

SKRIPSI PENELITIAN TUGAS AKHIR

**KUALITAS BUNYI BERDASARKAN WAKTU
DENGUNG DAN KRITERIA KEBISINGAN PADA
AUDITORIUM GEDUNG IPTEKS UNIVERSITAS
HASANUDDIN**



OLEH

ANJAS PRASETYA RUNTULALO

D51108114

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2014

PENGESAHAN
SKRIPSI PENELITIAN

PROYEK : TUGAS SARJANA ARSITEKTUR
JUDUL : KUALITAS BUNYI BERDASARKAN WAKTU
DENGUNG DAN KRITERIA KEBISINGAN PADA
AUDITORIUM GEDUNG IPTEKS UNIVERSITAS
HASANUDDIN
PENYUSUN : ANJAS PRASETYA RUNTULALO
NO. STB : D511 08 114
PERIODE : III – Tahun 2013/2014

Menyetujui
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Muh. Ramli Rahim, M.Eng.
NIP. 1953111 19003 1 009

Dr. Eng. Rosady Mulyadi, ST, MT.
NIP. 19700810 199802 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Arsitektur
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Baharuddin Hamzah, ST., MT., Ph.D
NIP. 1969308 199512 1 001

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga laporan hasil penelitian ini dapat diselesaikan sebagai syarat utama menyelesaikan Skripsi Penelitian Tugas Akhir untuk ujian sarjana pada Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin dengan judul “Kualitas Bunyi Berdasarkan Waktu Dengung dan Kriteria Kebisingan pada Auditorium Gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin”.

Penelitian ini disusun dari hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan dilanjutkan dengan simulasi di laboratorium Sains Bangunan, serta dukungan dari beberapa pihak. Melalui kesempatan ini, dengan penuh rasa hormat, ucapan terima kasih dihaturkan kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak **Ir. Dantje Runtulalo, MT** dan Ibu **Ir. Sukmasari Antaria, M.Si** atas do'a, dukungan, dan semangat, serta dorongan yang senantiasa diberikan sehingga skripsi ini terselesaikan.
2. Bapak **Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph. D.** selaku Penasehat Akademik yang telah memberi arahan dan bimbingannya saat pengajuan Mata Kuliah Skripsi Penelitian Tugas Akhir.
3. Bapak **Prof. Ir. H. M. Ramli Rahim, M.Eng** dan Bapak **Dr.Eng. Rosady Mulyadi, ST., MT.** selaku pembimbing yang telah membantu dan mengarahkan dalam proses penelitian.
4. Bapak **Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph. D.** selaku Ketua Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf dan karyawan Jurusan Arsitektur Universitas Hasanuddin.
6. Karyawan pengelola Gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin dalam proses pengambilan data di lapangan.

7. Teman-teman yang telah membantu dalam proses penelitian di lapangan, **Namira Arfa, Arief Monoarfa, ST., Muh. Akbar Baso, Septo Carterino, Ari Kurniawan, dan Prayudi Matasik.**
8. Teman-teman Laboratorium, **Noor Ilhamsyah, Jasmine Zulkarnain, ST., Ali Syariati, Vicha Fabyola, ST., Hafid Malik Dwi Putra, dan Winda Nuril, ST.,** yang telah menyemangati, berbagi ilmu, memberi bantuan dan masukan terhadap judul penelitian yang diangkat.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang istimewa kepada kedua kakek tercinta **Wem Runtulalo** dan **Prof. Dr. H. M. Arifin Sallatang**, kedua kakak tercinta **Reska Runtulalo, SE.,** dan **Ikerana Runtulalo, SH, M.Kn.,** serta tante tercinta **Dr. Ir. Mimi Arifin, M.Si.,** atas segala cinta, kasih sayang, pengorbanan, masukan, dan do'a yang tidak putus-putus selama ini. Semoga dikemudian hari penulis diberi kesempatan membalas kebaikan kalian. Amin.

Disadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menanti saran, kritik, dan masukan yang membangun guna perbaikan penelitian selanjutnya.

Wassalamu Alaikum Wr. Wb.

Makassar, 20 Januari 2014

Penulis,

Anjas Prasetya Runtulalo

Kualitas Bunyi Berdasarkan Waktu Dengung dan Kriteria Kebisingan Pada Auditorium Gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin

Anjas Prasetya, M. Ramli Rahim, Rosady Mulyadi
Universitas Hasanuddin, Indonesia
anjasprasetya@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung dengan metode sabine yang dilakukan dengan simulasi, kriteria kebisingan yang dilakukan dengan metode pengukuran tingkat tekanan bunyi menggunakan alat SLM, dan simulasi waktu dengung dengan jumlah kursi dan jumlah pengguna yang berbeda, sehingga menjadi acuan dalam evaluasi standar kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung dan kriteria kebisingan untuk fungsi utama ruang yaitu percakapan. Dari hasil penelitian ini, peneliti berkesimpulan bahwa kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung dengan metode sabine pada auditorium gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin telah memenuhi standar untuk auditorium dengan fungsi percakapan yang direkomendasikan oleh McMullan dan Ribeiro. Kriteria kebisingan telah memenuhi standar yang direkomendasikan oleh Egan untuk fungsi ruang dengan aktivitas percakapan. Sedangkan jumlah kursi dan jumlah pengguna ruang berpengaruh terhadap nilai waktu dengung.

Kata kunci: Kualitas Bunyi, Waktu Dengung, Tingkat Tekanan Bunyi, Kriteria Kebisingan, Auditorium.

Sound Quality Based on Reverberation Time and Noise Criteria in the Auditorium Building IPTEKS Hasanuddin University

Anjas Prasetya, M. Ramli Rahim, Rosady Mulyadi
Universitas Hasanuddin, Indonesia
anjasprasetya@yahoo.com

ABSTRACT

This research aims to identify the quality of sound reverberation time by sabine method performed by simulation, noise criteria performed by the method of measurement of sound pressure level using a SLM, and simulated reverberation time with the number of seats and the number of different users, so it became a standard reference in the evaluation sound quality based on reverberation time and noise criteria for the main function room that conversation. From these results, the researchers concluded that the sound quality is based on the method of reverberation time in the auditorium building IPTEKS sabine Hasanuddin University has met the standards for the auditorium to the conversation function recommended by McMullan and Ribeiro. Noise has met the standard criteria recommended by Egan to the function space with conversation activity. While the number of seats and the number of users of space affect the value of the reverberation time.

Keywords: Sound Quality, Reverberation Time, Sound Pressure Level, Noise Criteria, Auditorium.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	-
LEMBAR PENGESAHAN	-
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SKEMA	x
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Lingkup Pembahasan	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
A. Bunyi	5
1. Terjadinya Bunyi	6
2. Sumber Bunyi	6
3. Perambatan Bunyi	11
4. Energi	12
5. <i>Decibel</i>	12
6. <i>Sound Level Meter</i>	13
7. Jarak Tempuh	15
8. Getaran dan Resonansi	15

B. Kebisingan	16
1. Kriteria Kebisingan	17
2. Jenis-jenis kebisingan	18
C. Parameter Akustik Ruang	20
1. Tingkat Bising Latar Belakang	20
2. Tingkat Tekanan Bunyi (<i>sound pressure level</i>)	24
3. Waktu Dengung (<i>Reverberation Time</i>)	25
4. <i>Early Decay Time</i> (EDT)	28
5. <i>Definition</i>	28
6. <i>Clarity</i>	29
7. <i>Centre Time</i>	29
D. Akustik Luar Ruangan	30
E. Akustik Dalam Ruangan	31
1. Penyelesaian Akustik Pada Lantai	31
2. Area Penonton	32
3. Penyelesaian Akustik Pada Plafon	33
4. Penyelesaian Akustik Pada Dinding	34
F. Sistem Bunyi Elektronik	36
G. <i>Software Ecotect v.5.20</i>	38
1. <i>Interface</i>	39
2. Permodelan (<i>modeling</i>)	40
3. Analisis (<i>analysis</i>)	41
H. Studi Penelitian Terkait	41
I. Kerangka Alur Pikir Penelitian	44
BAB III METODE PENELITIAN	45
A. Rencana Penelitian	45
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	45
C. Variabel Penelitian	47
D. Instrumen Penelitian	47
E. Teknik Pengambilan Data	53
F. Teknik Analisis Data	60

BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
A.	Identifikasi Ruang	61
B.	Hasil Pengukuran	70
1.	Kondisi <i>non electrical</i>	70
2.	Kondisi <i>electrical</i> (AC dihidupkan)	71
C.	Analisa Hasil Pengukuran	73
D.	Hasil Simulasi <i>Reverberation Time</i>	74
1.	Simulasi RT jumlah kursi 155 dan pengguna ruang 100%	77
2.	Simulasi RT jumlah kursi 155 dan pengguna ruang 50%	79
3.	Simulasi RT jumlah kursi 155 dan pengguna ruang kosong	79
4.	Simulasi RT jumlah kursi 181 dan pengguna ruang 100%	80
5.	Simulasi RT jumlah kursi 181 dan pengguna ruang 50%	81
6.	Simulasi RT jumlah kursi 181 dan pengguna ruang kosong	82
E.	Analisa Hasil Simulasi RT	82
BAB V	PENUTUP	84
A.	Kesimpulan	84
B.	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sifat bunyi yang mengenai bidang (Mediastika, 2005)	6
Gambar 2. Sifat bunyi yang mengenai bidang bercelah (Mediastika, 2005)	7
Gambar 3. Pemantulan yang terjadi bidang batas cembung, cekung, dan datar (Mediastika, 2005)	9
Gambar 4. SLM model lama dengan penunjuk jarum	14
Gambar 5. SLM dengan model angka digital	14
Gambar 6. Kurva <i>Noise Criteria</i> (NC) (Egan, 1976)	23
Gambar 7. Dinding ganda yang sengaja disusun untuk mengurangi gelombang bunyi	30
Gambar 8. Pemakaian dinding ganda pada auditorium dengan model penciptaan auditorium lain	31
Gambar 9. Penaikan sumber bunyi dan pemiringan lantai area penonton (Doelle, 1990)	32
Gambar 10. Menentukan lebar panggung dengan acuan penonton yang duduk di bagian tengah barisan	32
Gambar 11. Jarak antara baris tempat duduk	33
Gambar 12. Pemantulan yang dianjurkan (Doelle, 1990)	34
Gambar 13. Unit akustik siap pakai yang berlubang dan bercelah.	34
Gambar 14. Panel penyerap (<i>Panel Absorber</i>) siap pakai yang bertekstur	35
Gambar 15. Penerapan panel penyerap pada plafond dan dinding	35
Gambar 16. Prinsip kerja <i>sound system</i>	36
Gambar 17. Perletakan <i>speaker</i> secara terpusat	37
Gambar 18. Perletakan <i>speaker</i> secara menyebar	38
Gambar 19. <i>Software ecotect v5.20</i>	39
Gambar 20. <i>Ecotect v5.20 interface</i>	40
Gambar 21. <i>Modeling</i> pada <i>ecotect</i>	40
Gambar 22. <i>Acoustic analysis ecotect</i>	41
Gambar 23. Foto udara lokasi penelitian	46

Gambar 24. Detail auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin	46
Gambar 25. <i>Sound Level Meter</i> Krisbow	48
Gambar 26. Meteran	48
Gambar 27. <i>Distance Meter Laser</i>	48
Gambar 28. Denah auditorium pada <i>software AutoCAD</i>	49
Gambar 29. Cara penyimpanan <i>file dxf</i> pada <i>AutoCAD</i>	50
Gambar 30. Cara membuka <i>dxf file</i> pada <i>ecotect</i>	50
Gambar 31. Proses <i>modeling</i> di <i>ecotect</i>	51
Gambar 32. Pemilihan material pada <i>ecotect</i>	51
Gambar 33. Mengubah koefisien absorpsi material pada <i>ecotect</i>	52
Gambar 34. Pemilihan <i>auditorium seating</i> dan <i>reverberation time algorithm</i>	52
Gambar 35. Proses <i>calculate reverberation time</i>	53
Gambar 36. Keadaan dalam auditorium IPTEKS	53
Gambar 37. Plafond menggunakan material <i>gypsum</i>	54
Gambar 38. Dinding bagian belakang menggunakan material kaca	54
Gambar 39. Dinding depan menggunakan material <i>plywood</i> .	54
Gambar 40. Material lantai menggunakan karpet	55
Gambar 41. Perletakan <i>speaker</i>	55
Gambar 42. Perletakan <i>speaker 4</i> dan <i>amplifier</i>	56
Gambar 43. Perletakan <i>speaker 1, 2, dan 3</i>	56
Gambar 44. Penataan kursi auditorium IPTEKS	57
Gambar 45. Letak jendela, pintu, dan <i>diffuser AC</i>	57
Gambar 46. Denah dan titik ukur tingkat tekanan bunyi	58
Gambar 47. Analisa sumber kebisingan dari luar gedung	59
Gambar 48. Tampilan ruang auditorium IPTEKS UNHAS	61
Gambar 49. Pintu masuk sisi kanan gedung	62
Gambar 50. Pintu masuk sisi kanan bangunan	62
Gambar 51. Jendela sisi belakang gedung	63
Gambar 52. Jendela sisi belakang gedung	63
Gambar 53. Jendela sisi samping gedung	64

Gambar 54. Kursi <i>audience</i> (permanen) pada auditorium	64
Gambar 55. Kursi pemateri (non permanen)	65
Gambar 56. Dinding sisi kanan dan kiri menggunakan material bata diplester	65
Gambar 57. Dinding dengan lapisan <i>plywood</i>	66
Gambar 58. Plafond auditorium IPTEKS	66
Gambar 59. Lantai pada auditorium IPTEKS	67
Gambar 60. Letak <i>diffuser</i> AC auditorium IPTEKS	67
Gambar 61. <i>Speaker</i> dengan tipe CS450V	68
Gambar 62. <i>Speaker</i> dengan tipe CS550V	69
Gambar 63. Grafik tingkat tekanan bunyi kondisi pertama	71
Gambar 64. Grafik tingkat tekanan bunyi kondisi kedua	73
Gambar 65. Penambahan jumlah kursi pada auditorium IPTEKS	75
Gambar 66. Denah <i>layout</i> auditorium IPTEKS UNHAS	76
Gambar 67. <i>Modeling</i> auditorium IPTEKS di <i>ecotect</i>	76
Gambar 68. Grafik nilai RT <i>auditorium seating</i> 155	77
Gambar 69. Grafik nilai RT <i>auditorium seating</i> 181	80

DAFTAR SKEMA

Skema 1. Kerangka alur pikir penelitian	44
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kecepatan rambat suara menurut medium rambatnya (Mediastika, 2009)	12
Tabel 2. Tingkat keras bunyi dalam Pa dab dB (Mediastika, 2009)	13
Tabel 3. SK. 405/Menkes RI/ SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja, Perkantoran dan Industri mengenai lama paparan kebisingan.	17
Tabel 4. Pembagian zona-zona peruntukan (<i>Per. Men. Kes No.</i> <i>781/MenKes/Per/XI/87</i>)	19

Tabel 5. Rekomendasi nilai <i>Noise Criteria</i> (NC) untuk fungsi tertentu (Egan, 1976)	21
Tabel 6. Batas SPL untuk NC yang dibakukan (Egan, 1976)	23
Tabel 7. Perubahan tingkat tekanan bunyi dan efeknya (Prasasto Satwiko)	25
Tabel 8. Kesesuaian waktu dengung menurut fungsi ruangan (McMullan, 1991)	26
Tabel 9. Penilaian RT berdasarkan aktivitasnya	26
Tabel 10. Daftar koefisien beberapa material	27
Tabel 11. Kategori penilaian <i>Speech Intelligibility</i> berdasarkan D_{50}	28
Tabel 12. Nilai optimum parameter akustik objektif ruang auditorium	30
Tabel 13. Daftar beberapa material pada auditorium IPTEKS	69
Tabel 14. Data pengukuran tingkat tekanan bunyi kondisi <i>non electrical</i>	70
Tabel 15. Data hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi kondisi AC dihidupkan	72
Tabel 16. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 155 dan pengguna ruang 100% full	78
Tabel 17. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 155 dan pengguna ruang 50%	79
Tabel 18. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 155 dan pengguna ruang kosong (<i>empty</i>)	79
Tabel 19. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 181 dan pengguna ruang 100% full	81
Tabel 20. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 181 dan pengguna ruang 50%	81
Tabel 21. Hasil nilai RT jumlah kursi (<i>auditorium seating</i>) 181 dan pengguna ruang kosong (<i>empty</i>)	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar beberapa koefisien material pada auditorium IPTEKS Universitas hasanuddin	90
Lampiran 2. Perhitungan manual RT (155 pengguna ruang) dengan metode sabine pada frekuensi 500 Hz	91
Lampiran 3. Perhitungan manual RT (181 pengguna ruang) dengan metode sabine pada frekuensi 500 Hz	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejak jaman dulu, akustik telah menjadi bagian penting arsitektur. Manusia menjadikan suara bagian penting dari peradaban dan kebudayaan mereka yang tidak hanya digunakan untuk komunikasi saja namun untuk menjadi kesenangan. Arsitek pada masa itu sudah sangat sadar akan kebutuhan desain berpengaruh pada kualitas bunyi di dalamnya sehingga akan menentukan pula kenikmatan mendengar bunyi. Ketika itu belum ditemukan sistem bunyi elektronik sehingga mereka seutuhnya bersandar pada desain bangunan dan material saja untuk memperoleh kualitas bunyi yang baik.

Dalam perkembangan jaman, manusia merasakan kebutuhan akan alat yang dapat mempermudah mereka memperoleh kualitas dan kuantitas bunyi sesuai keinginan mereka. Ketika mereka berada di ruangan gaduh, maka manusia memikirkan bagaimana mereka mengatasi dapat memperkeras suara mereka untuk mengatasi kegaduhan tersebut. Sejak itu, lahirlah peralatan tata suara elektronik (*loudspeaker*) yang dapat memperkeras suara manusia dan bunyi lainnya. Penggunaan tata suara elektronik yang dipakai pada sebuah bangunan, bila akustik bangunan tersebut buruk akan menjadi kualitas bunyi dalam bangunan tersebut menjadi buruk juga. Sebaliknya, akustik bangunan yang baik bisa dirusak oleh sistem tata suara elektronik yang buruk.

Sekarang ini perkembangan akustik sudah mulai diperhatikan oleh para arsitek dan interior desainer di Indonesia. Mulai dari material dan desain bangunan yang akan dibuat untuk akustik ruangan. Perancangan sistem akustik interior yang baik dapat mencegah kebisingan ataupun suara menggema dan pencapaian suara yang baik bagi pengguna bangunan.

Oleh karena itu, perancangan akustik harus diperhatikan pada bangunan yang membutuhkan kualitas bunyi dan sistem peredam kebisingan. Kualitas bunyi dan sistem peredam harus diutamakan pada perancangan bangunan seperti auditorium, studio musik, masjid, gereja, dan lain-lain.

Auditorium berasal dari kata audiens (penonton/penikmat) dan rium (tempat), sehingga auditorium dapat diartikan sebagai tempat berkumpulnya penonton untuk menyaksikan suatu acara tertentu. Berdasarkan jenis aktivitas yang dapat berlangsung didalamnya, maka suatu auditorium dibedakan jenisnya menjadi (*Mediastika, 2009*) :

1. Auditorium untuk pertemuan, yaitu auditorium dengan aktivitas (*speech*): seperti untuk seminar, konferensi, rapat besar, dan lain-lain.
2. Auditorium untuk pertunjukan seni, yaitu auditorium dengan aktivitas utama sajian kesenian, seperti seni musik, tari, dan lain-lain. Secara akustik, jenis auditorium ini masih dapat dibedakan lagi menjadi auditorium yang menampung aktivitas musik saja dan yang menampung musik sekaligus gerak.
3. Auditorium multifungsi, yaitu auditorium yang tidak dirancang secara khusus untuk fungsi percakapan atau musik, namun sengaja dirancang untuk berbagai keperluan tersebut, termasuk pameran produk, acara pernikahan, ulangtahun, dan lain-lain.

Sebagaimana adanya perbedaan aktivitas dalam setiap jenis auditorium, maka agar diperoleh tingkat pantulan bunyi yang sesuai persyaratan akustik yang ideal untuk tiap-tiap jenis auditorium juga berbeda-beda terutama pada persyaratan untuk waktu dengungnya (*Reverberation Time : RT*).

B. Rumusan Masalah

Untuk membahas lebih lanjut tentang judul yang diambil, terlebih dahulu menentukan rumusan masalah, antara lain :

1. Apakah kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung (RT) pada Auditorium IPTEK Universitas Hasanudin telah memenuhi syarat yang dianjurkan untuk auditorium percakapan (*speech*)?
2. Apakah tingkat Kebisingan Latar Belakang (*Background Noise*) yang ada pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin telah memenuhi kriteria kebisingan (*Noise Criteria* : NC 20-30)?
3. Bagaimana pengaruh jumlah kursi dan jumlah pengguna terhadap nilai waktu dengung (RT)?

C. Lingkup Pembahasan

Dengan bertitik tolak pada disiplin ilmu arsitektur, maka pembahasan hanya menjurus kepada sistem akustik bangunan. Hal-hal diluar lingkup pemikiran arsitektur apabila dianggap mendasari dan menentukan sistem akustika bangunan akan dibahas dengan asumsi, hipotesa-hipotesa, dan logika sederhana sesuai dengan literatur yang ada.

