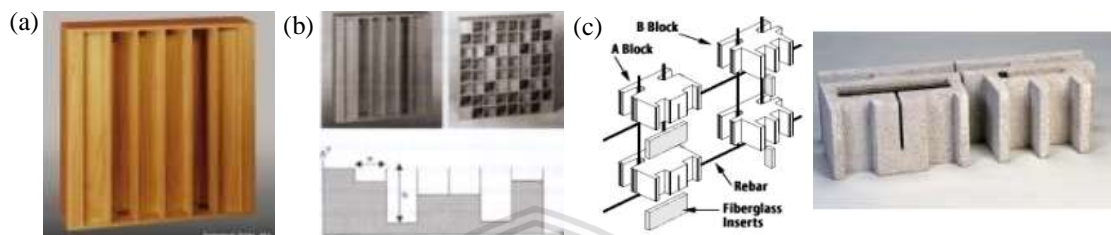
4. Perpencaran Bunyi (*diffusion*)

Difusi atau perpencaran bunyi merupakan terjadinya penyebaran gelombang bunyi yang mengenai permukaan material yang tidak rata. Hal ini digunakan untuk menghilangkan terjadinya pemantulan yang berulang-ulang. Pemencaran bunyi oleh material berbahan difusor dapat dilihat dengan perbandingan antara pantulan bunyi pada bidang datar dan pada permukaan difusor dengan arah bunyi tegak lurus.



Gambar 2.13 Difusor pada plafond
Sumber : Egan, 1972

Bentuk-bentuk yang umumnya digunakan untuk difuser terbuat dari material reflektor dan absorber yang berbentuk tak beraturan atau tidak rata. Kemudian untuk material yang digunakan agar tidak memantulkan nada tunggal dan menimbulkan distorsi bunyi digunakanlah material yang memiliki kedalaman dan lebar dari sisi yang berbeda. Berikut contoh material yang dapat digunakan untuk perpebaran bunyi dalam kebutuhan akustik ruang :



Gambar 2.14 (a) Panel difusor kayu (b) Difusor panel tunggal schroeder (c) Blok difusor
Sumber : Makainas, et.al, 2011

2.2.3 Indera Pendengaran Manusia sebagai Penerima Bunyi

Gelombang bunyi yang diterima oleh telinga manusia sebagai pendengar terjadi apabila tekanan suatu gelombang bunyi telah berubah sebelum sampai ke telinga bagian luar, serta getaran bunyi yang telah diterima oleh gendang telinga diperbesar dengan tulang-tulang kecil yang berada di tengah dan diteruskan lewat cairan ke ujung saraf yang ada di bagian telinga dalam, sehingga saraf meneruskan implus ke otak dan proses pendengaran oleh manusia terjadi.

Manusia sebagai penerima bunyi atau suara dalam ruang pertemuan dan ruang rapat harus dibebaskan dari cacat akustik, seperti kebisingan, dengung dan sebagainya. Kemampuan manusia akan kepekaan terhadap bunyi terjadi pada rentan frekuensi tertentu, dimana ketika dalam mendengarkan pembicaraan atau percakapan, penting adanya batas kebisingan yang telah diatur dalam hal tingkat interferensi bicara (SIL), seperti untuk fungsi *speech* frekuensi yang paling penting adalah 500, 1000, dan 2000 Hz. Hal ini dikarenakan frekuensi di bawah 500 di atas 2000 Hz kurang penting untuk kejelasan fungsi *speech* (Szokolay, 2008).

2.3 Perancangan Akustika Arsitektur untuk Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat

Ruang pertemuan dan ruang rapat merupakan suatu ruang yang memiliki kriteria dasar dalam penerapan prinsip sistem akustik dengan kualitas yang baik, dimana pada umumnya dilakukan pengukuran pada tiga parameter objektif yaitu tingkat bising latar belakang atau BNL (*Background Noise Level*), distribusi tingkat tekanan bunyi (TTB), dan respon impuls

ruang berupa waktu dengung RT (*Reverberation Time*) (Kadarisman, 2015). Akan tetapi, dalam penelitian ini akan dibahas RT (*reverberation time*) sesuai dengan batasan masalah yang ada. Hal ini dikarenakan waktu dengung (*reverberation time*) sangat menentukan dalam pengukuran tingkat kejelasan suara yang berasal dari sumber suara asli, mengingat fungsi antar kedua ruang tersebut merupakan fungsi untuk aktivitas cenderung *speech* atau percakapan yang membutuhkan kejelasan bersuara yang terpisah dengan baik antar kata serta tidak terdengar pengucapan kata yang kabur. Ruang pertemuan yang memiliki waktu dengung yang terlalu panjang akan menyebabkan penurunan tingkat kejelasan suara ucapan (*speech intelligibility*) karena suara asli masih dipengaruhi suara pantulan. Sedangkan, waktu dengung yang terlalu pendek, akan terkesan mati (Istiadji, 2007).

Pengukuran BNL (*background noise level*) atau tingkat bising latar belakang dan distribusi tingkat tekanan bunyi juga dilakukan, hal ini bertujuan untuk mengevaluasi adanya cacat akustik ruang mengenai kondisi kebisingan lingkungan baik dari dalam maupun dari luar gedung serta untuk mengetahui persebaran suara dalam ruangan tersebut. *Background Noise Level* itu sendiri merupakan bunyi di sekitar yang timbul secara stabil dan tetap pada tingkatan tertentu. Menurut Mediastika (2009), *Background Noise* yang nyaman untuk suatu ruang dan berada pada nilai standart yaitu tidak lebih dari 40 dB. Sedangkan, menurut Egan (1998) agar ruang pertemuan maupun ruang rapat dapat digunakan untuk percakapan dengan baik, maka bunyi bising latar belakang yang baik yaitu kurang dari 34 dB, sedangkan untuk distribusi tingkat tekanan bunyi antara titik yang paling dekat dengan sumber suara dengan titik terjauh dari sumber suara adalah tidak lebih 6 dB, agar memperoleh suara dengan kualitas yang sama dengan. Penanganan cacat akustik yang terjadi dalam suatu ruang untuk menurunkan bising yang terjadi dapat digunakan rumus (*noise reduction*), sebagai berikut ;

$$NR = 10 \log (a_2/a_1) \text{ dB.} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dengan a_1 = total penyerapan bunyi ruangan pada kondisi peredam awal (Sabine)

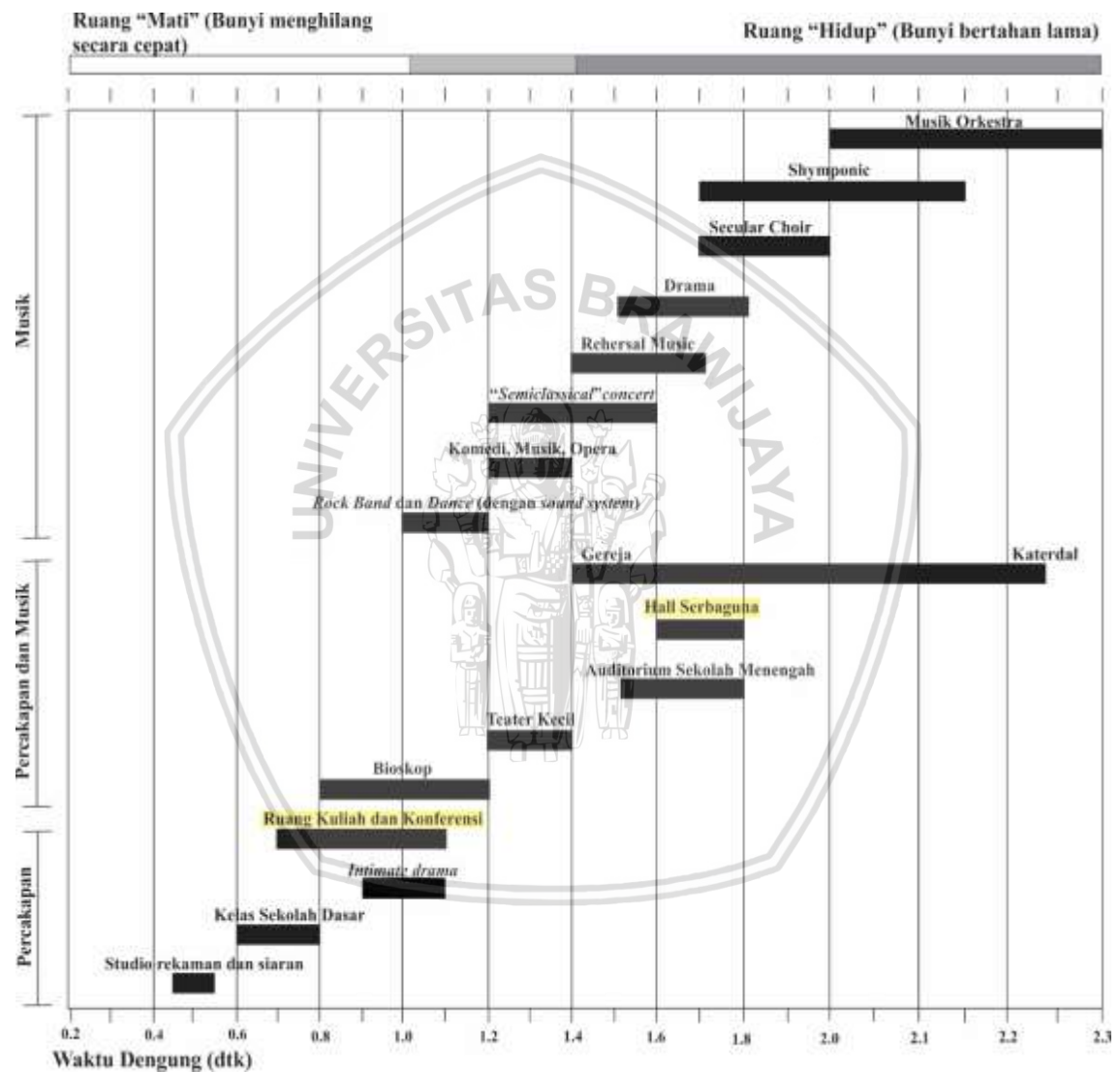
a_2 = total penyerapan bunyi pada kondisi setelah diperbaiki (Sabine)

2.3.1 Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Dengung dapat diartikan sebagai pemanjangan bunyi. Waktu dengung merupakan waktu yang dibutuhkan suatu bunyi untuk meluruh hingga tidak terdengar lagi serta sesuai dengan standart yang telah ditentukan untuk waktu meluruhnya tersebut. (Indrani, 2007). Waktu dengung di suatu ruang juga bergantung pada volume ruang, luas

permukaan masing-masing elemen pelingkup ruang, koefisien absorpsi material penutup serta elemen pelingkup ruang dan juga frekuensi bunyi yang dihasilkan.

Menurut beberapa para ahli, standart untuk fungsi ruang pertemuan multifungsi atau auditorium 1.6 – 1.8 detik, kemudian standart waktu dengung untuk fungsi percakapan atau *speech* pada ruang rapat atau ruang konferensi sebesar 0.7 – 1.1 detik (Egan, 1998). Hal ini sesuai dengan grafik standart dari beberapa jenis ruang, sebagai berikut :



Gambar 2.15 Standart waktu dengung

Sumber :Egan, 1998

Waktu dengung ini, selain dipergunakan untuk menentukan kualitas akustik ruang yang sudah ada dan telah dipergunakan, dapat pula dipergunakan untuk perencanaan *reverberation time* suatu ruang sebelum dibangun yaitu dengan menerapkan formula Sabine. Formula Sabine ini juga dapat membantu memperkirakan rancangan ruang

pertemuan dan ruang rapat dengan elemen pembatas bangunan yang memiliki koefisien serap yang tinggi pada area yang membutuhkan penyerapan, seperti dinding dan lantai, serta penggunaan material koefisien absorpsi rendah pada area yang membutuhkan pemantulan suara seperti plafond. Berikut penamaan dari Formula Sabine :

$$t = \frac{0.16V}{A} \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan :

t = waktu dengung (detik)

V = volume ruang (m^3)

A = total absorpsi dari tiap permukaan bidang batas ruangan (m^2), yaitu Σ (luas permukaan) x koefisien absorpsi.

Persamaan di atas hanya dipergunakan untuk menghitung waktu dengung bunyi pada frekuensi rendah saja (500 Hz). Hal ini disebabkan apabila frekuensinya melebihi 1000 Hz maka dipengaruhi oleh kelembapan udara hingga juga membutuhkan adanya koefisien absorpsi udara. Sehingga, perhitungan kembali dalam *reverberation time* dengan formula sebagai berikut :

$$t = \frac{0.16V}{A + 4mV} \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan :

m = koefisien absorpsi udara dalam ruangan

2.3.2 Terbebas dari Cacat Akustik Ruang

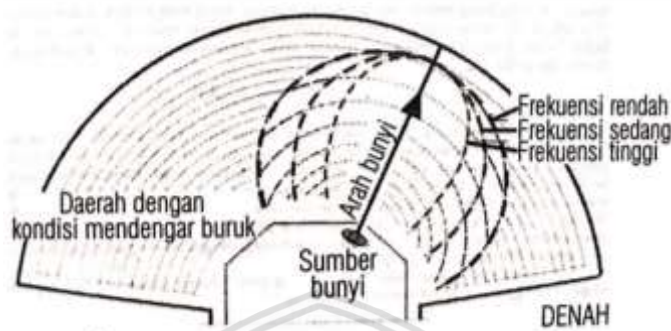
Berbagai cara untuk meningkatkan serta menerapkan kualitas akustik yang baik dalam suatu ruang diperlukan kebebasan dari suatu cacat akustik ruang, terutama pada ruang pertemuan dan ruang rapat tersebut yang rentan terhadap terjadinya cacat akustik. Berikut cacat akustik yang kemungkinan terjadi dalam ruang tersebut :

1. Dengung yang berkepanjangan

Dengung merupakan perpanjangan bunyi yang diakibatkan oleh adanya pemantulan berulang-ulang terhadap elemen pekingkup ruang setelah sumber bunyi dimatikan. Pemantulan ini terjadi akibat sebagian besar material yang digunakan bersifat reflektor atau pemantul dan sedikit yang bersifat sebagai penyerap bunyi (Indrani, 2007).

2. Bunyi frekuensi tinggi kurang terdengar merata

Bunyi pada suatu frekuensi yang tinggi cenderung kurang menyebarkan bunyi lebih luas. Hal ini, disebabkan oleh bunyi tersebut hanya merambat lurus, sehingga perlu adanya antisipasi bahan atau bentuk material difuser pada elemen tertentu sebagai pendistribusian suara secara lebih merata (Latifah, 2015).



Gambar 2.16 Jangkauan rambat bunyi
Sumber : Doelle, 1985

3. Tingginya tingkat bising latar belakang

Kebisingan (*noise*) merupakan suatu bunyi yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu hingga dapat menyebabkan sakit pada telinga manusia. Kebisingan ini pula dapat mempengaruhi tingginya tingkat bising latar belakang dalam ruangan yang disebabkan oleh kebisingan dari dalam maupun luar ruangan, seperti suara kendaraan bermotor di jalan raya dan suara mekanikal elektrikal dalam ruangan itu sendiri. Kebisingan ini dapat ditangani dengan diberikan media rambat bunyi pada elemen pelingkup ruang (Satwiko, 2009).

2.3.3 Kriteria Perancangan Akustik Ruang Pertemuan dan Ruang Rapat

Kriteria perancangan akustik ruang pertemuan dan ruang rapat erat hubungannya dengan penggunaan material pada elemen-elemen pelingkup ruang bangunan yang seperti dinding, lantai, plafon atau langit-langit dan sistem penguat bunyi di dalamnya, dimana elemen tersebut sebagai pelingkup ruang dalam ruang pertemuan dan rapat sangat berpengaruh pada kualitas akustik yang dihasilkan dalam ruangan itu sendiri. Oleh karena itu akan dibahas mengenai kriteria perancangan pada tiap elemen-elemen pelingkup ruang atau pembatas ruang serta sistem penguat bunyi didalamnya.

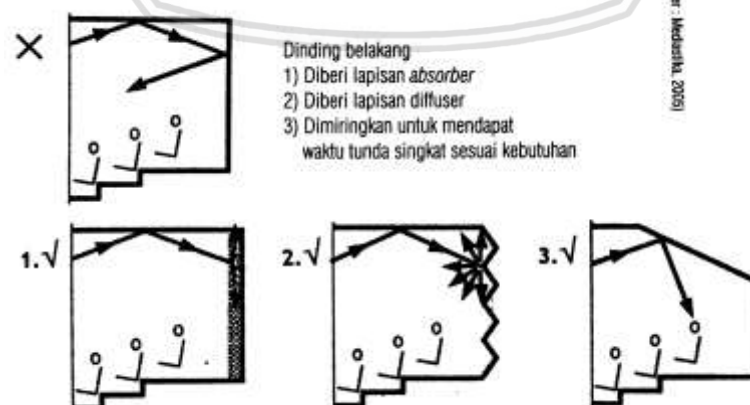
1. Plafond atau Langit-langit Ruang

Plafon atau langit-langit diperlukan suatu material yang dapat difungsikan sebagai bahan reflektor atau pemantul bunyi (*reflektor*) dan berbentuk *reflective shell*, dimana bentuk tersebut terdiri dari suatu bidang-bidang dengan kemiringan tertentu dan

memiliki tujuan untuk memperoleh bunyi pantul yang jelas dan merata keseluruhan ruangan. Untuk itu, pada sisi penonton selain berbentuk cembung, plafond berbentuk datar yang dimiringkan beberapa derajat mengarah kearah panggung juga dapat diterapkan pada ruang pertemuan maupun ruang rapat, yaitu dengan material tertentu yang bisa memantulkan suara dan juga masih tetap dapat mengontrol waktu dengung dengan konsep langit –langit gantung. Untuk itu dibuat plafond gantung pula yang disusun tidak merata seperti bergerigi dan memiliki tujuan untuk membiaskan suara hingga area belakang penonton, Contoh material tersebut seperti *Plywood*, *Plesterboard*, dan bahan reflektor lainnya.

2. Dinding

Ruang pertemuan maupun ruang rapat pada elemen pelingkup ruang bagian dinding dibutuhkan suatu material yang seimbang antara absorber dan reflektor untuk area samping penonton. Bahan reflektor tersebut yang dihadapkan kearah penonton agar dapat menangkap bunyi kemudian di distribusikan hingga penonton bagian belakang, sedangkan absorber yang berada di sisi samping lainnya juga mengontrol agar material pemantul yang diterapkan tidak menyebabkan pantulan yang berulang-ulang dan dapat diserap oleh bahan absorber. Keseimbangan bahan antara absorber dan diffuser ini umumnya, diterapkan untuk bentuk dinding bergerigi yang dibuat dengan tujuan sebagai difusser. Pada umumnya, dinding bagian belakang panggung dilapisi dengan material reflektor, Namun apabila jenis panggung tertutup dan sejajar serta berhadap-hadapan, sebaiknya digunakan material absorber, dikarenakan dapat mengakibatkan bunyi terpantul berulang kali di area panggung dan tidak dipantulkan ke area penonton.



Gambar 2.17 Perlakuan terhadap dinding belakang penonton

Sumber : Mediastika, 2005

Material *absorber* yang dapat diterapkan pada dinding ruang pertemuan dan ruang rapat adalah *mineral wool*, *softboard*, *mineral tile*, panel *medium density fiberboard* (MDF), dan resonator rongga.

3. Lantai

Rancangan pada elemen lantai disarankan menggunakan kayu yang dapat menyerap bunyi tidak terlalu tinggi apabila dibutuhkan untuk fungsi ekspos tari, sedangkan apabila area panggung untuk ruangan pertemuan yang cenderung fungsi *speech* dapat digunakan pula bahan absorber sebagai penyerap bunyi. Kemudian, pada lantai sisi penonton dapat pula menggunakan karpet tebal bahan absorber atau penyerap untuk membantu mencegah terjadinya kebisingan hingga keluar ruangan. Material tersebut merupakan material absorber dan insulator, dimana absorber bertujuan untuk mencegah adanya dengung dan bahan insulator mencegah bising. (Latifah, 2015).



Gambar 2.18 (a) Karpet tebal (b) Axminster carpet

Sumber : (a) <https://imansyahtamnge.blogspot.co.id/2017/10/d-material-akustik-studio-rekaman.html> (b) <http://www.tokokarpet-plastik.com/images/rainbow/axminster8.JPG> diakses 29 November 2017

Berdasarkan paparan di atas, dapat disimpulkan untuk meminimalisir adanya cacat akustik pada ruang, dibutuhkan beberapa jenis material sebagai pelengkap elemen ruangan (dinding, plafond, dan lantai). Berikut sifat dan alokasi material yang dapat diterapkan pada ruang pertemuan dan ruang rapat :

Tabel 3

Sifat dan Alokasi Material

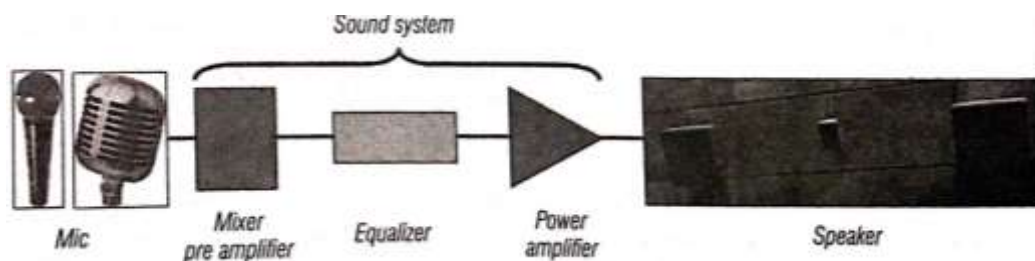
Material	Sifat Utama	Fungsi	Alokasi
<i>Pemantul atau Reflektor</i>	Keras dan permukaan licin	Untuk memantulkan suatu bunyi dari sumber suara asli terhadap penonton dalam ruang tersebut	- Dinding bagian belakang panggung (jika panggung dalam ruang tersebut membuka kearah <i>audience</i>)

Material	Sifat Utama	Fungsi	Alokasi
			- Sebagian dinding bagian samping berfungsi untuk mendistribusikan suara yang berasal dari penyaji
			- Langit-langit bangunan atau Plafond
<i>Penyerap atau Absorber</i>	Memiliki pori, berbahan lunak, memiliki serat, dan resonator berongga	Untuk menyerap bunyi	- Dinding bagian panggung dalam posisi yang saling berhadapan - Dinding samping bagian penonton yang saling berhadapan - Dinding bagian belakang penonton - Lantai pada area penonton
<i>Penyebar atau Difuser</i>	Material yang sejenis dengan bahan bersifat reflektor atau absorber, dan dilapisi dengan permukaan tidak rata	Untuk menyebarkan atau mendistribusikan bunyi yang juga memiliki sifat sebagai pemantul	- Dinding bagian panggung yang saling berhadapan - Dinding bagian samping yang sejajar dan juga saling berhadapan

(Sumber : Latifah, 2015)

4. Sistem Penguat Bunyi

Sistem penguat bunyi pada ruang pertemuan dan ruang rapat adalah peralatan *sound system*, dimana peralatan tersebut memiliki fungsi untuk menyebarkan bunyi dengan frekuensi tertentu secara merata dan jelas. Berikut skema *sound system* :

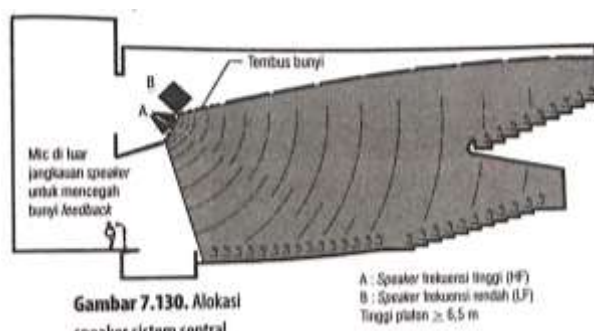


Gambar 2.19 Skema *sound system*

Sumber : *Interior Architecture*, 2003

Berkaitan dengan peralatan *sound system*, untuk posisi atau perletakan *sound system* juga harus diperhatikan, dimana secara umum perletakan peralatan tersebut terbagi

menjadi beberapa tipe sistem perletakkannya, di antaranya sistem terpusat dan sistem terdistribusi. Sistem terpusat yaitu dengan meletakkan *speaker* pada satu sisi dan tepat di atas sumber suara di bagian depan saja.



Gambar 2.20 Sistem perletakan *speaker* terpusat
Sumber : Doelle, 1985

Sedangkan pada sistem yang terdistribusikan yaitu perletakan *speaker* pada beberapa titik secara merata hingga tiap sisi bagian penonton bagian depan maupun belakang ruangan mendapat kualitas bunyi yang sama rata dengan bagian depan.



Gambar 2.21 Sistem perletakan *speaker* terdistribusi
Sumber : Doelle, 1985

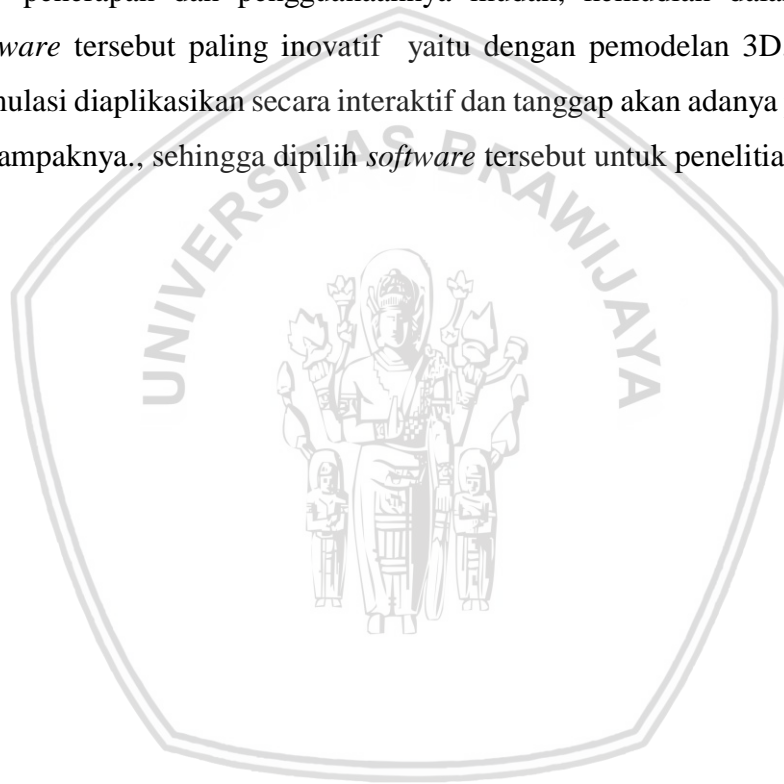
2.4 Metode Analisis Akustik Waktu Dengung pada Ruang

Pengumpulan data dengan observasi lapangan dan pengukuran kondisi eksisting secara langsung menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dimana metode evaluatif secara kuantitatif merupakan suatu tahapan dalam diberikannya suatu gambaran atau keadaan secara mendetail dan terdiskripsikan secara sistematis, faktual, akurat mengenai objek penelitian (Lehman, 1979).

Tahap analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Menurut Roestiyah (2001:80) metode eksperimental itu sendiri merupakan suatu penelitian yang dilakukan dengan berbagai percobaan mengenai suatu hal tertentu dalam penelitian diperhatikan pula tiap prosesnya. Metode eksperimental pada penelitian ini juga dilakukan pensimulasian menggunakan *software* akustik dalam penyelesaian suatu permasalahannya. *Software* akustik yang dapat digunakan beraneka ragam, di antaranya *Software Ecotect*

Analysis 2011, Software CATT (Computer Aided Theater Technique), Software ODEON, Software EASE, Software COMSOL. Berdasarkan beberapa *software* akustik ruang tersebut, masing-masing *software* memiliki kekurangan dan kelebihan.

Software ODEON dan *EASE* merupakan salah satu *software* yang memiliki fitur terlengkap dan dalam pengaplikasiannya cukup mudah, namun *software* ini juga memiliki kekurangan yaitu harganya yang cukup mahal. Kemudian, untuk *software CATT* merupakan salah satu *software* akustik ruang yang hingga sekarang mengalami perkembangan terus menerus, namun pengaplikasian serta pengoperasiannya cukup sulit dan membutuhkan ketelitian tinggi karena menggunakan *script* dalam prosesnya. Sedangkan, *software Ecotect Analysis 2011* penerapan dan penggunaannya mudah, kemudian dalam menganalisa bangunan *software* tersebut paling inovatif yaitu dengan pemodelan 3D. Berbagai fitur analisa dan simulasi diaplikasikan secara interaktif dan tanggap akan adanya perubahan yang akan terlihat dampaknya., sehingga dipilih *software* tersebut untuk penelitian ini.



2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 4
Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Variabel penelitian		Metode Penelitian	Hasil & Kesimpulan
		Variabel Bebas	Variabel Terikat		
Optimalisasi Kenyamanan Akustik Ruang pada JX International Surabaya	2017	Material, Elemen Interior, Luas Permukaan Material, Volume Ruang	<i>Reverberation Time</i>	Metode Kuantitatif, Metode Eksperimental, Metode iso-akustik menggunakan <i>software Autodesk Ecotect Analysis 2011</i>	Optimasi dilakukan dengan menambah dinding akustik dari Konsep <i>acoustic treatment</i> dengan menggunakan <i>double layer – airgap</i> yang dikombinasikan dengan bahan <i>fiberboard</i> . Hasilnya optimal dalam hal mengabsorpsi suara gema dan dengung yang berlebih pada bangunan sejenis JX International Surabaya.
Penerapan Elemen-Elemen Akustika Ruang Dalam Pada Perancangan Auditorium Mono-Fungsi, Sidoarjo - Jawa Timur	2015	Material, Dimensi Luas Permukaan, Volume Ruang Kelas	<i>Reverberation Time</i>	Metode Kuantitatif	Deskriptif Kondisi akustik di ruangan yang belum memenuhi standart sistem akustik diberikan rekomendasi desain dengan penambahan elemen bentuk dinding bergerigi dan plafond gantung dengan bahan <i>plywood</i> yang dapat mengubah waktu dengung (RT) lebih baik sesuai standart dengan perhitungan formula Sabine.
Redesain Interior <i>Ballroom</i> Multifungsi <i>Edelweiss</i> untuk Meningkatkan Kualitas Akustik	2016	Material akustik, Dimensi Elemen Interior	<i>Background Noise Level, Respond Impuls, Tekanan Bunyi</i>	Metode eksperimental dengan mengubah material-material pada masing-masing elemen interior bangunan	Pemilihan material <i>acourate fiber</i> dan material absorber, reflektor, dan diffuser diterapkan untuk meningkatkan kualitas akustik ruang, seperti material <i>polyurethane foam</i> untuk bahan absorber dan <i>plywood</i> untuk bahan reflektor.

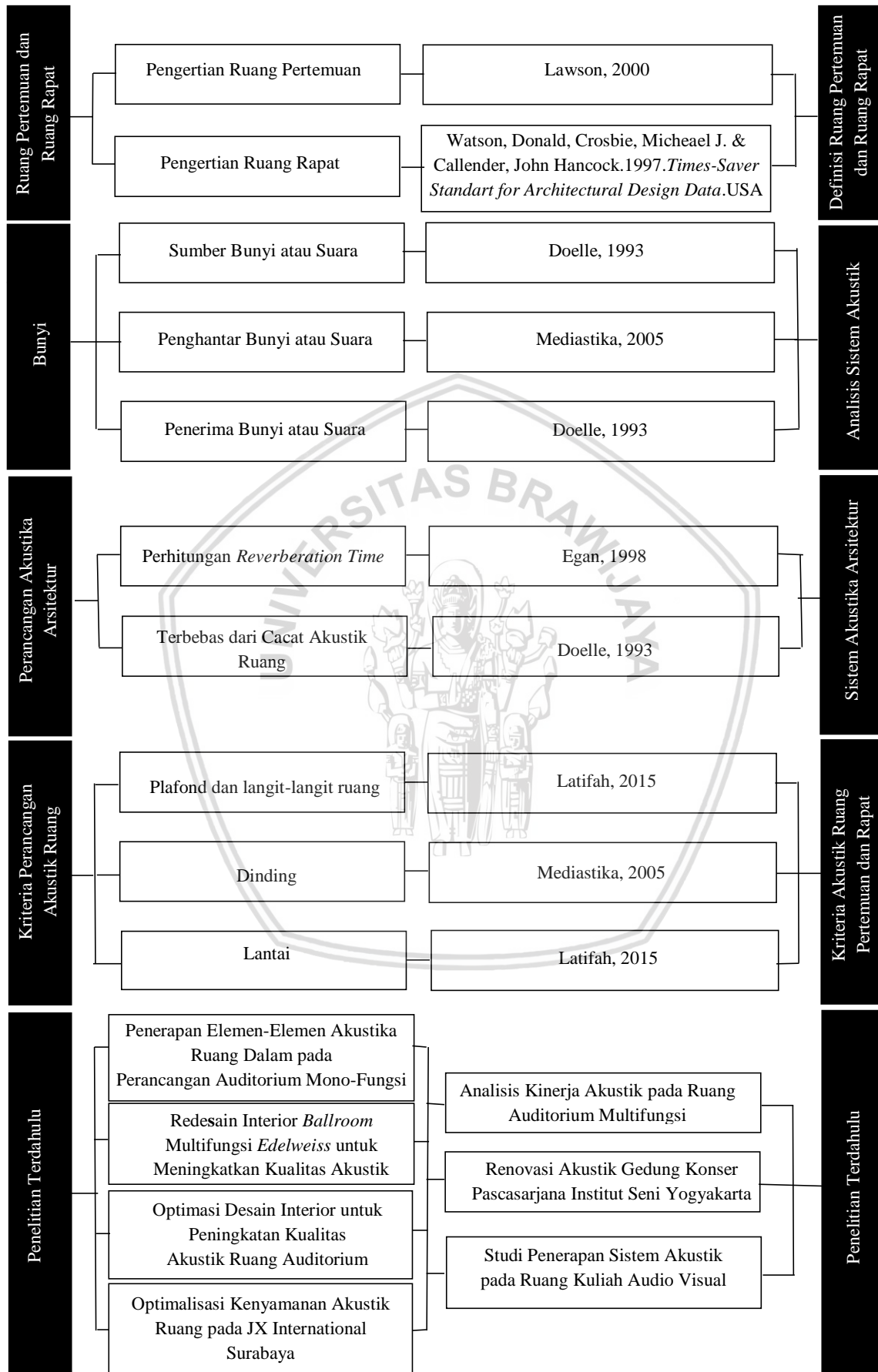
Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Variabel penelitian		Metode Penelitian	Hasil & Kesimpulan		
		Variabel Bebas	Variabel Terikat				
Optimasi Interior Peningkatan Akustik Auditorium Multifungsi	Desain untuk Kualitas Ruang Multi-fungsi	2007	Bahan Penutup Bidang Permukaan Elemen Interior, Dimensi dan Volume Ruang	Tingkat Tekanan Bunyi, <i>Reverberation Time, Early Decay Time (EDT), Background Noise Level</i>	Metode Eksperimental untuk analisis data dengan <i>software Ecotect Analysis</i> dan Metode Deskriptif Kuantitatif untuk pengumpulan data.	Penggunaan bahan absorber berbentuk <i>buffle</i> dengan karakteristik bahan lembut, berpori, bertekstur pada elemen interior digunakan sebagai rekomendasi material untuk meminimalisir kebisingan dan menyesuaikan waktu dengung dengan standart yang berlaku untuk fungsi Auditorium	
Analisis Akustik pada Auditorium Multifungsi	Kinerja Ruang	2007	Material Pelapis dan Luas Pelapis interior	Bahan Pelapis elemen interior	<i>Background noise, Tingkat Tekanan Bunyi (TTB), Reverberation Time, Early Decay Time C50, C80 (Clarity), Deutlichkeit, Center Time</i>	Metode Eksperimental menggunakan <i>software Adobe Audition 1.5</i> serta metode deskriptif kuantitatif	Kriteria kebisingan auditorium UK. Petra (NC>45) belum dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai ruang pertunjukan karena adanya suara bising dari AC <i>unit outdoor</i> . Rekomendasi dilakukan dengan cara memodifikasi desain peletakan bahan-bahan absorptif atau reflektif
Renovasi Gedung Pascasarjana Institut Seni Yogyakarta	Akustik Konser Seni	2012	Material dan Bentuk Elemen Interior		<i>Noise Creteria, Reverberation Time</i>	Metode Eksperimental dengan pensimulasian menggunakan <i>software Ecotect 5.5 dan CATT 8.0</i>	Perencanaan dan perancangan akustik gedung Pascasarjana-Institut Seni Indonesia menunjukkan bahwa dengan kombinasi bahan penyerap maupun penyebar bunyi pada gedung di Indonesia dapat mencegah atau memperbaiki kualitas akustik ruang yang telah ada sebelumnya hingga optimal.
Studi Sistem Pada Ruang Audio Visual	Penerapan Akustik Kuliah	2011	Material elemen interior, luas, bentuk dan pola ruang		<i>Background Noise, Reverberation Time</i>	Metode Deskriptif dan metode Kuantitatif menggunakan <i>software Autodesk Ecotect Analysis 2011</i>	Rekomendasi desain dilakukan dengan mengganti material pada furniture ruang menggunakan material panel multiplek pada dinding partisinya untuk mengurangi tingkat kebisingan dan meningkatkan kualitas akustik dalam ruang tersebut.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dijabarkan pada tabel di atas, terdapat beberapa penelitian yang dapat dijadikan suatu pedoman dalam penyelesaian penelitian ini, baik dari segi variabel maupun rekomendasi desain untuk tahap penyelesaian masalah-masalah mengenai akustik dalam suatu ruang terutama ruang yang sejenis dengan *ballroom* dan *meeting room*, diantaranya :

1. Menurut sebagian besar penelitian terdahulu di atas, variabel bebas yang mempengaruhi permasalahan waktu dengung atau *reverberation time*, dipengaruhi oleh jenis material, dimensi dan volume ruang. Untuk itu pada penelitian ini nantinya juga akan digunakan variabel bebas yang mempengaruhi variabel terikat yaitu jenis material, dimensi, volume dan juga bentuk ruang.
2. Metode dalam penyelesaian masalah sebagian besar penelitian terdahulu yang sejenis dengan tema yang penulis paparkan yaitu mengangkat metode deskriptif kuantitatif dan eksperimental, dimana metode eksperimental menggunakan beberapa *software* untuk membantu mensimulasikan waktu dengung pada ruang, seperti pada penelitian “Studi Penerapan Sistem Akustik pada Ruang Kuliah Audio Visual” digunakan metode eksperimental yang menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*, sehingga dalam tahap pensimulasian suatu keadaan eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo dilakukan pensimulasian pula dengan *software* tersebut.
3. Menurut penelitian “Optimalisasi Kenyamanan Akustik Ruang pada JX International Surabaya” yang telah dilakukan rekomendasi desain dengan menambah dinding akustik dari konsep *acoustic treatment* dengan menggunakan *double layer – airgap* dinding bergerigi yang dikombinasikan dengan bahan *fiberboard* dapat mengabsorpsi suara gema dan dengung yang berlebih pada bangunan sejenis JX International Surabaya, sehingga rekomendasi desain tersebut, dapat dijadikan salah satu alternatif rekomendasi desain untuk meminimalisir waktu dengung yang berkepanjangan.
4. Menurut penelitian “Penerapan Elemen-Element Akustika Ruang Dalam pada Perancangan Auditorium Mono-Fungsi, Sidoarjo - Jawa Timur” dilakukan suatu rekomendasi dalam menurunkan tingkat waktu dengung hingga esuai standart yang telah ditentukan yaitu dengan dilakukan penambahan elemen bentuk dinding bergerigi dan plafond gantung dengan bahan *plesterboard*.

Penelitian-penelitian terdahulu yang dirujuk pada, dapat dijadikan sebagai pedoman untuk menyelesaikan permasalahan cacat akustik yang terjadi pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

2.6 Kerangka Teori



Gambar 2.22 Kerangka teori

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Umum dan Tahapan Penelitian

3.1.1 Metode Umum

Penelitian “Tata Akustik pada *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo” ini menggunakan deskriptif evaluative dan eksperimental. Metode deskriptif evaluative ini dilakukan secara kuantitatif yang merupakan suatu tahapan dalam memberikan gambaran informasi atau keadaan secara detail yang dideskripsikan dan dipaparkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai objek penelitian (Lehman, 1979). Metode ini digunakan dalam tahap pengumpulan data berupa dimensi, bentuk, dan jenis material yang digunakan dalam ruang melalui observasi lapangan. Selain itu, pengukuran juga dilakukan untuk mengetahui permasalahan dalam ruang pertemuan dan ruang rapat tersebut.

Kemudian setelah dilakukan pengumpulan data, dilakukan pula tahap analisis dengan metode eksperimental. Menurut Roestiyah (2001) metode eksperimental merupakan suatu penelitian yang dilakukan dengan adanya percobaan beberapa sampel serta mengamati tiap prosesnya mengenai suatu hal tertentu dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental tersebut yang dilakukan dengan menganalisa data hasil observasi lapangan yang disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*, sehingga nantinya akan terlihat kondisi dan berbagai permasalahan yang terjadi pada kondisi eksisting serta terlihat pula hasil yang ideal dari penggunaan rekomendasi dengan mengganti material maupun bentuk ruang berdasarkan kajian studi literature, penelitian terdahulu dan beberapa contoh bangunan sejenis yang telah memiliki kualitas akustik yang baik. Hal ini nantinya digunakan untuk mengoptimalkan kualitas akustik didalam ruang dengan meminimalisir ataupun mengontrol waktu dengung (*reverberation time*).

3.1.2 Tahapan Operasional Penelitian

Penyelesaian masalah penelitian ini dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, diantaranya :

1. Identifikasi masalah merupakan tahapan yang diterapkan dalam membuktikan adanya suatu permasalahan yang nantinya dapat diselesaikan ataupun dipecahkan berdasarkan studi literature yang telah dikaji serta penelitian terdahulu yang telah dirujuk. Identifikasi masalah ini berawal dari banyaknya pengguna *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo untuk acara pribadi maupun instansi yang tidak

diimbangi dengan kualitas akustik yang baik, dimana sistem layout atau tata letak antar ruang antara *Ballroom* dan *Meeting Room* tersebut berdekatan tanpa memikirkan dampak dari masing-masing fungsi ruang yang dapat menimbulkan cacat akustik dan mengganggu aktivitas pada masing-masing ruangan tersebut.

2. Pengumpulan data merupakan tahapan pengambilan data-data terkait permasalahan pada objek penelitian yang akan dikaji. Data-data tersebut berupa data primer yang dilakukan dengan observasi dan wawancara dengan pihak pengelola bangunan secara langsung. Kemudian data sekunder yang diperoleh berdasarkan studi literatur yang telah dikaji sebelumnya.
3. Analisis data dilakukan dengan pensimulasian beberapa sampel untuk menghasilkan beberapa alternatif rekomendasi yang paling optimal dan paling baik berdasarkan data-data yang berasal dari studi literatur dan penelitian terdahulu yang telah dikaji.
4. Alternatif rekomendasi desain merupakan beberapa tahapan pemecahan permasalahan sebagai langkah untuk mencapai tujuan dari penelitian ini yaitu meminimalisir kebisingan dan meningkatkan akustik ruang di dalamnya.

3.2 Lokus dan Fokus Penelitian

3.2.1 Lokus Penelitian

Lokus penelitian pada penelitian ini yaitu *Ballroom* dan *Meeting Room* yang berada di Jalan Suroyo no.50-52, Sukabumi, Mayangan Kota Probolinggo. Objek penelitian ini merupakan objek yang difungsikan untuk mewadahi berbagai macam acara, seperti acara dinas maupun pribadi, seperti pernikahan, seminar, dan lainnya.



Gambar 3.1 Lokasi objek penelitian

Sumber : <https://www.google.co.id/maps/place/Paseban+Sena>
diakses pada tanggal 20 November 2017



Gambar 3.2 (a) *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo (b) *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

3.2.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini yaitu terletak pada kualitas akustik *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo dengan beberapa kajian yang mempengaruhi seperti material, bentuk ruang dan dimensi ruangan tersebut. Fokus penelitian ini nantinya dapat memberikan pembahasan mendalam mengenai kajian-kajian tersebut untuk menghasilkan beberapa alternatif rekomendasi desain yang dapat meningkatkan kualitas akustik dan menunjang fungsi ruangan tersebut.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data sebagai informasi yang akan dikaji dalam penelitian ini. Data-data yang diperoleh tersebut dibagi menjadi dua jenis, diantaranya :

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan suatu data yang diperoleh secara langsung atau melihat kondisi di lapangan atau eksisting dari objek penelitian terkait tanpa melalui perantara, dimana data tersebut didapatkan dengan observasi langsung dan wawancara langsung terhadap pihak pengelola *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo sebagai objek penelitian. Selain itu dilakukan pula pengukuran dimensi dan bentuk-bentuk ruang dari kedua ruangan tersebut. Data-data primer yang didapatkan, di antaranya:

1. Kondisi elemen pelingkup ruang
2. Material yang digunakan pada tiap elemen pelingkup ruang
3. Dimensi ruang dalam bangunan
4. Dokumentasi objek penelitian

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan suatu data yang diperoleh sebagai data pendukung secara tidak langsung atau melalui perantara berupa studi literature atau penelitian terdahulu mengenai hal yang berkaitan dengan penelitian akustik. Studi literature itu sendiri merupakan suatu sumber data yang berasal dari beberapa ahli yang dicantumkan dalam sebuah buku, jurnal ilmiah, maupun internet dan dapat dijadikan suatu dasar acuan dalam tahap analisa dan rekomendasi desain.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terbagi menjadi 2 jenis, di antaranya :

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menyebabkan perubahan pada variable terikat, dimana variabel tersebut terdapat beberapa faktor yang dipilih dan diukur untuk menentukan hubungan dengan objek yang diteliti. Variabel bebas dalam penelitian ini, di antaranya :

1. Ruang
Bentuk ruang, dimensi, luas (m^2), dan volume ruang (m^3)
2. Lantai
Bentuk, dimensi, luas permukaan bidang (m^2), jenis material permukaan lantai
3. Dinding
Bentuk, dimensi, luas permukaan bidang (m^2), jenis material permukaan dinding
4. Plafond
Bentuk, dimensi, luas permukaan bidang (m^2), jenis material permukaan plafond atau langit-langit bangunan

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan sesuatu yang diteliti untuk menentukan adanya pengaruh variable bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu *reverberation time* atau waktu dengung. Hal ini sesuai dengan tujuan dan permasalahan yang terjadi dalam ruang *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

3.5 Metode Pengukuran

Penelitian ini menggunakan beberapa pengukuran, yaitu pengukuran lapangan dan untuk mengetahui adanya cacat akustik yang terjadi dalam ruangan tersebut, diantaranya

pengukuran tingkat bising latar belakang, dan tingkat tekanan suara. Selain itu, dilakukan pula pengukuran dimensi-dimensi ukuran ruang untuk dijadikan data dalam perhitungan *reverberation time* nantinya menggunakan Formula Sabine.

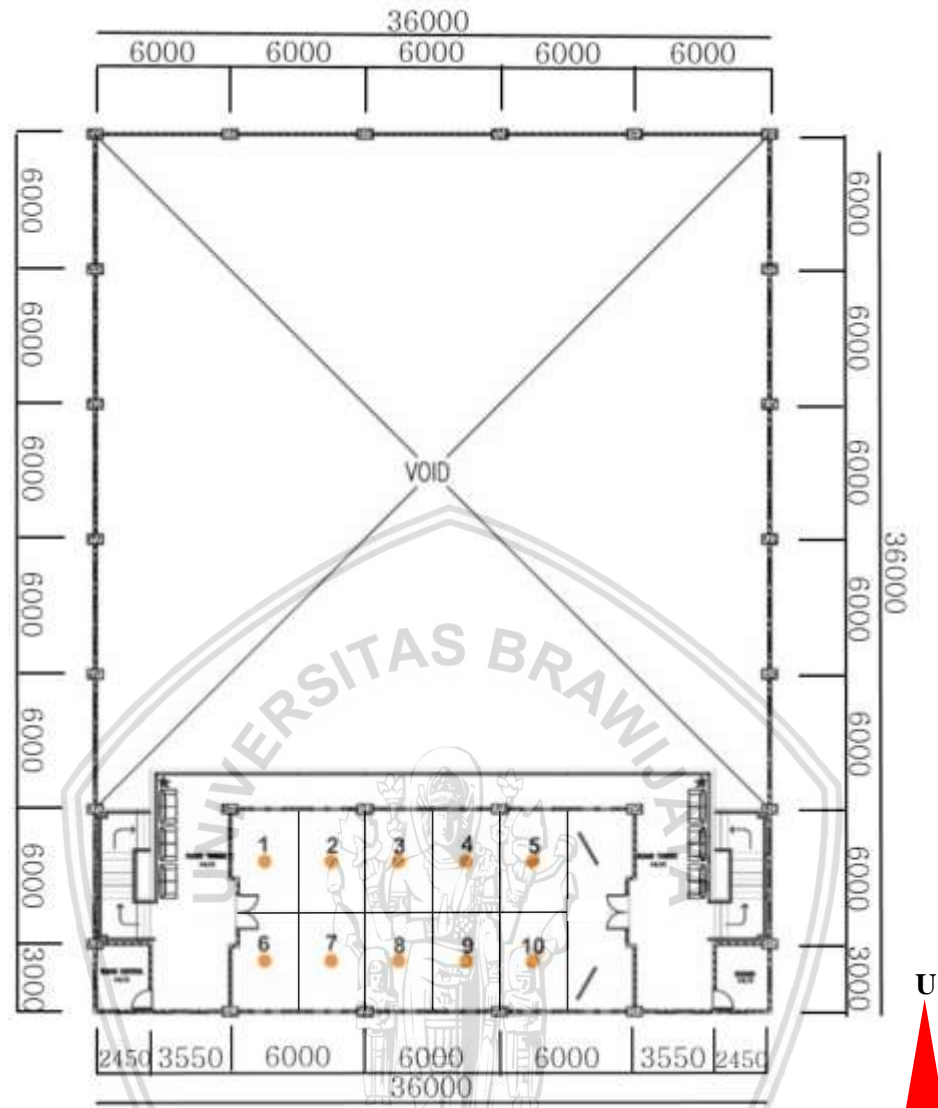
3.5.1 Pengukuran Tingkat Bising Latar Belakang (*Background Noise Level*)

Pengukuran *background noise level* atau pengukuran bising latar belakang berguna untuk mengetahui kondisi ketika tidak digunakan atau tidak ada sumber suara. Pengukuran dilakukan pada saat kondisi tanpa *audience* dan pada saat peralatan mekanikal dalam ruangan, seperti lampu, pendingin ruangan, dinyalakan dengan tujuan sesuai dengan ketika kondisi ruangan digunakan. Berikut tahap pengukuran dari *background noise level*

1. Membagi titik-titik pengukuran dengan cara membuat grid yang dibagi berdasarkan luas dan modul kolom 6 x 6 meter. Sedangkan pada *meeting room* dari ukuran kolom dibagi kembali menjadi empat bagian untuk menyesuaikan ukuran *meeting room* yang lebih kecil dibanding *ballroom*.



Gambar 3.3 Titik pengukuran bising latar belakang pada *ballroom* lantai satu Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo



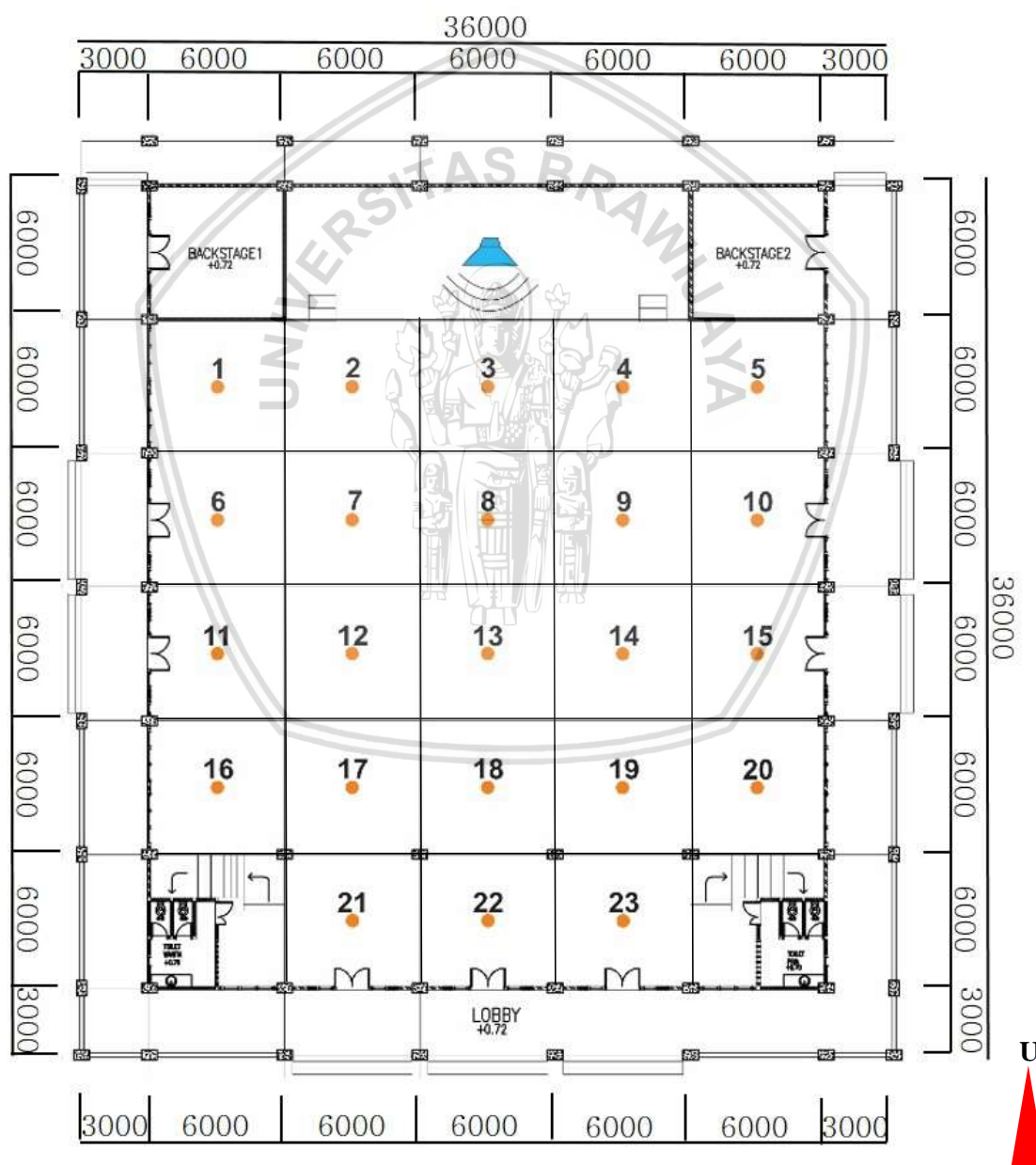
Gambar 3.4 Titik pengukuran bising latar belakang pada *meeting room* lantai dua Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

2. Menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) untuk pengukuran tiap titik dengan cara memegang *sound level meter* sekitar 1.2 meter di atas permukaan lantai dan 1 meter dari dinding agar terhindar dari dominasi komponen pantulan yang berasal dari elemen dinding.
3. Waktu pengukuran dilakukan ketika keadaan ruang kosong dan alat-alat *elerctrical* dinyalakan selama 60 detik pada tiap titik, kemudian mencatat angka yang tertera pada *sound level meter* pada detik ke 60.
4. Kemudian, dari hasil pengukuran lapangan tersebut dimasukkan pada tiap titik dan dibuat suatu grafik kontur yang menggambarkan keadaan tingkat bising latar belakang pada kondisi eksisting ruangan.

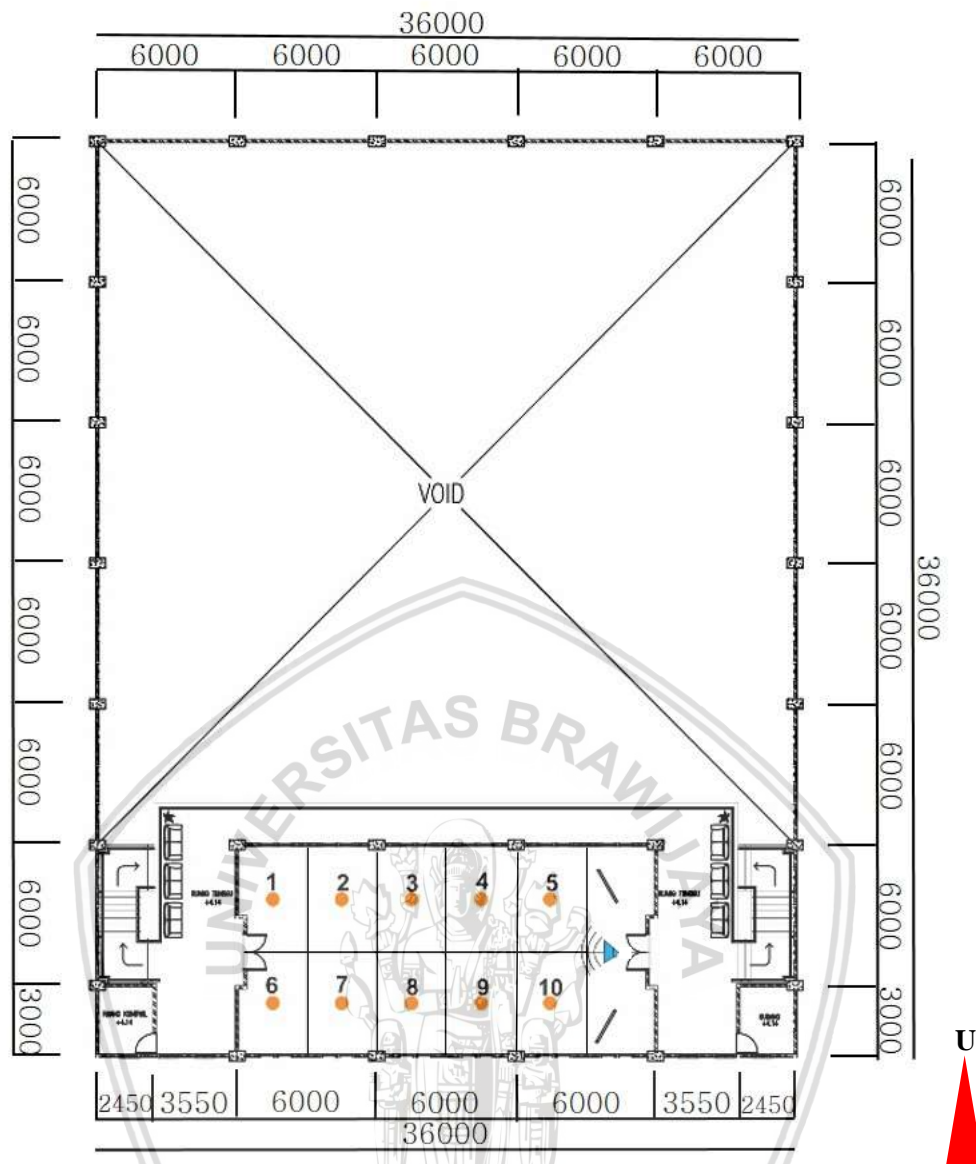
3.5.2 Pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi

Pengukuran tingkat tekanan bunyi pada objek penelitian memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat pemerataan suara yang dihasilkan dalam ruangan apabila terdapat suatu acara dalam *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo sebagai objek penelitian. Berikut langkah-langkah dalam pengukuran tingkat tekanan bunyi :

1. Membagi titik-titik pengukuran dengan cara membuat grid yang dibagi berdasarkan luas dan modul kolom 6 x 6 meter, dan letak titik sumber suara yang berada di tengah panggung. Sumber suara yang digunakan yaitu bunyi letusan balon berdasarkan (ISO 3382-1)



Gambar 3.5 Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada *ballroom* lantai satu Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo



Gambar 3.6 Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada *meeting room* lantai dua Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

2. Sumber suara letusan balon dibantu oleh penguat bunyi berupa *speaker* yang diletakkan di tengah-tengah panggung dan dibunyikan pada tiap titik ukur
3. Pengukuran menggunakan alat ukur *Sound Level Meter* (SLM) untuk pengukuran tiap titik dengan cara memegang *sound level meter* sekitar 1.2 meter di atas permukaan lantai dan 1 meter dari dinding agar terhindar dari dominasi komponen pantulan yang berasal dari elemen dinding
4. Hasil pengukuran dari alat *Sound Level Meter* (SLM) dimasukkan dalam tiap titik di denah tiap ruang, Hasil grafik tersebut terlihat selisih antara titik yang berdekatan dengan sumber suara dengan titik ukur paling belakang yang terletak pada area penonton bagian belakang serta disesuaikan juga tingkat pemerataan tekanan bunyi dengan standart yang tidak lebih dari 6 dB.

3.5.3 Pengukuran Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Pengukuran waktu dengung (*reverberation time*) dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan rumus Formula Sabine dan dengan pensimulasian. Berikut kedua cara dalam menghitung nilai waktu dengung tiap ruang :

1. Menggunakan Formula Sabine

Pengukuran *reverberation time* pada objek penelitian dilakukan menggunakan hasil data primer berupa jenis material tiap elemen pelingkup ruang, dimensi, luas permukaan dan volume masing-masing ruang. Kemudian diakumulasikan kedalam perhitungan atau pengukuran *reverberation time* menggunakan suatu rumus atau formula yang dinamakan Formula Sabine, sebagai berikut :

$$t = \frac{0.16V}{A} \dots\dots\dots (3-1)$$

dengan :

t = waktu dengung (detik)

V = volume ruang (m^3)

A = total absorpsi dari masing-masing permukaan bidang batas ruangan (m^2), yaitu Σ (luas permukaan) x koefisien absorpsi, untuk frekuensi suara dibawah 500 Hz.

Sedangkan untuk diatas 1000 Hz membutuhkan rumus pula, sebagai berikut :

$$t = \frac{0.16V}{A + 4mV} \dots\dots\dots (3-2)$$

dengan :

m = koefisien absorpsi udara dalam ruangan

Perhitungan di atas, juga memerlukan koefisien tiap material sesuai dengan frekuensi yang digunakan yaitu 500 Hz, 1000 hz, dan 2000 Hz pada objek penelitian. Koefisien serap tiap material didapatkan berdasarkan studi literature yang telah dikaji sebelumnya. Sehingga setelah seluruh data yang dibutuhkan dalam perhitungan menggunakan Formula Sabine tersedia maka dilanjutkan perhitungan hingga dapat menunjukkan hasil waktu dengung (*reverberation time*) tiap frekuensi dalam masing-masing ruang dalam satuan detik (sekon). Hasil waktu dengung dari masing-masing frekuensi kemudian disesuaikan dengan standart yang telah ditentukan.

2. Pensimulasian

Tahap pensimulasian untuk menghitung waktu dengung (*reverberation time*) dilakukan dengan *software Ecotect Analysis 2011*, dimana dalam *software* tersebut digambarkan kembali dalam tiap zona ruang sesuai data eksisting objek penelitian serta dimasukkan pula jenis material dan koefisien serap tiap frekuensinya pada masing-masing elemen pelingkup ruang. Selain itu, disesuaikan juga kondisi pada saat pengukuran mengenai kursi perabot lainnya. Kemudian, hasil pensimulasian untuk mencari nilai waktu dengung (*reverberation time*) menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* berupa grafik garis dan data keterangan yang menunjukkan pada tiap frekuensi hingga nantinya juga akan disesuaikan dengan standart waktu dengung yang telah ditentukan.

3.6 Metode Analisis Akustik

Metode ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui atau menemukan masalah-masalah akustik seperti ketidaknyamanan, munculnya dengung dan cacat akustik lainnya yang terjadi di dalam ruang serta mendapatkan suatu solusi atau rekomendasi untuk menyelesaikannya. Berikut langkah atau tahapan dalam metode analisis tersebut :

1. Melakukan observasi awal mengenai kondisi eksisting dengan metode deskriptif evauatif secara kuantitatif yaitu mengukur dimensi serta mendokumentasikan masing-masing material elemen interior pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo
2. Pengukuran kondisi eksisting mengenai tingkat bising latar belakang dan tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan pada ruang tersebut ketika tidak ada acara berlangsung menggunakan beberapa instrument penelitian yaitu *sound level meter*
3. Pengukuran waktu dengung dengan menggunakan rumus atau formula yang dikatakan Formula Sabine serta memanfaatkan data-data primer yang terkait formula tersebut di antaranya volume masing-masing ruang, luas permukaan elemen pelingkup ruang serta jenis dan koefisien serap material yang digunakan
4. Kemudian dilakukan pensimulasian kondisi eksisting dari ruang pertemuan dan ruang rapat dengan material-material sesuai kondisi eksisting yang digunakan dalam ruang tersebut
5. Antara hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi kondisi eksisting kemudian dibandingkan dan diakumulasikan selisih antar keduanya atau yang dinamakan *relative error* dengan tujuan untuk mengetahui validitas data yang didapatkan

6. Hasil perhitungan waktu dengung tersebut, disesuaikan kembali mengenai penggunaan material dan bentuk elemen pelingkup masing-masing ruang dengan teori atau studi literatur bentuk dan kebutuhan material tiap elemen pelingkup ruang pertemuan dan ruang rapat hingga menghasilkan alternatif rekomendasi desain yang dapat diterapkan untuk meminimalisir dan mengontrol waktu dengung pada *Ballroom* dan *Meeting Room Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo* sebagai objek penelitian
7. Alternatif rekomendasi desain untuk menurunkan waktu dengung dibagi menjadi dua golongan yaitu tiga alternatif dengan menambahkan pelapis material baru pada elemen pelingkup ruang (dinding, plafond, dan lantai) serta dua alternatif dengan menambahkan bentuk pada beberapa elemen pelingkup ruang (dinding dan plafond).
8. Pemilihan material yang diterapkan pada tiap elemen pelingkup ruang di ruang *Ballroom* dan *Meeting Room Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo* dipilih berdasarkan data koefisien absorpsi tiap material yang telah terbagi-bagi menjadi beberapa kelompok tiap elemen serta terbagi pula berdasarkan sifat dari tiap material elemen pelingkup ruang tersebut. Sifat sebagai penyerap dipilih untuk elemen dinding dan lantai, sedangkan sifat pemantul untuk elemen plafond atau langit-langit bangunan. Lima jenis material dipilih dengan pertimbangan terhadap aktivitas dan fungsi masing-masing ruang, kemudian dieliminasi kembali menjadi tiga jenis material saja sebagai perwakilan terhadap nilai koefisien absorpsi beberapa material lainnya, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 5
Contoh metode pemilihan material yang dijadikan alternatif rekomendasi

No.	Material	Koefisien Serap tiap Frekuensi			Rata-rata
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
1	<i>Plywood</i> , tebal 3/8	0.17	0.09	0.1	0.12
2	Papan gipsum, setebal 1	0.05	0.08	0.07	0.07
3	<i>Plester Board</i>	0.1	0.05	0.05	0.07
4	Papan gipsum setebal 1/2, digantung	0.05	0.04	0.07	0.05
5	Plester pada bilah papan	0.06	0.05	0.04	0.05

Keterangan :

- = Rerata Tertinggi
- = Rerata Tengah (*middle*)
- = Rerata Terendah

9. Seluruh alternatif rekomendasi desain disimulasikan dengan metode eksperimental menggunakan *software Ecotect Anlysis 2011*, dimana metode tersebut untuk mengetahui hasil masing-masing alternatif rekomendasi desain yang telah ditentukan
10. Kemudian dilakukan analisis atau evaluasi hasil simulasi alternatif rekomendasi desain dengan menggunakan metode analisis perbandingan serta menampilkan kelemahan dan kelebihan dari masing-masing alternatif desain
11. Sehingga, muncul suatu rekomendasi desain yang optimal dan memenuhi standart yang dapat diterapkan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* pada Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo sebagai objek penelitian dengan kualitas tata akustik yang cukup baik dan optimal.

3.7 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk mempermudah berjalannya suatu penelitian. Berikut instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini , diantaranya :

1. Kamera

Kamera merupakan alat rekam secara visual yang mendokumentasikan beberapa gambar kondisi eksisting dari objek penelitian

2. Recorder

Recorder merupakan alat perekam suara atau lisan dalam kegiatan wawancara yang disampaikan beberapa pihak terkait dari objek penelitian atau bangunan

3. Speaker

Speaker merupakan alat menguat bunyi yang digunakan untuk menguatkan bunyi letusan balon sebagai sumber suara dalam pengukuran tingkat tekanan bunyi

4. Sound Level Meter

Sound Level Meter merupakan alat pengukur kebisingan yang terjadi pada bangunan atau objek penelitian berupa satuan decibel (dB).



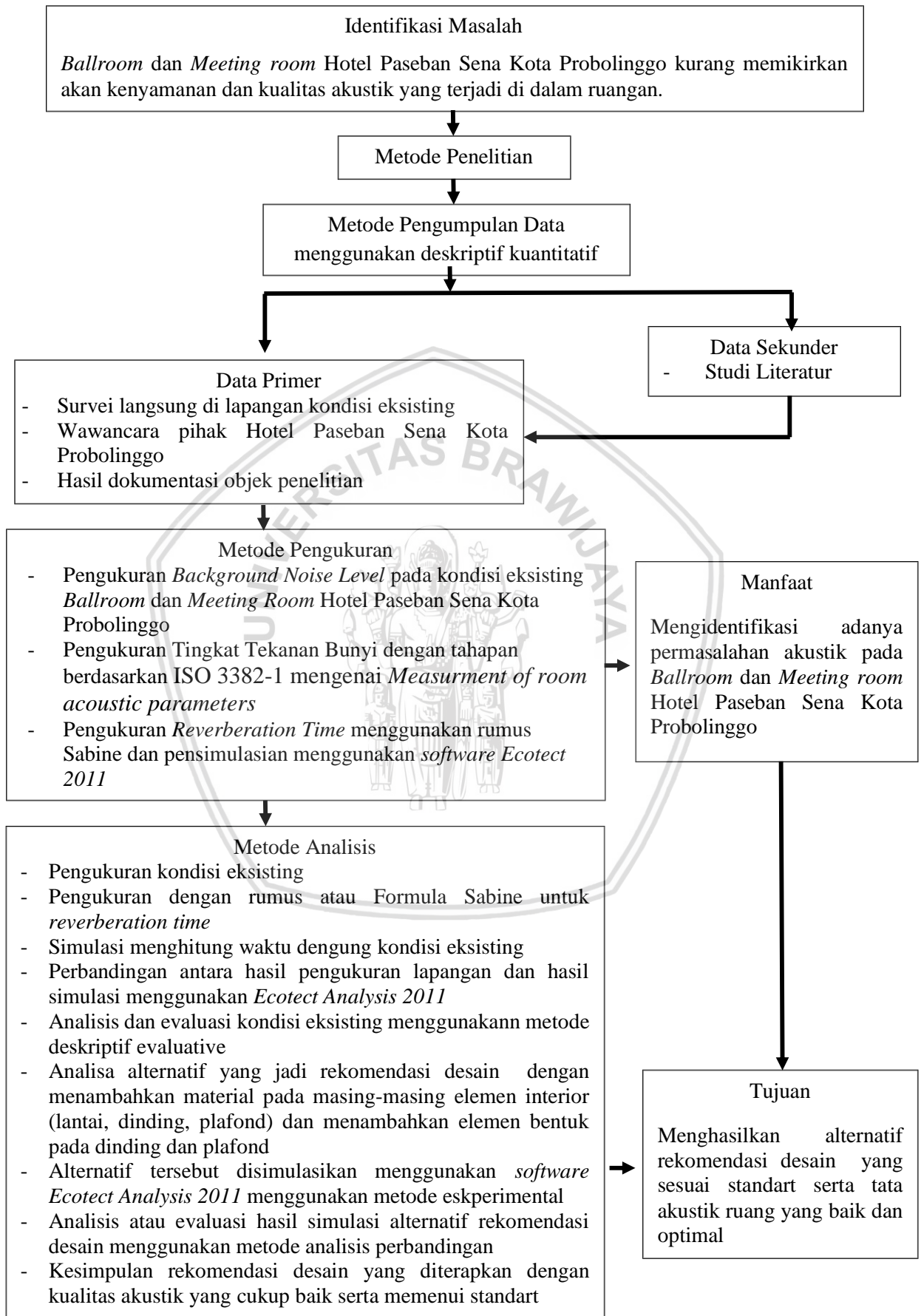
Gambar 3.8 Sound level meter

5. *Software Ecotect Analysis 2011*

Software Ecotect Analysis 2011 merupakan suatu *software* yang mengolah dan mensimulasikan data yang telah didapatkan menjadi suatu kriteria desain optimal dari akustik ruang tertentu terkait objek penelitian.



3.7 Kerangka Penelitian



Gambar 3.9 Kerangka penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota

Probolinggo

Ballroom Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo merupakan salah satu fasilitas penunjang dari pihak hotel yang memiliki luas $\pm 1080 \text{ m}^2$ dan sering digunakan oleh sebagian besar masyarakat kota untuk kegiatan yang bersifat cenderung ke fungsi *speech*. Kegiatan *speech* yang banyak diselenggarakan pada ruang serbaguna tersebut di antaranya, sosialisasi, seminar, acara resepsi pernikahan (*wedding*) dan halal bihalal yang merupakan acara-acara cenderung dengan fungsi *speech* dan *music* hanya sebagai *background* atau selingan acara saja. Fasilitas penunjang hotel lainnya yaitu *meeting room* dengan luas $\pm 162 \text{ m}^2$ yang berada pada lantai dua dengan konsep *mezzanine* dari *ballroom* tersebut serta banyak digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan dinas maupun personal, seperti rapat internal, seminar maupun kegiatan lainnya yang bersifat *speech*.



Gambar 4.1 (a) Kegiatan sosialisasi pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena (b) Kegiatan resepsi pernikahan pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena (c) Kegiatan seminar pada *Meeting Room* Hotel Paseban Sena (d) Kegiatan rapat internal pada *Meeting Room* Hotel Paseban Sena

Berlokasi di Jalan Suroyo nomor 50 - 52, Kecamatan Mayangan, Kota Probolinggo yang bertepatan ditengah pusat kota dan berdekatan langsung dengan alun-alun Kota Probolinggo serta instansi-instansi pemerintahan daerah maupun swasta. Oleh sebab itu, *Ballroom* dan *Meeting Room* pada Hotel Paseban Sena tersebut dipilih sebagian besar masyarakat sekitar dalam menyelenggarakan acara kedinasan maupun kepentingan umum.

