



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENILAIAN KEADAAN AKUSTIK DAN PENCAHAYAAN RUANG  
AUDITORIUM SEBAGAI RUANG PERKULIAHAN  
DI UNIVERSITAS INDONESIA**

**SKRIPSI**

**PUTRI RATNAWISESA  
0806337900**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENILAIAN KEADAAN AKUSTIK DAN PENCAHAYAAN  
RUANG AUDITORIUM SEBAGAI RUANG PERKULIAHAN  
DI UNIVERSITAS INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**PUTRI RATNAWISESA  
0806337900**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan benar**

**Nama : Putri Ratnawisesa**

**NPM : 0806337900**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 28 Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Putri Ratnawisesa

NPM : 0806337900

Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : Penilaian Keadaan Akustik dan Pencahayaan Ruang Auditorium  
Sebagai Ruang Perkuliahan di Universitas Indonesia


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ing. Amalia Suzianti, S.T., M.Sc (  )

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE (  )

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si (  )

Penguji : Dendi Prajadiana Ishak, MSIE (  )

Penguji : Dwinta Utari, S.T., M.T., MBA (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Dalam proses pengerjaan laporan skripsi ini, penulis tidak mungkin dapat melakukannya tanpa bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ing Amalia Suzianti, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing utama skripsi untuk bimbingan dan waktunya;
2. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE dan Ir. Fauzia Dianawati, M.Si selaku dosen Teknik Industri yang turut memberi nasehat demi kelancaran skripsi ini;
3. Keluarga penulis, terutama kedua orang tua serta kakak yang senantiasa memberi dukungan yang tiada hentinya serta pengertian atas waktu yang terpakai untuk penyusunan skripsi ini;
4. *Companion* yang selama 4 tahun terakhir memberi semangat dalam pengerjaan setiap kegiatan, terutama penyusunan skripsi ini;
5. Sri Cikandi Soerangayoedha sebagai teman pengambilan data dan “konsultan” penelitian ini, serta asal mula inspirasi tema skripsi;
6. Bapak Jaya selaku dosen arsitektur yang membantu menyediakan kondisi untuk pengambilan data skripsi ini;
7. Staff Fakultas Ekonomi serta Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang membantu menyediakan data yang dibutuhkan penulis;
8. Pihak-pihak lain yang juga telah membantu penyelesaian skripsi ini namun tidak dapat disebutkan satu demi satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, 28 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Ratnawisesa  
NPM : 0806337900  
Program Studi : Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Penilaian Keadaan Akustik dan Pencahayaan Ruang Auditorium Sebagai Ruang Perkuliahan di Universitas Indonesia

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 28 Juni 2012  
Yang menyatakan



(Putri Ratnawisesa)

## ABSTRAK

Nama : Putri Ratnawisesa  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Penilaian Keadaan Akustik dan Pencahayaan Ruang Auditorium  
Sebagai Ruang Perkuliahan di Universitas Indonesia

Saat seorang murid melalui proses belajar, terdapat berbagai faktor ergonomi lingkungan yang dapat mempengaruhi proses tersebut seperti akustik dan pencahayaan dari ruang yang digunakan sebagai prasarana belajar. Di lingkungan universitas, ruang auditorium dapat digunakan sebagai ruang perkuliahan untuk mata kuliah yang memiliki peserta berjumlah banyak. Penelitian ini fokus untuk mengetahui keadaan akustik dan pencahayaan ruang auditorium sebagai ruang perkuliahan di Universitas Indonesia. Hasil dari penelitian yang berbasis pada dua ruang auditorium di Universitas Indonesia ini menunjukkan kedua ruang auditorium ini belum dapat memenuhi kriteria akustik dan pencahayaan yang ada untuk mendukung kegiatan belajar.

### Kata Kunci:

Ergonomi lingkungan, akustik, pencahayaan, ruang auditorium, Universitas Indonesia, *reverberation time*, kebisingan, *signal-to-noise ratio*

## ABSTRACT

Name : Putri Ratnawisesa  
Study Program: Industrial Engineering  
Title : Assessment of Acoustic and Lighting Condition in Auditoriums as Lecture Halls at University of Indonesia

When a student goes through the learning process, there are several environmental ergonomic factors that can affect the process such as acoustic and lighting condition of the room that is used. At universities, auditoriums can be used as lecture rooms for lectures that have a large amount of participants. This research is focused on discovering the acoustic and lighting condition of auditoriums used as lecture halls at University of Indonesia. The result of this research that based on two auditoriums in University of Indonesia shows that these two auditoriums have not met the acoustic and lighting criteria set for supporting learning process.