Pada penelitian ini, pembahasan hanya fokus pada :

1. Penelitian ini hanya fokus pada kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung (*reverberation time*) dengan metode *sabine* dan tingkat bising latar belakang untuk menentukan kriteria kebisingan (*noise criteria*) pada auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin.
2. Mengkaji kondisi dalam dan luar bangunan, dilanjutkan dengan survey pengambilan data di lapangan dalam bentuk pengukuran tingkat kebisingan latar belakang, kemudian dilanjutkan dengan simulasi nilai *Reverberation Time* (RT) menggunakan *software ecotect*, serta beberapa simulasi sesuai dengan jumlah kursi dan jumlah pengguna auditorium.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui *Reverberation Time* (RT) pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin apakah telah memenuhi syarat yang dianjurkan untuk fungsi ruang pertemuan dengan aktivitas utama percakapan (*speech*).
2. Mengetahui kriteria kebisingan (*noise criteria*) pada ruang Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin, baik yang berasal dari dalam maupun dari luar ruang.
3. Mengetahui pengaruh jumlah kursi dan jumlah pengguna ruang terhadap nilai *Reverberation Time* (RT) pada Auditorium Gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian antara lain :

1. Dapat memberikan masukan dan pemahaman mengenai peran elemen desain dalam kenyamanan audial serta untuk mengetahui material yang baik dapat digunakan pada bangunan maupun untuk ruang sesuai dengan teori yang didapatkan dari perkuliahan.
2. Menjadi masukan kepada pihak Universitas Hasanuddin terutama dalam perancangan akustik bangunan pada pembangunan auditorium selanjutnya.

BAB II

STUDI PUSTAKA

A. Bunyi

Bunyi dalam Bahasa Inggris dikenal dengan istilah *sound*. Kata ini dalam Bahasa Indonesia disepadankan dengan kata bunyi atau *suara*. Namun menggunakan istilah bunyi lebih luas artinya ketimbang suara. Bunyi adalah sesuatu yang didengar oleh telinga, dapat berasal dari benda apa saja, asalkan menghasilkan bunyi. Sementara suara diartikan sebagai bunyi yang keluar dari makhluk hidup, seperti manusia dan binatang, atau benda-benda yang lebih khusus. (Mediastika, 2009).

Menurut Y.B. Mangunwijaya dalam buku pasal-pasal penghantar fisika bangunan (1976) bunyi adalah gelombang getaran-getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga manusia seumumnya, yaitu dalam frekuensi 16-20.000 Hz.

Sedangkan bunyi menurut Prasasto Satwiko dalam buku fisika bangunan (2008) adalah gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frekuensi antara 20-20.000 Hz.

1. Terjadinya Bunyi

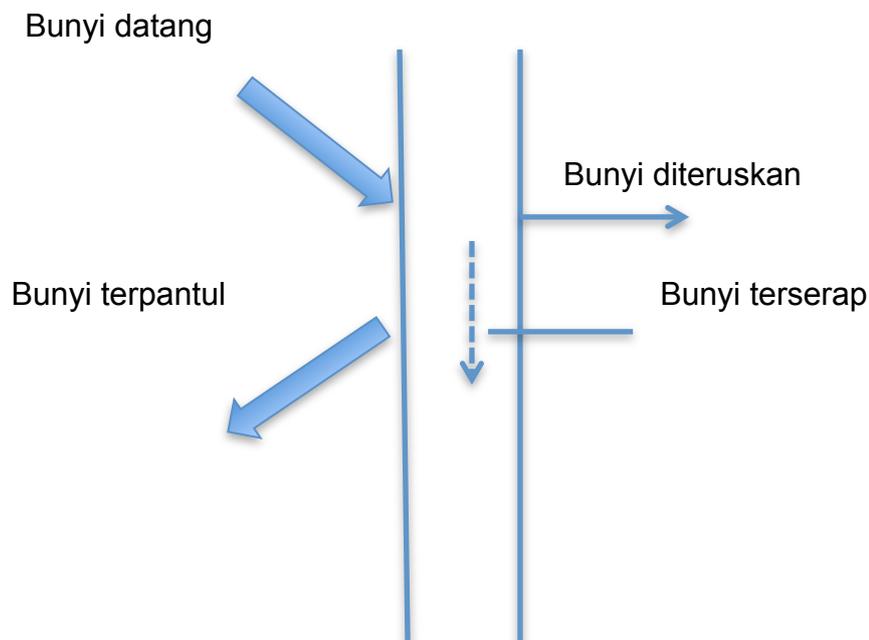
Bunyi terjadi karena adanya benda yang bergetar yang menimbulkan gesekan dengan zat di sekitarnya. Semua bunyi yang terjadi di sekitar kita selalu berasal dari objek yang bergetar, misalnya bunyi mangkok tukang bakso, bunyi kendaraan bermotor, bahkan suara manusia sendiri. Sedangkan contoh dari udara yang bergetar terjadi pada terompet yang ditiup (Mediastika, 2005).

Ada tiga hal yang dibutuhkan untuk terjadinya suatu bunyi yaitu sumber bunyi atau objek yang bergetar, medium perambat, serta indera

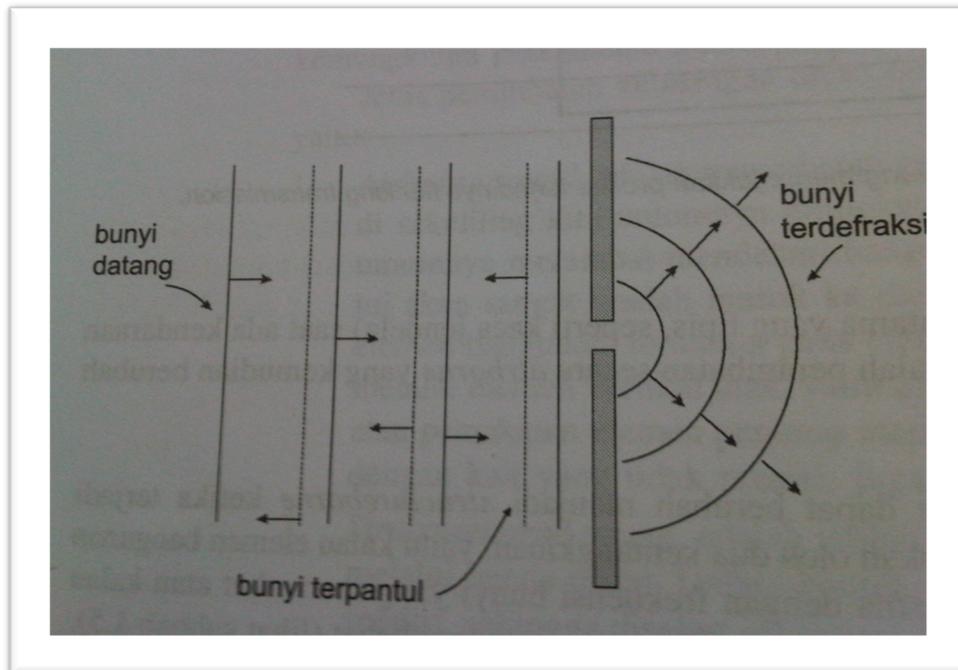
pendengaran. Ketiga hal tersebut sangat penting keberadaannya. Medium perambat harus ada antara objek dan telinga agar perambatan dapat terjadi. Dalam ruangan hampa udara, tidak ada partikel yang menghantar getarannya, oleh karena tidak terjadi perambatan, sehingga meski ada objek bergetar dan pendengaran memiliki telinga yang sehat, bunyi yang muncul tidak dapat didengar. (Mediastika, 2005).

2. Sumber Bunyi

Kondisi bunyi di dalam ruang tertutup bisa dianalisa dalam beberapa sifat yaitu: bunyi langsung, bunyi pantulan, bunyi yang diserap oleh lapisan permukaan, bunyi yang disebar, bunyi yang dibelokkan, bunyi yang ditransmisi, bunyi yang diabsorpsi oleh struktur bangunan, dan bunyi yang merambat pada konstruksi atau struktur bangunan (Suptandar, 2004).



Gambar 1. Sifat bunyi yang mengenai bidang (Mediastika, 2005)



Gambar 2. Sifat bunyi yang mengenai bidang bercelah (Mediastika, 2005)

Perambatan gelombang bunyi yang mengenai obyek akan mengalami pemantulan, penyerapan, dan penerusan bunyi, yang karakteristiknya tergantung pada karakteristik obyek. Perambatan gelombang bunyi yang mengenai bidang batas dengan celah akan mengalami defraksi (Mediastika, 2005). Hal inilah yang terjadi pada bunyi pada ruangan yang berlubang.

Refleksi atau pemantulan bunyi oleh suatu obyek penghalang atau bidang batas disebabkan oleh karakteristik penghalang yang memungkinkan terjadinya pemantulan. Pada ruangan yang memiliki bidang batas yang memiliki kemampuan pantul yang besar akan terjadi tingkat pemantulan yang besar, sehingga tingkat kekerasan bunyi pada titik-titik berbeda dalam ruangan tersebut lebih kurang sama. Pada keadaan ini, ruang mengalami difusi pemantulan suara bisa digambarkan sebagai berikut: pantulan ke fokus, pantulan menyebar, pantulan terkendali (Suptandar, 2004). Dalam ruangan, suara yang memantul akan mempengaruhi kejelasan suara. Terkadang pemantulan suara bisa

meningkatkan intensitas suara dan membuat suara menjadi lebih jernih, tapi jika suara itu datang terlambat ke penerima, maka akan menimbulkan gema. *Reverberation Time* merupakan indikator penting untuk ruang pembicaraan.

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisiensi penyerapan bunyi. Koefisiensi penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi yang datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisiensi ini dinyatakan dalam huruf greek α . Nilai α dapat berada antara 0 dan 1 (Doelle, 1972).

Difusi bunyi atau penyebaran bunyi terjadi dalam ruang. Difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruang tertentu, karena ruang-ruang itu membutuhkan distribusi bunyi yang merata dan menghalangi terjadinya cacat akustik yang tidak diinginkan (Doelle, 1972).

Difraksi adalah gejala akustik yang menyebabkan gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan sekitar penghalang seperti sudut, kolom, tembok, dan balok. Difraksi di sekeliling penghalang, lebih nyata pada frekuensi rendah daripada frekuensi tinggi. Refraksi adalah membeloknya gelombang bunyi karena melewati atau memasuki medium perambatan yang memiliki kerapatan molekul berbeda (Mediastika, 2005).

Bentuk merupakan unsur yang ikut mendukung pengkondisian akustik suatu ruang sebagai elemen nonstruktural, tapi bisa juga sebagai elemen struktural.

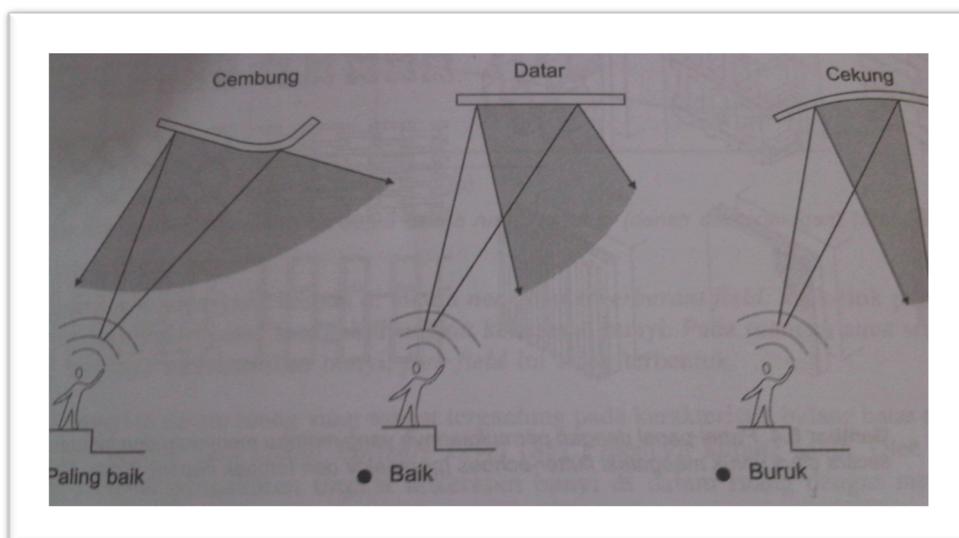
a. Bentuk cekung

Bentuk ini bersifat pemusatan suara yang tidak menyebar dan bentuk tersebut merupakan kebalikan dari fungsi reflektor. Bentuk cekung menimbulkan efek *focal point* atau sebagai pusat arah pantulan suara, disebut *whispering gallery* atau gema yang merambat. Bentuk cekung bila

diolah menurut rambatan suara akan lebih mendukung kondisi akustik. Bentuk cekung yang memiliki permukaan datar atau rata dapat berfungsi sebagai akustik bila diletakkan dengan kemiringan agar memiliki arah pantulan. Bentuk akustik datar dapat diolah untuk mengarahkan suara ke daerah penerima yang luasnya ditentukan oleh besar kemiringan atau sudut datang gelombang agar mampu meningkatkan jumlah pantulan dan mengurangi cacat bunyi berupa gema (Perbedaan jarak dengung) (Suptandar, 2004).

b. Bentuk cembung

Bentuk cembung merupakan bentuk pemantul suara yang baik karena memiliki sifat penyebar gelombang suara yang ikut mendukung kondisi difusi akustik ruang. Bentuk cembung bisa menciptakan kejelasan suara dari berbagai arah yang cukup luas dan menyebar. Bentuk akustik datar sifatnya paling sederhana dan jelas. Bentuk akustik datar dengan teknik geometri akan memberikan suara yang jelas kepada para penonton yang duduk di deret paling belakang tanpa cacat dan perbedaan tempo penerimaan (Suptandar, 2004).



Gambar 3. Pemantulan yang terjadi pada bidang batas cembung, cekung, dan datar (Mediastika, 2005)

Menurut Mehta (1999), desain akustik ruang untuk pembicaraan (speech) dipengaruhi oleh lima faktor:

1. Memberikan *reverberation time* optimum.
2. Mengeliminasi cacat akustik.
3. Memaksimalkan kekerasan.
4. Meminimalkan tingkat kebisingan dalam ruangan.
5. Menyediakan sistem buatan di tempat yang dibutuhkan.

Menurut Mediastika (2005) formula pengukuran tingkat kekerasan bunyi di dalam ruang dengan menggunakan Tingkat Tekanan Bunyi atau *Sound Pressure Level* (SPL).

$$SPL = PWL + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (1)$$

Dimana :

SPL = *sound pressure level* (dB)

PWL = *sound power level* (dB)

r = jarak dari sumber (m)

R = konstanta ruangan (m^2)

Konstanta ruangan (R) dapat dicari dengan rumus :

$$R = \frac{S \alpha}{1 - \alpha} \quad (2)$$

Dimana :

S = total luas bentuk permukaan (m^2)

α = rata – rata koefisien absorsi dari semua material pembentuk ruang.

Bila sumber bunyi telah berhenti, suatu waktu yang cukup lama akan berlalu sebelum bunyi hilang dan tak dapat didengar. Bunyi yang berkepanjangan ini sebagai akibat pemantulan yang berturut-turut dalam ruang tertutup setelah sumber bunyi dihentikan disebut dengung (Doelle, 1972).

Pentingnya pengendalian dengung dalam rancangan akustik auditorium telah mengharuskan masuknya besaran standar yang relevan, yaitu waktu dengung (*Reverberation Time*). Ini adalah waktu agar Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) dalam ruang berkurang 60 dB setelah bunyi dihentikan.

Penyerapan suatu permukaan diperoleh dengan mengalikan luasnya S dengan koefisien penyerapan α , dan penyerapan ruang total A diperoleh dengan menjumlahkan perkalian-perkalian ini dengan mengikutsertakan penyerapan yang dilakukan oleh jemaah dan benda-benda lain dalam ruang (karpet, tirai, dan lain-lain).

3. Perambatan Bunyi

Getaran objek yang menjadi sumber bunyi akan menyentuh atau menekan molekul-molekul udara yang ada disekitarnya sehingga terjadi perubahan tekanan yang cepat di udara.

Bunyi merambat lebih cepat pada medium yang molekulnya lebih stabil dan pada suhu yang lebih tinggi. Kecepatan rambat gelombang bunyi ditentukan oleh frekuensi dan panjang gelombangnya (Mediastika, 2009).

$$v = f \cdot \lambda \tag{3}$$

Dengan :

V = kecepatan rambat gelombang bunyi (m/det)

f = frekuensi bunyi (Hz)

λ = panjang gelombang bunyi (m)

Tabel 1. Kecepatan rambat suara menurut medium rambatnya (Mediastika, 2009)

Medium	Kecepatan Rambat Suara (v)
Udara pada temperatur -20°C	319,3 m/s
Udara pada temperatur 0°C	331,8 m/s
Udara pada temperatur 10°C	337,4 m/s
Udara pada temperatur 20°C	343,8 m/s
Udara pada temperatur 30°C	349,6 m/s
Gas O_2	316 m/s
Gas CO^2	259 m/s
Gas hidrogen	1284 m/s
Air murni	1437 m/s
Air laut	1541 m/s
Baja	6100 m/s

4. Energi

Energi yang ada pada sumber bunyi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan sehingga diukur menggunakan satuan watt (W) atau jumlah energi yang dihasilkan setiap detik. Keterkaitan antara bunyi dan energy yang dimilikinya cukup penting dipahami karena kita akan melihat bahwa energy bunyi (terutama yang tidak dikehendaki) dapat berubah menjadi kalor saat terjadi penyerapan oleh bidang pembatas/penghalang (Mediastika, 2009).

5. Decibel

Kepekaan telinga yang tidak sama terhadap bunyi menyebabkan pengukuran tingkat kerasan bunyi menggunakan satuan *decibel* (dB dari *deci Bell*, diambil dari nama *Alexander Graham Bell*) menjadi mudah, karena terdiri dari angka-angka yang lebih mudah dipahami (Mediastika,

2009). Beberapa contoh tingkat keras bunyi dengan berbagai keadaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat keras bunyi dalam Pa dan dB (Mediastika, 2009)

<i>Sound Pressure (Pa)</i>	<i>Sound Level (dB)</i>	Contoh keadaan
200	140	Ambang batas atas pendengaran
	130	Pesawat terbang tinggal landas
20	120	Diskotik yang amat gaduh
	110	Diskotik yang gaduh
2	100	Pabrik yang gaduh
	90	Kereta api berjalan
0,2	80	Pojok perempatan jalan
	70	Mesin penyedot debu umumnya
0,02	60	Percakapan dengan berteriak
0,002	30 – 50	Percakapan normal
0,0002	20	Desa yang tenang, angin berdesir
0,00002	0 – 10	Ambang batas bawah pendengaran

6. *Sound Level Meter*

Tingkat kekuatan atau tinggi dan rendah bunyi diukur menggunakan alat yang disebut *Sound Level Meter (SLM)*. Alat ini terdiri dari mikrofon, *amplifier*, *weighting network* dan layar penyaji dalam satuan dB. Adapun layar SLM dapat berupa jarum atau layar digital. Ada pula SLM yang dilengkapi keduanya, sehingga pembacaan hasil menjadi lebih tepat. SLM sederhana hanya dapat mengukur tingkat kekerasan suara dalam satuan dB, sedangkan yang lebih canggih mampu menunjukkan frekuensi suara yang diukur.

Sound Level Meter model lama dengan penunjuk jarum produksi dari *RadioShack* yang dapat dilihat pada Gambar 4 merupakan alat pengukur Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) dalam satuan *decibell* (dB) dengan penunjuk angka dalam bentuk jarum, menyediakan tujuh ukuran Tingkat Tekanan Bunyi yaitu 60 dB, 70 dB, 80 dB, 90 dB, 100 dB, 110 dB, dan 120 dB. Alat ini juga memiliki respon *fast and slow* (cepat dan lambat). Sedangkan *Sound Level Meter* model digital pada Gambar 5 produksi dari *Krisbow* tipe KW0600290 merupakan alat pengukur Tingkat Tekanan Bunyi dengan penunjuk angka digital. Menyediakan dua mode akurasi 2,5 dB atau 3,5 dB, dua tipe bobot ukur *low* (35-100 dB) dan *high* (65-130 dB), dan memiliki respon *fast and slow* (cepat atau lambat).



Gambar 4. SLM model lama dengan penunjuk jarum.



Gambar 5. SLM dengan model angka digital

7. Jarak Tempuh

Gelombang bunyi yang merambat dari sumber bunyi dan menempuh jarak tertentu akan menurun kekuatannya (bunyi terdengar lebih pelan) dan lama-kelamaan akan hilang, meski sesungguhnya ketika dikaitkan dengan energi yang dimilikinya, energi tersebut tidak hilang, tetapi berubah bentuk. Melemahnya energi yang dimiliki sumber bunyi disebabkan oleh karena energi yang sama harus serambat pada area yang lebih luas. Kita dapat mengasumsikan sumber bunyi sebagai objek yang berada bebas di udara, yang akan menyebar merambat ke segala arah sehingga area rambatnya akan berbentuk seperti bola. Dalam kenyataannya perjalanan gelombang bunyi itu akan mengalami hambatan oleh adanya bidang batas, apakah itu permukaan bumi, pepohonan, dinding bangunan, dan lain-lain (*Mediastika, 2009*).

8. Getaran dan Resonansi

Menurut *Mediastika (2009)* bunyi dihasilkan oleh objek yang bergetar. Oleh sebab itu terjadinya bunyi tidak dapat dipisahkan dari getaran yang menyertainya. Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya objek lain selain sumber bunyi akibat getaran yang terjadi pada sumber bunyi.

Resonansi disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

1. Kedua objek memiliki kesamaan tentang frekuensi.
2. Tidak ada kesamaan frekuensi namun getaran sumber bunyi sangat kuat.
3. Frekuensi tidak memiliki kesamaan namun jarak kedua objek sangat dekat.
4. Frekuensi tidak memiliki kesamaan namun objek yang terkena imbas tidak terpasang permanen atau terlalu tipis.

B. Kebisingan

Istilah kebisingan berasal dari kata bising, yang menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) diartikan sebagai ramai atau hiruk-pikuk yang berasa di telinga seakan-akan pekak. Sedangkan *noise* menurut *McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms* (Parker, 1994), *noise* adalah *sound which is unwanted* (bunyi yang tidak dikehendaki). Selama ini kebisingan dipilih sebagai sepadan dari kata *noise*. Penyepadanan ini tidak sepenuhnya tepat sebab kedua makna dan arti dari kebisingan dan *noise* berbeda. Kebisingan adalah bagian dari *noise*. (Mediastika,2005).