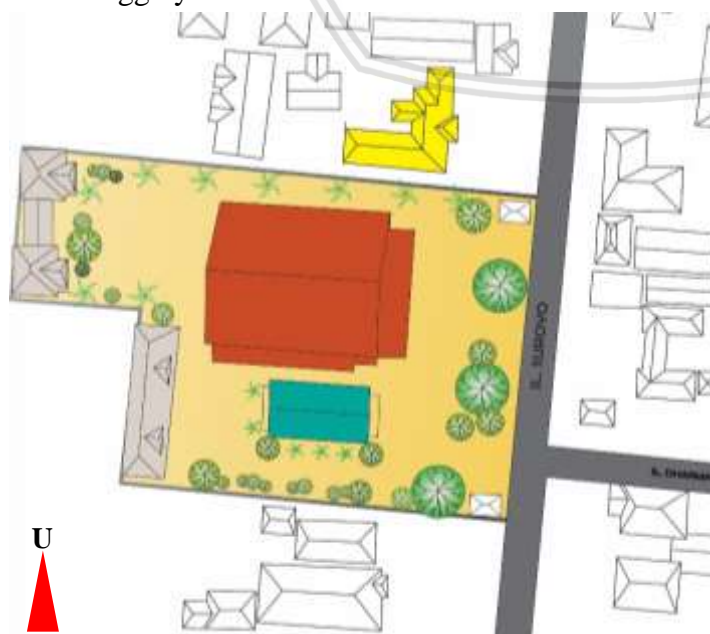


Gambar 4.2 Peta Kota Probolinggo
Sumber : Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)
Kota Probolinggo Tahun 2012-2032



Gambar 4.3 Wilayah jalan Suroyo
Sumber :
<https://www.google.co.id/maps/@-7.7478536,113.2135105,637m/data=!3m1!1e32012-2032>

Adapun batas wilayah gedung *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo yaitu :



Keterangan :

-  = Gedung *Ballroom* dan *Meeting Room*
-  Utara = Rumah Dinas Wakil Walikota Probolinggo
-  Timur = Jalan Suroyo
-  Selatan = Restoran Hotel Paseban Sena
-  Barat = Kamar Hotel Paseban Sena



Gambar 4.4 Site plan Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

4.2 Analisis Kondisi Eksisting Objek Studi

Berdasarkan hasil observasi secara langsung pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, didapatkan suatu data untuk proses penyelesaian masalah yang terbagi berdasarkan metode, sebagai berikut :

4.2.1 Pengamatan Visual

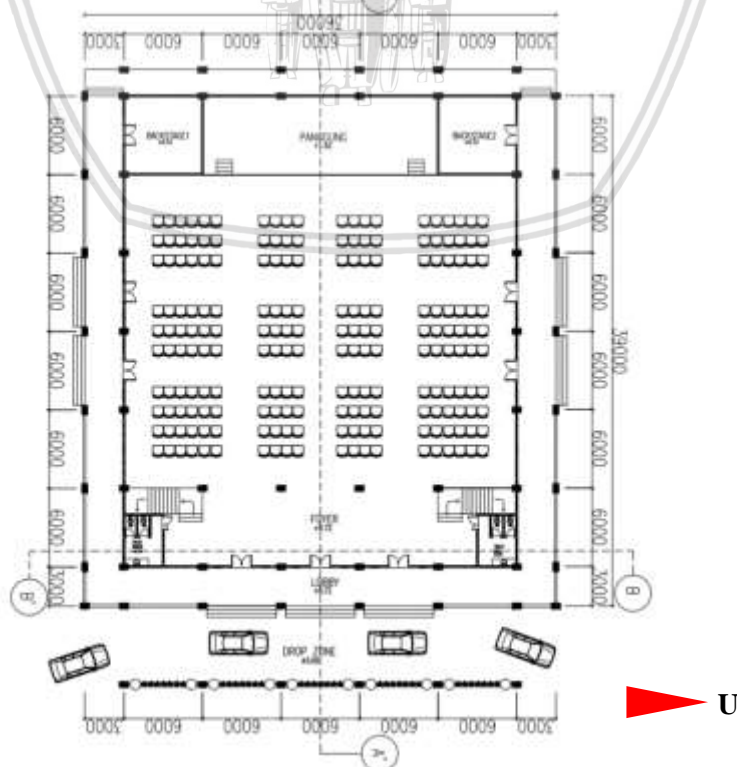
Gedung *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo ini terdiri dua lantai yang mengambil konsep *mezzanine* dengan fungsi utama bangunan sebagai ruang pertemuan berada pada lantai dasar dan ruang rapat berada pada lantai dua. Selain itu terdapat pula ruang-ruang lainnya yang terbagi berdasarkan fungsi ruang, sebagai berikut :

Tabel 6

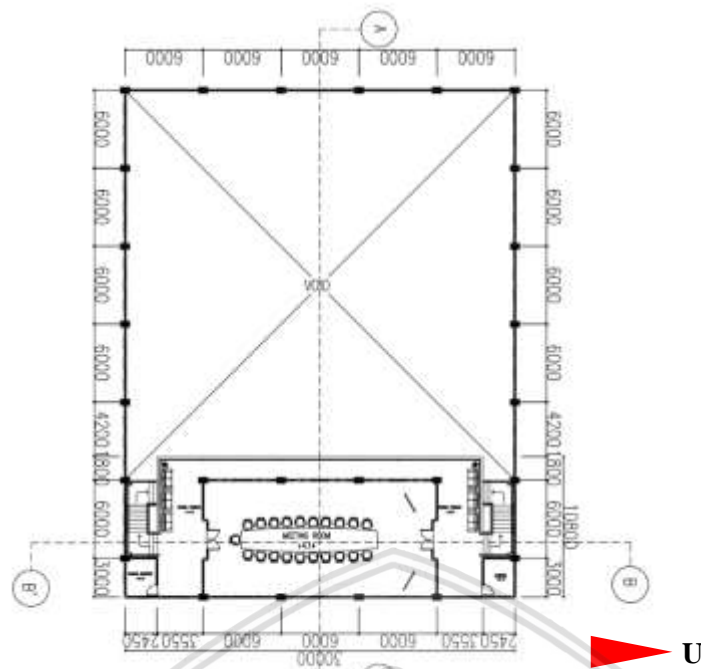
Daftar Ruang pada Gedung *Ballroom* Paseban Sena Kota Probolinggo

Lantai	Fungsi Primer	Fungsi Sekunder	Fungsi Tersier
1	<i>Ballroom</i>	<i>Backstage</i> atau Ruang Make Up 1	<i>Lavatory</i> Pria
		<i>Backstage</i> atau Ruang Make Up 2	<i>Lavatory</i> Wanita
2	<i>Meeting Room</i>		Ruang Kontrol Gudang

Adapun penataan ruang dalam bangunan ini terlihat pada denah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Denah lantai satu *ballroom* Paseban Sena Kota Probolinggo





Gambar 4.6 Denah lantai dua *meeting room*
Paseban Sena Kota Probolinggo

Ruang pertemuan dan ruang rapat pada Hotel Paseban Sena ini memiliki daya tampung 2000 orang untuk *ballroom* dan 200 orang untuk *meeting room*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat suatu permasalahan akustik yang menyebabkan adanya cacat akustik yang terjadi pada *ballroom* dan *meeting room*, hal ini mengakibatkan timbulnya ketidaknyamanan oleh penerima bunyi atau pendengar yang berada pada masing-masing ruangan tersebut.

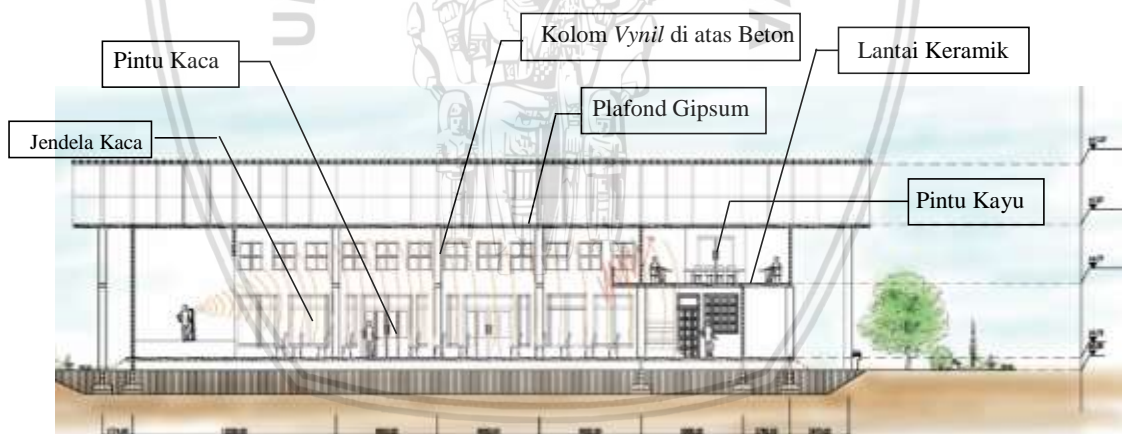
Salah satu hal yang dapat mempengaruhi timbulnya cacat akustik berupa bunyi dengung yang berkepanjangan dalam ruang salah satunya yaitu jenis material. Setiap material-material tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda sebagai penyerap (absorpsi), pemantul (reflektor), penerus (difraksi), maupun penyebar suara (difusi). Jenis material dengan sifat-sifat tersebut merupakan pelengkap elemen pembatas ruang (dinding, plafond, dan lantai). Berikut jenis material-material yang digunakan pada kondisi eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

Tabel 7
 Jenis Material *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Elemen Ruang	Material	Gambar Kondisi Eksisting
Lantai	Tegel Keramik	
Lantai Tangga	Vynil di atas Beton	
Kolom		
Dinding	Bata (diplester dan dicat)	
Panggung	Beton <i>finishing</i> lantai keramik	

Plafond	Gypsum	
Jendela dan Pintu	<i>Single Glass (ordinary window)</i>	

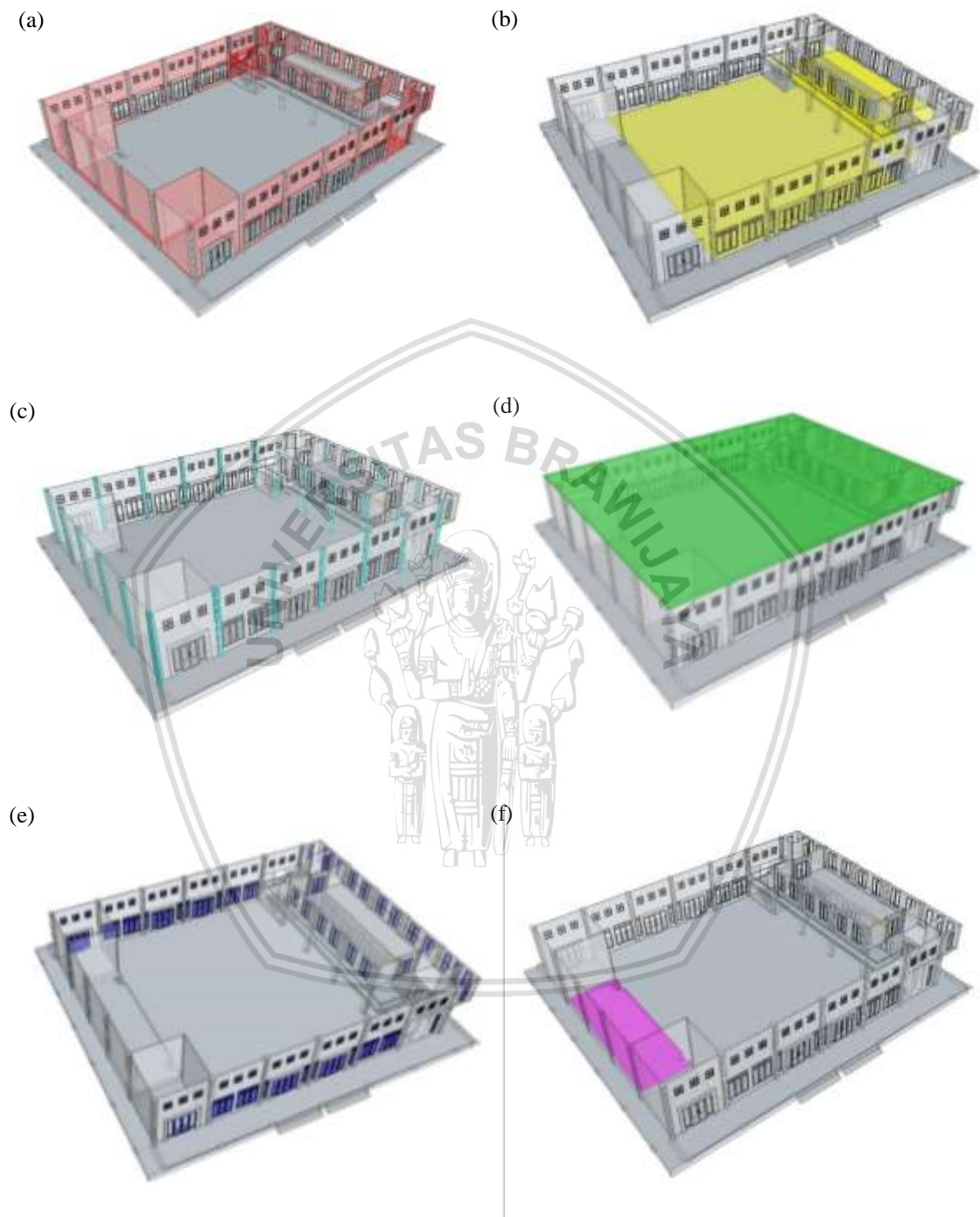
Berdasarkan hasil pengamatan kondisi eksisting, material material yang digunakan tersebut menimbulkan waktu dengung yang berkepanjangan pada masing-masing ruangan. Aktifitas pada kedua ruangan tersebut bisa digunakan dalam waktu yang bersamaan dan dapat mengganggu aktivitas antar kedua ruangan tersebut.



Gambar 4.7 Analisis perambatan suara yang terjadi pada *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena

Gambar di atas menjelaskan bahwa kondisi eksisting pada gedung pertemuan tersebut menggunakan material yang cenderung memantul dan kurang adanya material absorpsi sebagai penyerap suara, sehingga dapat menyebabkan cacat akustik berupa waktu dengung yang berkepanjangan dan juga kebisingan yang disebabkan oleh merambatnya suara hingga ke ruang rapat yang berada di lantai dua. Perambatan suara tersebut terjadi karena suara yang dihasilkan merambat melalui celah atau bahan pelingkup ruang yang tidak tepat. Untuk itu dibutuhkan penggunaan material penyerap bunyi yang di letakkan pada beberapa sisi pelingkup masing-masing ruangan tersebut.

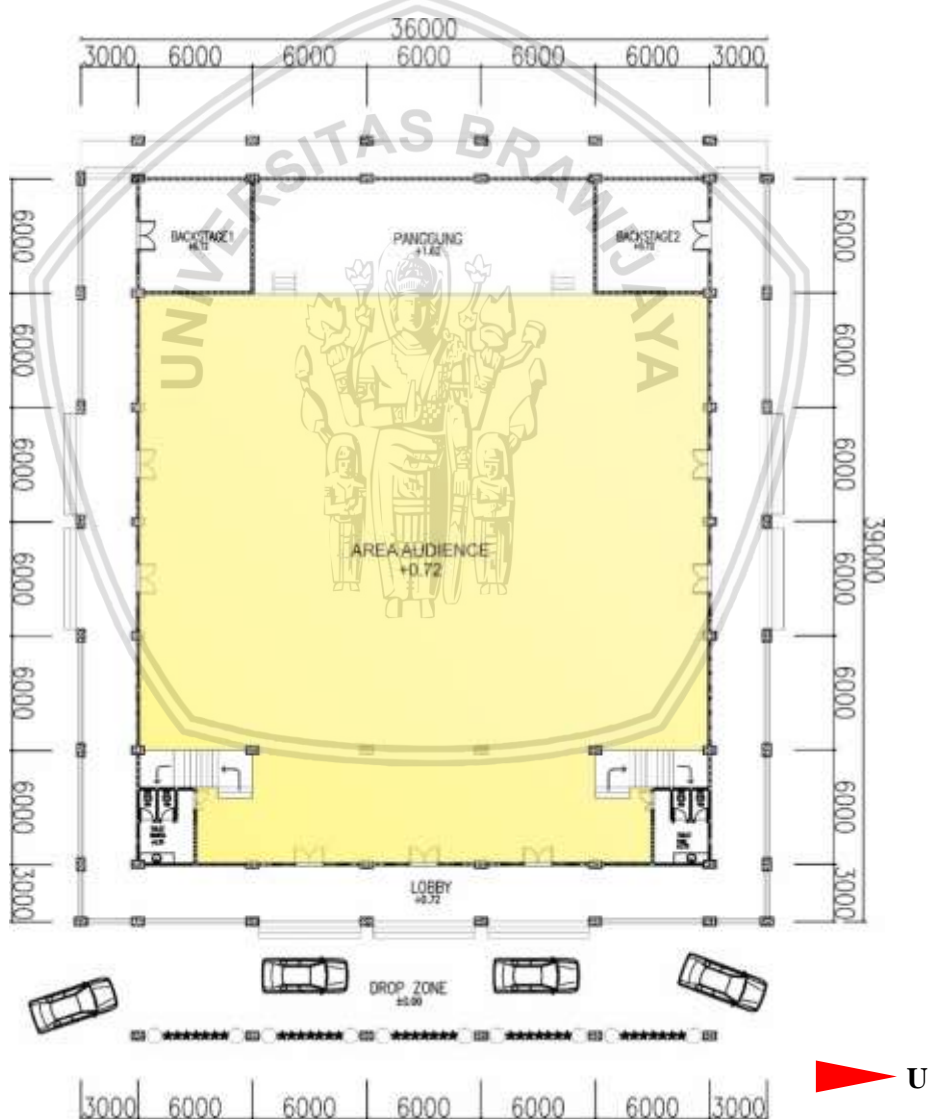
Secara keseluruhan penempatan material pada objek penelitian tersebut dapat terbagi menjadi beberapa zona sebagai berikut :



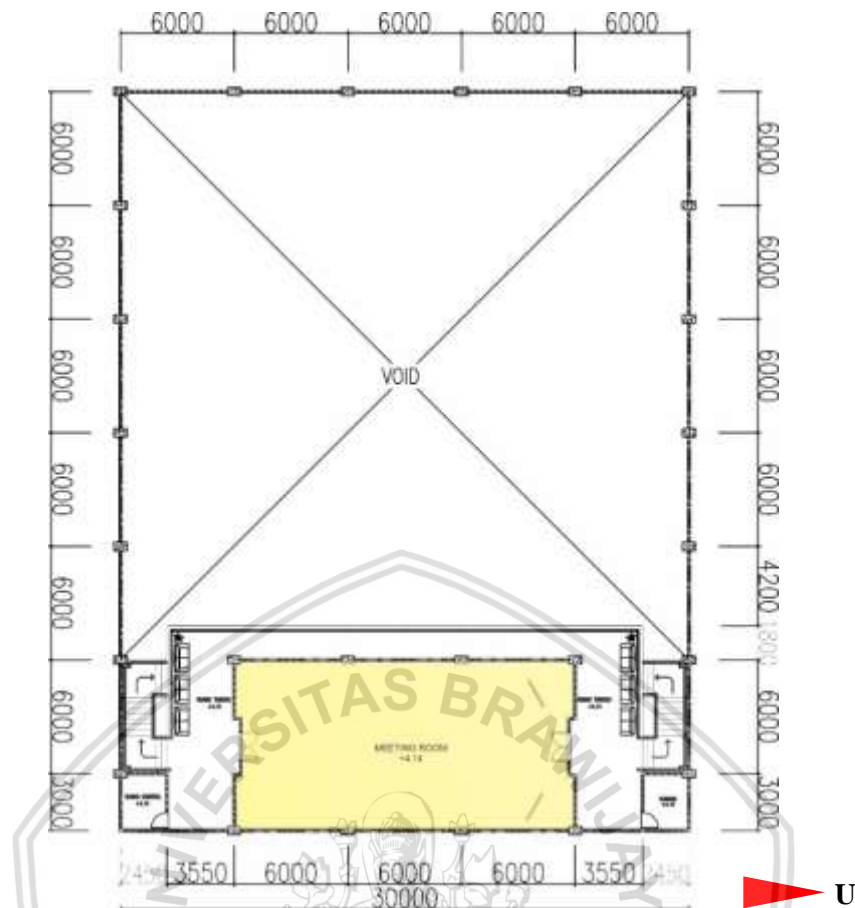
Gambar 4.8 Zonasi tiap material (a) Bidang dinding bata *finishing* plester dan cat (b) Bidang keramik 60 x 60 cm (c) Bidang kolom beton *finishing* vinyl (d) Bidang plafond *gypsum* (e) Jendela dan pintu kusen kayu dan kaca *single glass* (f) Bidang lantai panggung dengan beton lapis tegel keramik

4.2.2 Pengukuran Lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan visual pada kondisi eksisting, terdapat penggunaan beberapa material yang memiliki koefisien serap rendah sehingga berpotensi menimbulkan waktu dengung yang berkepanjangan dan cacat akustik lainnya dalam ruangan tersebut, untuk membuktikannya dilakukan pengukuran lapangan yang bertujuan untuk mengetahui kualitas akustik atau permasalahan yang terjadi pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo berdasarkan parameter objektif yang terdiri dari tingkat bising latar belakang (*background noise level*), distribusi tingkat tekanan suara, dan waktu dengung (*reverberation time*). Adapun area yang digunakan dalam proses pengukuran, sebagai berikut :



Gambar 4.9 Area yang diukur pada *ballroom* lantai satu



Gambar 4.10 Area yang diukur pada meeting room lantai dua

1. Analisis Tingkat Bising Latar Belakang

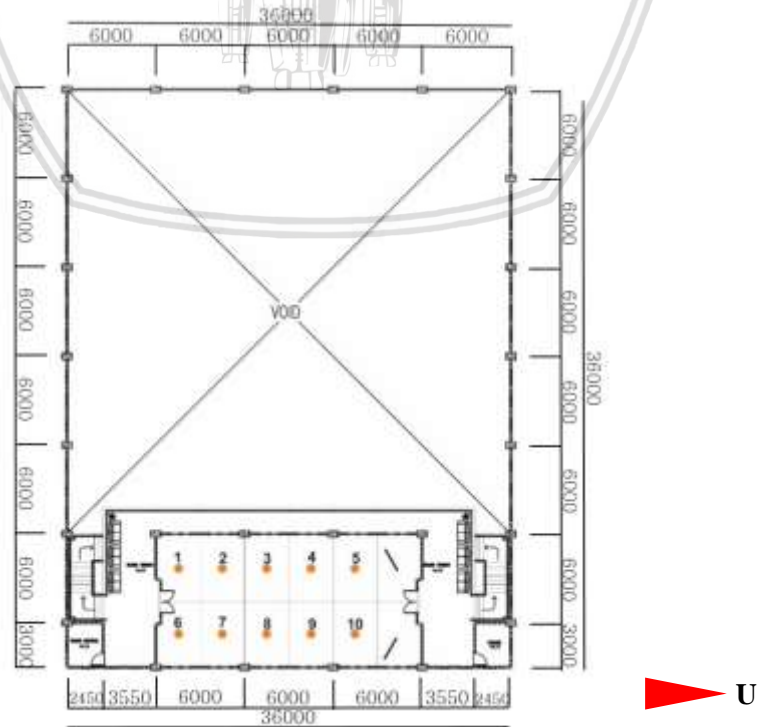
Analisis tingkat bising latar belakang atau *background noise level* dilakukan dengan pengukuran menggunakan *sound level meter* bermerk Lutron pada pukul 05.00 WIB di pagi hari serta dalam kondisi ruangan tertutup dengan keadaan seluruh sistem elektrikal dan mekanikal dinyalakan, seperti lampu, kipas angin, dan AC (*air conditioner*). Hal ini bertujuan untuk memperoleh tingkat bising latar belakang atau *background noise level* murni tanpa ada pengaruh aktivitas yang padat dari luar bangunan. Selain itu seluruh perangkat pendingin ruangan (AC) dan lampu dalam ruangan tersebut dinyalakan, diibaratkan suatu ruang sedang berlangsung sebuah acara. Nilai tingkat bising latar belakang yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan standart yang telah ditentukan.

Pengukuran ini dilakukan pada beberapa titik ukur yang telah ditentukan berdasarkan kolom yang ada pada kondisi eksisting yaitu 6 x 6 meter untuk *ballroom*, sedangkan untuk ruang *meeting room* ditentukan berdasarkan modul kolom 6 x 6 meter yang dibagi menjadi empat bagian terkecuali bagian area depan yang bisa

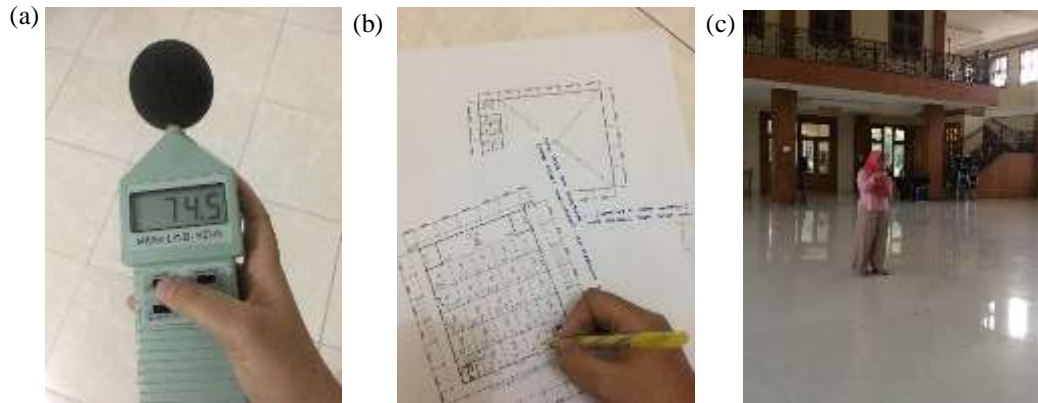
digunakan sebagai mimbar ataupun pembicara pada saat rapat sedang berlangsung. Pembagian titik tersebut dihasilkan 23 titik ukur pada ruang *ballroom* di lantai satu dan 10 titik ukur di ruang *meeting room* yang berada di lantai dua. Berikut letak titik ukur yang telah ditentukan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo :



Gambar 4.11 Letak titik ukur pada *ballroom* lantai satu



Gambar 4.12 Letak titik ukur pada *meeting room* lantai dua

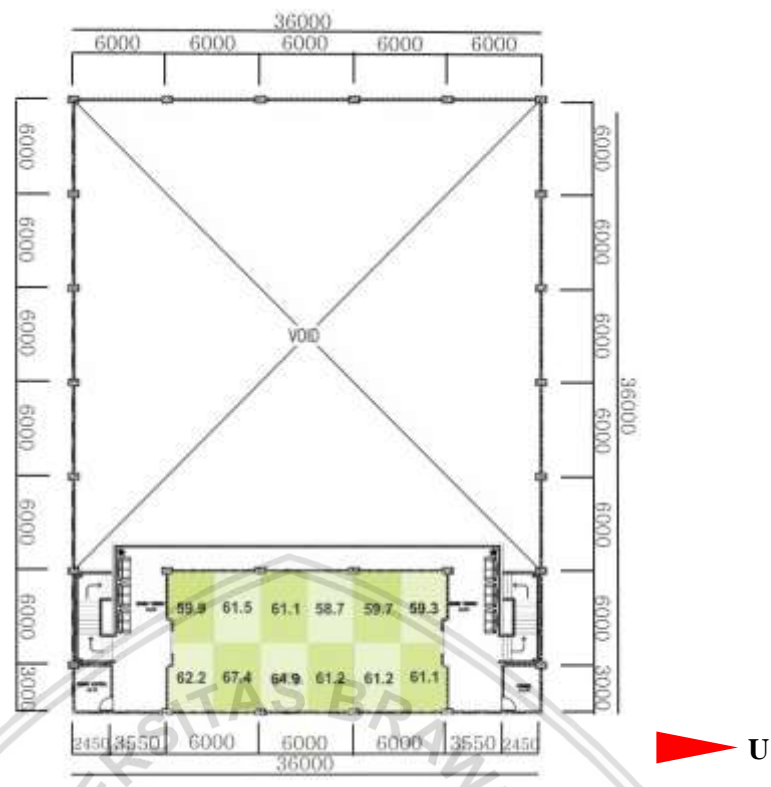


Gambar 4.13 Proses pengukuran (a) *Sound level meter* (b) Pencatatan hasil pengukuran (c) Kegiatan pengukuran pada tiap titik

Berdasarkan titik ukur di atas dilakukan pengukuran tingkat bising latar belakang dan didapatkan suatu rata-rata pada lantai satu sebesar 62.89 dB dan pada lantai dua sebesar 61.78 dB. Hasil nilai tingkat bising latar belakang pada *Ballroom* dan *Meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo terlihat hampir sama untuk nilai pada tiap titik. Nilai-nilai tersebut juga dipengaruhi oleh suara yang berasal dari elektrik mekanikal dalam ruang dan juga dari luar ruang yang berdekatan dengan bukaan pintu dan jendela. Nilai tersebut dapat dikatakan belum memenuhi syarat kualitas akustik ruang yang baik untuk fungsi ruang pertemuan dan ruang konferensi atau ruang rapat sebesar 30-40 dB (NC 20 – NC 30).

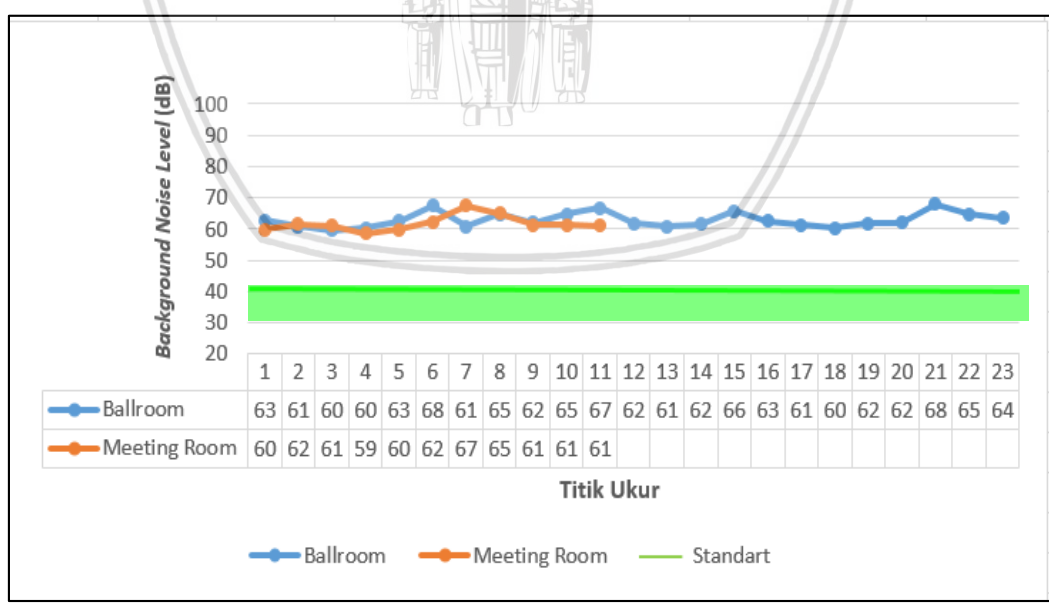


Gambar 4.14 Hasil pengukuran *background noise level* pada *ballroom* lantai satu



Gambar 4.15 Hasil pengukuran background noise level pada meeting room lantai satu

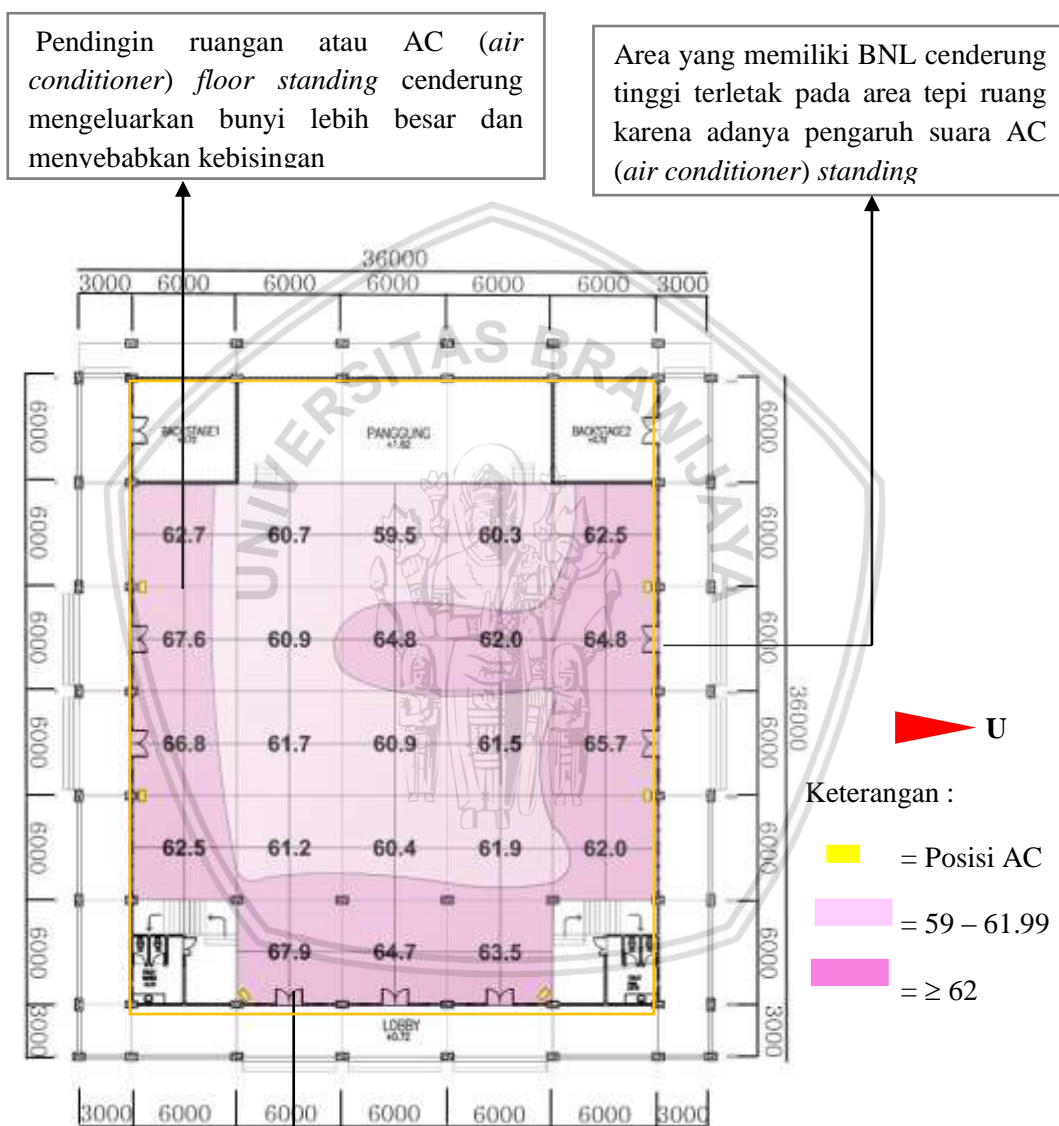
Hasil data pengukuran diatas didapatkan suatu grafik yang lebih mendiskripsikan hasil pengukuran dengan standart atau persyaratan BNL (*background noise level*) pada ruang pertemuan dan ruang rapat, sebagai berikut :



Gambar 4.16 Grafik hasil pengukuran background noise level pada ballroom dan meeting room

Analisis

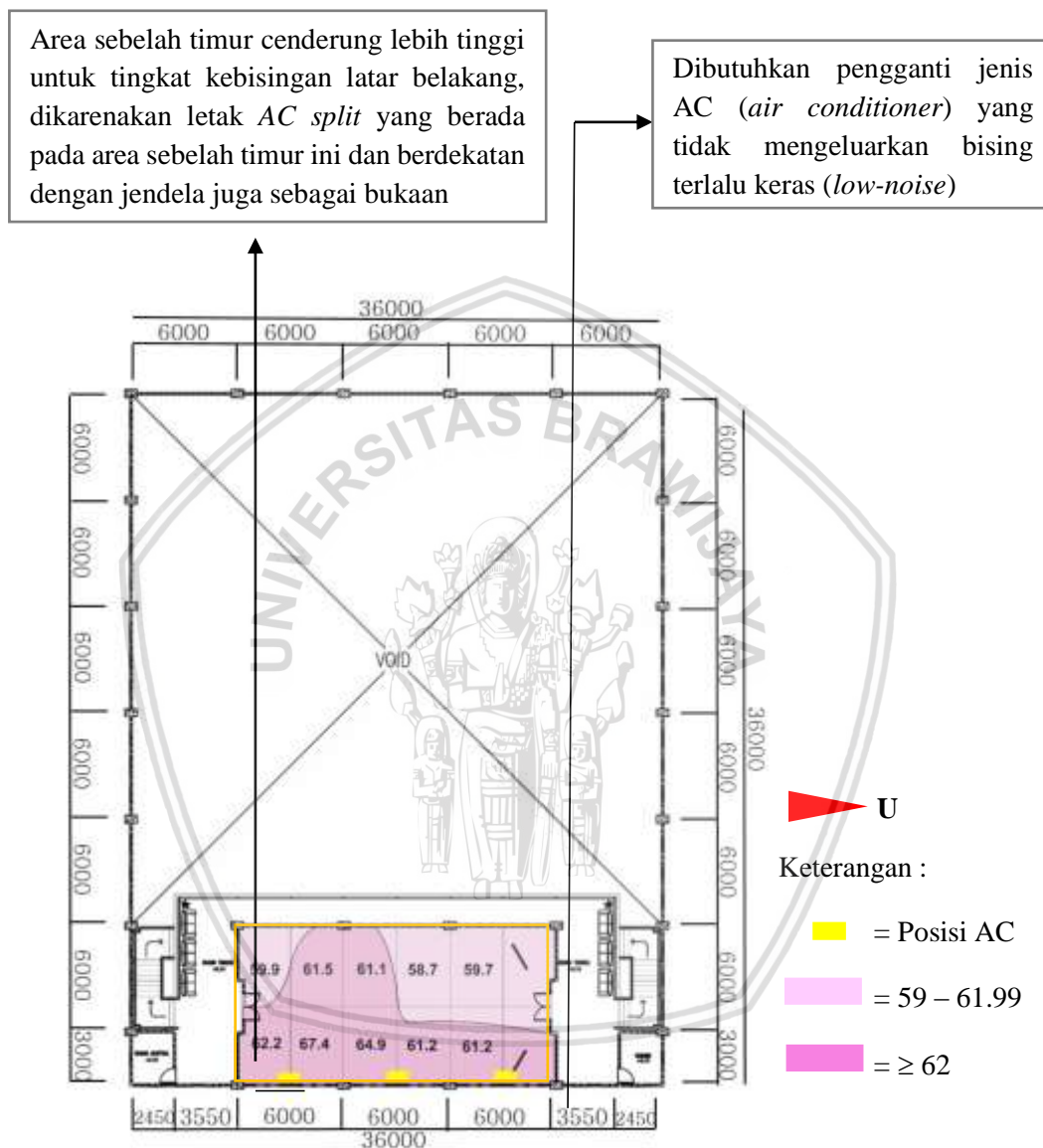
Hasil pengukuran pada lantai satu yaitu pada ruang *ballroom* terlihat bahwa tingkat bunyi latar belakang terendah adalah 59.5 dB dan nilai tingkat bising latar tertinggi sebesar 67.9 dB. Sebagian besar nilai dari keseluruhan tingkat bising latar belakang di dalam *Ballroom* tersebut cukup merata dengan selisih antara nilai tertinggi dan nilai terendah hanya 8.4 dB.



Gambar 4.17 Analisis hasil pengukuran *background noise level* pada *ballroom*

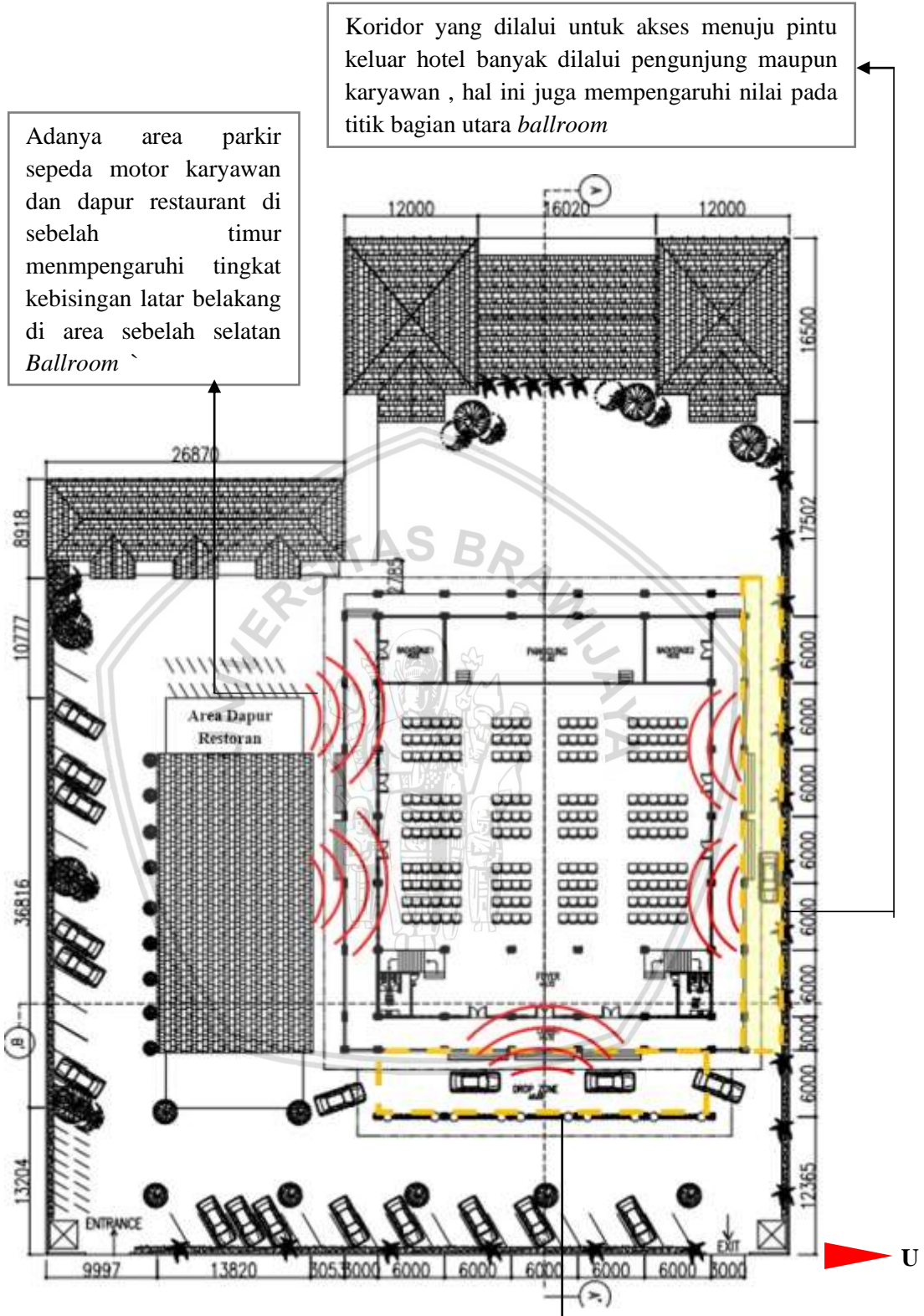
Dibutuhkan jenis AC yang tidak terlalu mengeluarkan suara yang tinggi atau dapat dikatak sebaga jenis *low noise AC* seperti AC *split duct* dengan sistem terpusat dari satu titik control

Sedangkan, hasil pengukuran pada *meeting room* di lantai dua terlihat bahwa tingkat bunyi latar belakang tertinggi sebesar 67.4 dB dan yang terendah 58.7 dB. Pengukuran ini juga cenderung merata untuk nilai BNL yang dihasilkan dengan selisih antara nilai terendah dan tertinggi hanya 8.7 dB.



Gambar 4.18 Analisis hasil pengukuran *background noise level* pada *meeting room*

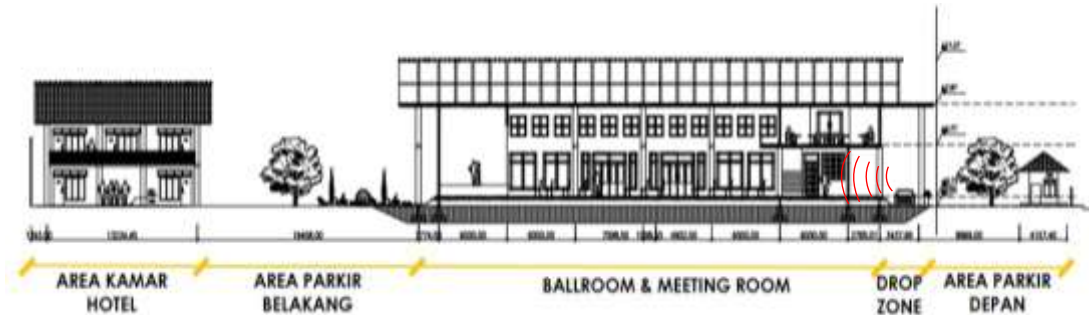
Analisis diatas dapat dilihat juga melalui *layout plan* dan potongan kawasan yang memperlihatkan adanya pengaruh nilai tingkat bising latar belakang dari lingkungan luar bangunan terhadap *Ballroom* yang berada disekitar kawasan Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo sebagai berikut :



Gambar 4.19 Analisis pengaruh ruang luar terhadap tingkat bunyi latar belakang pada layout plan *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

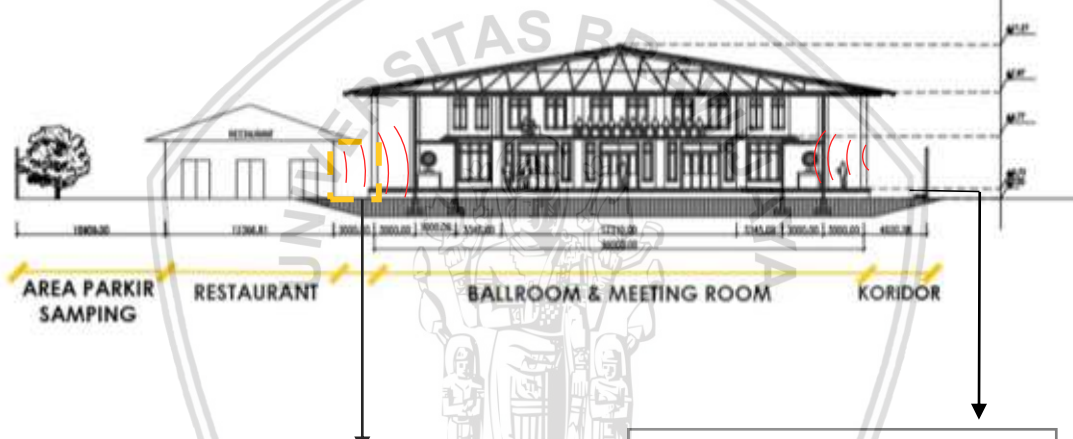
Sebagai akses pintu masuk utama dan berdekatan dengan area dropzone menyebabkan area pada titik tersebut mengalami tingkat bising latar belakang yang paling tinggi di antara pada sisi lainnya





Gambar 4.20 Analisis pengaruh ruang luar terhadap tingkat bunyi latar belakang pada potongan Kawasan A-A' Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Aktivitas pada area parkir depan dan area *Drop Zone* dapat menimbulkan bising yang mempengaruhi tingkat bising latar belakang, sehingga dibutuhkan adanya bahan peredam di bagian dekat dengan area tersebut, seperti material absorber pada dinding bagian belakang serta adanya



Aktivitas di restaurant dan koridor yang memisahkan antar kedua massa dengan jarak 3 m dapat mempengaruhi hasil tingkat bising latar belakang terutama di daerah sisi samping yang berdekatan dengan pintu dan jendela

Koridor merupakan jalan yang dilalui kendaraan jugadapat menyebabkan tingginya tingkat bising latar belakang pada titik-titik yang berdekatan dengan area tersebut

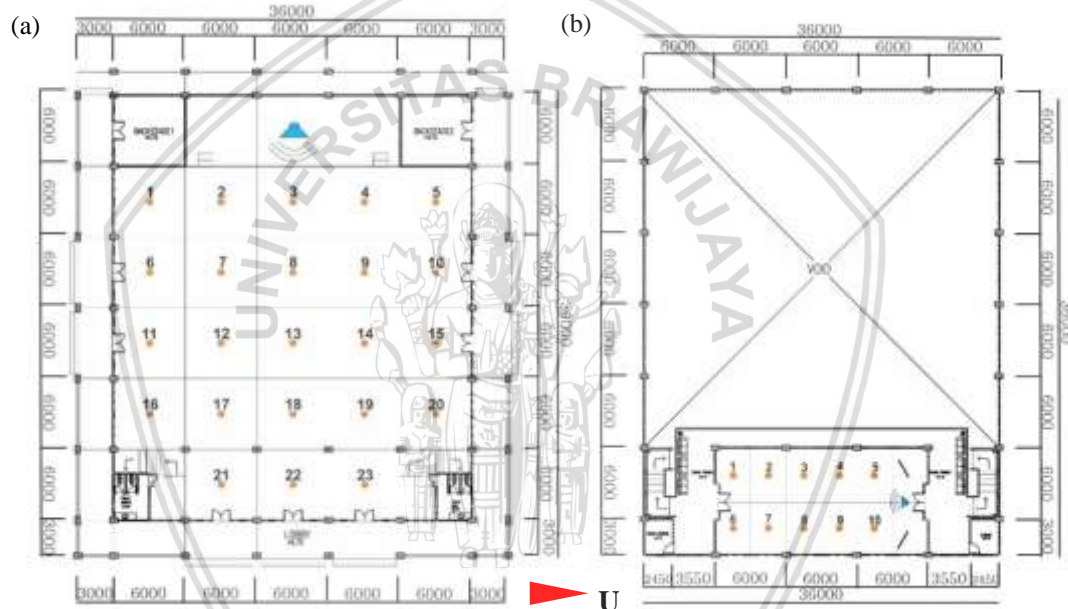
Kesimpulan

Perlu adanya material yang memiliki sifat sebagai penyerap kebisingan yang datang dari suara *standing AC* maupun dari sekitar lingkungan luar sekitar bangunan *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Sehingga, tingginya bising latar belakang pada *Ballroom* dan *Meeting room* tersebut dapat sedikit diminimalisir oleh adanya pergantian jenis AC yang lebih *low-noise* dan tidak menimbulkan kebisingan. Selain itu juga dibutuhkan rekomendasi untuk meminimalisir suara tingkat bising latar belakang yang dipengaruhi oleh aktivitas disekitar di luar bangunan.



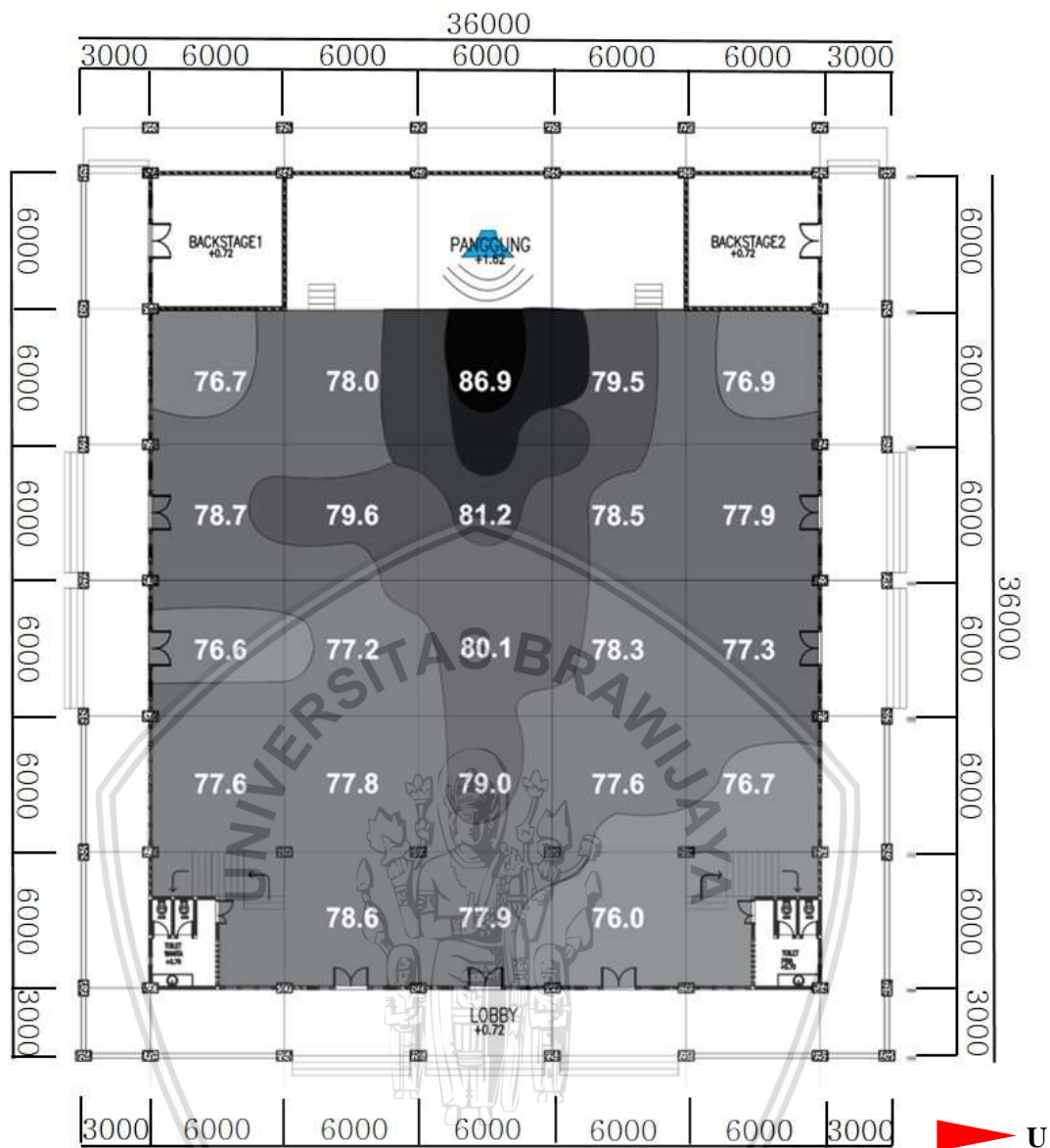
2. Analisis Distribusi Tingkat Tekanan Suara

Pengukuran pada distribusi tingkat persebaran suara yang dilakukan pada *Ballroom* dan juga *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo ketika ruangan tanpa ada pengunjung. Instrumen penelitian yang digunakan selain *sound level meter*, digunakan pula *speaker* yang diletakkan di atas panggung bagian depan. Hal ini dilakukan menyesuaikan keadaan ketika ruangan sedang digunakan. Sumber suara yang digunakan dengan *speaker* yaitu suara letusan balon yang dibunyikan pada area panggung kemudian dilakukan pengukuran pada tiap titik ukur menggunakan *sound level meter*. Titik ukur yang digunakan juga mengikuti kolom 6 x 6 m untuk ruang *ballroom* dan dibagi menjadi empat titik ukur dari satu modul kolom untuk *meeting room*.



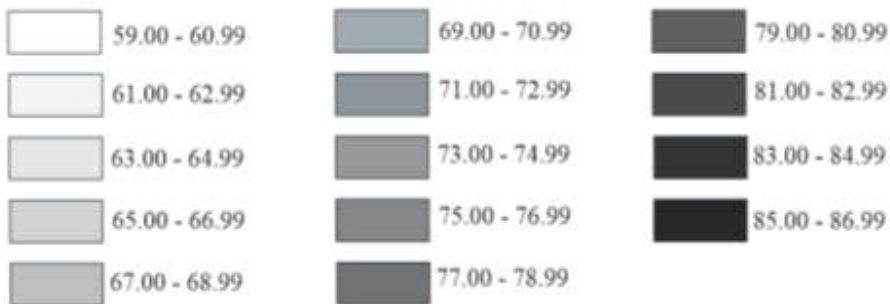
Gambar 4.22 Titik pengukuran tingkat tekanan bunyi pada *ballroom* dan *meeting room*

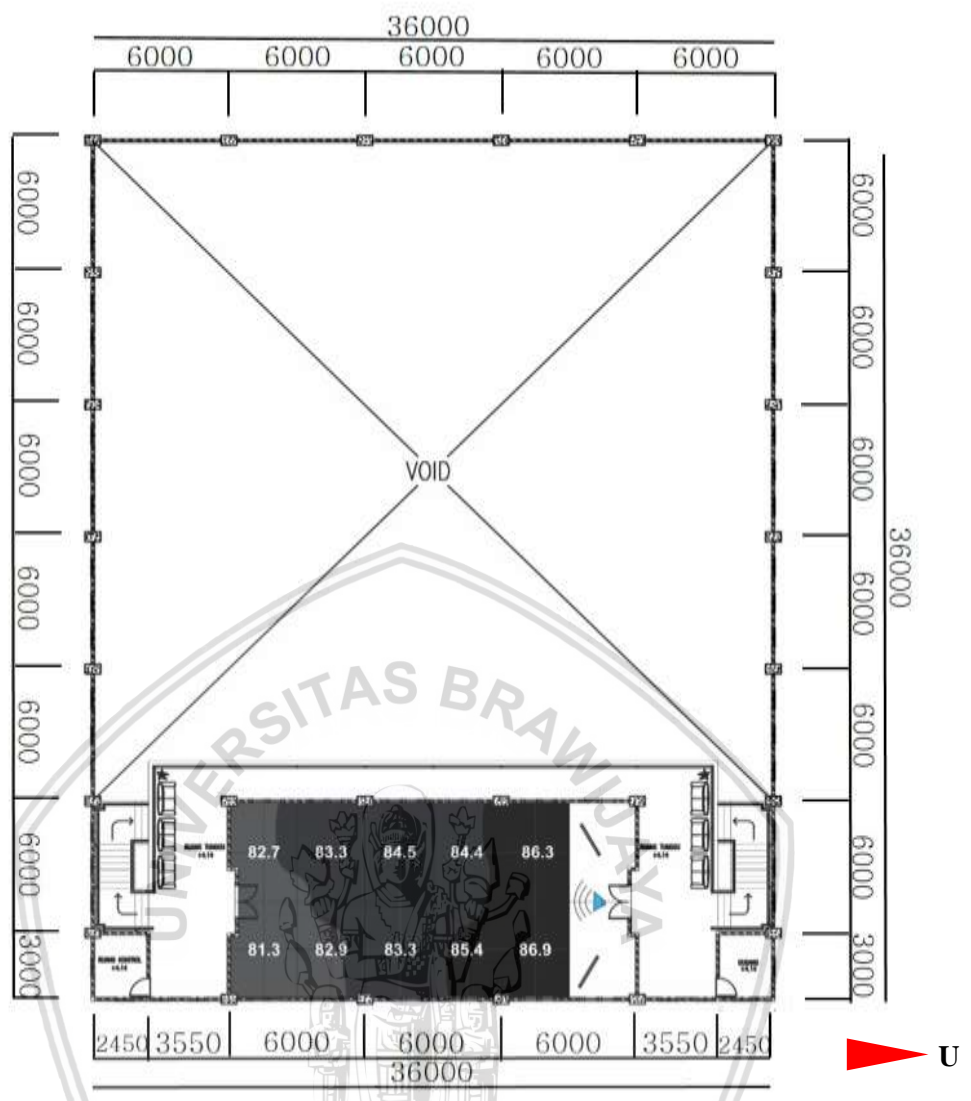
Berdasarkan hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi dapat dilihat pada titik ukur tiga (3) yang berdekatan 1 meter dari depan panggung terukur sebesar 86.9 dB, sedangkan pada titik terjauh yaitu pada titik 21, titik 22, dan titik 23 terlihat hasil tingkat tekanan bunyi sebesar 78.6 dB pada titik 21, 77,9 dB pada titik 22, dan 76.0 dB pada titik 23 dengan frekuensi sumber suara yang sama. Sedangkan pada *meeting room* pada titik lima (5) dan sepuluh (10) merupakan tingkat tekanan bunyi yang paling dekat dengan sumber suara hingga menghasilkan 86. 3 dB pada titik lima (5) dan 86.9 dB pada titik sepuluh (10). Untuk titik terjauh dari sumber suara yaitu berada pada titik pertama dan titik keenam dengan hasil 82.7 dB pada titik pertama dan 81.3 dB pada titik keenam.



Gambar 4.23 Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan bunyi pada ballroom

Keterangan :





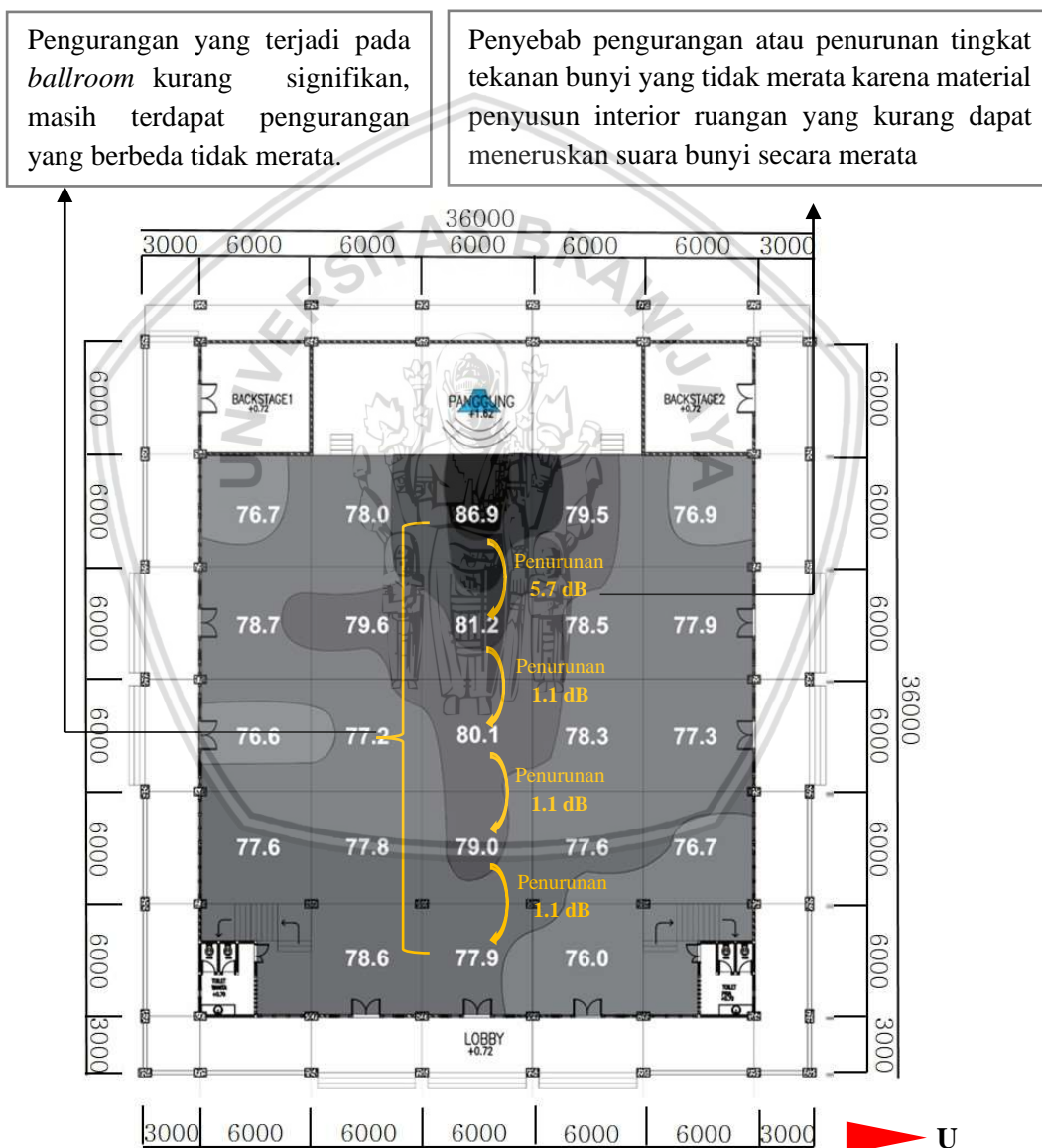
Gambar 4.24 Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan bunyi pada meeting room

Keterangan :

59.00 - 60.99	69.00 - 70.99	79.00 - 80.99
61.00 - 62.99	71.00 - 72.99	81.00 - 82.99
63.00 - 64.99	73.00 - 74.99	83.00 - 84.99
65.00 - 66.99	75.00 - 76.99	85.00 - 86.99
67.00 - 68.99	77.00 - 78.99	

Analisis

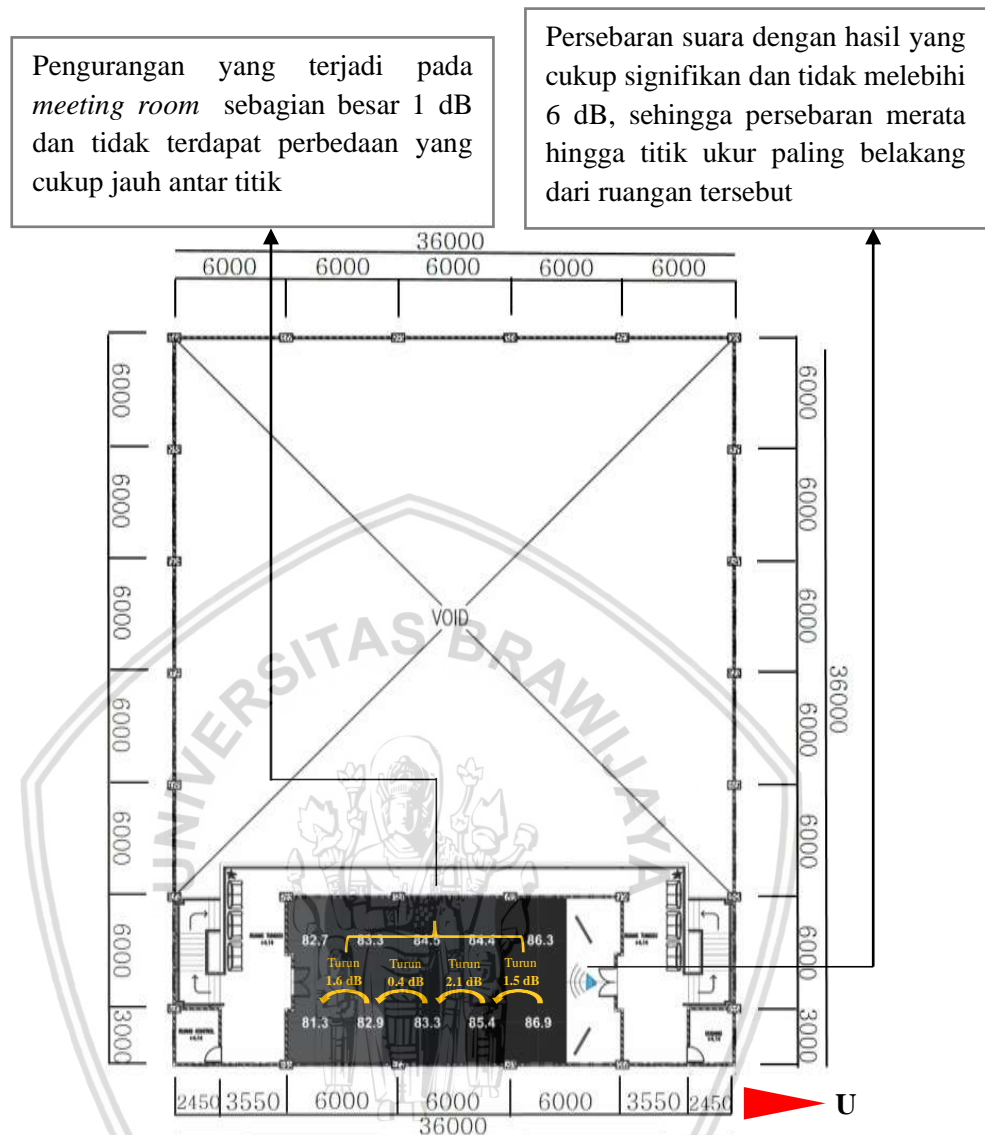
Berdasarkan hasil pengukuran SPL (*sound pressure level*) atau tingkat tekanan bunyi didapatkan suatu perbedaan antara posisi titik ukur yang terdekat dan terjauh dari sumber suara adalah 10 dB untuk ruang *ballroom* dan pada *meeting room* terdapat perbedaan 5.6 dB. Pada pengukuran *ballroom* terdapat perbedaan yang cukup jauh dengan standart yang diisyaratkan atau yang dapat diterima oleh posisi pendengar terjauh, dimana standar yang diisyaratkan yaitu 6 dB, sedangkan untuk *meeting room* sudah sesuai standart untuk distribusi tingkat tekanan bunyi.



Gambar 4.25 Analisis hasil tingkat tekanan bunyi pada *ballroom*

Kesimpulan

Dibutuhkan pemerataan distribusi tingkat tekanan bunyi pada *ballroom* dengan memberikan rekomendasi untuk material penyusun ruang didalamnya



Gambar 4.26 Analisis hasil tingkat tekanan bunyi pada *meeting room*

Kesimpulan

Persebaran suara di ruang *meeting room* sudah cukup merata, mengingat ruangan yang lebih kecil dibandingkan dengan ruang *ballroom* yang berada pada lantai dibawahnya selisih antara bunyi sumber suara asli dari titik awal hingga titik terjauh hanya 5.6 dB dan artinya masih termasuk dalam kondisi persebaran bunyi yang diisyaratkan yaitu 6 dB.

3. Analisis Pengukuran Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Pengukuran lapangan untuk waktu dengung dilakukan dengan cara hasil pengamatan visual dengan data-data material pelingkup ruang yang digunakan pada kondisi eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, kemudian diukur untuk mengetahui dimensi dan volume setiap ruang serta dimensi tiap material agar dapat diakumulasikan kedalam tahap berikutnya yaitu perhitungan menggunakan rumus atau Formula Sabine.

Jenis material masing-masing memiliki nilai koefisien serap yang dapat membantu untuk meredam atau mengurangi kebisingan dalam ruang tersebut, koefisien serap tersebut juga bergantung pada bunyi frekuensi yang dikeluarkan oleh sumber suara. Klasifikasi frekuensi yang dapat termasuk dalam rentan frekuensi ideal untuk fungsi *speech* yaitu 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz. Berikut koefisien jenis-jenis material berdasarkan frekuensi :

Tabel 8
Koefisien Serap Material pada *Ballroom* dan *Meeting Room*

Elemen Ruang	Material	Frekuensi (Hz)		
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Lantai	Tegel Keramik	0.01	0.01	0.02
Lantai Tangga	Vynil di atas	0.03	0.03	0.03
Struktur Kolom	Beton	0.03	0.03	0.03
Dinding	Bata (diplester dan dicat)	0.02	0.02	0.02
Lantai Panggung	Beton <i>finishing</i> lantai keramik	0.04	0.05	0.05
Plafond	Gypsum	0.05	0.08	0.07
Jendela dan Pintu	<i>Single Glass</i>	0.18	0.12	0.07
	(<i>ordinary window</i>)			
	Kayu	0.10	0.07	0.06

Sumber : (1) Suptandar, 2004 (2) Lord, 2001

Berdasarkan data tersebut, kemudian setiap material-material diatas dihitung luas permukaan dari masing-masing material pada kedua ruang. Berikut hasil pendataan luas permukaan tiap material dan volume ruang :

Tabel 9
Luas Permukaan dan Volume Ruang *Ballroom*

Ruang	Material	Keterangan	Luas permukaan (m ²)
Ballroom (Lantai Satu)	Bata (plester + cat)	Dinding	1281.9
	Beton Plester + vynil	Kolom	200.9
		Lantai Tangga	60.8
	Beton + Keramik	Lantai Panggung	108.0
	<i>Ordinary Window</i>	Jendela	176.3
		Pintu	13.1
	Kayu	Pintu	44.3
	Tegel Keramik	Lantai	900
Gypsum	Plafond	1008	
Total Luas Permukaan			3793
Total Volume Ruangan			7519.57

Tabel 10
Luas Permukaan dan Volume Ruang *Meeting Room*

Ruang	Material	Keterangan	Luas permukaan (m ²)
Meeting Room (Lantai Dua)	Bata (plester + cat)	Dinding	163.5
	Beton Plester + vynil	Kolom	57.85
		<i>Ordinary Window</i>	Jendela
	Kayu	Pintu	12
	Tegel Keramik	Lantai	154.93
	Gypsum	Plafond	154.93
Total Luas Permukaan			586.4
Total Volume Ruangan (m³)			496.5

Hasil perhitungan luas permukaan dari tiap material serta volume tiap ruang, kemudian dilakukan perhitungan luas permukaan tiap material tersebut dengan masing masing koefisien serap material ($\Sigma\alpha Sa$). Perhitungan ini dinamakan perhitungan angka sabine yang juga memiliki tujuan untuk memudahkan dalam perhitungan rumus waktu dengung (*reverberation time*).