### Keywords:

Environmental ergonomics, acoustic, lighting, auditorium, University of Indonesia, *reverberation time*, background noise, *signal-to-noise ratio*

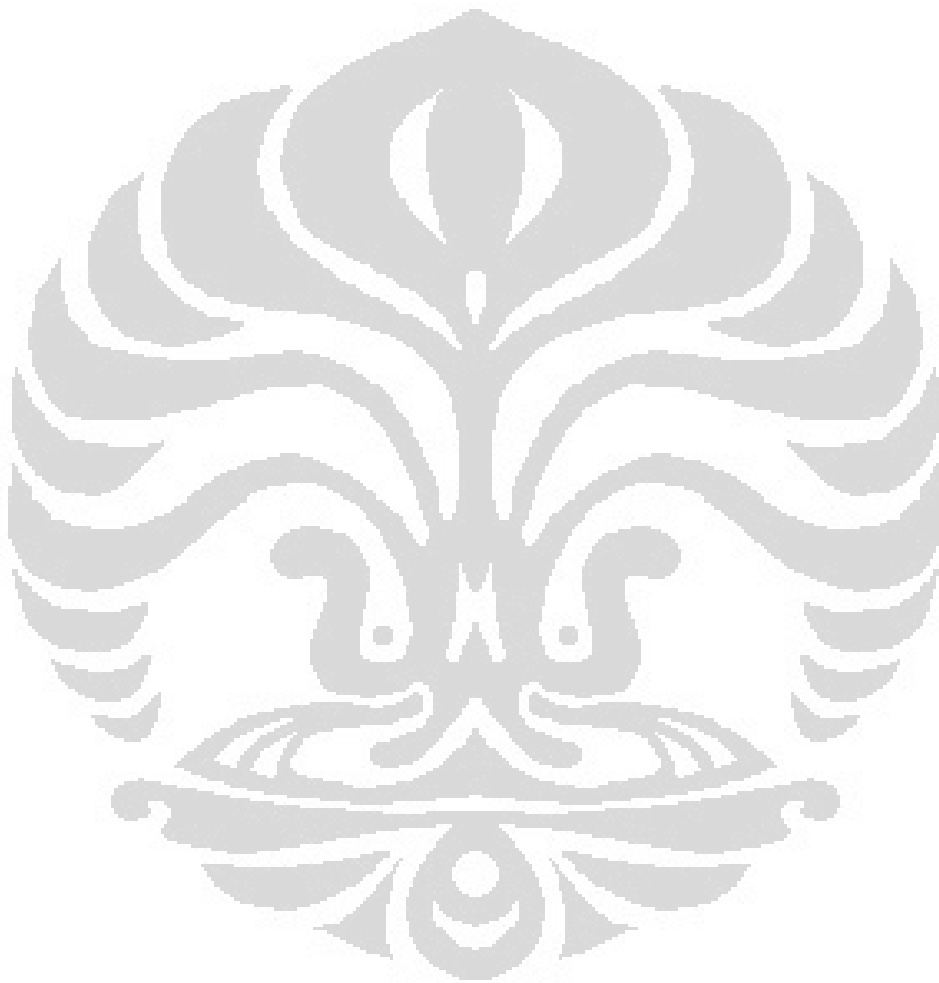
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Rumusan Permasalahan .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.6 Metodologi Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penelitian .....	8
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>10</b>
2.1 Ergonomi.....	10
2.1.1 Ergonomi Lingkungan.....	11
2.2. Sistem Akustik .....	12
2.2.1 Bunyi .....	13
2.2.1.1 Pengertian Bunyi .....	13
2.2.1.2 Sifat-sifat Bunyi pada Ruang Tertutup .....	15
2.2.2 Kebisingan .....	18
2.2.2.1 Sumber dan Jenis Kebisingan .....	18
2.2.2.2 Pengukuran Kebisingan .....	20
2.2.3 Material Akustik Ruang .....	22
2.2 Pencahayaan .....	23
2.2.1 Pengertian Cahaya.....	23
2.2.2 Manusia dan Cahaya .....	24
2.2.3 Pencahayaan Alami .....	25
2.2.4 Pencahayaan Buatan .....	26
2.2.5 Komponen Pencahayaan Buatan .....	27
2.2.5.1 Lampu .....	27
2.2.5.2 <i>Luminaire</i> .....	29
2.2.6 Pengujian Tingkat Pencahayaan .....	32
2.4 Ruang Auditorium .....	34
2.4.1 Definisi dan Jenis Ruang Auditorium .....	34
2.4.2 Dimensi Bentuk Ruang Auditorium .....	34
2.5 Kriteria Akustik untuk Ruang Auditorium .....	37