Kebisingan menurut Prasasto Satwiko adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki atau mengganggu. Gangguan bunyi hingga tingkat tertentu dapat diadaptasi oleh fisik, namun syaraf dapat terganggu. Ambang bunyi (*threshold of audibility*) adalah intensitas bunyi sangat lemah yang masih dapat didengar telinga manusia. Ambang bunyi ini memiliki tingkat bunyi 0 dB. Ambang sakit (*threshold of pain*) adalah kekuatan bunyi yang menyebabkan sakit pada telinga manusia. Oleh karena itu Kementerian Kesehatan mengeluarkan peraturan tingkat kekuatan bunyi yang dapat diterima oleh telinga manusia untuk tetap menjaga kesehatan pendengaran (Tabel 3).

Dapat disimpulkan bahwa kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan, kenyamanan serta dapat menimbulkan ketulian.

Tabel 3. SK. 405/Menkes RI/ SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja, Perkantoran dan Industri mengenai lama paparan kebisingan.

Tingkat keras (dB)	Lama paparan diijinkan/ per hari
82	16 jam
85	8 jam
88	4 jam
91	2 jam
97	1 jam
100	0,25 jam (15 menit)

a. Kriteria kebisingan

Kriteria kebisingan (*Noise Criteria*) biasa juga disebut bunyi latar yang diperkenankan agar aktivitas tidak terganggu. Kriteria kebisingan adalah tingkat kebisingan yang terendah yang dipersyaratkan untuk ruang tertentu menurut fungsi utamanya (Prasasto Satwiko).

Pengukuran memakai angka penunjuk (*indeks*) dengan *Sound Level Meter* (SLM) yang dipasang pada posisi angka penunjuk dapat memudahkan pengguna dalam memahami pola kebisingan pada area tersebut. Untuk mengukur tingkat kebisingan dengan alat *Sound Level Meter*, perlu diketahui beberapa istilah berikut (Mediastika,2009):

- a. Kebisingan latar belakang adalah tingkat kebisingan yang terpapar terus-menerus pada suatu area, tanpa ada sumber-sumber bunyi yang muncul secara signifikan.
- b. Kebisingan ambien adalah total kebisingan yang terjadi pada suatu area, meliputi kebisingan latar belakang dan kebisingan lain yang muncul pada suatu waktu dengan tingkat keras melebihi tingkat keras kebisingan latar belakang dan merupakan hasil kompilasi kebisingan, baik yang sumbernya dekat maupun jauh.

- c. Kebisingan tetap adalah tingkat kebisingan yang berubah-ubah dengan fluktuasi (naik-turun) maksimum 6 dB.

b. Jenis-jenis kebisingan

Kebisingan senantiasa dihubungkan dengan ketidaknyamanan yang diakibatkan olehnya. Sebagai contoh, orang yang sulit beristirahat karena di sekitar rumahnya selalu ramai dengan bunyi yang tidak dikehendaki, lambat laun dapat juga mempengaruhi tingkat kesehatannya terutama pada indera pendengaran. Bising bersifat subjektif, sehingga batasan kebisingan orang yang satu bisa saja berbeda dengan batasan kebisingan bagi orang yang lain. Oleh karena itu kebisingan dibagi berdasarkan sifat dan spektrum bunyi, pengaruh pada manusia, dan batasan kebisingan berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

Berdasarkan sifat dan spektrum frekuensi bunyi, bising dibagi atas :

- a. Bising yang kontinyu dengan spektrum frekuensi yang luas. Bising ini relatif tetap dalam batas kurang lebih 5 dB untuk periode 0,5 detik berturut-turut. Misalnya mesin, kipas angin, dapur pijar, dan lain-lain.
- b. Bising yang kontinyu dengan spektrum frekuensi yang sempit. Bising ini juga relatif tetap, akan tetapi ia hanya mempunyai frekuensi tertentu saja (pada frekuensi 500, 1000, dan 4000 Hz). Misalnya gergaji serkuler, katup gas.
- c. Bising terputus-putus (*Intermitten*). Bising di sini tidak terjadi secara terus menerus, melainkan ada periode relatif tenang. Misalnya suara lalu lintas, kebisingan di lapangan terbang.
- d. Bising Implusif. Bising jenis ini memiliki perubahan tekanan suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya. Misalnya tembakan, suara ledakan mercon, meriam, dan lain-lain.
- e. Bising Implusif berulang. Sama dengan bising implusif, hanya saja

disini terjadi secara berulang-ulang. Misalnya mesin tempa (mesin pembuat barang-barang logam).

Berdasarkan pengaruh terhadap manusia kebisingan dibagi atas:

- a. Bising yang mengganggu (*irritating*), yaitu bising yang mempunyai intensitas tidak terlalu keras, contoh: mendengkur.
- b. Bising yang menutupi (*masking noise*), yaitu bising yang menutupi pendengaran yang jelas, contoh: yang dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan dan keselamatan atau bunyi yang memiliki tingkat tekanan bunyi melebihi standar yang dianjurkan.
- c. Bising yang merusak (*damaging* atau *injurious noise*), yaitu bising yang memiliki tingkat tekanan bunyi melebihi atau melapau nilai ambang batas pendengaran, contoh: mesin jet pesawat.

Tabel 4. Pembagian zona-zona peruntukan (*Per. Men. Kes No. 781/MenKes/Per/XI/87*)

Zona	Peruntukan	Tingkat kebisingan (dBA)	
		Maksimum di dalam bangunan Dianjurkan	Diperbolehkan
A	Laboratorium, rumah sakit, panti perawatan	35	45
B	Rumah, sekolah, tempat rekreasi	45	55
C	Kantor, pertokoan	50	60
D	Industri, terminal, stasiun kereta api	60	70

C. Parameter Akustik Ruang

Akustik (*acoustics*) adalah ilmu tentang bunyi (Prasasto Satwiko,2008). Sedangkan akustika bangunan lebih membicarakan soal-soal fisikalis dan teknis mengenai penanganan pemberantasan atau pengurangan gangguan bunyi yang bersifat sehari-hari dalam bangunan-bangunan yang relatif sederhana. Akustik ruang mengolah soal-soal yang lebih sulit dalam gedung-gedung besar seperti teater, ruang-ruang kuliah, ruang pementasan seni, studio, auditorium, dan sebagainya. (Y.B. Mangunwijaya,1976).

Kriteria yang biasa dipakai untuk mengukur kualitas akustik ruang auditorium adalah parameter subjektif dan objektif. Parameter subjektif lebih banyak ditentukan oleh persepsi individu, berupa penilaian terhadap seorang pembicara oleh pendengar dengan nilai indeks antara 0 sampai 10. Parameter subjektif meliputi *intimacy*, *spaciousness* atau *envelopment*, *fullness*, dan *overall impressions* yang biasanya dipakai untuk akustik teater dan *concert hall* (Legoh, 1993). Parameter ini memiliki banyak kelemahan karena persepsi masing-masing individu dapat memberikan penilaian yang berbeda-beda sesuai dengan latar belakang individu, sehingga diperlukan metoda pengukuran yang lebih objektif dan bersifat analitis seperti bising latar belakang (*background noise*), distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*), RT (*Reverberation Time*), EDT (*Early Decay Time*), D_{50} (*Deutlichkeit*), C_{50} , C_{80} (*Clarity*), dan TS (*Centre Time*).

1. Tingkat Bising Latar Belakang (*Background Noise*)

Dalam setiap ruangan, dirasakan atau tidak, akan selalu ada suara. Hal ini menjadi dasar pengertian tentang adanya bising latar belakang (*background noise*). Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Dalam suatu ruangan tertutup seperti auditorium maka bising

latar belakang dihasilkan oleh peralatan mekanikal atau elektrikal di dalam ruang seperti pendingin udara (*air conditioning*), kipas angin, dan seterusnya. Demikian pula, kebisingan yang datang dari luar ruangan, seperti bising lalu lintas di jalan raya, bising di area parkir kendaraan, dan seterusnya.

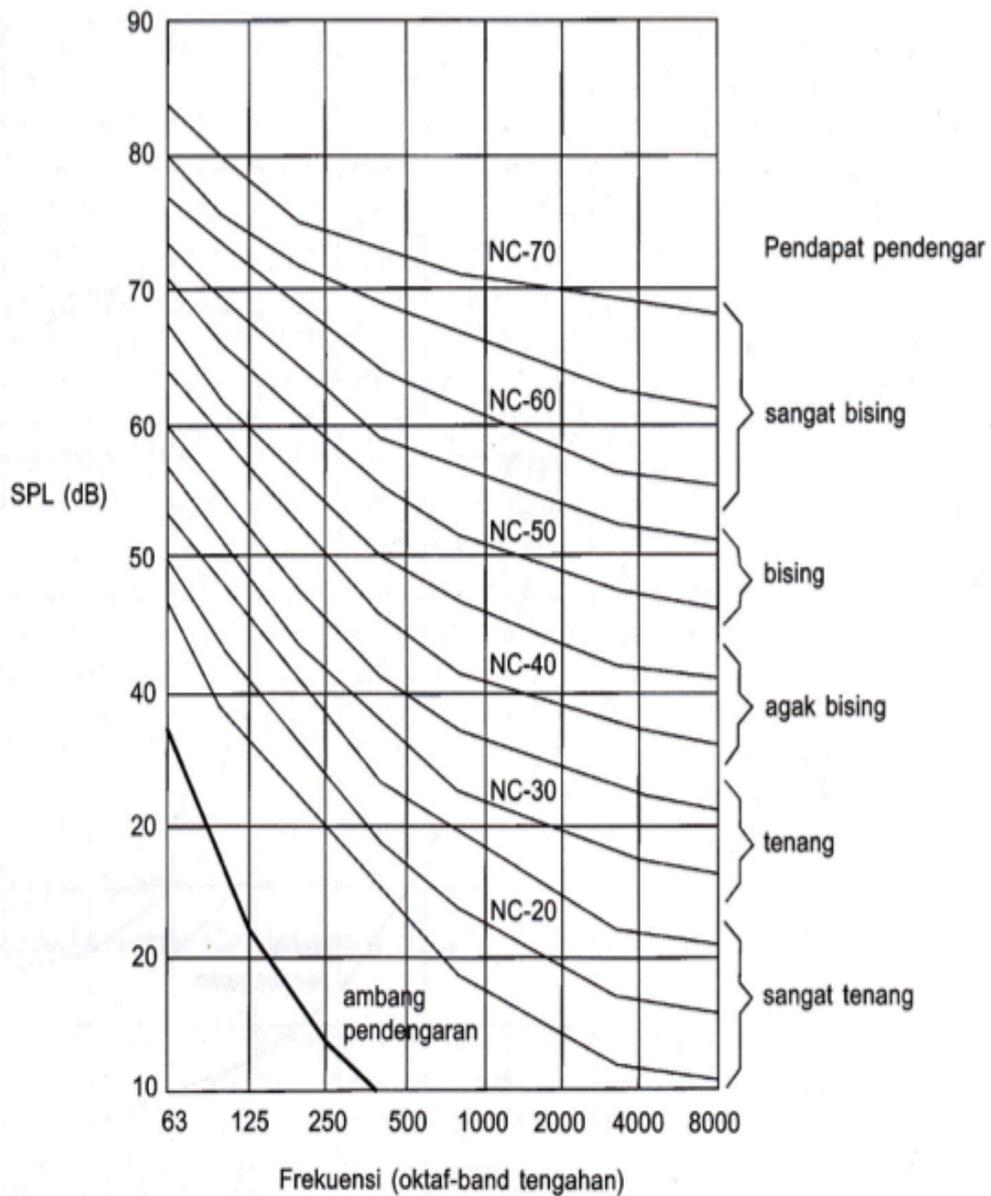
Bising latar belakang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, akan tetapi dapat dikurangi atau diturunkan melalui serangkaian perlakuan akustik terhadap ruangan. Besaran bising latar belakang ruang dapat diketahui melalui pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 63 Hz sampai dengan 8 kHz, dimana hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kriteria kebisingan ruang dengan cara memetakannya pada kurva kriteria kebisingan (*Noise Criteria – NC*).

Kriteria Kebisingan (*Noise Criteria*) disebut juga bunyi latar yang diperkenankan agar aktivitas terganggu. Kriteria Kebisingan merupakan tingkat kebisingan terendah yang dipersyaratkan untuk ruang tertentu menurut fungsi utamanya (Prasasto Satwiko, 2008). Rekomendasi nilai Kriteria Kebisingan (*Noise Criteria*) dapat dilihat pada Tabel 5 sesuai dengan fungsi bangunan dan ruang, kurva Kriteria Kebisingan (*Noise Criteria*) dapat dilihat pada Gambar 6 yang sesuai dengan kriteria hasil pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*).

Tabel 5. Rekomendasi nilai Kriteria Kebisingan/*Noise Criteria* (NC) untuk fungsi tertentu (Egan, 1976)

Fungsi bangunan / ruang	Nilai NC yang disarankan	Identik dengan tingkat kebisingan (dBA)
Ruang konser, opera, studio rekam, dan ruang konser lain dengan tingkat akustik yang sangat kecil	NC 15 – NC 20	25 – 30

Rumah sakit, dan ruang tidur/istirahat pada rumah tinggal, apartemen, motel, hotel, dan ruang lain untuk istirahat/tidur	NC 20 – NC 30	30 – 40
Auditorium multifungsi, studio radio/televisi, ruang konferensi, dan ruang lainnya dengan tingkat akustik yang sangat baik	NC 20 – NC 30	30 – 40
Kantor, kelas, ruang baca, perpustakaan, dan ruang lain dengan tingkat akustik yang baik	NC 30 – NC 35	40 – 45
Kantor dengan penggunaan ruang bersama, cafeteria, tempat olah raga, dan ruang lainnya dengan tingkat akustik yang cukup	NC 35 – NC 40	45 – 50
Lobi, koridor, ruang bengkel kerja, dan ruang lainnya yang tidak memerlukan tingkat akustik yang cermat	NC 40 – NC 45	50 – 55
Dapur, ruang cuci, garasi, pabrik, pertokoan	NC 45 – NC 55	55 – 65



Gambar 6. Kurva *Noise Criteria* (NC) (Egan, 1976)

Tabel 6. Batas SPL untuk NC yang dibakukan (Egan, 1976)

Kurva	<i>Sound Pressure Level</i> (SPL) dalam dB							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
NC-70	83	79	75	72	71	70	69	
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	68

NC-60	77	71	67	63	61	59	59	62
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	57
NC-50	71	64	58	54	51	49	48	52
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	47
NC-40	64	57	50	45	41	39	38	42
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	37
NC-30	57	48	41	36	31	29	38	32
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	27
NC-20	50	41	33	26	22	19	17	21
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11

2. Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*)

Salah satu tujuan dalam mendesain ruang auditorium adalah mencapai suatu tingkat kejelasan yang tinggi sehingga diharapkan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang dipancarkan oleh pembicara atau pemusik diupayakan dapat menyebar merata dalam auditorium, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam auditorium tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara maupun pemusik.

Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata.

Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) menurut Prasasto Satwiko adalah perbandingan logaritimis energy suatu sumber bunyi dengan energy sumber bunyi acuan, diukur dalam satuan *decibel* (dB).

Sedangkan menurut Y.B Mangunwijaya Tingkat Tekanan Bunyi adalah gelombang getaran bunyi menjalankan tekanan getaran pada selaput telinga, maka getaran pada selaput telinga terdengar melalui saraf-saraf pendengaran kita. Untuk mendapat hasil Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) dibutuhkan alat yaitu *Sound Level Meter* (SLM) pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 7. Perubahan Tingkat Tekanan Bunyi dan efeknya (Prasasto Satwiko, 2009)

Perubahan TTB (dB)	Efek
1	Tidak terasakan
3	Mulai dapat dirasakan
6	Dapat dirasakan dengan jelas
10	Dirasakan dua kali lebih keras dari bunyi awal
20	Dirasakan empat kali lebih keras dari bunyi awal

3. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu Dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatujuta dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. *Sabine* (1993) mendefinisikan waktu dengung yaitu waktu lamanya terjadi dengung di dalam ruangan yang masih dapat didengar. Dalam perkembangannya, waktu dengung tidak hanya didasarkan pada peluruhan 60 dB saja, tetapi juga pada pengaruh suara langsung dan pantulan awal (EDT) atau peluruhan-peluruhan yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT_{15}), 20 dB (RT_{20}), dan 30 dB (RT_{30}). Prasasto Satwiko mengartikan Waktu Dengung (*Reverberation Time*) adalah waktu yang diperlukan oleh bunyi untuk berkurang 60 dB, dan dihitung dalam satuan detik (*second*).

Waktu dengung (*Reverberation Time*) sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*. Auditorium yang memiliki waktu

dengung terlalu panjang akan menyebabkan penurunan *speech intelligibility*, karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantulnya. Sedangkan auditorium dengan waktu dengung terlalu pendek akan mengesankan ruangan tersebut “mati”.

Rumus perhitungan RT dengan metode *sabine* adalah :

$$RT = \frac{0,161 \cdot V}{A} \quad (4)$$

Dimana :

RT = waktu dengung atau detik (s)

V = volume ruang (m³)

A = luas material total x koefisien absorpsi material (m²)

Tabel 8. Kesesuaian waktu dengung menurut fungsi ruangan (McMullan, 1991)

Fungsi ruangan	Volume ruang (m ³)	Waktu dengung (s)
Kantor	30	0,5
	100	0,75
Ruang konferensi	100	0,5
	1000	0,8
Studio musik	500	0,9
	5000	1,5
Gereja	500	1,5
	5000	1,8

Tabel 9. Penilaian nilai RT berdasarkan aktivitasnya

	Reverberation Time			
	0,8 – 1,3	1,4 – 2,0	2,1 – 3,0	Optimum
Speech	Good	Fair - Poor	Unacceptable	0,8 – 1,1
Contemporary music	Good	Fair	Poor	1,2 – 1,4
Choral music	Poor - Fair	Fair – Good	Good – Fair	1,8 – 2,0+

(Sumber : www.reverberationtime.com)

Tabel 10. Daftar Koefisien beberapa material (Mediastika, 2005)

Material bangunan	Koefisien absorpsi pada Frekuensi 500 Hz*
Lantai :	
Semen	0,015
Semen dilapis keramik	0,01
Semen dilapis karpet tipis	0,05
Semen dilapis karpet tebal	0,14
Semen dilapis kayu	0,10
Dinding :	
Batu bata diplester halus	0,02
Batu bata diplester kasar	0,01
Papan kayu	0,06
Kolom beton dicat	0,10
Kolom beton tidak dicat	0,04
Tirai kain tipis/ sedang / tebal	0,06
Kaca halus	0,01
Kaca kasar/buram	0,04
Plafon :	
Beton dak	0,015
Eternit	0,17
Gypsum	0,05
Aluminium, furniture, dan lain-lain	0,01
Kursi kain	0,60
Kursi plastik	0,01
Udara	0,007**
Manusia	0,46

*) Frekuensi 500 Hz dipakai sebagai rerata koefisien absorpsi material pada umumnya

***) Khusus udara dihitung pada frekuensi 2000 Hz

4. *Early Decay Time* (EDT)

EDT atau *Early Decay Time* yang diperkenalkan oleh V. Jordan yaitu perhitungan waktu dengung (RT) yang didasarkan pada pengaruh bunyi awal yaitu bunyi langsung dan pantulan-pantulan awal yaitu waktu yang diperlukan Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) untuk meluruh sebesar 10 dB. Pengukuran EDT disarankan untuk menghitung parameter subjektif seperti *reverberance*, *clarity*, dan *impression*.

5. *Definition* (a time window of 50 ms)

Definition merupakan kemampuan pendengar membedakan suara dari masing-masing instrumen dalam sebuah pertunjukan musik dalam kondisi transien, nada dasar dan harmoniknya mulai membentuk sehingga kemungkinan terjadi variasi spektrum. *Definition* juga merupakan kriteria dalam penentuan kejelasan pembicaraan dalam suatu ruangan dengan cara memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energi suara total dalam ruangan.

D_{50} merupakan rasio antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima. Durasi 50 ms disebut juga batas kejelasan *speech* yang dapat diterima. Semakin besar nilai D_{50} maka semakin baik pula tingkat kejelasan pembicaraan, karena semakin banyak energi suara yang termanfaatkan dalam waktu 50 ms. Inteligibilitas atau kejelasan yang baik didapatkan untuk harga $D_{50} > 0\%$. Adapun kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan D_{50} dapat diukur seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Kategori penilaian *Speech Intelligibility* berdasarkan D_{50} .

D_{50} (%)	SI (%)	Kategori
0 – 20	0 – 60	Sangat buruk
20 – 30	60 – 80	Buruk
30 – 45	80 – 90	Cukup/sedang

45 – 70	90 – 97,5	Bagus
70 – 80	97,5 – 100	Sangat bagus

6. *Clarity* (C_{50} ; C_{80})

Clarity diukur dengan membandingkan antara energi suara yang termanfaatkan (yang datang sekitar 0.05-0.08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantulan yang datang setelahnya, dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam percakapan adalah antara 50-80 ms dan suara yang datang sesudahnya dianggap suara yang merusak.

Semakin tinggi nilai C_{50} , maka semakin pendek waktu dengung, demikian pula sebaliknya. Tingkat kejelasan pembicaraan akan bernilai baik jika C_{50} lebih kecil atau sama dengan -2 dB. C_{80} merupakan rasio dalam dB antara energi yang diterima pada 80 ms pertama dari signal yang diterima dan energi yang diterima sesudahnya. Batas ini ditujukan untuk kejelasan pada musik. Nilai C_{80} adalah nilai parameter yang terukur lebih dari 80 ms, semakin tinggi nilai C_{80} maka suara akan semakin tidak bagus.

7. *Centre Time* (TS)

TS merupakan waktu tengah antara suara datang (*direct*) dan suara pantul (*early to late*), semakin tinggi nilai TS maka kejernihan suara akan semakin buruk.