Tabel 11
 Hasil Perhitungan Angka Sabine *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		α	Sabin	α	Sabin	α	Sabin
Bata (plester + cat)	Dinding	0.02	25.64	0.02	25.64	0.02	25.64
Beton Plester + vynil	Kolom	0.03	6.03	0.03	6.03	0.03	6.03
	Lantai Tangga	0.03	1.82	0.03	1.82	0.03	1.82
Beton Keramik	Lantai Panggung	0.04	4.32	0.05	5.40	0.05	5.40
	Jendela						
<i>Ordinary Window</i> (<i>single glass</i>)		0.18	31.74	0.12	21.16	0.07	12.34
Kayu	intu	0.1	4.43	0.07	3.10	0.06	2.66
Tegel Keramik	Lantai	0.01	9.00	0.01	9.00	0.02	18.00
Gypsum	Plafond	0.05	50.40	0.08	80.64	0.07	70.56
Total ($\Sigma\alpha Sa$)		-	135.74	-	154.36	-	143.37

Tabel 12
 Hasil Perhitungan Angka Sabine *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		α	Sabin	α	Sabin	α	Sabin
Bata (plester + cat)	Dinding	0.02	3.27	0.02	3.27	0.02	3.27
Beton Plester + vynil	Kolom	0.03	1.74	0.03	1.74	0.03	1.74
<i>Ordinary Window</i> (<i>single glass</i>)	Jendela	0.18	7.78	0.12	5.18	0.07	3.02
Kayu	Pintu	0.1	1.2	0.07	0.84	0.06	0.72
Tegel Keramik	Lantai	0.01	1.55	0.01	0.55	0.02	3.10
Gypsum	Plafond	0.05	7.75	0.08	12.40	0.07	10.85
Total ($\Sigma\alpha Sa$)		-	23.28	-	24.98	-	22.70

Berdasarkan hasil perhitungan angka sabine terlihat total luas permukaan bidang material yang telah diakumulasikan dengan koefisien serap hingga menjadi angka sabin ($\Sigma\alpha Sa$) atau dapat disimbolkan juga menurut beberapa sumber dengan (**A**). Kemudian, hasil tersebut diakumulasikan kembali kedalam formula atau sebuah rumus sabin untuk frekuensi rendah saja yaitu 500 Hz, sebagai berikut :

$$t = \frac{0.16V}{A} \dots\dots\dots (4-1)$$

dengan :

t = waktu dengung (detik)

V = volume ruang (m³)

A = total absorpsi dari masing-masing permukaan bidang batas ruangan (m²), yaitu Σ (luas permukaan) x koefisien absorpsi.

Kemudian, untuk perhitungan frekuensi diatas 1000 Hz, menggunakan perhitungan koefisien absorpsi udara dengan formula sebagai berikut

$$t = \frac{0.16V}{A + 4mV} \dots\dots\dots (4-2)$$

dengan :

m = koefisien absorpsi udara

Koefisien absorpsi udara untuk 1000 Hz yaitu 0.007, sedangkan 2000 Hz yaitu 0.010. Koefisien tersebut diakumulasikan kedalam rumus diatas hingga muncul nilai waktu dengung. Berikut hasil perhitungan waktu dengung (*reverberation time*) menggunakan Formula Sabine :

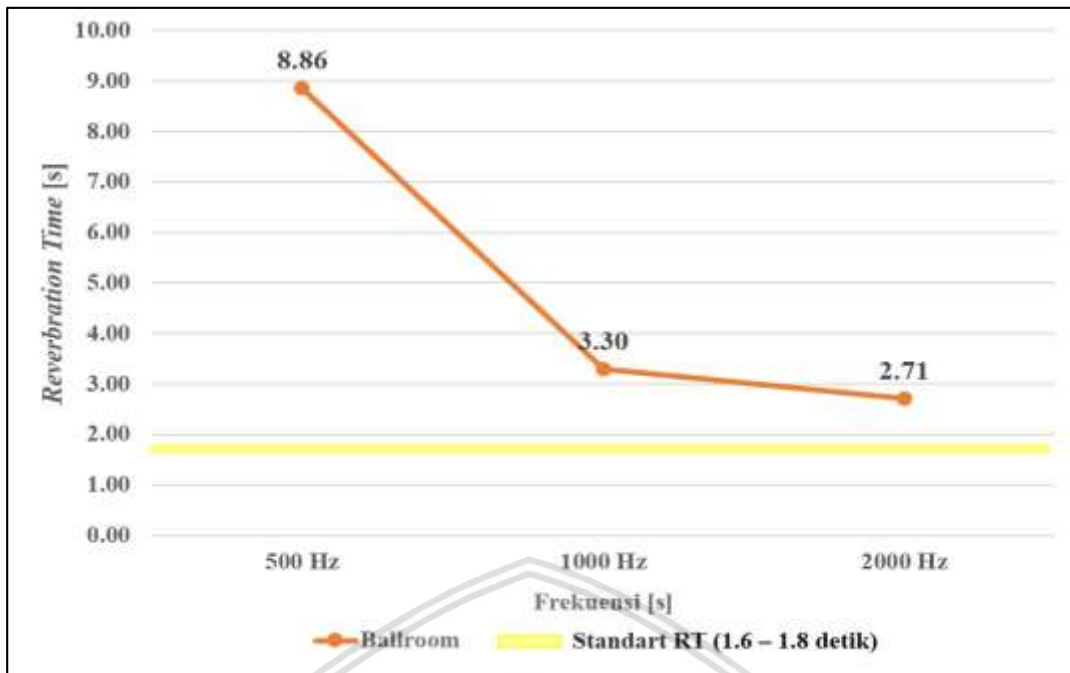
Tabel 13
Hasil perhitungan waktu dengung menggunakan formula Sabine pada *Ballroom*

Ruang	Waktu Dengung (s)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart SNI	1.6 - 1.8 detik		
<i>Ballroom</i>	8.86	3.30	2.71

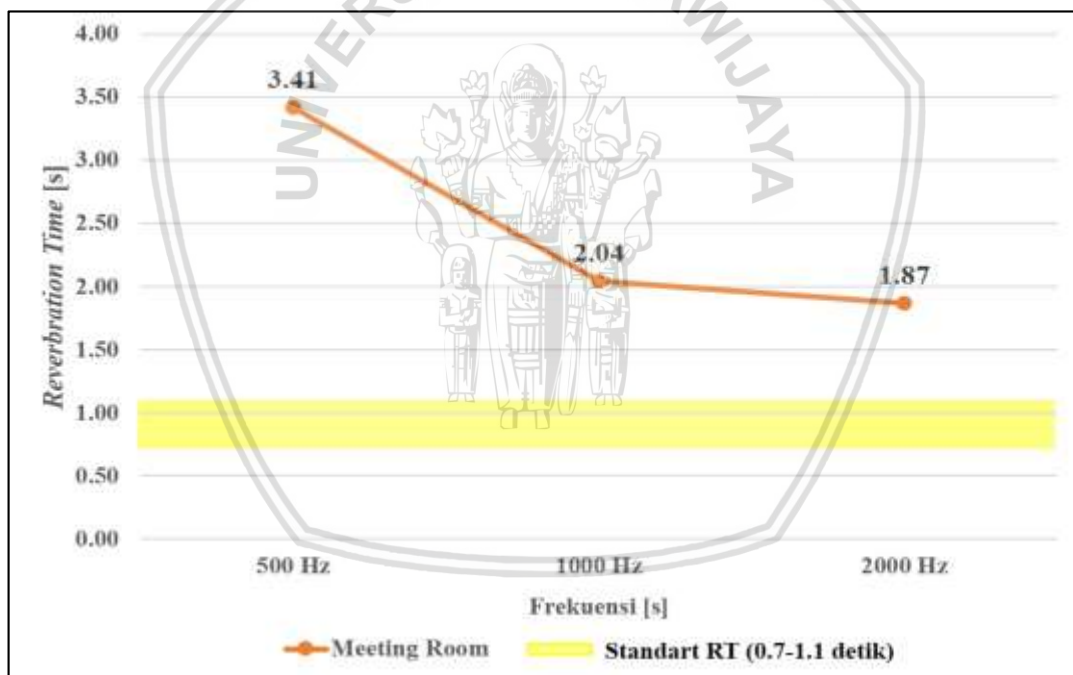
Tabel 14
Hasil perhitungan waktu dengung menggunakan formula Sabine pada *Meeting Room*

Ruang	Waktu Dengung (s)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart SNI	0.7 - 1.1 detik		
<i>Ballroom</i>	3.41	2.04	1.87

Hasil perhitungan waktu dengung (*reverberation time*) menggunakan formula Sabine diatas terlihat bahwa hasil kondisi eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo memiliki nilai waktu dengung yang jauh dari nilai standart, terutama pada frekuensi 500 Hz. Standart untuk ruang pertemuan 1.6 – 1.8 detik, sedangkan untuk meeting room yaitu 0.7 – 1.1 detik. Hasil nilai diatas, kemudian diakumulasikan kedalam sebuah grafik yang menunjukkan perbandingan antara hasil perhitungan dengan standart ruang yang telah ditentukan. Berikut grafik dari hasil nilai perhitungan waktu dengung menggunakan formula Sabine :



Gambar 4.27 Grafik waktu dengung pada *ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

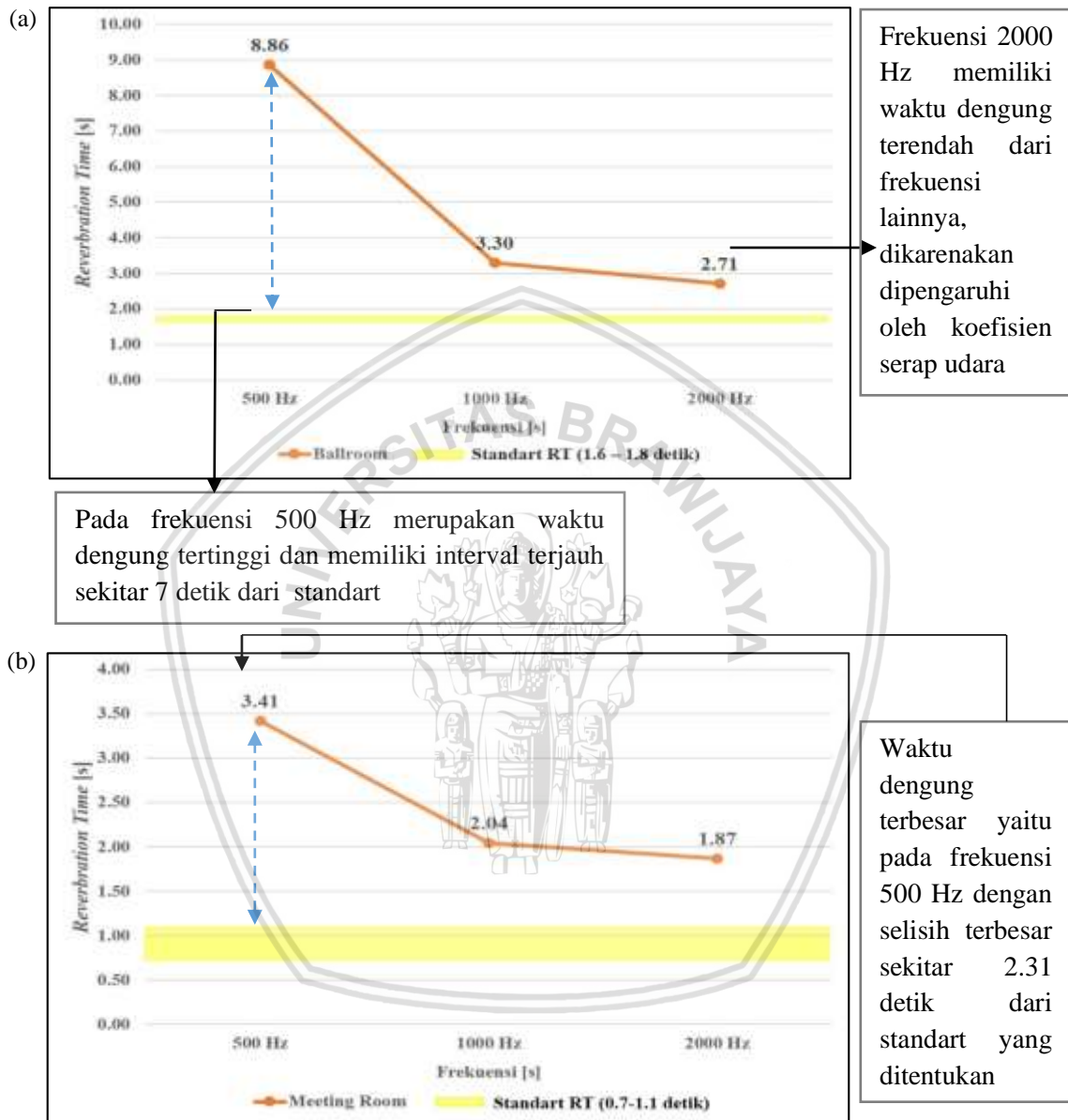


Gambar 4.28 Grafik waktu dengung pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Gambar grafik di atas pada masing-masing ruang terlihat bahwa nilai perhitungan kondisi eksisting menggunakan Formula Sabine memiliki interval yang cukup jauh dari garis kuning yang menunjukkan *range* standart waktu dengung (*reverberation time*) untuk ruang pertemuan dan ruang rapat.

Analisis

Berdasarkan hasil perhitungan secara numerik menggunakan Formula Sabine, didapatkan nilai waktu dengung pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo melebihi standart



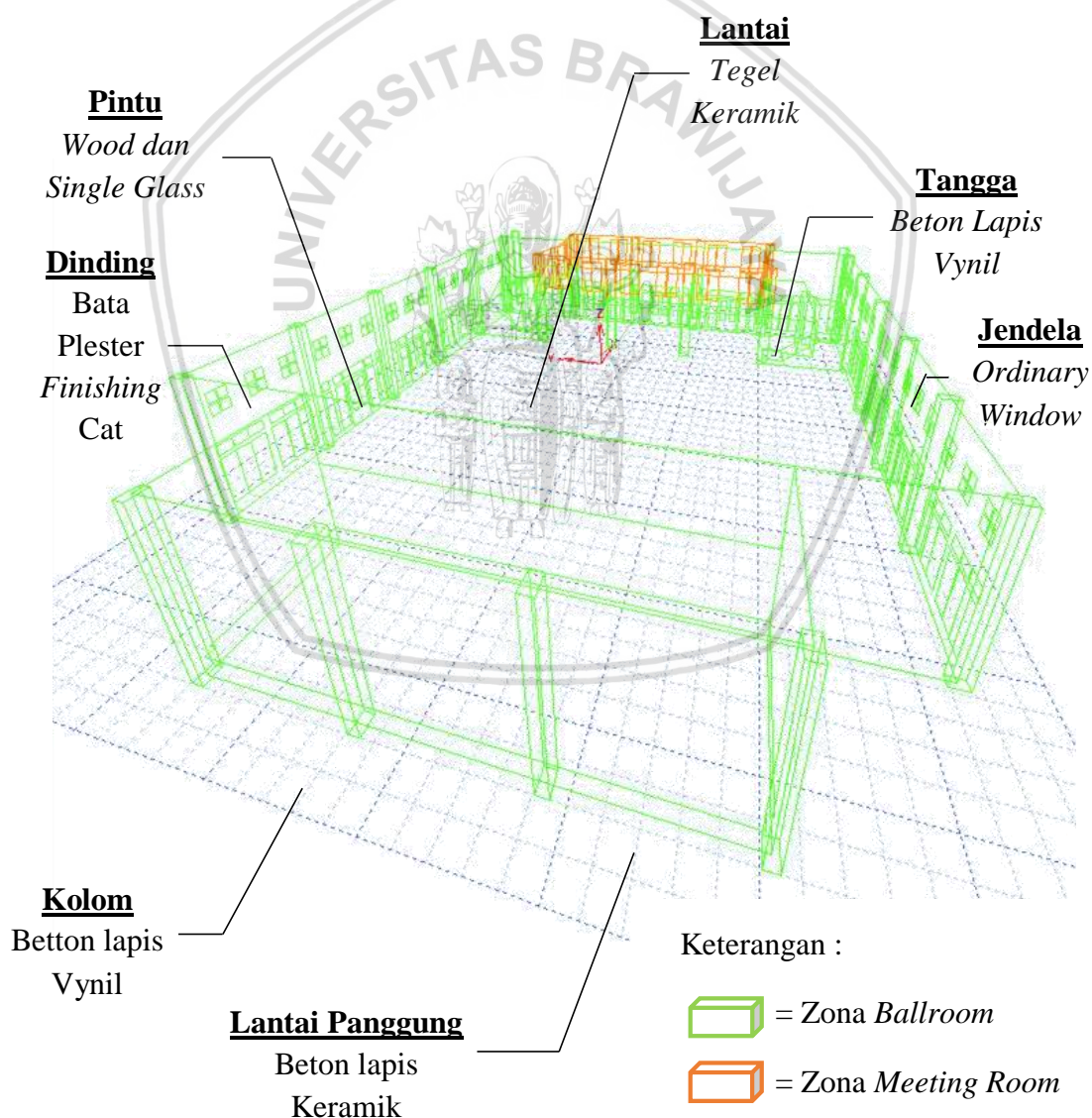
Gambar 4.29 Analisis hasil perhitungan numerik waktu dengung (*reverberation time*)
(a) *ballroom* (b) *meeting room*

Kesimpulan

Dibutuhkan alternatif rekomendasi desain pada kedua ruang tersebut, untuk menurunkan nilai waktu dengung pada frekuensi ideal yang dapat diterima oleh manusia dengan kualitas baik dan nyaman sesuai standart yang telah ditentukan.

4.2.3 Pensimulasian

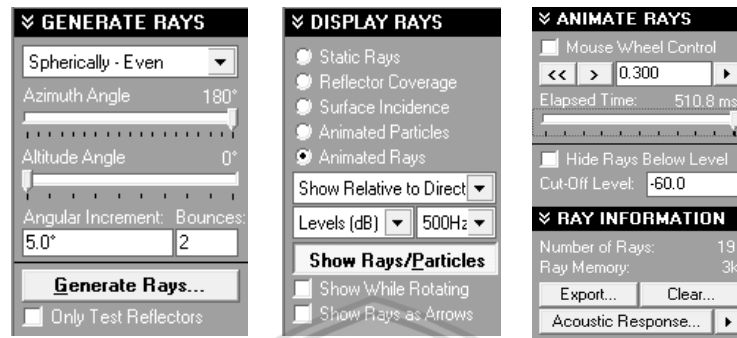
Tahap setelah melakukan pengukuran lapangan yaitu tahap pensimulasian, dimana tahap ini menggunakan suatu *software* yang dapat mensimulasikan data dari kondisi eksisting berdasarkan pengamatan visual dan pengukuran lapangan kedalam suatu *software* yang dinamakan *software Ecotect Analysis Acoustic 2011*. Tahap pengukuran menggunakan *software* ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan akustik pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo melalui simulasi pantulan bunyi berupa *animated rays*, kemudian hasil simulasi inilah yang membuktikan bahwa terdapat permasalahan atau cacat akustik seperti dengung dalam ruang tersebut. Berikut klasifikasi material dalam simulasi yang disesuaikan berdasarkan kondisi lapangan :



Gambar 4.30 Klasifikasi material kondisi eksisting dalam pensimulasian

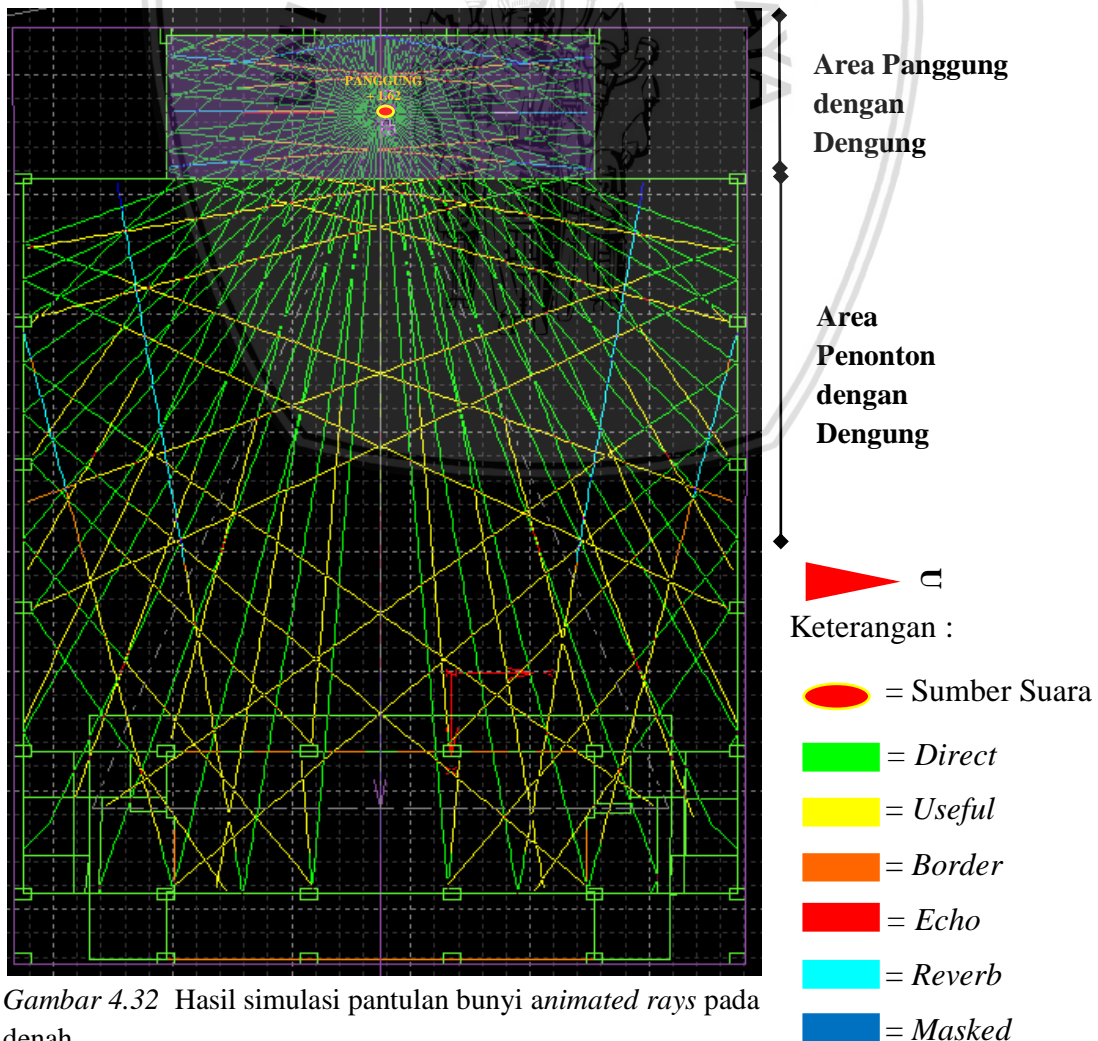
1. Analisis Simulasi Pantulan Bunyi

Pengaturan dalam tahap simulasi pantulan bunyi disesuaikan dengan pengukuran lapangan distribusi tingkat tekanan bunyi yaitu sumber suara berada di tengah panggung, kemudian untuk sudut dan jumlah sebaran bunyi dapat diatur sebagai berikut:

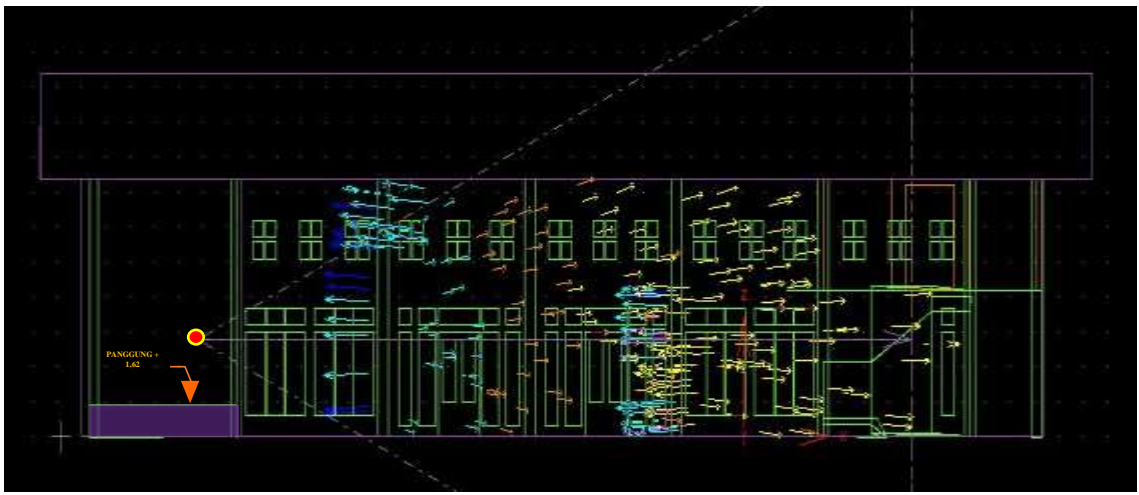


Gambar 4.31 Pengaturan simulasi pada *ballroom* meliputi sudut dan jumlah sebaran

Hasil dari simulasi pantulan bunyi dengan pengaturan sudut dan jumlah sebaran berikut dapat menghasilkan garis-garis yang memiliki arti tersendiri dalam mendeskripsikan sifat tiap garis pantulan yang terjadi dalam ruang tersebut.



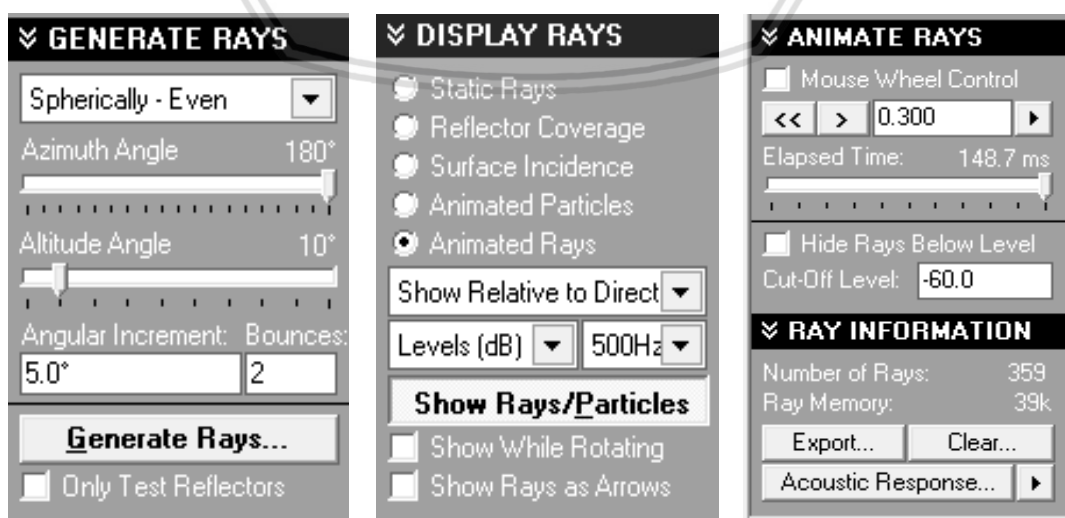
Gambar 4.32 Hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada denah



Gambar 4.33 Hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada *ballroom* tampak samping

Hasil dari simulasi pantulan diatas terlihat garis - garis pantul, dimana diatur dengan jumlah sebarannya yaitu dua (2) kali, yang berarti ketika ketika bunyi diteruskan dari sumber suara asli, kemudian mengenai elemen pelingkup ruang, sehingga akan terlihat pengaruh sifat bunyi ketika telah mengenai suatu elemen ruang.

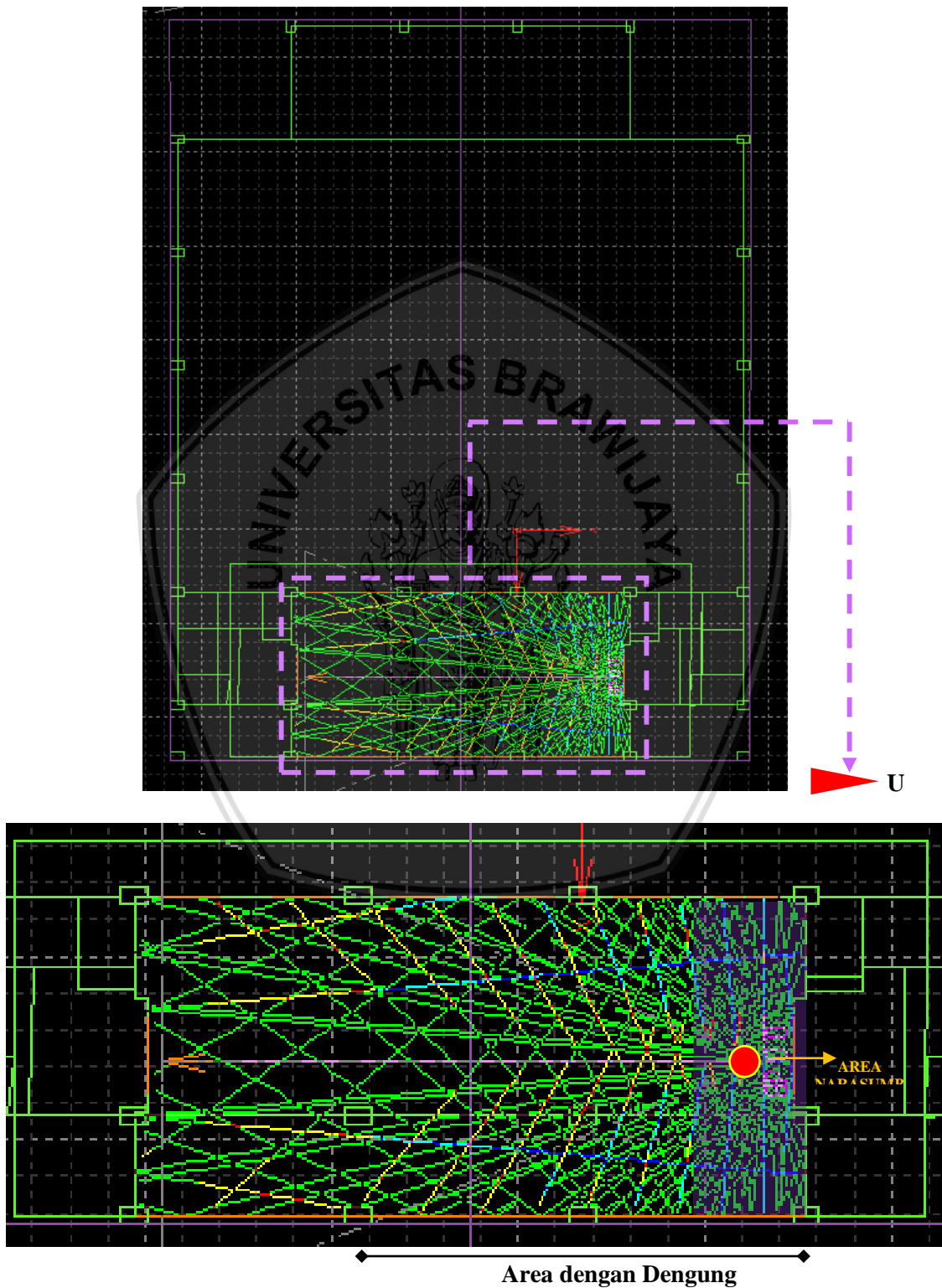
Kemudian, dilakukan pula pesimulasian pada ruang *meeting room* yang berada di lantai dua dengan tujuan untuk mengetahui adanya permasalahan akustik di dalam ruang tersebut. Simulasi pantulan bunyi dari ruang *meeting room* yaitu dengan cara diletakkan sumber suara pada sisi utara ruang, dimana sisi tersebut digunakan sebagai letak mimbar dari pembicara atau narasumber serta penguat suara apabila terdapat suatu acara berlangsung. Pensimulasian pada ruang tersebut juga diatur untuk sudut dan jumlah sebaran suaranya, sebagai berikut :



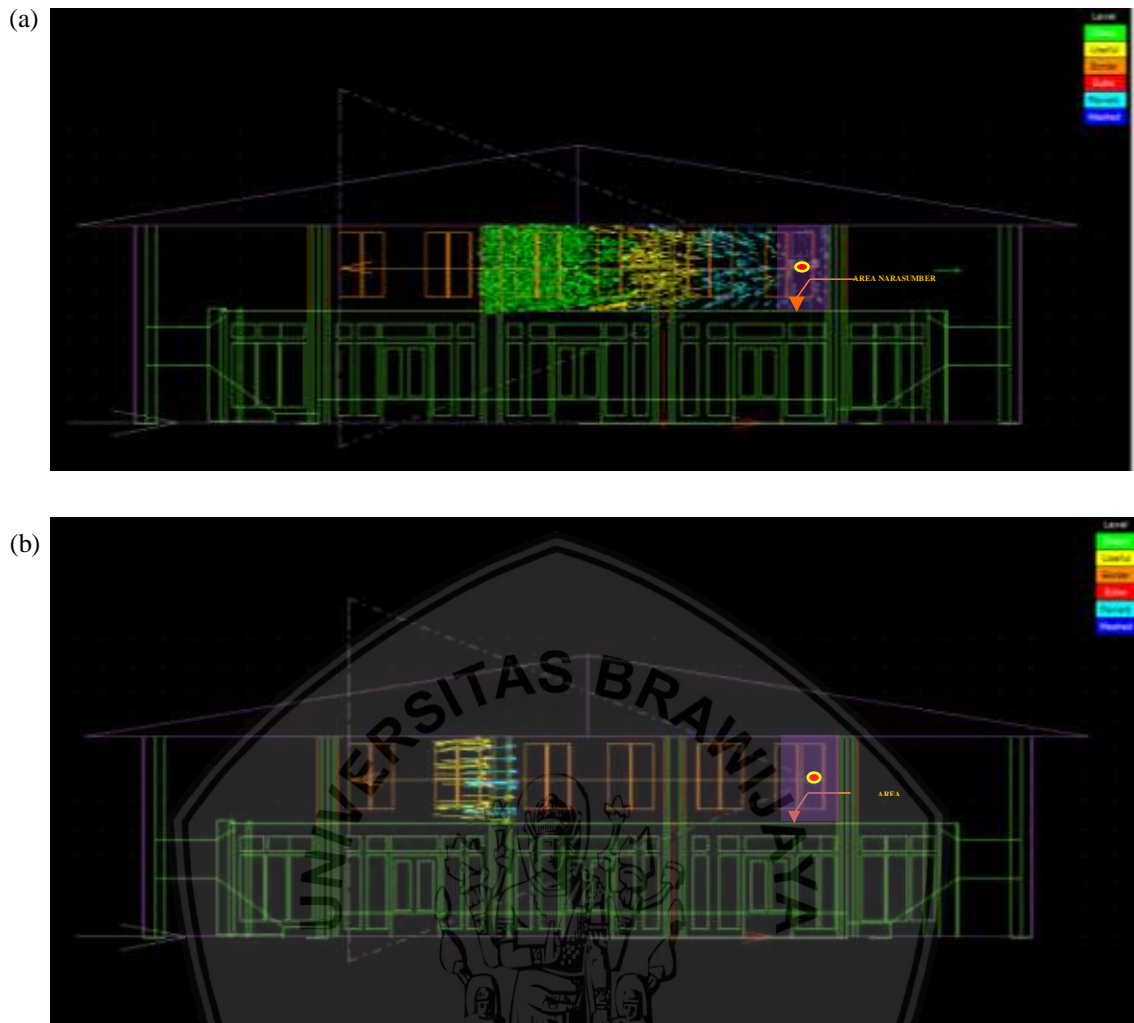
Gambar 4.34 Pengaturan simulasi pada *ballroom* meliputi sudut dan jumlah sebaran



Berdasarkan pengaturan pada sudut dan jumlah persebaran bunyi diatas, terlihat hasil dari simulasi pantulan bunyi tersebut berupa garis-garis warna yang menggambarkan pengaruh dari elemen pembentuk ruang di dalam *meeting room* terhadap suara yang dihasilkan dari sumber suara, sebagai berikut :



Gambar 4.35 Hasil simulasi pantulan bunyi pada *ballroom* tampak atas



Gambar 4.36 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada *meeting room*
 (a) Pantulan pada elemen pelingkup bagian depan (b) Pantulan pada elemen pelingkup bagian belakang

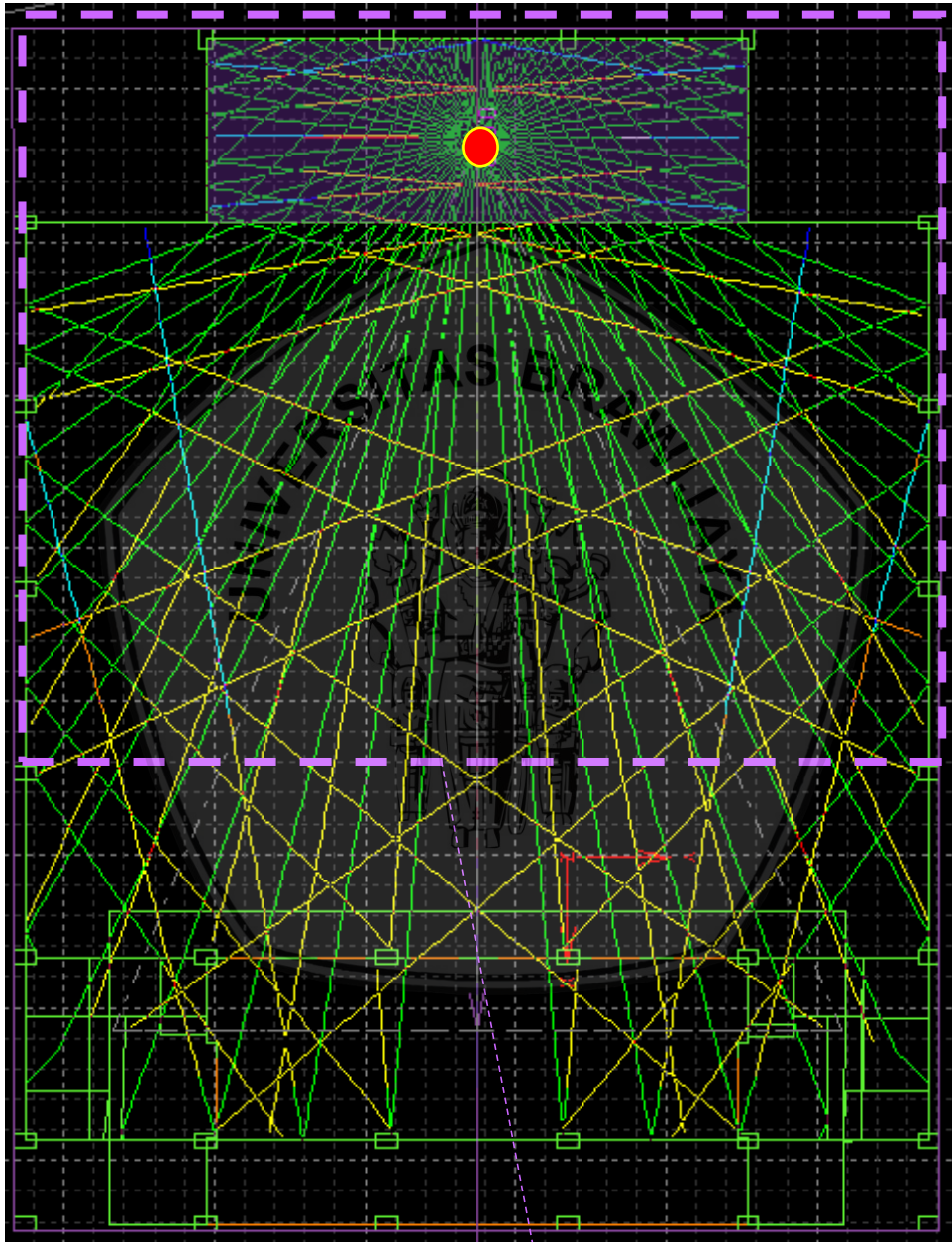
Tabel 15
 Keterangan perbedaan warna dalam pancaran sumber bunyi

Level	Keterangan
Direct	Penyebaran bunyi langsung yang berasal dari sumber suara dan dapat diterima oleh pendengar
Useful	Penyebaran suara dari sumber bunyi asli efektif dan dapat diterima pendengar
Border	Penyebaran bunyi dari sumber suara asli pada sekeliling ruangan
Echo	Penyebaran bunyi dari sumber suara asli yang dipantulkan oleh elemen pelingkup interior ruang hingga menimbulkan <i>echo</i> (gema)
Reverb	Penyebaran bunyi dari sumber suara asli yang kemudian dipantulkan oleh elemen pelingkup interior ruang sehingga menimbulkan dengung
Masked	Penyebaran suara dari sumber suara yang kemudian tertutupi oleh suara lainnya.

Sumber : Indrani & Cahyawati, 2011

Analisis

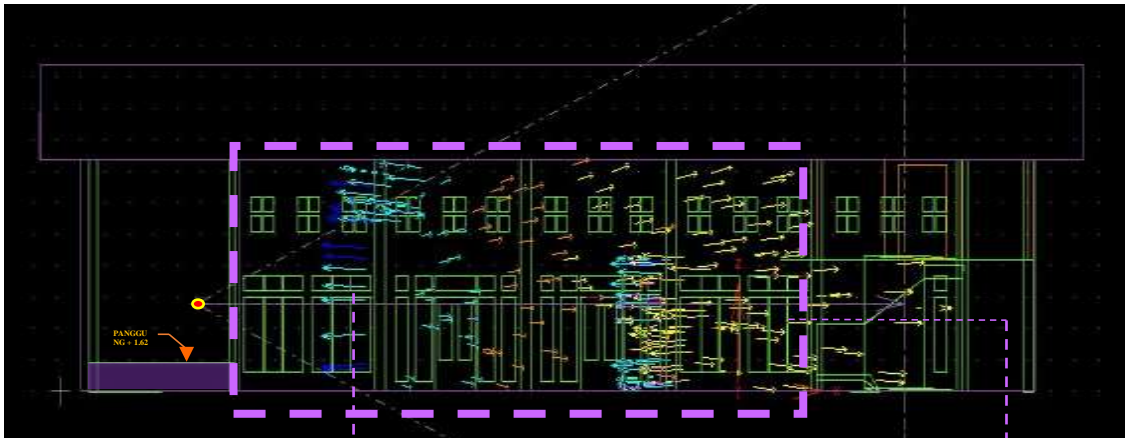
Berdasarkan hasil simulasi mengenai pantulan bunyi didapatkan hasil bahwa terdapat bunyi yang telah mengenai elemen pelingkup ruang menjadi *reverb* atau dengung. Hal ini membuktikan bahwa terdapat permasalahan akustik yaitu munculnya dengung dalam ruang *ballroom*.



Gambar 4.37 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada *ballroom* tampak atas

Terjadi dengung dari area bagian depan setelah suara mengenai elemen pelingkup ruang atau dinding dan kolom yang ada pada area panggung dan area belakang *penonton*





Gambar 4.38 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada *ballroom* tampak samping

Setelah terjadi bunyi dengung kemudian terjadi *masked* atau suara yang tertutupi oleh suara lainnya, sehingga kejelasan bunyi awal telah tertutupi dan semakin tidak jelas

Terdapat bunyi dengung pada area tersebut, karena pengaruh setelah terjadi pemantulan bunyi pada elemen dinding dan kolom bagian belakang *ballroom*

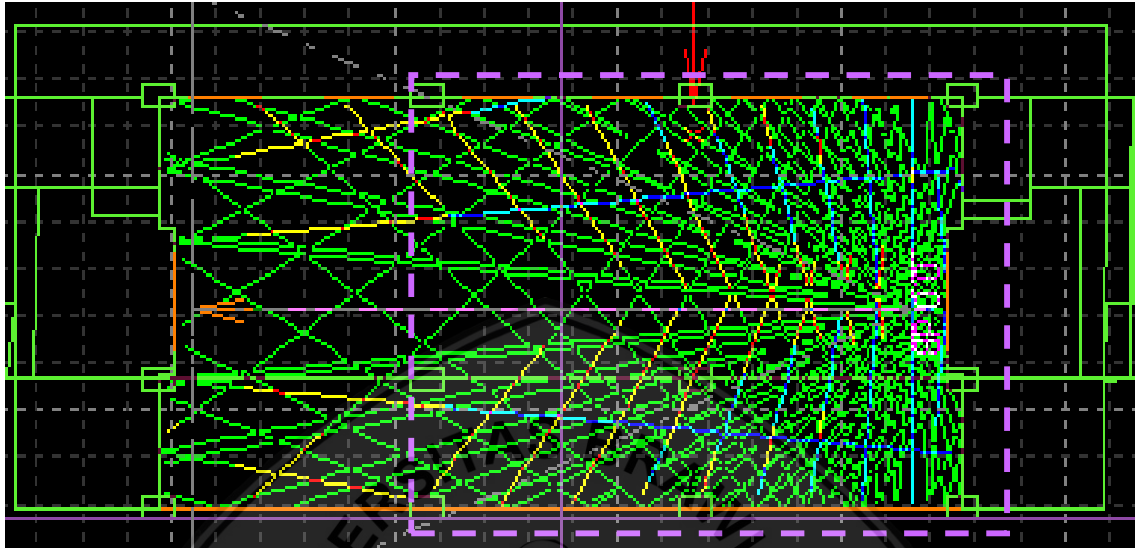
Keterangan :

	= <i>Direct</i>		= <i>Echo</i>
	= <i>Useful</i>		= <i>Reverb</i>
	= <i>Border</i>		= <i>Masked</i>

Kesimpulan

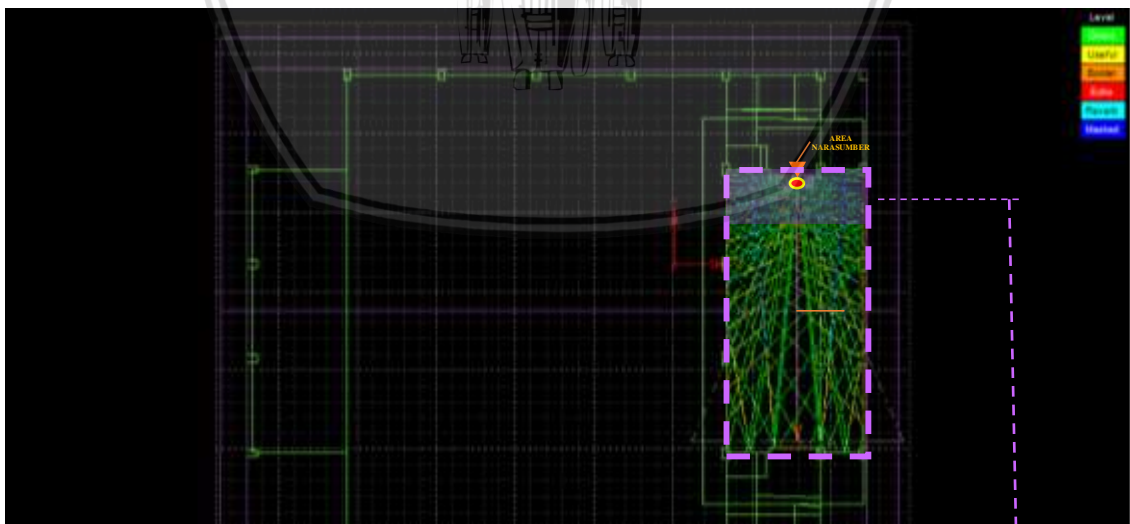
Adanya bunyi dengung diakibat oleh pantulan mengenai elemen pelingkup ruang, sehingga dibutuhkan suatu material pada elemen pelingkup ruang yang dapat meminimalisir bunyi dengung dengan koefisien penyerap yang lebih besar dan sesuai dengan fungsi masing-masing elemen agar tidak mengurangi estetika *ballroom* dan juga *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Terutama pada bagian belakang pennton yang terlihat memantulkan hingga terjadi bunyi dengung, untuk itu pada bagian belakang penonton dibutuhkan dinding penyerap atau berbahan absorber agar tidak memantulkan kembali kearah panggung dan menimbulkan bunyi dengung.

Simulasi pada *meeting room* didapatkan bahwa terdapat bunyi dengung yang dihasilkan dari pantulan bunyi mengenai elemen pelingkup ruang. Bagian yang menghasilkan dengung cenderung lebih besar yaitu pada area depan yang berdekatan dengan sumber bunyi.



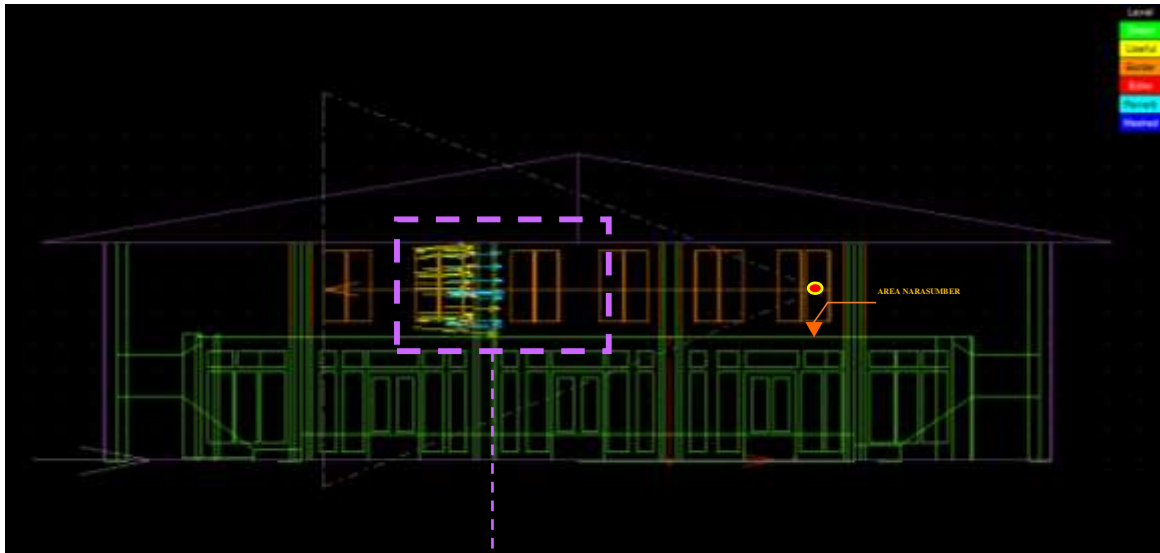
Gambar 4.39 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* pada *meeting room* tampak atas

Dengung terjadi pada area narasumber hingga kearah belakang bagian penonton, hal ini diakibatkan oleh terjadi pantulan mengenai dinding sisi depan dan samping ruangan dan kembali memantul menjadi bunyi dengung



Gambar 4.40 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* bagian depan pada *meeting room*

Terlihat pada tampak samping *meeting room* bahwa area tersebut muncul dengung akibat dari pantulan yang mengenai dinding yang bersifat memantul atau reflektor



Gambar 4.41 Analisis hasil simulasi pantulan bunyi *animated rays* bagian belakang pada *meeting room*

Pada area belakang *meeting room* juga muncul dengung akibat pantulan dari dinding dan lantai dengan sifat reflektor serta mengenai pintu kayu yang kurang menyerap bunyi

Kesimpulan

Ruangan tersebut membutuhkan material elemen pembentuk ruang yang dapat menyerap bunyi pada sebagian elemen dinding dan lantai dengan tujuan meminimalisir munculnya dengung, namun sebagian lainnya pada dinding tetap menggunakan bahan reflektor yang bertujuan sebagai pemantul sebagian bunyi hingga penonton bagian belakang dengan merata.

2. Analisis Simulasi Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Pensimulasian dalam metode pengukuran waktu dengung ini juga dibutuhkan untuk mempertajam dan mengakuratkan hasil pengukuran, selain itu juga dibutuhkan suatu perbandingan hasil pengukuran antara menggunakan formula Sabine dengan hasil simulasi. Simulasi ini dilakukan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* dengan klasifikasi material yang sama sesuai perhitungan menggunakan formula Sabine atau sesuai dengan kondisi eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Kota Probolinggo.

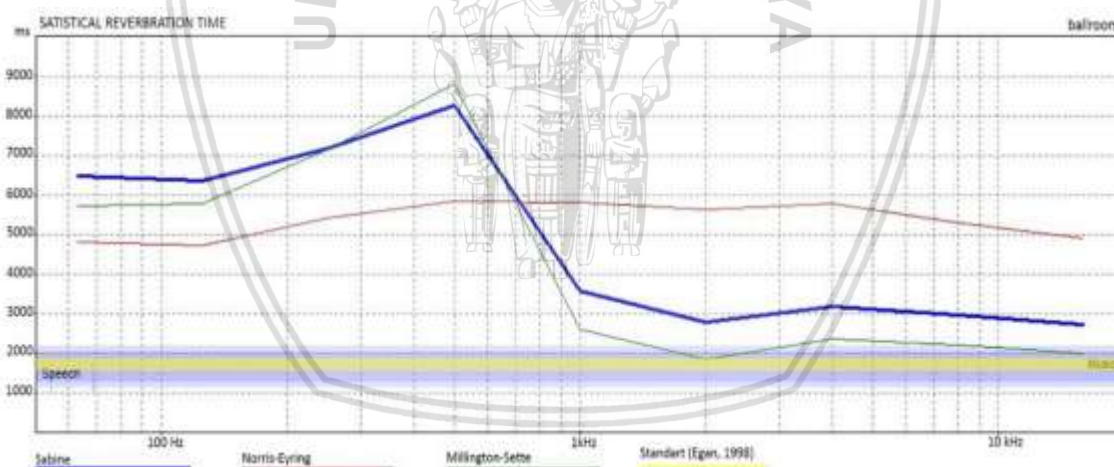
Selain pengklasifikasian material pada *software Ecotect Anlysis 2011*, dilakukan pula penginputan koefisien serap sesuai dengan nilai koefisien serap masing-masing

material yang dibedakan dalam beberapa frekuensi, yaitu pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz, sesuai dengan frekuensi ideal untuk fungsi *speech* atau percakapan.

Kemudian dilakukan pengaturan jenis zona, formula, dan jumlah tempat duduk sebelum dilakukan perhitungan secara keseluruhan dengan format sebagai berikut :

Gambar 4.42 Pengaturan simulasi *reverberation time* pada *ballroom* meliputi jumlah tempat duduk dan jenis zona

Hasil perhitungan *reverberation time* pada ruang *ballroom* tersebut menghasilkan beberapa nilai yang terbagi sesuai dengan frekuensi. Nilai yang dihasilkan tersebut 8.26 detik untuk frekuensi 500 Hz, 3.58 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 2.78 detik pada frekuensi 2000 Hz. Rerata dari hasil simulasi RT (*reverberation time*) pada *ballroom* yaitu 4.9 detik, seperti pada grafik dan data berikut :



Gambar 4.43 Grafik hasil simulasi *reverberation time* pada *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	783.045	6.47	4.83	5.73
125Hz:	759.900	6.35	4.74	5.78
250Hz:	480.723	7.18	5.42	7.16
500Hz:	203.894	8.26	5.84	8.80
1kHz:	1170.710	3.58	5.83	2.63
2kHz:	1628.900	2.78	5.64	1.87
4kHz:	1245.272	3.19	5.78	2.38
8kHz:	1293.646	2.97	5.31	2.23
16kHz:	1418.225	2.72	4.92	2.02

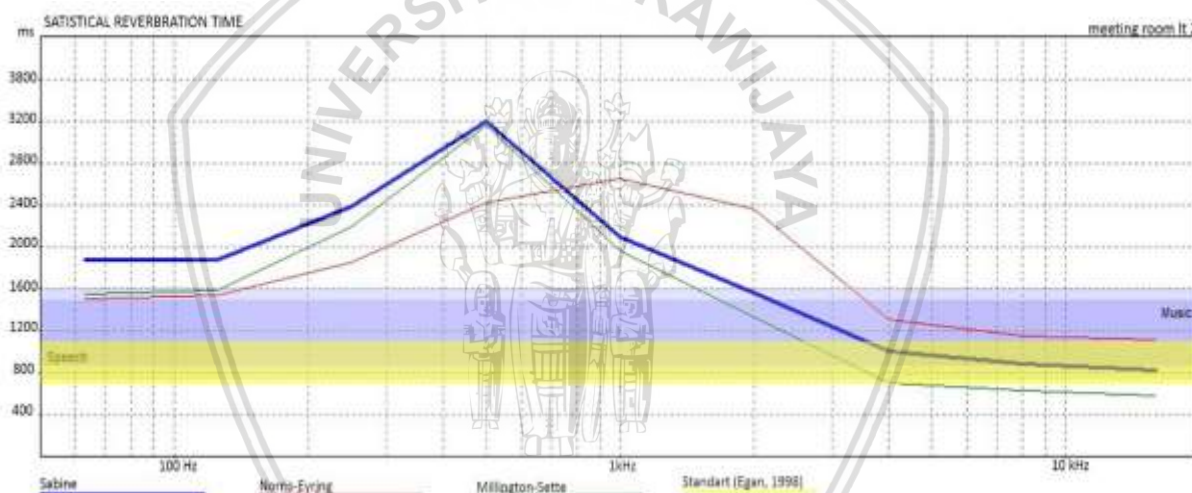
Gambar 4.44 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom*

Pensimulasian kemudian dilakukan pada ruang *meeting room* dengan pengaturan mengenai jumlah *audience*, sebagai berikut :

Selected Zone		Calculation	
meeting room It 2		Select Display Type:	
Volume (m ³):	495.56	All Algorithms	
Recalc.		Reverb. Time Algorithm:	
Auditorium Seating		Sabine	
0	Upholstered	Calculate ?	
Percentage Occupied (%): 0			

Gambar 4.45 Pengaturan simulasi *reverberation time* pada *meeting room* meliputi jumlah tempat duduk dan jenis zona

Hasil dari suatu nilai waktu dengung 3.20 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.09 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.56 pada frekuensi 2000 Hz. Rerata dari hasil simulasi waktu dengung tersebut yaitu 2.28 detik. Berikut grafik dan data hasil pensimulasian *reverberation time* pada *meeting room*.



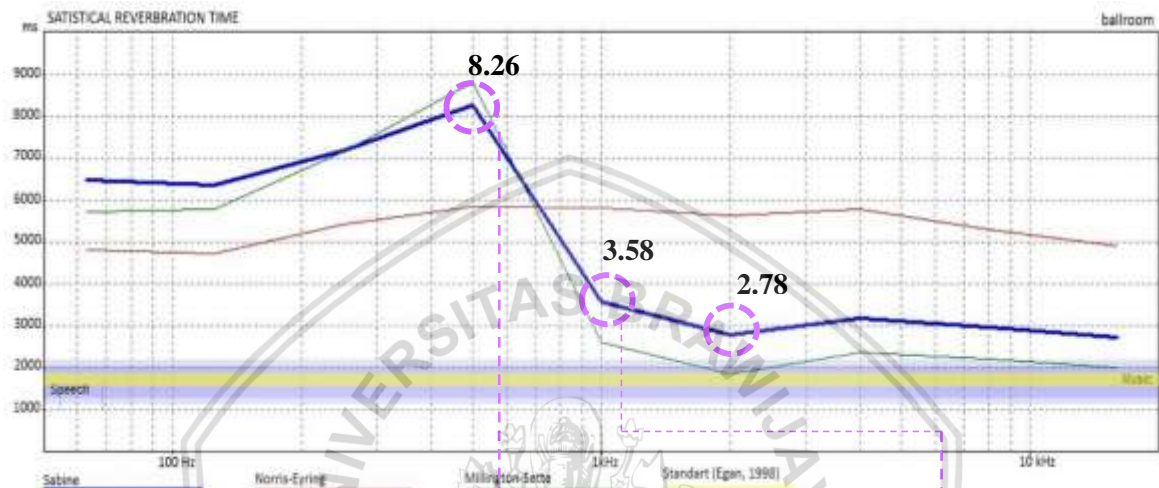
Gambar 4.46 Grafik hasil simulasi *reverberation time* pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	116.955	1.89	1.50	1.55
125Hz:	112.412	1.88	1.54	1.59
250Hz:	66.246	2.39	1.85	2.20
500Hz:	21.616	3.20	2.42	3.16
1kHz:	56.233	2.09	2.66	1.96
2kHz:	88.152	1.56	2.36	1.33
4kHz:	167.671	1.01	1.31	0.71
8kHz:	175.424	0.89	1.15	0.64
16kHz:	190.936	0.83	1.11	0.59

Gambar 4.47 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *meeting room*

Analisis

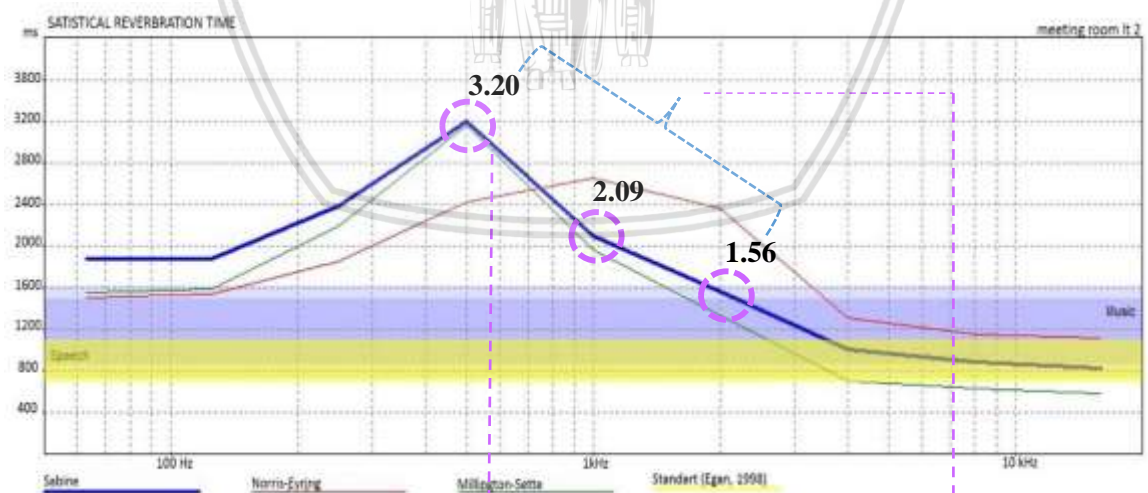
Berdasarkan hasil pensimulasian kondisi eksisting, terlihat bahwa, kedua ruang antara *ballroom* dan *meeting room* masih belum memenuhi standart untuk nilai waktu dengung. Interval antara hasil simulasi kondisi eksisting dengan standart sangat jauh, dimana pada frekuensi 500 Hz selisih 6.46 detik, 1000 Hz selisih 1.78 detik, dan pada 2000 Hz selisih 0.98 detik. Sehingga berdasarkan grafik tidak masuk dalam area *range* standart waktu dengung yang baik pada rentan 1.6-1.8 detik.



Gambar 4.48 Grafik nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom*

Tingginya nilai RT dipengaruhi oleh koefisien serap material kondisi eksisting *ballroom* yang kurang besar dan cenderung bersifat memantul

Nilai RT (*reverberation time*) pada *ballroom* jauh dari standart



Gambar 4.49 Grafik nilai waktu dengung hasil simulasi pada *meeting room*

Tingginya nilai RT diakibatkan oleh sebagian besar menggunakan reflektor

Rata-rata nilai RT (*reverberation time*) yaitu 2.82 detik, nilai tersebut jauh dari standart 0.7- 1.1 detik

Kesimpulan

Dibutuhkan pemilihan jenis material yang memiliki koefisien serap tinggi sebagai absorber, dan penambahan bentuk pada beberapa elemen kedua ruang terutama *ballroom*

4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran Lapangan dan Pensimulasian

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan dua metode diatas, yaitu metode pengukuran lapangan menggunakan formula Sabine dan metode pensimulasian menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* dapat dibandingkan antara keduanya, dimana hasil dari masing-masing waktu dengung atau *reverberation time* dipersentasekan dalam tabel *relative error* sebagai berikut :

Tabel 16
Perbandingan hasil perhitungan *reverberation time* pada *ballroom*

Ruang	Metode	Waktu Dengung Berdasarkan Frekuensi [s]		
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Ballroom</i>	Pengukuran Lapangan	8.86	3.3	2.71
	Simulasi	8.26	3.58	2.78
	Relative Error (%)	5.7 %		

Tabel 17
Perbandingan hasil perhitungan *reverberation time* pada *meeting room*

Ruang	Metode	Waktu Dengung Berdasarkan Frekuensi [s]		
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Meeting Room</i>	Pengukuran Lapangan	3.41	2.04	1.87
	Simulasi	3.2	2.09	1.56
	Relative Error (%)	8.3 %		

Persentase *relative error* pada *ballroom* tidak terlalu jauh selisih antar keduanya, dimana rerata hasil perbandingan antara pengukuran lapangan dan hasil pensimulasian adalah 5.7%. Sedangkan pada ruang lainnya, yaitu ruang *meeting room* terdapat beberapa hasil rata-rata secara keseluruhannya 8.3 %, sehingga perbandingan kedua metode tersebut dapat dikatakan hampir sama dan tergolong rendah perbedaannya, sehingga termasuk data valid.

Selain berdasarkan tabulasi, hasil perbandingan analisis waktu dengung (*reverberation time*) pengukuran lapangan dengan menggunakan formula Sabine dan analisis pensimulasian menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* digambarkan pada suatu grafik, yang memiliki klasifikasi kenaikan garis yang tidak terlalu jauh selisih antar keduanya. Berikut perbandingan grafik hasil pengukuran lapangan dan simulasi *Ecotect Analysis 2011*:

Tabel 18

Grafik perbandingan hasil perhitungan *reverberation time* pada *Ballroom* dan *Meeting Room*

Grafik Hasil Pengukuran Lapangan Menggunakan Formula Sabine		Grafik Hasil Simulasi Menggunakan Software <i>Ecotect Analysis 2011</i>		
Ballroom				
Frekuensi [Hz]	RT Pengukuran Lapangan	RT Pensimulasian	Persentase Selisih	Rata-rata
500 Hz	8.86 detik	8.26 detik	6.7 %	5.7%
1000 Hz	3.30 detik	3.58 detik	7.8 %	
2000 Hz	2.71 detik	2.78 detik	2.5 %	
Meeting Room				
Frekuensi [Hz]	RT Pengukuran Lapangan	RT Pensimulasian	Persentase Selisih	Rata-rata
500 Hz	3.41 detik	3.20 detik	6.1 %	8.3%
1000 Hz	2.04 detik	2.09 detik	2.4 %	
2000 Hz	1.87 detik	1.56 detik	16.5 %	

Kedua metode tersebut, menghasilkan hasil yang relatif sama dan tidak memiliki perbedaan terlalu jauh dan relative rendah. Hal ini membuktikan bahwa waktu dengung kedua ruang tersebut melebihi standart dan dibutuhkan adanya rekomendasi untuk menurunkan nilai tersebut.

4.4 Analisis Alternatif Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil analisis pengamatan visual, pengukuran lapangan, dan pensimulasian yang telah dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa terdapat permasalahan-permasalahan atau cacat akustik yang ditimbulkan dari *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Cacat akustik yang muncul yaitu adanya waktu dengung yang berkepanjangan hingga mengganggu pengunjung dalam ruang tersebut. Nilai waktu dengung pada *ballroom* yang telah diperoleh memiliki nilai sebesar 4.87 detik, sedangkan pada *meeting room* waktu dengung yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengukuran lapangan didapatkan rerata 2.28 detik. Hal ini memiliki arti bahwa kedua ruangan tersebut memiliki kualitas kenyamanan akustik yang kurang baik. Untuk itu terdapat beberapa alternatif rekomendasi desain dalam menambahkan pelapis material baru maupun dengan cara menambahkan elemen bentuk pada masing-masing elemen pelingkup ruang.

Sesuai dengan kebutuhan masing-masing elemen, dapat dijelaskan beberapa sifat bahan material dan alokasi yang dapat diterapkan dengan bahan-bahan tersebut.

Tabel 19

Fungsi dan Alokasi Material

Material	Fungsi	Alokasi
<i>Pemantul atau Reflektor</i>	Untuk memantulkan suatu bunyi dari sumber suara asli terhadap penonton dalam ruang tersebut	<ul style="list-style-type: none"> - Dinding bagian belakang panggung (jika panggung dalam ruang tersebut membuka kearah <i>audience</i>) - Sebagian dinding bagian samping berfungsi untuk mendistribusikan suara yang berasal dari penyaji - Langit-langit bangunan atau Plafond
<i>Penyerap atau Absorber</i>	Untuk menyerap bunyi	<ul style="list-style-type: none"> - Dinding bagian panggung dalam posisi yang saling berhadapan - Dinding samping bagian penonton yang saling berhadapan - Dinding bagian belakang penonton - Lantai pada area penonton
<i>Penyebar atau Diffuser</i>	Untuk menyebar atau mendistribusikan bunyi yang juga memiliki sifat sebagai pemantul	<ul style="list-style-type: none"> - Dinding bagian panggung yang saling berhadapan - Dinding bagian samping yang sejajar dan juga saling berhadapan

(Sumber : Latifah, 2015)

Berdasarkan paparan diatas, alternatif yang ada nantinya akan menyesuaikan dengan kebutuhan masing-masing elemen tau sesuai dengan kriteria perancangan untuk ruang pertemuan, baik alternatif hanya menggunakan pelapis material baru maupun alternatif yang melapisi dengan bentukan baru pada masing-masing elemen pelingkup ruang.

4.4.1 Menambahkan Pelapis Material

Alternatif rekomendasi desain yang dapat dilakukan yaitu dengan menambahkan jenis pelapis material baru yang dapat menurunkan dan mengontrol waktu dengung yang dihasilkan dalam masing-masing ruang. Material yang direkomendasikan pada tiap elemen berbeda-beda, hal ini menyesuaikan kebutuhan sifat material yang diterapkan pada tiap sisi elemen pelingkup ruangnya.

Material yang digunakan di tiap elemen ditentukan berdasarkan beberapa studi literature yang diklasifikasikan sebagai berikut :

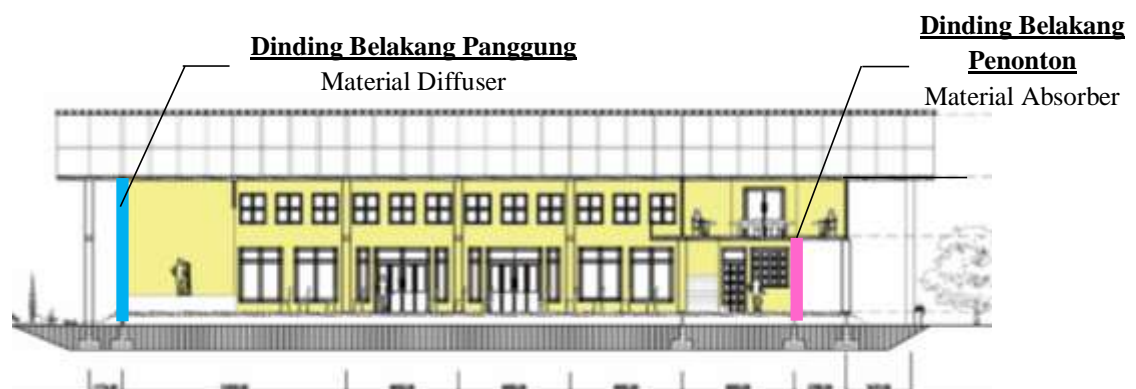
- 1) Daftar koefisien absorpsi yang digunakan dirujuk dari buku karangan (Suptandar, 2004) dan (Satwiko, 2009)
- 2) Koefisien absorpsi untuk masing-masing elemen dinding, plafond, dan lantai kemudian dicari rerata dari keseluruhan frekuensi tiap material
- 3) Klasifikasi material dipilih sesuai rerata yang digolongkan berdasarkan sifat material absorber maupun reflektor dan diambil 5 material yang mendekati sifat yang dibutuhkan (absorber maupun reflektor).
- 4) Kemudian dari kelima alternatif tersebut diambil tiga (3) bagian, yaitu koefisien rerata batas terkecil, terbesar, dan juga yang berada ditengah-tengah atau diantara keduanya.
- 5) Ketiga batasan tersebut kemudian dijadikan material alternatif yang akan disimulasikan pada ruang *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

Berikut klasifikasi alternatif pelapis material baru berdasarkan elemen pelingkup ruang :

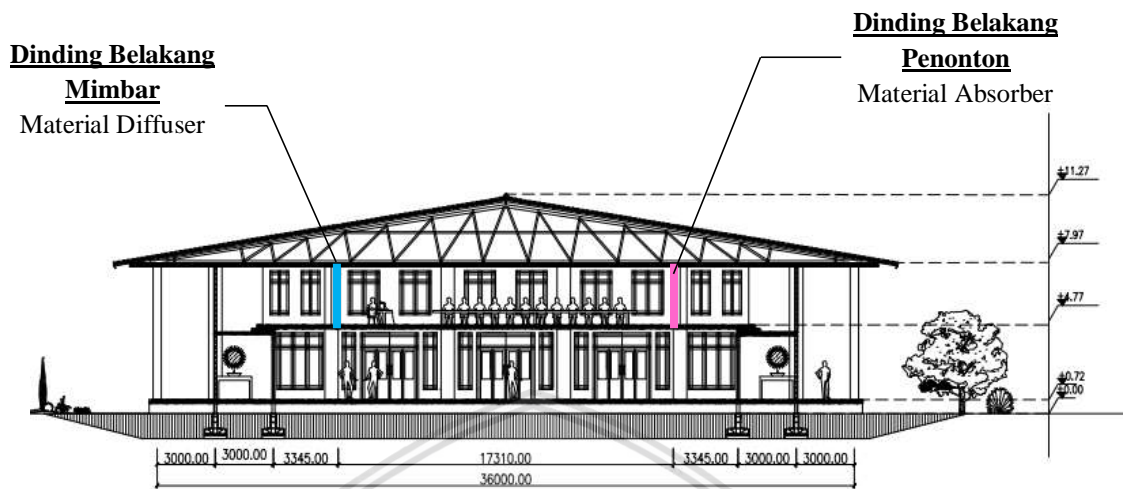
1. Alternatif Ke-1 (Dinding)

Alternatif pertama yaitu melapisi jenis material baru pada elemen dinding. Pemilihan material dinding didasarkan pada kebutuhan tiap sisi yang ada di dalam ruang pertemuan, baik *ballroom* maupun *meeting room*, dimana kebutuhan sifat bahan material tiap sisi dinding yang berada di ruang pertemuan berbeda-beda satu sama lain.

Berikut ketentuan jenis material yang dibutuhkan pada *ballroom*.