2.5.1 Tingkat Kebisingan .....	37
2.5.2 Reverberation Time .....	40
2.5.2.1 Definisi Reverberation Time .....	40
2.5.2.2 Pengendalian Reverberation Time .....	42
2.5.3 Speech Intelligibility .....	43
2.5.3.1 Definisi Signal-to-Noise Ratio .....	43
2.5.3.2 Pengendalian Signal-to-Noise Ratio .....	44
2.6 Kriteria Pencahayaan untuk Ruang Auditorium .....	46
<b>3. PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>49</b>
3.1 Penentuan lokasi pengambilan data .....	49
3.1.1 Ruang Auditorium K301 .....	49
3.1.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	50
3.2. Penggunaan Alat .....	51
3.3 Pengambilan Data .....	51
3.3.1 Pengambilan Data Akustik .....	51
3.3.1.1 Ruang Auditorium K301 .....	53
3.3.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	55
3.3.2 Pengambilan Data Pencahayaan .....	56
3.4 Pengolahan Data .....	56
3.4.1 Akustik .....	57
3.4.1.1 Rasio Signal-to-Noise .....	57
3.4.1.2 Estimasi Waktu Dengung .....	59
3.4.2 Pencahayaan .....	62
3.4.2.1 Ruang Auditorium K301 .....	63
3.4.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	64
<b>4. ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>65</b>
4.1 Analisa Keadaan Ruang Auditorium .....	65
4.1.1 Bentuk dan Material Ruang Auditorium .....	65
4.1.1.1 Ruang Auditorium K301 .....	65
4.1.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	69
4.1.2 Skema Pemantulan Bunyi .....	73
4.1.2.1 Ruang Auditorium K301 .....	74
4.2.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	75
4.2 Analisa Akustik .....	75
4.2.1 Tingkat Kebisingan .....	75
4.2.1.1 Ruang Auditorium K301 .....	75
4.2.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	78
4.2.2 Estimasi Waktu Dengung .....	79
4.2.2.1 Ruang Auditorium K301 .....	80
4.2.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	81
4.2.3 Kejelasan bercakap .....	82
4.2.3.1 Ruang Auditorium K301 .....	83
4.2.3.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	85
4.3 Analisa Pencahayaan .....	88
4.3.1 Ruang Auditorium K301 .....	88
4.3.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	95
<b>5. KESIMPULAN.....</b>	<b>101</b>