Menurut Ribeiro (2002), parameter objektif berupa respon impuls ruang yang meliputi waktu dengung (*Reverberation Time*), waktu peluruhan (*Early Decay Time*), D_{50} (*Definition*), C_{50} , C_{80} (*Clarity*) dan TS (*Centre Time*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan, pada Tabel 12.

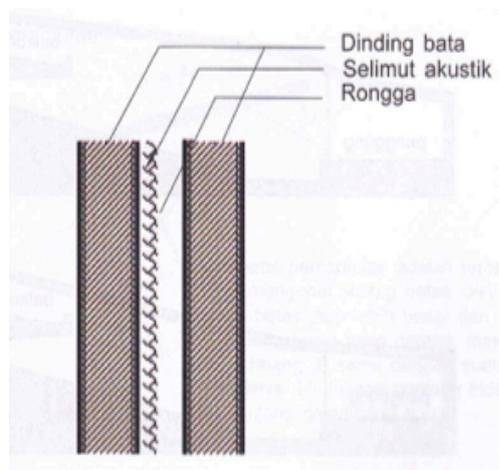
Tabel 12. Nilai Optimum Parameter Akustik Objektif Ruang Auditorium.
(Ribeiro,2002)

<i>Acoustic Parameters</i>	<i>Conference</i>	<i>Music</i>
<i>Reverberation Time</i> (<i>RTmid,s</i>)	0,85<RTmid<1.30	1.30<RTmid<1,83
<i>Early Decay Time</i> (<i>EDT,s</i>)	0,648<EDTmid≤0,81	1,04<EDTmid≤1,76
<i>Definition (D,%)</i>	≤65	-
<i>Clarity (C₅₀, C₈₀, dB)</i>	C ₅₀ >6	-2<C ₈₀ <4
<i>Centre Time (TS, ms)</i>	<80	<80

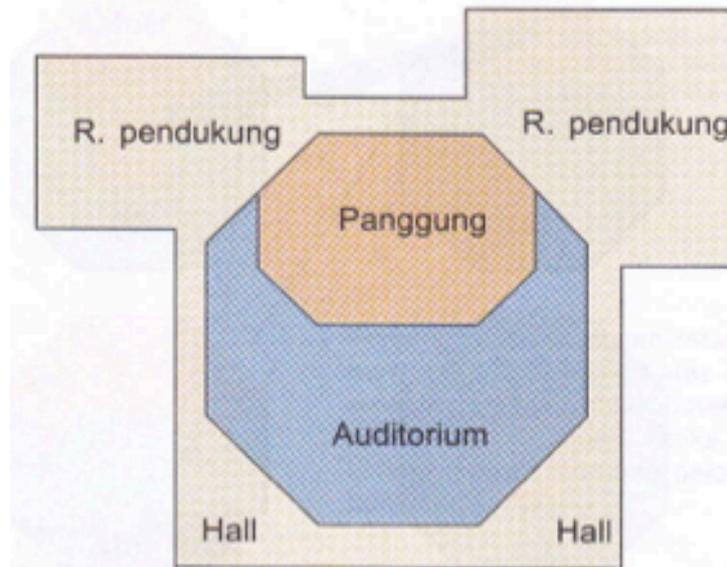
D. Akustik Luar Ruangan (eksterior)

Prinsip perancangan akustik secara eksterior meliputi :

- Mengenal fungsi utama ruangan.
- Usaha untuk menjauhkan bangunan dari sumber kebisingan.
- Bila kebisingan dari jalan raya tinggi maka dibangun penghalang atau *barrier*.
- Memilih konstruksi bangunan auditorium dari bahan yang memiliki tingkat insulasi tinggi.



Gambar 7. Dinding ganda yang sengaja disusun untuk mengurangi transmisi gelombang bunyi.



Gambar 8. Pemakaian dinding ganda pada auditorium dengan model penciptaan ruang auditorium lain.

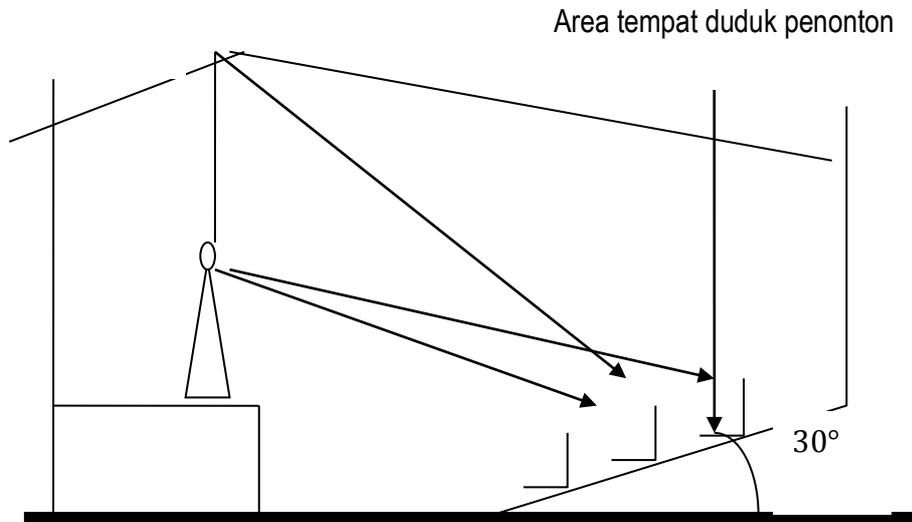
E. Akustik Dalam Ruangan (interior)

Ruang-ruang di dalam auditorium secara garis besar dapat dibedakan menjadi:

- Ruang-ruang utama, yang meliputi ruang panggung atau penonton.
- Ruang-ruang pendukung, yang meliputi ruang persiapan, toilet, hall, dan lain-lain.
- Ruang-ruang servis, yang meliputi ruang generator, ruang pengendali udara, gudang peralatan, dan lain-lain.

1. Penyelesaian Akustik Pada Lantai

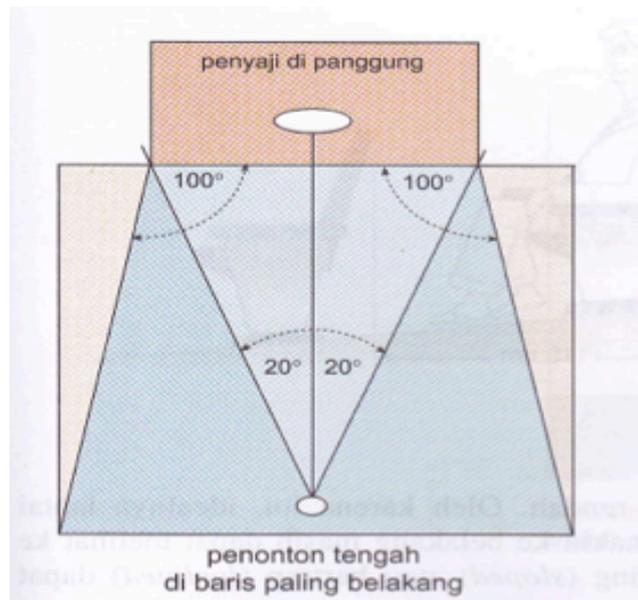
Agar semua penonton dapat menyaksikan penyaji dengan baik, lantai panggung biasanya dibuat lebih tinggi daripada lantai penonton yang paling bawah dengan tingkat kemiringan 30° .



Gambar 9. Penaikan sumber bunyi dan pemiringan lantai area penonton
(Sumber: Doelle, 1990)

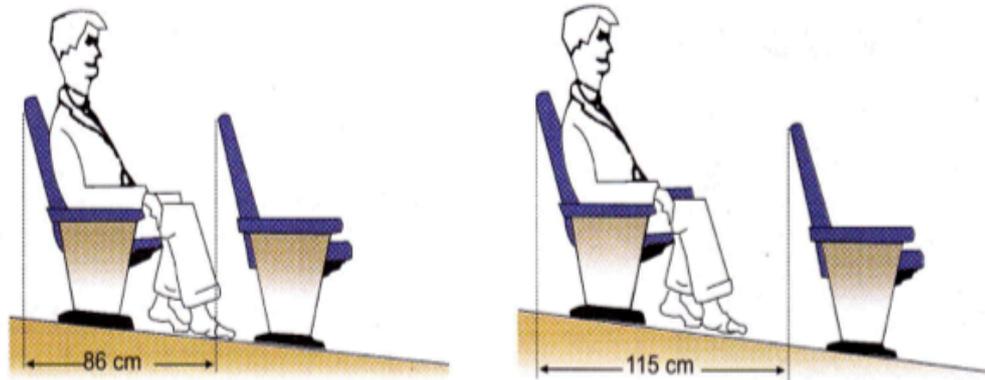
2. Area Penonton

Penonton harus berada pada daerah yang menguntungkan baik saat menonton, menyaksikan pementasan dan lain-lain. Kenyamanan ini idealnya dinilai dari dua aspek, yaitu kenyamanan audio dan kenyamanan visual.



Gambar 10. Menentukan lebar panggung dengan acuan penonton yang duduk di bagian tengah barisan.

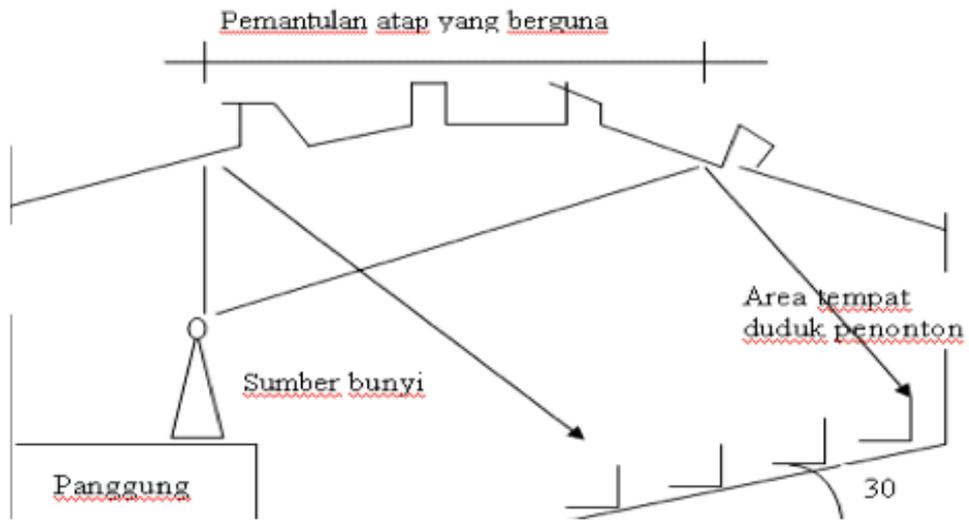
Jumlah ideal kursi penonton untuk ditata sejajar adalah 12 sampai 15 buah, dengan asumsi bahwa penonton yang duduk di tengah tidak menempuh perjalanan terlalu jauh ke arah selasar utama. Jarak standar antar kursi yaitu 86 cm sampai 115 cm (Mediastika, 2005).



Gambar 11. Jarak antar baris tempat duduk.

3. Penyelesaian Akustik Pada Plafon

Agar sebagian besar bunyi langsung (*direct sound*) menyebar ke arah penonton dengan waktu tunda yang panjang sehingga bunyi langsung dapat diterima sebagian besar penonton hingga ke tempat duduk terjauh, diperlukan material yang lebih memantulkan suara.

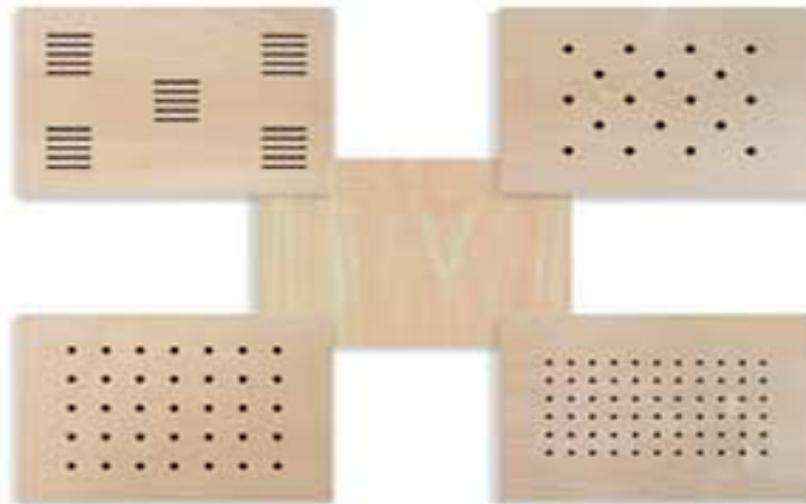


Gambar 12. Pemantulan yang dianjurkan

Sumber: *Doelle* (1990)

4. Penyelesaian Akustik Pada Dinding

Dinding bagian belakang area auditorium sebaiknya diselesaikan dengan bahan yang menyerap suara, agar tidak memantulkan suara kembali ke depan, yang dapat menimbulkan suara bias (menyimpang).



Gambar 13. Unit akustik siap pakai yang berlubang dan bercelah

Sumber: <http://www.acoustics.com/product>



Gambar 14. Panel Penyerap (*Panel Absorber*) siap pakai yang bertekstur

Sumber: <http://sudiana1526.files.wordpress.com/2013/11/eps-sandwich-panel.jpg>

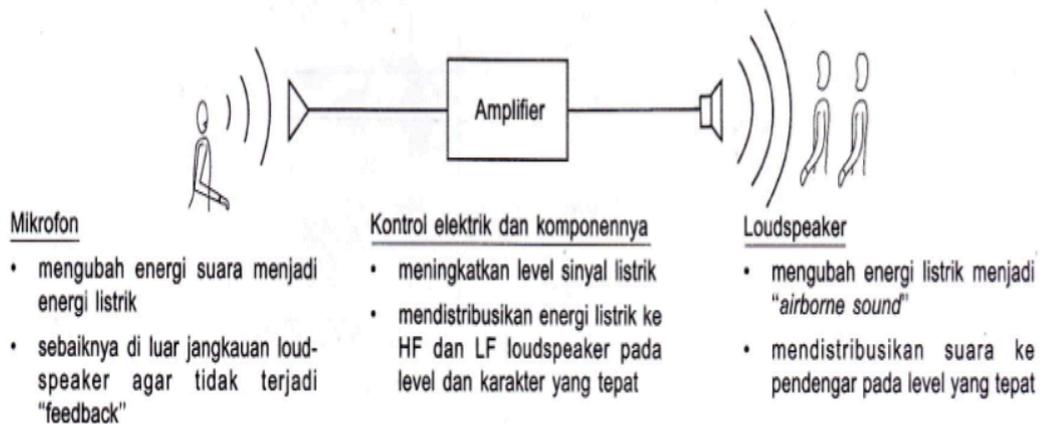


Gambar 15. Penerapan Panel Penyerap pada plafond dan dinding

Sumber: <http://www.acoustics.com/product>

F. Sistem Bunyi Elektronik (*Electronic Sound System*)

Sistem bunyi elektronik pada awalnya dimaksudkan untuk memperkuat bunyi asli. Komponen sistem bunyi elektronik tersebut terdiri atas: mikrofon (*microphone*) yang bertugas mengubah gelombang bunyi (energi bunyi) menjadi sinyal listrik, penguat (*amplifier*) yang bertugas memperkuat sinyal listrik dari mikrofon tadi, dan *loudspeaker* (pengeras suara/pelantang) yang mengubah sinyal listrik yang telah diperkuat menjadi gelombang bunyi lagi yang lebih keras dari bunyi yang asli (Prasato Satwiko,2008)



Gambar 16. Prinsip Kerja *Sound System*.

Berdasarkan tujuan menurut penggunaan *sound system*, dapat dibedakan menjadi (Mediastika, 2005) :

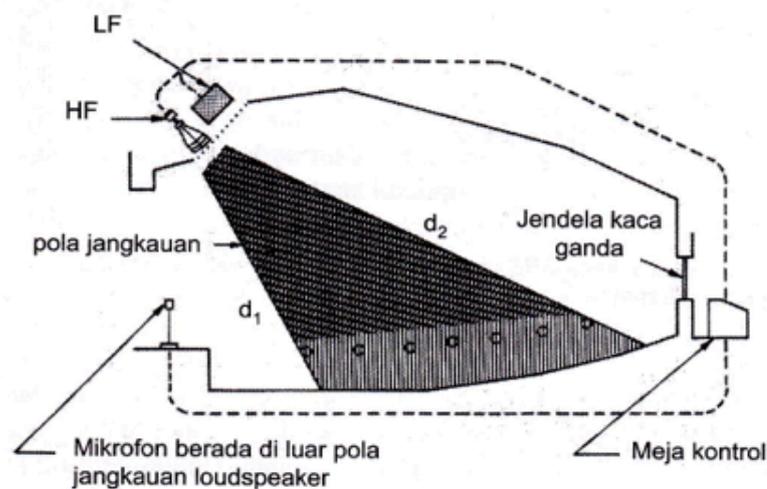
- a) Untuk memperkuat bunyi agar dapat didistribusikan kepada lebih banyak khalayak dalam kekerasan (kejelasan) yang mencukupi. Keadaan ini biasanya diterapkan dalam ruang auditorium besar.
- b) Untuk memperbaiki kualitas bunyi. Keadaan ini diterapkan dalam studio untuk memperoleh hasil rekaman yang berkualitas terbaik, seperti bunyi yang jernih dan mantap.
- c) Untuk memperbaiki bunyi sekaligus memperbaiki kualitas bunyi. Selain bertujuan untuk mendistribusikan bunyi pada lebih banyak

khalayak, diharapkan bunyi yang didistribusikan juga memiliki kualitas yang lebih baik. Keadaan ini biasanya diterapkan pada model penyajian langsung (bukan rekaman), meskipun pada akhirnya kualitas bunyi yang dihasilkan tetap tidak sebaik pada saat dikerjakan di studio.

Adapun cara perletakan *speaker* dibedakan menjadi (Egan,1976) :

a) Perletakan terpusat

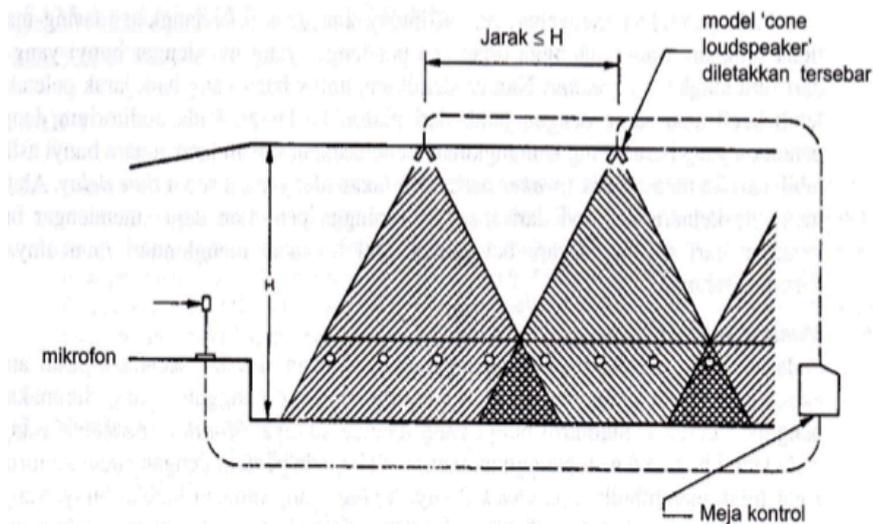
Perletakan ini ditempatkan satu atau beberapa *speaker* yang saling berdekataan (terkumpul dalam satu titik). *Speaker* atau kumpulan *speaker* ini diltakkan di atas sumber bunyi, namun masih tetapdalam jarak jangkau pandangan mata pendengar. Perletakan ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Perletakan *speaker* secara terpusat dengan *tweeter* untuk *High Frequency* (HF) dan *woofer* untuk *Low Frequency* (LF).

b) Perletakan menyebar

Perletakan ini ditempatkan beberapa *speaker* di atas pendengar, dengan tingkat kekuatan yang lebih lemah dibandingkan dengan *speaker* yang digunakan pada perletakan terpusat. Perletakan *speaker* dengan pola menyebar dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Perletakan *speaker* secara menyebar.

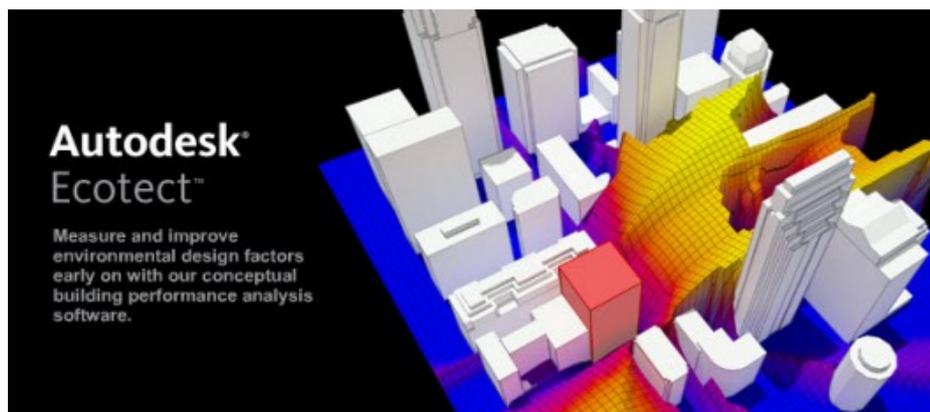
G. Software *Ecotect v5.20*

Ecotect v5.20 adalah sebuah perangkat lunak yang dikembangkan dengan tujuan untuk mengintegrasikan dan mensimulasikan model tiga dimensi dari sebuah bangunan dengan berbagai macam fungsi analisis seperti: *overshadowing* dan *solar reflection*; *sun penetration* dan *shading device design*; *solar access* dan *photovoltaic/heat collection*; *hourly thermal comfort* dan *monthly space loads*; *natural* dan *artificial lighting levels*; *acoustic reflection* dan *reverberation times*; *project coast* dan *environmental impact* (Dr. Eng. Rosady Mulyadi, 2005).