Gambar 4.50 Analisis rekomendasi desain pada dinding *ballroom*



Gambar 4.51 Analisis rekomendasi desain pada dinding meeting room

Keterangan :

■ = **Diffuser Dinding Panggung (bagian belakang)**

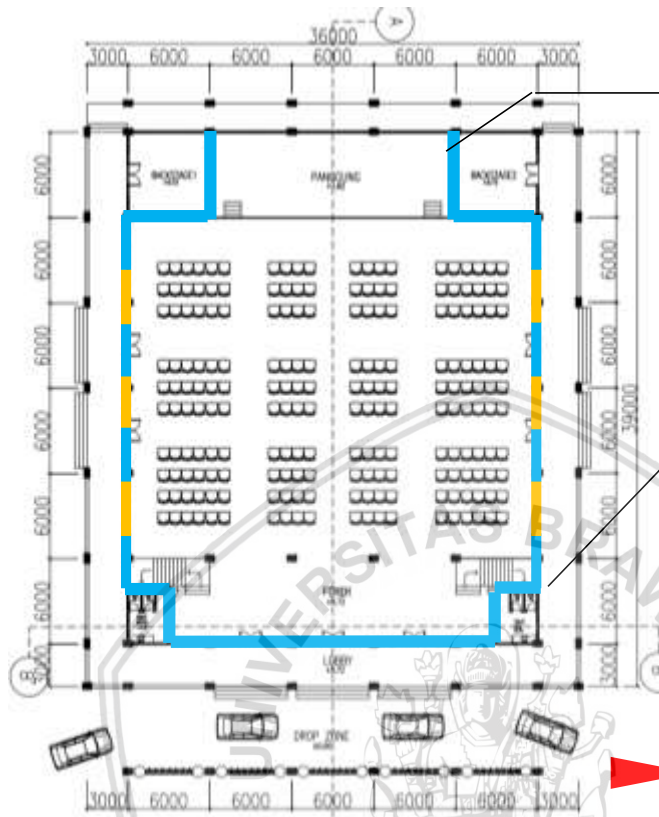
Sifat diffuser dibutuhkan pada daerah tersebut, dikarenakan bentuk panggung yang tertutup dan berhadapan, mudah mengakibatkan dengung atau pantulan berulang-ulang di area panggung, namun tidak dipantulkan kearah penonton, sehingga membutuhkan bahan difusser untuk menyebarkan suara. Diffuser itu sendiri terdiri dari material reflektor dan absorber yang berbentuk tak beraturan, dimana bentuk tidak rata tersebut yang akan menyebarkan bunyi sebagai diffuser. Tetapi dibagian ini cenderung membutuhkan bahan reflektor dan padukan dengan bahan sifat absorber dibagian samping panggung agar tiak terjadi pantulan yang terlalu besar diarea panggung. Untuk itu karena kondisi eksistingnya telah menggunakan material reflektor yaitu dinding batu bata diplester cat, sehingga **bagian tersebut tidak perlu dilapisi material baru**. Hal ini juga berlaku untuk ruang pertemuan yang berada di dinding belakang mimbar atau pembicara.

■ ■ = **Absorber Dinding Penonton (bagian belakang)**

Dinding belakang area penonton diperlukan bahan absorber bertujuan untuk mencegah suara kembali kearah panggung, dan mencegah waktu dengung berkepanjangan. Sedangkan, pada kondisi eksisting, dinding belakang area panggung dan area penonton menggunakan bahan reflektor dinding batu bata, diplester, dicat, dan jendela kaca biasa (*ordinary window*) yang cenderung memantulkan suara dan memiliki koefisien serap yang rendah, sehingga timbul

masalah cacat akustik pada ruangan tersebut yaitu waktu dengung yang berkepanjangan.

Selain itu, dinding bagian samping juga memiliki ketentuan sebagai berikut :



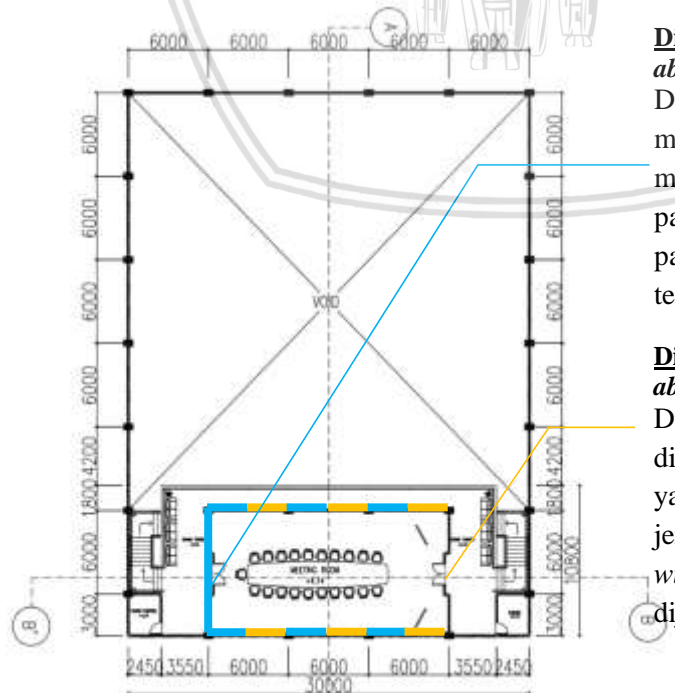
Dinding Belakang Panggung
diffuser

Namun cenderung memantulkan, sehingga tidak diberikan material bar dan tetap menggunakan material eksisting yang bersifat reflektor

Dinding samping penonton
absorber dan reflektor

Dibuat seimbang antara reflektor dan absorber untuk mengontrol pantulan yang terjadi agar tidak terlalu besar hingga tidak menyebabkan cacat akustik
Reflektor diarahkan kearah datangnya suara atau sumber bunyi

Gambar 4.52 Analisis alternatif rekomendasi desain pada denah ballroom



Dinding Penonton Belakang
absorber

Dibuat absorber agar dapat menyerap bunyi dan tidak memantulkan kembali kearah panggung mengontrol agar pantulan yang terjadi tidak terlalu besar

Dinding Penonton Samping
absorber dan reflektor

Dinding bagian samping dapat digunakan material eksisting yang bersifat reflektor pada jendela kaca (*ordinary window*) dan material *absorber* dijadikan alternatif

Keterangan :



= absorber

= reflektor

Gambar 4.53 Analisis alternatif rekomendasi desain pada denah meeting room



Ketentuan pada beberapa sisi dinding dapat disimpulkan bahwa material yang dibutuhkan adalah material absorber dan material reflektor untuk dinding sisi samping. Namun material reflektor tersebut telah diterapkan pada dinding kondisi eksisting *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Sehingga untuk alternatif dibutuhkan material absorber saja untuk menyeimbangkan material kondisi eksisting terutama pada dinding bagian samping.

Alternatif rekomendasi desain yang dapat diterapkan untuk menambahkan pelapis dinding *ballroom* dan *meeting room*, sebagai berikut :

Tabel 20

Alternatif Rekomendasi pada Dinding

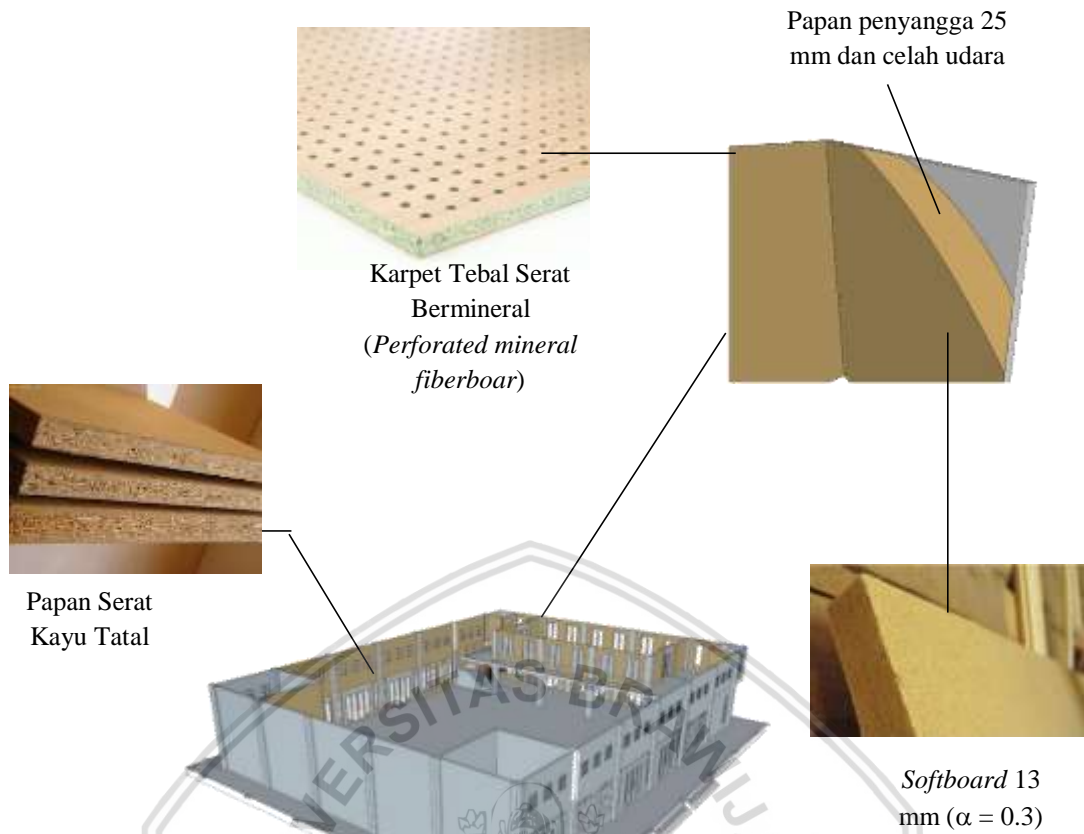
Jenis Material	Koefisien Serap Suara tiap Frekuensi		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Karpet berat pada papan berserat mineral dengan rongga udara dibelakangnya (<i>Perforated mineral fiberboard carpet</i>)	0.63	0.85	0.96
Papan Serat Tatal Kayu	0.62	0.94	0.64
<i>Softboard 13mm</i>	0.3	0.3	0.3

Sumber : (1) Satwiko, 2009 (2) Suptandar (2004)

Material ini dipilih dikarenakan menyesuaikan kriteria perancangan pada masing-masing fungsi elemen khusus untuk ruang pertemuan dan ruang rapat. Selain itu, berdasarkan sumber literatur yang dipaparkan dalam buku (Satwiko, 2009), masing-masing elemen, memiliki kelompok tersendiri berdasarkan sifat dan jenis pelingkup bangunannya. Sifat elemen yaitu absorber dan reflektro, sedangkan jenis pelingkupnya yaitu dinding, plafond dan lantai.

Tiga material tersebut yang dipilih agar dapat mewakili rangen atau rentan seluruh material, hingga didapat dalam pengelompokan fungsi tersebut range material yang memiliki koefisien rendah, sedang dan tinggi.

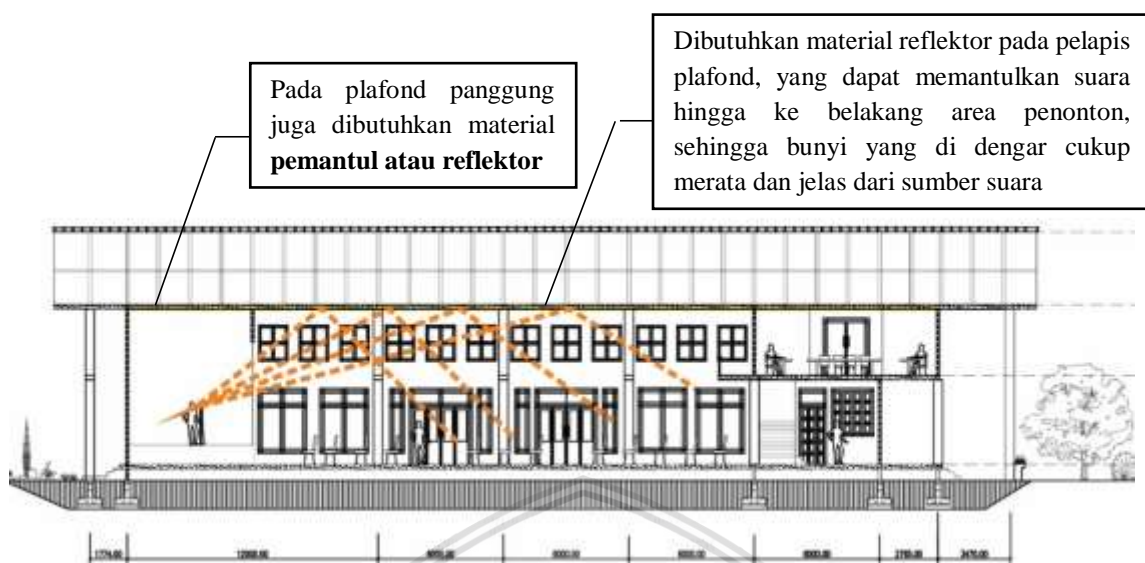
Pelapis yang membutuhkan bahan reflektor dalam dinding, digunakan dinding eksisting yang yang bersifat memantul seperti, Batu bata plester cat. Kemudian material tersebut dikombinasikan dengan alternatif bahan absorber diatas. Berikut Klasifikasi Material yang dipilih untuk alternatif menurunkan Waktu Dengung.



Gambar 4.54 Alternatif rekomendasi desain pada Ballroom dan *meeting room* dengan pelapis baru pada dinding

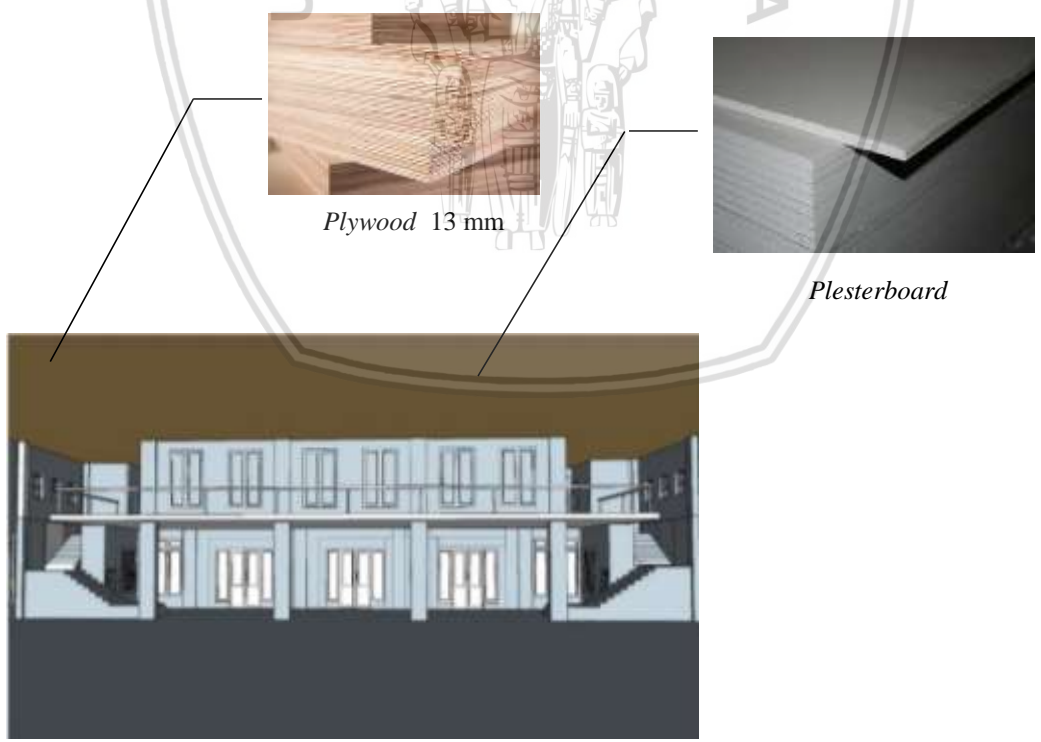
2. Alternatif – 2 (Plafond atau langit-langit bangunan)

Salah satu permasalahan akustik yang timbul pada *ballroom* yaitu adanya suara yang kurang merata sehingga selisih antara posisi penonton di dekat panggung dan jauh dari panggung lebih dari standart yang ditentukan yaitu 6 dB. Selain itu tingginya waktu dengung juga dipengaruhi oleh elemen plafond atau langit-langit yang kurang menyerap dan sekaligus mendistribusikan suara dengan merata. Oleh karena itu pada plafond *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo dibutuhkan adanya bahan yang bersifat memantulkan atau reflektor. Hal ini bertujuan agar plafond diatas tempat duduk penonton dapat memantulkan suara yang berasal dari sumber suara kearah penonton secara merata dan juga dapat mengontrol atau meminimalisir munculnya waktu dengung.



Gambar 4.55 Analisis rekomendasi desain pada plafond ballroom dan meeting room

Berdasarkan analisis diatas bahwa plafond atau langit-langit membutuhkan material pemantul. Untuk itu terdapat suatu rekomendasi alternatif kedua yaitu menambahkan pelapis pada plafond yang bertujuan untuk menurunkan nilai waktu dengung. Berikut Klasifikasi dan material yang dapat digunakan untuk elemen Plafond

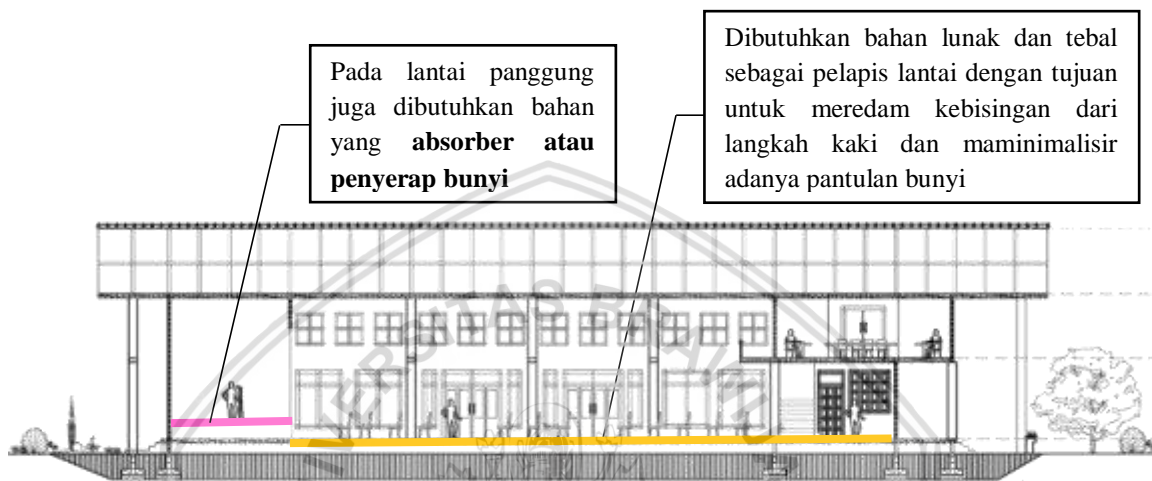


Gambar 4.56 Alternatif rekomendasi desain pada Ballroom dan meeting room dengan pelapis baru pada plafond



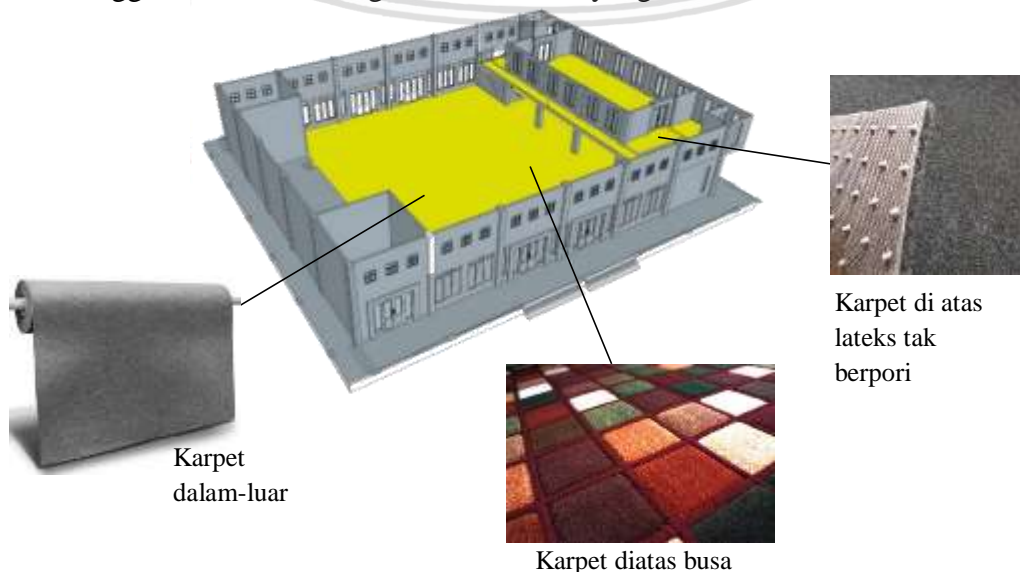
3. Alternatif – 3 (Lantai)

Tingginya waktu dengung yang terjadi pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo juga disebabkan oleh elemen lantai yang berbahan dasar keras (*hard material*) dan mudah memantulkan bunyi, sehingga pantulan bunyi yang terlalu besar dapat menyebabkan dengung yang berkepanjangan dan ketidakjelasan suara. Oleh karena itu, pada rekomendasi ini dibutuhkan bahan penyerap yang berbahan lunak agar mampu meminimalisir waktu dengung.



Gambar 4.57 Analisis rekomendasi desain pada lantai *ballroom* dan *meeting room*

Berdasarkan paparan di atas, dibutuhkan material lantai yang bersifat absorber atau penyerap bunyi yang berbahan lunak, untuk itu diberikan rekomendasi mengganti elemen lantai menggunakan material karpet di atas lateks tak berpori dengan koefisien serap 0.39 pada frekuensi 500 Hz, 0.34 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.48 pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir waktu dengung yang berkepanjangan pada kondisi eksisting *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo serta sesuai dengan standart SNI yang ditentukan.



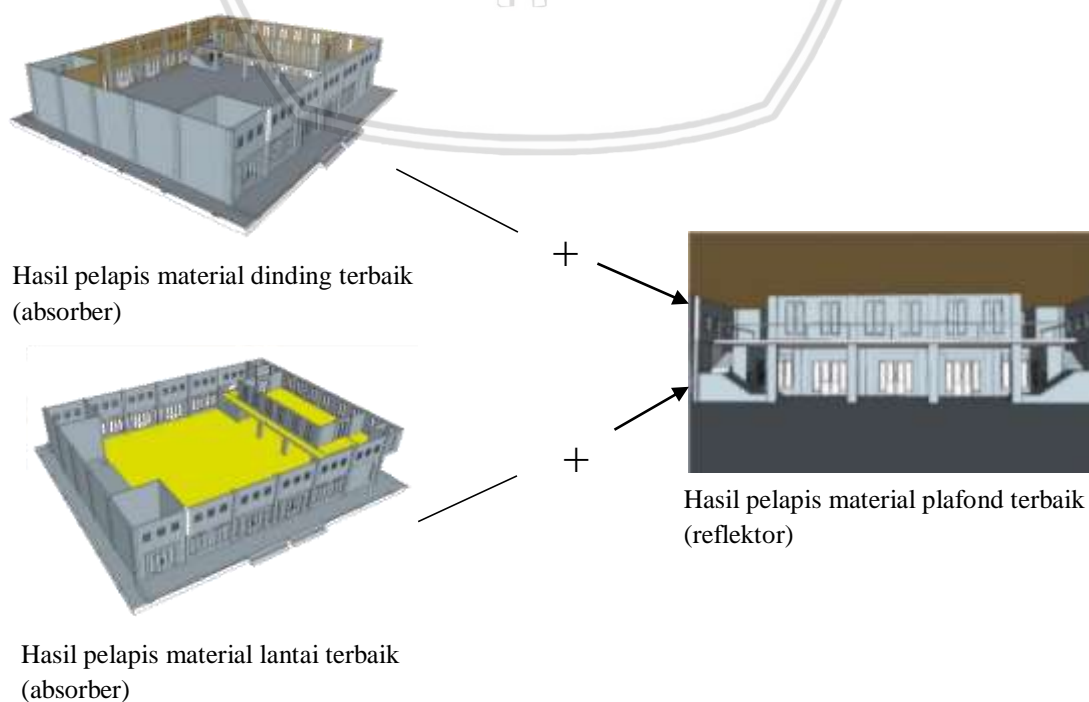
Gambar 4.58 Alternatif rekomendasi desain pelapis pada lantai *ballroom* dan *meeting room*

4. Alternatif – 4 (Kombinasi)

Material kombinasi merupakan salah satu material yang menggabungkan beberapa pelapis material pada dua elemen yang berbeda. Elemen – elemen pembentuk ruang tersebut dikombinasikan berdasarkan hasil terbaik dari simulasi alternatif sebelumnya, yang telah dipilih dengan hasil yang paling mendekati ataupun sesuai dengan standart yang ditentukan.

Kemudian alternatif kombinasi tersebut dikombinasikan juga menyesuaikan dengan kebutuhan elemen pelingkup ruang yang berbeda, dimana adanya kombinasi absorber dan reflektor. Hal ini dikarenakan untuk memberikan keseimbangan kombinasi antar elemen urang agar tidak terdominasi dengan satu sifat elemen pelingku ruang saja. Ruang yang didominasi dengan bahan absorber terlalu banyak, akan mengakibatkan ruangan tersebut turun nilai waktu dengungnya dan ruang terasa mati. Sedangkan, apabila ruangan terlalu banyak material yang bersifat reflektor, maka akan berakibat tingginya pantulan yang berulang-ulang dan watu dnegung yang berkepanjangan, sehingga kualitas suara yang dihasilkan juga tidak akan terdengar dengan jelas dan baik.

Oleh karena itu, dikombinasikanlah hasil pelapis elemen dinding yang bersifat absorber dengan hasil pelapis material baru pada plafond yang bersifat sebagai reflektor. Hal ini diharapkan dapat menjadi perpaduan alternatif kombinasi yang lebih baik hingga mendekati atau mencapai nilai standart waktu dengung. Kemudian, dilakukan pula kombinasi dari hasil pelapis material lantai yang membutuhkan bahan absorber dengan hasil pelapis material baru pada plafond yang bersifat sebagai reflektor.



Gambar 4.59 Alternatif rekomendasi desain kombinasi material absorber dan reflektor

4.4.2 Menambahkan Elemen Bentuk

Menambahkan elemen bentuk tambahan hingga merubah bentuk kondisi eksisting pada beberapa elemen pelingkup ruang merupakan alternatif yang dapat mengontrol dan meminimalisir waktu dengung juga. Elemen pelingkup yang dapat dijadikan alternatif, yaitu dinding dan plafond. Lantai tidak dapat diberikan elemen tambahan dikarenakan, bangunan *ballroom* tersebut merupakan ruang multi fungsi atau ruang serbaguna dan juga ruang rapat yang digunakan berbagai macam acara yang cenderung mengarah kepada fungsi *speech*, sehingga untuk memudahkan beragam aktivitas dalam ruang tersebut, tetap menggunakan lantai datar. Berikut alternatif menambahkan elemen bentuk pada dinding dan plafond :

1. Alternatif – 5 (Elemen Bentuk Dinding)

Alternatif keelima dalam upaya menurunkan nilai RT (*reverberation time*) pada ruang *ballroom* dan *meeting room* yaitu dilakukan dengan menambahkan elemen bentuk pada dinding. Hal ini juga berkaitan dengan fungsi dinding bagian samping yang membutuhkan peran ekstra dalam mendistribusikan suara hingga penonton bagian belakang, namun tidak menimbulkan bunyi dengung. Oleh karena itu pada sebagian dinding samping dibutuhkan bentuk yang tidak rata pada permukaannya atau dibuat bergerigi. Bentuk bergerigi tersebut, dapat diatur sedemikian rupa dengan mengikuti modul jendela bagian atas yang bergerigi dan bagian bawah tetap menggunakan dinding eksisting dengan tujuan agar pemantulan yang tersebar menempuh jarak yang sama, sehingga kualitas bunyi yang dihasilkan dan diterima oleh penonton sama.

Berikut alternatif desain dinding bergerigi untuk sisi bagian samping penonton.



Dinding konsep *air-gap*
(celah udara) dilapisi absorber

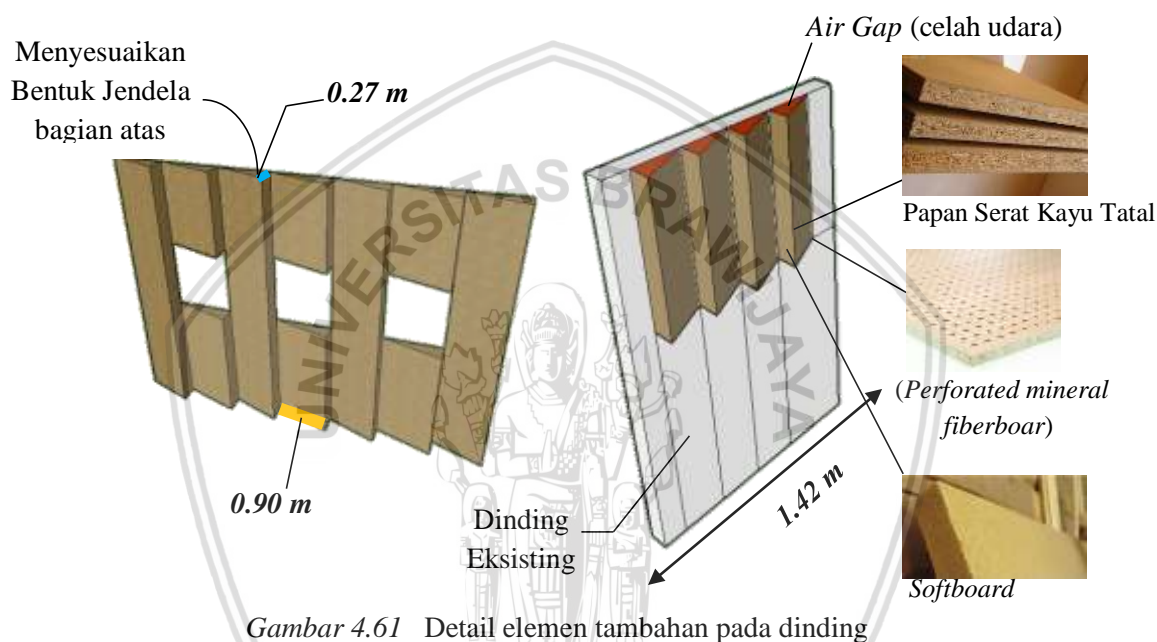
Dinding Eksisting



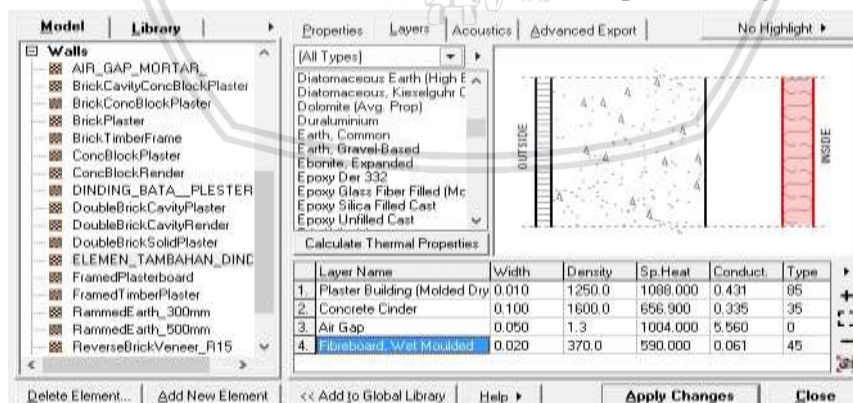
Gambar 4.60 Rekomendasi desain penambahan elemen pada dinding pada lantai *ballroom* dan *meeting room*

Menurut Jurnal (Ramadhan,2017) Alternatif dinding bergerigi dengan menambahkan elemen layer material dengan *air-gap* (celah udara) yang merupakan konsep *double layer*. Penggunaan *double layer* dengan material penyerap sebagai lapisan setelah material keras merupakan langkah optimal untuk mengabsorpsi bunyi dengung dan sebagai pendifusian suara (Ginn,1978). Bentuk segitiga siku dipilih karena menyesuaikan kebutuhan pantulan hingga penonton bagian belakang, karena apabila semakin luas bidang kemiringan dan dinding bergerigi maka sudut yang dipantulkan juga semakin terarah kebagian belakang serta menyebar merata.

Berikut susunan lapisan pada alternatif keempat dengan elemen tambahan pada dinding :



Gambar 4.61 Detail elemen tambahan pada dinding

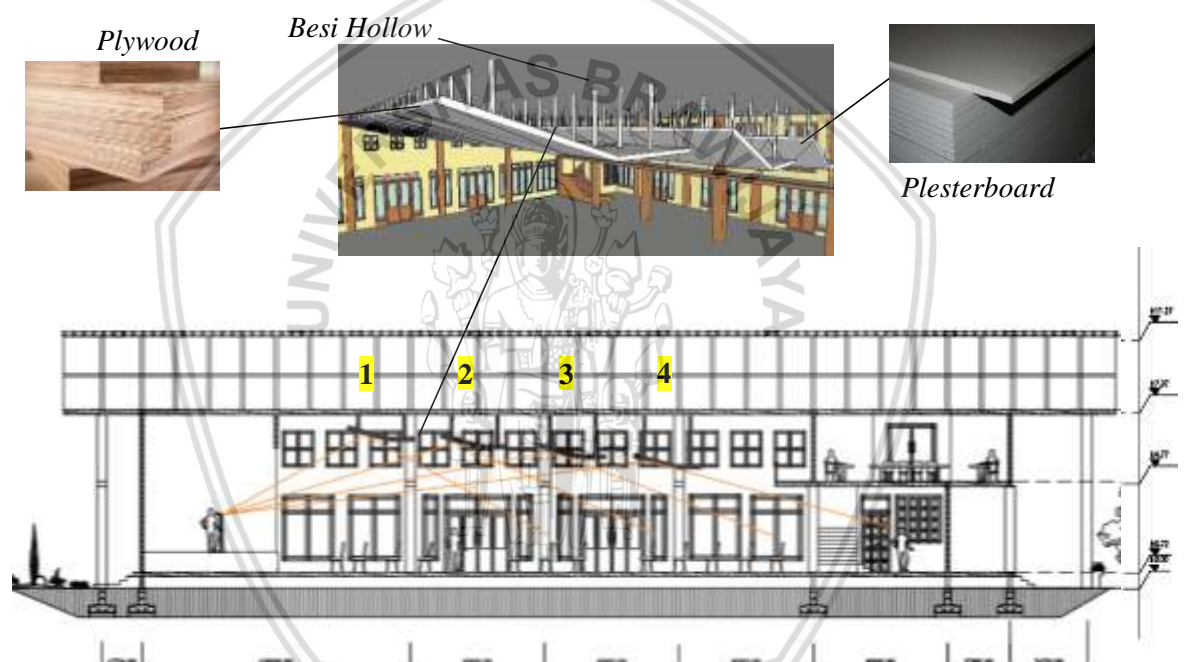


Gambar 4.62 Spesi dinding bergerigi dengan konsep *air-gap*

Gambar di atas merupakan layer material bersifat absorpsi dari elemen tambahan pada dinding berkonsep *air-gap* dan dilapisi *material absorpsi* yang digunakan untuk mengabsorpsi atau menyerap bunyi dengung yang berkepanjangan serta sebagai pendifusi suara juga, sehingga suara dari sumber bunyi terdistribusi secara merata hingga penonton bagian belakang dan tidak dipantulkan kembali ke arah panggung.

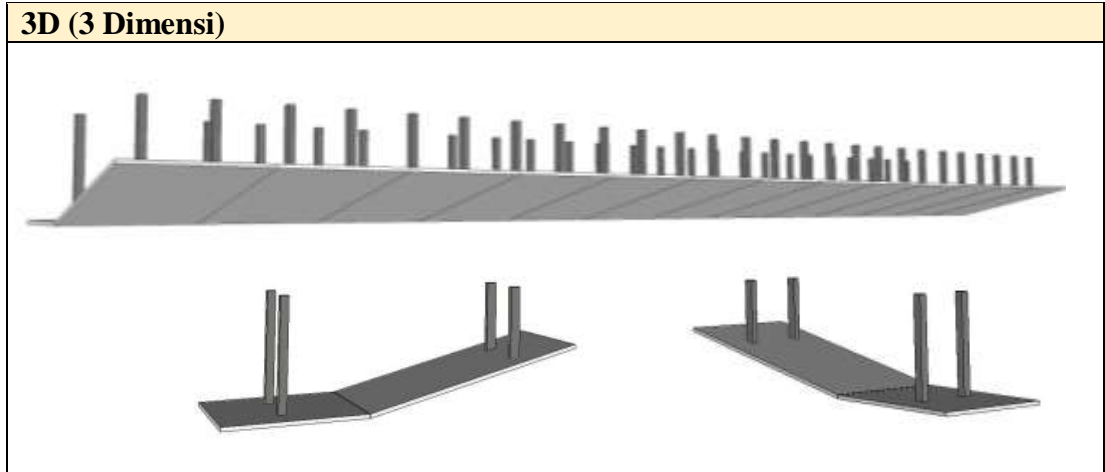
2. Alternatif – 6 (Elemen Bentuk Plafond)

Menurut Jurnal (Zuyyanati, 2015) bahwa elemen plafond atau langit-langit bangunan, pada elemen ini dibutuhkan sifat sebagai reflektor, dimana fungsi reflektor atau pemantul tersebut memantulkan suara yang berasal dari sumber asli dapat menggunakan plafond gantung bertrap. Agar suara yang diterima terdistribusi secara merata dan memiliki kualitas yang sama dengan penonton bagian depan, maka jarak reflektornya dibuat sama pada elemen plafond. Untuk itu dibuat plafond gantung yang disusun tidak merata seperti bergerigi agar membiaskan suara hingga area belakang penonton, namun bagian elemen plafond yang menghadap panggung diberi material penyerap agar suara yang dihasilkan tidak kembali lagi kepada penyaji dan menjadi bunyi dengung. Berikut alternatif kelima rekomendasi pada elemen plafond :

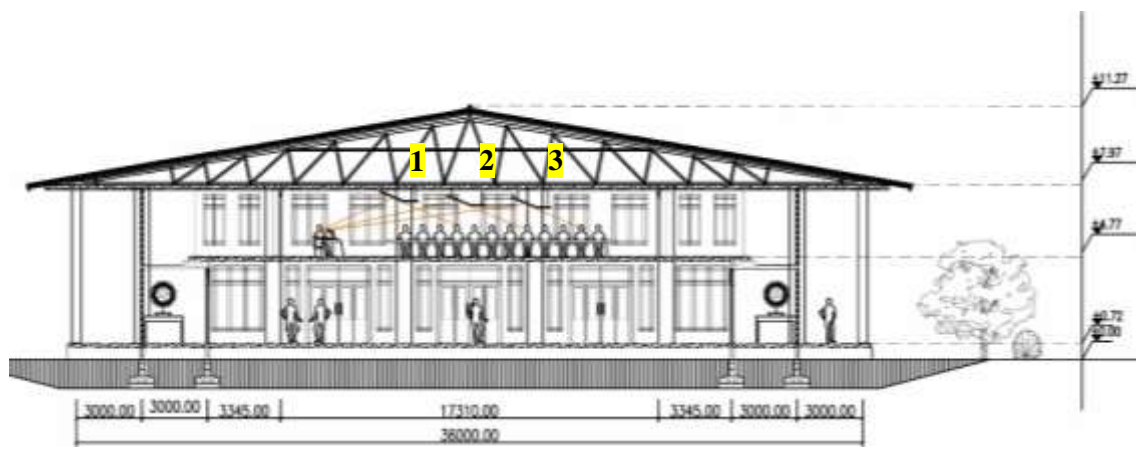


Gambar 4.63 Rekomendasi desain penambahan elemen gantung pada plafond di ballroom

Tabel 21
Detail Plafond pada Ballroom



No.	Tampak Depan	Tampak Samping
1.		
2.		
3.		
4.		

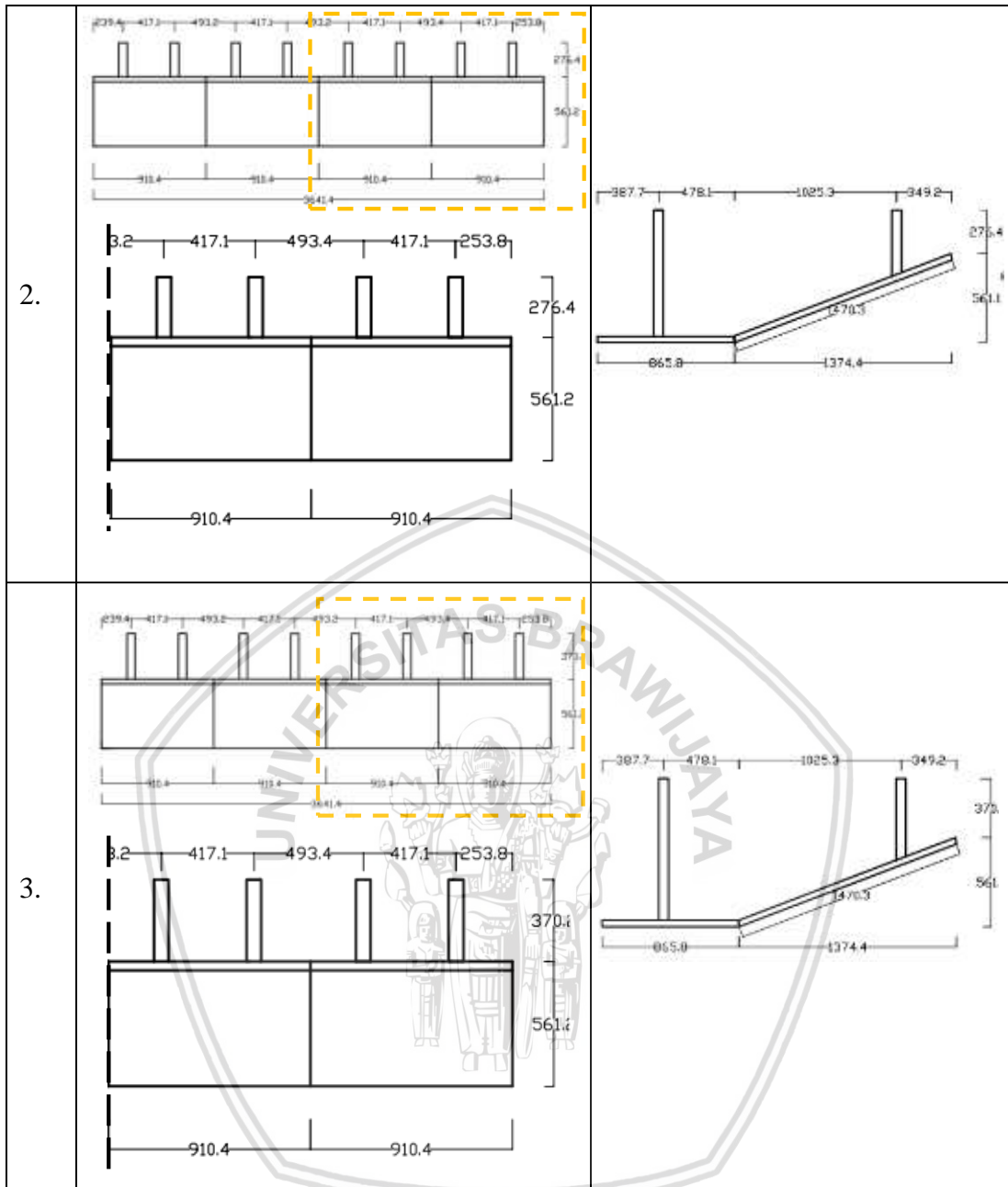


Gambar 4.64 Rekomendasi desain penambahan elemen gantung pada plafond di meeting room

Tabel 22
Detail Plafond pada Meeting Room

3D (3 Dimensi)		
No.	Tampak Depan	Tampak Samping
1.		





Panel atau plafond gantung dengan bahan *plasterboard* dan *plywood* tersebut, dapat mengurangi dengung berkepanjangan yang dihasilkan oleh bunyi dan menjadikan pemantulan suara yang lebih terarah dan merata hingga kebagian penonton yang ada di paling belakang serta tidak menimbulkan bunyi dengung yang berlebihan.

4.5 Pensimulasian Alternatif Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil analisis rekomendasi desain, terdapat beberapa alternatif material dan bentuk yang dapat digunakan pada ruang *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Pensimulasian ini dilakukan dengan cara memberikan hasil simulasi tiap alternatif, yaitu alternatif pertama hingga ketiga dilakukan dengan penambahan pelapis material pada dinding, plafond dan lantai, kemudian alternatif keempat hingga kelima dilakukan pemasangan elemen bentuk tambahan pada dinding dan plafond.

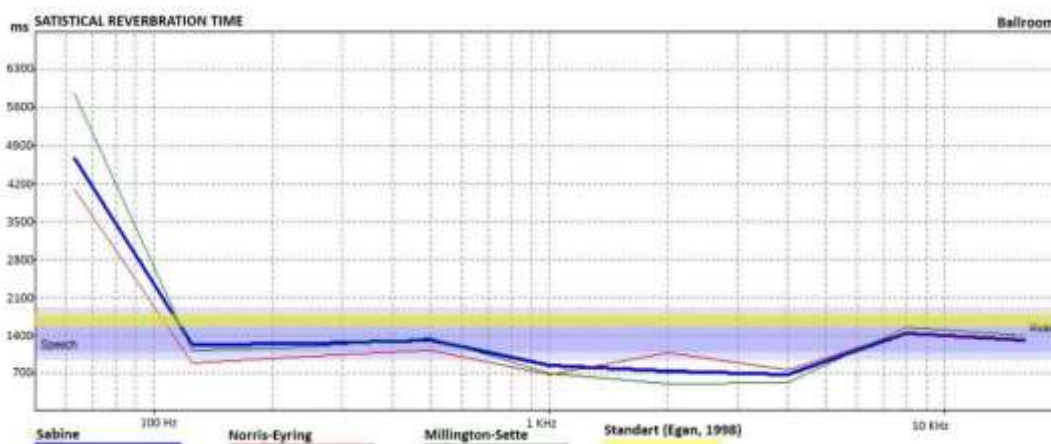
Kelima alternatif tersebut dipilih menggunakan material yang telah ditentukan berdasarkan literature yang diklasifikasikan mengenai nilai koefisien terendah, tertinggi dan juga yang berada diantara keduanya (diantara nilai terendah dan tertinggi). Sehingga masing-masing alternatif elemen pelingkup bangunan juga disimulasikan menggunakan material yang telah ditentukan. Hal ini untuk mengetahui perbedaan antar material yang sifatnya sejenis namun berbeda koefisien materialnya. Kemudian masing-masing material pelingkup ruang di evaluasi hasil yang terbaik hingga ditemukan material atau bentuk yang dapat diterapkan dan memenuhi standar waktu dengung.

4.5.1 Simulasi Rekomendasi Alternatif-1 (pada Dinding)

Simulasi rekomendasi desain yang pertama ini yaitu menambahkan pelapis dinding menggunakan bahan yang bersifat absorber yang telah diklasifikasikan berdasarkan ruang untuk diterapkan pada bangunan. Berikut simulasi setiap material yang digunakan pada dinding, berdasarkan klasifikasi koefisien serap yang paling tinggi, sedang (ditengah/*middle*) dan juga yang rendah, sebagai berikut:

1. Karpet berat pada papan berserat mineral tebal 12.7 mm (dengan rongga udara dibagian belakangnya)

Material berserat ini merupakan material penyerap bunyi untuk elemen dinding yang memiliki koefisien paling tinggi di banding material absorber untuk dinding lainnya, dimana material tersebut terdiri dari beberapa lapisan. Koefisien yang dimiliki bahan tersebut adalah 0.63 pada frekuensi 500 Hz, 0.85 pada frekuensi 1000 hz, dan 0.96 pada frekuensi 2000 Hz (Satwiko, 2009). Berikut hasil simulasi menggunakan bahan karpet tebal papan berserat mineral dengan rongga udara dibelakangnya dan tebal 12.7 mm.

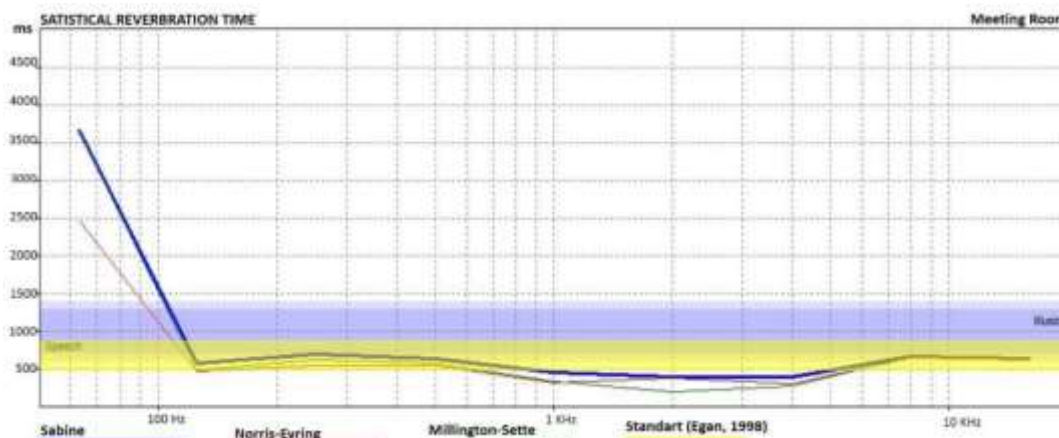


Gambar 4.65 Grafik hasil simulasi *reverberation time* pada *ballroom* menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	58.786	4.65	4.09	5.84
125Hz:	747.637	1.22	0.89	1.12
250Hz:	570.169	1.25	1.01	1.18
500Hz:	364.748	1.31	1.10	1.34
1kHz:	846.596	0.84	0.67	0.70
2kHz:	1004.508	0.73	1.06	0.49
4kHz:	1115.041	0.66	0.75	0.52
8kHz:	59.901	1.43	1.46	1.53
16kHz:	60.558	1.31	1.32	1.39

Gambar 4.66 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom* menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral

Hasil pensimulasian dengan menambahkan pelapis material dinding dengan bahan karpet berat pada papan berserat didapatkan hasil yang dapat menurunkan nilai waktu dengung hingga 6.95 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.74 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 2.05 detik pada frekuensi 2000 Hz. Koefisien serap yang dimiliki material tersebut merupakan koefisien tertinggi pada masing-masing frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, maupun 2000 Hz, bahkan hampir menyerap sempurna atau mendekati nilai satu (1). Sedangkan pada *meeting room* di dapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.67 Grafik hasil simulasi *reverberation time* pada *meeting room* menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	3.66	2.47	3.65
125Hz:	112.043	0.58	0.47	0.50
250Hz:	73.461	0.70	0.55	0.63
500Hz:	66.779	0.65	0.55	0.58
1kHz:	110.621	0.46	0.32	0.34
2kHz:	129.917	0.40	0.38	0.21
4kHz:	125.399	0.39	0.32	0.28
8kHz:	0.214	0.68	0.65	0.68
16kHz:	0.245	0.65	0.62	0.65

Gambar 4.68 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom* menggunakan karpet pada bahan berserat bermineral

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *meeting room* di atas terlihat bahwa dengan menambahkan pelapis atau material karpet dengan papan berserat mineral pada dinding *meeting room*, dapat menurunkan waktu dengung hingga 2.55 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.63 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.16 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting. Kedua ruangan tersebut sudah mengalami penurunan waktu dengung yang cukup signifikan hingga berada di bawah nilai standart. Hal ini dikarenakan koefisien serap yang tinggi dan dapat dikatakan hampir sempurna untuk menyerap bunyi dapat menurunkan waktu dengung secara signifikan, akan tetapi ruangan akan terasa mati apabila bunyi dengung tidak pada batas standart.

Analisis

Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis dinding berupa karpet tebal papan berserat mineral dengan rongga udara dibelakangnya dan tebal 12.7 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

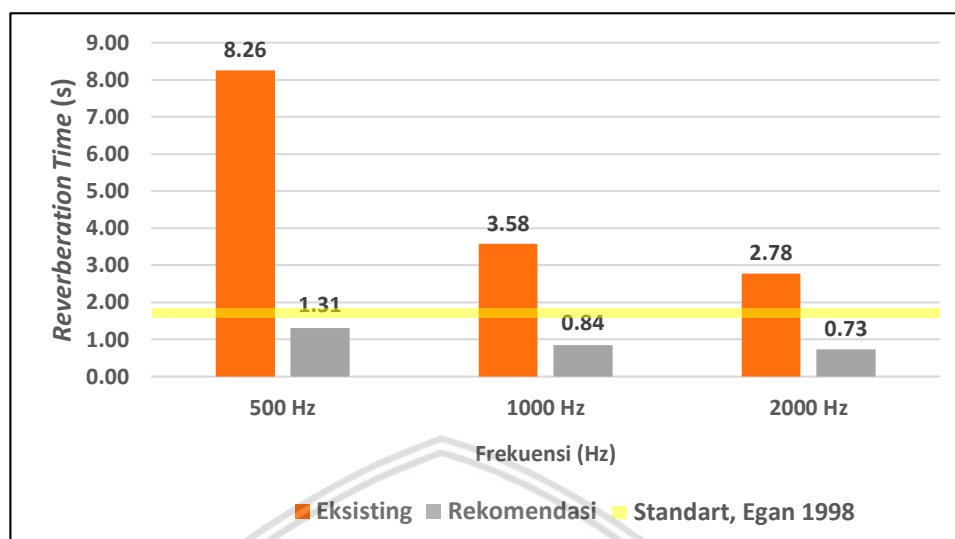
Tabel 23

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.31	0.84	0.73

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material karpet tebal papan berserat mineral dengan rongga udara dibelakangnya dan tebal 12.7 mm pada dinding, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang sebagian besar tiap frekuensi hasilnya mendekati standart (Egan, 1998).

Hal ini dikarenakan material *softboard* termasuk bahan berpori yang dapat menyerap gelombang bunyi yang datang dengan frekuensi tinggi.



Gambar 4.69 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral pada *ballroom*

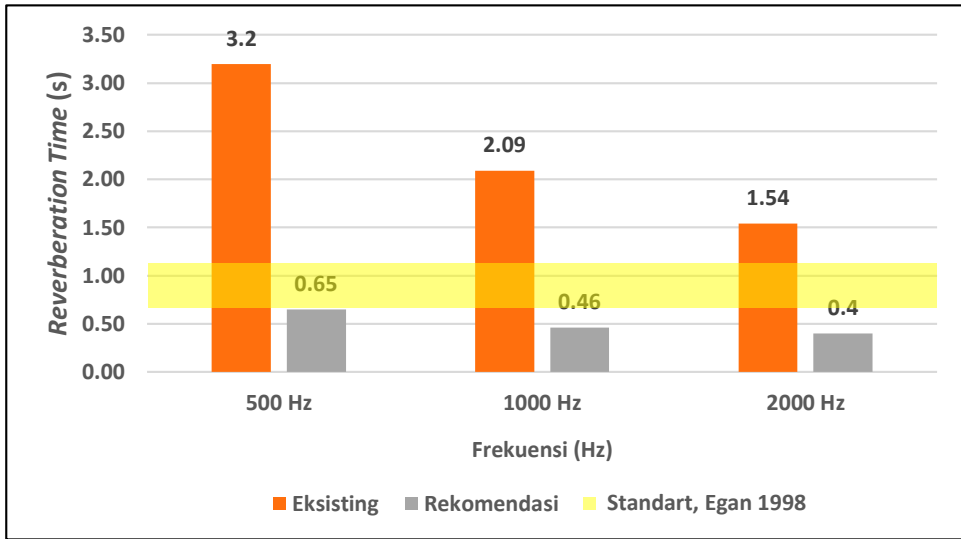
Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut berada di bawah nilai standart dengan nilai selisih waktu dengung 0.29 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.76 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.87 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material karpet tebal papan berserat mineral dengan rongga udara di belakangnya dan tebal 12.7 mm pada dinding dan memiliki koefisien serap 0.63 pada frekuensi 500 Hz, 0.85 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.96 pada frekuensi 2000 Hz, hingga didapatkan penurunan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 24
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis dinding material karpet tebal bermineral

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.65	0.46	0.4

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting meskipun berada di bawah nilai standart sekalipun untuk ketiga frekuensi.

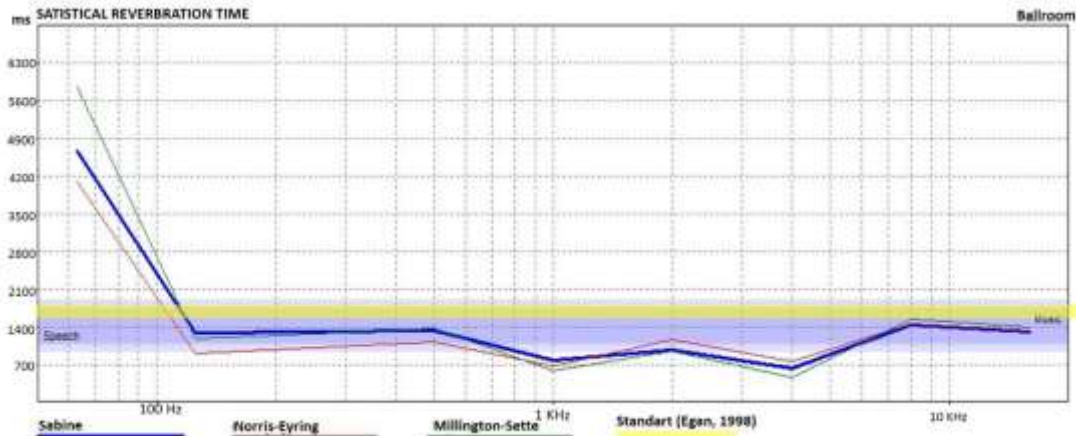


Gambar 4.70 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material karpet tebal bermineral pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan mendekati nilai standart meskipun pada beberapa frekuensi berada di bawah nilai standart waktu dengung. Selisih nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi terpaut selisih 0.05 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.3 detik pada frekuensi 2000 Hz.

2. **Papan Serat Tatal Kayu tebal 25.4 mm**

Papan Serat kayu tatal merupakan papan serat kayu yang terdiri dari limbah kayu yang dimanfaatkan hingga membentuk grid untuk memudahkan dalam hal pemasangan. Koefisien yang dimiliki bahan tersebut adalah 0.62 pada frekuensi 500 Hz, 0.94 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.64 pada frekuensi 2000 Hz (Satwiko, 2009). Koefisien serap tersebut merupakan koefisien absorber yang diperuntukkan untuk elemen dinding dan berada di antara koefisien tertinggi dan terendah atau *middle* dalam menyerap suaranya.



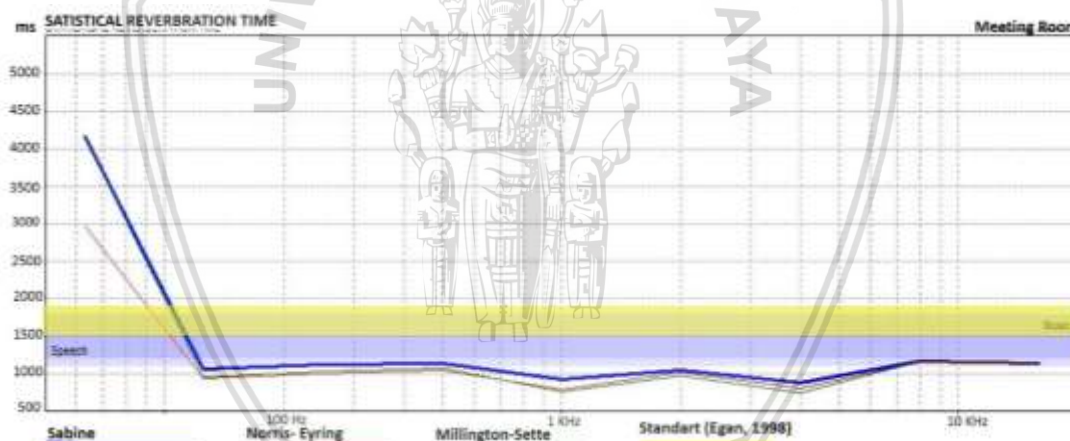
Gambar 4.71 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom* menggunakan Papan Serat Tatal Kayu



FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	58.786	4.65	4.09	5.84
125Hz:	708.836	1.27	0.89	1.19
250Hz:	531.368	1.30	1.02	1.26
500Hz:	349.227	1.33	1.11	1.37
1kHz:	947.479	0.78	0.66	0.58
2kHz:	600.977	0.97	1.15	0.95
4kHz:	1192.643	0.64	0.74	0.46
8kHz:	59.901	1.43	1.46	1.53
16kHz:	60.558	1.31	1.32	1.39

Gambar 4.72 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *ballroom* menggunakan material pelapis dinding papan serat tatal kayu

Hasil pensimulasian dengan menambahkan pelapis material dinding dengan bahan papan serat tatal kayu didapatkan hasil yang dapat menurunkan nilai waktu dengung hingga 6.93 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.8 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.81 detik pada frekuensi 2000 Hz. Koefisien serap yang dimiliki material tersebut merupakan koefisien yang cukup tinggi pada masing-masing frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, maupun 2000 Hz. Sedangkan pada *meeting room* di dapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.73 Grafik hasil simulasi *reverberation time* pada *meeting room* menggunakan papan serat tatal kayu

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	3.66	2.47	3.65
125Hz:	118.058	0.56	0.45	0.47
250Hz:	86.695	0.63	0.50	0.54
500Hz:	66.779	0.65	0.55	0.58
1kHz:	126.261	0.42	0.30	0.26
2kHz:	76.983	0.55	0.51	0.48
4kHz:	133.821	0.38	0.30	0.25
8kHz:	0.214	0.68	0.65	0.68
16kHz:	0.245	0.65	0.62	0.65

Gambar 4.74 Nilai waktu dengung hasil simulasi pada *meeting room* dengan material papan serat tatal kayu

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *meeting room* di atas terlihat bahwa dengan menambahkan pelapis papan serat kayu tatal pada dinding *meeting room*, dapat menurunkan waktu dengung hingga 2.55 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.67 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.01 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting. Kedua ruangan tersebut sudah mengalami penurunan waktu dengung yang cukup signifikan meskipun berada di bawah nilai standart. Hal ini dikarenakan koefisien serap yang cukup tinggi dan dapat dikatakan hampir sempurna untuk menyerap bunyi dapat menurunkan waktu dengung secara signifikan.

Analisis

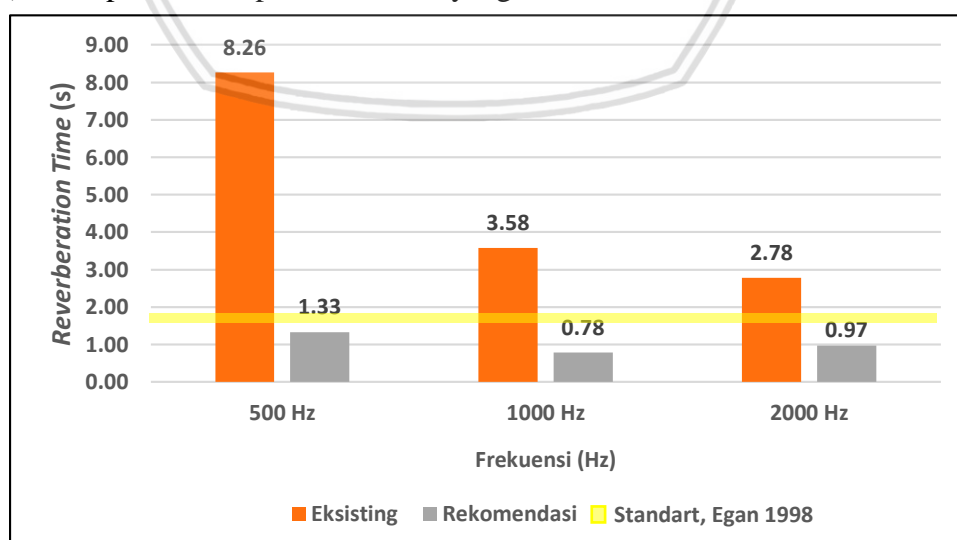
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis dinding berupa papan serat tatal kayu dengan tebal 25.4 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 25

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.33	0.78	0.97

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material papan serat tatal kayu pada dinding, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang sebagian besar tiap frekuensi hasilnya mendekati standart (Egan, 1998) meskipun berada pada frekuensi yang di bawah standart.



Gambar 4.75 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada *ballroom*

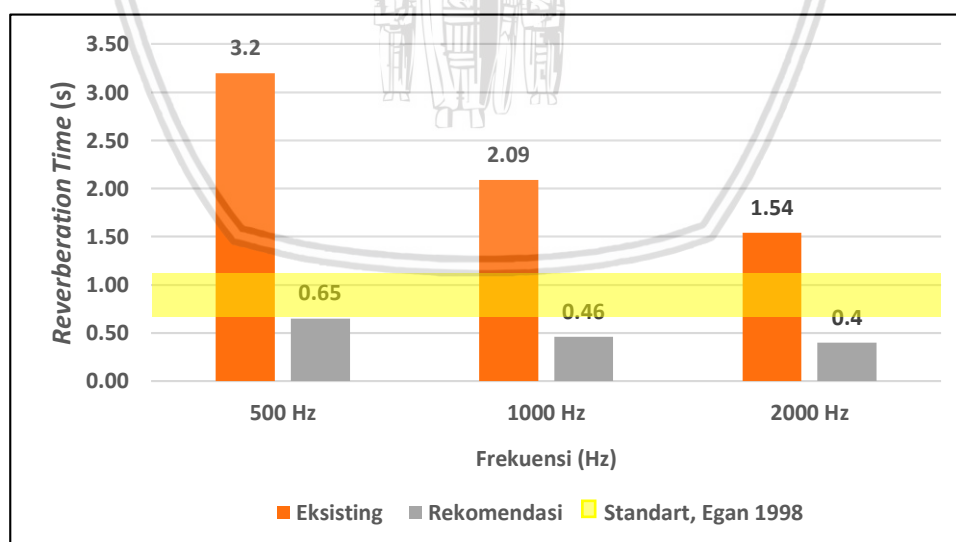
Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut berada di bawah nilai standart dengan nilai selisih waktu dengung 0.27 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.82 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.63 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material papan serat total kayu tebal 24.5 mm pada dinding dan memiliki koefisien serap 0.63 pada frekuensi 500 Hz, 0.85 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.96 pada frekuensi 2000 Hz, hingga didapatkan penurunan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 26
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis dinding material papan serat total kayu

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7 - 1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.54
Rekomendasi	0.65	0.46	0.4

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting meskipun berada di bawah nilai standart sekalipun untuk ketiga frekuensi.



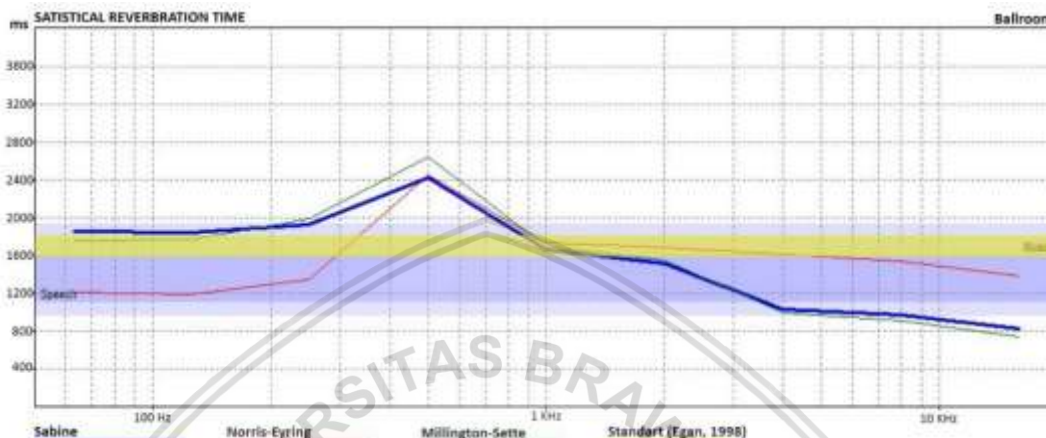
Gambar 4.76 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material papan serat total kayu pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan mendekati nilai standart meskipun pada beberapa frekuensi berada di bawah nilai standart waktu dengung. Selisih nilai waktu dengung pada

masing-masing frekuensi terpaut selisih 0.05 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.3 detik pada frekuensi 2000 Hz.

3. Softboard tebal 13 mm

Material *softboard* dengan tebal 13 mm dan penyangga 25 mm sebagai material yang memiliki sifat sebagai penyerap suara atau absorber. Berikut hasil simulasi menggunakan material *softboard* 13 mm.

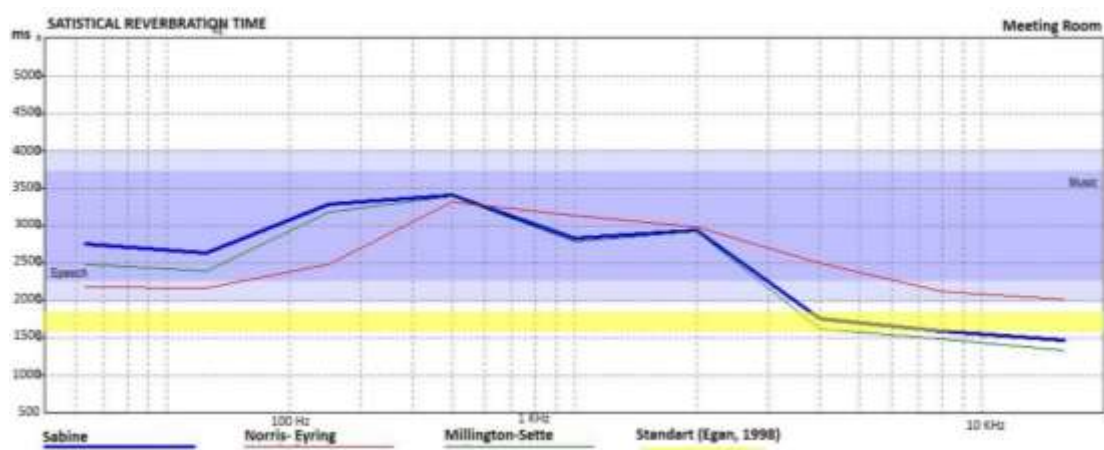


Gambar 4.77 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding *softboard* pada *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	635.601	1.86	1.21	1.76
125Hz:	604.696	1.84	1.19	1.77
250Hz:	403.121	1.93	1.35	1.99
500Hz:	78.782	2.43	2.45	2.64
1kHz:	331.686	1.66	1.73	1.70
2kHz:	376.161	1.51	1.68	1.56
4kHz:	779.668	1.04	1.61	0.99
8kHz:	828.042	0.98	1.54	0.92
16kHz:	1030.214	0.83	1.38	0.74

Gambar 4.78 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding *softboard* pada *ballroom*

Hasil pensimulasian dengan menambahkan pelapis material dinding dengan bahan papan serat tatal kayu didapatkan hasil yang dapat menurunkan nilai waktu dengung hingga 5.83 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.92 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.27 detik pada frekuensi 2000 Hz. Koefisien serap yang dimiliki material tersebut merupakan koefisien yang cukup tinggi pada masing-masing frekuensinya, yaitu 0.3 pada tiap frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, maupun 2000 Hz. Sehingga hasil tersebut juga dapat menurunkan nilai waktu dengung, karena koefisien serap yang dimiliki oleh material tersebut lebih besar dibandingkan koefisien material koondisi eksisting, untuk itu lebih menyerap suara yang ada pada masing-maing ruang. Sedangkan pada *meeting room* di dapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.79 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding *softboard* pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	68.251	0.90	0.67	0.79
125Hz:	68.521	0.86	0.67	0.76
250Hz:	30.483	1.11	0.79	1.08
500Hz:	11.357	1.16	1.13	1.16
1kHz:	22.367	0.93	1.05	0.92
2kHz:	8.755	0.98	0.99	0.97
4kHz:	79.180	0.50	0.80	0.45
8kHz:	91.211	0.44	0.65	0.40
16kHz:	106.723	0.39	0.61	0.34

Gambar 4.80 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material dinding *softboard* pada *meeting room*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *meeting room* di atas terlihat bahwa dengan menambahkan pelapis atau material *softboard* pada dinding *meeting room*, dapat menurunkan waktu dengung hingga 3.04 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.16 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.58 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting. Kedua ruangan tersebut sudah mengalami penurunan waktu dengung hingga mendekati standart, bahkan ada nilai yang mencapai standart untuk frekuensi 1000 Hz pada *ballroom* dengan nilai waktu dengung 1.66 detik, kemudian pada *meeting room* frekuensi yang memenuhi standart yaitu 0.93 pada frekuensi 1000 Hz dan 0.98 detik pada frekuensi 2000 Hz., akan tetapi frekuensi lainnya pada *ballroom* dan juga *meeting room* belum mencapai nilai standart yang telah ditentukan dan masih beraa di atas nilai standart waktu dengung.

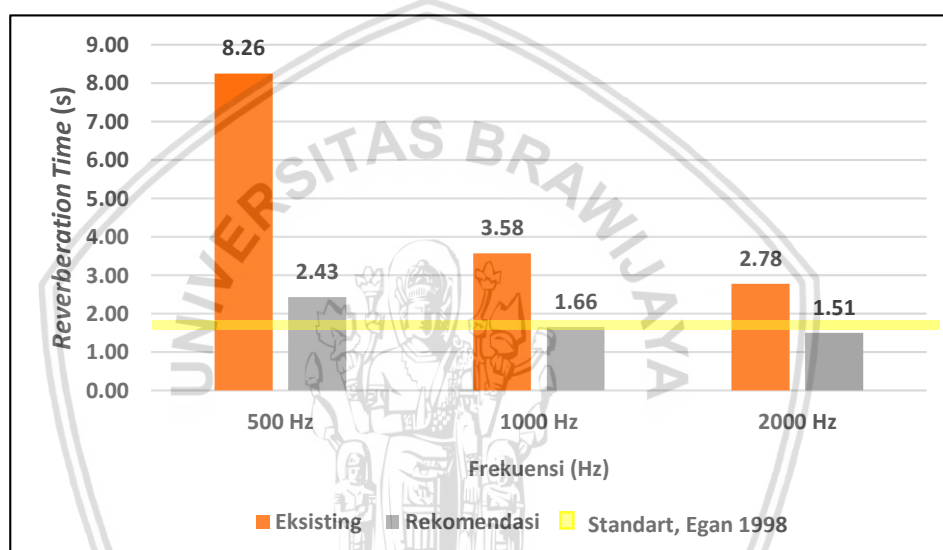
Analisis

Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis dinding berupa *softboard* tebal 13 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 27
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis dinding material *softboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	2.43	1.66	1.51

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material *softboard* tebal 13 mm pada dinding, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang sebagian besar tiap frekuensi hasilnya mendekati standart (Egan, 1998) meskipun berada pada frekuensi yang di bawah standart.