5.1 Kesimpulan .....	101
5.1.1 Keadaan Akustik .....	101
5.1.2 Keadaan Pencahayaan .....	101
5.2 Penelitian Lanjutan .....	102
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>103</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Faktor-faktor Lingkungan terhadap Performa Murid.....	1
Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
Gambar 1.2 Metodologi Penelitian .....	6
Gambar 1.3 Metodologi Penelitian (Lanjutan) .....	6
Gambar 2.1 Frekuensi bunyi.....	13
Gambar 2.2 <i>Flutter Echo</i> .....	16
Gambar 2.3 Penyerapan Bunyi dalam Ruang .....	16
Gambar 2.4 Penyebaran Bunyi dalam Ruang .....	18
Gambar 2.5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik .....	23
Gambar 2.6 Kegiatan Manusia Berkaitan dengan Pencahayaan.....	24
Gambar 2.7 Contoh Lampu Pijar .....	27
Gambar 2.8 Contoh Lampu Fluoresen Tabung.....	28
Gambar 2.9 Contoh Luminaire Jenis Reflektor .....	29
Gambar 2.10 Contoh Luminaire Jenis Refraktor .....	30
Gambar 2.11 Contoh Luminaire Jenis Diffuser .....	30
Gambar 2.12 Contoh Luminaire Jenis Kap Lampu .....	31
Gambar 2.13 Tingkat Penerangan yang Disarankan untuk Berbagai Kegiatan Dalam Ruang .....	33
Gambar 2.14 Auditorium Berbentuk Segiempat.....	35
Gambar 2.16 Auditorium Berbentuk Kipas .....	35
Gambar 2.16 Auditorium Berbentuk Tapal Kuda.....	36
Gambar 2.17 Auditorium Berbentuk Tak Beraturan.....	36
Gambar 2.18 Kriteria Kebisingan untuk Beberapa Ruang.....	38
Gambar 2.19 Contoh Peletakan Titik Ukur untuk Mengukur Tingkat Kebisingan Ruang Auditorium .....	39
Gambar 2.20 Waktu Dengung yang Disarankan untuk Fasilitas Pendidikan .....	41
Gambar 2.21 Penggunaan Penguat Suara di Ruang Auditorium .....	44
Gambar 2.22 Contoh Penyebaran Bunyi di Ruang Auditorium .....	45
Gambar 2.23 Tingkat Pencahayaan yang Disarankan Berdasarkan ANSI/IES RP-3, 1977 .....	47
Gambar 2.24 Contoh Sistem Pencahayaan di Ruang Auditorium .....	48
Gambar 3.1 Titik Ukur pada Ruang Auditorium Gedung K301.....	54
Gambar 3.2 Titik Ukur Pada Ruang Auditorium R. Soeria Atmadja .....	55
Gambar 3.3 Pemetaan Pencahayaan Ruang Auditorium Gedung K301 .....	63
Gambar 3.4 Pemetaan Pencahayaan Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	64
Gambar 4.1 Kayu pada Dinding Atas Ruang Auditorium K301 .....	66
Gambar 4.2 Kayu pada Dinding Bawah Ruang Auditorium K301 .....	67
Gambar 4.3 Gypsum pada Dinding Belakang Ruang Auditorium K301 .....	67
Gambar 4.4 Kain kasa pada Dinding Belakang Ruang Auditorium K301 .....	67
Gambar 4.5 Kursi pada Ruang Auditorium K301 .....	68
Gambar 4.6 Lantai Keramik pada Ruang Auditorium K301 .....	69
Gambar 4.7 Karpet pada Dinding Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	70
Gambar 4.8 Karpet pada Langit-Langit Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja....	71