Perangkat lunak *Ecotect v.5.20* dibuat berdasarkan ide-ide yang dikemukakan oleh Dr. Andrew Marsh dalam disertasi doktornya di *School of Architecture and Fine Arts University Western Australia*. Perangkat lunak ini muncul pertamakali di tahun 1997 dengan versi awal 2.50. Disusul kemudian versi 3.0 di tahun 1998, versi 4.0 di tahun 2000, dan versi 5.0 di tahun 2002. Versi 5.20 merupakan pengembangan dari versi 5.0.

Perkembangan perangkat lunak *Ecotect* bersumber dari konsepsi yang menyatakan bahwa aplikasi prinsip-prinsip perancangan lingkungan

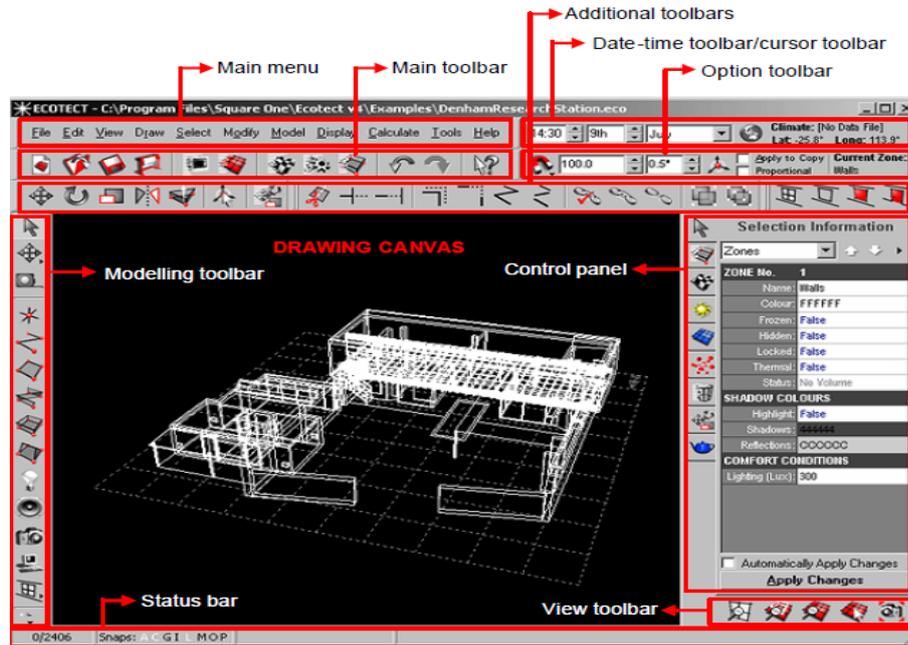
binaan akan menjadi lebih efektif bilamana dilakukan ditahap awal proses desain bangunan. Tahap awal pengembangan konsep desain merupakan suatu proses yang berulang-ulang dimana berbagai gagasan bermunculan yang harus diuji dan dievaluasi untuk kemudian ditolak atau menjadi dasar bagi pengembangan selanjutnya. Dalam metode pengujian dan evaluasi ide-ide desain yang konvensional, biasanya digunakan sketsa-sketsa perspektif, analisis geometri yang sederhana, dan berbagai kalkulasi-kalkulasi sederhana menggunakan kalkulator yang cenderung menghabiskan waktu yang cukup lama. Dengan menggunakan *ecotect*, pekerjaan tersebut akan menjadi lebih singkat sehingga menghemat waktu dan tenaga.



Gambar 19. *Software Ecotect v5.20*

1. *Interface*

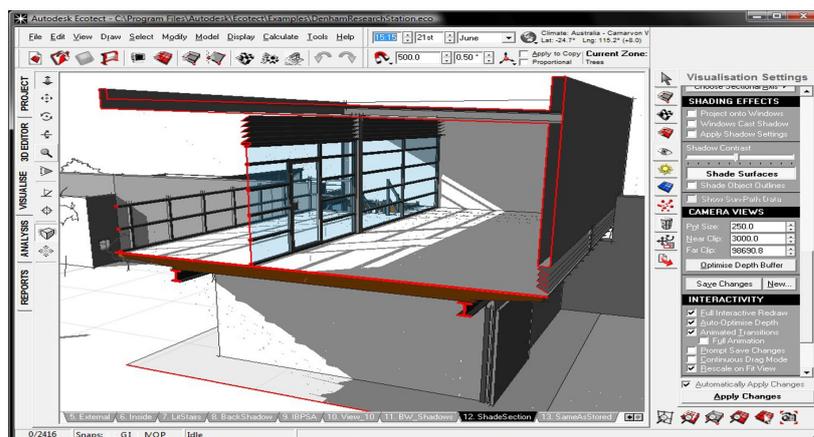
Tampilan pada *ecotect* v5.20 sebagaimana halnya dengan perangkat-perangkat lunak lainnya yang dapat dijalankan dengan sistem operasi MS Windows terdiri dari berbagai komponen dengan fungsinya masing-masing. Komponen-komponen tersebut terdiri atas; *main menu*, *main toolbar*, *additional toolbar*, *modeling toolbar*, *status bar*, *view toolar*, *control panel*, *date-time* dan *cursor toolbar*, *option toolbar* dan *drawing canvas* seperti terlihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Ecotect v5.20 Interface.

2. Permodelan (*modeling*)

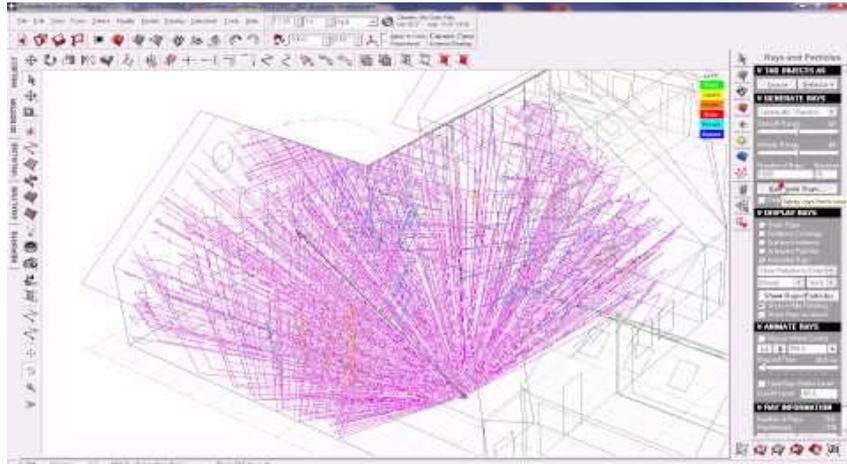
Sistem permodelan pada *ecotect v5.20* ini menggunakan metode tiga dimensi (3D). Koordinat x, y, dan z digunakan untuk menentukan panjang, lebar dan tinggi objek. Obyek-obyek dapat dibuat sendiri dengan bantuan *grid* ataupun dengan mengimpor dari *file-file* gambar tiga dimensi dari AutoCAD.



Gambar 21. Modeling pada *ecotect*.

3. Analisis (*analysis*)

Terdapat lima bagian besar analisis yang dapat dilakukan oleh *ecotect*, yakni; *shading and overshadowing analysis*, *natural and artificial lighting analysis*, *thermal performance analysis*, *cost and environmental impact*, dan *acoustic analysis*.



Gambar 22. *Acoustic analysis ecotect.*

H. Studi Kasus Penelitian Terkait

1. Studi kualitas kustik berdasarkan waktu dengung dan bising latar belakang Masjid-masjid besar di Surabaya

Penelitian ini dilakukan oleh Candra Budi S, dari Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Objek penelitian ini meliputi Masjid Al-Falah, Masjid Al-Irsyad, dan Masjid Manarul Ilmi di Surabaya. Masjid merupakan bangunan dengan fungsi tempat ibadah dengan nilai RT yang standar ialah berkisar antara 0,9-1,2 detik dengan tingkat kebisingan 25-30 dB, jika berada dalam area permukiman syarat bising antara 45-50 dB.

Penelitian ini memiliki batasan masalah antara lain :

- a. Penentuan kualitas akustik waktu dengung dan *background noise* didalam ruangan masjid.

- b. Daerah penelitian hanya mencakup akustik ruang masjid yang telah ditentukan yaitu mempunyai luasan berkisar antara 500-7000 m³.
- c. Bentuk plafon masjid yang dipilih ialah, kubah, tajug (piramid bertupuk), dan datar.
- d. Kondisi lingkungan di areal masjid diabaikan.

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran *background noise* dengan SLM Rion NL-31 pada titik ukur yang telah ditentukan oleh peneliti dan pengukuran RT pada titik ukur yang telah ditentukan dengan bantuan komputer.

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan antara lain :

- a. Untuk plafond datar menghasilkan akustik yang paling baik yaitu pada masjid Al-Falah, yang dimana memiliki nilai *background noise* 59,922 dB.
- b. Masjid yang memiliki nilai kualitas akustik yang baik yaitu pada masjid Al-Falah dengan nilai RT 1,81 detik.
- c. Faktor yang mempengaruhi suatu bangunan memiliki nilai akustik yang baik juga dipengaruhi bising lingkungan dan distribusi tingkat tekanan bunyi yang ada dalam ruangan tersebut.

2. Perancangan akustik ruang multifungsi pada teater A Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan desain modular

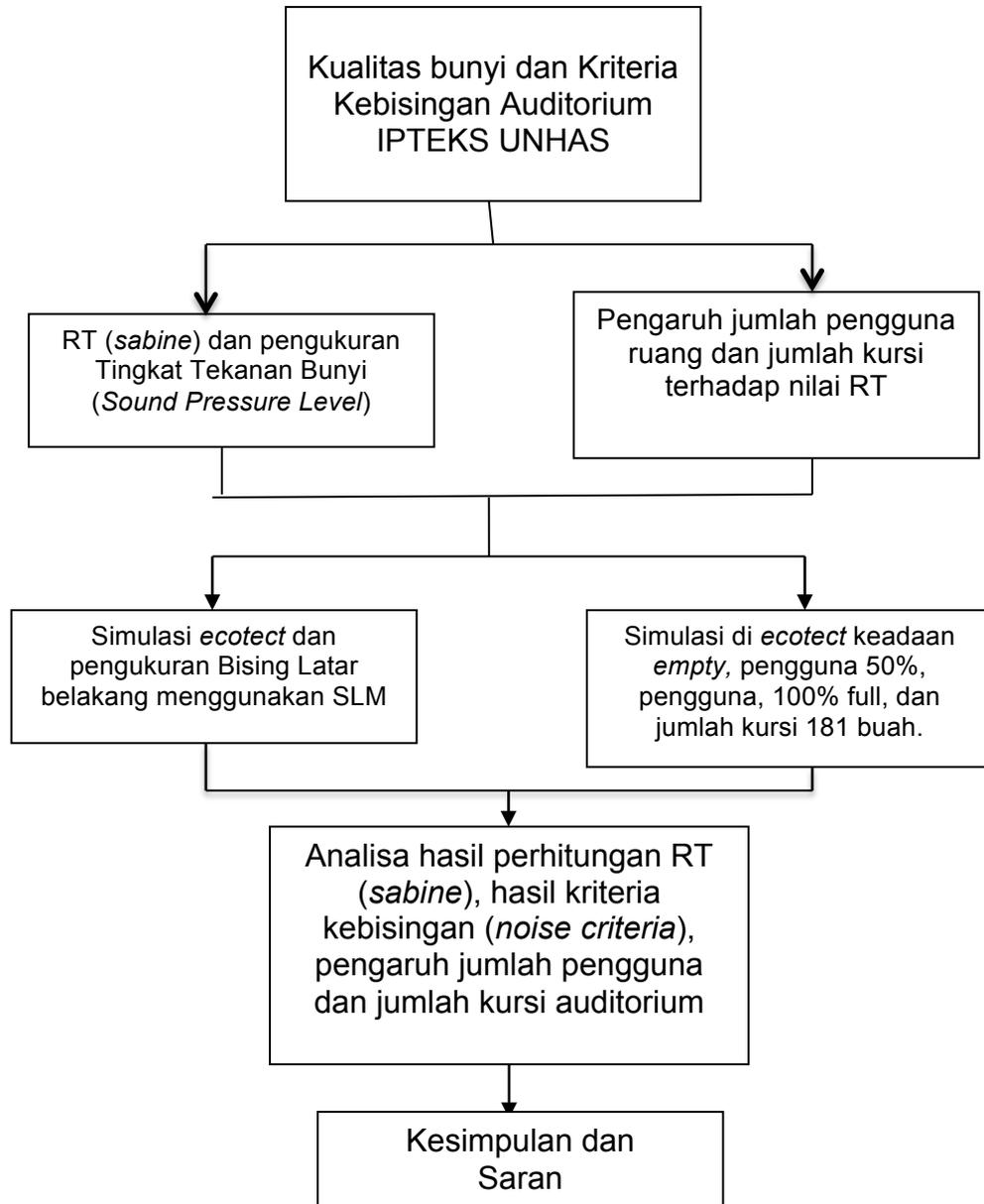
Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya (Mufhti, 2010) dan dilanjutkan oleh Yuniar Syahadhatin. Dengan waktu dengung teater A sangat tinggi pada frekuensi 500 Hz yaitu 3,05 detik. Nilai ini jauh dari standar yang dianjurkan yaitu 0,85-1,3 detik. Volume ruang yaitu 1147 m³.

Rumusan masalah pada penelitian ini ialah cacat akustik pada teater A berdasarkan beberapa parameter akustik belum tercapai. Dengan metode penelitian dengan cara perhitungan manual RT dengan

metode *sabine* dan mendesain ulang ruang teater dengan *software* CATT-Acoustic.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *background noise* 49,32 dB dengan waktu dengung 2,22 detik telah memenuhi syarat untuk ruang musik tetapi belum memenuhi syarat untuk percakapan (*speech*). Setelah melakukan desain ulang ruang dengan *software* CATT-Acoustic dimana peneliti mengganti beberapa material dalam teater dengan material yang bisa menyerap dan memantulkan dengan baik hasil RT menjadi 1,38 detik untuk percakapan dan 1,45 detik untuk music.

I. Kerangka Alur Pikir



Skema 1. Kerangka alur pikir penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rencana Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan analisa deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pendekatan Teoritis

Pendekatan ini dilakukan dengan penelusuran literatur mengenai akustik bangunan dikhususkan pada kualitas bunyi dalam ruang, kebisingan latar belakang (*background noise*), dan sistem tata suara elektronik (*electronic sound system*).

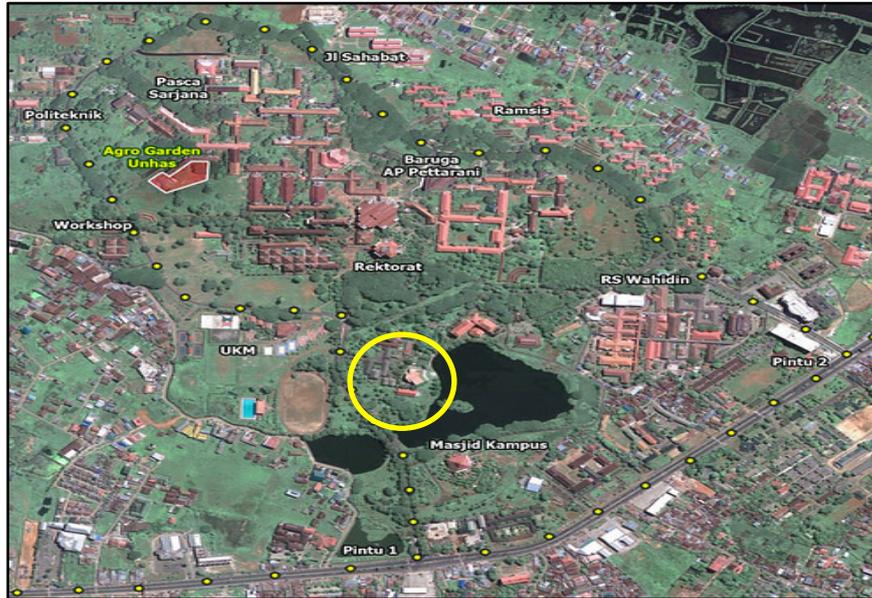
2. Pengambilan Data/Pengukuran

Penelitian ini dimulai dengan mengadakan pengamatan langsung dilapangan, melakukan pengukuran fisik objek secara teliti dan sistematis, menentukan titik untuk mengukur, pengukuran tingkat kebisingan dengan menggunakan alat ukur *Sound Level Meter* (SLM), melakukan simulasi dengan bantuan program komputer (*ecotect*), kemudian membuat contoh perhitungan *reverberation time* secara manual. Data pengukuran tingkat kebisingan yang diperoleh dalam pengukuran akan didistribusikan dalam bentuk tabel untuk mendapatkan tingkat kebisingan rata-rata untuk setiap titik ukur dengan menggunakan program *Microsoft Excel*, gambar dan grafik akan dianalisa, selanjutnya melakukan simulasi perhitungan RT dan distribusi arah dan pantulan *speaker* dengan *software ecotect v5.20*.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin.



Gambar 23. Foto Udara Lokasi Penelitian.



Gambar 24. Detail Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin.

2. Waktu Penelitian

- a. Pengamatan langsung dilapangan dilakukan pada hari pertama sampai siang hari pada pukul 09.00-12.00.

- b. Pengukuran kondisi fisik objek dilakukan pada hari kedua pagi sampai sore hari pada pukul 09.00-15.00.
- c. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan selama satu hari pada waktu siang pukul 11.00 dan 13.00. Pengukuran dilakukan dengan dua kondisi berbeda.
- d. Proses penelitian dilakukan pada bulan September 2013.

C. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas
 - a. Kondisi pengguna ruang 100% *full*.
 - b. Kondisi 50% pengguna.
 - c. Kondisi ruang kosong (*empty*) atau tidak ada pengguna ruang.
 - d. Jumlah tempat duduk 181 buah.
2. Variabel Terikat

Variabel terikat disini adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yaitu:

 - a. Kualitas bunyi berdasarkan waktu dengung (*reverberation time*) dengan metode *sabine*.
 - b. Tingkat bising latar belakang (*background noise*).

D. Instrumen Penelitian

Berikut ini adalah alat dan *software* yang digunakan untuk memperoleh data penelitian, yaitu:

1. *Sound Level Meter*, untuk mengukur tingkat kekuatan bunyi dalam satuan *deciBell* (dB). *Sound Level Meter* yang digunakan adalah produksi dari *Krisbow* dengan tipe KW0600290. Dengan menyediakan dua mode akurasi 2,5 dB atau 3,5 dB, dua tipe bobot ukur *low* (35-100 dB) dan *high* (65-130 dB), dan *fast/slow response* (respon cepat dan lambat).



Gambar 25. *Sound Level Meter Krisbow*

2. Meteran dan *Distance Meter*, untuk mengukur geometri ruang dan jarak penempatan titik ukur.



Gambar 26. *Meteran.*



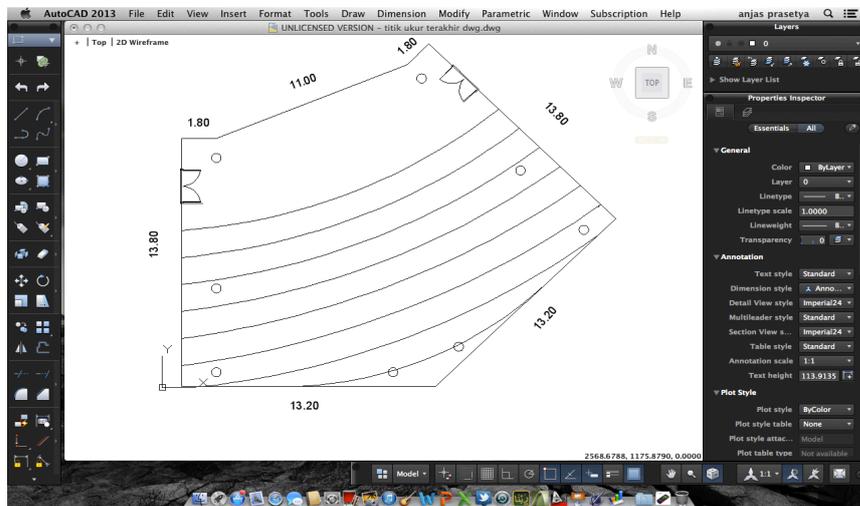
Gambar 27. *Distance Meter Laser.*

3. Alat tulis, untuk mencatat segala hal yang berkaitan dengan kegiatan observasi dan pengumpulan data.
4. *Software Autocad 2013* dan *software ecotect v5.20*.

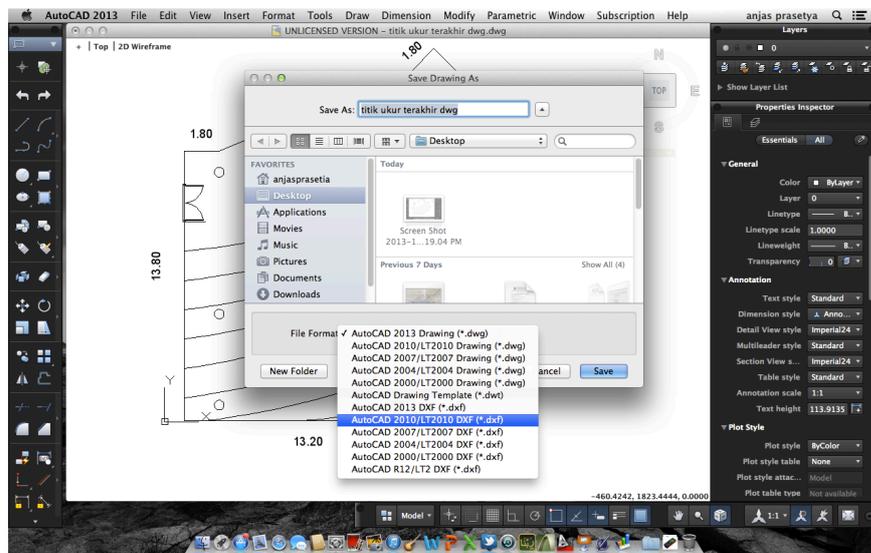
Untuk mendapatkan hasil simulasi dari *software ecotect* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Membuat denah terlebih dahulu di *software AutoCAD*

Denah dibuat di *AutoCAD* agar dapat memudahkan mendapat sudut dari dinding, plafon dan lantai pada auditorium. Setelah membuat denah sesuai ukuran file di *save as* dengan tipe *dxf file* agar dapat di *import* ke *ecotect*.