Gambar 4.81 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada *ballroom*

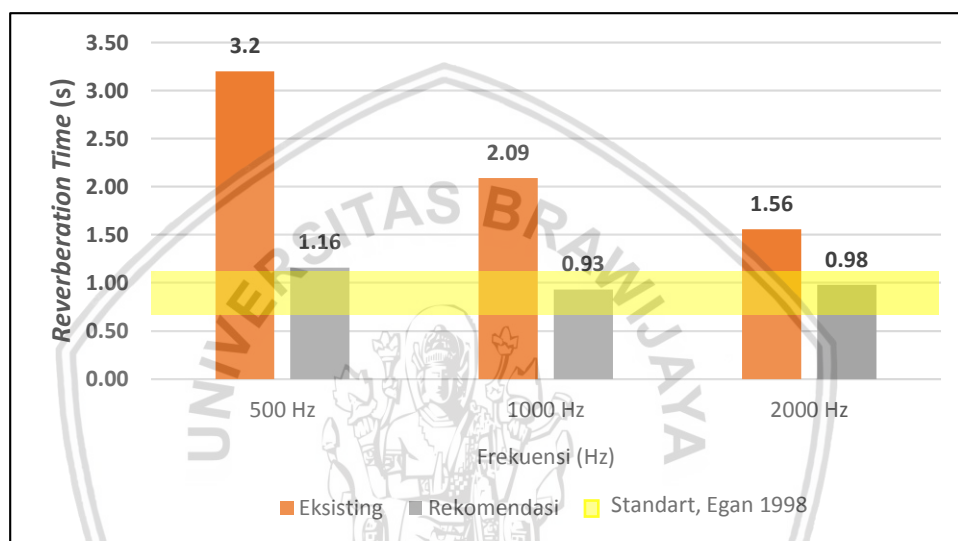
Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut hanya salah satu frekuensi saja yang telah memenuhi standart waktu dengung yaitu pada frekuensi 1000 Hz, dan frekuensi lainnya masih belum mencapai standart dengan selisih 0.63 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.29 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material *softboard* tebal 13 mm pada dinding dan memiliki koefisien serap 0.3 pada masing-masing frekuensi dan nilai tersebut sudah dapat dikategorikan sebagai nilai koefisien yang cukup tinggi, hingga didapatkan penurunan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 28
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis dinding material *softboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.65	0.46	0.4

Hasil diatas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting meskipun berada dibawah nilai standart sekalipun untuk ketiga frekuensi.



Gambar 4.82 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis dinding material papan serat tatal kayu pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan mendekati nilai standart meskipun pada beberapa frekuensi berada di bawah nilai standart waktu dengung. Selisih nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi terpaut selisih 0.05 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.3 detik pada frekuensi 2000 Hz.

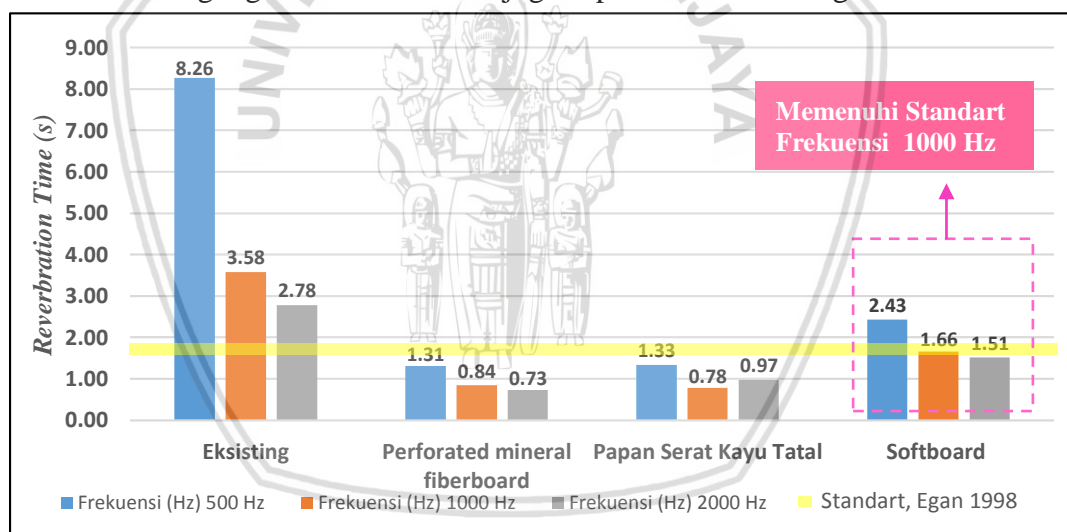
Analisis Perbandingan antar ketiga alternatif pelapis dinding

Berdasarkan paparan tiga alternatif yang memiliki koefisien absorbtif paling tinggi rendah dan yang berada terendah di antara koefisien absorpsi lainnya. Telah disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*. Pensimulasian tersebut menghasilkan masing-masing nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi. Berikut hasil waktu dengung yang telah disimulasikan tiap jenis alternatif material pelapis dinding.

Tabel 29
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Dinding

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Alternatif 1</i> (Karpas Tebal pada papan berserat mineral dengan rongga udara di bagian belakangnya)	1.31	0.84	0.73
<i>Alternatif 2</i> (Papan serat tatal kayu)	1.33	0.78	0.97
<i>Alternatif 3</i> (<i>Softboard</i>)	2.43	1.66	1.51

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa masing-masing alternatif mengalami penurunan nilai waktu dengung yang cukup signifikan. Terlihat pada salah satu alternatif pelapis material dinding *softboard*, mendapatkan nilai waktu dengung yang tepat pada standart yang telah ditentukan yaitu pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai waktu dengung 1.66 detik. Hal ini juga dapat dilihat melalui grafik di bawah ini:



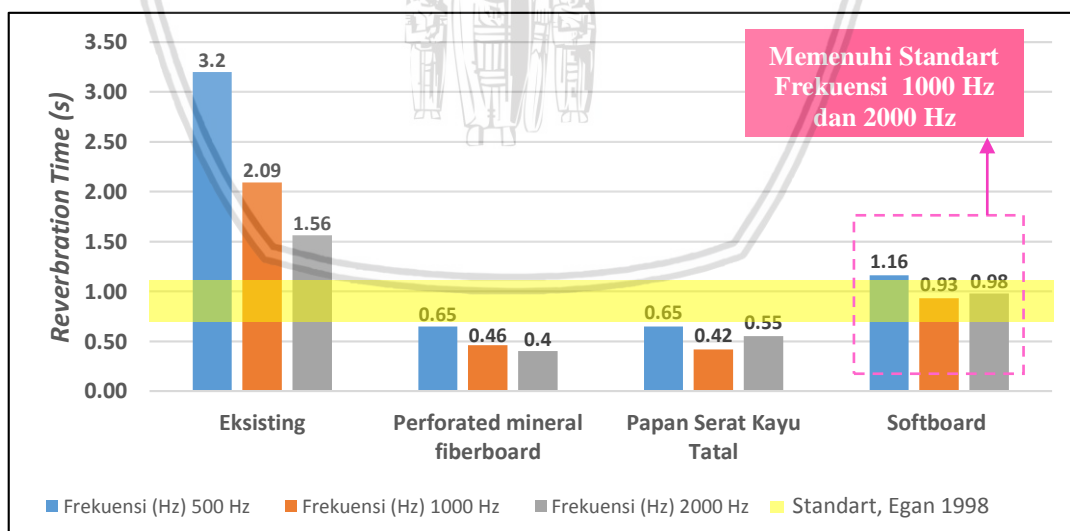
Gambar 4.83 Perbandingan dari masing-masing alternatif material pelapis dinding *ballroom*

Berdasarkan grafik tersebut juga terlihat bahwa antara kondisi eksisting dengan alternatif rekomendasi desain terjadi penurunan nilai RT yang cukup signifikan terutama pada bahan Karpas tebal papan berserat tersebut yang paling mengalami penurunan drastis, mengingat koefisien yang dimiliki bahan tersebut diantara bahan lainnya. Akan tetapi diantara ketiga material tersebut yang paling mendekati angka standart adalah material *softboard*, dimana pada nilai tersebut. Sedangkan pada *meeting room*, terlihat penurunan juga dari kondisi eksisting, terhadap alternatif rekomendasi, sebagai berikut :

Tabel 30
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan Simulasi Rekomendasi
Seluruh Alternatif Dinding

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7-1.1 detik		
Eksisting	3.2	2.09	1.56
Alternatif 1 (Karpas Tebal pada papan berserat mineral dengan rongga udara dibagian belakangnya)	0.65	0.46	0.40
Alternatif 2 (Papan serat tatal kayu)	0.65	0.42	0.55
Alternatif 3 (<i>Softboard</i>)	1.16	0.93	0.98

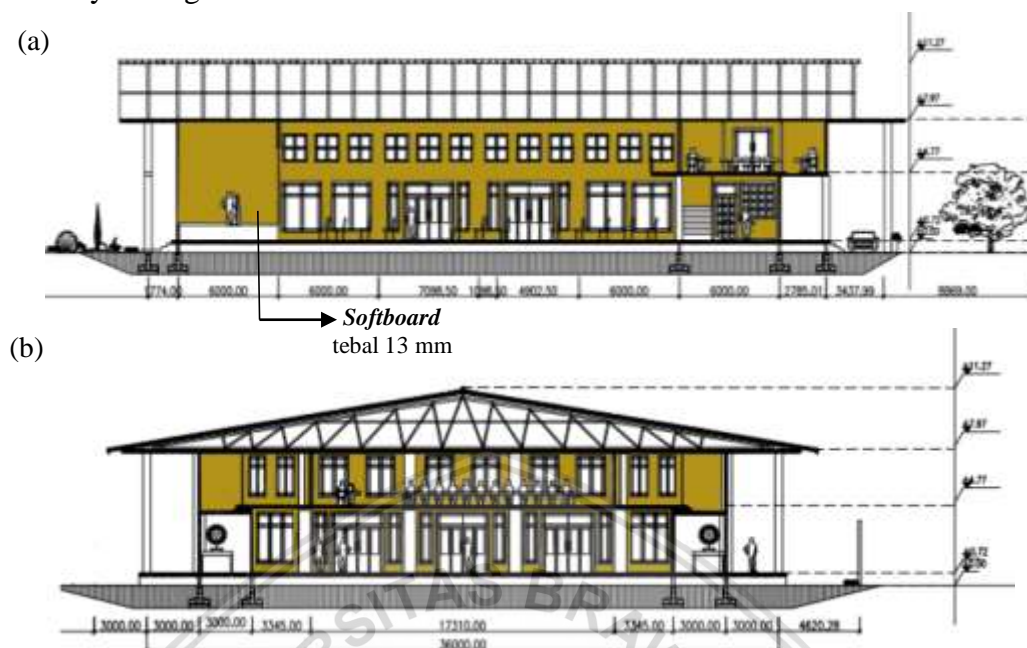
Berdasarkan tabel di atas rerata nilai waktu dengung yang terkecil berapa pada alternatif pertama yang menggunakan pelapis karpet berat papan berserat, kemudian nilai rerata waktu dengung yang tertinggi pada alternatif ketiga dengan menggunakan bahan *softboard*. merupakan nilai rerata waktu dengung yang paling baik dan mendekati nilai waktu dengung 0.7-1.1 detik (Egan, 1998). Pada pelapis alternatif di atas, penggunaan alternatif *softboard* yang paling optimal karena pada frekuensi 1000 Hz telah mencapai waktu dengung standar, walaupun pada frekuensi 500 Hz dan 200 Hz masih belum mencapai standart waktu dengung. Hal ini juga bisa digambarkan pada gambar grafik pelapis material dinding pada *meeting room* :



Gambar 4.84 Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis material dinding pada *meeting room*

Terlihat bahwa grafik di atas yang termasuk dalam area *range* berwarna kuning yang berarti area yang termasuk dalam standart waktu dengung, dan alternatif menggunakan pelapis *softboard* tebal 13 mm yang paling optimal dalam menurunkan waktu dengung mendekati nilai standart. Hal ini juga dapat dilihat melalui detail

potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) ruang dalam dari kedua ruang tersebut, di antaranya sebagai berikut :



Gambar 4.85 Potongan detail alternatif satu pelapis dinding *softboard* (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan pelapis material *softboard* yang merupakan alternatif pertama dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada perspektif visualisasi 3D, sebagai berikut :



Gambar 4.86 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis material *softboard* pada dinding

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D juga terlihat yang telah diberikan pelapis material *softboard* pada dinding, sebagai berikut :



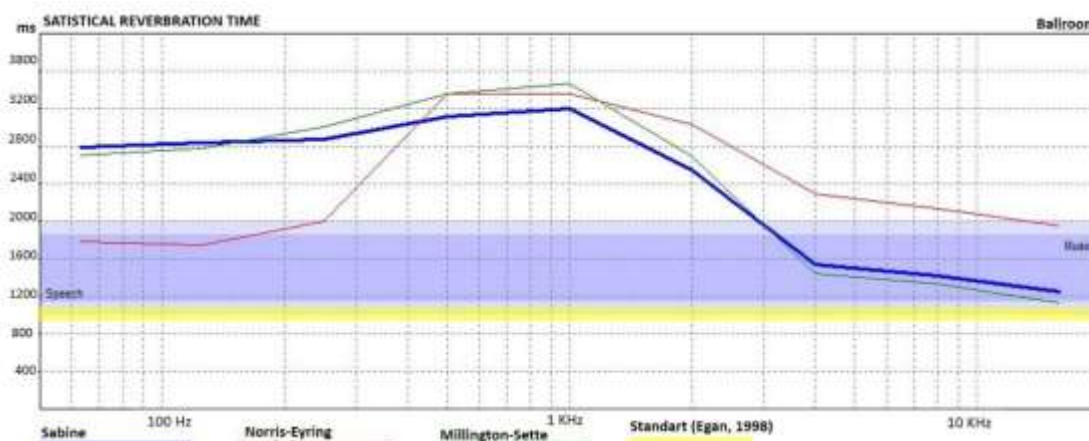
Gambar 4.87 Perspektif Visualisasi 3D pada Meeting Room setelah diberikan pelapis material softboard pada dinding

4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-2 (pada plafond)

Simulasi rekomendasi desain alternatif kedua ini dilakukan dengan cara menggunakan pelapis untuk elemen plafond atau langit-langit dengan material baru. Material baru tersebut juga ditentukan berdasarkan klasifikasi sumber literature dan pengelompokan koefisien serap. Rekomendasi desain yang digunakan untuk plafond, cenderung dibutuhkan sifat reflektor atau pemantul, sifat pemantul tersebut bertujuan untuk mendistribusikan suara. Klasifikasi pemantul yang dipilih adalah klasifikasi material sifat pemantul yang baik digunakan untuk elemen plafond, dimana dipilih tiga material yang koefisien serapnya yang paling memantul hingga yang koefisiennya tidak memantul atau sedikit menyerap. Berikut material yang digunakan untuk pensimulasian sebagai rekomendasi desain pada plafond atau langit-langit bangunan :

1. Plywood tebal 13 mm

Plywood tersebut memiliki koefisien yang paling besar dibandingkan material reflektor lainnya sehingga pelapis *plywood* pada plafond menghasilkan sebagai

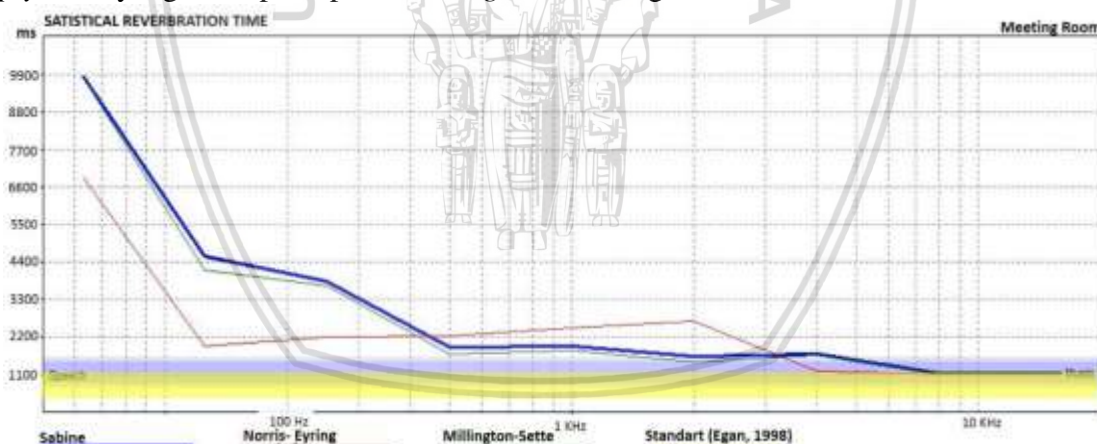


Gambar 4.88 Hasil rekomendasi desain Ballroom penambahan lapisan material plywood

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	579.250	2.79	1.78	2.71
125Hz:	525.310	2.84	1.75	2.78
250Hz:	353.779	2.88	2.00	3.01
500Hz:	133.104	3.13	3.37	3.37
1kHz:	66.942	3.21	3.36	3.48
2kHz:	191.178	2.55	3.03	2.70
4kHz:	686.502	1.54	2.30	1.45
8kHz:	750.439	1.42	2.14	1.34
16kHz:	875.018	1.26	1.96	1.13

Gambar 4.89 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plywood* pada plafond *ballroom*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain alternatif yang kedua dengan menggunakan penambahan pelapisan *plywood* dengan koefisien serap 0.17 pada frekuensi 500 Hz, 0.09 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.10 pada frekuensi 2000 Hz untuk elemen plafond atau langit-langit bangunan didapatkan hasil penurunan nilai waktu dengung (*reverberation time*) 5.13 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.37 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.23 detik pada frekuensi 2000 Hz dari hasil simulasi kondisi eksisting. Sedangkan hasil simulasi alternatif kedua pada plafond dengan material *plywood* yang diterapkan pada *meeting room*, sebagai berikut :



Gambar 4.90 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plywood* pada plafond *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	9.83	6.87	9.80
125Hz:	25.383	4.57	1.93	4.17
250Hz:	18.624	3.83	2.20	3.71
500Hz:	67.943	1.91	2.23	1.73
1kHz:	55.735	1.96	2.48	1.82
2kHz:	67.177	1.65	2.68	1.47
4kHz:	27.943	1.72	1.23	1.66
8kHz:	0.214	1.15	1.13	1.15
16kHz:	0.245	1.15	1.12	1.15

Gambar 4.91 Data hasil rekomendasi desain material *plywood* pada plafond *meeting room*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain alternatif kedua di atas, terlihat bahwa terjadi penurunan 1.29 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.13 detik pada frekuensi 1000 Hz, serta 0.16 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada tiap frekuensi setelah menambahkan pelapis *plywood* pada bagian plafond, hasilnya mendekati sudah mengalami penurunan, meskipun masih jauh di atas nilai standart. Hal ini juga dikarenakan koefisien serap yang dimiliki oleh material plafond memang cenderung rendah karena yang dibutuhkan untuk elemen plafond adalah material pemantul atau mendekati 0 (nol) yang berarti memantul sempurna.

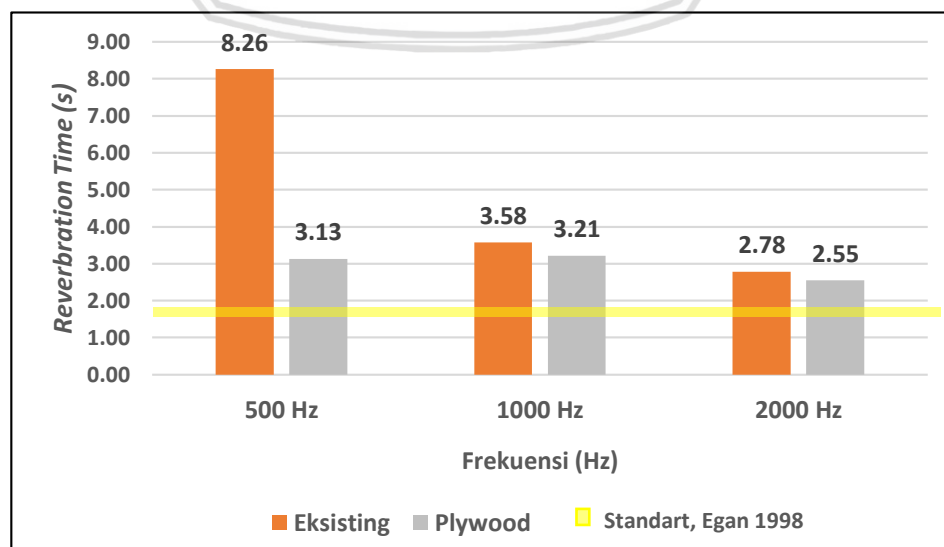
Analisis

Berdasarkan hasil pensimulasi alternatif dengan menambahkan pelapis pada plafond atau langit-langit bangunan berupa *plywood* tebal 13 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 31
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis plafond material *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	3.13	3.21	2.55

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material *plywood* tebal 13 mm pada elemen plafond, didapatkan penurunan nilai waktu dengung meskipun nilainya masih jauh berada di atas standart (Egan, 1998) Namun penurunan tersebut sudah terbilang cukup signifikan juga dibandingkan hasil nilai waktu dengan pada kondisi eksisting.



Gambar 4.92 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material *plywood* pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang cukup baik dalam penurunan nilai waktu dengung meskipun hasilnya masih jauh di atas standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* Hasil antara ketiga frekuensi tersebut masih belum mencapai standart dengan selisih antara nilai yang dihasilkan tersebut dengan standart yang telah ditentukan yaitu 1.33 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.41 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.75 detik pada frekuensi 2000 Hz.

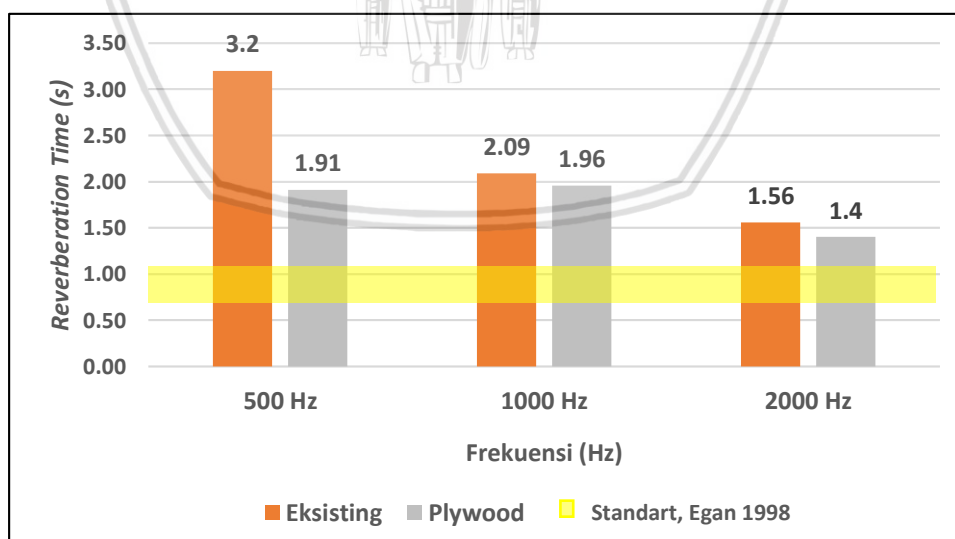
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material *plywood* tebal 13 mm pada plafond dan memiliki koefisien serap 0.17 pada frekuensi 500 Hz, 0.09 pada frekuensi 1000 H dan 0.1 pada frekuensi 2000 hz dan nilai tersebut sudah dapat dikategorikan sebagai nilai koefisien yang paling tinggi di antara material pemantul lainnya, seperti pada tabel berikut :

Tabel 32

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis plafond material *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>			

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting meskipun berada di bawah nilai standart sekalipun untuk ketiga frekuensi.



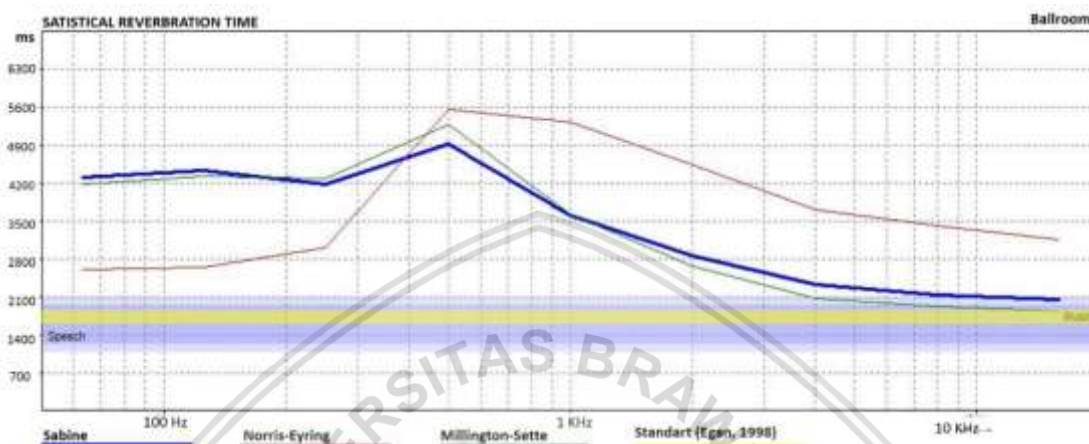
Gambar 4.93 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond material *plywood* pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan mendekati nilai standart meskipun pada seluruh frekuensi berada di atas nilai standart waktu dengung. Selisih nilai waktu dengung pada masing-masing

frekuensi terpaut selisih 0.91 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.86 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.3 detik pada frekuensi 2000 Hz.

2. Plesterboard

Plesterboard yang digunakan pada alternatif tersebut diterapkan sebagai pelapis material untuk plafond sebagai reflektor, dimana sebagai plafond dibutuhkan material pemantul yang dapat menyebarkan suara hingga ke area penonton bagian belakang.

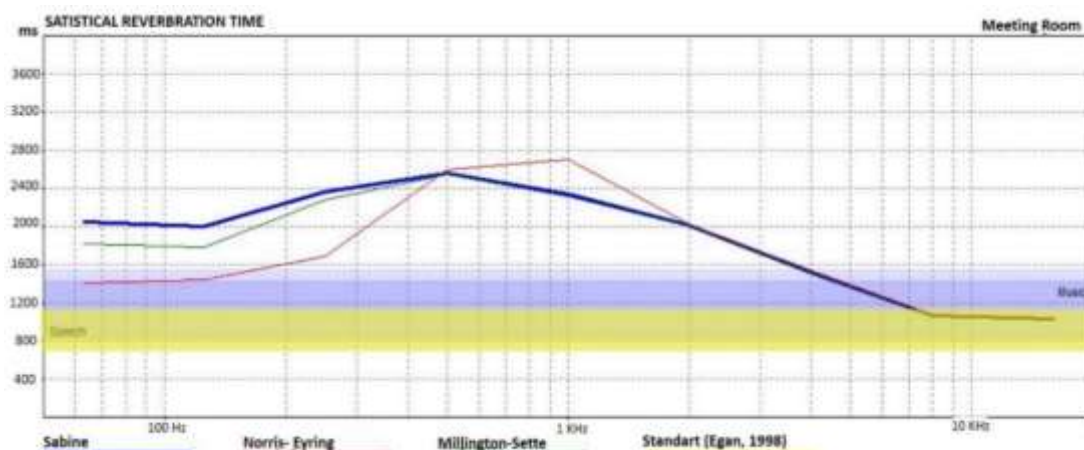


Gambar 4.94 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plesterboard* pada plafond *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	640.732	4.29	2.60	4.17
125Hz:	573.279	4.42	2.65	4.32
250Hz:	463.709	4.16	3.00	4.28
500Hz:	170.157	4.91	5.54	5.26
1kHz:	389.016	3.60	5.32	3.61
2kHz:	601.154	2.85	4.54	2.66
4kHz:	810.424	2.33	3.71	2.07
8kHz:	874.361	2.14	3.41	1.92
16kHz:	875.018	2.04	3.14	1.84

Gambar 4.95 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plesterboard* pada plafond *ballroom*

Berdasarkan hasil di atas terlihat bahwa *plasterboard* dapat menurunkan nilai waktu dengung dari kondisi awal eksisting dan setelah diberikan *plasterboard* rata-rata yaitu sebesar 3.78 detik. Selain adanya pengaruh dari koefisien serap yang dimiliki, perhitungan ini juga dipengaruhi oleh adanya luas permukaan dan bentuk bidang atau elemen pelingkup bangunan itu sendiri. Sehingga penggunaan *plasterboard* pada plafond dapat disimpulkan dapat menurunkan RT, namun kurang optimal dikarenakan adanya pengaruh koefisien serap yang rendah sebagai reflektor. Sedangkan pada *meeting room*, perhitungan pelapis *plesterboard* pada plafond ruangan tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.96 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plesterboard* pada plafond *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	72.706	2.06	1.41	1.82
125Hz:	70.565	2.01	1.45	1.78
250Hz:	38.721	2.37	1.69	2.29
500Hz:	16.273	2.57	2.61	2.55
1kHz:	13.244	2.34	2.71	2.32
2kHz:	10.193	2.01	2.03	2.01
4kHz:	18.799	1.53	1.55	1.52
8kHz:	30.829	1.07	1.09	1.06
16kHz:	30.859	1.04	1.05	1.03

Gambar 4.97 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material *plesterboard* pada plafond *meeting room*

Terlihat bahwa *plasterboard* dapat menurunkan nilai waktu dengung dari kondisi awal eksisting dan setelah diberikan *plasterboard* rata-rata yaitu sebesar 2.30 detik. penggunaan *plasterboard* pada plafond dapat disimpulkan dapat menurunkan RT, sehingga kurang optimal dikarenakan tidak bisa mencapai standart.

Analisis

Berdasarkan hasil pensimulasi alternatif dengan menambahkan pelapis pada plafond atau langit-langit bangunan berupa *plasterboard* tebal 12.7 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

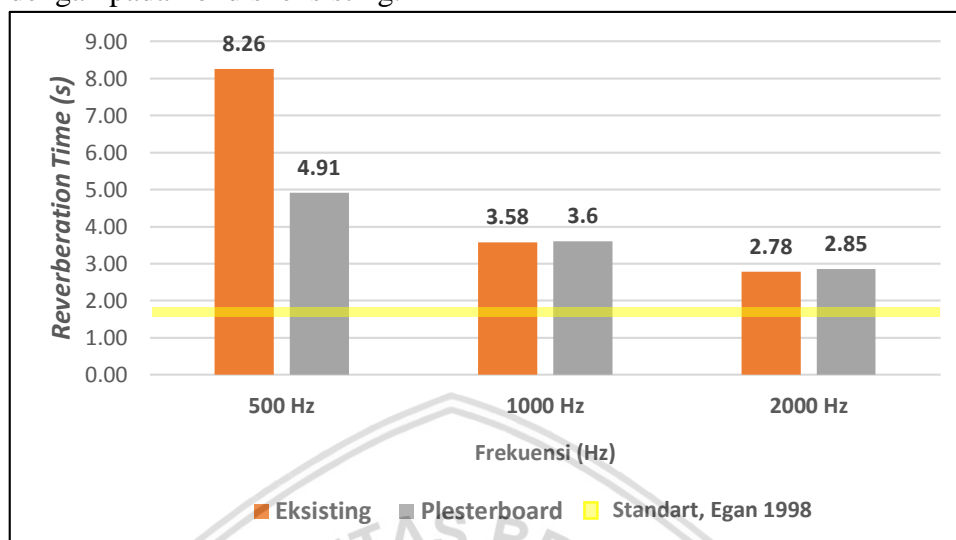
Tabel 33

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis plafond material *plesterboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	4.91	3.6	2.85

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material *plywood* tebal 13 mm pada elemen plafond, didapatkan penurunan nilai waktu

dengung meskipun nilainya masih jauh berada di atas standart (Egan, 1998) Namun penurunan tersebut sudah terbilang cukup signifikan juga dibandingkan hasil nilai waktu dengan pada kondisi eksisting.



Gambar 4.98 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material *plywood* pada *ballroom*

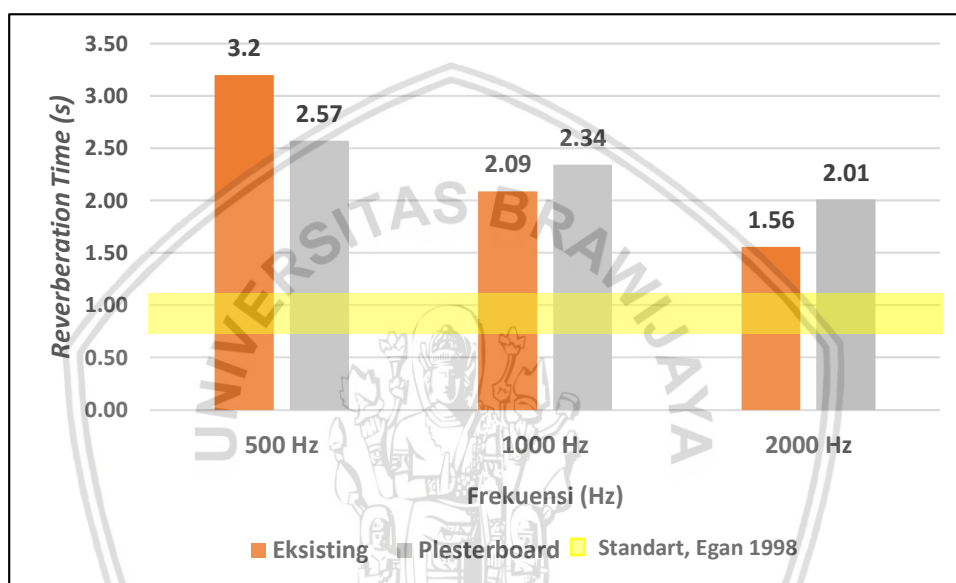
Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang cukup baik dalam penurunan nilai waktu dengung meskipun hasilnya masih jauh di atas standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* Hasil antara ketiga frekuensi tersebut masih belum mencapai standart dengan selisih antara nilai yang dihasilkan tersebut dengan standart yang telah ditentukan yaitu 3.11 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.02 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.07 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz lebih tinggi nilai waktu dengungnya tetapi berada di atas nilai waktu dengung kondisi eksisting, hal ini dikarenakan koefisien serap yang dimiliki oleh material *plasterboard* paling rendah dibandingkan material pemantul lainnya seperti gypsum yang dimiliki material kondisi eksisting, sehingga paling sedikit menyerap bunyi. Hal ini juga diterapkan untuk rekomendasi agar mengetahui perbedaan tingkatan tiap perwakilan nilai waktu dengung, dari tingkatan yang nilai paling rendah dan paling tinggi di antara material pemantul lainnya.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material *plasterboard* tebal 12.7 mm pada plafond dan memiliki koefisien serap 0.1 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 H dan 0.05 pada frekuensi 2000 hz dan nilai tersebut sudah dapat dikategorikan sebagai nilai koefisien yang paling rendah di antara material pemantul lainnya, sehingga nilai koefisien serap yang dimiliki *plesterboard* ini juga lebih rendah dibandingkan nilai koefisien material gypsum yang dipakai pada kondisi eksisting seperti pada tabel berikut :

Tabel 34
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis plafond material *plesterboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	2.57	2.34	2.01

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang tidak terpaut jauh dengan kondisi eksisting meskipun terdapat dua frekuensi yang berada di atas nilai kondisi eksisting awal.

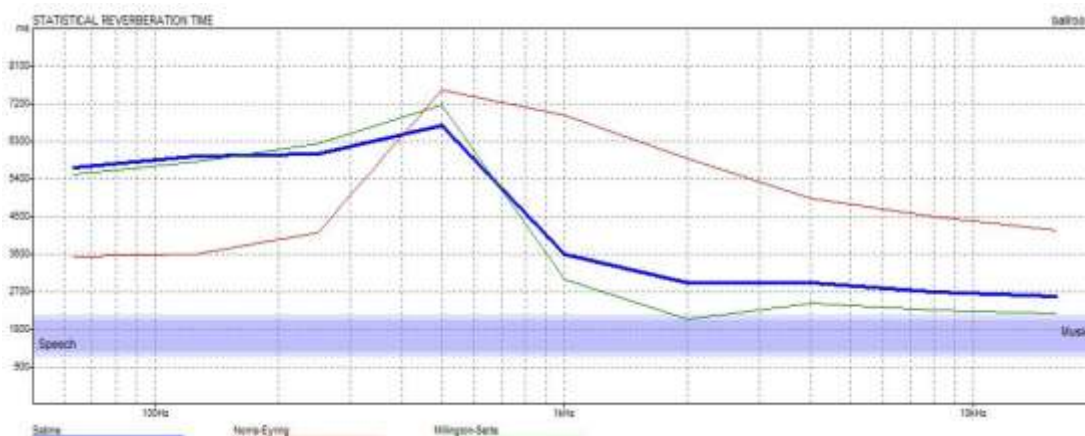


Gambar 4.99 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond material *plesterboard* pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan mendekati nilai standart meskipun pada seluruh frekuensi berada di atas nilai standart waktu dengung. Selisih nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi terpaut selisih 1.47 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.91 detik pada frekuensi 2000 Hz.

3. Plaster pada bilah papan tebal 13 mm

Plaster pada bilah papan tersebut memiliki koefisien yang berada di tengah-tengah di antara koefisien serap tertinggi dan terendah pada sifat pemantul pada plafond, dimana koefisien serap yang dimiliki 0.06 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz, 0.04 pada frekuensi 2000 Hz yang termasuk dalam sifat sebagai pemantul bunyi, koefisien ini lebih rendah nilainya dibandingkan koefisien serap yang dimiliki material kondisi eksisting berupa material gypsum, hingga dapat menghasilkan nilai waktu dengung sebagai berikut :

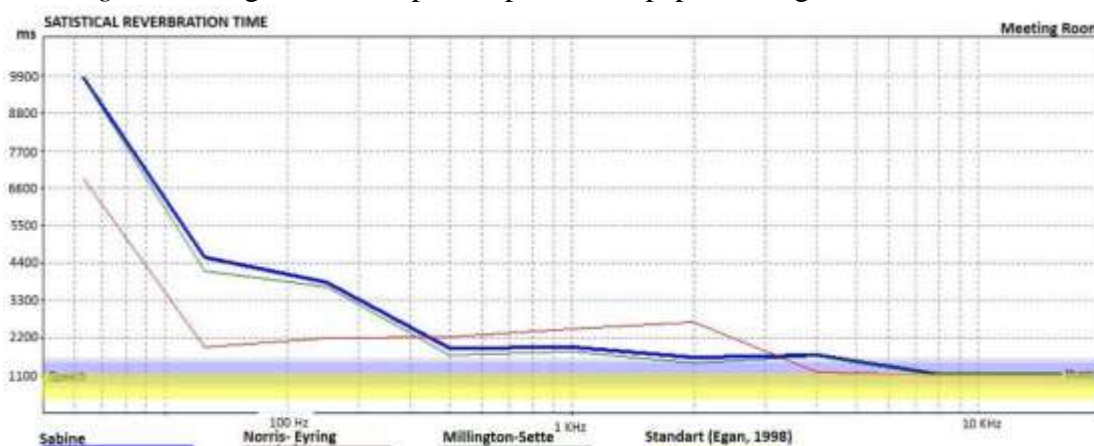


Gambar 4.100 Hasil rekomendasi desain *Ballroom* penambahan lapisan material plaster pada bilah papan

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	665.517	5.66	3.53	5.50
125Hz:	585.671	5.92	3.60	5.79
250Hz:	414.140	5.99	4.10	6.23
500Hz:	170.157	6.67	7.52	7.15
1kHz:	760.778	3.58	6.90	2.99
2kHz:	1022.488	2.91	5.88	2.03
4kHz:	934.346	2.91	4.93	2.42
8kHz:	998.283	2.68	4.48	2.25
16kHz:	998.940	2.56	4.15	2.17

Gambar 4.101 Data hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material plaster pada bilah papan pada plafond *ballroom*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain alternatif yang kedua dengan menggunakan penambahan pelapisan plaster pada bilah papan didapatkan hasil penurunan nilai waktu dengung (*reverberation time*) 1.59 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.13 detik pada frekuensi 2000 Hz sedangkan pada frekuensi 500 Hz tidak terdapat selisih antara kondisi eksisting dan rekomendasi dikarenakan koefisien serap pada material plaster pada bilah papan di frekuensi 1000 Hz sama nilainya dengan koefisien serap material kondisi eksisting yaitu gypsum. Sedangkan hasil simulasi pada plafond *meeting room* dengan material plester pada bilah papan, sebagai berikut :



Gambar 4.102 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material plaster pada papan bilah pada plafond *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	9.83	6.87	9.80
125Hz:	25.383	4.57	1.93	4.17
250Hz:	18.624	3.83	2.20	3.71
500Hz:	67.943	1.91	2.23	1.73
1kHz:	55.735	1.96	2.48	1.82
2kHz:	67.177	1.65	2.68	1.47
4kHz:	27.943	1.72	1.23	1.66
8kHz:	0.214	1.15	1.13	1.15
16kHz:	0.245	1.15	1.12	1.15

Gambar 4.103 Data hasil rekomendasi desain material plaster papan bilah pada plafond *meeting room*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain alternatif kedua di atas, terlihat bahwa terjadi penurunan 0.22 detik pada frekuensi 1000 Hz, 0.55 detik pada frekuensi 2000 Hz, sedangkan . Hasil penurunan pada tiap frekuensi setelah menambahkan pelapis *plywood* pada bagian plafond, hasilnya mendekati sudah mengalami penurunan, meskipun masih jauh di atas nilai standart. Hal ini juga dikarenakan koefisien serap yang dimiliki oleh material plafond memang cenderung rendah karena yang dibutuhkan untuk elemen plafond adalah material pemantul atau mendekati 0 (nol) yang berarti memantul sempurna.

Analisis

Berdasarkan hasil pensimulasi alternatif dengan menambahkan pelapis pada plafond atau langit-langit bangunan berupa plaster pada papan bilah tebal 13 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

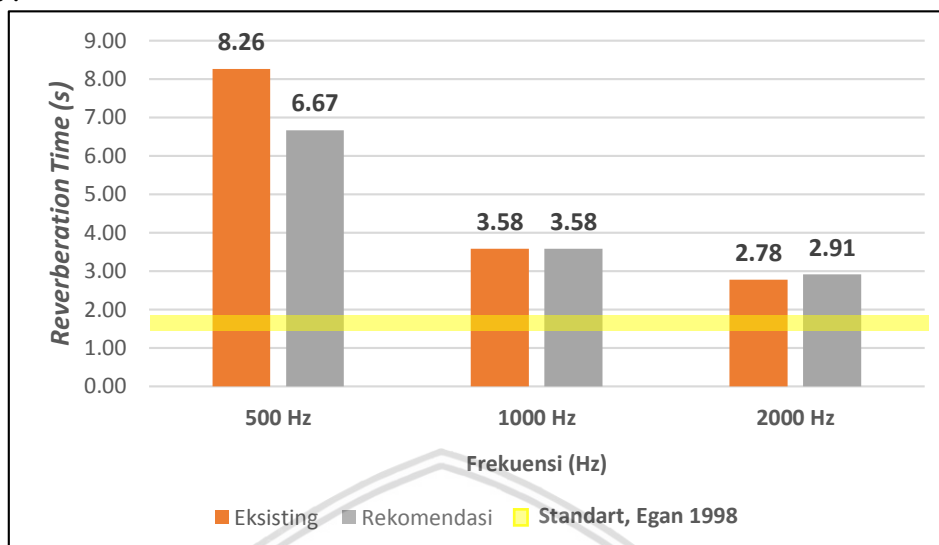
Tabel 35

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis plafond material plester pada papan bilah

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	6.67	3.58	2.91

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material *plaster pada papan bilah* tebal 13 mm pada elemen plafond, didapatkan penurunan nilai waktu dengung meskipun tidak cukup banyak atau signifikan penurunannya. Hanya pada frekuensi 1000 Hz nilainya tidak mengalami penurunan dikarenakan nilai koefisien serap dari material tersebut sama sehingga nlainya juga tidak mengalami penurunan, sedangkan pada frekuensi 2000 Hz nilai waktu dengung yang

dihasilkan di atas nilai kondisi eksisting, sehingga dapat terlihat pula pada diagram berikut :



Gambar 4.104 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis plafond material plaster pada papan bilah pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu penurunan nilai waktu dengung meskipun hasilnya masih jauh di atas standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* alternatif pelapis pada plafond lainnya. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut masih belum mencapai standart dengan selisih antara nilai yang dihasilkan tersebut dengan standart yang telah ditentukan yaitu 4.87 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.78 pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.11 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material *plaster* pada papan bilah tebal 13 mm pada plafond dan memiliki koefisien serap 0.06 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz dan 0.04 pada frekuensi 2000 Hz. Hingga menghasilkan nilai seperti pada tabel berikut :

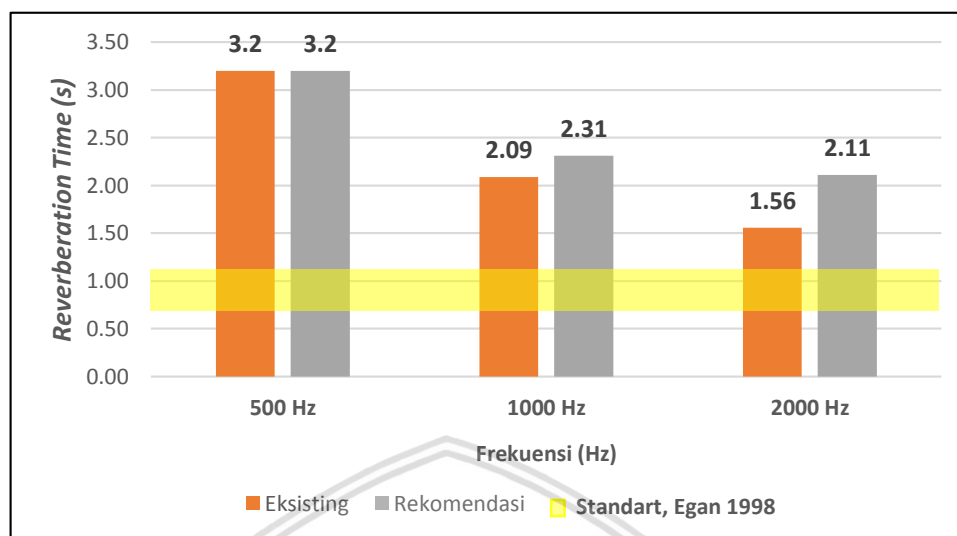
Tabel 36

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis plafond material plaster pada bilah papan

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	3.2	2.31	2.11

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut tidak terlalu jauh dengan kondisi eksisting dan masih tetap berada di atas standart waktu dengung, bahkan ada pula yang masih tetap sama ataupun lebih besar waktu dengungnya dibanding kondisi eksisting awal pada ruang *meeting room*. Hal ini

dikarenakan nilai koefisien serap plester pada papan bila merupakan koefisien terendah dibandingkan dengan material yang bersifat pemantul pada plafond lainnya.



Gambar 4.105 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis plafond *meeting room* material plester pada bilah papan

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa tidak terdapat suatu penurunan bahkan terjadi kenaikan waktu dengung hingga berada jauh di atas *range* standart yang telah ditentukan. Hal ini tetap bergantung pada nilai koefisien serap yang dimiliki masing-masing material.

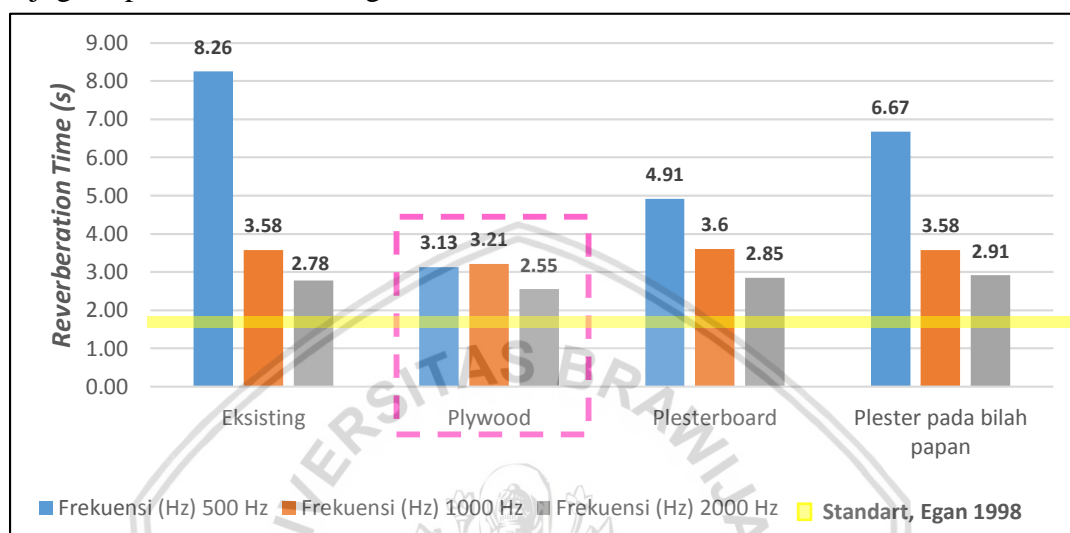
Analisis Perbandingan antar Pelapis Plafond

Berdasarkan paparan ketiga alternatif yang memiliki koefisien cenderung rendah dan bersifat reflektor untuk klasifikasi elemen plafond menurut studi literature (Satwiko, 2009). Telah disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*. Pensimulasian tersebut menghasilkan masing-masing nilai waktu dengung pada masing-masing frekuensi. Berikut hasil waktu dengung yang telah disimulasikan tiap jenis alternatif material pelapis dinding.

Tabel 37
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Plafond

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	1.6 - 1.8		
Eksisting	8.26	3.58	2.78
Alternatif 1 <i>Plywood</i>	3.13	3.21	3.55
Alternatif 2 <i>Plesterboard</i>	4.91	3.6	2.85
Alternatif 3 Plaster pada bilah papan	6.67	3.58	2.91

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa masing-masing alternatif mengalami penurunannya yang kurang signifikan karena hanya sebagai reflektor sehingga penurunan tidak terlalu besar dan hanya bisa dekat dengan standart. Penurunan RT atau waktu dengung yang paling optimal terjadi pada bagian pelapis material *plywood* yang memiliki koefisien serap lebih besar dibandingkan bahan plafond pemantul lainnya. Hal ini juga dapat dilihat melalui grafik, di bawah ini :



Gambar 4.106 Perbandingan dari masing-masing alternatif material plafond pada *ballroom*

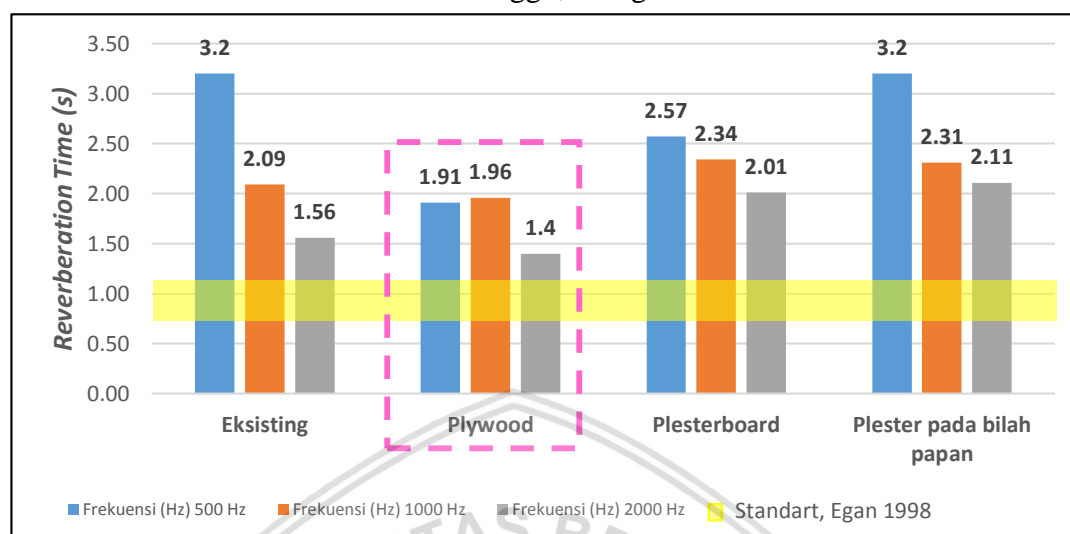
Berdasarkan grafik tersebut juga terlihat bahwa antara kondisi eksisting dengan alternatif rekomendasi desain terjadi penurunan nilai RT yang kurang optimal, mengingat koefisien yang dimiliki bahan tersebut adalah reflektor sesuai dengan kebutuhan area plafond. Akan tetapi diantara kedua material tersebut yang paling mendekati angka standart adalah material *plywood*, dimana pada nilai tersebut merupakan penurunan waktu dengung yang paling besar dibandingkan material lainnya. Sedangkan pada *meeting room*, terlihat penurunan juga dari kondisi eksisting, terhadap alternatif rekomendasi

Tabel 38

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Plafond

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7-1.1 detik		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.56
<i>Alternatif 1</i> <i>Plywood</i>	1.91	1.96	1.4
<i>Alternatif 2</i> <i>Plesterboard</i>	2.57	2.34	2.01
<i>Alternatif 3</i> <i>Plaster pada papan bilah</i>	3.2	2.31	2.11

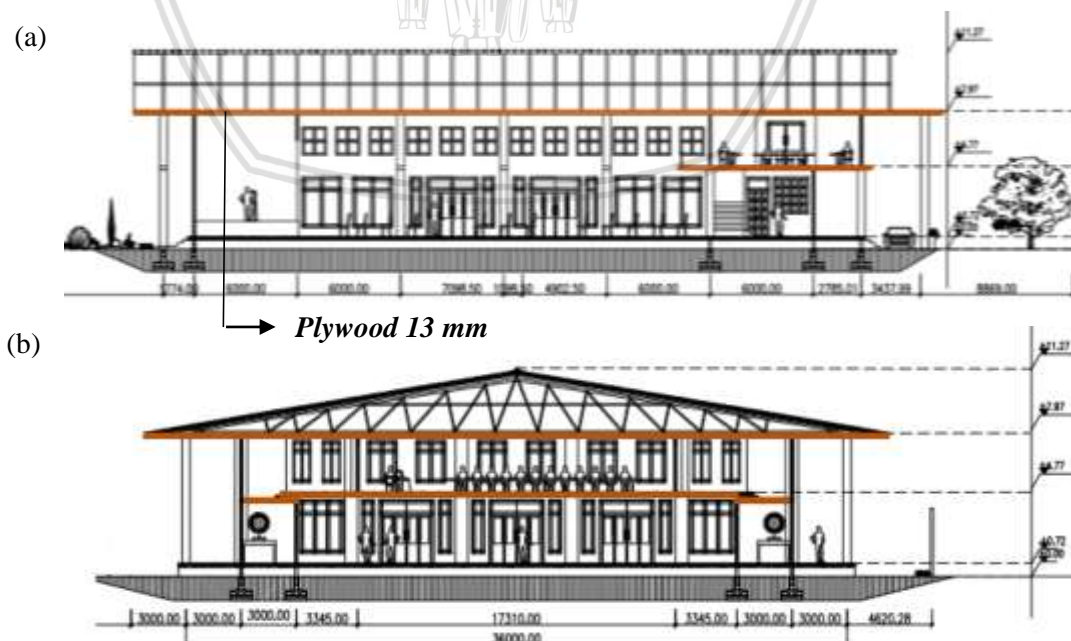
Hal ini juga bisa digambarkan pada gambar grafik untuk melihat antara ketiga material pelapis dinding yang optimal digunakan atau diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, sebagai berikut :



Gambar 4.107 Perbandingan dari masing-masing alternatif material plafond *meeting room*

Terlihat bahwa grafik di atas yang termasuk dalam area *range* berwarna kuning yang berarti area yang termasuk dalam standart waktu dengung. Namun, dari ketiga alternatif untuk pelapis pada plafond, tidak ada yang memenuhi standart hanya salah satu saja yang paling mendekati standart yang paling baik adalah plafond berbahan *plywood*.

Hal ini juga dapat dilihat melalui detail potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) ruang dalam dari kedua ruang tersebut, di antaranya sebagai berikut :



Gambar 4.108 Potongan detail alternatif satu pelapis plafond berupa *plywood* (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan pelapis material *plywood* pada plafond yang merupakan alternatif kedua dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada perspektif visualisasi 3D, sebagai berikut :



Gambar 4.109 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis material *plywood* pada plafond

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D juga terlihat yang telah diberikan pelapis material *plywood* pada plafond, sebagai berikut :



Gambar 4.110 Perspektif Visualisasi 3D pada *Meeting Room* setelah diberikan pelapis material *plywood* pada plafond

Terlihat perbedaan visualisasi 3D perbedaan antara kondisi eksisting awal dengan hasil rekomendasi setelah diberi material baru berupa *plywood* pada plafond kedua ruangan tersebut.

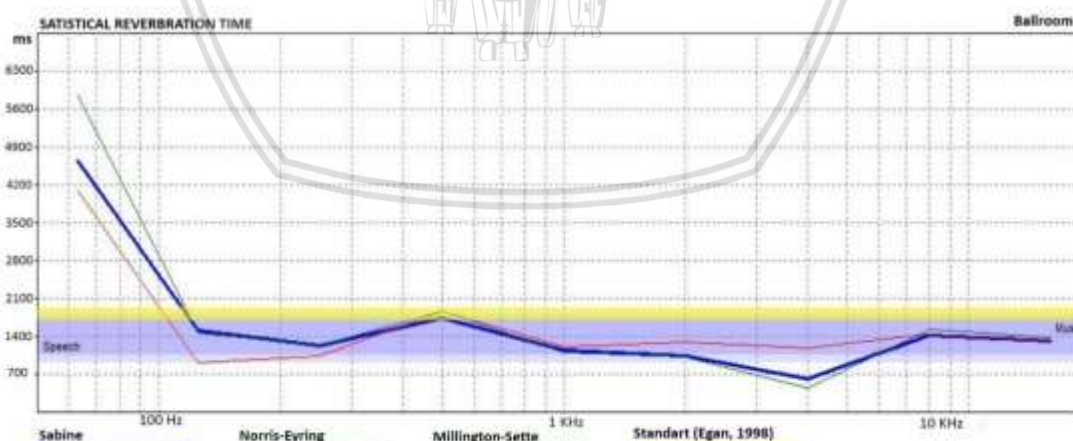
4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-3

Simulasi rekomendasi desain alternatif yang ketiga tersebut dilakukan dengan cara menambahkan pelapis material lantai yang semula pada kondisi eksiting menggunakan tegel keramik dengan permukaan yang licin dan keras, sehingga tergolong dalam bahan yang bersifat reflektor. Untuk itu diperlukan bahan untuk pelingkup lantai yang bersifat absorber dengan bahan yang lebih menyerap bunyi. Berikut material yang memiliki sifat absorber dan hasil pensimulasian nilai waktu dengungnya, di antaranya :

1. Karpet Berat diatas Karpet Busa

Karpet berat di atas busa tersebut merupakan salah satu bahan yang bersifat absorber karena permukaannya yang berpori dan tidak keras, maka hal ini akan lebih banyak menyerap bunyi yang berlebih hingga akan dapat menyebabkan kebisingan. Material tersebut juga merupakan salah satu material yang memiliki koefisien paling tinggi diantara karpet peredam lainnya yang digunakan khusus untuk elemen lantai. Koefisien material karpet tersebut adalah 0.57 untuk frekuensi 500 Hz, 0.69 untuk frekuensi 1000 Hz, dan 0.71 untuk frekuensi 2000 Hz. Sehingga dengan koefisien serap yang tinggi dapat menghasilkan perhitungan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011*, sebagai berikut :

Simulasi rekomendasi desain alternatif yang ketiga tersebut dilakukan dengan cara menambahkan pelapis material lantai yang semula menggunakan tegel keramik dengan bahan yang lebih menyerap bunyi atau bersifat absorber.



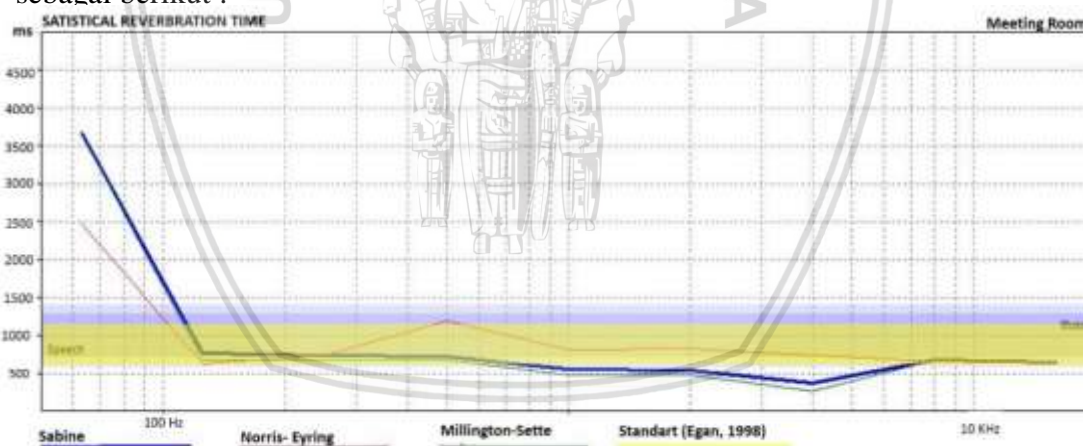
Gambar 4.111 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat diatas Karpet Busa pada lantai *Ballroom*

Grafik di atas juga dapat diperlihatkan melalui data dari berbagai frekuensi, terutama frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz. Berikut data nilai waktu dengung setelah menggunakan pelapis lantai karpet di atas busa :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	58.786	4.65	4.09	5.84
125Hz:	562.455	1.51	0.93	1.46
250Hz:	572.061	1.24	1.04	1.24
500Hz:	136.097	1.73	1.87	1.87
1kHz:	449.214	1.15	1.21	1.12
2kHz:	498.229	1.06	1.29	1.02
4kHz:	1209.409	0.63	1.20	0.45
8kHz:	59.901	1.43	1.46	1.53
16kHz:	60.558	1.31	1.32	1.39

Gambar 4.112 Data hasil rekomendasi desain penambahan material Karpét Berat di atas Karpét Busa pada lantai *Ballroom*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *ballroom* di atas dapat menurunkan waktu dengung 6.53 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.43 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.72 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting. Kedua ruangan tersebut sudah memiliki nilai waktu dengung yang mendekati standart pada frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz, sedangkan pada frekuensi 500 Hz nilai (*reverberation time*) tepat pada nilai standart. Selain pada *ballroom*, pada *meeting room* juga diberikan alternatif yaitu dengan material lantai yang sama dengan *ballroom* yang berada di lantai bawahnya *meeting room*, serta menghasilkan nilai sebagai berikut :



Gambar 4.113 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpét Berat di atas Karpét Busa pada lantai *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	3.66	2.47	3.65
125Hz:	79.571	0.77	0.64	0.68
250Hz:	68.168	0.73	0.73	0.68
500Hz:	54.286	0.72	1.18	0.67
1kHz:	82.124	0.55	0.80	0.48
2kHz:	81.446	0.53	0.82	0.47
4kHz:	137.590	0.37	0.74	0.26
8kHz:	0.214	0.68	0.65	0.68
16kHz:	0.245	0.65	0.62	0.65

Gambar 4.114 Data hasil rekomendasi penambahan material Karpét Berat di atas Karpét Busa pada lantai *Meeting Room*

Hasil grafik di atas terlihat beberapa frekuensi belum memenuhi standart bahkan di bawah standart, dimana yang belum memenuhi standart yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz belum memenuhi standart dan berada jauh di bawah standart, sedangkan pada frekuensi 500 Hz sudah memenuhi standart yang telah ditentukan.

Analisis

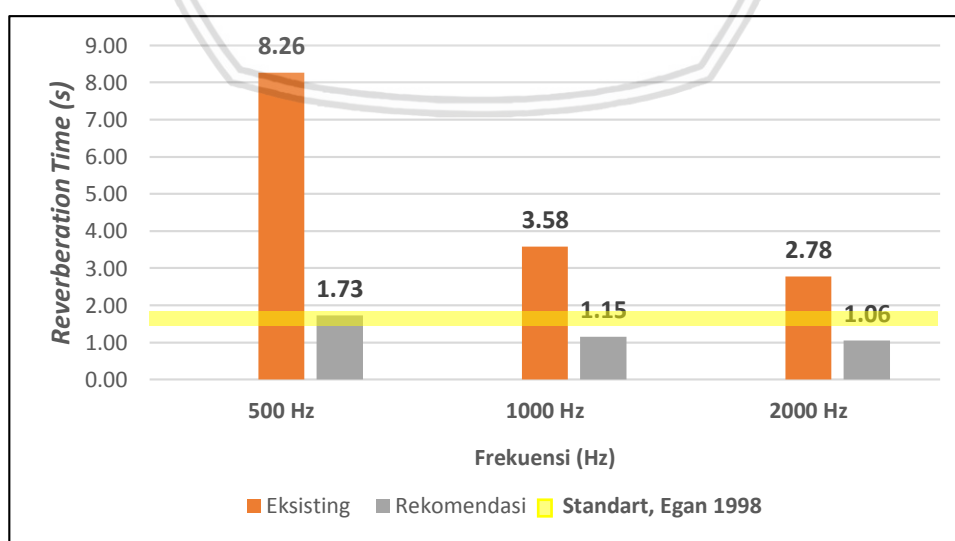
Berdasarkan hasil pensimulasi alternatif dengan menambahkan pelapis pada plafond atau langit-langit bangunan berupa plaster pada papan bilah tebal 13 mm, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut

Tabel 39

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis lantai material karpet tebal di atas busa

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.73	1.15	1.06

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material *karpet* tebal 13 mm pada busa di atas elemen lantai, didapatkan penurunan nilai waktu dengung meskipun tidak cukup banyak atau signifikan penurunannya. Hanya pada frekuensi 1000 Hz nilainya tidak mengalami penurunan dikarenakan nilai koefisien serap dari material tersebut sama sehingga nilainya juga tidak mengalami penurunan, sedangkan pada frekuensi 2000 Hz nilai waktu dengung yang dihasilkan di atas nilai kondisi eksisting, sehingga dapat terlihat pula pada diagram berikut :



Gambar 4.115 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet tebal di atas busa pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu penurunan nilai waktu dengung meskipun hasilnya masih jauh di atas standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* alternatis pelapis pada plafond lainnya. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut terdapat satu frekuensi saja yang telah mencapai angka standart yaitu pada frekuensi 500 Hz, sedangkan dua frekuensi lainnya yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz masih belum memenuhi dan berada dibawah standart denan selisih antara nilai tersebut dengan kondisi standart yaitu 0.45 pada frekuensi 1000 Hz.

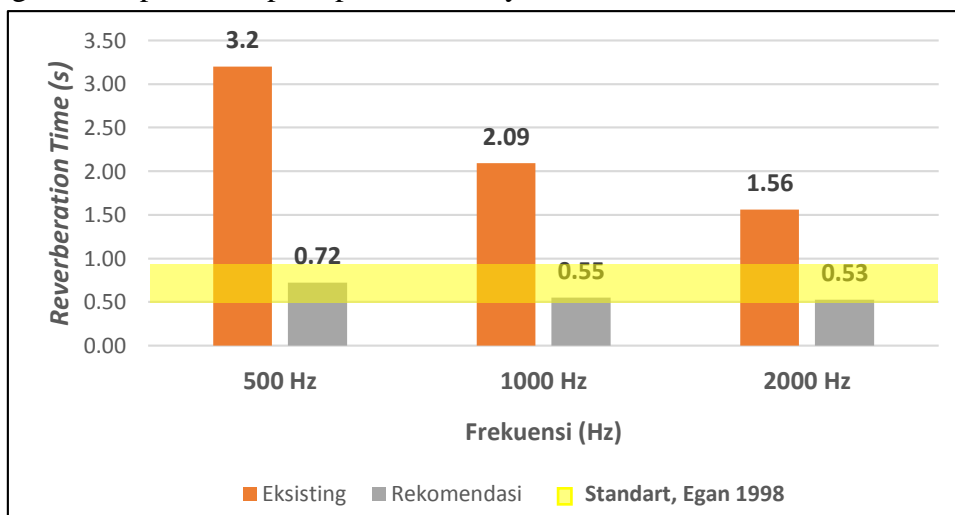
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material karpet tebal di atas busa tebal 13 mm pada plafond dan memiliki koefisien serap 0.57 pada frekuensi 500 Hz, 0.69 pada frekuensi 1000 H dan 0.71 pada frekuensi 2000 Hz. Hingga menghasilkan nilai seperti pada tabel berikut :

Tabel 40

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* pelapis lantai material karpet di atas busa

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.72	0.55	0.53

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting hingga terdapat salah satu frekuensi yang 1masuk dalam range nilai waktu dengung yaitu frekuensi 500 Hz , bahkan ada pula yang masih tetap sama ataupun lebih besar waktu dengungnya dibanding kondisi eksisting awal pada ruang *meeting room*. Hal ini dikarenakan nilai koefisien serap plester pada papan bila merupakan koefisien terendah dibandingkan dengan material yang bersifat pemantul pada plafond lainnya.

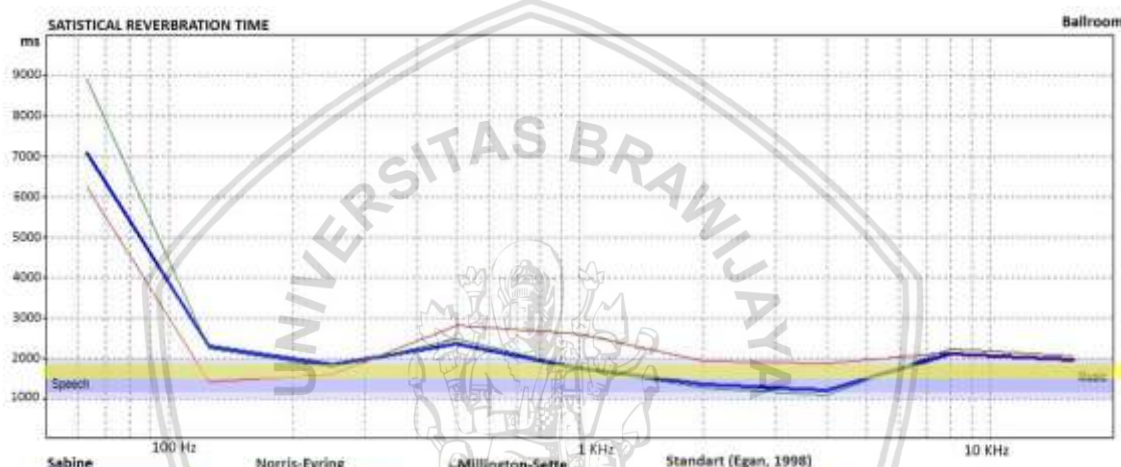


Gambar 4.116 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai material karpet tebal di atas busa pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa tidak terdapat suatu penurunan yang cukup signifikan dan mencapai nilai standart yaitu pada frekuensi 500 Hz. Sedangkan dua frekuensi lainnya masih berada di bawah *range* angka standart.

2. Karpets Berat diatas Lateks tak berpori

Alternatif material selanjutnya yang ketiga tersebut dilakukan dengan cara menambahkan pelapis material lantai menyerap bunyi atau bersiat absorber. Material tersebut yang dijadikan rekomendasi pada alternatif ketiga tersebut yaitu material berat di atas lateks tak berpori dengan koefisien serap 0.39 pada frekuensi 500 Hz, 0.34 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.48 pada frekuensi 2000 Hz. Berikut hasil simulasi menggunakan material karpets di atas lateks tak berpori tersebut di ruang *ballroom*



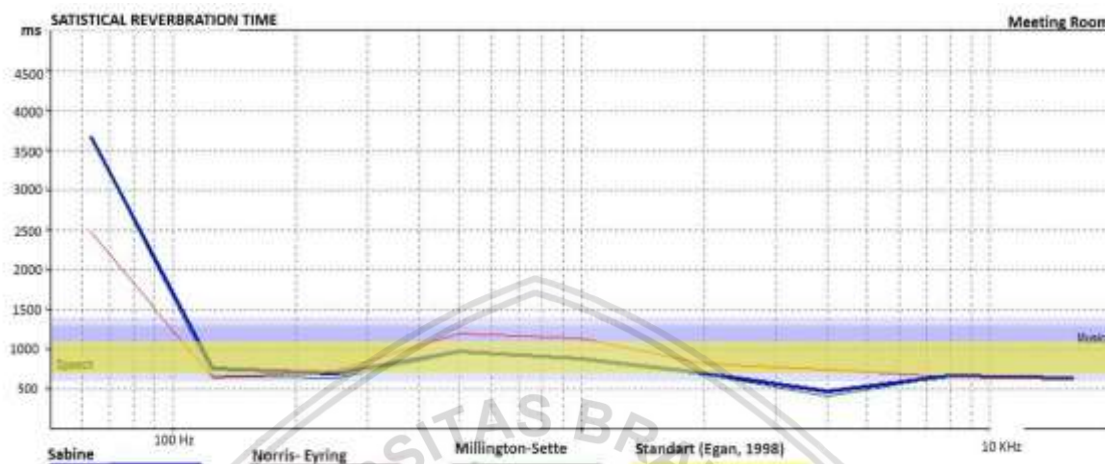
Gambar 4.117 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpets Berat di atas Lateks pada lantai *Ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RI (60)	NOR-ER RI (60)	MIL-SE RI (60)
63Hz:	58.786	7.08	6.23	8.89
125Hz:	562.455	2.30	1.42	2.24
250Hz:	612.957	1.82	1.58	1.79
500Hz:	229.780	2.34	2.80	2.47
1kHz:	449.531	1.75	2.60	1.73
2kHz:	729.948	1.34	1.92	1.25
4kHz:	825.252	1.20	1.88	1.08
8kHz:	59.901	2.11	2.14	2.24
16kHz:	60.558	1.94	1.95	2.05

Gambar 4.118 Data hasil rekomendasi penambahan material Karpets Berat di atas lateks pada lantai *Ballroom*

Hasil simulasi rekomendasi desain di atas, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 5.95 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.83 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.44 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi terdapat 2 frekuensi yang belum termasuk dalam kategori memenuhi syarat dari standart yang

telah ditentukan, yaitu frekuensi 500 Hz dan juga 2000 Hz, dimana selisih antara nilai hasil rekomendasi desain mengganti lantai dengan karpet di atas lateks tak berpori standart sudah mendekati. Kemudian, pada *meeting room* juga dilakukan penambahan material baru pada lantai dengan karpet di atas lateks tak berpori hingga menghasilkan nilai waktu dengung (*reverberation time*) sebagai berikut :



Gambar 4.119 Hasil rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet Berat di atas Karpet Lateks tak berpori pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	3.66	2.47	3.65
125Hz:	79.571	0.77	0.64	0.68
250Hz:	72.813	0.70	0.73	0.65
500Hz:	24.869	0.97	1.21	0.96
1kHz:	26.868	0.89	1.13	0.87
2kHz:	42.740	0.71	0.83	0.69
4kHz:	91.142	0.47	0.74	0.42
8kHz:	0.214	0.68	0.65	0.68
16kHz:	0.245	0.65	0.62	0.65

Gambar 4.120 Data hasil rekomendasi desain penambahan material Karpet Berat di atas Lateks pada lantai *Meeting Room*

Hasil dari pensimulasian menggunakan *Ecotect Analysis* pada lantai *meeting room* didapatkan penurunan hingga beberapa detik, yaitu 2.23 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.2 detik pada frekuensi 1000 Hz, 0.85 detik pada frekuensi 2000 Hz. Sehingga, pensimulasian menggunakan material jenis karpet di atas lateks tak berpori, mampu menurunkan hingga keseluruhan frekuensi pada ruang *meeting room* sesuai dengan standart yang telah ditentukan yaitu 0.7-1.1 detik (Egan, 1998).