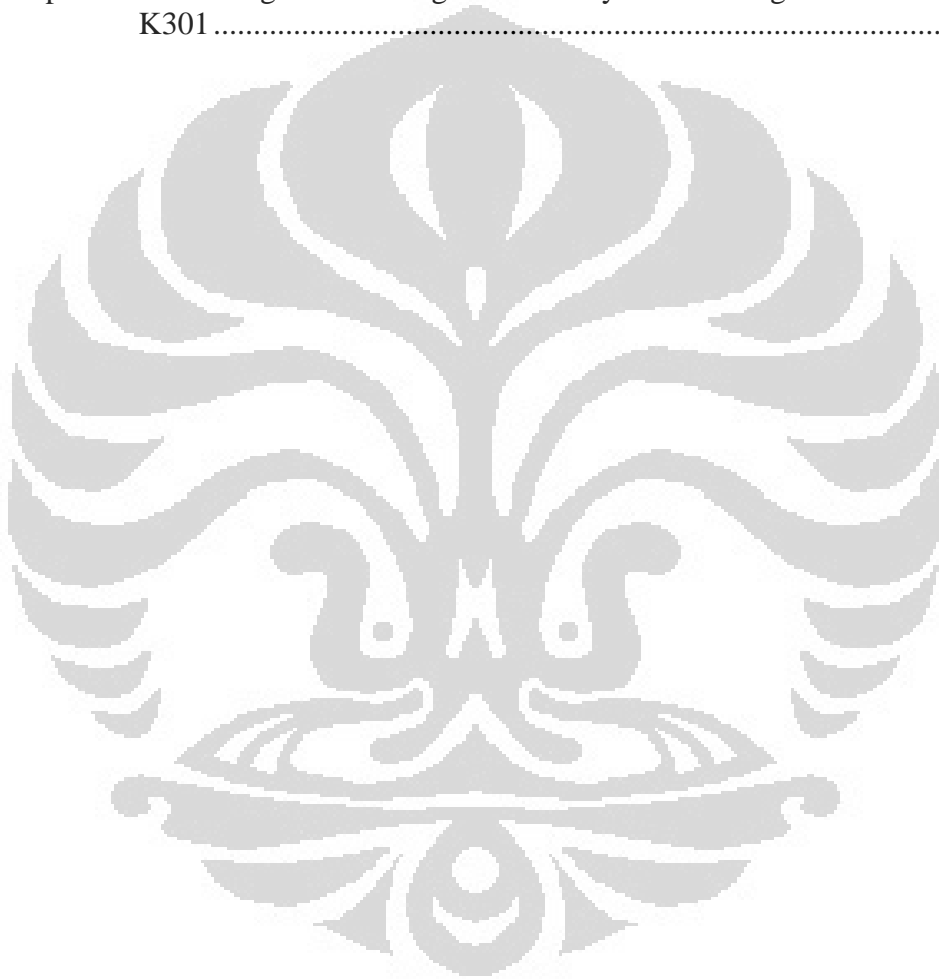
Gambar 4.9 Panel Kayu pada Sisi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	<b>71</b>
Gambar 4.10 Panggung Kayu Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>72</b>
Gambar 4.11 Kursi Kuliah pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	<b>72</b>
Gambar 4.12 Lantai Keramik pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>73</b>
Gambar 4.13 Skema Pemantulan Bunyi Ruang Auditorium K301 .....	<b>74</b>
Gambar 4.14 Skema Pemantulan Bunyi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja...	<b>75</b>
Gambar 4.15 Tingkat Kebisingan dan Denah Ruang Auditorium K301 .....	<b>76</b>
Gambar 4.16 <i>Air Cooler</i> di Ruang Auditorium K301 .....	<b>77</b>
Gambar 4.17 Tingkat Kebisingan dan Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>78</b>
Gambar 4.18 Air Cooler pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>79</b>
Gambar 4.19 S/N Ratio dan Denah Ruang Auditorium K301 .....	<b>83</b>
Gambar 4.20 Intensitas Suara pada Denah Ruang Auditorium K301 .....	<b>84</b>
Gambar 4.21 S/N Ratio dan Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	<b>86</b>
Gambar 4.22 Intensitas Suara pada Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>87</b>
Gambar 4.23 Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium K301 .....	<b>88</b>
Gambar 4.24 Pemetaan Tingkat Pencahayaan Bagian Setengah Atas Ruang Auditorium K301 .....	<b>90</b>
Gambar 4.25 Lampu pada Langit-langit Ruang Auditorium K301 .....	<b>91</b>
Gambar 4.26 Lampu pada Dinding Sisi Atas Ruang Auditorium K301 .....	<b>92</b>
Gambar 4.27 Pemetaan Tingkat Pencahayaan Bagian Setengah Bawah Ruang Auditorium K301 .....	<b>93</b>
Gambar 4.28 Lampu pada Dinding Sisi Bawah Ruang Auditorium K301 .....	<b>94</b>
Gambar 4.29 Lampu Bawah Balkon Ruang Auditorium K301 .....	<b>94</b>
Gambar 4.30 Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	<b>95</b>
Gambar 4.31 Pemetaan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>97</b>
Gambar 4.32 Lampu pada Langit-Langit Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	<b>98</b>
Gambar 4.33 Lampu pada Dinding Sisi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja ...	<b>98</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Material Ruang Auditorium K301 .....	50
Tabel 3.2 Material Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	51
Tabel 3.3 Standar Tinggi Pengukuran untuk Tingkat Kebisingan .....	52
Tabel 3.4 Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium Gedung K301 .....	54
Tabel 3.5 Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	55
Tabel 3.6 Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja (Sambungan).....	56
Tabel 3.7 Penghitungan Rasio Signal-to-Noise Ruang Auditorium Gedung K301 .....	58
Tabel 3.8 Penghitungan Rasio Signal-to-Noise Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	58
Tabel 3.9 Luas Permukaan dan Koefisien Penyerapan Bunyi Material di Ruang Auditorium Gedung K301 .....	60
Tabel 3.10 Penghitungan Kemampuan Penyerapan Bunyi Material Ruang Auditorium Gedung K301 .....	60
Tabel 3.11 Penghitungan Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium Gedung K301 .....	61
Tabel 3.12 Luas Permukaan dan Koefisien Penyerapan Bunyi Material di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	61
Tabel 3.13 Penghitungan Kemampuan Penyerapan Bunyi Material Ruang Auditorium R.Soeria Atmadja .....	62
Tabel 3.14 Penghitungan Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	62
Tabel 4.1 Hasil Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium K301 .....	80
Tabel 4.2 Hasil Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	82
Tabel 4.3 Penggolongan Tingkat Penerangan Kursi Kuliah di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	89
Tabel 4.4 Penggolongan Tingkat Penerangan Kursi Kuliah di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.....	96