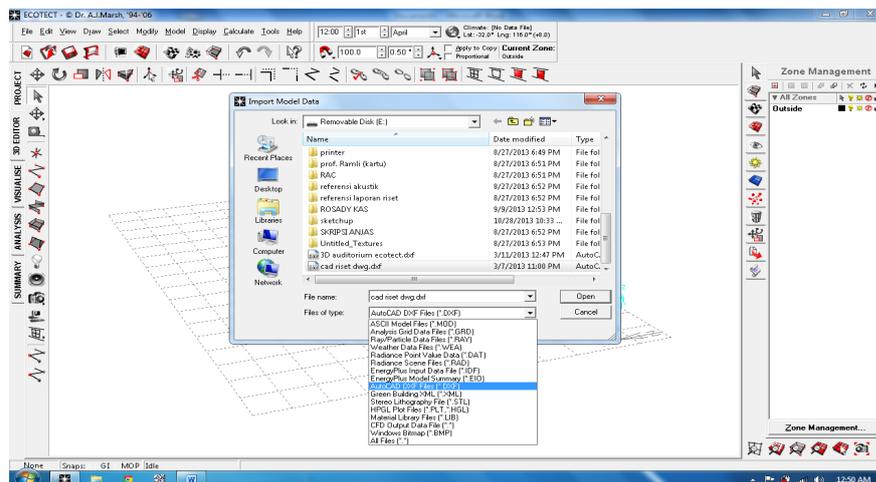
Gambar 28. Denah auditorium pada *software AutoCAD*.



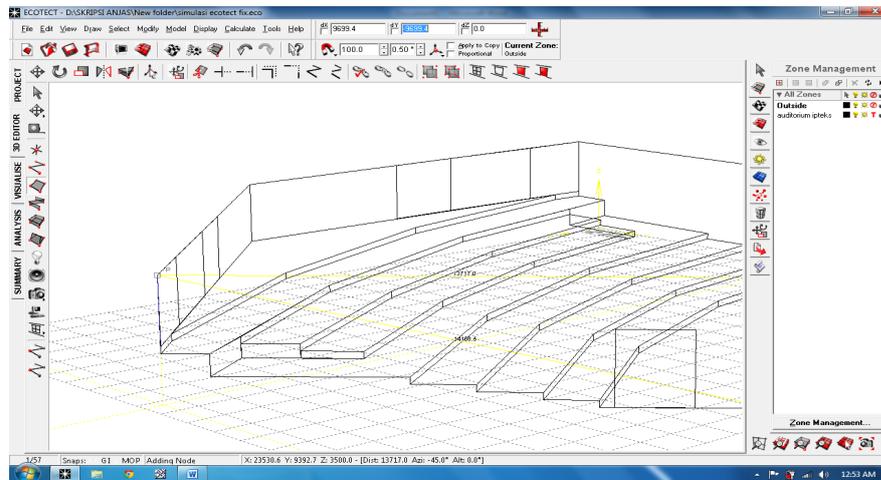
Gambar 29. Cara penyimpanan file dxf pada AutoCAD.

b. Proses modeling pada software ecotect.

Setelah menyimpan file dari AutoCAD, selanjutnya pada software ecotect file dibuka dengan cara import file dari AutoCAD. Tahap selanjutnya membuat modeling dalam bentuk 3D.



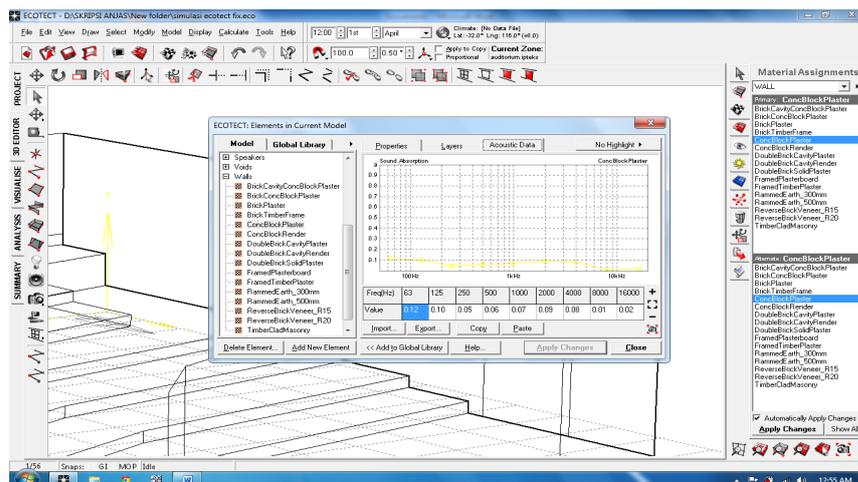
Gambar 30. Cara membuka dxf file pada ecotect.



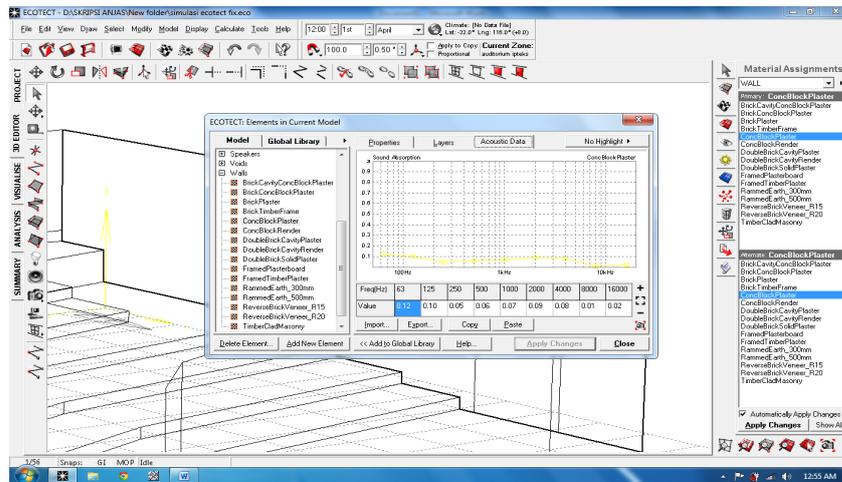
Gambar 31. Proses modeling di ecotect.

c. Proses pemilihan material

Setelah membuat *modeling* auditorium dalam bentuk 3D, masing-masing zona diubah material yang sesuai dengan peruntukannya, misalnya pada dinding diubah menjadi *wall*, plafond menjadi *ceiling*, dan seterusnya. Selanjutnya merubah *acoustic data* pada *material properties* untuk mendapatkan koefisien absorpsi yang sesuai dengan material yang digunakan pada auditorium.



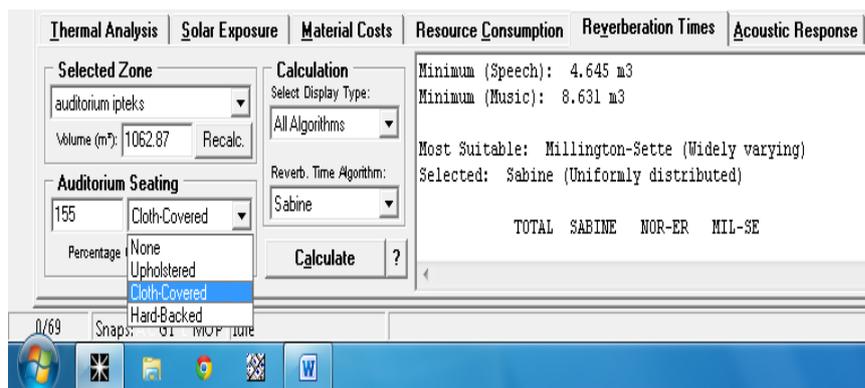
Gambar 32. Pemilihan material pada ecotect.



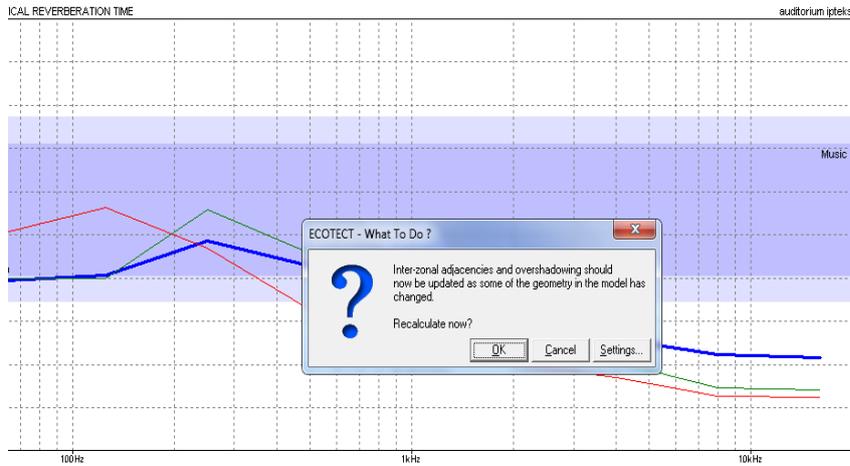
Gambar 33. Mengubah koefisien absorpsi material pada ecotect.

d. Proses *calculate reverberation time*

Sebelum melakukan proses *calculate*, perlu memasukan *auditorium seating* dan memilih *reverberation time algorithm*. Setelah itu dilakukan proses *calculate* untuk mendapatkan hasil *reverberation time*.



Gambar 34. Pemilihan *auditorium seating* dan *reverberation time algorithm*.

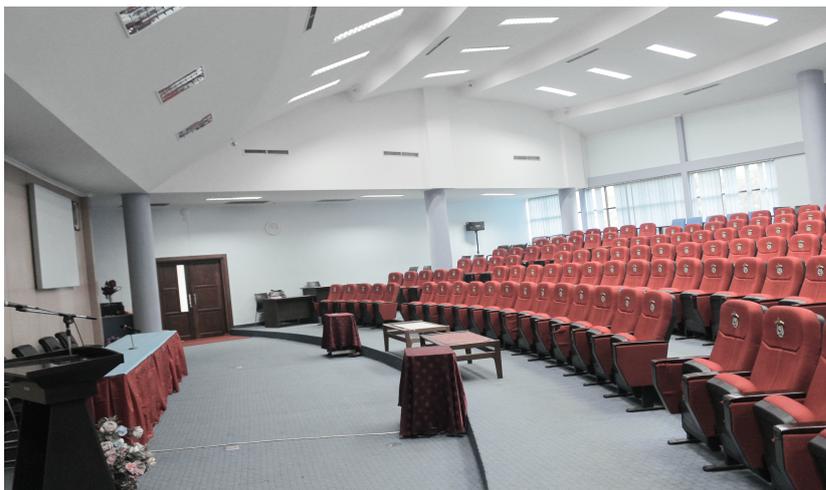


Gambar 35. Proses *calculate reverberation time*.

E. Teknik Pengambilan Data

1. Data Fisik Ruang

- a. Pengukuran dilakukan pada Ruang auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin yang meliputi dimensi ruang, jendela, penempatan layout perabot dengan menggunakan alat ukur berupa meteran dan mengukur ketinggian plafon dengan menggunakan alat ukur *distance meter*.



Gambar 36. Keadaan dalam auditorium IPTEKS.

- b. Mengambil dokumentasi material dalam ruang yang berupa material lantai, dinding, dan plafon.



Gambar 37. Plafon menggunakan material dari gypsum.



Gambar 38. Dinding bagian belakang menggunakan material kaca.

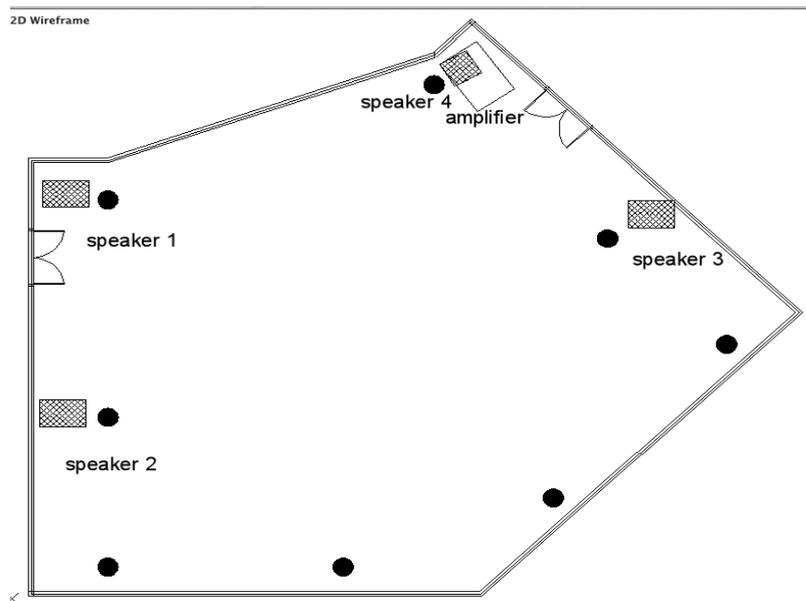


Gambar 39. Dinding depan menggunakan material *plywood*.



Gambar 40. Material lantai menggunakan karpet.

- c. Mencatat dan mendokumentasikan jenis material lantai, dinding, langit-langit, penguat suara (*loudspeaker*), dan penataan kursi.



Gambar 41. Perletakan *speaker*

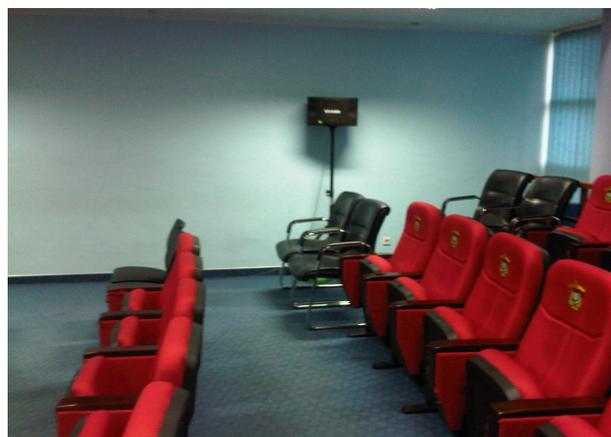


Gambar 42. Perletakan *speaker* 4 dan *amplifier*.



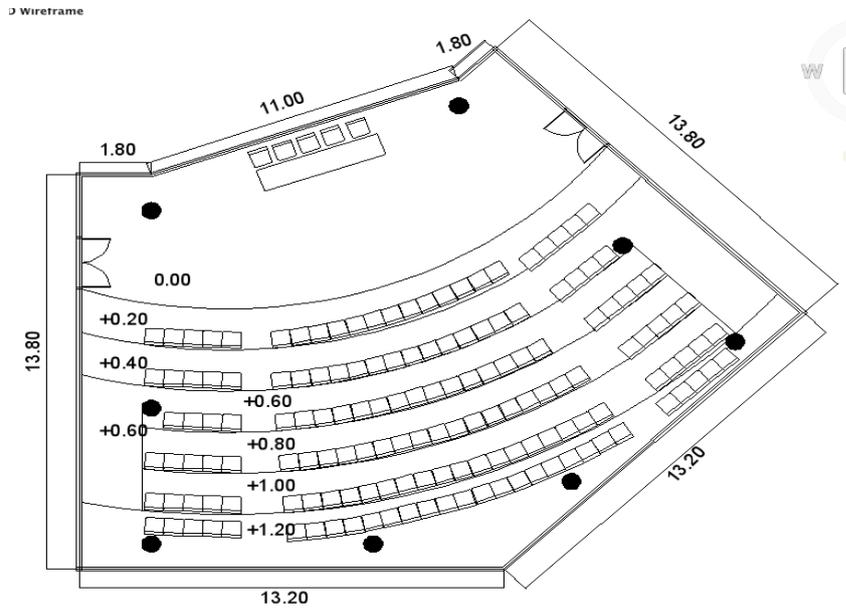
(a)

(b)

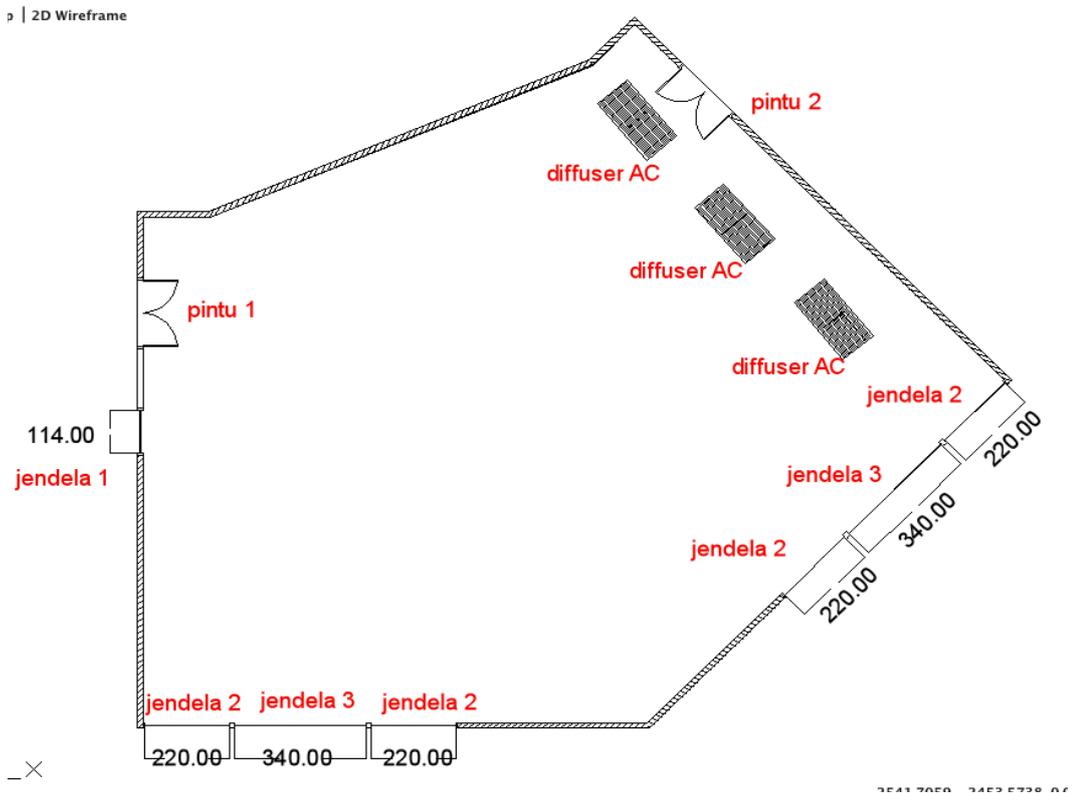


(c)

Gambar 43. Perletakan *speaker* 1 (a), 2 (b), dan 3 (c).



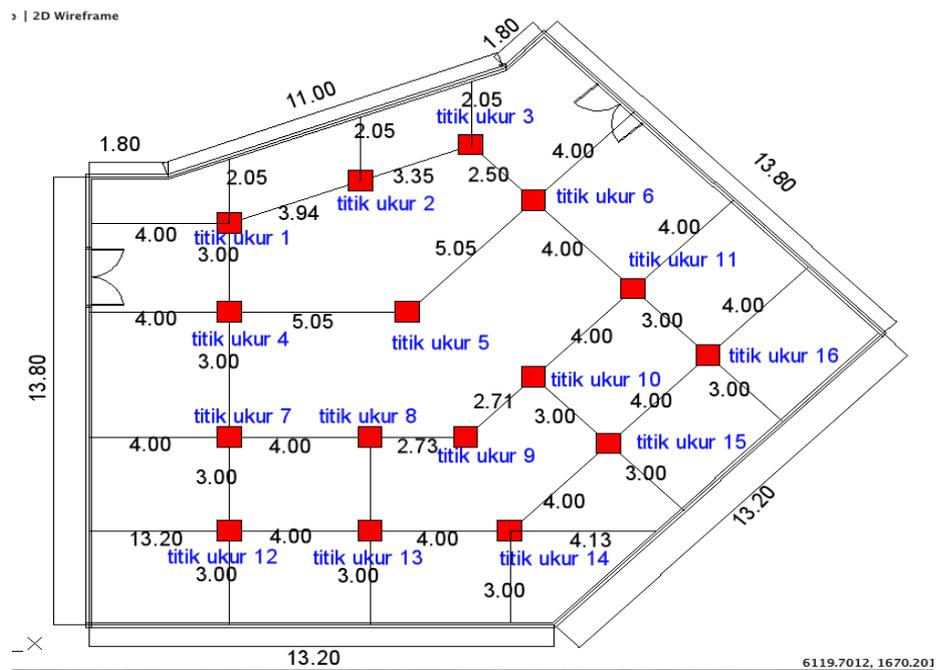
Gambar 44. Penataan kursi auditorium IPTEKS.



Gambar 45. Letak jendela, pintu, dan *diffuser* AC.