Analisis

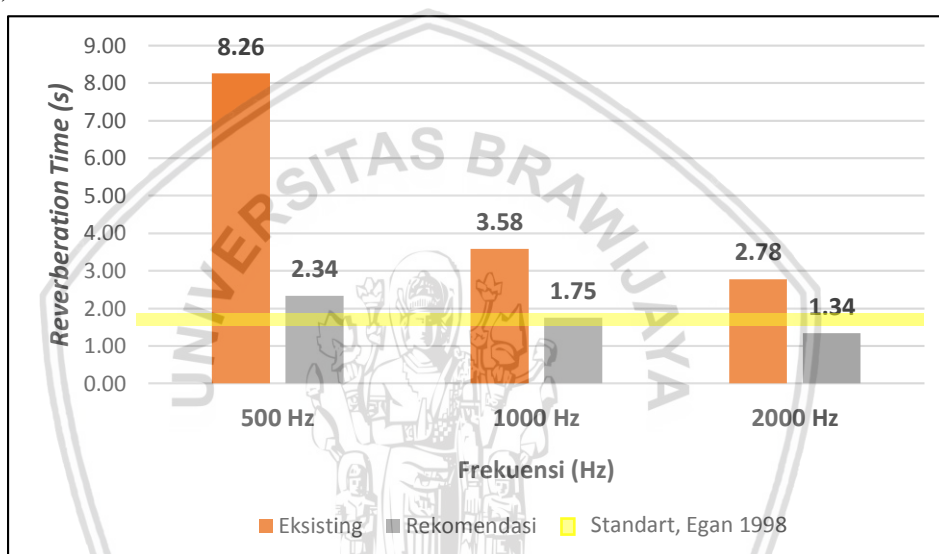
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis lantai berupa Karpet tebal di atas lateks tak berpori, didapatkan nilai RT (*reverberation time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 41

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis lantai material karpet tebal di atas lateks tak berpori

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	2.34	1.75	1.34

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material karpet tebal di atas lateks pada dinding, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang sebagian besar tiap frekuensi hasilnya memenuhi standart (Egan, 1998).



Gambar 4.121 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet di atas lateks pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut hanya salah satu frekuensi saja yang telah memenuhi standart waktu dengung yaitu pada frekuensi 1000 Hz, dan frekuensi lainnya masih belum mencapai standart dengan selisih 0.54 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.46 detik pada frekuensi 2000 Hz.

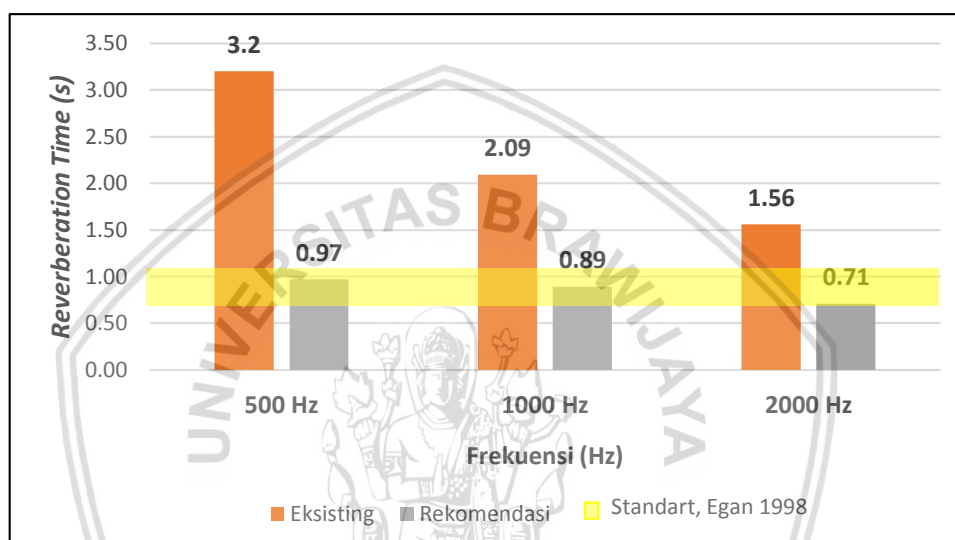
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material karpet tebal di atas lateks tak berpori pada lantai dan memiliki koefisien serap 0.39 pada frekuensi 500 Hz, 0.34 pada frekuensi 1000 Hz 0.48 pada frekuensi 2000 H dan nilai tersebut sudah dapat dikategorikan sebagai nilai koefisien yang cukup tinggi, hingga didapatkan penurunan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 42

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis lantai berupa karpet tebal di atas lateks tak berpori

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.97	0.89	0.71

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi alternatif tersebut dapat optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka standart

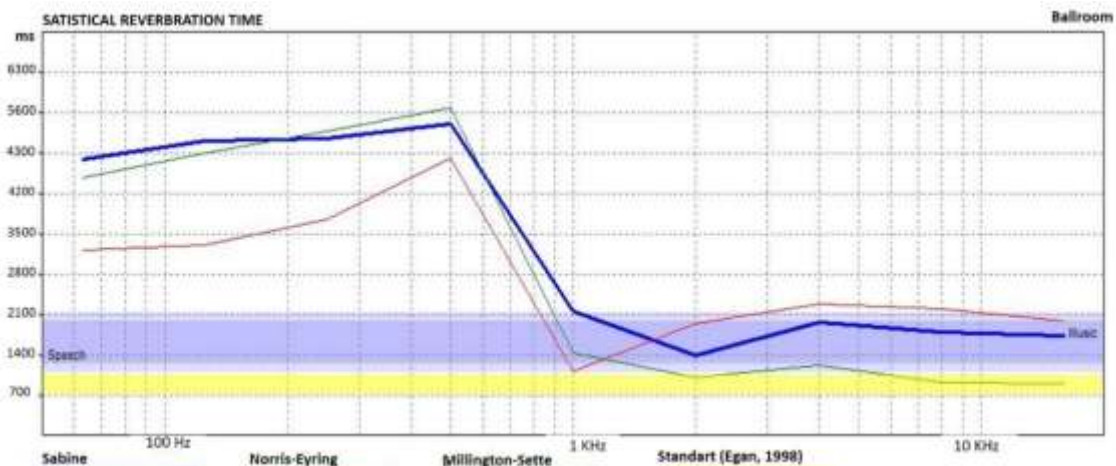


Gambar 4.122 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet tebal di atas lateks tak berpori pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan optimal hingga mencapai angka standart pada masing-masing frekuensinya dan dapat menjadi salah satu alternatif rekomendasi yang dapat diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

3. Karpet Karpet Ruang dalam-luar

Pensimulasian rekomendasi desain dengan bahan karpet yang lebih tipis dan koefisien serapnya juga lebih rendah dibanding kedua alternatif sebelumnya. Hal ini juga dilakukan pensimulasian pada material ini dikarenakan, untuk mengetahui pengaruh dari seluruh *range* atau interval koefisien dari nilai koefisien serap yang paling rendah, sedang dan yang paling tinggi dalam klasifikasi sifat elemen masing-masing pada *meeting room*. Berikut pensimulasian yang dilakukan sebagai alternatif rekomendasi desain untuk menurunkan waktu dengung (*reverberation time*) dengan bahan pelapis karpet ruang luar dalam, sebagai berikut :

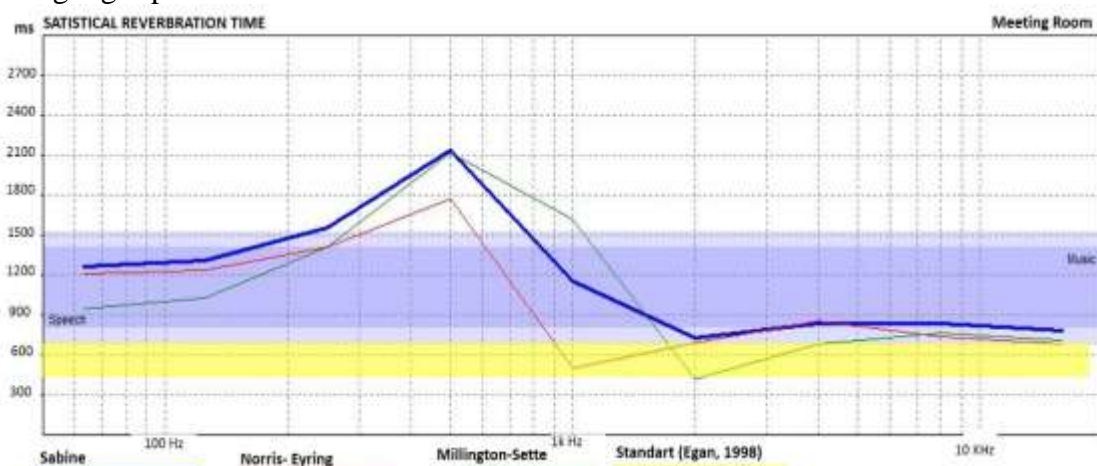


Gambar 4.123 Hasil grafik alternatif rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet ruang dalam- luar dalam *Ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	758.072	4.78	3.21	4.47
125Hz:	657.953	5.09	3.30	4.89
250Hz:	487.231	5.14	3.75	5.26
500Hz:	285.899	5.39	4.80	5.67
1kHz:	1530.780	2.15	1.11	1.44
2kHz:	2669.823	1.38	1.95	1.01
4kHz:	1600.943	1.97	2.28	1.23
8kHz:	1765.753	1.79	2.20	0.91
16kHz:	1773.222	1.73	1.99	0.90

Gambar 4.124 Data hasil simulasi menggunakan alternatif karpet ruang dalam pada lantai *ballroom*

Terlihat bahwa nilai di atas merupakan nilai dengan penurunan yang juga cukup signifikan dan optimal dikarenakan nilai koefisien serap yang dimiliki material karpet ruang luar-dalam juga lebih rendah dibandingkan kelompok material penyerap pada lantai lainnya. Sehingga terdapat beberapa frekuensi yang belum mencapai dan masih di atas nilai standart waktu dengung seperti pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz, sedangkan pada 2000 Hz nilai waktu dengungnya berada di bawah nilai standart. Kemudian pada *meeting room* juga disimulasikan hingga menghasilkan nilai waktu dengung seperti berikut :



Gambar 4.125 Hasil grafik alternatif rekomendasi desain penambahan lapisan material Karpet ruang dalam- luar pada lantai *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	105.425	1.27	1.21	0.95
125Hz:	96.746	1.31	1.24	1.03
250Hz:	60.770	1.56	1.41	1.41
500Hz:	16.492	2.13	1.77	2.11
1kHz:	74.245	1.15	0.50	1.62
2kHz:	149.507	0.73	0.69	0.43
4kHz:	104.037	0.84	0.86	0.68
8kHz:	73.084	0.84	0.74	0.77
16kHz:	79.487	0.79	0.69	0.71

Gambar 4.126 Data hasil simulasi alternatif karpet ruang dalam yang diterapkan dalam lantai *meeting room*

Hasil simulasi pada frekuensi 2000 Hz tepat berapa dalam *range* waktu dengung untuk ruang *meeting room*, namun frekuensi lainnya masih belum masuk dalam *range* nilai standart waktu dengung yang sudah ditentukan. Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *meeting room* dan *ballroom* di atas menggunakan pelapis lantai karpet ruang dalam dengan koefisien serap 0.1 pada frekuensi 500 Hz, 0.20 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.45 pada frekuensi 2000 Hz. Dapat menurunkan nilai waktu dengung hingga rata-rata sekitar 0.95 detik pada ruang *meeting room* dengan klasifikasi penurunan 1.62 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.71 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting.

Analisis

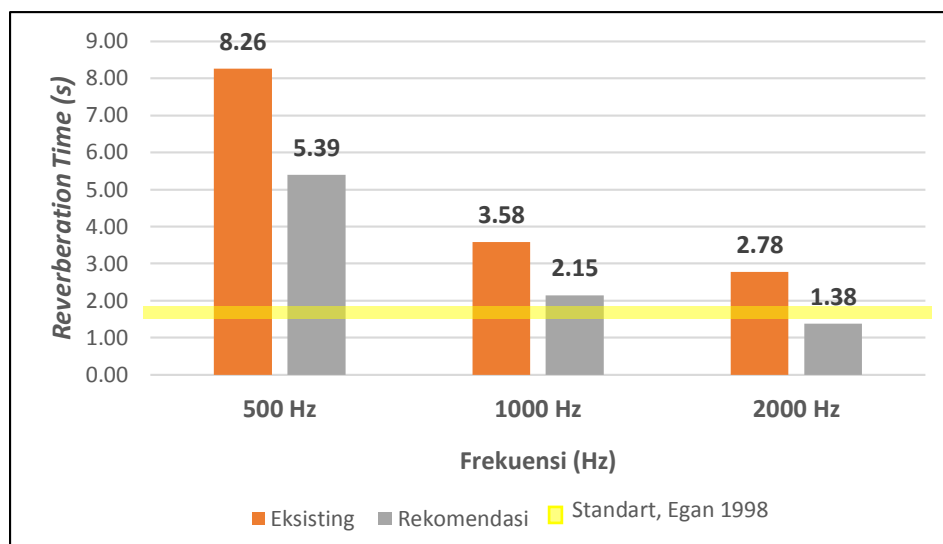
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis lantai berupa Karpet tebal di atas lateks tak berpori, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 43

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis lantai material karpet ruang luar-dalam

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	5.39	2.15	1.38

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan material karpet tebal diatas lateks pada dinding, didapatkan penurunan nilai waktu dengung belum frekuensi yang telah memenuhi standart dan hanya saja mendekati nilai standart waktu dengung saja. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 3.59 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.05 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.22 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.127 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif dengan pelapis lantai material karpet ruang luar-dalam pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut tidak terdapat satupun yang memenuhi nilai standart, tetapi hanya mendekati nilai standart waktu dengung saja.

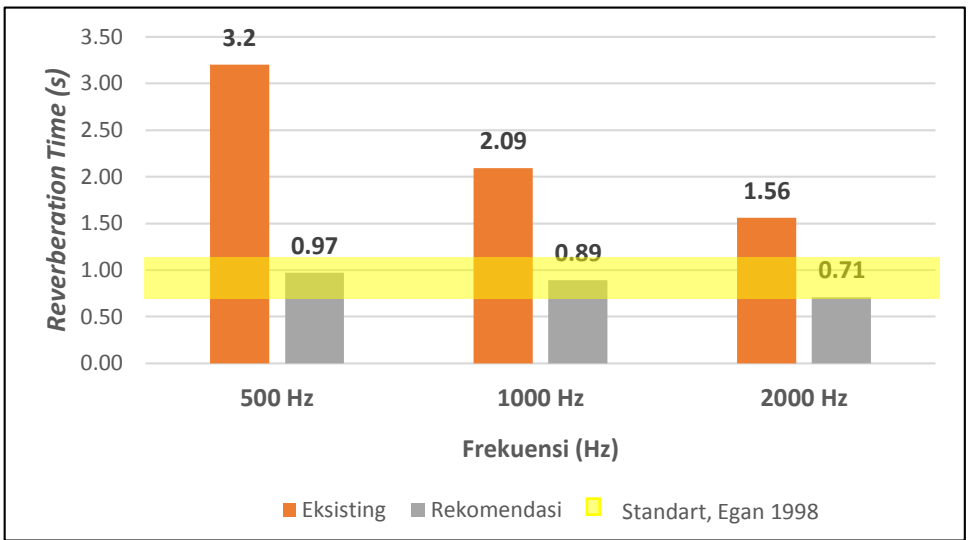
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan pelapisan material karpet tebal di atas lateks tak berpori pada lantai dan memiliki koefisien serap 0.1 pada frekuensi 500 Hz, 0.2 pada frekuensi 1000 Hz 0.45 pada frekuensi 2000 Hz, nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 44

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis lantai berupa karpet ruang luar-dalam

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7 - 1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.54
Rekomendasi	0.97	0.89	0.71

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi alternatif tersebut dapat optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka standart



Gambar 4.128 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet ruang luar-dalam pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan optimal hingga mencapai angka standart pada masing-masing frekuensinya dan dapat menjadi salah satu alternatif rekomendasi yang dapat diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

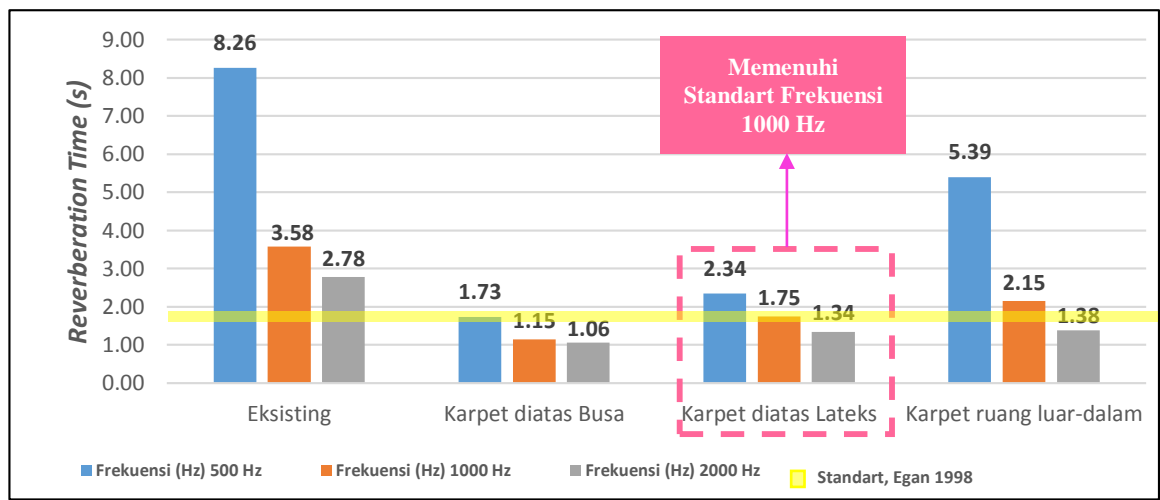
Analisis Perbandingan antar Alternatif pelapis Lantai

Berdasarkan pensimulasian beberapa jenis pelapis lantai, dibutuhkan klasifikasi lainnya yang lebih baik di antara ketiga jenis karpet, Untuk itu perlu dilakukan pengklasifikasian dan penentuan dari beberapa material yang telah dicoba untuk disimulasikan, sebagai berikut :

Tabel 45
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif lantai

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Alternatif 1</i> (Karpet di atas Busa)	1.73	1.15	1.06
<i>Alternatif 2</i> (Karpet di atas lateks tak berpori)	2.34	1.75	1.34
<i>Alternatif 3</i> (Karpet ruang dalam-luar)	5.39	2.15	1.38

Nilai perbandingan tabel di atas menggambarkan bahwa hanya terdapat pada frekuensi tertentu saja pada *ballroom* yang telah memasuki nilai standart yang ditentukan, yaitu pada frekuensi 500 Hz dengan material karpet di atas busa serta frekuensi 1000 Hz dengan material karpet tebal di atas lateks tak berpori. Hal ini juga dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut :



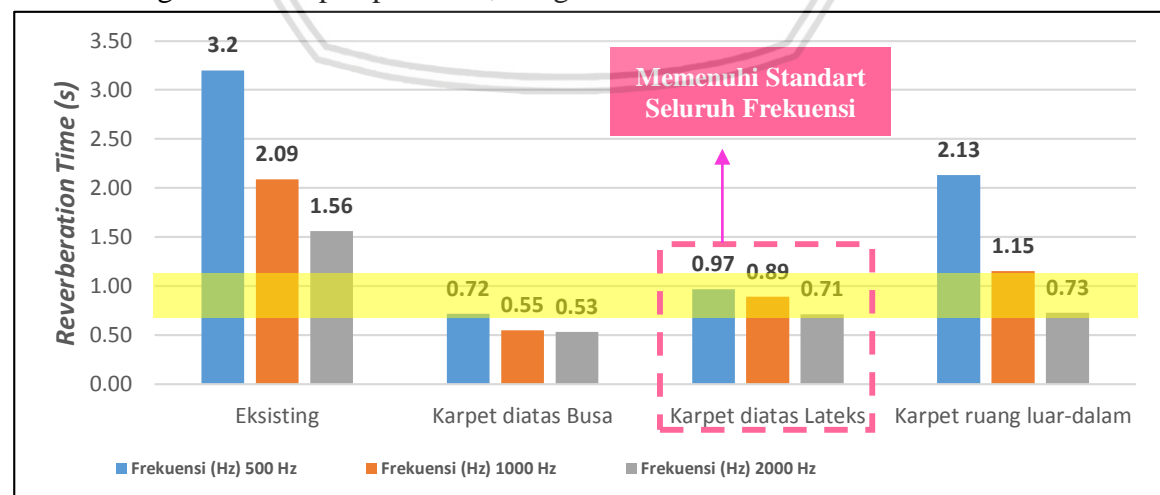
Gambar 4.129 Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada Ballroom

Seluruh sisi ruangan juga membutuhkan material penyerap pada lantai. Hasil perbandingan tersebut dihasilkan yang paling baik dan optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung yaitu karpets di atas lateks. Sedangkan pada meeting room dihasilkan nilai bandingan sebagai berikut :

Tabel 46 Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting Meeting Room dengan Simulasi Rekomendasi

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7-1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.56
Alternatif 1 (Karpets di atas Busa)	0.72	0.55	0.53
Alternatif 2 (Karpets di atas lateks tak berpori)	0.97	0.89	0.71
Alternatif 3 (Karpets ruang dalam-luar)	2.13	1.15	0.73

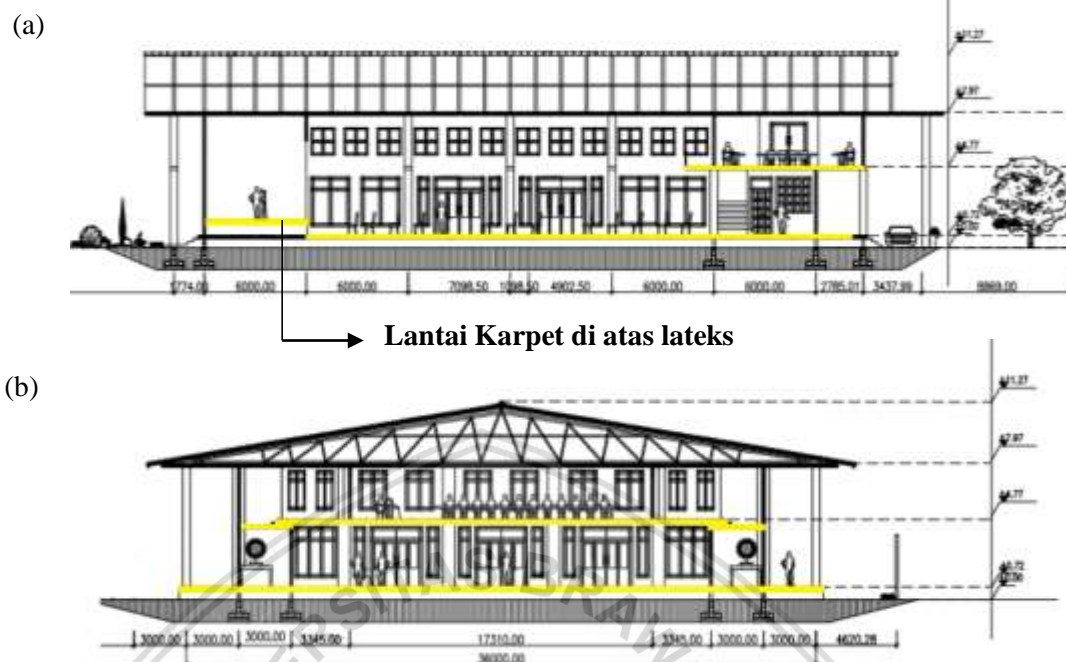
Pengelompokan tabel di atas juga disajikan dalam bentuk diagram perbandingan antara ketiga alternatif pelapis lantai, sebagai berikut :



Gambar 4.130 Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada Meeting room



Hal ini juga dapat dilihat melalui detail potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) ruang dalam dari kedua ruang tersebut, di antaranya sebagai berikut :



Gambar 4.131 Potongan detail alternatif satu lantai karpet tebal di atas lateks tak berpori (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan pelapis material karpet tebal di atas lateks tak berpori pada lantai yang merupakan alternatif ketiga dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada perspektif visualisasi 3D, sebagai berikut :



Gambar 4.132 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D juga terlihat yang telah diberikan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai, sebagai berikut :



Gambar 4.133 Perspektif Visualisasi 3D pada *Meeting Room* setelah diberikan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai

Terlihat perbedaan visualisasi 3D perbedaan antara kondisi eksisting awal dengan hasil rekomendasi setelah diberi material baru berupa karpet di atas lateks tak berpori pada lantai kedua ruangan tersebut.

4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-4

Alternatif ini yaitu alternatif antara kombinasi elemen yang membutuhkan sifat pemantul dan sifat absorber,. Hal ini bertujuan untuk mengurangi adanya kecenderungan sifat elemen bangunan baik sebagai pemantul maupun reflektor, untuk itu adanya alternatif kombinasi antar sifat keduanya tentu sangat diperlukan. Elemen yang akan dikombinasikan untuk simulasi adalah elemen dinding dengan plafond dan juga lantai sebagai absorber dengan plafon sebagai reflector. Material yang dikombinasi adalah material-material yang sebelumnya telah disimulasikan dan dipilih dengan koefisienn yang mendekati standart. Material tiap-tiap elemen yang memenuhi standart waktu dengung untuk diterapkan pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo adalah sebagai berikut :

Tabel 47

Hasil pensimulasian terbaik oleh setiap elemen pelingkup bangunan

DINDING	PLAFOND	LANTAI
<i>Softboard 13 mm</i>	<i>Plywood</i>	Karpet di atas Lateks
Absorber	Reflektor	Absorber

1) Dinding *softboard* dan Plafond *Plywood*

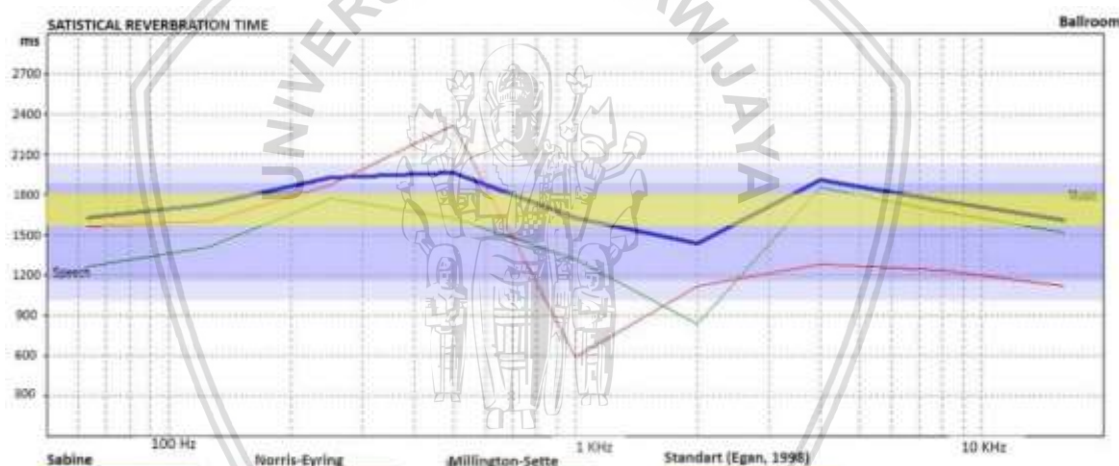
Pensimulasian kombinasi pada dinding dan plafond merupakan, pensimulasiaian yang bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi ruangan terhadap munculnya bahan absorber dan reflektor. Material *Softboard* dan *plywood* memiliki koefisien serap, sebagai berikut :

Tabel 48

Koefisien Serap Material Komninas

Jenis Material	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Softboard</i>	0.3	0.3	0.3
<i>Plywood</i> tebal 3/8	0.17	0.09	0.10

Dinding *softboard* dan plafond *plywood* disimulasikan kepada ruang- ruang *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo menggunakan *software Ecotect Anlysis 2011*, dan menghasilkan perhitungan simulasi sebagai berikut :

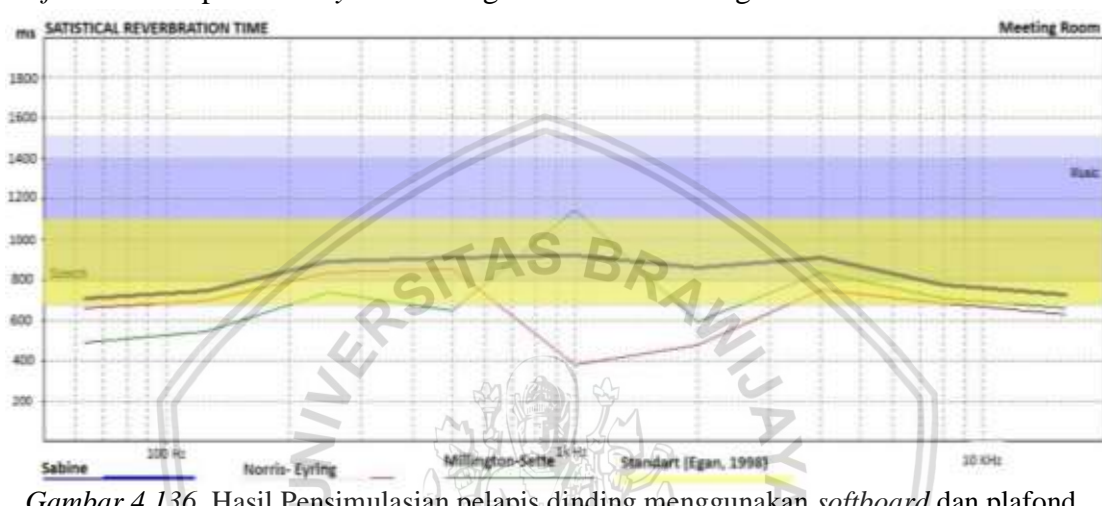


Gambar 4.134 Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan *softboard* dan plafond *Plywood* pada *Ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1280.165	1.63	1.56	1.27
125Hz:	1156.885	1.73	1.60	1.41
250Hz:	851.548	1.93	1.87	1.77
500Hz:	670.902	1.96	2.31	1.63
1kHz:	879.592	1.63	0.59	1.32
2kHz:	1032.213	1.43	1.12	0.84
4kHz:	533.306	1.91	1.28	1.85
8kHz:	581.678	1.75	1.24	1.67
16kHz:	626.329	1.61	1.12	1.52

Gambar 4.135 Data Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan *softboard* dan plafond *Plywood* pada *Ballroom*

Pensimulasian di atas terlihat bahwa dari pensimulasian eksisting dan setelah dikombinasikan dengan kedua bahan tersebut terjadi penurunan nilai waktu dengung yaitu 6.3 detik pada frekuensi 500 Hz , 1.95 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.35 detik pada frekuensi 2000 Hz. Selain mengakibatkan penurunan yang cukup signifikan, pensimulasian kedua elemen tersebut dengan material yang berbeda mengakibatkan terdapat salah satu frekuensi yang memenuhi standart pada *ballroom*, yaitu pada frekuensi 1000 Hz. Sedangkan pada *meeting room*, kombinasi dua antara dinding *softboard* dan plafond *Plywood* menghasilkan nilai sebagai berikut :



Gambar 4.136 Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan *softboard* dan plafond *Plywood* pada *Meeting Room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	183.611	0.71	0.66	0.49
125Hz:	168.916	0.75	0.70	0.54
250Hz:	120.909	0.89	0.84	0.74
500Hz:	101.896	0.91	0.89	0.65
1kHz:	93.628	0.92	0.38	1.15
2kHz:	96.244	0.86	0.48	0.59
4kHz:	71.334	0.91	0.75	0.84
8kHz:	73.084	0.77	0.68	0.71
16kHz:	79.487	0.73	0.63	0.66

Gambar 4.137 Data Hasil Pensimulasian pelapis dinding menggunakan *softboard* dan plafond *Plywood* pada *Meeting Room*

Pensimulasian dinding sebagai absorber dan plafond sebagai reflektor menghasilkan nilai waktu.17 detik pada frekuensi 1000 Hz, 0.7 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil waktu dengung dari keseluruhan frekuensi menghasilkan nilai yang juga menurunkan nilai waktu dengung dengan optimal hingga **mencapai nilai standart** pada seluruh frekuensi, dari frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan juga 2000 Hz.

Analisis

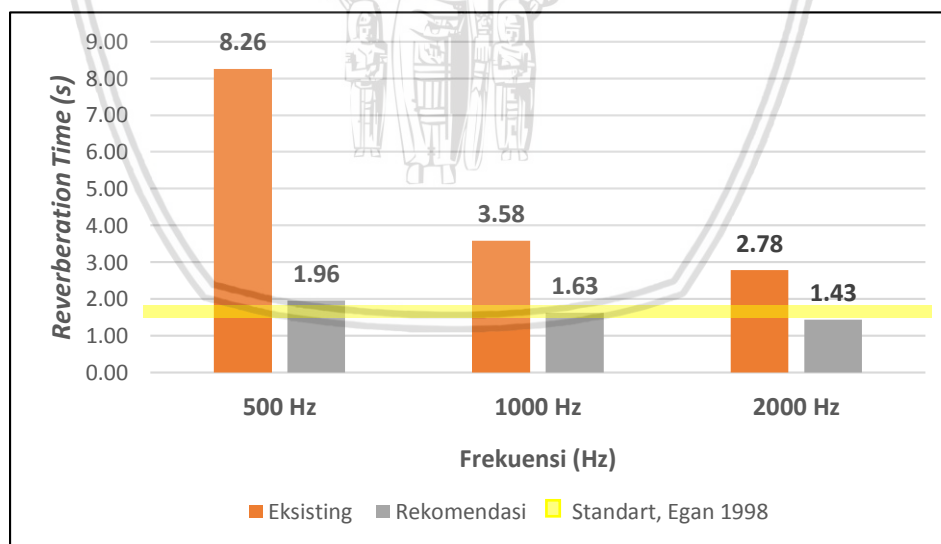
Berdasarkan hasil simulasi alternatif keempat dengan mengkombinasikan antara pelapis dinding sebagai bahan absorber yaitu *softboard* dan plafond sebagai reflektor yaitu *plywood*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 49

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan kombinasi pelapis dinding *softboard* dengan plafond *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.96	1.63	1.43

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan kombinasi material *softboard* pada dinding dan *plywood* pada plafond *ballroom*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung salah satu frekuensi yang telah memenuhi standart yaaitu pada frekuensi 1000 Hz. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.16 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.138 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif kombinasi pelapis dinding *softboard* dengan plafond *plywood* pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut terdapat satu frekuensi yang memenuhi nilai standart, yaitu frekuensi 1000 Hz dengan nilai 1.63 detik.

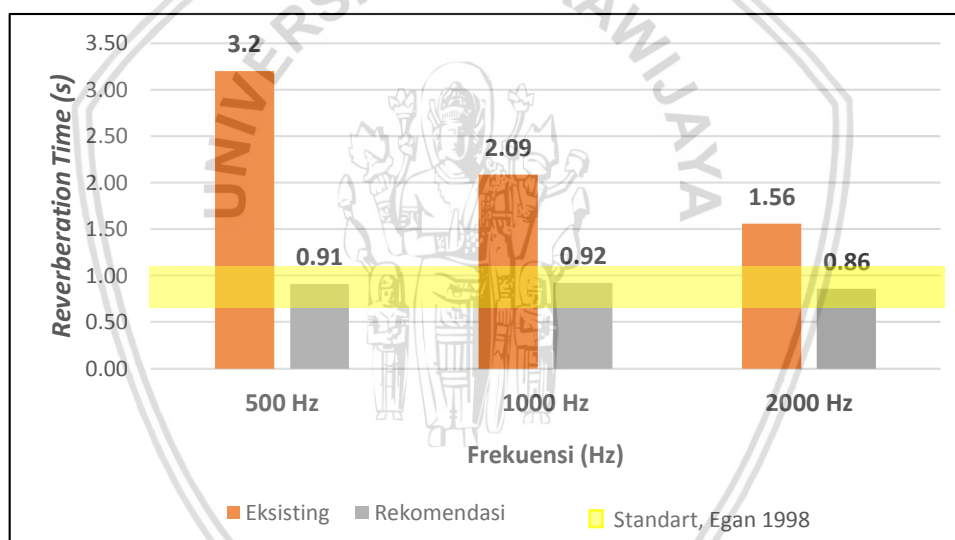
Sedangkan pada *meeting room*, dengan kombinasi pelapisan dinding *softboard* dengan plafond *plywood* yang memiliki sifat absorber pada dinding dan reflektor pada plafond, didapatkan hasil yang dapat pula menurunkan waktu dengung pada *meeting room* sebagai berikut :

Tabel 50

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan kombinasi dinding *softboard* dengan plafond *plywood*

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.91	0.92	0.86

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi alternatif tersebut dapat optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka standart

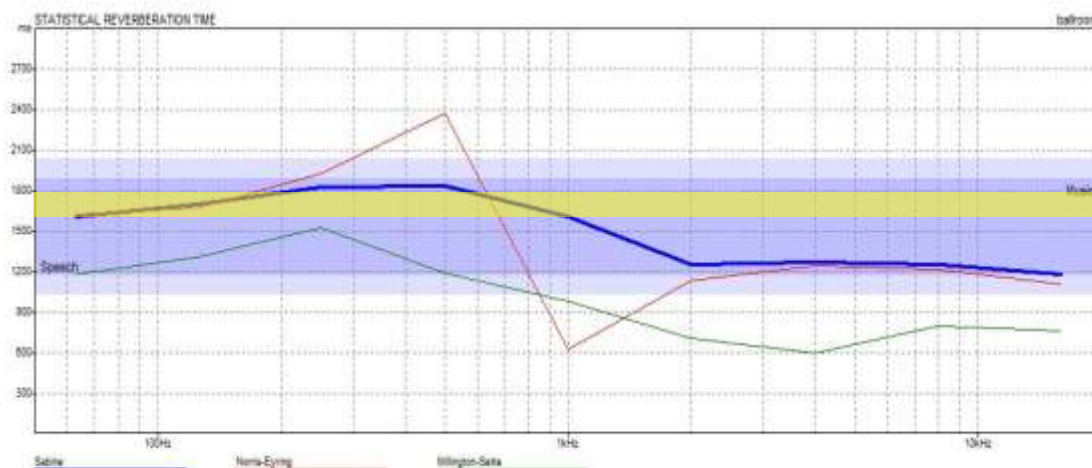


Gambar 4.139 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet ruang luar-dalam pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan optimal hingga mencapai angka standart pada masing-masing frekuensinya dan dapat menjadi salah satu alternatif rekomendasi yang dapat diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

2) Lantai Karpet berat di atas Lateks dan Plafond Plywood

Pensimulasian lantai sebagai absorber dan plafond sebagai reflektor menghasilkan nilai waktu dengung yang mengalami penurunan cukup signifikan juga pada seluruh frekuensi. Pensimulasian dengan kombinasi tersebut menghasilkan perhitungan sebagai berikut :



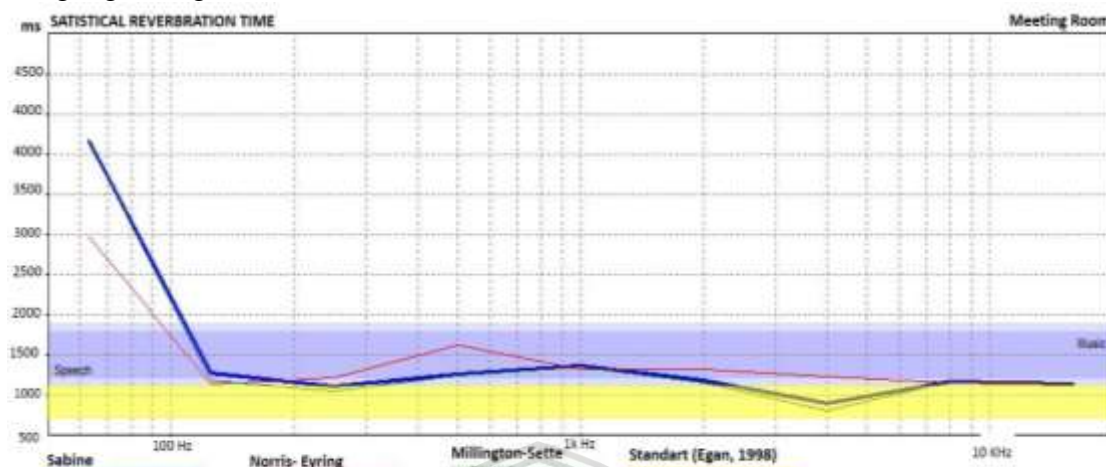
Gambar 4.140 Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet diatas Lateks dan plafond *Plywood* pada *Ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1396.568	1.60	1.62	1.18
125Hz:	1273.288	1.69	1.67	1.31
250Hz:	1006.752	1.82	1.93	1.53
500Hz:	833.866	1.84	2.37	1.19
1kHz:	988.235	1.61	0.62	0.98
2kHz:	1396.943	1.25	1.13	0.71
4kHz:	1293.737	1.27	1.24	0.59
8kHz:	1280.029	1.25	1.22	0.80
16kHz:	1324.674	1.18	1.10	0.76

Gambar 4.141 Data Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond *Plywood* pada *Ballroom*

Pensimulasian lantai sebagai absorber dan plafond sebagai reflektor menghasilkan nilai waktu dengung yang mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan selisih dari kondisi awal, yaitu 6.42 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.97 detik pada frekuensi 1000 Hz serta 1.53 detik pada frekuensi 2000 Hz. Terlihat pada frekuensi 1000 Hz mengalami penurunan hingga mencapai standart, sedangkan pada frekuensi 500 Hz dan 2000 Hz telah mengalami penurunan meskipun tidak mencapai standart waktu dengung yaotu 1.6-1.8 detik (Egan, 1998). Sedangkan pada ruang *meeting room*, kombinasi antara penggunaan lantai dengan pelapis material karpet di atas lateks tak berpori yang memiliki sifat sebagai absorber dengan plafond *plywood* yang memiliki sifat sebagai reflektor, tentunya dapat menghasilkan keseimbangan sifat yang tidak cenderung pada suatu sifat saja untuk di dalam ruangan tersebut. Hal ini dikarenakan apabila pada salah satu ruang terdapat dominasi sifat absorber saja, maka kemungkinan ruangan akan memiliki nilai waktu dengung yang sangat rendah dan ruangan akan terasa mati. Begitu pun sebaliknya, apabila ruangan lebih dominan terhadap sifat relector atau pemantul, maka ruangan akan menimbulkan cacat akustik berupa waktu dengung yang berkepanjangan. Untuk itu dilakukanlah kombinasi pada ruang *meeting room* juga

meskipun ukuran ruang tersebut termasuk kecil, dan dapat menghasilkan nilai waktu dengung, sebagai berikut :



Gambar 4.142 Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond *Plywood* pada *Meeting Room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	0.450	3.66	2.47	3.65
125Hz:	78.023	0.78	0.64	0.69
250Hz:	91.392	0.60	0.72	0.55
500Hz:	46.785	0.77	1.13	0.75
1kHz:	29.483	0.86	0.82	0.85
2kHz:	47.385	0.68	0.83	0.66
4kHz:	125.204	0.39	0.74	0.31
8kHz:	0.214	0.68	0.65	0.68
16kHz:	0.245	0.65	0.62	0.65

Gambar 4.142 Data Hasil Pensimulasian pelapis lantai menggunakan Karpet di atas Lateks dan plafond *Plywood* pada *Meeting Room*

Pensimulasian lantai dan plafond dengan bahan material *plywood* dengan *softboard* dapat menghasilkan nilai waktu dengung yang mengalami penurunan yang cukup signifikan dari kondisi awal, yaitu 2.43 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.23 detik pada frekuensi 1000 Hz serta 1.88 detik pada frekuensi 2000 Hz. Terlihat pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz mengalami penurunan hingga mencapai standart dengan nilai 0,77 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.86 pada frekuensi 1000 Hz. Sedangkan pada frekuensi 2000 Hz telah mengalami penurunan meskipun tidak mencapai standart waktu dengung yang telah ditentukan yaitu dengan nilai 0.68 detik, hal ini dikarenakan selain nilai koefisien yang dimiliki masing-masing frekuensi berbeda, dapat pula dipengaruhi oleh adanya koefisien serap udara yang dimiliki antara 1000 Hz dan 2000 Hz berbeda.

Analisis

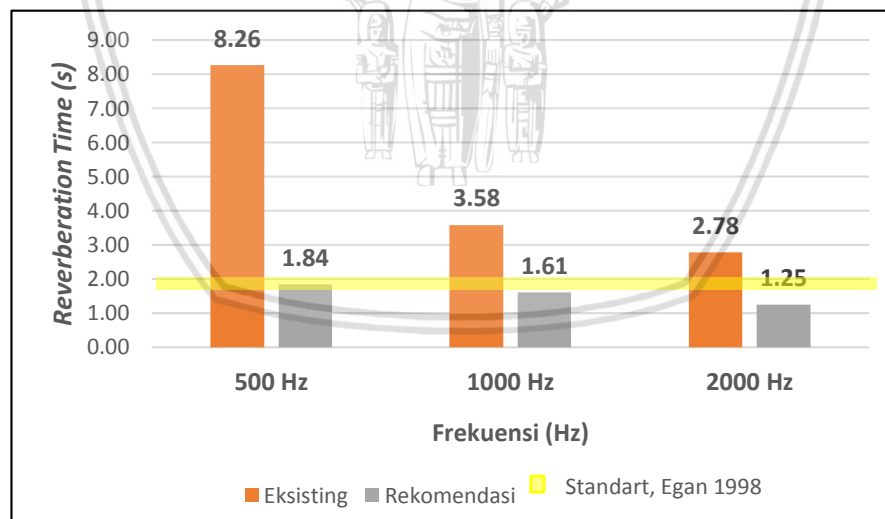
Berdasarkan hasil simulasi alternatif keempat dengan mengkombinasikan antara pelapis lantai sebagai bahan absorber yaitu karpet di atas lateks tak berpori dan plafond sebagai reflektor yaitu *plywood*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 51

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan kombinasi pelapis lantai karpet diatas lateks tak berpori dengan plafond *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.84	1.61	1.25

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan kombinasi material karpet di atas lateks tak berpori pada lantai dan *plywood* pada plafond *ballroom*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung salah satu frekuensi yang telah memenuhi standart yaitu pada frekuensi 1000 Hz. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.04 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.35 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.143 Grafik perbandingan antara simulasi dengan alternatif kombinasi pelapis lantai karpet diatas lateks dengan plafond *plywood* pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut terdapat satu frekuensi yang memenuhi nilai standart, yaitu frekuensi 1000 Hz dengan nilai 1.61 detik.

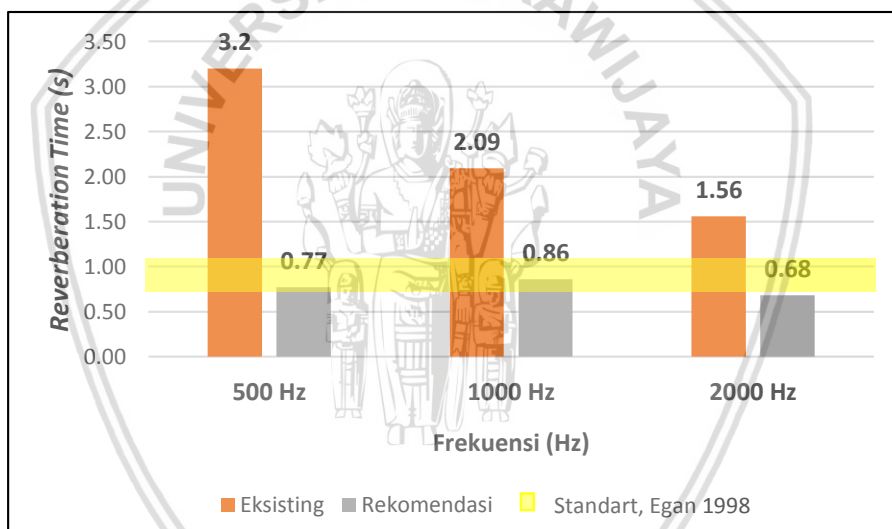
Sedangkan pada *meeting room*, dengan kombinasi pelapisan lantai karpet di atas lateks dengan plafond *plywood* yang memiliki sifat absorber pada lantai dan reflektor pada plafond, didapatkan hasil yang dapat pula menurunkan waktu dengung pada *meeting room* sebagai berikut :

Tabel 52

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan kombinasi lantai karpet diatas lateks dengan plafond *plywood*

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.77	0.86	0.68

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi alternatif tersebut dapat optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka standart.



Gambar 4.144 Grafik perbandingan antara eksisting dengan alternatif pelapis lantai karpet di atas ateks dan *plywood* pada plafond *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan optimal hingga mencapai angka standart pada beberapa frekuensinya, yaitu pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz yaitu pada nilai 0.77 detik pada frekuensi 500 Hz dan 0.86 detik pada frekuensi 1000 Hz. Sedangkan, pada frekuensi 2000 Hz belum mencapai angka standart dan hanya terdapat pada nilai 0.68 detik.

Analisis Perbandingan antar Alternatif Kombinasi

Berdasarkan pensimulasian kombinasi antara material yang bersifat absorber pada dinding dan lantai yang dipadukan dengan material bersifat reflektor menghasilkan nilai waktu dengung yang seimbang antara bahan reflektor dan absorber dalam ruangan.

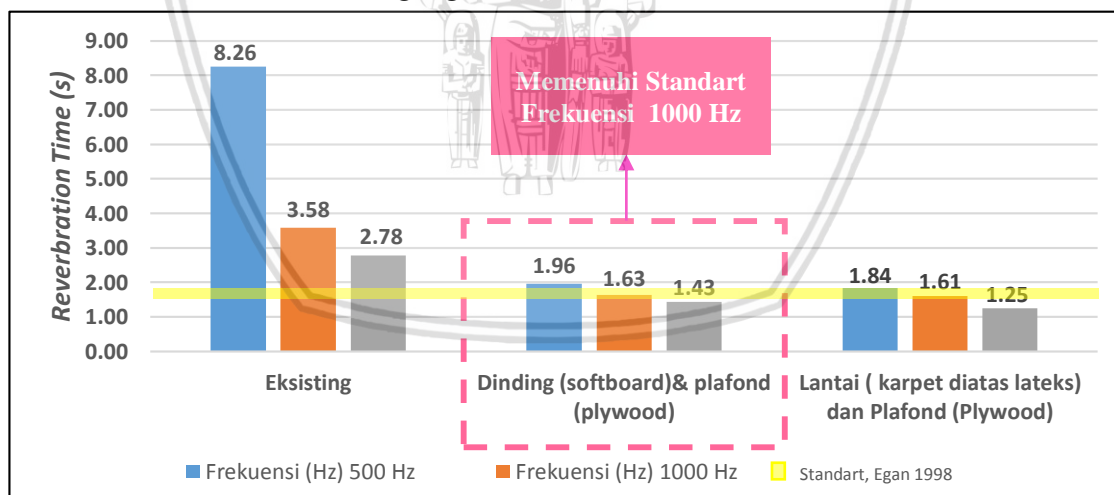
Untuk itu perlu dilakukan pengklasifikasian dan penentuan dari beberapa material yang telah dicoba untuk disimulasikan, sebagai berikut :

Tabel 53

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif kombinasi

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	1.6 - 1.8		
Eksisting	8.26	3.58	2.78
Alternatif 1			
<i>Dinding softboard & Plafond Plywood</i>	1.96	1.63	1.43
Alternatif 2			
<i>Lantai Karpet diatas lateks tak berpori & Plafond Plywood</i>	1.84	1.61	1.25

Nilai perbandingan tabel di atas menggambarkan bahwa hanya terdapat pada frekuensi tertentu saja pada *ballroom* yang telah memasuki nilai standart yang ditentukan, yaitu pada frekuensi 1000 Hz pada masing masing alternatif. Namun hasil rata-rata selisih dengan standart yang ditentukan, alternatif kombinasi antara plafond *plywood* dengan dinding *softboard* lebih sedikit selisih nilai waktu dengungnya. Hal ini mengasrtikan bahwa alternatif kombinasi antara dinding dengan plafond telah mendekati standart waktu dengung :



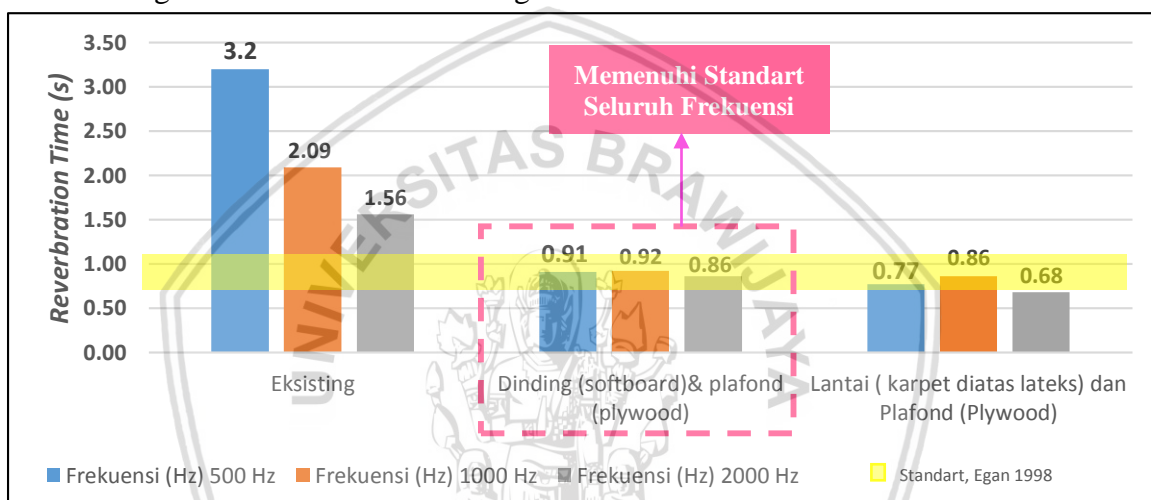
Gambar 4.145 Perbandingan dari masing-masing alternatif material lantai pada *Ballroom*

Seluruh sisi ruangan juga membutuhkan material penyerap pada lantai. Hasil perbandingan tersebut dihasilkan yang paling baik dan optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung yaitu kombinasi dinding dengan plafond. Sedangkan pada *meeting room* dihasilkan nilai perbandingan sebagai berikut :

Tabel 54
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif kombinasi

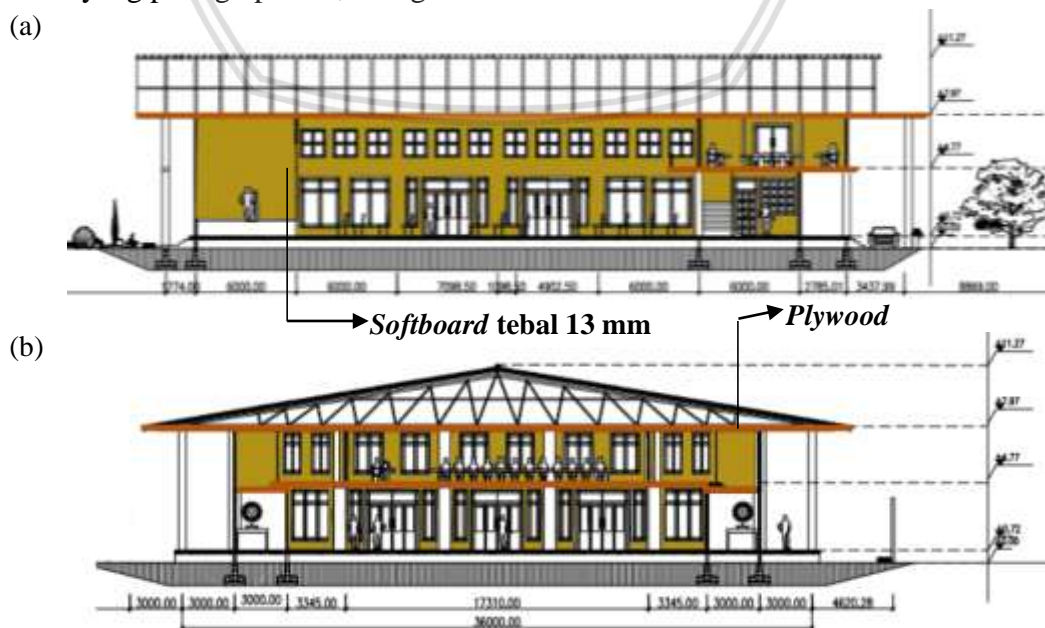
Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7-1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.56
Alternatif 1			
Dinding <i>softboard</i> & Plafond Plywood	0.91	0.92	0.86
Alternatif 2			
Lantai Karpot diatas lateks tak berpori & Plafond Plywood	0.77	0.86	0.68

Pengelompokan tabel di atas juga disajikan dalam bentuk diagram perbandingan antara ketiga alternatif kombinasi sebagai berikut :



Gambar 4.146 Perbandingan dari masing-masing alternatif kombinasi pada *Meeting room*

Hal ini juga dapat dilihat melalui detail potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) alternatif yang paling optimal, sebagai berikut :



Gambar 4.147 Potongan detail alternatif kombinasi dinding *softboard* dengan plafond *plywood* (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan pelapis dinding *softboard* dengan plafond *plywood* yang merupakan alternatif keempat dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada perspektif visualisasi 3D, sebagai berikut :



Gambar 4.148 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood*

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D juga terlihat yang telah diberikan pelapis kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood*, sebagai berikut :



Gambar 4.149 Perspektif Visualisasi 3D pada *Meeting Room* setelah diberikan pelapis kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood*

Terlihat perbedaan visualisasi 3D perbedaan antara kondisi eksisting awal dengan hasil rekomendasi setelah diberi material baru berupa kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood*.

4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-5 (Dinding Bergerigi)

Simulasi dinding bergerigi bertujuan sebagai diffuser suara, material yang diterapkan pada dinding bergerigi ini juga cenderung ke bahan absorber dan diletakkan hanya pada area dinding samping saja, hal ini difungsikan sebagai diffuser, agar suara dari penyaji dapat terdistribusi dengan baik hingga pada penonton bagian belakang. Dinding bahan material absorber diterapkan pada area atas dinding bergerigi dan di bawahnya tetap dibuat seperti kondisi eksisting karena bahan material yang digunakan pada eksisting sudah bersifat reflektor.

Dinding bergerigi bagian atas dinding samping, mengikuti modul jendela

Dinding, jendela, kolom tetap menggunakan material eksisting, dan sebagai reflektor



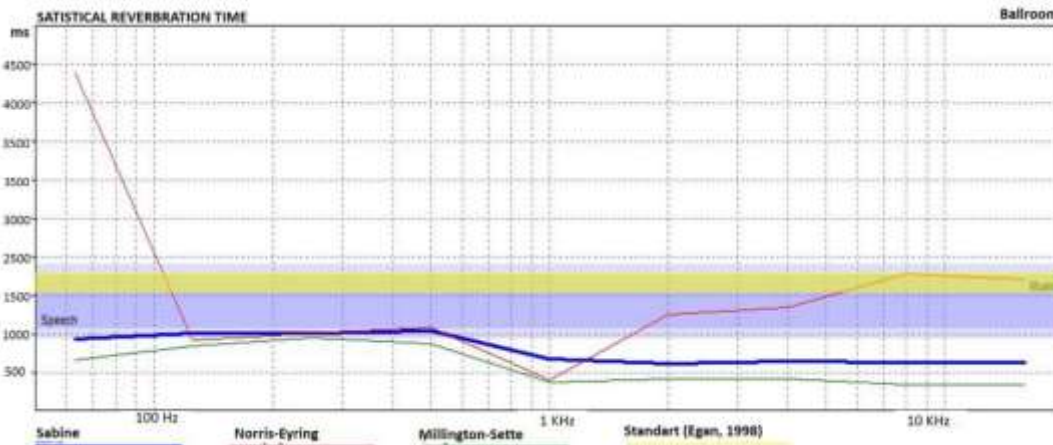
Gambar 4.150 Visualisasi konsep dinding bertrap

Selain itu apabila, banyak bahan penyerap di dinding bagian samping, maka suara yang dari penyaji tidak akan terdistribusikan dengan baik, dan akan mengalami cacat akustik atau ruangan terkesan mati akibat penyerapan yang terlalu dominan. Untuk itu dibutuhkan rekomendasi kombinasi antara absorber, reflektor dan diffuser.

Berikut material-material absorber yang diaplikasikan menggunakan bentuk bergerigi;

1) Karpet Berat pada papan berserat mineral

Kombinasikan dengan material eksisting yang bersifat sebagai reflektor dengan material absorber dan juga tambahan bentuk sebagai diffuser, sehingga kombinasi tersebut untuk mengontrol atau mencegah salah satu sifat material yang dominan. Berikut perhitungan dinding bergerigi sebagai diffuser dengan bahan absorber:



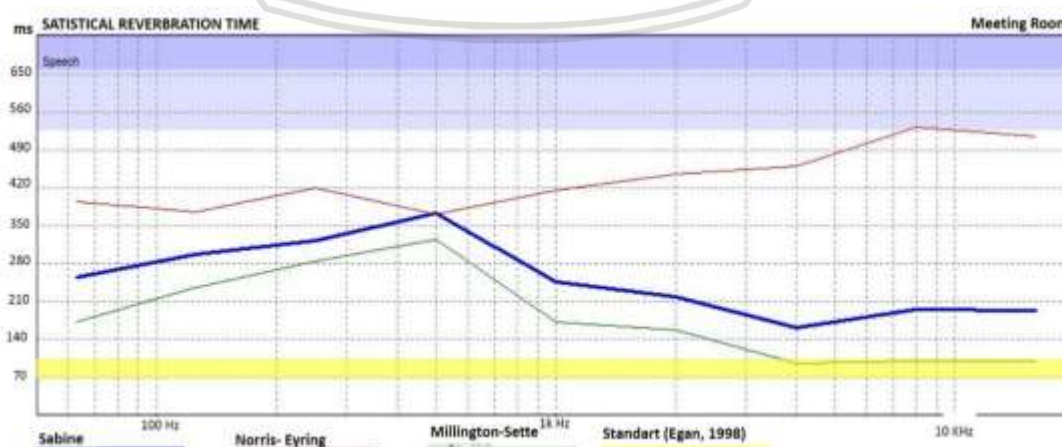
Gambar 4.151 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *perforated mineral fiberboard* pada *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1122.873	0.94	4.38	0.65
125Hz:	1024.954	1.00	0.91	0.84
250Hz:	797.973	1.01	1.01	0.94
500Hz:	710.136	1.03	1.09	0.88
1kHz:	1330.268	0.68	0.40	0.37
2kHz:	1469.194	0.61	1.25	0.42
4kHz:	1401.454	0.65	1.35	0.41
8kHz:	1436.655	0.64	1.78	0.34
16kHz:	1437.287	0.63	1.71	0.33

Gambar 4.152 Data Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *perforater mineral fiberboard* pada *ballroom*

Hasil pensimulasian bentuk dinding bergerigi menggunakan material absorber menghasilkan penurunan nilai 7.23 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.9 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 2.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil pensimulasian tersebut memang menurunkan nilai waktu dengung dengan sangat signifikan. Namun, hasil tersebut mengakibatkan nilai waktu dengung berada di bawah angka standart sehingga dapat menghasilkan ruang yang terasa mati, dan dapat mengakibatkan kecacatan akustik, seperti ketidakjelasan suara yang berasal dari penyaji hingga ke area terjauh dari penonton.

Sedangkan pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo adanya dinding bergerigi yang digabungkan oleh material absorber juga mengalami penurunan yang cukup signifikan, akan tetapi penurunan tersebut mengakibatkan ruangan terasa mati. Hal ini dikarenakan nilai waktu dengung yang dihasilkan pada seluruh frekuensi berada di bawah standart waktu dengung dan menghasilkan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.153 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *perforater mineral fiberboard* pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	169.143	0.26	0.39	0.17
125Hz:	141.868	0.30	0.37	0.23
250Hz:	107.128	0.32	0.42	0.28
500Hz:	80.661	0.37	0.37	0.32
1kHz:	145.253	0.25	0.42	0.17
2kHz:	163.962	0.22	0.45	0.16
4kHz:	242.923	0.16	0.46	0.10
8kHz:	190.258	0.20	0.53	0.10
16kHz:	190.277	0.19	0.52	0.10

Gambar 4.154 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *perforater mineral fiberboard* pada *meeting room*

Hasil pensimulasian bentuk dinding bergerigi menggunakan material absorber menghasilkan nilai penurunan 2.83 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.84 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.34 detik pada frekuensi 2000 Hz. Penurunan tingkat nilai waktu dengung pada pensimulasian dinding bergerigi yang dilapisi oleh karpet yang berserat mineral mampu menurunkan nilai waktu dengung dengan cukup signifikan, namun penurunan tersebut mengakibatkan nilai waktu dengung yang terlalu rendah berada dibawah standart yang telah ditentukan. Hal ini akan mengakibatkan ruangan terasa mati dan akan mengaibatkan suara dari penyaji juga tidak tersampaikan dengan baik. Hal ini juga dipengaruhi oleh koefisien serap yang dimiliki oleh karpet serat mineral yang penyerapan hampir sempurna serta luas permukaan yang dimiliki oleh dinding bergerigi sebagai difusser.

Analisis

Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan pelapis bentukan dinding bergerigi berupa *perforated mineral fiberboard*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

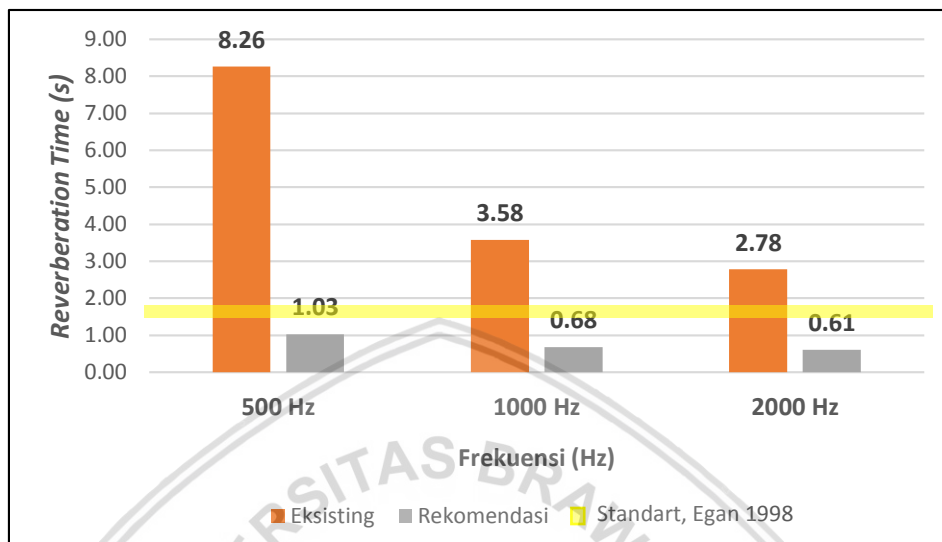
Tabel 55

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan pelapis bentukan dinding bergerigi dengan material *perforated mineral fiberboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.03	0.68	0.61

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan ditambahkan bentukan dinding bergerigi yang menggunakan material *perforated mineral fiberboard*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang belum memenuhi standart dan hanya saja mendekati nilai standart waktu dengung saja.

Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.57 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.92 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.39 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.155 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan bentuk dinding bergerigi lapis *perforated mineral fiberboard*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut tidak terdapat satupun yang memenuhi nilai standart, dan berada di bawah standart waktu dengung.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk dinding bergerigi dilapisi *perforated mineral fiberboard* yang memiliki koefisien serap 0.63 pada frekuensi 500 Hz, 0.85 pada frekuensi 1000 Hz dan 0.96 pada frekuensi 2000 Hz, nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

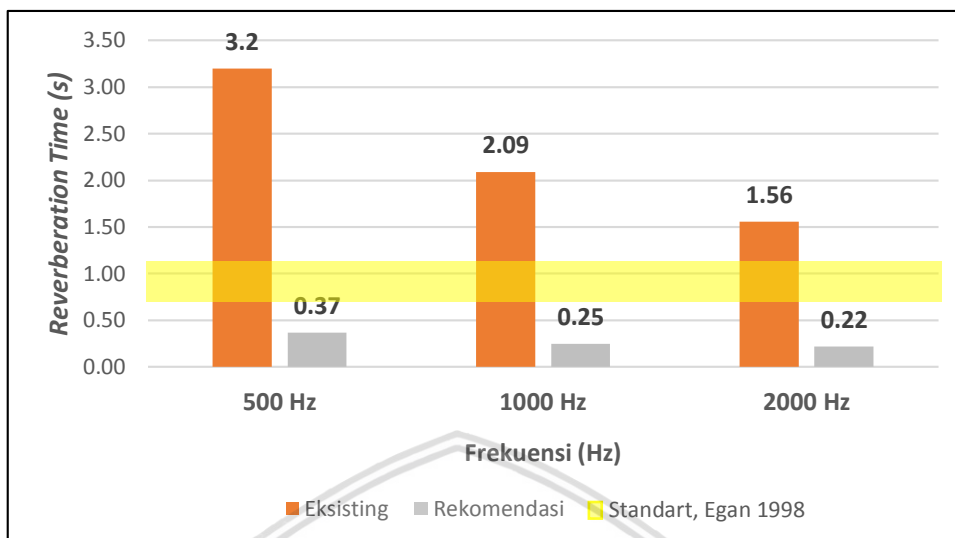
Tabel 56

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan pelapis bentukan dinding bergerigi dengan material *perforated mineral fiberboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7 - 1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.54
Rekomendasi	0.37	0.25	0.22

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi

alternatif tersebut dapat menurunkan nilai waktu dengung dengan cukup signifikan antara meskipun berada di bawah nilai standart yang ditentukan.

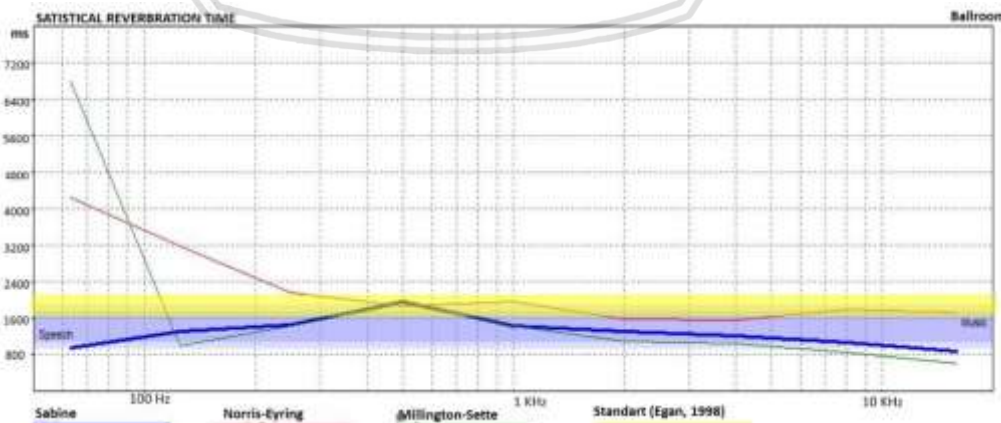


Gambar 4.156 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dan alternatif penambahan bentuk dinding bergerigi lapis *perforated mineral fiberboard*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan meskipun belum pada *range* standart yang telah ditentukan pada masing-masing frekuensinya dan dapat menjadi salah satu alternatif rekomendasi yang dapat diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

2) Dinding bergerigi menggunakan *Softboard*

Rekomendasi penambahan bentuk dinding bergerigi juga disimulasikan menggunakan bahan absorber yang telah dipilih yaitu *softboard* dengan koefisien penyerapan masing-masing frekuensi adalah 0.3. Berikut perhitungan dinding bergerigi yang dilapisi dinding material *softboard* sebagai bahan absorber :

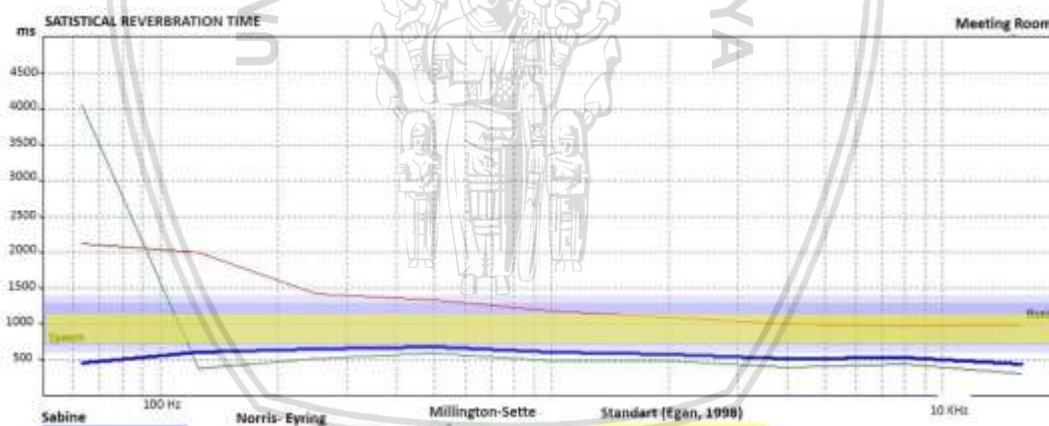


Gambar 4.157 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *softboard* pada *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1173.464	0.95	4.25	6.79
125Hz:	789.002	1.31	3.18	1.00
250Hz:	461.607	1.48	2.16	1.44
500Hz:	184.358	1.97	1.87	1.93
1kHz:	417.796	1.44	1.97	1.44
2kHz:	444.977	1.32	1.58	1.11
4kHz:	550.607	1.23	1.56	1.06
8kHz:	695.069	1.08	1.80	0.86
16kHz:	926.284	0.89	1.73	0.61

Gambar 4.158 Data pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *softboard* pada *ballroom*

Pensimulasian dinding bergerigi dengan menggunakan bahan pelapis *softboard* tersebut dapat menurunkan nilai waktu dengung yang cukup signifikan dan optimal, yaitu 6.29 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.14 detik pada frekuensi 1.46 pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini dipengaruhi oleh penyerapan suara oleh bahan abasorpsi yang digunakan. Sedangkan perhitungan nilai waktu dengung menggunakan dinding bergerigi dengan pelapis menggunakan *softboard* pada *meeting room*, sebagai berikut :



Gambar 4.159 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *softboard* pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	157.239	0.46	2.13	4.06
125Hz:	112.682	0.61	2.01	0.38
250Hz:	81.626	0.65	1.43	0.52
500Hz:	68.601	0.69	1.34	0.60
1kHz:	82.136	0.61	1.18	0.50
2kHz:	79.901	0.59	1.10	0.49
4kHz:	97.424	0.52	1.00	0.40
8kHz:	78.127	0.53	0.98	0.45
16kHz:	110.643	0.45	0.98	0.31

Gambar 4.160 Data pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis *softboard* pada *meting room*

Upaya dalam menyelesaikan hasil simulasi dinding, mensimulasikan dinding bergerigi dengan menggunakan bahan pelapis *softboard* tersebut dapat menurunkan nilai waktu dengung yang cukup signifikan dan optimal, yaitu 2.51 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.48 detik pada frekuensi 1000 Hz, 0.97 pada frekuensi 2000 Hz. Penurunan tersebut dapat mencapai *range* standart waktu dengung sehingga alternatif tersebut dapat digunakan sebagai salah satu pilihan rekomendasi pada ruang *meeting room* dalam mengoptimalkan kualitas akustik ruang di dalamnya.