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Koefisien Penyerapan Bunyi Material pada Ruang Auditorium .....	105
Lampiran 2 Koefisien Penyerapan Bunyi Material pada Fasilitas Pendidikan .....	106
Lampiran 3 Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan .....	107
Lampiran 4 Data Pengambilan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja .....	109
Lampiran 5 Data Pengambilan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium K301 .....	110



# BAB 1

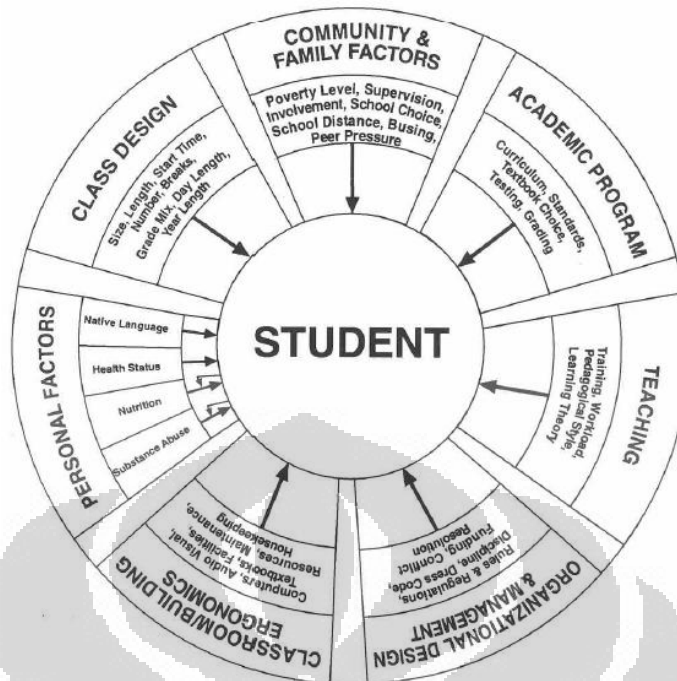
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Efektivitas proses belajar dapat dimaksimalkan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan memperhatikan kenyamanan murid saat kegiatan belajar-mengajar sedang berlangsung. Menurut Silverman dan Felder (1988), seorang murid dapat melalui proses belajar dengan berbagai cara; salah satunya adalah dengan melihat dan mendengar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dua indera manusia yang paling berperan saat kegiatan belajar adalah indera penglihatan dan pendengaran. Mengetahui fakta tersebut, fasilitas ruang kelas yang menjadi tempat berlangsungnya kegiatan belajar sebaiknya dapat membantu kedua indera manusia tersebut bekerja secara optimal.

Perancang ruang kelas harus mempertimbangkan bahwa faktor-faktor lingkungan mempengaruhi proses belajar-mengajar di dalam ruang kelas tersebut (Kruger dan Zannin, 2004). Menurut Thomas J. Smith (2001), terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi performa pembelajaran seorang murid yaitu seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Dari segi perancang ruang kelas, faktor *classroom ergonomics* adalah faktor yang menjadi perhatian utama dimana keadaan akustik dan pencahayaan (*audio-visual*) adalah faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi kesuksesan belajar seorang murid (Epps dan Hill, 2009). Sebuah penelitian juga pernah dilakukan oleh Caldwell (1992) yang membahas mengenai perancangan fisik sebuah ruang belajar universitas terhadap proses pembelajaran murid dan memberi estimasi bahwa perancangan dan pemeliharaan ruang kelas yang kurang baik dapat menyebabkan penurunan dari performa murid sebanyak 10-25% (Smith, 2001).