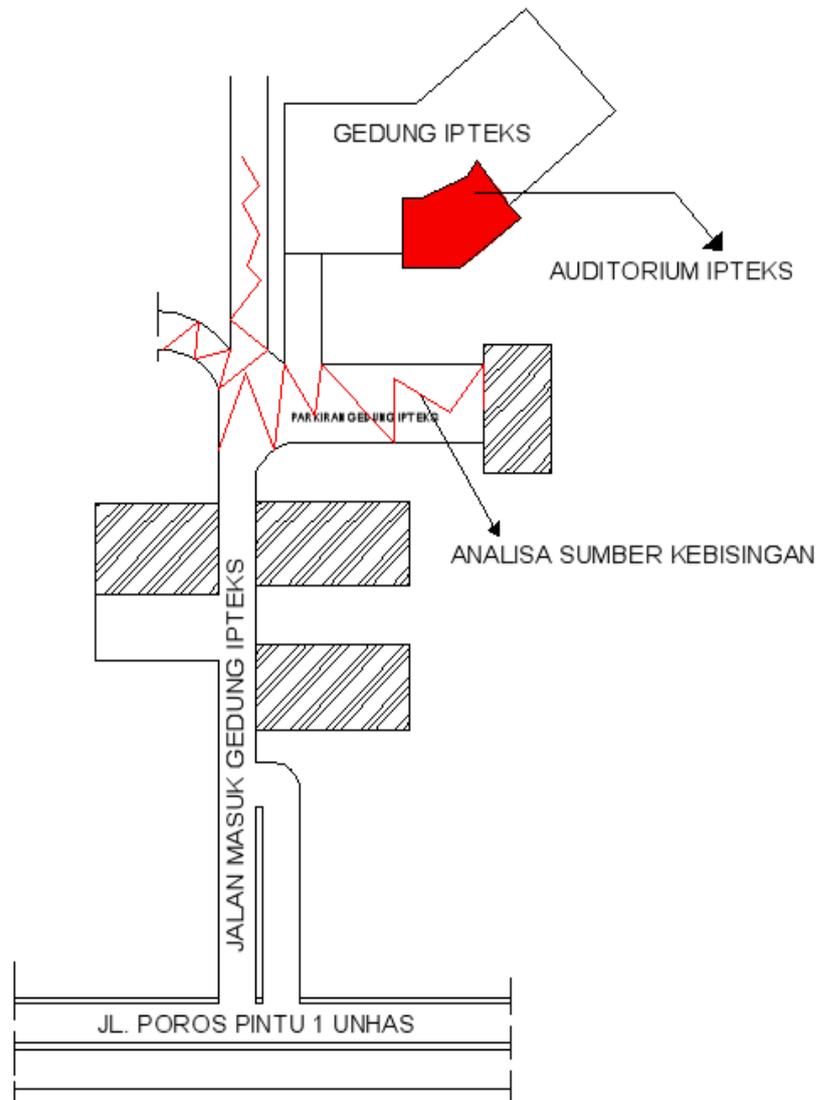
2. Data Tingkat Tekanan bunyi (dB)

- a. Menentukan jumlah titik ukur pada Ruang Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin dengan membuat grid sesuai dengan denah dan pola penempatan layout perabot dalam ruang.



Gambar 46. Denah dan titik ukur tingkat tekanan bunyi.

- b. Meletakkan titik-titik ukur dalam ruang untuk menentukan posisi titik ukur dengan menggunakan meteran.
- c. Memprediksi sumber bunyi pada area gedung dan ruang auditorium.



Gambar 47. Analisa sumber kebisingan dari luar gedung.

- d. Melakukan pengukuran tingkat tekanan bunyi pada setiap titik ukur dengan menggunakan alat *sound level meter* yang diletakan diatas bidang kerja sesuai dengan penempatan titik ukur yang telah ditentukan sebelumnya.
- e. Hasil pengukuran pada setiap titik di tiap kondisi yang telah ditentukan dimasukkan dalam tabel distribusi.

F. Teknik Analisa Data

1. Hasil pengambilan data fisik ruang digunakan pada proses simulasi dengan menggunakan *software Ecotect*. Hasil simulasi akan dianalisa untuk mendapatkan hasil *Reverberation Time* yang lebih akurat.
2. Hasil pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi dianalisa untuk mengetahui kriteria kebisingan (*noise criteria*) pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin.
3. Membandingkan hasil simulasi dan pengukuran dengan standar yang disarankan untuk mengetahui apakah kualitas bunyi dan kriteria kebisingan pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin telah atau belum memenuhi standar sebuah auditorium pertemuan (*speech*).
4. Memberikan kesimpulan dan saran sesuai dengan hasil simulasi dan pengukuran.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Ruang

Ruang Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin adalah ruang yang berfungsi sebagai tempat pertemuan dan seminar dengan aktivitas utama percakapan (*speech*). Ruang ini memiliki luas 353 m² dan volume 1063.360 m³ dengan kapasitas ±160 orang. Denah awal ruang auditorium IPTEKS memiliki ukuran luas yang berbeda dengan yang terbangun, terjadinya perbedaan karena gambar awal merupakan gambar prarencana, perbedaan hanya meliputi ukuran luas dengan yang terbangun, namun bentuk tetap sama dengan gambar prarencana.



Gambar 48. Tampilan ruang auditorium IPTEKS UNHAS.

Untuk mendapatkan hasil *Reverberation Time* (RT) yang maksimal, perlu diketahui bahwa segala elemen desain maupun jenis material interior sangat mempengaruhi hasil RT. Berikut beberapa jenis-jenis elemen desain yang terdapat pada auditorium IPTEKS :

1. Pintu ruang auditorium terdapat dua buah yang difungsikan sebagai jalur masuk dan keluar ruang. Dengan menggunakan material dari bahan kayu bayam.



Gambar 49. Pintu masuk sisi kanan gedung.



Gambar 50. Pintu masuk sisi kiri gedung.

2. Jendela pada ruang auditorium terdapat 6 buah pada dinding belakang dan satu buah pada dinding di samping. Jendela yang terdapat merupakan jendela kaca mati.



Gambar 51. Jendela pada sisi belakang gedung.



Gambar 52. Jendela pada sisi belakang gedung.



Gambar 53. Jendela pada sisi samping gedung.

3. Kursi pada ruang auditorium ada dua jenis yaitu kursi permanen dan kursi non permanen (dapat dipindah). Kursi permanen terdapat 150 buah dengan material pelapisnya yaitu kain katun. Dan kursi non permanen terdapat 5 buah dengan lapisan kulit.



Gambar 54. Kursi *audience* (permanen) pada auditorium.



Gambar 55. Kursi pemateri (non permanen).

4. Dinding pada dalam auditorium IPTEKS memiliki dua jenis material yaitu bata diplester halus dan dengan lapisan *plywood* pada sisi depan dinding.



Gambar 56. Dinding sisi kanan dan kiri menggunakan material bata diplester.



Gambar 57. Dinding dengan lapisan *plywood*.

5. Plafond yang digunakan pada ruang IPTEKS seluruhnya menggunakan material gypsum.



Gambar 58. Plafond auditorium IPTEKS.

6. Lantai pada ruang auditorium IPTEKS seluruhnya menggunakan material dengan lapisan karpet dengan tebal ± 3 mm.



Gambar 59. Lantai pada auditorium IPTEKS.

7. Kipas (*blower*) AC pada auditorium IPTEKS terdapat pada sisi kanan dan berada di atas plafon.



Gambar 60. Letak *diffuser* AC auditorium IPTEKS.

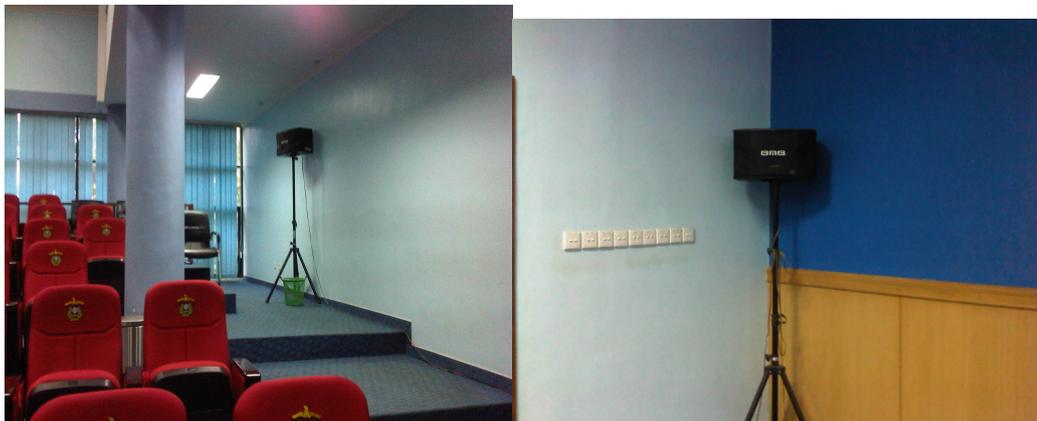
8. Pengeras suara elektronik (*speaker*) terdapat 4 buah. Tiga buah *speaker* memiliki tipe yang sama yaitu *speaker* yang bermerek BMB CS450V, dan satu buah bermerek BMB CS550V.

Spesifikasi BMB CS450V :

- *Frequency range* (48 Hz – 20.000 Hz)
- *Rated sensitivity* (91 dB)

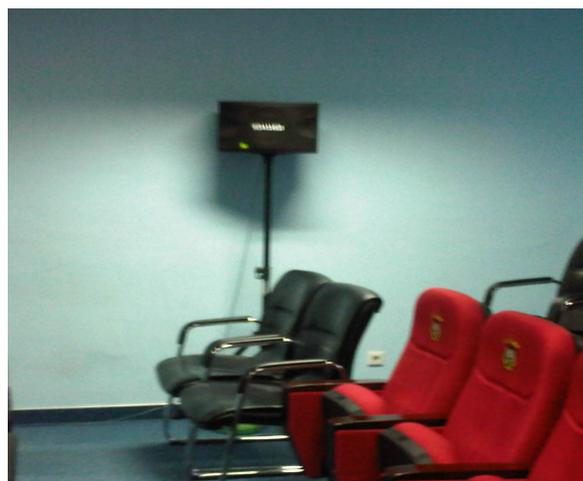
Spesifikasi BMB CS550V :

- *Frequency range* (50 – 20.000 Hz)
- *Rated sensitivity* (91dB)



(a)

(b)



(c)

Gambar 61. *Speaker* dengan tipe CS450V.



Gambar 62. *Speaker* dengan tipe CS550V.

Tabel 13. Daftar beberapa material pada auditorium IPTEKS.

Material	Luas permukaan material
Lantai :	
Karpét	305,911 m ²
Dinding :	
Bata diplester halus	101,31 m ²
Multipleks	43,465 m ²
Plafon :	
Gypsum	358,851 m ²
Pintu :	
Kayu solid	7,567 m ²
Jendela :	
Kaca mati (5mm)	30,94 m ²

B. Hasil Pengukuran

Pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi pada Auditorium Gedung IPTEKS Universitas Hasanuddin dilakukan pada dua kondisi yaitu pada kondisi *electrical* dihidupkan (AC meyala) dan pada kondisi *non electrical*. Kondisi pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat *background noise* (Kebisingan Latar Belakang).

Pengukuran dilakukan sekali pada setiap kondisi. Hasil pengukuran didistribusikan kedalam bentuk tabel, dan selanjutnya dianalisa untuk mendapatkan *Noise Criteria* (NC) .

1. Kondisi *non electrical*.

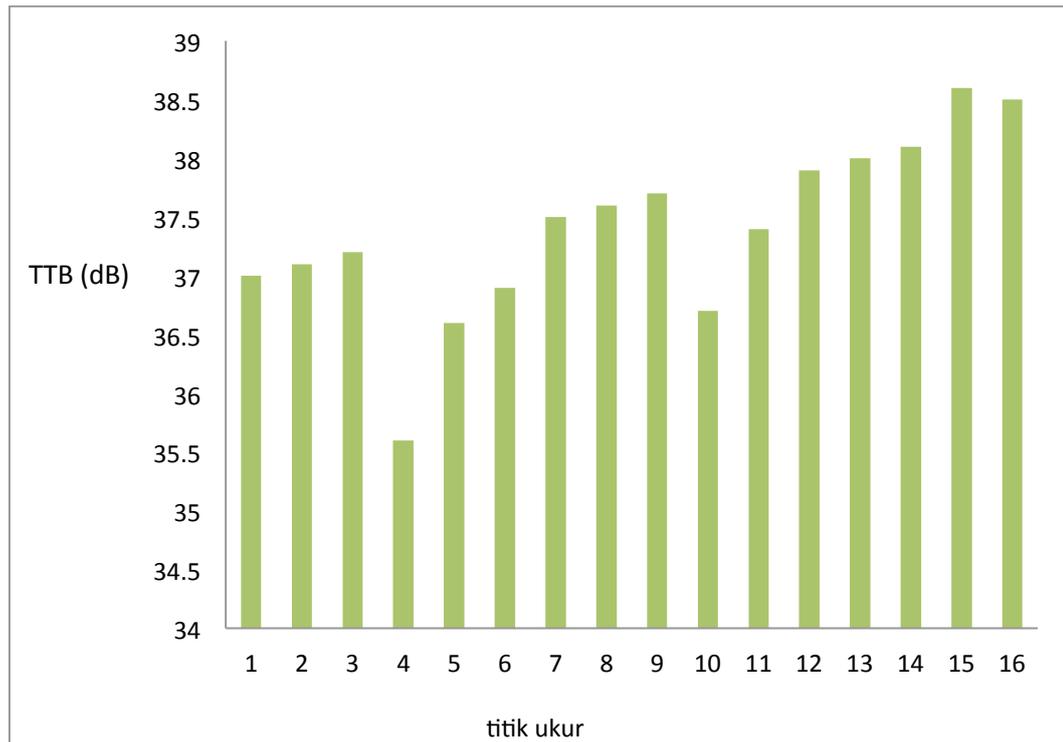
Pada pengukuran kondisi *non electrical* dilakukan pada siang hari dimana keadaan auditorium tidak ada kegiatan dan *electrical* (AC) tidak dihidupkan. Pengukuran ini terdapat 16 titik ukur yang memiliki jarak berbeda-beda. Letak titik ukur difokuskan pada area kursi auditorium.

Tabel 14. Data pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi kondisi *non electrical*.

TITIK UKUR	TINGKAT TEKanan BUNYI (dB)
1	37
2	37,1
3	37,2
4	35,6
5	36,6
6	36,9
7	37,5
8	37,6
9	37,7
10	36,7
11	37,4
12	37,9
13	38

14	38,1
15	38,6
16	38,5

(Sumber hasil pengukuran)



Gambar 63. Grafik Tingkat Tekanan Bunyi kondisi pertama.

Grafik diatas menunjukkan Tingkat Tekanan Bunyi yang tertinggi ada pada titik ukur 15 yaitu 38,6 dB dan yang terendah ada pada titik ukur 4 yaitu 35,6 dB.

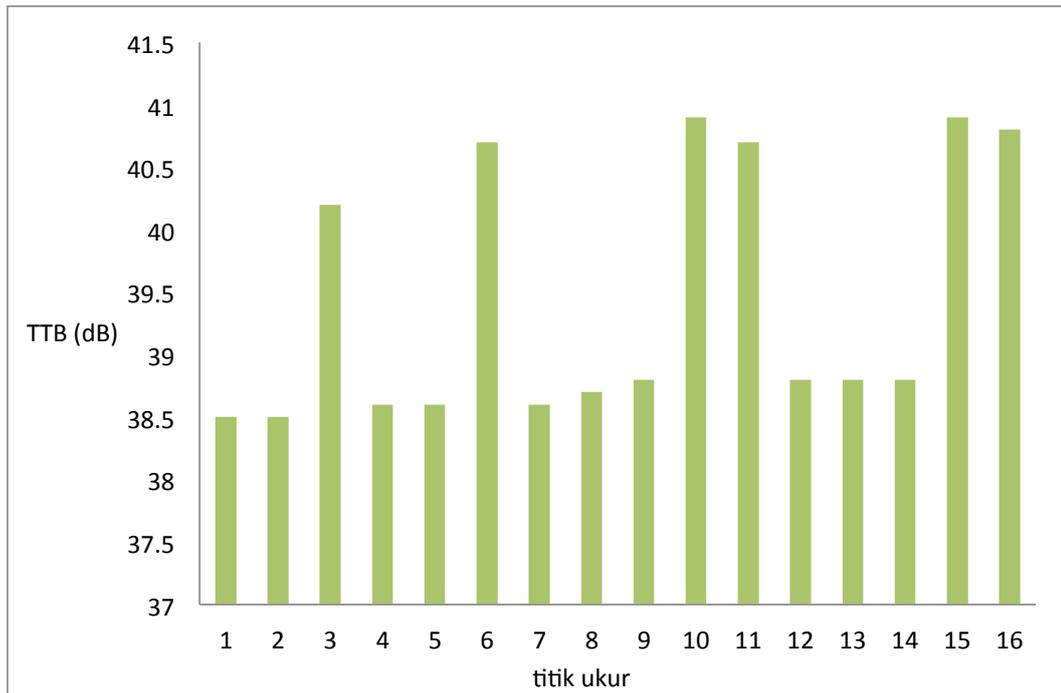
2. Kondisi *electrical* (AC dihidupkan)

Pada pengukuran kondisi ini *electrical* dihidupkan dalam hal ini AC (Air Conditioner). Hal ini dilakukan agar dapat membedakan Tingkat Tekanan Bunyi antara kondisi pertama dan kedua.

Tabel 15. Data hasil pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi kondisi AC dihidupkan

TITIK UKUR	TINGKAT TEKANAN BUNYI (dB)
1	38,5
2	38,5
3	40,2
4	38,6
5	38,6
6	40,7
7	38,6
8	38,7
9	38,8
10	40,9
11	40,7
12	38,8
13	38,8
14	38,8
15	40,9
16	40,8

(Sumber hasil pengukuran)



Gambar 64. Grafik Tingkat Tekanan Bunyi pada kondisi kedua.

Grafik diatas menunjukkan Tingkat Tekanan Bunyi tertinggi ada pada titik ukur 10 dan 15 yaitu 40,9 dB sedangkan yang terendah ada pada titik ukur 1 dan 2 yaitu 38,5 dB.

C. Analisa Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin dapat analisa sebagai berikut :

1. Pada kondisi pertama Tingkat Tekanan Bunyi yang tertinggi ada pada titik ukur 15 (38,6 dB) sedangkan yang terendah pada titik ukur 4 (35,6 dB). Pada kondisi kedua Tingkat Tekanan Bunyi yang tertinggi ada pada titik ukur 10 dan 15 (40,9 dB) sedangkan yang terendah ada pada titik ukur 1 dan 2 (38,5 dB).
2. Sumber kebisingan yang menyebabkan peningkatan Tingkat Tekanan Bunyi di dalam auditorium adalah mesin *Air Conditioner* (AC) khususnya pada titik ukur 3, 6, 11 dan 16 (kondisi kedua). Sedangkan kebisingan dari luar (kendaraan bermotor) juga

memberikan dampak bising pada ruang auditorium terutama pada daerah dekat dengan area parkir sekitar gedung. Area ini ada pada titik ukur 12, 13, 14, 15, dan 16.

3. Peningkatan Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) dari kondisi pertama ke kondisi yang kedua hanya terjadi 0.05%.

D. Hasil Simulasi *Reverberation Time*

Kualitas bunyi yang diukur berdasarkan pada *Reverberation Time* (waktu dengung) di Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin melalui proses simulasi dengan menggunakan *software* Ecotect v 5.21. Pada proses simulasi di *ecotect* dilakukan pada dua kondisi yaitu pada kondisi jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan 181. Hal ini membedakan jumlah kursi (*auditorium seating*) yang sesuai rencana dan jumlah kursi (*auditorium seating*) yang ditambahkan. Selanjutnya dilakukan juga beberapa simulasi nilai RT sesuai dengan jumlah pengguna auditorium IPTEKS.



(a)

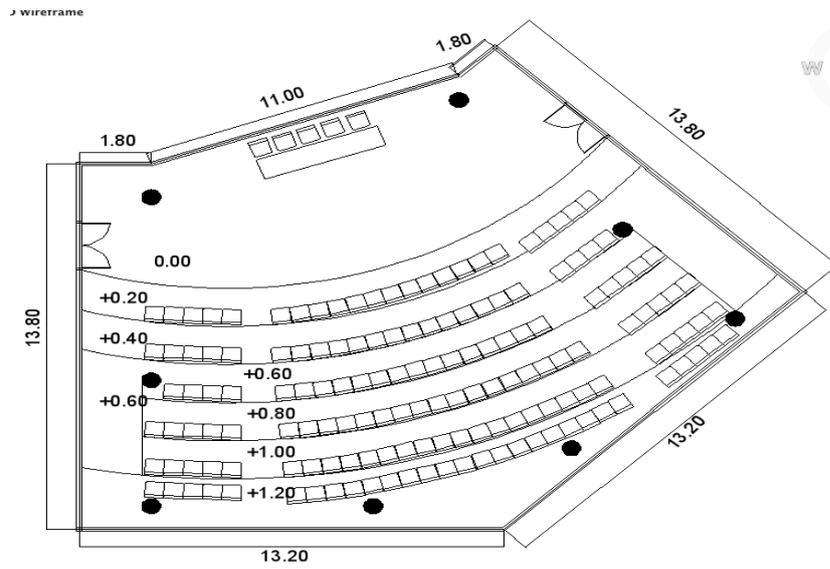


(b)

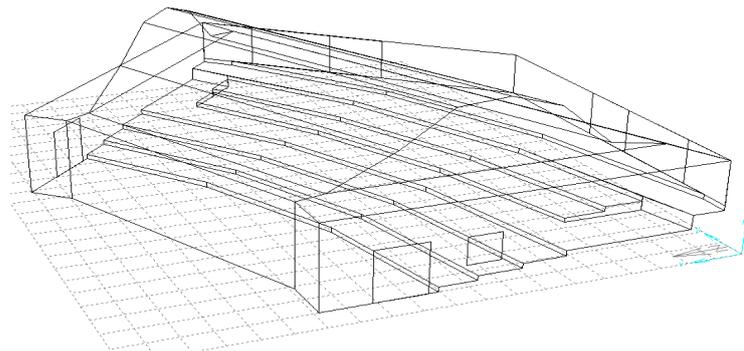


(c)

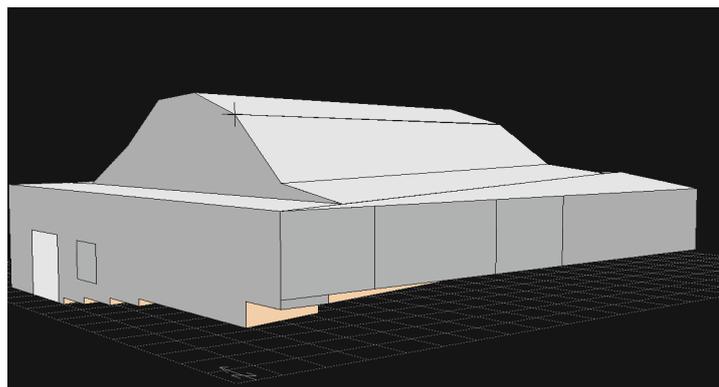
Gambar 65. Penambahan jumlah kursi pada auditorium IPTEKS.