Analisis

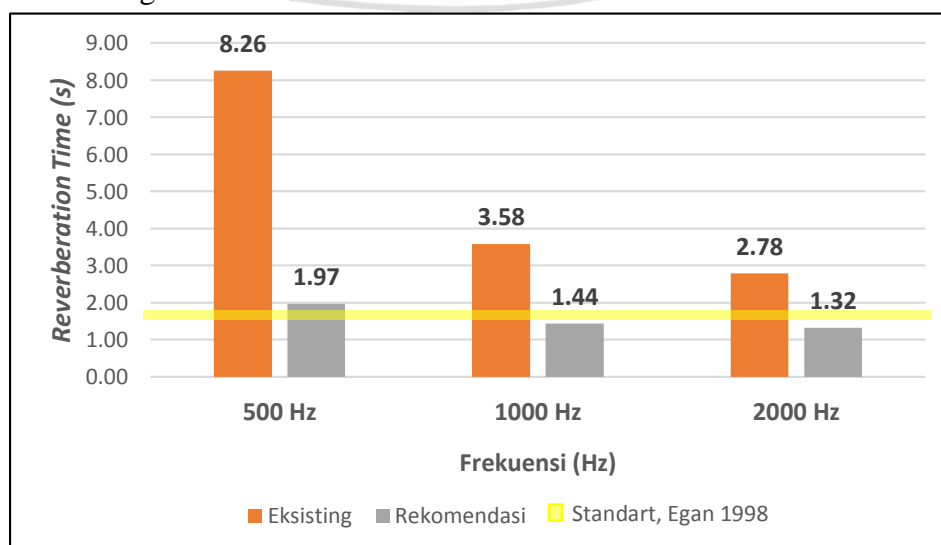
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan bentuk dinding bergerigi yang dilapisi oleh material *softboard*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 57

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis *softboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.97	1.44	1.32

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan dinding bergerigi dengan pelapis bahan *softboard*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung berada di bawah nilai standart yang telah ditentukan. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.17 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.16 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.28 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom* sebagai berikut :



Gambar 4.161 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi *softboard* pada *Ballroom*

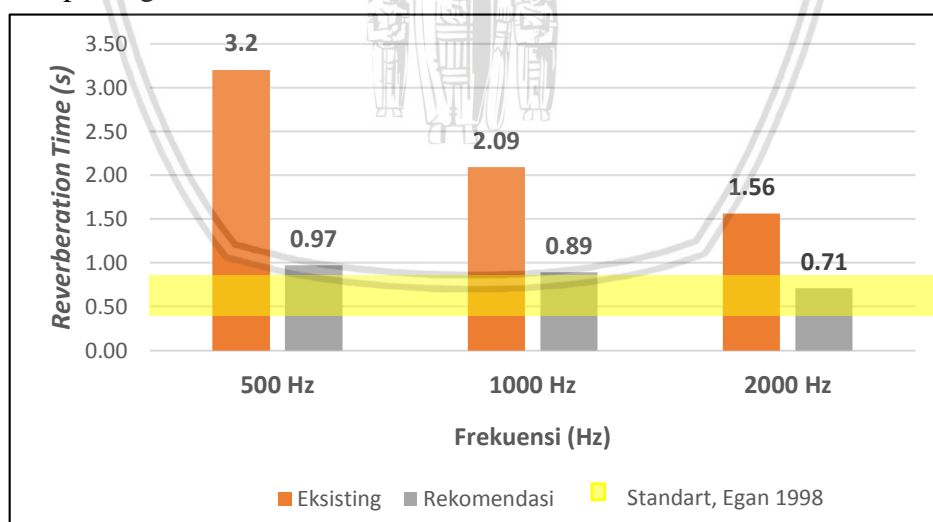
Grafik diatas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut tidak terdapat satupun yang memenuhi nilai standart, tetapi hanya mendekati nilai standart waktu dengung saja.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk dinding bergerigi dilapisi material *perforated mineral fiberboard* dan memiliki koefisien serap 0.3 pada masing-masing frekuensi. Nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 58
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis *softboard*

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7 - 1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.54
Rekomendasi	0.97	0.89	0.71

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting serta dapat dibuktikan bahwa rekomendasi alternatif tersebut dapat optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka standart untuk seluruh frekuensi.

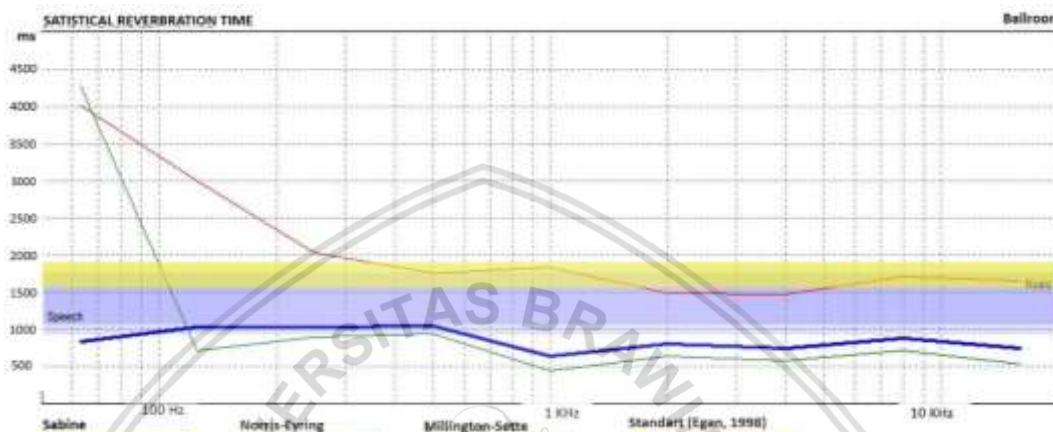


Gambar 4.162 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi *softboard* pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat penurunan nilai yang cukup signifikan dan optimal hingga mencapai angka standart pada masing-masing frekuensinya dan dapat menjadi salah satu alternatif rekomendasi yang dapat diterapkan pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

3) Dinding bergerigi menggunakan Papan Serat Kayu Tatal

Simulasi juga dilakukan pada dinding bergerigi yang pelapisnya berbahan papan serat kayu tatal. Dinding bergerigi tersebut hanya dipasang dibagian atas saja yang dilapisi oleh bahan absorber dengan koefisien serap yang cukup besar yaitu 0.62 pada frekuensi 500 Hz, 0.94 pada frekuensi 1000 Hz dan juga 0.64 pada frekuensi 2000 Hz. Berikut hasil pensimulasian menggunakan material absorber papan serat kayu tatal pada *Ballroom* :



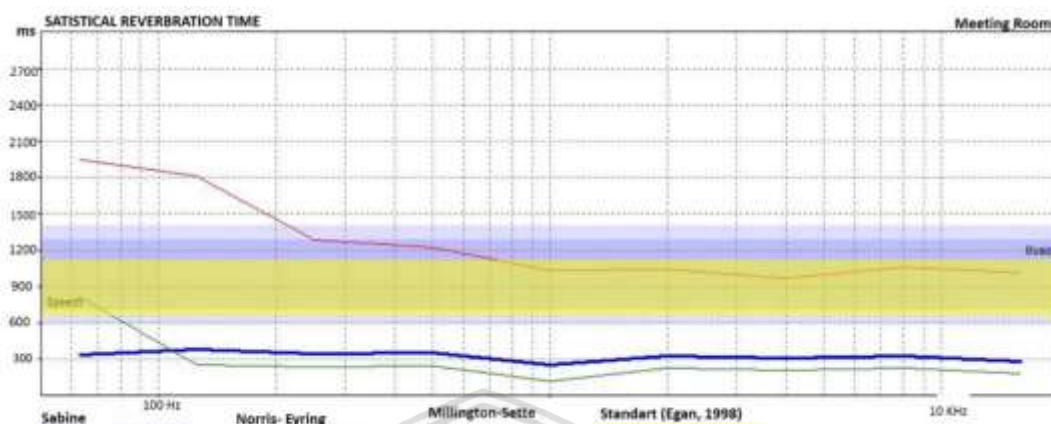
Gambar 4.163 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada *ballroom*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1264.207	0.84	4.02	4.27
125Hz:	990.045	1.03	3.00	0.72
250Hz:	772.951	1.03	2.04	0.90
500Hz:	686.053	1.06	1.76	0.94
1kHz:	1417.607	0.64	1.83	0.45
2kHz:	993.906	0.80	1.49	0.64
4kHz:	1151.852	0.75	1.48	0.58
8kHz:	896.620	0.88	1.72	0.71
16kHz:	1117.862	0.75	1.65	0.53

Gambar 4.164 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada *ballroom*

Hasil pensimulasian di atas memperlihatkan penurunan dari kondisi eksisting yang cukup signifikan yaitu 7.2 detik pada frekuensi 500 Hz, 2.94 detik pada frekuensi 1000 Hz, 1.98 detik pada frekuensi 2000 Hz. Penurunan tersebut tergolong cukup signifikan. Pada pensimulasian ini seluruh frekuensi memiliki nilai waktu dengung yang di bawah nilai standart yang ditentukan, sedangkan *range* standart nilai RT (*reverberation time*) untuk *ballroom* yaitu 1.6-1.8 detik (Egan, 1998).

Sedangkan pada *meeting room*, menggunakan dinding bergerigi dengan pelapis bangunan papan serat kayu tatal dapat menghasilkan nilai waktu dengung sebagai berikut :



Gambar 4.165 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada *meeting room*

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	217.621	0.34	1.94	0.82
125Hz:	188.546	0.39	1.81	0.25
250Hz:	188.455	0.35	1.29	0.24
500Hz:	175.430	0.36	1.22	0.25
1kHz:	267.926	0.25	1.03	0.12
2kHz:	186.731	0.33	1.04	0.23
4kHz:	204.254	0.31	0.97	0.21
8kHz:	186.490	0.33	1.06	0.23
16kHz:	217.473	0.29	1.02	0.18

Gambar 4.166 Hasil Pensimulasian bentuk dinding bergerigi dengan pelapis papan serat kayu tatal pada *meeting room*

Hasil pensimulasian pada *meeting room* dengan konsep dinding bergerigi yang dilapisi papan serat kayu tatal tersebut dapat menghasilkan penurunan yang terbilang cukup signifikan yaitu 2.84 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.84 detik pada frekuensi 1000 Hz, serta 1.23 detik pada frekuensi 2000 Hz. Namun nilai waktu dengung yang dihasilkan terdapat di bawah standar nilai waktu dengung yang telah ditentukan sebesar 0.7-1.1 detik (Egan, 1998). Hal ini dipengaruhi oleh tingginya koefisien serap dari material papan kayu tatal kemudian ditambah lagi adanya bentuk bergerigi untuk mendistribusikan suara hingga penonton bagian belakang juga mempengaruhi kecilnya nilai waktu dengung. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh luas permukaan yang bertambah pada luas permukaan dinding bergerigi, sehingga dapat juga mempengaruhi nilai waktu dengung yang dihasilkan.

Analisis

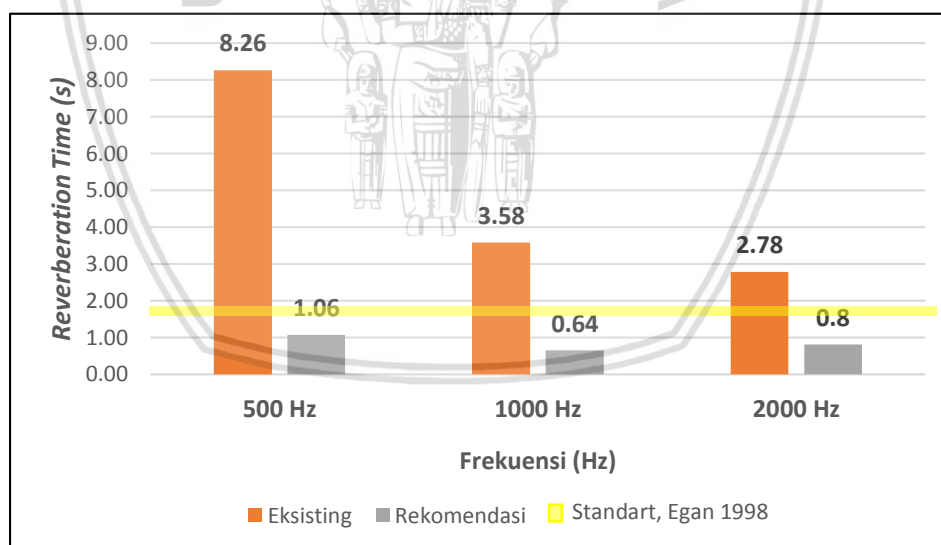
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan bentuk dinding bergerigi yang dilapisi oleh material papan serat kayu tatal, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 59

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis papan serat kayu tatal

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.06	0.64	0.8

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan dinding bergerigi dengan pelapis bahan papan serat kayu tatal, didapatkan penurunan nilai waktu dengung berada di bawah nilai standart yang telah ditentukan. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.89 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.96 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.8 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.167 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting alternatif penambahan dinding bergerigi dilapisi papan serat kayu tatal

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang berdekatan antara hasil simulasi rekomendasi desain dengan standart yang telah ditentukan dibandingkan dengan simulasi kondisi eksisting yang *range* antar keduanya terpaut jauh. Hasil antara ketiga frekuensi tersebut tidak terdapat satupun yang memenuhi nilai standart, tetapi hanya mendekati nilai standart waktu dengung saja.

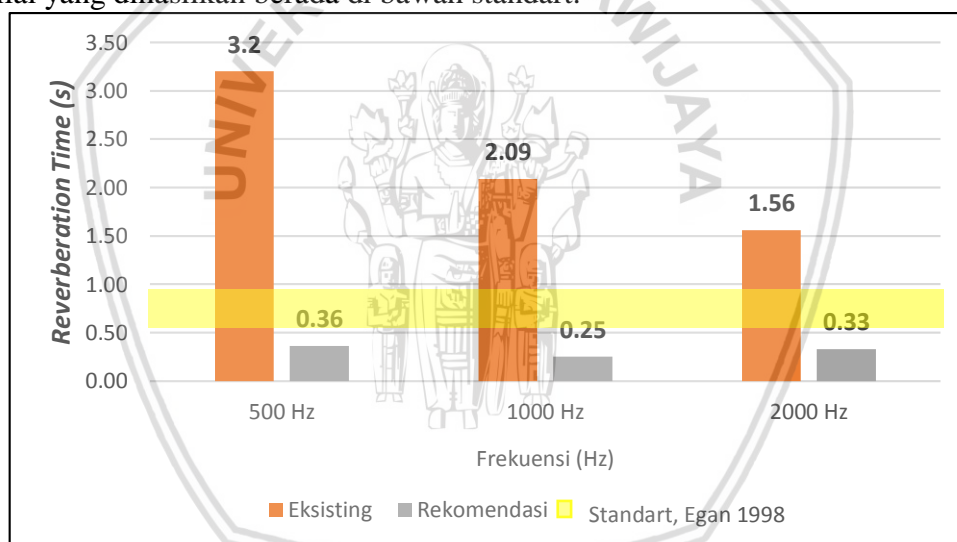
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk dinding bergerigi dilapisi material papan serat kayu tatal dan memiliki koefisien serap 0.62 pada frekuensi 500 Hz, 0.94 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.64 pada frekuensi 2000 Hz. Nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 60

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan penambahan bentuk dinding bergerigi lapis papan serat kayu tatal

Ruang Ballroom	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7 - 1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.54
Rekomendasi	0.36	0.25	0.33

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting. Penurunan tersebut dapat dikatakan cukup signifikan dikarenakan mampu menurunkan dengan sangat signifikan meskipun nilai yang dihasilkan berada di bawah standart.



Gambar 4.168 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif dinding bergerigi dilapisi papan serat kayu tatal pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat nilai yang dihasilkan berada pada nilai standart dengan selisih antar nilai standart yang seharusnya yaitu 0.34 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.45 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.37 detik pada frekuensi 2000 Hz. Terlihat bahwa koefisien serap yang dimiliki oleh material tersebut cukup besar, kemudian ditambahkan kembali luasan dinding bergerigi yang cukup besar, sehingga mempengaruhi waktu dengung yang dihasilkan. Semakin besar luasan permukaan dan koefisien serap material yang digunakan maka, akan semakin kecil nilai waktu dengung yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya.

Analisis Perbandingan antar Alternatif Pelapis Dinding Bergerigi

Berdasarkan pensimulasian penambahan bentuk dinding bergerigi sebagai diffuser atau penyebar bunyi pada dinding bagian samping ruangan, baik *ballroom* maupun *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Dinding bergerigi tersebut juga dilapisi bahan absorber seperti pada alternatif pelapis pada dinding sebelumnya. Untuk itu perlu dikalukan pengklasifikasian dan penentuan dari beberapa material yang telah dicoba untuk disimulasikan, sebagai berikut :

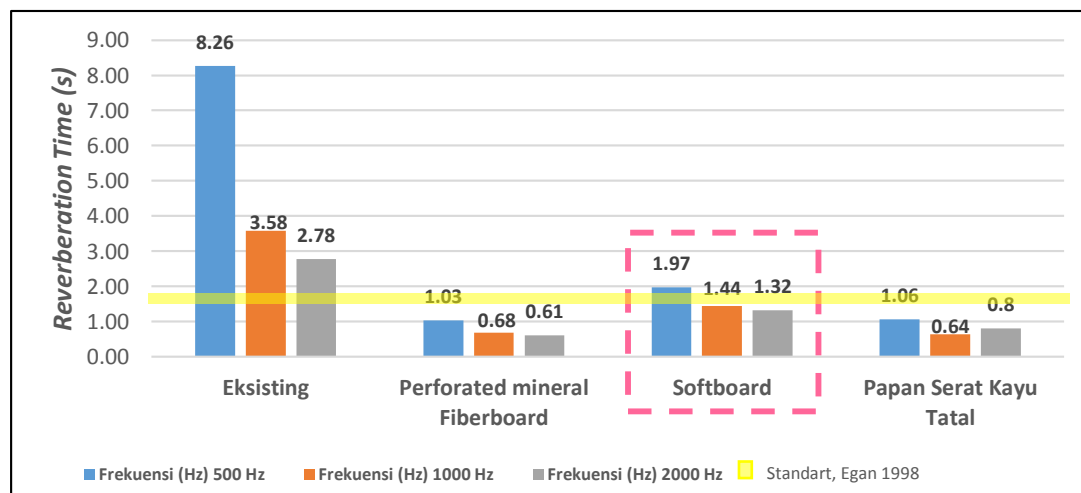
Tabel 61

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Pelapis dinding bergerigi

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
Alternatif 1			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>Perforated Mineral Fiberboard</i>	1.03	0.68	0.61
Alternatif 2			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>softboard</i>	1.97	1.44	1.32
Alternatif 3			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>Papan Serat Kayu Tatal</i>	1.06	0.64	0.8

Nilai perbandingan tabel di atas menggambarkan bahwa hanya masih belum terdapat alternatif yang memasuki nilai standart yang ditentukan, hanya saja mendekati dengan selisih yang tidak terlalu jauh. Hal ini dikarenakan sebagian besar alternatif yang disimulasikan menghasilkan nilai waktu dengung yang di bawah standart sehingga ruangan akan terasa mati.

Selain secara tabel, perbandingan tersebut juga dapat dilihat melalui grafik atau diagram sebagai berikut :



Gambar 4.169 Perbandingan dari masing-masing alternatif dinding bergerigi yang terlapisi beberapa material pada *Ballroom*

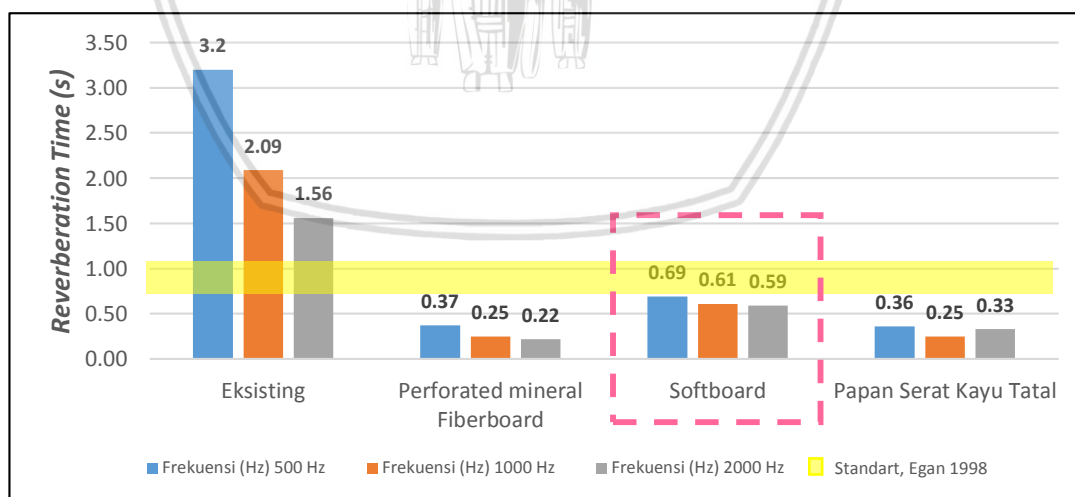
Terlihat pada grafik di atas, bahwa dari alternatif pelapisan dinding bergerigi yang dilapisi beberapa material absorber pada dinding, didapatkan hasil paling optimal mendekati standart yang ditentukan adalah alternatif dinding bergerigi dilapisi bahan *softboard*, dikarenakan memiliki selisih paling sedikit dibandingkan alternatif pelapis dinding bergerigi lainnya. Sedangkan, pada *meeting room* didapatkan perbandingan pelapis dinding bergerigi dari beberapa mineral yaitu :

Tabel 62

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif dinding bergerigi

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7-1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.56
Alternatif 1			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>Perforated Mineral Fiberboard</i>	0.37	0.25	0.22
Alternatif 2			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>softboard</i>	0.69	0.61	0.59
Alternatif 3			
Dinding Bergerigi dilapisi <i>Papan Serat Kayu Tatal</i>	0.36	0.25	0.33

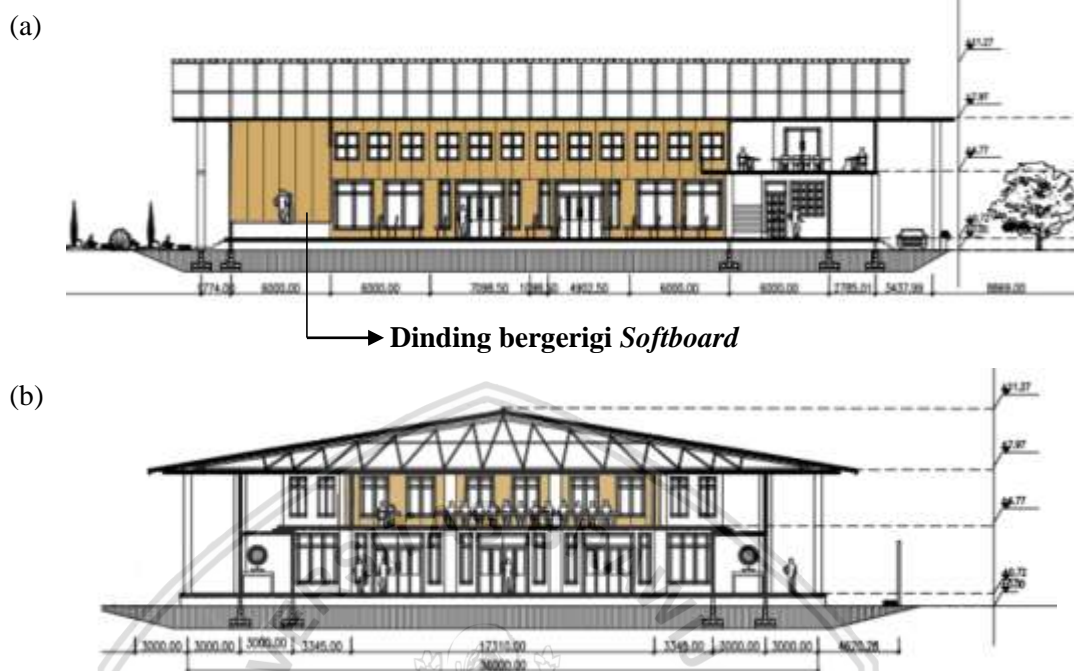
Pengelompokan tabel di atas disajikan dalam bentuk diagram perbandingan antara ketiga alternatif pelapis dinding bergerigi di *meeting room*, sebagai berikut :



Gambar 4.170 Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis dinding bergerigi pada *Meeting room*

Grafik di atas menggambarkan bahwa, penggunaan beberapa material yang diterapkan pada alternatif penambahan bentuk dinding bergerigi yang paling optimal yaitu alternatif dengan dilapisi bahan *softboard* pada ruang *meeting room*.

Hal ini juga dapat dilihat melalui detail potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) alternatif pelapis bentuk dinding bergerigi tambahan yang paling optimal, sebagai berikut :



Gambar 4.171 Potongan detail alternatif lapisan penambahan bentuk dinding bergerigi (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan pelapis bentuk dinding bergerigi dengan material *softboard* yang merupakan alternatif kelima dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada



Gambar 4.172 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis *softboard* pada permukaan dinding bergerigi

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D juga terlihat yang telah diberikan pelapis kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood*, sebagai berikut



Gambar 4.173 Perspektif Visualisasi 3D pada *Meeting Room* setelah diberikan pelapis *softboard* pada permukaan dinding bergerigi

Terlihat perbedaan visualisasi 3D perbedaan antara kondisi eksisting awal dengan hasil rekomendasi setelah diberi material baru berupa pelapis *softboard* pada permukaan dinding bergerigi.

4.5.2 Simulasi Rekomendasi Alternatif-6

Pensimulasian alternatif keenam merupakan salah satu alternatif bentuk pada plafond yang digunakan bentuk dengan konsep plafond gantung bertrap, dimana alternatif tersebut dapat pula diberikan alternatif kepada setiap material plafond yang sebelumnya telah dipilih, agar pensimulasian pada bentuk tersebut dapat mewakili jenis dan koefisien material tertentu untuk elemen plafond.

Material yang juga disimulasikan dengan alternatif plafond gantung bertrap tersebut disimulasikan dengan material *plywood*, *plasterboards*, dan *plaster* pada papan bilah yang menyesuaikan juga pada alternatif yang telah ditentukan pada masing-masing pelapis plafond sebelumnya.

Plesterboard

Plywood

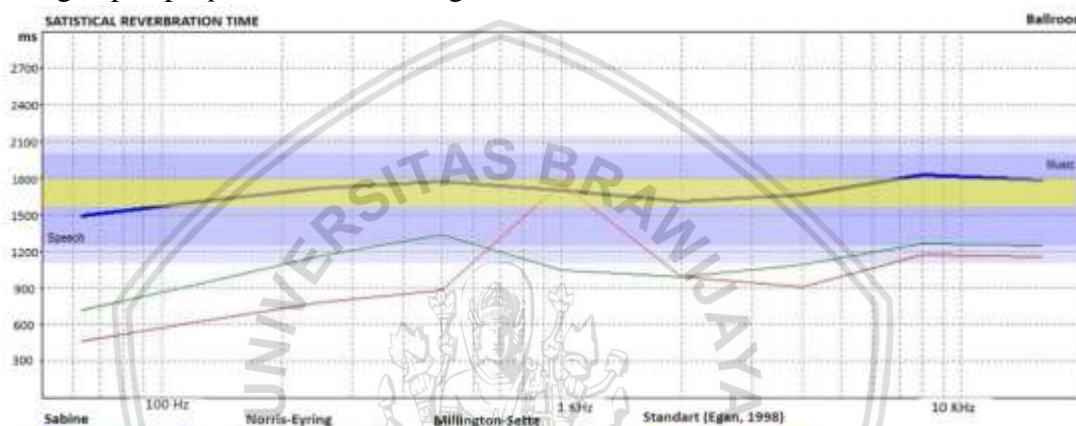


Gambar 4.174 Visualisasi alternatif keenam dengan konsep gantung bertrap

Berikut hasil pensimulasian perhitungan waktu dengung alternatif keenam menggunakan konsep plafond gantung bertrap berdasarkan material yang digunakan :

1) Plafond Gantung Bertrap dengan *Plasterboard*

Simulasi rekomendasi desain ini yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung yang dibuat bertrap dan diharapkan konsep tersebut dapat menyebarkan suara hingga letak penonton bagian belakang yang juga dilapisi oleh material *plasterboard*. Koefisien serap pada alternatif langit-langit gantung dilapisi *plasterboard* yaitu 0.10 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.05 pada frekuensi 2000 Hz. Berikut hasil simulasi menggunakan plafond gantung dengan pelapis *plasterboard*, sebagai berikut :



Gambar 4.175 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan pelapis *plasterboard* pada *ballroom*

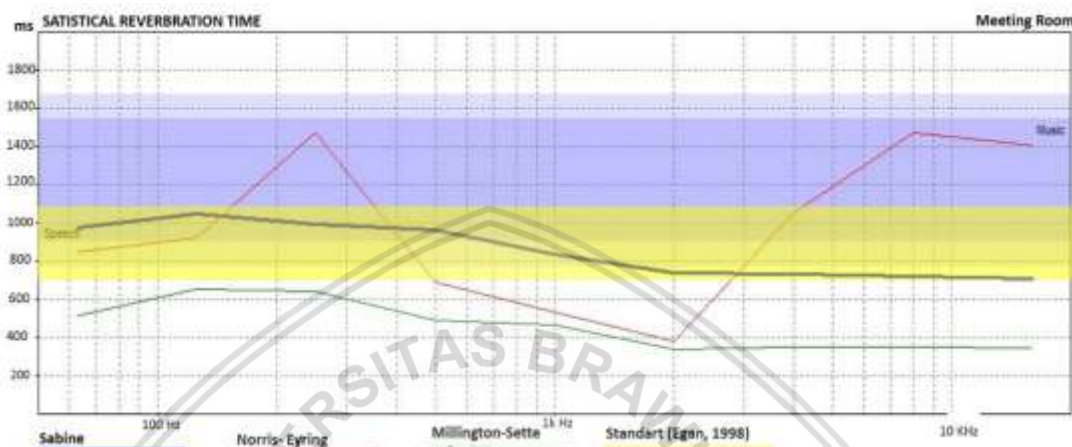
FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	2920.494	1.49	0.47	0.72
125Hz:	2656.502	1.61	0.63	0.94
250Hz:	2160.638	1.72	0.79	1.17
500Hz:	1939.478	1.77	0.89	1.34
1kHz:	2027.866	1.70	1.75	1.04
2kHz:	2111.056	1.61	1.00	0.99
4kHz:	2015.522	1.67	0.91	1.09
8kHz:	1724.499	1.83	1.18	1.27
16kHz:	1725.120	1.78	1.16	1.25

Gambar 4.176 Data hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan pelapis *plasterboard* pada *ballroom*

Hasil simulasi rekomendasi desain di atas, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 6.49 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.88 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi tersebut cukup signifikan dan optimal, dimana nilai waktu dengung setelah diberikan suatu rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap tersebut pada *ballroom*

mencapai nilai waktu dengung yang sesuai standart dengan range 1.6 -1.8 detik. Untuk, itu rekomendasi desain tersebut dapat diterapkan pada *ballroom* untuk mencapai kualitas ruang yang baik dan optimal.

Sedangkan, pada *meeting room* terjadi penurunan pula setelah diberikan rekomendasi desain alternatif kelima yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung, sebagai berikut :



Gambar 4.177 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard* pada *meeting room*

Grafik di atas juga dapat dijelaskan melalui data nilai waktu dengung berdasarkan beberapa frekuensi sebagai berikut :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RI (60)	NOR-ER RI (60)	MIL-SE RI (60)
63Hz:	341.558	0.98	0.85	0.52
125Hz:	311.578	1.05	0.93	0.66
250Hz:	313.941	1.00	1.48	0.65
500Hz:	310.356	0.96	0.69	0.49
1kHz:	357.543	0.84	0.54	0.47
2kHz:	407.384	0.74	0.38	0.34
4kHz:	399.712	0.73	1.06	0.35
8kHz:	382.898	0.73	1.47	0.35
16kHz:	382.965	0.71	1.41	0.35

Gambar 4.178 Data hasil rekomendasi *meeting room* penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard*

Berdasarkan hasil simulasi rekomendasi desain pada *meeting room* di atas terlihat bahwa dengan penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plesterboard* pada plafond *meeting room*, dapat menurunkan waktu dengung 2.24 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.25 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.82 detik pada frekuensi 2000 Hz dari kondisi eksisting. Alternatif tersebut, merupakan alternatif yang cukup optimal dalam manurunkan nilai waktu dengung hingga mencapai angka

standart yang telah ditentukan. Sehingga, penggunaan plafond gantung bertrap pada kedua ruang tersebut dapat dikatakan mampu menurunkan nilai waktu dengung hingga angka standart dan kedua ruangan tersebut akan lebih hidup serta memiliki kualitas akustik yang baik.

Analisis

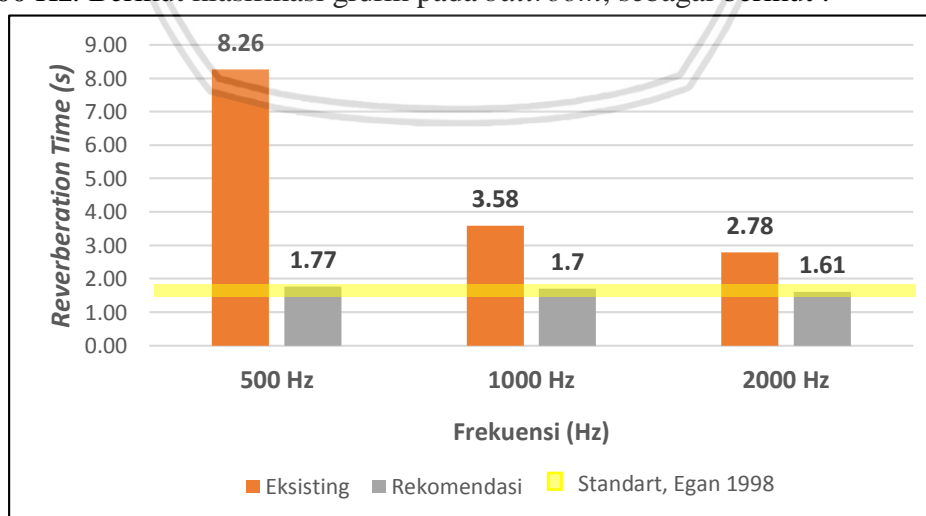
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan bentuk plafond gantung bertrap yang dilapisi oleh material *plasterboard*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 63

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dipalisi *plesterboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.77	1.7	1.61

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plesterboard*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang cukup optimal dan sangat baik, dikarenakan pada pensimulasian ini nilai waktu dengung berada pada nilai standart waktu dengung yang telah ditentukan, yaitu pada range 1.6-1.8 detik (Egan, 1998). Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 6.49 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.88 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.179 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap *plasterboard* pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang terpaut jauh antara kondisi eksisting dengan hasil pensimulasian setelah diberikan plafond gantung bertrap menggunakan bahan *plesterboard*. Hasil yang didapat seluruh frekuensi tepat pada nilai standart yang ditentukan, sehingga alternatif tersebut dapat digunakan sebagai salah satu rekomendasi yang paling tepat di antara alternatif lainnya untuk ruang *ballroom*.

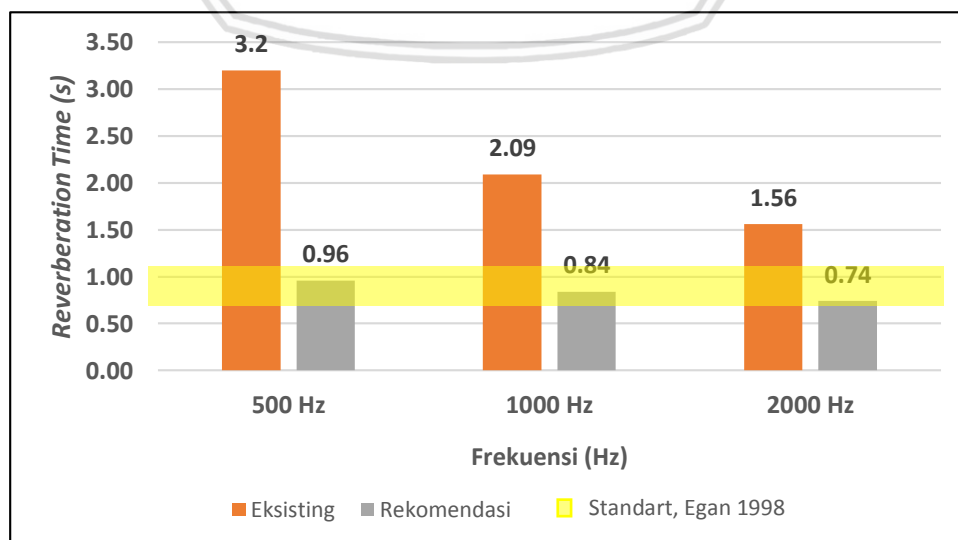
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard* yang memiliki koefisien serap 0.10 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.05 pada frekuensi 2000 Hz. Nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 64

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plesterboard*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.96	0.84	0.74

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting. Penurunan tersebut dapat dikatakan cukup signifikan dan optimal juga, dikarenakan mampu menurunkan dengan sangat signifikan dan hasil antara ketiga frekuensi tersebut memasuki *range* nilai standart waktu dengung yang telah ditentukan. Hal ini juga dapat terlihat pada diagram atau grafik perbandingan kondisi eksisting dengan setelah diberikan rekomendasi, sebagai berikut :



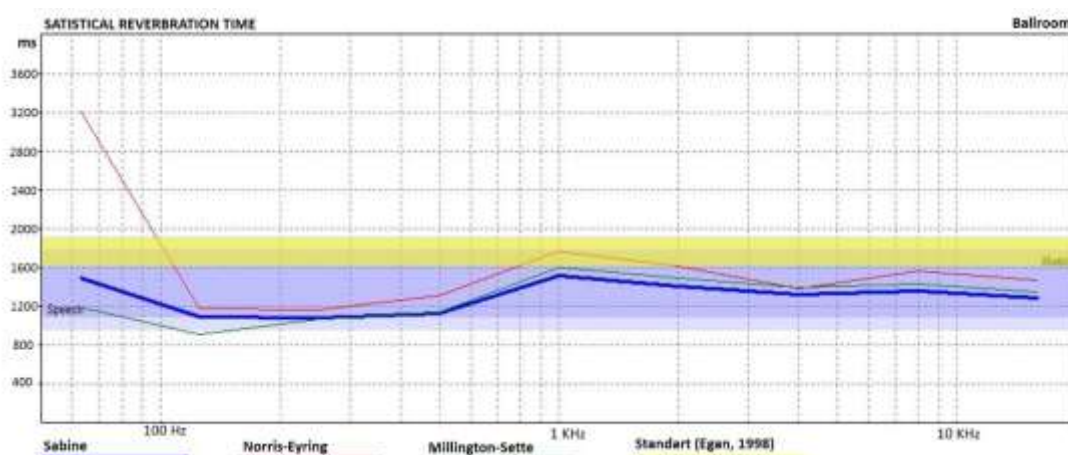
Gambar 4.180 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plesterboard* pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat nilai waktu dengung yang ketiga frekuensi memasuki *range* bewarna kuning yang memiliki arti bahwa nilai pada masing-masing frekuensi memasuki standart waktu dengung yang telah ditentukan. Pencapaian hingga memasuki nilai standart waktu dengung yang ditentukan ini, dikarenakan bentuk plafond dinding bertrap yang memiliki luasan semakin luas dibandingkan kondisi eksisting juga memepengaruhi turunnya nilai waktu dengung. Semakin besar luas permukaan pada suatu bidang, maka semakin kecil juga nilai waktu dengung dalam ruangan tersebut.

Alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard* ini dapat digunakan sebagai rekomendasi yang paling baik dan optimal untuk mewujudkan ruang yang berkualitas akustik baik diantara alternatif lainnya, dikarenakan alternatif ini selain dapat menurunkan waktu dengung, alternatif ini juga dapat mendistribusikan suara hingga posisi penonton bagian belakang sebagai diffuser.

2) Plafond Gantung Bertrap dengan Plywood

Simulasi rekomendasi desain ini yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung yang dibuat bertrap dan diharapkan konsep tersebut dapat menyebarkan suara hingga letak penonton bagian belakang yang juga dilapisi oleh material *Plywood*. Koefisien serap material tersebut yaitu 0.17 pada frekuensi 500 Hz, 0.09 pada frekuensi 1000 Hz, 0.10 pada frekuensi 2000 Hz. *Plywood* termasuk dalam material yang bersifat reflektor untuk plafond namun memiliki koefisien serap yang paling tinggi di antara material reflektor plafond lainnya. Plafond pada alternatif tersebut juga sama dengan material alternatif sebelumnya yang menggunakan besi *hollow* sebagai penyangga kemudian bagian bawah yang tidak rata tersebut menggunakan *plywood* untuk material di bawahnya. Berikut hasil simulasi menggunakan plafond gantung dengan pelapis *plywood*, sebagai berikut :



Gambar 4.181 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *Plywood* pada *Ballroom*

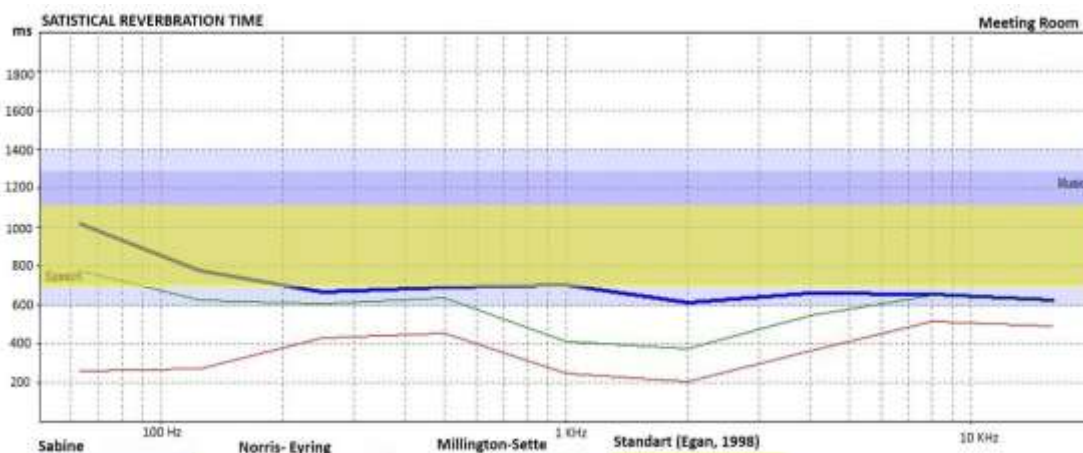
Grafik di atas terlihat bahwa garis Sabine (biru tua) berada di bawah standart, dan tidak termasuk pada *range* yang berwarna kuning yang mengartikan bahwa area yang sesuai standart 1.6- 1.8 detik pada *ballroom* (Egan, 1998). Grafik tersebut juga dijelaskan pada data nilai waktu dengung, sebagai berikut :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	650.023	1.49	3.21	1.19
125Hz:	956.301	1.09	1.18	0.91
250Hz:	669.785	1.78	1.17	1.07
500Hz:	476.997	1.13	1.31	1.14
1kHz:	139.527	1.52	1.77	1.61
2kHz:	128.916	1.41	1.61	1.49
4kHz:	199.960	1.33	1.39	1.39
8kHz:	148.097	1.36	1.57	1.43
16kHz:	148.717	1.29	1.47	1.35

Gambar 4.182 Data hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* pada *ballroom*

Hasil simulasi rekomendasi desain plafond gantung bertrap dilapisi *plywood*, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 7.13 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.78 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.37 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi tersebut cukup signifikan, terlihat dari nilai waktu dengung setelah diberikan suatu rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* tersebut pada *ballroom* berada di bawah nilai standart waktu dengung. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh juga dari nilai koefisien *Plywood* yang paling tinggi diantara koefisien lain untuk elemen plafond sebagai reflektor.

Sedangkan, pada *meeting room* terjadi penurunan pula setelah diberikan rekomendasi desain alternatif yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung dilapisi *plywood*, sebagai berikut :



Gambar 4.183 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *Plywood* pada *meeting room*

Grafik di atas terlihat bahwa garis Sabine (biru tua) berada di bawah standart, dan tidak termasuk pada range yang berwarna kuning yang mengartikan bahwa batas area satandart antara 0.7-1.1 detik pada *meeting room* (Egan, 1998). Grafik tersebut juga dijelaskan pada data nilai waktu dengung, sebagai berikut :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	58.376	1.02	0.26	0.78
125Hz:	78.649	0.78	0.27	0.63
250Hz:	79.149	0.67	0.43	0.61
500Hz:	59.054	0.70	0.46	0.64
1kHz:	51.370	0.71	0.25	0.42
2kHz:	60.978	0.62	0.21	0.38
4kHz:	38.093	0.67	0.36	0.55
8kHz:	10.681	0.66	0.52	0.65
16kHz:	10.748	0.62	0.50	0.62

Gambar 4.184 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *Plywood* pada *meeting room*

Hasil simulasi rekomendasi desain plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 2.5 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.38 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.94 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi tersebut cukup signifikan, namun nilai waktu dengung berada di bawah nilai standart waktu dengung yang telah ditentukan.

Analisis

Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan bentuk plafond gantung bertrap yang dilapisi oleh material *plywood*, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

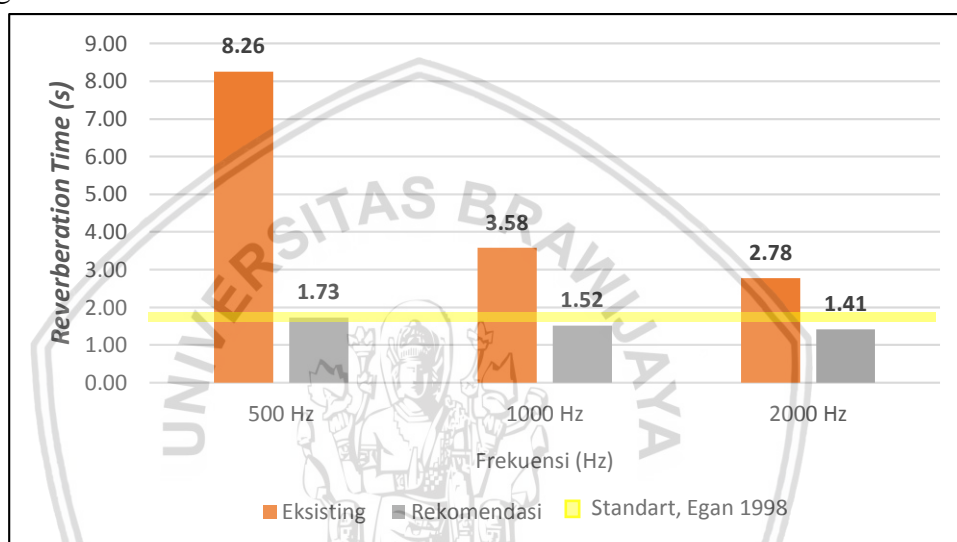
Tabel 65

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dipalisi *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.73	1.52	1.41

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plywood*, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang cukup signifikan, dikarenakan pada pensimulasian ini nilai waktu

dengung mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga mencapai nilai standart pada salah satu frekuensi saja, yaitu pada frekuensi 500 Hz. Sedangkan untuk frekuensi lainnya, yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz memiliki nilai waktu dengung yang berada di bawah nilai standart akhiba adanya pengaruh koefisien serap udara yang lebih besar pada kedua frekuensi tersebut. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 6.49 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.88 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.185 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap *plywood* pada *ballroom*

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang terpaut jauh antara kondisi eksisting dengan hasil pensimulasian setelah diberikan plafond gantung bertrap menggunakan bahan *plywood*. Hanya satu frekuensi saja yang memenuhi standart yaitu frekuensi 500 Hz.

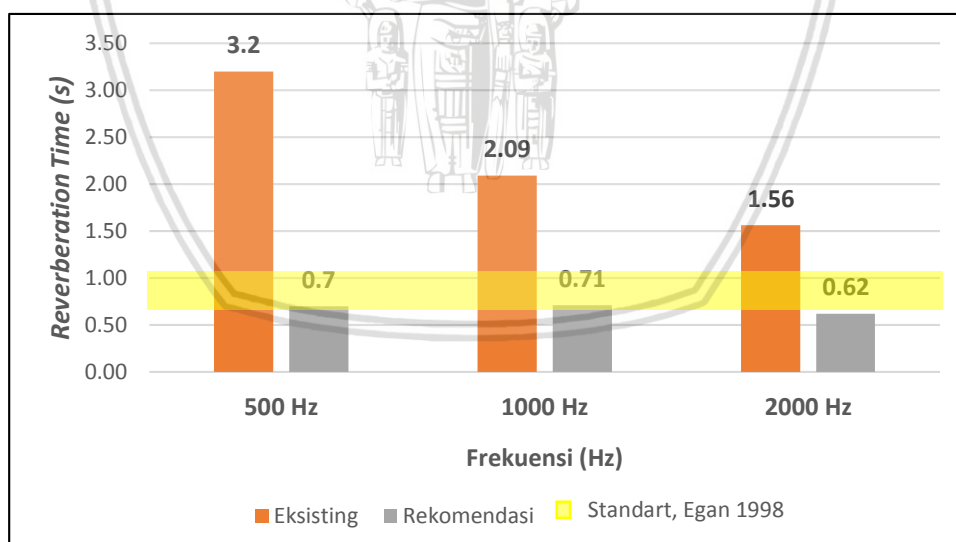
Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* yang memiliki koefisien serap 0.17 pada frekuensi 500 Hz, 0.09 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.1 pada frekuensi 2000 Hz. Nilai tersebut dapat menurunkan yang cukup signifikan dibandingkan koefisien serap yang dimiliki material plafond sebagai reflektor lainnya. Sehingga apabila dikombinasikan dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dengan luas permukaan yang juga bertambah, maka nilai waktu dengung yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai waktu dengung yang rendah tersebut, juga kurang baik apabila diterapkan pada suatu ruang, dikarenakan ruang akan terasa mati dan penonton tidak akan

mendengar suara penyaji dengan jelas. Seluruh hasil pensimulasian dapat disajikan berupa tabel, sebagai berikut :

Tabel 66
Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plywood*

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>	0.7	0.71	0.62

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting. Penurunan tersebut dapat dikatakan cukup signifikan namun tidak optimal bagi seluruh frekuensi, hanya optimal pada frekuensi tertentu saja, yaitu frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz yang nilai waktu dengungnya mencapai angka standart. Sedangkan pada frekuensi yang tinggi yaitu pada frekuensi 2000 Hz nilai yang dihasilkan berdasarkan pensimulasian berada di bawah nilai standart waktu dengung, hal ini diakibatkan oleh adanya pengaruh koefisien serap udara yang lebih besar pada frekuensi tinggi. Hal ini juga dapat terlihat pada diagram atau grafik perbandingan antara kondisi eksisting dengan alternatif setelah diberikan rekomendasi plafond gantung bertrap dilapisi *plywood*, sebagai berikut :



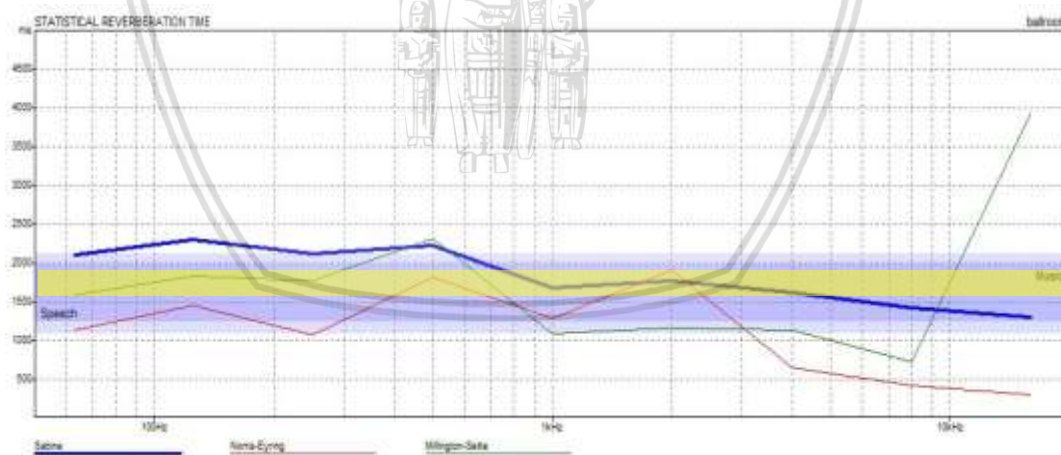
Gambar 4.186 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* pada *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat nilai waktu dengung yang hanya dua frekuensi saja yang memasuki *range* berwarna kuning yang memiliki arti bahwa nilai pada masing-masing frekuensi memasuki standart waktu dengung yang telah ditentukan. Selisih pada salah satu frekuensi yang tidak memenuhi waktu dengung yang telah ditentukan dengan standart minimum waktu dengung ruang

meeting room yaitu 0.08 detik pada frekuensi 2000 Hz. Alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plywood* ini dapat digunakan sebagai rekomendasi yang cukup baik meskipun tidak optimal dalam mewujudkan ruang yang berkualitas akustik yang baik karena selain menurunkan alternatif ini juga dapat mendistribusikan suara hingga posisi penonton bagian belakang sebagai diffuser.

3) **Plafond Gantung Bertrap dengan Plaster pada bilah papan**

Simulasi rekomendasi desain ini yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung yang dibuat bertrap dan diharapkan konsep tersebut dapat menyebarkan suara hingga letak penonton bagian belakang yang juga dilapisi oleh material plaster pada bilah papan. Koefisien serap material tersebut yaitu 0.06 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz, 0.04 pada frekuensi 2000 Hz. Plaster pada bilah papan ini termasuk dalam material yang bersifat reflektor untuk plafond namun memiliki koefisien serap yang paling tinggi di antara material reflektor plafond lainnya. Plafond pada alternatif tersebut juga sama dengan material alternatif sebelumnya yang menggunakan besi *hollow* sebagai penyangga kemudian bagian bawah yang tidak rata tersebut menggunakan plaster pada bilah papan untuk material di bawahnya. Berikut hasil simulasi menggunakan plafond gantung dengan pelapis plaster pada bilah papan, sebagai berikut :



Gambar 4.187 Hasil rekomendasi desain penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada bilah papan pada *Ballroom*

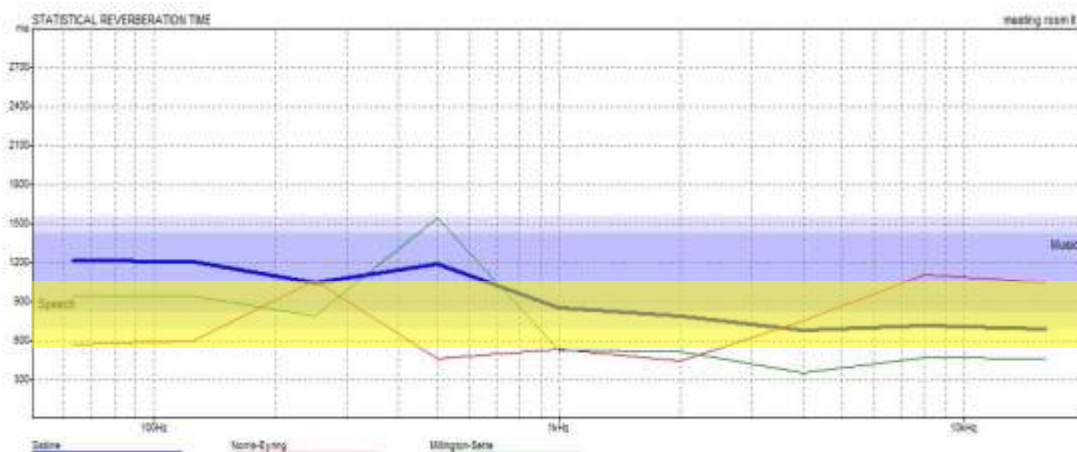
Grafik diatas terlihat bahwa garis Sabine (biru tua) pada beberapa frekuensi berada pada *range* yang berwarna kuning yang mengartikan bahwa area yang sesuai standart 1.6- 1.8 detik pada *ballroom* (Egan, 1998) yaitu pada frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz. Sedangkan, pada frekuensi 500 Hz nilai waktu dengung yang dihasilkan masih berada diatas standart waktu dengung. Grafik tersebut juga dijelaskan pada data nilai waktu dengung, sebagai berikut :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	1692.560	2.09	1.13	1.58
125Hz:	1485.358	2.30	1.45	1.83
250Hz:	1347.390	2.11	1.07	1.76
500Hz:	1105.870	2.22	1.81	2.31
1kHz:	1677.700	1.68	1.29	1.08
2kHz:	1487.341	1.76	1.90	1.15
4kHz:	1710.527	1.61	0.64	1.13
8kHz:	2041.724	1.42	0.42	0.71
16kHz:	2249.766	1.30	0.29	3.93

Gambar 4.188 Data hasil rekomendasi desain *ballroom* penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah

Hasil simulasi rekomendasi desain plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada bilah papan, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 6.04 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.9 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.02 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi tersebut cukup signifikan, terlihat dari nilai waktu dengung setelah diberikan suatu rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah tersebut pada *ballroom* masih terdapat salah satu frekuensi yang berada diatas standart waktu dengung, yaitu frekuensi 500 Hz, sedangkan pada frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz menghasilkan nilai waktu dengung yang berada pada *range* standart waktu dengung. Hal ini bergantung pada koefisien serap yang dimiliki masing-masing material.

Sedangkan, pada *meeting room* terjadi penurunan pula setelah diberikan rekomendasi desain alternatif yaitu dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung dilapisi plaster pada papan bilah, sebagai berikut :



Gambar 4.189 Hasil rekomendasi desain *meeting room* penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah

Grafik di atas terlihat bahwa garis Sabine (biru tua) terdapat beberapa frekuensi yang masih berada di atas standart nilai waktu dengung yaitu frekuensi 500 Hz, sedangkan frekuensi lainya yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz berada pada range bewarna kuning yang mengartikan bahwa termasuk dalam area standart antara 0.7-1.1 detik pada *meeting room* (Egan, 1998). Grafik tersebut juga dijelaskan pada data nilai waktu dengung, sebagai berikut :

FREQ.	TOTAL ABSPT.	SABINE RT (60)	NOR-ER RT (60)	MIL-SE RT (60)
63Hz:	58.376	1.02	0.26	0.78
125Hz:	78.649	0.78	0.27	0.63
250Hz:	79.149	0.67	0.43	0.61
500Hz:	59.054	0.70	0.46	0.64
1kHz:	51.370	0.71	0.25	0.42
2kHz:	60.978	0.62	0.21	0.38
4kHz:	38.093	0.67	0.36	0.55
8kHz:	10.681	0.66	0.52	0.65
16kHz:	10.748	0.62	0.50	0.62

Gambar 4.190 Hasil rekomendasi *meeting room* dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah

Hasil simulasi rekomendasi desain plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, terlihat bahwa nilai waktu dengung terjadi penurunan 2.01 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.24 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.77 detik pada frekuensi 2000 Hz. Hasil penurunan pada ketiga frekuensi tersebut cukup signifikan, namun nilai waktu dengung masih terdapat saah satu frekuensi yang berada di atas nilai stadart waktu dengung yang telah ditentukan.

Analisis

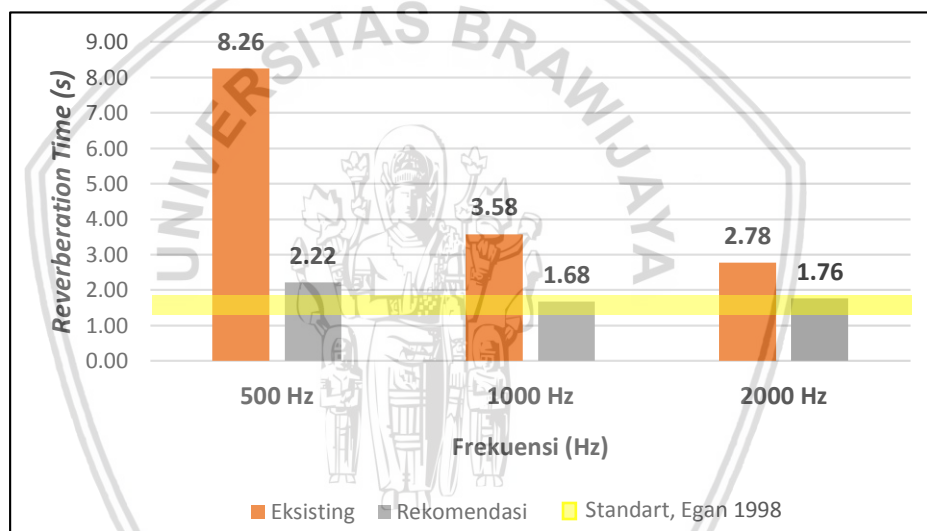
Berdasarkan hasil simulasi alternatif dengan menambahkan bentuk plafond gantung bertrap yang dilapisi oleh material plaster pada papan bilah, didapatkan nilai RT (*reverbration time*) yang mengalami penurunan, sebagai berikut :

Tabel 67

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan penambahan bentuk pladong gantung bertrap dipalisi plaster pada papan bilah

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	1.6 - 1.8		
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Rekomendasi</i>	1.19	0.85	0.79

Hasil kondisi eksisting dengan hasil simulasi rekomendasi setelah diberikan plafond gantung bertrap dilapisi bahan plester pada papan bilah, didapatkan penurunan nilai waktu dengung yang cukup signifikan, dikarenakan pada pensimulasian ini nilai waktu dengung mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga mencapai nilai standart pada beberapa frekuensi yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz. Sedangkan untuk frekuensi lainnya, yaitu frekuensi 500 Hz memiliki nilai waktu dengung yang berada di atas nilai standart akibat tidak adanya pengaruh koefisien serap udara pada frekuensi yang rendah. Selisih antara nilai yang dihasilkan dengan standart yang telah ditentukan adalah 0.09 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.88 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 1.17 detik pada frekuensi 2000 Hz. Berikut klasifikasi grafik dari hasil perhitungan waktu dengung pada *ballroom*, sebagai berikut :



Gambar 4.191 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting *ballroom* dengan alternatif penambahan plafond gantung bertrap plester pada papan bilah

Grafik di atas menggambarkan suatu interval yang terpaut jauh antara kondisi eksisting dengan hasil pensimulasian setelah diberikan plafond gantung bertrap menggunakan bahan plester pada papan bilah. Hanya dua frekuensi saja yang memenuhi standart yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz.

Sedangkan pada *meeting room*, dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah yang memiliki koefisien serap 0.06 pada frekuensi 500 Hz, 0.05 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.04 pada frekuensi 2000 Hz. Kedua frekuensi tersebut memasuki nilai standart waktu dengung dikarenakan pengaruh adanya koefisien serap udara juga yang lebih besar berpengaruh untuk

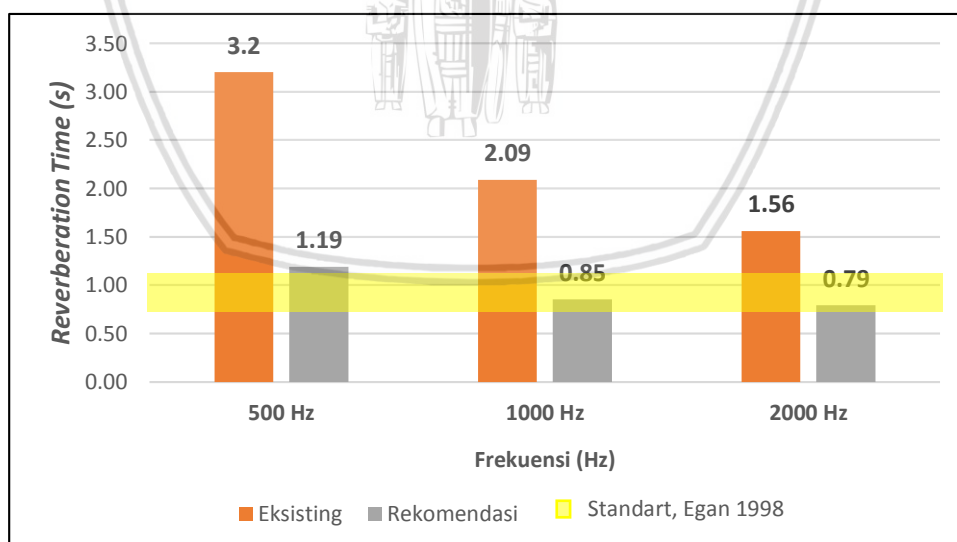
penurunan nilai waktu dengungnya terhadap frekuensi yang lebih besar. Seluruh hasil pensimulasian dapat disajikan berupa tabel, sebagai berikut :

Tabel 68

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi plester pada papan bilah

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>	0.7 - 1.1		
<i>Eksisting</i>	3.2	2.09	1.54
<i>Rekomendasi</i>			

Hasil di atas membuktikan bahwa terjadi perbedaan nilai waktu dengung yang terpaut jauh dengan kondisi eksisting. Penurunan tersebut dapat dikatakan cukup signifikan namun tidak optimal bagi seluruh frekuensi, hanya optimal pada frekuensi tertentu saja, yaitu frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz yang nilai waktu dengungnya mencapai angka standart. Sedangkan pada frekuensi yang lebih rendah yaitu pada frekuensi 500 Hz nilai yang dihasilkan berdasarkan pensimulasian masih berada di atas nilai standart waktu dengung, hal ini diakibatkan oleh adanya pengaruh koefisien serap udara yang lebih besar pada frekuensi tinggi. Hal ini juga dapat terlihat pada diagram atau grafik perbandingan antara kondisi eksisting dengan alternatif setelah diberikan rekomendasi plafond gantung bertrap dilapisi plester pada papan bilah, sebagai berikut :



Gambar 4.192 Grafik perbandingan antara simulasi kondisi eksisting dengan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi plester pada papan bilah di *meeting room*

Berdasarkan grafik dan data di atas, terlihat bahwa terdapat nilai waktu dengung yang hanya dua frekuensi saja yang memasuki *range* berwarna kuning yang memiliki arti bahwa nilai pada masing-masing frekuensi memasuki standart waktu dengung yang telah ditentukan. Selisih pada salah satu frekuensi yang tidak memenuhi waktu

dengung yang telah ditentukan dengan standart minimum waktu dengung ruang *meeting room* yaitu 0.09 detik pada frekuensi 500 Hz. Alternatif plafond gantung bertrap dilapisi plaster pada papan bilah ini dapat digunakan sebagai rekomendasi yang cukup baik meskipun tidak optimal dalam mewujudkan ruang yang berkualitas akustik yang baik karena selain menurunkan nilai waktu dengung, alternatif ini juga dapat mendistribusikan suara hingga posisi penonton bagian belakang sebagai diffuser.

Analisis Perbandingan antar Alternatif Pelapis Dinding Bergerigi

Berdasarkan pensimulasian alternatif penambahan bentuk plafond gantung bertrap sebagai difusser dan dilapisi dengan bahan reflektor sesuai dengan keperluan atau kreteria desain pada plafond bangunan yang membutuhkan sifat untuk memantulkan suara. Untuk itu perlu dilakukan pengklasifikasian dan penentuan dari beberapa material yang telah dicoba untuk disimulasikan, sebagai berikut :

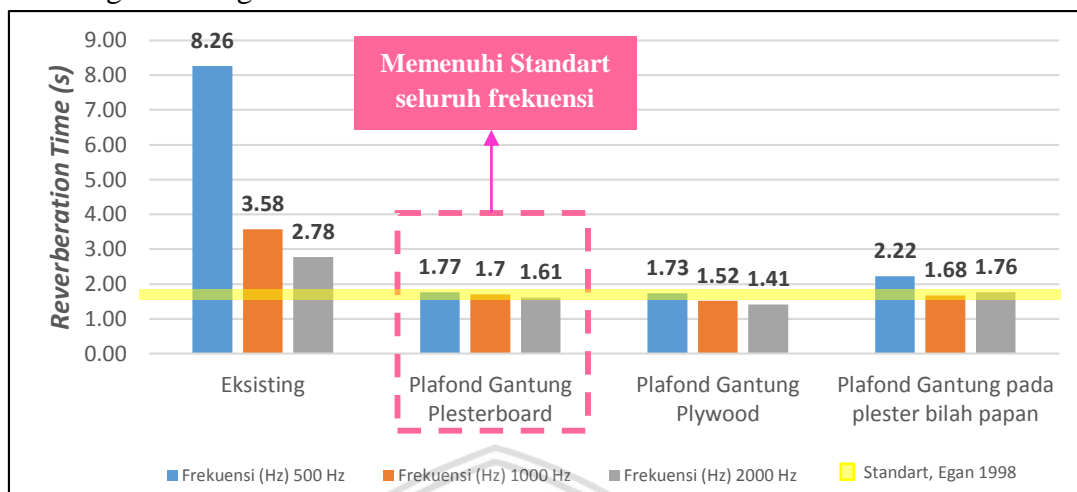
Tabel 69

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Ballroom* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif Pelapis Bentuk Plafond Gantung Bertrap

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
<i>Standart</i>		1.6 - 1.8	
<i>Eksisting</i>	8.26	3.58	2.78
<i>Alternatif 1</i>			
Plafond gantung bertrap dilapisi <i>Plesterboard</i>	1.77	1.70	1.61
<i>Alternatif 2</i>			
Plafond gantung bertrap dilapisi <i>Plywood</i>	1.73	1.52	1.41
<i>Alternatif 3</i>			
Plafond gantung bertrap dilapisi Papan pada papan bilah	2.22	1.68	1.76

Nilai perbandingan tabel di atas menggambarkan terdapat salah satu rekomendasi desain plafond gantung bertrap yang dilapisi beberapa bahan bersifat reflektor tersebut memenuhi standart pada seluruh frekuensi baik frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, maupun 2000 Hz. Alternatif tersebut yaitu plafond gantung bertrap yang dilapisi bahan plasterboard sebagai bahan reflektor yang berfungsi untuk memantulkan suara. Sedangkan material pelapis plafond gantung bertrap lainnya belum memenuhi standart dikarenakan koefisien serap yang dimiliki alternatif lainnya cenderung terlalu besar dan laiinya juga ada yang terlalu rendah, sehingga hal ini juga akan memperngaruhi nilai yang dihasilkan akan berada di atas standart ataupun berada di bawah standart tergantung nilai koefisien serap masing-masing

material. Selain secara tabel, perbandingan tersebut juga dapat dilihat melalui grafik atau diagram sebagai berikut :



Gambar 4.193 Perbandingan dari masing-masing alternatif plafond gantung bertrap yang dilapisi beberapa material pada *Ballroom*

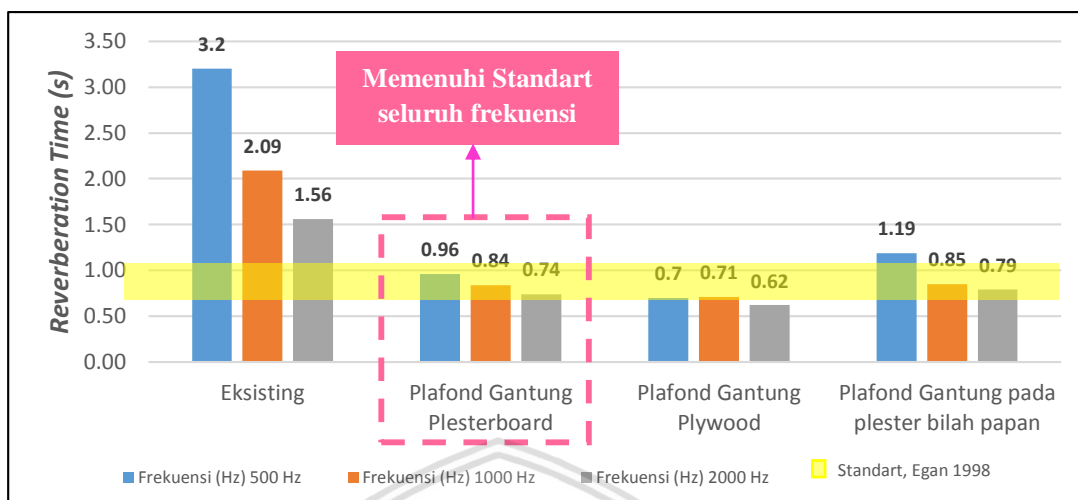
Terlihat pada grafik di atas, bahwa dari alternatif pelapisan plafond gantung bertrap dengan pelapis bahan bersifat reflektor, didapatkan hasil paling optimal sesuai standart yang ditentukan adalah alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard*, dikarenakan memiliki nilai koefisien serap yang rata-rata diantar yang paling besar dan yang paling kecil. Sehingga keseimbangan antara bahan diffuser dan bahan bersifat reflektor, dapat mengakibatkan kualitas didalam ruangan tersebut semakin baik. Sehingga alternatif tersebut dapat diterapkan menjadi salah satu rekomendasi paling optimal diantara alternatif lainnya dan dapat diterapkan pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Sedangkan, pada *meeting room* didapatkan perbandingan pelapis dinding bergerigi dari beberapa mineral yaitu :

Tabel 70

Perbandingan Hasil Simulasi Eksisting *Meeting Room* dengan Simulasi Rekomendasi Seluruh Alternatif plafond gantung bertrap

Ruang <i>Ballroom</i>	Frekuensi (Hz)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Standart	0.7-1.1		
Eksisting	3.2	2.09	1.56
Alternatif 1 Dinding Bergerigi dilapisi <i>Perforated Mineral Fiberboard</i>	0.96	0.84	0.74
Alternatif 2 Dinding Bergerigi dilapisi <i>softboard</i>	0.7	0.71	0.62
Alternatif 3 Dinding Bergerigi dilapisi <i>Papan Serat Kayu Tatal</i>	1.19	0.85	0.79

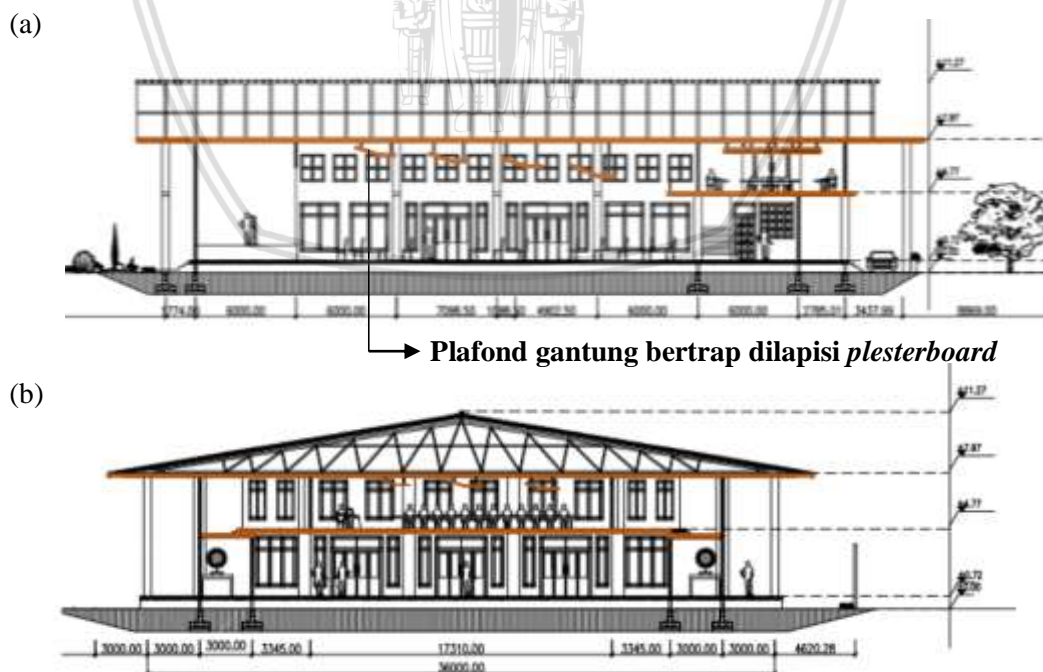
Pengelompokan tabel di atas disajikan dalam bentuk diagram perbandingan antara ketiga alternatif pelapis dinding bergerigi di *meeting room*, sebagai berikut :



Gambar 4.194 Perbandingan dari masing-masing alternatif pelapis plafond gantung bertrap pada *Meeting room*

Grafik di atas menggambarkan bahwa, penggunaan beberapa material yang diterapkan pada alternatif penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi bahan reflektor pada ruang *meeting room*.

Hal ini juga dapat dilihat melalui detail potongan dan visualisasi 3D (3 Dimensi) alternatif pelapis bentuk plafond gantung bertrap tambahan yang paling optimal, sebagai berikut :



Gambar 4.195 Potongan detail alternatif lapisan penambahan bentuk plafond gantung bertrap (a) Potongan A-A' (b) Potongan B-B'

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tampak potongan ruangan setelah diberikan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi bahan reflektor untuk plafond yang merupakan alternatif keenam dalam menurunkan nilai waktu dengung pada ruang *Ballroom* maupun *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Selain potongan terlihat juga pada perspektif visualisasi 3D, sebagai berikut :



Gambar 4.196 Perspektif Visualisasi 3D pada *Ballroom* setelah diberikan pelapis *plasterboard* pada permukaan plafond gantung bertrap

Sedangkan, pada *meeting room* perspektif visualisasi 3D terlihat yang telah diberikan pelapis plafond gantung bertrap menggunakan *plesterboard*, dimana alternatif tersebut merupakan alternatif paling baik dan paling optimal dalam mewujudkan tujuan penelitian tersebut untuk meningkatkan kualitas akustik ruang. Berikut gambar visualisasi 3D alternatif tersebut :



Gambar 4.197 Perspektif Visualisasi 3D pada *Meeting Room* setelah diberikan pelapis *softboard* pada permukaan dinding bergerigi

Terlihat perbedaan visualisasi 3D perbedaan antara kondisi eksisting awal dengan hasil rekomendasi setelah diberi material baru berupa bentuk plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plasterboard*.

Berdasarkan hasil seluruh pensimulasian alternatif di atas, dapat disimpulkan bahwa alternatif yang paling optimal untuk ruang *ballroom* Hotel paseban Sena Kota Probolinggo adalah alternatif keenam, yang merupakan alternatif plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard*. Alternatif tersebut dapat menurunkan nilai waktu dengung dengan cukup signifikan dan mencapai angka 1.77 detik pada frekuensi 500 Hz, 1.70 detik pada frekuensi 1000 Hz dan 1.61 pada frekuensi 2000 Hz.

Sedangkan alternatif pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, didapatkan tiga hasil yang paling optimal diantaranya :

1. Alternatif ketiga pelapis lantai menggunakan karpet di atas lateks tak berpori dengan pencapaian nilai waktu dengung 0.97 pada frekuensi 500 Hz, 0.88 pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.7 pada frekuensi 2000 Hz.
2. Alternatif keempat yaitu alternatif kombinasi antara elemen dinding berbahan *softboard* dengan plafond berlapis *plywood* hingga didapatkan penurunan yang cukup optimal pada nilai 0.91 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.92 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.86 detik pada frekuensi 2000 Hz.
3. Alternatif keenam yaitu dengan penambahan bentuk plafond gantung bertrap yang dilapisi bahan *plasterboard* merupakan salah satu alternatif paling optimal dan dapat menurunkan hingga waktu dengung berada pada *range* standart yaitu, 0.96 detik pada frekuensi 500 Hz, 0.84 detik pada frekuensi 1000 Hz, dan 0.74 detik pada frekuensi 2000 Hz.

Alternatif yang didapatkan berbeda antara kedua ruang, dikarenakan memiliki luas permukaan ruang yang berbeda, dimana luas permukaan yang dimiliki oleh *ballroom* lebih besar dibandingkan *meeting room*, sehingga sangat mempengaruhi pada nilai waktu dengung yang dihasilkan. Alternatif pada *meeting room* terdapat tiga pilihan dan dapat digunakan atau dipilih oleh pihak terkait dengan mempertimbangkan kelemahan dan kelebihan tiap alternatif rekomendasi desain dari segi biaya, *maintenance*, dan keamanan baik keamanan.

4.6 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi beberapa alternatif di atas, dihasilkan bahwa terdapat penurunan yang cukup signifikan pada masing-masing alternatif, baik dalam menambahkan pelapis material baru maupun dalam menambahkan elemen bentuk pada beberapa elemen pelingkup ruang. Namun, dari beberapa alternatif di atas, terdapat suatu kelemahan dan kelebihan tersendiri yang dimiliki oleh masing-masing alternatif, sebagai berikut :

Tabel 71
Kelemahan dan Kelebihan setiap Alternatif Rekomendasi

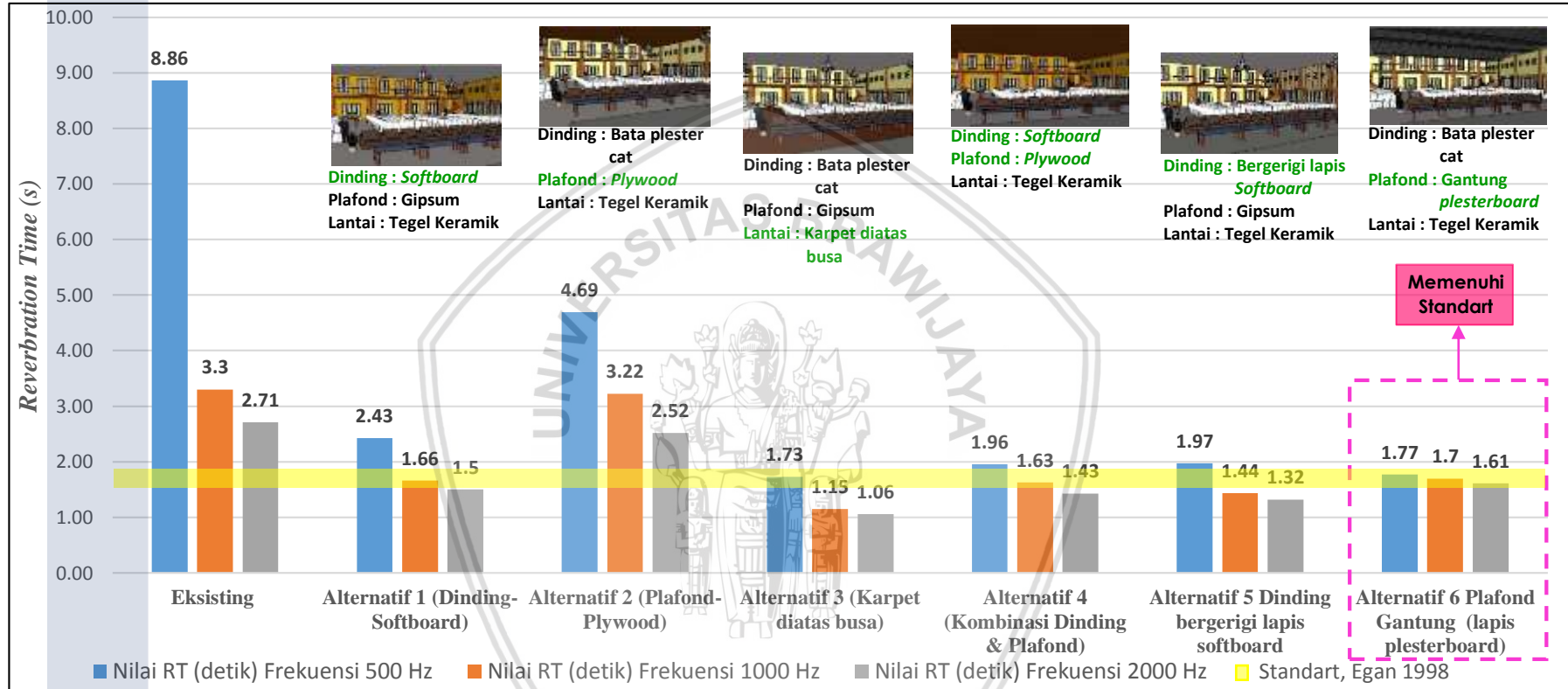
Jenis Alternatif	Kelemahan	Kelebihan
Alternatif 1 (pada dinding) <i>Softboard</i>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Softboard</i> relatif tipis – Banyak menyerap noda dan debu yang menempel karena berbahan serat 	<ul style="list-style-type: none"> – Pemasangan relatif lebih mudah dan cepat – Lebih tahan api dan aman terhadap risiko kebakaran karena tidak menyerap uap air – <i>Softboard</i> dapat menyimpan kelebihan panas dari udara sekitarnya, dan mengurangi panas yang berlebihan pada ruangan
Alternatif 2 (pada plafond) <i>Plywood</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Hanya dapat diletakkan pada posisi yang tidak langsung terkena paparan luar. Bahkan meskipun posisinya berada dalam ruangan sekalipun – Cepat rusak bila terkena air dan lembab terus menerus – Tidak tahan api 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Plywood</i> tidak mudah mengalami penyusutan sehingga bentuk dan ukurannya tidak mudah berubah. – Harga dari material <i>plywood</i> cenderung terjangkau dan mudah ditemui – Dalam segi pemasangan lebih mudah pengerjaannya karena berbahan ringan
Alternatif 3 (pada lantai) <i>Carpet diatas lateks</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Harga karpet relatif lebih mahal – Banyak menyerap noda dan debu yang menempel hingga kedalam lapisan karpet – Mudah terserang jamur akibat permukaan yang lembab di area tertentu 	<ul style="list-style-type: none"> – Mudah dalam pemasangannya ataupun dalam menggantinya – Mudah didapatkan di berbagai daerah – Dari segi maintenance lebih tahan lama karena mudah dibersihkan dengan <i>vacum cleaner</i>

Alternatif 4 (Kombinasi Softboard pada dinding dan Plesterboard pada plafond)	<ul style="list-style-type: none"> - Relative lebih mahal - Tidak Tahan benturan untuk Plafond - <i>Maintenance</i> lebih susah karena untuk softboard mudah terkena noda dan jamur 	<ul style="list-style-type: none"> - Tahan api dan aman terhadap risiko kebakaran karena tidak menyerap uap air - Dapat mengurangi panas berlebih dalam ruangan
Alternatif 5 (Penambahan Elemen Bentuk Dinding Bergerigi dengan softboard)	<ul style="list-style-type: none"> - Relative tipis - Mudah terserang jamur akibat udara yang lembab dan banyak menyerap noda 	<ul style="list-style-type: none"> - Tahan api dan aman terhadap risiko kebakaran karena tidak menyerap uap air - Harga relative lebih murah - Dapat mengurangi panas berlebih dalam ruangan
Alternatif 6 (Penambahan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan bahan plester board)	<ul style="list-style-type: none"> - Masih sulit diperoleh di beberapa daerah pelosok - Tidak tahan benturan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengerjaanya mudah - Harga relatif lebih murah dari bahan <i>plywood</i> - Mudah diperbaiki atau diganti - Relatif ringan - Tahan terhadap api dan air

Sumber : (1) <http://id.acourete.com> (2) www.rumah.com/berita-properti
(diakses 4 Maret 2018)

Hasil perbandingan dari segi kelemahan dan kelebihan yang dimiliki dari tiap-tiap alternatif khususnya dari tiap jenis material, bahwa alternatif yang memiliki banyak keunggulan dan cocok untuk diterapkan pada ruang *ballroom* maupun *meeting room* adalah **alternatif keenam** untuk ruang *ballroom* maupun *meeting room*, yang menerapkan konsep plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard* hingga bagian pengujung belakang. Namun bahan tersebut sulit diperoleh di beberapa daerah dan tidak tahan terhadap penturan

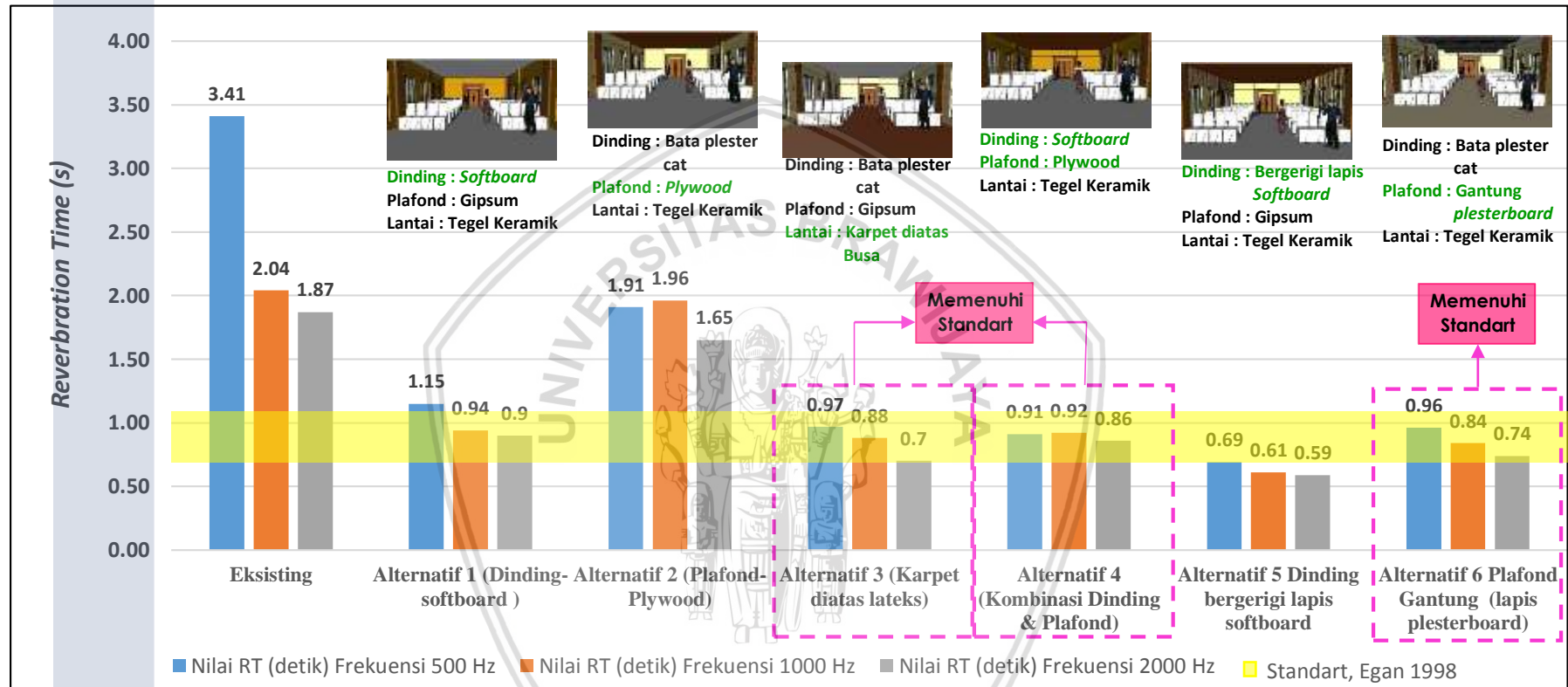
Selain dilihat berdasarkan tabel kelemahan dan kelebihan masing-masing alternatif, terlihat pula hasil yang menunjukkan antara kondisi eksisting dengan seluruh hasil alternatif rekomendasi desain, sebagai berikut :



Gambar 4.198 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dan keenam alternatif rekomendasi desain pada ballroom

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa dari keseuruhan alternatif, terdapat satu alternatif yang paling optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung hingga mendapat nilai standart yang telah ditentukan, yaitu pada alternatif keenam dengan menambahkan elemen bentuk plafond gantung bertrap dengan pelapis *plesterboard* sebagai diffuser bunyi yang menyebarkan suara hingga area penonton bagian belakannng serta dapat mengoptimalkan waktu dengung dan tata akustik dalam ruang *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.

Sedangkan pada *meeting room*, keenam alternatif rekomendasi desain yang telah disimulasikan menggunakan *software Ecotect Analysis 2011* menghasilkan perbandingan nilai, sebagai berikut :


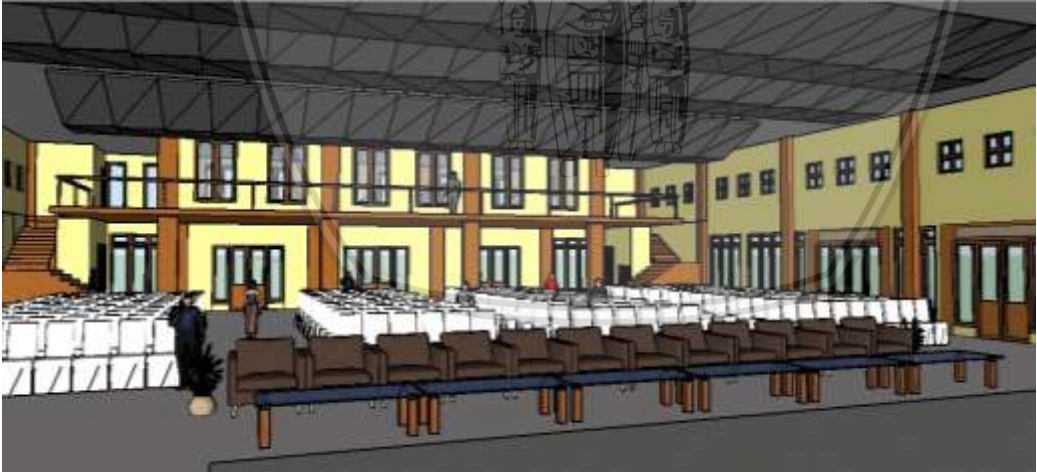


Gambar 4.199 Grafik perbandingan antara simulasi konsisi eksisting dan keenam alternatif rekomendasi desain pada *meeting room*

Hasil pada pensimulasian seluruh alternatif rekomendasi desain ruang *meeting room*, terlihat grafik yang memenuhi standart terdapat tiga alternatif yaitu alternatif ke 3 dengan pelapisan pada karpet di atas lateks, kemudian alternatif ke 4 dengan kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood* serta juga alternatif ke 6 dengan penambahan plafond gantung bertrap yang dilapisi *plasterboard*. Oleh karena itu pada kedua ruang ini dipilihlah suatu alternatif sebagai rekomendasi desain dalam mengoptimalkan tata akustik pada *ballroom* dan *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo.



Tabel 72

Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberik Rekomendasi Alternatif Keenam pada Plafond *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Kondisi	Gambar Perspektif	Keterangan
<i>Eksisting</i>		<p>Masih menggunakan plafond atau langit-langit bangunan datar dan hanya diberikan ornamen lampu sebagai estetika dalam ruang</p>
Setelah diberikan Rekomendasi		<p>Setelah diberikan rekomendasi desain dengan penambahan bentuk pada plafond berupa plafond gantung bertrap dan dilapisi material <i>plasterboard</i> serta dilengkapi pula dengan lampu-lampu hias sebagai estetika ruang tambahan</p>



Tabel 73

Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberik Rekomendasi Alternatif keenam pada Plafond *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Kondisi	Gambar Perspektif	Keterangan
<p><i>Eksisnting Meeting Room</i></p>		<p>Masih sesuai dengan kondisi eksisting yang menerapkan plafond datar</p>
<p>Setelah diberikan Rekomendasi</p>		<p>Setelah menggunakan rekomendasi desain berupa penambahan bentuk plafond gantung yang bertrap dengan pelapis material <i>plesterbord</i>.</p>



Tabel 74

Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberik Rekomendasi Alternatif Ketiga pada lantai *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

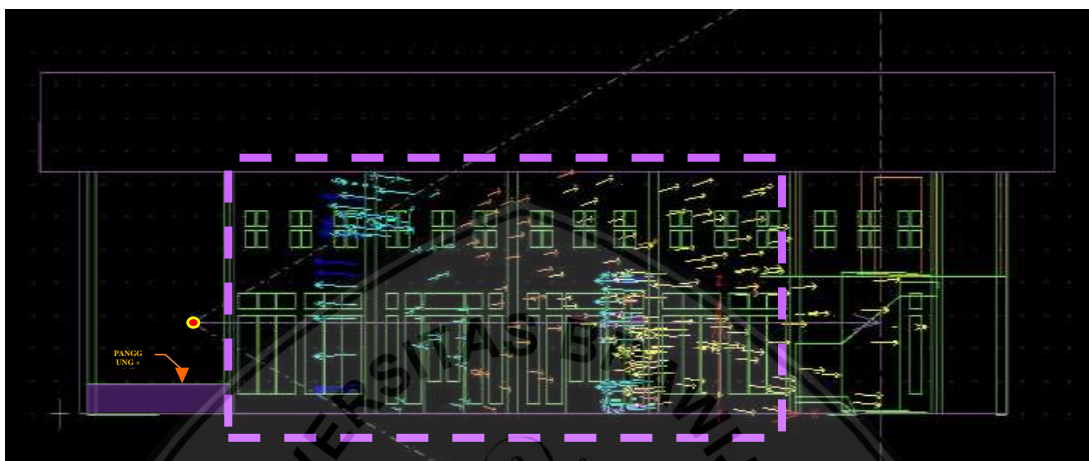
Kondisi	Gambar Perspektif	Keterangan
<p><i>Eksisting Meeting Room</i></p>		<p>Masih sesuai dengan kondisi eksisting yang menerapkan lantai menggunakan tegel keramik pada <i>meeting room</i></p>
<p>Setelah diberikan Rekomendasi</p>		<p>Setelah menggunakan rekomendasi desain berupa penambahan lapisan lantai pada <i>meeting room</i>, lantai karpet di atas lateks tak berpori</p>

Tabel 75

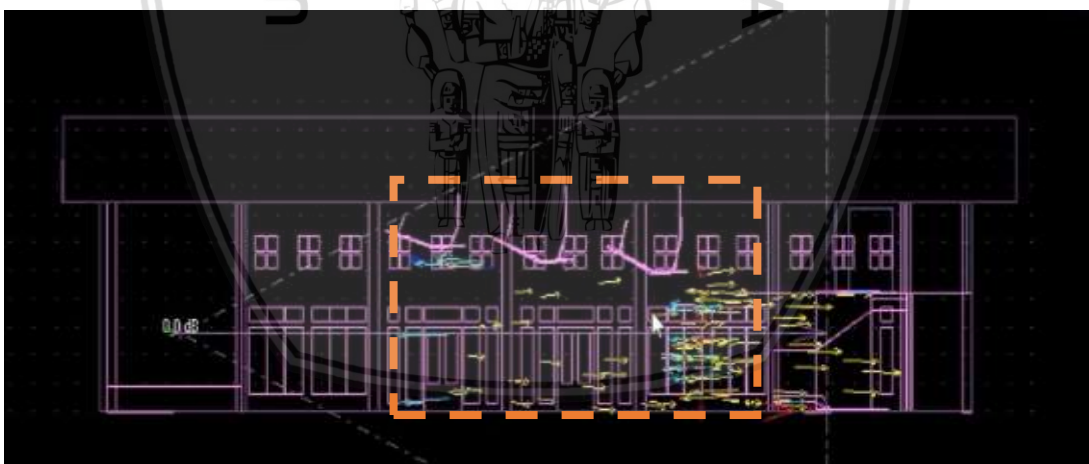
Perspektif Interior Kondisi Eksisting dan setelah diberik Rekomendasi Alternatif Keempat kombinasi di *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Kondisi	Gambar Perspektif	Keterangan
<i>Eksisting Meeting Room</i>		<p>Masih sesuai dengan kondisi eksisting yang menerapkan plafond datar gipsum dan dinding plester batu bata di cat</p>
<p>Setelah diberikan Rekomendasi</p>		<p>Setelah menggunakan rekomendasi desain berupa penambahan pelapis plafondberbahan <i>plywood</i> dan dinding berbahan <i>softboard</i></p>

Selain dengan hasil nilai waktu dengung yang tertera pada grafik, hal ini juga dibuktikan dengan simulasi pantulan bunyi untuk mengetahui pantulan bunyi yang ditimbulkan setelah diberikan keromendasi berupa plafond gantung bertrap yang dilapisi oleh bahan *plesterboard*. Berikut hasil simulasi pantulan bunyi dengan *animated rays* dari kondisi sebelum diberikan rekomendasi dan setelah diberi rekomendasi desain pada salah satu ruang :



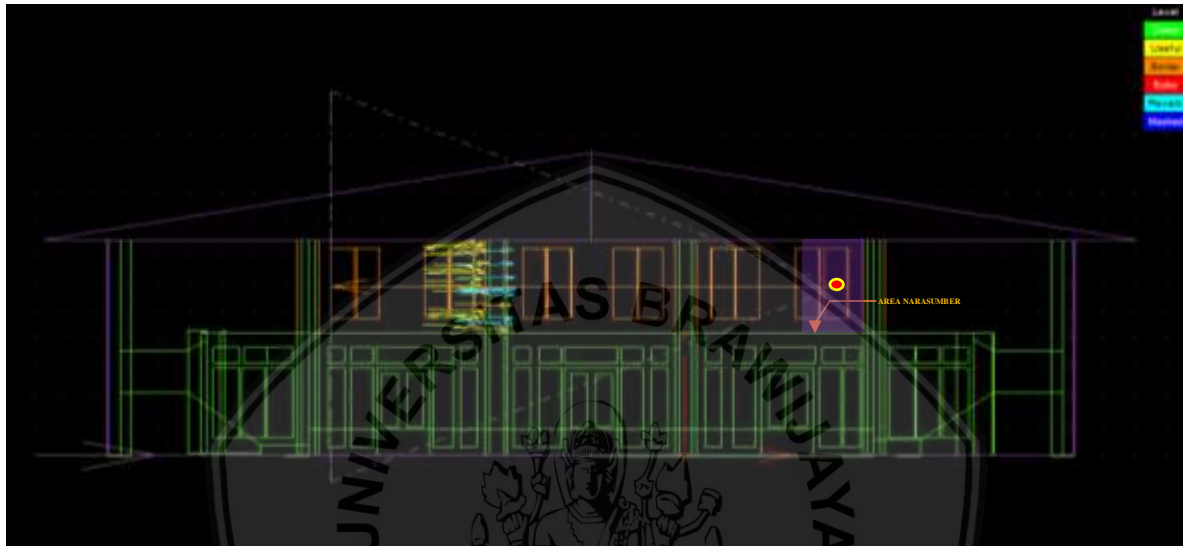
Gambar 4.200 Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan *animated rays* pada *ballroom* sebelum diberikan rekomendasi desain



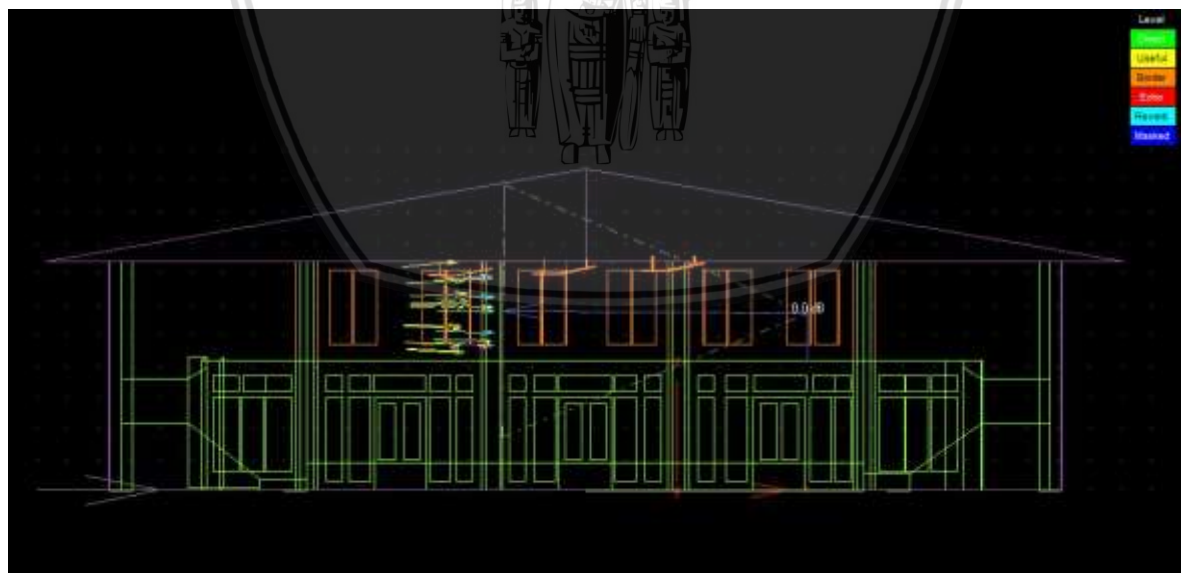
Gambar 4.201 Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan *animated rays* pada *ballroom* setelah diberikan rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap

Hasil simulasi menggunakan *animated rays* pada gambar di atas terlihat bahwa terdapat penurunan jumlah garis berwarna biru muda yang berarti bunyi dengung dari kondisi semula dengan kondisi setelah diberikan rekomendasi berupa plafond gantung bertrap sangat berbeda, dimana kondisi setelah diberikan rekomendasi desain bunyi dengung yang dihasilkan berkurang.

Sedangkan, pada meeting room juga terdapat salah satu alternatif yang paling optimal digunakan, dikarenakan selian ditinjau dari hasil pensimulasiannya, alternatif tersebut juga dapat menyebarkan suara hingga penonton bagian belakang. Alternatif tersebut adalah alternatif keenam, dimana alternatif tersebut merupakan penambahan bentuk plafond dilapisi *plasterboard*. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan adanya perbandingan simulasi pantulan bunyi kondisi eksisting dan simulasi pantulan bunyi setelah diberikan rekomendasi alternatif keenam, sebagai berikut



Gambar 4.202 Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan *animated rays* pada *meeting room* sebelum diberikan rekomendasi desain



Gambar 4.203 Hasil simulasi pantulan bunyi menggunakan *animated rays* pada *meeting room* setelah diberikan rekomendasi desain berupa plafond gantung bertrap

Berdasarkan gambar di atas, yang merupakan hail pensimulasian pantulan bunyi, didapatkan hail penguranagn garis berwarna biru muda yang mengartikan sebagai dengung dari kondisi eksisting *meeting room* yang banyak terjadi dengung, kemudian berkurang setelah diberikan rekomendasi plafond gantung bertrap dilapisi *plesterboard*.

Penyelesaian dalam meminimalisir waktu dengung dipilih suatu alternatif yang dapat memenuhi standart salah satunya yaitu penggunaan plafond gantung bertrap yang dilapisi bahan plasterboard sebagai pemantul atau reflektor yang selain untuk meminimalisir waktu dengung, alternatif ini juga dapat digunakan untuk adanya distribusi bunyi yang kurang merata dalam *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. dilapisi oleh *plesterboard* sebagai bahan reflektor sebagai pemantul.

Alternatif *plesterboard* bertrap gantung ini juga dapat digunakan untuk menurunkan tingkat bising latar belakang yang terjadi didalam ruang tersebut. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut yang menggunakan rumus Pengurangan Kebisingan dengan penambahan Peredam atau yang sering disebut rumus *Noise Reduction* (NR). Berikut perhitungan menggunakan rumus *noise reduction* :

$$NR = 10 \log (a_2/a_1) \text{ dB} \dots\dots\dots(4-1)$$

dengan a_1 = total penyerapan bunyi ruangan sesuai kondisi awal, (Sabine)

a_2 = total penyerapan bunyi ruangan pada kondisi setelah diperbaiki (Sabine)

(NR merupakan rata-rata dari tiap frekuensi)

Tabel 76

Total Absorpsi Material Eksisting (a_1) pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabin e	α	Sabin e	α	Sabine
Batu Bata, dipleser, dicat	Dinding	1281.9	0.02	25.64	0.02	25.64	0.02	25.64
Vynil diatas beton	Kolom	200.99	0.03	6.03	0.03	6.03	0.03	6.03
	Lantai Tangga	60.8	0.03	1.82	0.03	1.82	0.03	1.82
Keramik diatas beton	Lantai Panggung	108	0.04	4.32	0.05	5.40	0.05	5.40
<i>Ordinary Window</i>	Jendela	176.34	0.18	31.74	0.12	21.16	0.07	12.34
	Pintu	13.10	0.18	2.36	0.12	1.57	0.07	0.92
Kayu	Pintu	44.25	0.1	4.43	0.07	3.10	0.06	2.66
Tegel Keramik	Lantai	900	0.01	9.00	0.01	9.00	0.02	18.00
Gipsum, tebal 1/2	Plafond	1008	0.05	50.40	0.08	80.64	0.07	70.56
Total Angka Sabine		3793.4	-	135.74	-	154.36	-	143.37
Rata-Rata Total Absorpsi			144.49					

Tabel di atas merupakan tabel total absorpsi penggunaan material kondisi eksisting pada *ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo (a_1). Sedangkan untuk perhitungan total absorpsi ruang *meeting room* adalah sebagai berikut :

Tabel 77

Total Absorpsi Material Eksisting (a_1) pada *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabine	α	Sabine	α	Sabine
Batu Bata, diplester, dicat	Dinding	163.55	0.02	3.27	0.02	3.27	0.02	3.27
Vynil diatas beton	Kolom	57.85	0.03	1.74	0.03	1.74	0.03	1.74
<i>Ordinary Window</i>	Jendela	43.2	0.18	7.78	0.12	5.18	0.07	3.02
Kayu	Pintu	12	0.1	1.20	0.07	0.84	0.06	0.72
Tegel Keramik	Lantai	154.93	0.01	1.55	0.01	1.55	0.02	3.10
Gypsum, tebal 1/2	Plafond	154.95	0.05	7.75	0.08	12.40	0.07	10.85
Total Angka Sabine		586.48	-	23.28	-	24.98	-	22.70
Rata-rata Total Absorpsi						23.65		

Berdasarkan tabel total absorpsi (a_1) di atas, terlihat pula dalam kondisi eksisting ruang *meeting room* tersebut hanya menyerap bunyi rata-rata 23.65. Kemudian untuk total absorpsi setelah diberikan suatu rekomendasi desain pada masing-masing ruang, baik *ballroom* maupun *meeting room* dihasilkan rerata sebagai (a_2). Ruang *ballroom* didapatkan satu alternatif yang paling optimal, yaitu alternatif keenam merupakan penambahan bentuk plafond gantung bertrap dengan bahan *plasterboard*. Berikut perhitungan total absorpsi ruang *ballroom* setelah diberikan rekoemndasi alternatif keenam :

Tabel 78

Total Absorpsi rekomendasi alternatif keenam (a_2) pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabine	α	Sabine	α	Sabine
Batu Bata, diplester, dicat	Dinding	1281.9	0.02	25.64	0.02	25.64	0.02	25.64
Vynil diatas beton	Kolom	200.9976	0.03	6.03	0.03	6.03	0.03	6.03
	Lantai Tangga	60.8	0.03	1.82	0.03	1.82	0.03	1.82
Keramik diatas beton	Lantai	108	0.04	4.32	0.05	5.40	0.05	5.40
	Panggung							
<i>Ordinary Window</i>	Jendela	176.346	0.18	31.74	0.12	21.16	0.07	12.34
	Pintu	13.104	0.18	2.36	0.12	1.57	0.07	0.92
Kayu	Pintu	44.256	0.1	4.43	0.07	3.10	0.06	2.66
Tegel Keramik	Lantai	900	0.01	9.00	0.01	9.00	0.02	18.00
Gypsum, tebal 1/2	Plafond	1008	0.05	50.40	0.08	80.64	0.07	70.56
Plywood tebal 3/8	Plafond Gantung	762.11	0.17	129.56	0.09	68.59	0.1	76.21
Total Angka Sabine			-	265.30	-	222.95	-	219.58
Rata-Rata Total Absorpsi						195.30		

Berdasarkan tabel di atas kemudian dimasukkan pada rumus yang *noise reduction* untuk dihitung nilai penurunan *background noise level* pada ruang *ballroom*. Berikut perhitungan

menggunakan rumus *noise reduction* untuk ruangan *ballroom* menggunakan alternatif keenam yaitu penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plasterboard* :

Tabel 79

Hasil Penurunan *Background Noise Level* pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Total Absorpsi Eksisting (a ₁)	Total Absorpsi Alternatif 6 (a ₂)	Hasil <i>Noise Reduction</i> (NR)
144.49	195.30	7.64

Setelah dimasukkan dalam rumus, terapat pengurangan pada ruang *Ballroom* sebanyak **7.64 dB**. Pengurangan ini menggunakan alternatif kelima sebagai alternatif yang dapat diterapkan pada *Ballroom* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Pengurangan tersebut kemudian dikurangi pada tiap titik, 23 titik di ruang *ballroom*. Sehingga menghasilkan nilai *background noise level* yang cukup baik dan mendekati nilai standart yang telah ditentukan. Alternatif tersebut dapat dikatakan cukup baik untuk meningkatkan kualitas akustik di dalam ruang *ballroom* dikarenakan, alternatif tersebut selain untuk menurunkan nilai waktu dengung dan menyebarkan suara hingga bagian belakang penonton, alternatif keenam ini juga dapat menurunkan *background noise level* hingga mendekati nilai standart yang ditentukan, meskipun belum tepat pada *range* angka standart yaitu 30-40 dB.

Sedangkan pada *meeting room*, terjadi penurunan waktu dengung dengan salah satu alternatif yaitu alternatif keenam, dengan penambahan plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard*. Berikut perhitungan total absorpsi setelah diberikan rekomendasi alternatif keenam :

Tabel 80

Total Absorpsi rekomendasi alternatif keenam (a₂) pada *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabine	α	Sabine	α	Sabine
Batu Bata, diplester, dicat	Dinding	163.55	0.02	3.27	0.02	3.27	0.02	3.27
Vynil di atas beton	Kolom	57.85	0.03	1.74	0.03	1.74	0.03	1.74
<i>Ordinary Window</i>	Jendela	43.2	0.18	7.78	0.12	5.18	0.07	3.02
Kayu	Pintu	12	0.1	1.20	0.07	0.84	0.06	0.72
Tegel Keramik	Lantai	154.93	0.01	1.55	0.01	1.55	0.02	3.10
Gypsum	Plafond	154.95	0.1	15.50	0.05	7.75	0.05	7.75
<i>Plasterboard</i>	Plafond Gantung	79.92	0.1	7.99	0.05	4.00	0.05	4.00
Total Angka Sabine			-	39.02	-	24.32	-	23.59
Rata-rata Total Absorpsi			28.98					

Berdasarkan tabel sebelumnya terlihat rerata yang dihasilkan oleh ruang *meeting room* setelah menggunakan material rekekomendasi desain plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plasterboard*, rerata tersebut yaitu 28.98 sebagai (**a₂**). Berikut perhitungan menggunakan rumus *noise reduction* untuk ruangan *meeting room* menggunakan alternatif keenam yaitu penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi bahan *plasterboard* :

Tabel 81

Hasil Penurunan *Background Noise Level* pada *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Total Absorpsi Eksisting (a ₁)	Total Absorpsi Alternatif 6 (a ₂)	Hasil <i>Noise Reduction</i> (NR)
23.65	28.98	11.3

Selain itu, pada ruang *meeting room* tersebut juga dihasilkan beberapa alternatif rekomendasi desain dalam upaya menurunkan *background noise level* dengan menggunakan alternatif *reverberation time* sebelumnya yang telah mencapai angka optimal di dalam ruangan *meeting room* tersebut, di antaranya :

1. Alternatif ketiga dengan penambahan pelapis lantai dengan material karpet tebal di atas lateks tak berpori
2. Alternatif keempat dengan penambahan kombinasi pelapis material baru pada dinding menggunakan *softboard* dan plafond menggunakan *plywood*

Kedua alternatif tersebut kemudian diakumulasikan dengan material lainnya, sehingga menghasilkan rerata total absorpsi dalam ruang *meeting room* pada masing-masing alternatif, sebagai berikut :

Tabel 82

Total Absorpsi rekomendasi alternatif ketiga (**a₂**) pada *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabine	α	Sabine	α	Sabine
Batu Bata, diplester, dicat	Dinding	163.55	0.02	3.27	0.02	3.27	0.02	3.27
Vynil di atas beton	Kolom	57.85	0.03	1.74	0.03	1.74	0.03	1.74
<i>Ordynary Window</i>	Jendela	43.2	0.18	7.78	0.12	5.18	0.07	3.02
Kayu	Pintu	12	0.1	1.20	0.07	0.84	0.06	0.72
Karpet diatas lateks tak berpori	Lantai	154.93	0.39	60.42	0.34	52.68	0.48	74.37
Gypsum, tebal 1/2	Plafond	154.95	0.05	7.75	0.08	12.40	0.07	10.85
Total Angka Sabine			82.15		76.10		93.96	
Rata-rata Total Absorpsi			84.07					

Setelah diakumulasikan menghasilkan rerata total absorpsi 84.07, kemudian dimasukkan dalam rumus *noise reduction* hingga menghasilkan nilai 8.1 sebagai penurunan *background noise level* pada masing-masing titik ukur di ruang *meeting room*, sebagai berikut :

Tabel 83

Hasil Penurunan *Background Noise Level* menggunakan alternatif ketiga pelapis dinding pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Total Absorpsi Eksisting (a ₁)	Total Absorpsi Alternatif 6 (a ₂)	Hasil <i>Noise Reduction</i> (NR)
23.65	84.07	1.8

Kemudian, untuk alternatif keempat yaitu alternatif kombinasi pelapisan dinding *softboard* dengan plafond *plywood* menghasilkan rerata total absorpsi, sebagai berikut :

Tabel 84

Hasil Penurunan *Background Noise Level* menggunakan alternatif keempat kombinasi dinding *softboard* dan plafond *plywood* pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

Material	Keterangan	Luas Permukaan	Koefisien Serap Tiap Frekuensi					
			500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	Sabine	α	Sabine	α	Sabine
Softboard	Dinding	163.55	0.3	49.07	0.3	49.07	0.3	49.07
Vynil diatas beton	Kolom	57.85	0.03	1.74	0.03	1.74	0.03	1.74
<i>Ordynary Window</i>	Jendela	43.2	0.18	7.78	0.12	5.18	0.07	3.02
Kayu	Pintu	12	0.1	1.20	0.07	0.84	0.06	0.72
Tegel Keramik	Lantai	154.93	0.01	1.55	0.01	1.55	0.02	3.10
Plywood tebal 3/8	Plafond	154.95	0.17	26.34	0.09	13.95	0.1	15.50
Total Angka Sabine				87.67		72.32		73.14
Rata-rata total absorpsi						77.71		

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa nilai rerata yang dihasilkan oleh total absorpsi setelah diberikan rekomendasi berupa penambahan bentuk plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard*. Sehingga setelah diakumulasikan kedalam rumus *noise reduction*, dan menghasilkan nilai seperti pada tabel berikut :

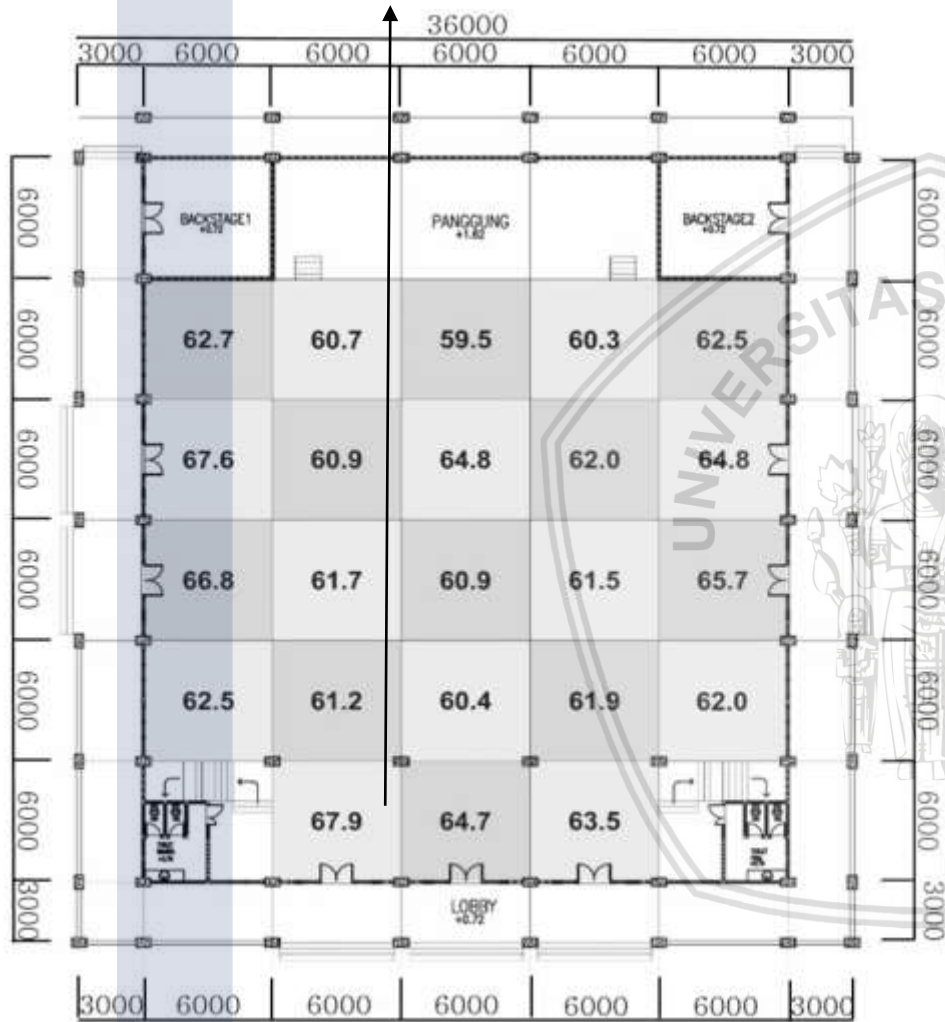
Tabel 85

Hasil Penurunan *Background Noise Level* menggunakan alternatif ketiga pelapis dinding pada ruang *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo

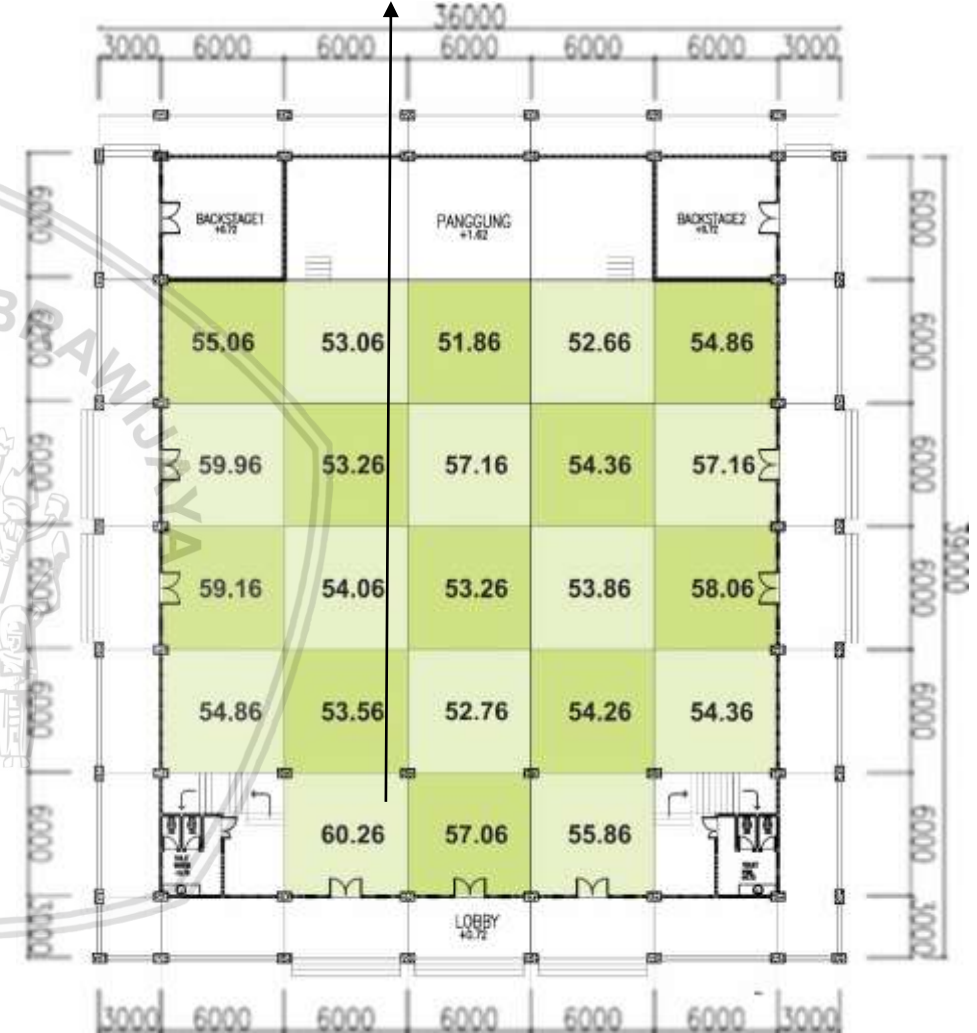
Total Absorpsi Eksisting (a ₁)	Total Absorpsi Alternatif 6 (a ₂)	Hasil <i>Noise Reduction</i> (NR)
23.65	84.07	1.9

Berdasarkan perhitungan penurunan *background noise level* juga dapat digambarkan pada denah tiap titik ukur pada masing-masing ruang, baik ruang *ballroom* maupun ruang *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo, sebagai berikut :

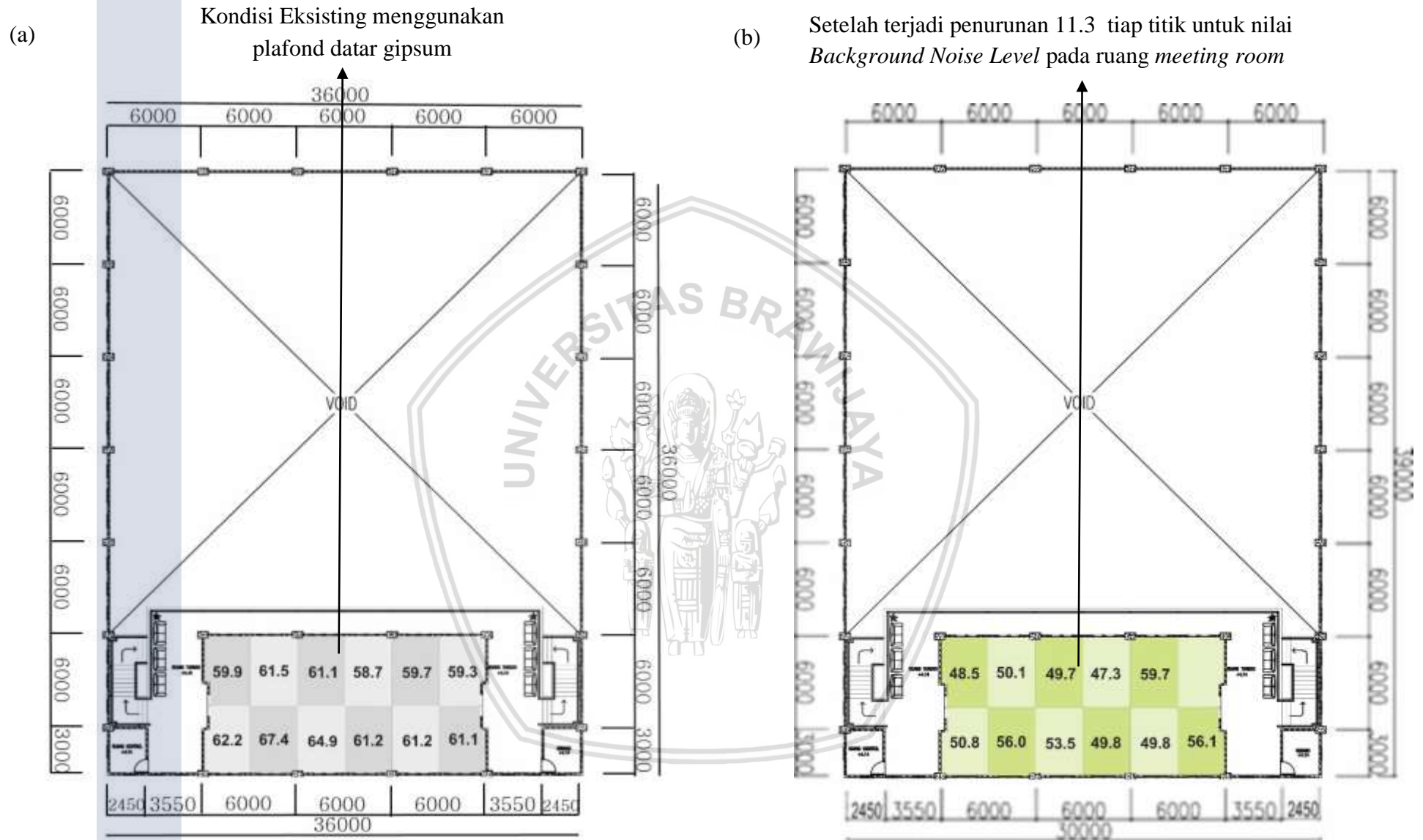
(a) Kondisi Eksisting menggunakan plafond datar gipsum



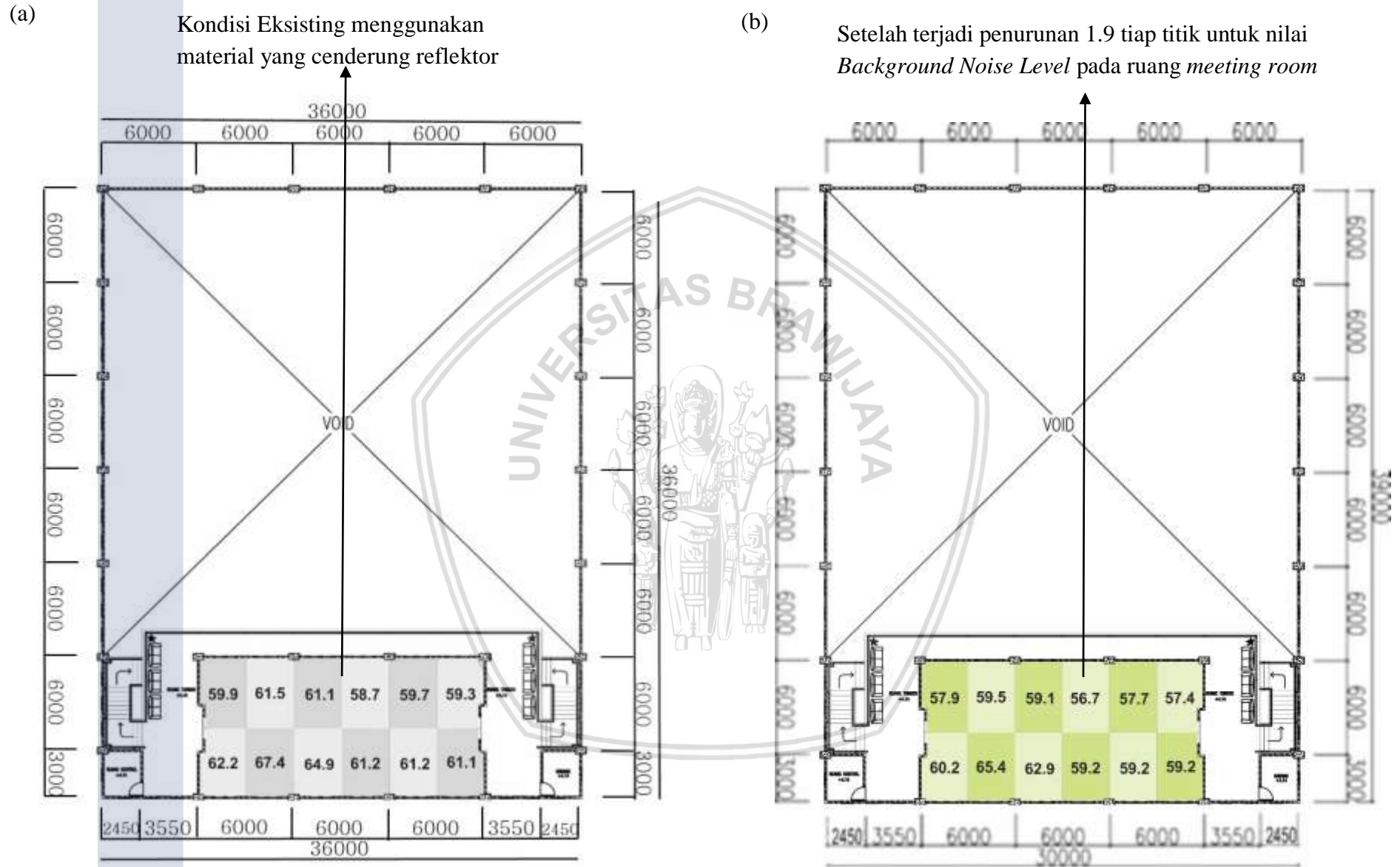
(b) Setelah terjadi penurunan 11.3 tiap titik untuk nilai Background Noise Level pada ruang meeting room



Gambar 4.204 Hasil pengurangan Background Noise Level menggunakan rumus Noise Reduction pada ballroom (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi plafond gantung bertrap dilapisi plasterboard (Alternatif keenam)

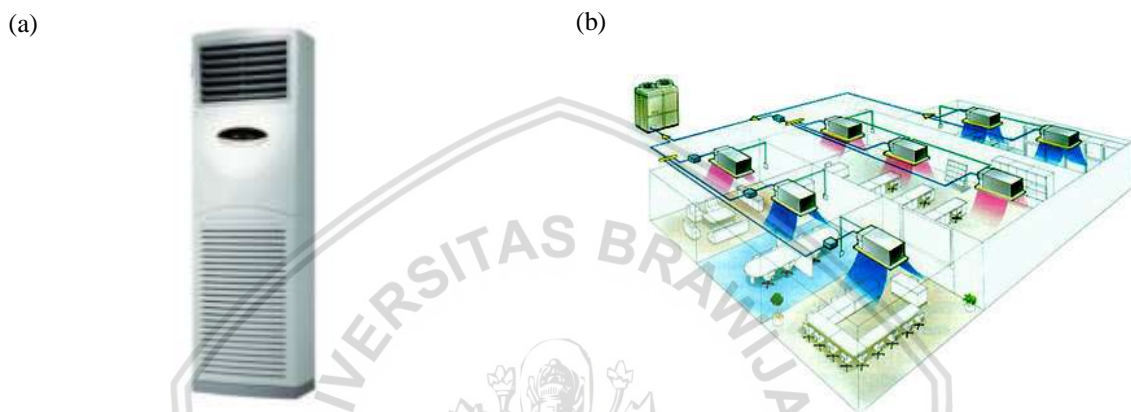


Gambar 4.205 Hasil pengurangan *Bacground Noise Level* menggunakan rumus *Noise Reduction* pada *meeting room* (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi plafond gantung bertrap dilapisi *plasterboard* (Alternatif keenam)



Gambar 4.207 Hasil pengurangan *Background Noise Level* menggunakan rumus *Noise Reduction* pada *meeting room* (a) Kondisi Eksisting (b) Setelah diberi pelapis kombinasi pelapis dinding *softboard* dan plafond *plywood* (Alternatif keempat)

Berdasarkan data analisis yang telah dipaparkan sebelumnya mengenai penyelesaian kuantitatif, didapatkan bahwa pengaruh tingginya tingkat bising latar belakang di dalam *Ballroom* maupun *Meeting Room* adalah salah satunya adalah pengaruh AC (*air conditioner*) dan aktivitas ruang luar. Oleh karena itu, dapat menggunakan *AC Split Duct* dengan tingkat kebisingan yang rendah bahkan tidak mengeluarkan bunyi bising. Sistem AC tersebut merupakan sistem yang dikontrol pada satu titik (ruang control) dan distribusi suhu lebih merata keseluruh ruangan baik *Ballroom* maupun *meeting room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo



Gambar 4.208 (a) *Floor Standing AC* yang diterapkan pada eksisting *Ballroom* (b) sistem *AC split duct* sebagai rekomendasi

Sumber : (1) (2) <http://daikin-indonesia.blogspot.com/2012/06/ac-vrv-system-daikin-vs-ac-split-duct.html> diakses 22 Mei 2018

Perubahan sistem penggunaan AC tersebut selain untuk meredam kebisingan juga dapat memudahkan dalam sistem kontrol dan *maintenance* pada masing-masing unit AC yang ada pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Rekomendasi atau strategi dalam mencegah kebisingan akibat adanya bunyi yang berasal AC atau pendingin ruangan adalah sebagai berikut :

1. Lubang difuser dibuat lebar agar mendapat angin yang merata dan dapat mengurangi kecepatan angin sekaligus juga dapat mengurangi desis yang dapat mempengaruhi tingkat bising latar belakang dalam ruang
2. Menggunakan AC sistem central seperti *AC split duct* yang dikontrol oleh satu sistem untuk keseluruhan ruangan dan pada bagian dalam *ducting* juga dilapisi peredam yang dibelokkan.

BAB IV SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan permasalahan cacat akustik berupa waktu dengung yang berkepanjangan pada objek penelitian, disebabkan karena sebagian besar material yang digunakan pada kondisi eksisting menggunakan material yang cenderung bersifat sebagai reflektor, seperti penggunaan material dinding dengan batu bata dipleser, dicat dan lantai menggunakan tegel keramik yang memiliki koefisien serap rendah. Oleh karena itu, diberikan beberapa alternatif rekomendasi desain dalam meminimalisir atau mengontrol waktu dengung yang terjadi serta mengoptimalkan tata akustik pada *Ballroom* dan *Meeting Room* Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo. Berikut alternatif rekomendasi desain dalam mengatasi permasalahan tersebut :

1. Ketiga bahan pelapis material dinding yang paling optimal dalam menurunkan nilai waktu dengung yaitu dengan melapisi material baru berupa material *softboard* untuk kedua ruangan tersebut. Rerata nilai waktu dengung yang dihasilkan untuk ruang *ballroom* 1.86 detik dan pada *meeting room* dihasilkan 1.02 detik.
2. Pensimulasian yang dilakukan kepada perwakilan tiga material pelapis plafond yang paling optimal adalah alternatif plafond dilapisi bahan *plywood* yang menghasilkan rerata nilai waktu dengung 2.96 detik pada *ballroom* dan pada *meeting room* 1.75 detik.
3. Alternatif ketiga dipilih berdasarkan pensimulasian dari tiga material pelapis lantai, didapatkan nilai yang paling optimal yaitu alternatif pelapis lantai karpet tebal di atas lateks tak berpori yang menghasilkan rerata nilai waktu dengung 1.81 detik, dan pada *meeting room* yaitu 0.85 detik.
4. Alternatif kombinasi bahan absorber dengan reflektor dilakukan melalui simulasi, dan menghasilkan nilai yang paling optimal yaitu alternatif kombinasi dinding *softboard* dengan plafond *plywood* yang menghasilkan rerata nilai waktu dengung 1.67 detik dan pada *meeting room* 0.89 detik.
5. Menambahkan elemen bentuk dinding bergerigi dengan konsep *double layer air-gap* yang dilapisi beberapa material absorber yang paling optimal dihasilkan oleh pelapis material *softboard* pada dinding bergerigi tersebut. Rerata yang dihasilkan yaitu 2.36 detik pada *ballroom* dan 1.89 detik pada *meeting room*.
6. Menambahkan elemen bentuk pada plafond untuk kedua ruang tersebut dengan plafond gantung bertrap di atas area penonton serta dilapisi dengan beberapa material. Hasil

pensimulasian pada plafond tersebut yang paling optimal yaitu plafond gantung dilapisi *plaster board* dengan rerata nilai waktu dengung yang dihasilkan 1.69 detik untuk *ballroom* dan 0.846 detik untuk *meeting room*.

Berdasarkan paparan berbagai alternatif diatas, terlihat bahwa alternatif rekomendasi desain dengan menambahkan elemen bentuk pada plafond gantung bertrap diatas area penonton serta dilapisi dengan material *plaster board* dapat menghasilkan penurunan nilai waktu dengung yang paling optimal dibandingkan beberapa alternatif lainnya pada ruang *ballroom* maupun *meeting room*.

Selain pada alternatif keenam untuk *meeting room* terdapat suatu alternatif untuk mencapai kondisi yang optimal yaitu alternatif ketiga dengan penambahan pelapis lantai menggunakan karpet di atas lateks tak berpori dan alternatif keempat yang merupakan kombinasi antara pelapis dinding *softboard* dengan pelapis plafond *plywood*. Adanya beberapa alternatif pada *meeting room* nantinya dipertimbangkan berdasarkan kelemahan dan kelebihan yang dimiliki oleh masing-masing alternatif tersebut. Namun berdasarkan peninjauan penulis di antara seluruh alternatif yang paling optimal adalah alternatif keenam yaitu pelapis plafond gantung bertrap dengan *plesterboard* pada ruang *ballroom* maupun *meeting room*.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pihak Hotel Paseban Sena Kota Probolinggo dan instansi yang memiliki suatu rencana kedepannya untuk membangun ruang pertemuan dan ruang rapat, sebagai berikut :

1. Baiknya lebih memahami atau mengenal prinsi mengenai akustik dan elemen pendukungnya terutama pada bagian interiornya. Hal ini dikarenakan akustik merupakan aspek utama yang paling penting dalam mengoptimalkan kenyamanan di dalam ruang pertemuan dan ruang rapat.
2. Harap memperhatikan dan mempertimbangkan mengenai kualitas akustik yang akan diterapkan pada suatu ruang pertemuan baik fungsi *speech*, musik, maupun fungsi keduanya sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Hal ini dapat membantu dalam memilih atau menentukan jenis material yang dapat digunakan pada ruang sejenis kedepannya.
3. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk lebih memahami dan mendalami tata akustik pada ruang pertemuan dan ruag rapat agar dapat memberikan kenyamanan bagi pengunjung sebagai pengguna ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. R., Suwandi & Muhammad S. P.. 2017. Analisis Pengaruh Pemasangan Absorber dan Diffusor Terhadap Kinerja Akustik pada Dinding Auditorium.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-6386-2000. Spesifikasi tingkat bunyi dan waktu dengung dalam bangunan gedung dan perumahan (kriteria desain yang direkomendasikan).
- Barron, M. 2009. *Auditorium Acoustic and Architecture*. New York: Spon Press.
- Beranek, L. L. 1986. *Acoustics*. Mc Graw-Hill Book Company Inc.
- Doelle, L.L. 1972, *Enviromental Acoustic*. New York: Mc Graw-Hill.
- Doelle, L.L. 1993. Akustik Lingkungan. Erlangga. Jakarta.
- Egan D.1972.*Concepts in Architectural Acoustics*. McGraw-Hill Book Company, New York, Madrid, London, Milan, Tokyo, Sidney, Singapore, Toronto.
- Egan D., S. Hass, and C. Jaffe.1997. "Acoustic: theory and applications, Part I" in D.Watson (ed), *Time-Saver Standart*, McGraw-Hill, New York.
- Egan, D.1998, *Architectural Acoustics*, McGraw- Hill, USA.
- Hawari, F. 2016. Redesain Interior *Ballroom* Multifungsi *Edelweiss* untuk Meningkatkan Kualitas Akustik (Studi Kasus: *Ballroom Edelweiss Idjen Suites* Malang, Jawa Timur). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Istiadji, D.A, Floriberta, B.2007. Studi Simulasi Ecotect Sebagai Pendekatan Redesain Akustik Auditorium. Yogyakarta: Dimensi Teknik Arsitektur, Vol. 35, No.2.
- Indrani, H.C., Ekasiwi, S.N.N., Asmoro, W.A. 2007. Analisis Kinerja Akustik pada Ruang Auditorium Multifungsi (Studi Kasus: Auditorium Universitas Kristen Petra, Surabaya). Surabaya: Dimensi Teknik Arsitektur, Vol.35, No.2.
- Indrani, H.C., Sri N. N. Ekasiwi, dan Wiratno A.A. 2007. Analisis Kinerja Akustik pada Ruang Auditorium Multifungsi (Studi Kasus: Auditorium Universitas Kristen Petra, Surabaya). Surabaya: Dimensi Interior, Vol.5, No.1.
- Indrani, H.C. 2013. Studi Penerapan Sistem Akustik pada Ruang Kuliah Audio Visual. Surabaya: Dimensi Interior, Vol.9, No.2.
- Indrani, H.C. 2013. Studi Sistem Akustik pada Gereja Katolik Santa Maria Tak Bercela Surabaya. Surabaya : Dimensi Interior, Vol.1, No.2.

ISO 3382 :2009. *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1 : Performance Space.*

Iswati, T.Y. 2016. *Evaluation Of Reverberation Time In The Classroom (Case Of Classroom At Departement Of Architecture, Solo: Universitas Sebelas Maret.*

Kadarisman, RB. Muhammad, S.2015. Analisa Bising Latar Belakang, Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi dan Waktu Dengung di Ruang Sidang Fisika Fmipa (G-202) ITS Surabaya.

Latifah, N. L.2015. Fisika Bangunan 2. Griya Kreasi. Jakarta.

Mediastika,C. E. 2005. Akustika Bangunan: Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia. Erlangga, Yogyakarta.

Makainas, I., Rieneke L.S., William M.N. 2011. Kompartemen Akustik Ruang. Jurnal Sabua Vol.3, No.2.

Mediastika, C. E. 2009. Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan. Yogyakarta: Andi.

Prasasto, S. 2012. Renovasi Akustik Gedung Konser Pascasarjana Institut Seni Indonesia (PS-ISI) Yogyakarta: Jurnal Arsitektur KOMPOSISI, Vol. 10, No. 2.

Republik Indonesia, Peraturan Menteri Pariwisata Nomor 25/ 2015 tentang Standart Usaha Hotel

Szokolay, S.V.2008. *Introduction to Architectural Science.* Oxford:Elsevier.

Watson, D., Corbie, M. J. & Callender, J. H. 1997. Times – Sever Standart for Architectural Design Data. USA.

Zuyyinati, I.B.S., Thojib, J. & Sujudwijono, N. 2015. Penerapan Elemen-elemen akustika Ruang Dalam pad Perancangan Auditorium Mono-Fungi, Sidoarjo-Jawa Timur.

<https://www.asianescapes.com/gallery2/v/Thailand/Pattaya/Aisawan.jpg.html> diakses pada 28 Oktober 2017

<https://imansyahtamnge.blogspot.co.id/2017/10/d-material-akustik-studiorekaman.html> 29 November 2017

<http://www.tokokarpet-plastik.com/images/rainbow/axminster8.JPG> diakses 29 November 2017

<https://dir.indiamart.com/bengaluru/soft-board.html> diakses 29 November 2017

<http://slideplayer.com/slide/4350233/> diakses 20 Maret 2018