Gambar 66. Denah *layout* Auditorium IPTEKS UNHAS



(a)



(b)

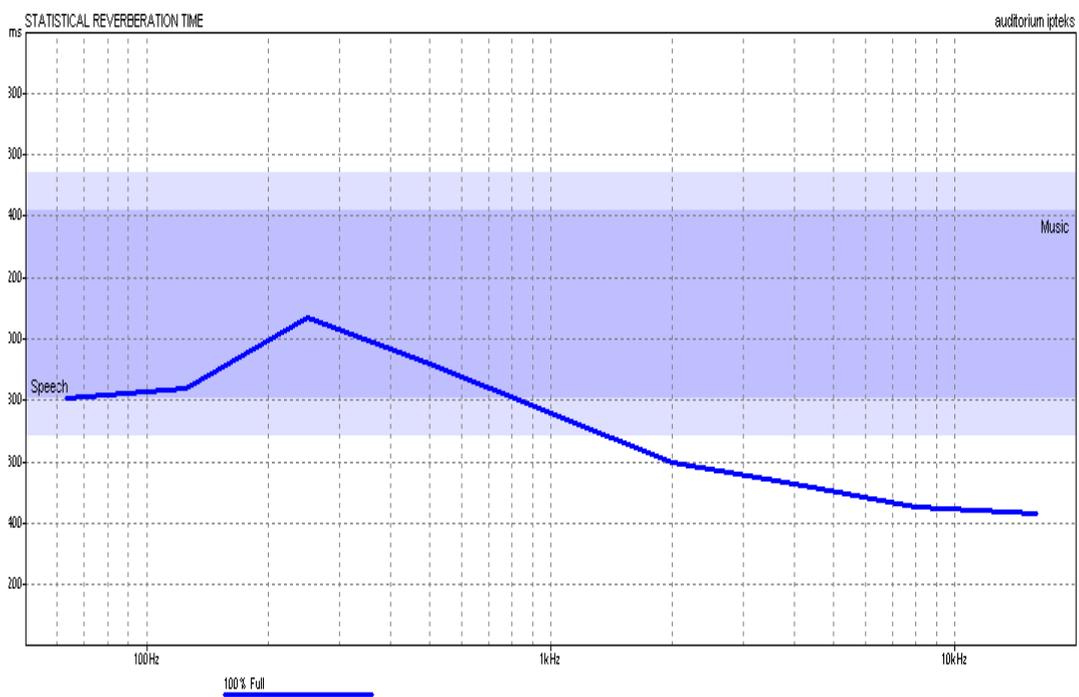
Gambar 67. *Modeling* Auditorium IPTEKS di *ecotect*. (a); *modeling* dalam bentuk visual (b).

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Setelah melakukan proses modeling, kemudian pemilihan material masing-masing elemen, jenis material, dan koefisien absorpsi (penyerapan) material pada auditorium IPTEKS. Terkhusus pada koefisien absorpsi material menggunakan referensi dari buku dan dari *material properties* pada *ecotect*.

Setelah melakukan semua proses *modeling* dan mengganti koefisien absorpsi material, kemudian dilakukan proses kalkulasi *reverberation time* (RT). Berikut simulasi dan hasil nilai RT pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin :

1. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna ruang 100% *full*.



Gambar 68. Grafik nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155.
(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Volume: 1063.360 m³
 Surface Area: 934.451 m²
 Occupancy: 155 (155 x 100%)
 Optimum RT (500Hz - Speech): 0.81 s
 Optimum RT (500Hz - Music): 1.42 s
 Volume per Seat: 6.860 m³
 Minimum (Speech): 4.645 m³
 Minimum (Music): 8.631 m³

Tabel 16. Hasil nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna ruang 100% *full*.

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	FULL RT(60)
125 Hz	191.707	0.82
250 Hz	128.750	0.98
500 Hz	149.723	0.86
1000 Hz	186.652	0.72
2000 Hz	240.584	0.57

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, seluruh nilai RT dari frekuensi 125 – 2000 Hz menunjukkan nilai dibawah 1 detik (s). Nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,57 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu 0,98 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,86 detik (s).

2. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna ruang 50%.

Tabel 17. Hasil nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna ruang 50%.

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	50% RT(60)
125 Hz	191.707	0.84
250 Hz	128.750	1.07
500 Hz	149.723	0.92
1000 Hz	186.652	0.76
2000 Hz	240.584	0.60

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,60 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu 1,07 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,92 detik (s).

3. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna kosong (*empty*).

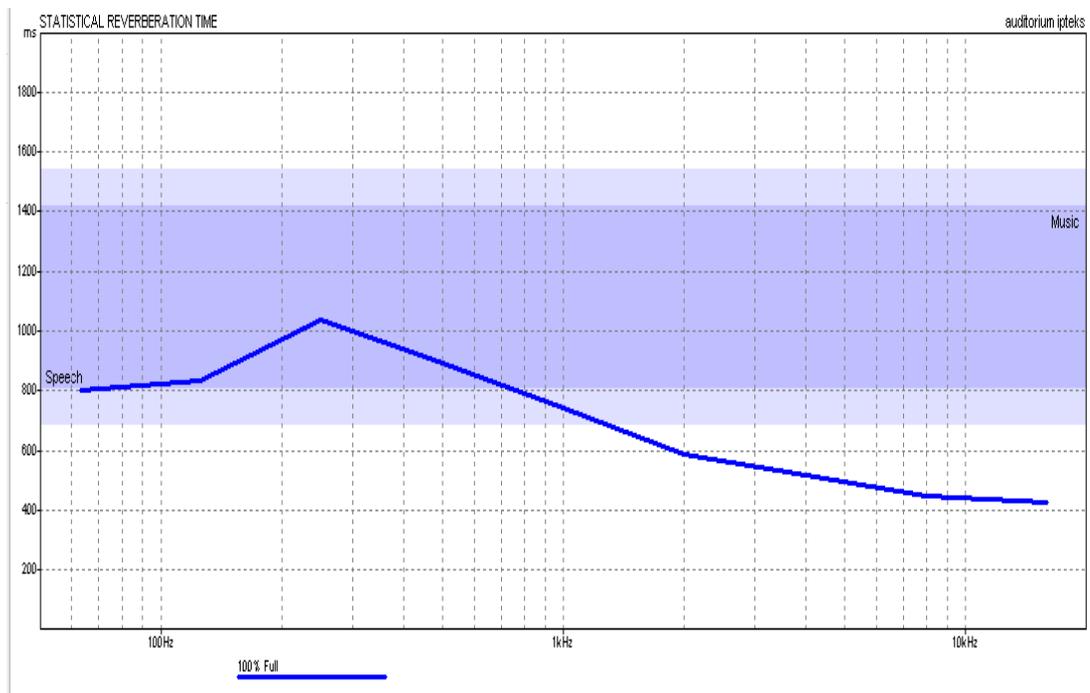
Tabel 18. Hasil nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan pengguna ruang kosong (*empty*).

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	EMPTY RT(60)
125 Hz	191.707	0.86
250 Hz	128.750	1.18
500 Hz	149.723	0.99
1000 Hz	186.652	0.80
2000 Hz	240.584	0.63

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,63 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu 1,18 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,99 detik (s).

4. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 dan pengguna ruang 100% *full*.



Gambar 69. Grafik nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181.

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Volume: 1063.360 m³

Surface Area: 934.451 m²

Occupancy: 181 (181 x 100%)

Optimum RT (500Hz - Speech): 0.81 s

Optimum RT (500Hz - Music): 1.42 s

Volume per Seat: 5.875 m³

Minimum (Speech): 4.678 m³

Minimum (Music): 8.676 m³

Tabel 19. Hasil nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 dan pengguna ruang 100%.

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	FULL RT(60)
125 Hz	191.707	0.81
250 Hz	128.750	0.94
500 Hz	149.723	0.82
1000 Hz	186.652	0.70
2000 Hz	240.584	0.55

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,55 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu 0,94 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,82 detik (s).

5. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 dan pengguna 50% *full*.

Tabel 20. Hasil nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 dan pengguna ruang 50%.

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	50% RT(60)
125 Hz	191.707	0.83
250 Hz	128.750	1.04
500 Hz	149.723	0.89
1000 Hz	186.652	0.74
2000 Hz	240.584	0.59

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,59 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu

1,04 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,89 detik (s).

6. Simulasi nilai RT jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 dan pengguna ruang kosong (*empty*).

Tabel 21. Hasil nilai RT *auditorium seating* 181 pada *ecotect*.

FREKUENSI	TOTAL ABSORPTION	EMPTY RT(60)
125 Hz	191.707	0.85
250 Hz	128.750	1.16
500 Hz	149.723	0.97
1000 Hz	186.652	0.79
2000 Hz	240.584	0.62

(Sumber : Hasil Simulasi *Ecotect*)

Dari hasil simulasi RT pada kondisi ini, nilai terendah di frekuensi 2000 Hz yaitu 0,62 detik (s) dan yang tertinggi di frekuensi 250 Hz yaitu 1,16 detik (s). Pada frekuensi 500 Hz nilai RT mendapatkan hasil 0,97 detik (s).

E. Analisa Hasil Simulasi Perhitungan RT

Dari hasil simulasi perhitungan RT metode *sabine* pada ruang auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin dapat dianalisa sebagai berikut :

1. Nilai RT menunjukkan perbedaan pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 dan 181 dengan pengguna ruang 100% *full*. Pada kondisi 1, 2, dan 3 (*auditorium seating* 155) nilai RT keseluruhan lebih tinggi dibanding pada kondisi 4, 5, dan 6 (*auditorium seating* 181). Selisih pada frekuensi 125 Hz (0,01), 250 Hz (0,04), 500 Hz (0,04), 1000 Hz (0,02), dan 2000 Hz (0,02). Seluruh nilai RT pada jumlah kursi

(*auditorium seating*) 155 dengan pengguna ruang 100% *full* berkisar antara 0,57 - 0,98 detik (s), sedangkan pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 0,55 - 0,94 detik (s).

2. Nilai RT keadaan *empty* (ruangan keadaan kosong) pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 nilai tertinggi ada pada frekuensi 250 Hz yaitu 1,18 detik (s) dan terendah pada frekuensi 2000 Hz 0,63 detik (s). Sedangkan pada *auditorium seating* 181 nilai tertinggi ada pada frekuensi 250 Hz yaitu 1,16 detik (s) dan yang terendah pada frekuensi 2000 Hz 0,62 detik (s). Seluruh nilai RT pada kondisi *empty* (ruangan keadaan kosong) pada kondisi *auditorium seating* 155 berkisar antara 0,63 – 1,18 detik (s), sedangkan pada kondisi *auditorium seating* 181 0,62 – 1,16 detik (s).
3. Nilai RT pada keadaan 50% aktivitas pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 155, nilai tertinggi ada pada frekuensi 250 Hz yaitu 1,07 detik (s) dan terendah yaitu pada frekuensi 2000 Hz yaitu 0,60 detik (s), sedangkan pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 nilai tertinggi pada frekuensi 250 Hz yaitu 1,04 detik (s), dan terendah pada frekuensi 2000 Hz yaitu 0,59 detik (s). Seluruh nilai RT pada kondisi 50% pengguna ruang pada kondisi *auditorium seating* 155 berkisar antara 0,60 – 1,07 detik (s), sedangkan pada kondisi *auditorium seating* 181 0,59 – 1,04 detik (s).
4. Nilai RT pada frekuensi 500 Hz yang dipakai sebagai acuan rerata (nilai yang digunakan pada umumnya) pada kondisi *empty* (ruangan keadaan kosong) pada *auditorium seating* 155 hasil RT yaitu 0,99 detik (s), keadaan 50% aktivitas 0,92 detik (s), dan keadaan *full* (aktivitas 100% dalam ruang) 0,86 detik (s), sedangkan pada *auditorium seating* 181 hasil RT keadaan *empty* (keadaan ruangan kosong) yaitu 0,97 detik (s), keadaan 50% aktivitas 0,89 detik (s).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil analisa pengukuran Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*) dan simulasi nilai *Reverberation Time* (RT) pada auditorium IPTEKS Universitas Hasanudin dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai waktu dengung (RT) dengan metode *sabine* pada ruang Auditorium IPTEKS Universitas Hasanudin dengan jumlah kursi (*auditorium seating*) 155 pada frekuensi 500 Hz keadaan *empty* memiliki hasil 0,99 s, keadaan 50% pengguna ruang 0,92 s, dan keadaan 100% *full* 0,86 s. Dari hasil ini menurut McMullan (Tabel 8) telah memenuhi standar dimana untuk volume $\pm 1000\text{m}^3$ nilai dengan *optimum* (terbaik) 0,80 s hanya berbeda 0,19 s (*empty*), 0,12 s (50% pengguna ruang), dan 0,06 s (100% *full*). Menurut Ribeiro (Tabel 12) nilai RT Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin telah memenuhi RT *optimum* (terbaik) untuk aktivitas *speech* dengan rekomendasi $0,85 < \text{RT}_{\text{mid}} < 1,30$ dimana nilai RT frekuensi 500 Hz berada antara 0,86 – 0,99 s. Menurut studi literatur dari internet (www.reverberationtime.com) nilai RT Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin berada pada penilaian *good* (baik) dengan rekomendasi 0,80 – 1,30 s. Sedangkan menurut *software ecotect* nilai *optimum* yaitu 0,81 s pada frekuensi 500 Hz untuk fungsi percakapan (*speech*) RT Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin hanya berbeda 0,18 s (*empty*), 0,11 s (50% pengguna ruang), dan 0,05 s (100% *full*).
2. Nilai waktu dengung (RT) dengan metode *sabine* pada jumlah kursi (*auditorium seating*) 181 pada frekuensi 500 Hz keadaan *empty* 0,97 s, keadaan 50% pengguna ruang 0,89 s, dan keadaan 100%

full 0,82 s. Dari hasil ini menurut McMullan (Tabel 8) telah memenuhi standar dimana untuk volume $\pm 1000\text{m}^3$ nilai dengan *optimum* (terbaik) 0,80 s hanya berbeda 0,17 s (*empty*), 0,09 s (50% *full*), dan 0,02 s (100% *full*). Menurut Ribeiro (Tabel 12) nilai RT Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin telah memenuhi RT *optimum* (terbaik) untuk aktivitas *speech* dengan rekomendasi $0,85 < RT_{\text{mid}} < 1,30$ dimana nilai RT frekuensi 500 Hz berada antara 0,82 – 0,97 s. Menurut studi literatur dari internet (www.reverberationtime.com) nilai RT Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin berada pada penilaian *good* (baik) dengan rekomendasi 0,80 – 1,30 s. Sedangkan menurut *software ecotect* nilai *optimum* yaitu 0,81 s pada frekuensi 500 Hz untuk *speech*, RT auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin hanya berbeda 0,16 s (*empty*), 0,09 s (50% pengguna ruang), dan 0,02 s (100% *full*).

3. Jumlah kursi dan pengguna ruang berpengaruh terhadap nilai RT. Hal ini terjadi karena jumlah kursi dan pengguna yang lebih besar memiliki total absorpsi (penyerapan) yang lebih tinggi sehingga mempengaruhi nilai dari RT.
4. Kondisi pertama dan kedua menunjukkan nilai *Noise Criteria* (NC) pada ruang auditorium IPTEKS Universitas Hasanudin berada pada nilai 20-30 dengan tingkat kebisingan 30-40 dB telah memenuhi rekomendasi nilai *Noise Criteria* oleh tabel rekomendasi *Egan* dengan fungsi ruang sebagai ruang konferensi dimana aktivitas utama adalah percakapan (*speech*). Nilai *Noise Criteria* 20-30 menunjukkan karakter ruang dalam kondisi tenang.

B. Saran

1. Karena keterbatasan waktu penelitian, perlu adanya penelitian lanjutan tentang kualitas bunyi pada sistem penguat elektronik (*speaker*).
2. Penggunaan jumlah kursi dan jumlah pengguna ruang pada Auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin harus disesuaikan dengan jumlah yang ditetapkan oleh pengelola auditorium untuk menjaga kualitas bunyi dalam hal ini waktu dengung (RT) agar tidak berubah dari standar yang dianjurkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Doelle, L.L. (1972). *Environmental Acoustics*. Mc Graw Hill. New York.
- Doelle, L.L. (1986). *Akustik Lingkungan*. Erlangga. Jakarta.
- Mediastika, C.E. (2005). *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga. Jakarta.
- Mediastika, C.E. (2009). *Material Akustik: Pengendalian Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Erlangga. Jakarta.
- DIPL. ING. Y.B. Mangunwijaya. (1976). *Pasal-pasal Penghantar Fisika Bangunan*. Erlangga. Jakarta.
- Prasasto Satwiko. (2004). *Fisika Bangunan 1*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Prasasto Satwiko. (2009). *Fisika Bangunan*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Prasasto Satwiko. (2004). *Fisika Bangunan 2 Edisi 1*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suptandar, P.J. (2004). *Faktor Akustik Dalam Perancangan Desain Interior*. Djambatan. Jakarta.
- Sabine, W.C. 1993. *Design for Good Acoustics. Collected Papers on Acoustics*, Trade Cloth ISBN 0-9321 Peninsula Publishing, Los Altos, U.S.
- Ribeiro, M.R.S. (2002). *Room Acoustic Quality of A Multipurpose Hall: A Case Study*, Centro de Estudos do Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto. Portugal
- Rosady Mulyadi. (2005). *Problem Panas Pada Dinding Luar dan Pengaruhnya Terhadap Tingkat Konsumsi Energi Pada Bangunan*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Mehta, Madan, James Johnson, dan Jorge Rocafort. (1999). *Architectural Acoustics: Principles and Design*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

RB Muhammad Kadarisman; Suyanto, M.Si, (2008) Analisa Tingkat Bising Latar Belakang, Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi, dan Waktu Dengung Ruang Sidang Fisika FMIPA (G-202) ITS Surabaya, Jurusan Fisika ITS Surabaya. Surabaya.

Yuniar Syahadatin. (2011). Perancangan Akustik Ruang Multifungsi Pada Teater A ITS Dengan Desain Modular. Jurusan Fisika ITS Surabaya. Surabaya.

Candra Budi S. (2011). Studi Kualitas Bunyi Berdasarkan Waktu Dengung dan Bising Latar Belakang Masjid-masjid Besar di Surabaya. Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya. Surabaya.

www.reverberationtime.com

<http://www.acoustics.com/product>

<http://jokosarwono.wordpress.com/category/akustika-ruangan/>

<http://sudiana1526.files.wordpress.com/2013/11/eps-sandwich-panel.jpg>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar beberapa koefisien material pada auditorium IPTEKS Universitas Hasanuddin.

Sumber : (*Ecotect, Material Properties – Sound Absorption*)

Material bangunan	Frekuensi					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Lantai						
Karpet tebal	0,05	0,15	0,30	0,40	0,50	0,60
lapis papan kayu						
Dinding						
Dinding bata diplester halus dicat	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
multipleks	0,58	0,22	0,07	0,04	0,03	0,07
Plafon						
Gypsum	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Pintu						
Kayu solid	0,01	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
Jendela						
Kaca mati (5mm)	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02

Lampiran 2. Perhitungan manual RT (155 pengguna ruang) metode *sabine* pada frekuensi 500 Hz.

$$RT = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

$$V = 1063,36 \text{ m}^3$$

A = koefisien absorpsi material x luas permukaan material

Material	Koefisien absorpsi (500 Hz)	Luas permukaan material	Koefisien absorpsi x luas permukaan material
Lantai :			
Karpet	0,30	305,911 m ²	91,77
Dinding :			
Bata dipleser halus	0,06	101,31 m ²	6,07
Multipleks	0,07	43,465 m ²	3,04
Plafon :			
Gypsum	0,05	358,851 m ²	17,99
Pintu :			
Kayu solid	0,05	7,567 m ²	0,37
Jendela :			
Kaca mati (5mm)	0,02	30,94 m ²	0,61
Pengguna ruang (manusia)	0,46	155 orang	71,3
A =			191,15

$$RT = \frac{0,16 \times 1063,36}{191,15}$$

$$RT = \frac{170,1376}{191,15}$$

$$RT = 0,89 \text{ s}$$

Lampiran 3. Perhitungan manual RT (181 pengguna ruang) metode *sabine* pada frekuensi 500 Hz.

$$RT = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

$$V = 1063,36 \text{ m}^3$$

A = koefisien absorpsi material x luas permukaan material

Material	Koefisien absorpsi (500 Hz)	Luas permukaan material	Koefisien absorpsi x luas permukaan material
Lantai :			
Karpet	0,30	305,911 m ²	91,77
Dinding :			
Bata dipleser halus	0,06	101,31 m ²	6,07
Multipleks	0,07	43,465 m ²	3,04
Plafon :			
Gypsum	0,05	358,851 m ²	17,99
Pintu :			
Kayu solid	0,05	7,567 m ²	0,37
Jendela :			
Kaca mati (5mm)	0,02	30,94 m ²	0,61
Pengguna ruang (manusia)	0,46	181 orang	83,26
A =			203,11

$$RT = \frac{0,16 \times 1063,36}{203,11}$$

$$RT = \frac{170,1376}{203,11}$$

$$RT = 0,83 \text{ s}$$