Keadaan akustik dari suatu ruang kelas yang kurang baik dapat mempersulit proses belajar-mengajar. Hal ini disebabkan oleh kesulitan murid untuk mendengar materi yang sedang disampaikan pengajar secara verbal, dimana mayoritas dari kegiatan belajar-mengajar menggunakan media komunikasi ini. Kondisi ini dapat bertambah buruk jika terdapat murid yang memiliki kecacatan dalam mendengar.



**Gambar 1.1** Faktor-faktor Lingkungan terhadap Performa Murid

Sumber : Smith (2001)

Selain itu, menurut Burke dan Burke-Samide (2004), pencahayaan adalah salah satu elemen penting yang mempengaruhi kemampuan murid dalam belajar. Tentunya, level penerangan dalam ruang kelas harus dijaga agar tidak berlebihan (Winterbottom & Wilkins, 2009). Sumber pencahayaan ini dapat berasal dari pencahayaan buatan, seperti lampu, dan pencahayaan alami, seperti terang langit. Meskipun banyak penelitian menitikberatkan pada pentingnya cahaya alami, kebutuhan integrasi pencahayaan buatan dan alami diterima secara luas (Winterbottom & Wilkins, 2009).

Meskipun telah diketahui pengaruhnya faktor lingkungan terhadap performa murid dalam proses belajar, keadaan ruang belajar untuk berbagai tingkat pendidikan formal di Indonesia masih sangat memprihatinkan. Menurut Mendiknas, sedikitnya 153.000 ruang kelas sekolah dasar dan sekolah menengah pertama di Indonesia mengalami rusak berat. Selain itu, terdapat juga beberapa ruang kelas di Universitas Sam Ratulangi yang dianggap kurang layak digunakan karena ruangan yang sempit sehingga kegiatan belajar tidak berjalan dengan efektif (Palakat, 2011). Kedua hal ini menunjukkan ruang kelas pendidikan formal

**Universitas Indonesia**



masih ada yang belum diperhatikan kelayakannya untuk menunjang kegiatan belajar dan menimbulkan pertanyaan; apakah Universitas Indonesia sudah memiliki fasilitas ruang kelas yang mendukung kegiatan belajar?

Universitas Indonesia didirikan pada tahun 1846 oleh Gubernur kolonial Belanda sebagai sekolah kedokteran dan telah ditempatkan sebagai universitas terbaik di Indonesia oleh *QS World University Rankings* pada tahun 2010. Saat ini, Universitas Indonesia memiliki 12 fakultas dengan jumlah 33.500 mahasiswa pada tahun 2009. Tidak hanya jumlah disipin ilmu dan mahasiswa Universitas Indonesia yang bertambah, prestasi nasional maupun internasional pun yang diraih oleh mahasiswanya meningkat. Hal ini menunjukkan tekad Universitas Indonesia untuk mengembangkan lembaga pendidikan yang diakui secara internasional.

Salah satu strategi dasar yang diajukan oleh Universitas Indonesia adalah menempatkan dirinya sebagai “Universitas Riset Kelas Dunia”. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, fasilitas yang dapat mendukung terwujudnya strategi tersebut adalah fasilitas yang disediakan oleh universitas tersebut, salah satunya adalah ruang kelas atau perkuliahan. Ruang kuliah yang umum digunakan di Universitas Indonesia terdapat dua jenis, yaitu ruang kuliah dan ruang auditorium. Kedua ruang ini dibedakan dari ukuran dan kapasitasnya. Ruang kuliah biasa memiliki ukuran yang lebih kecil dari ruang auditorium dan memiliki kapasitas 30 sampai 50 mahasiswa. Ruang kuliah jenis ini biasa digunakan untuk pelaksanaan kegiatan kuliah dengan kapasitas mahasiswa pada lazimnya. Ruang auditorium memiliki ukuran yang lebih besar daripada ruang kuliah biasa, dimana dapat memiliki kapasitas 100 sampai 300 mahasiswa.

Pada kenyataannya, sebuah ruang auditorium memang dapat dikatakan sebagai ruang yang memiliki beragam fungsi. Ukurannya yang lebih besar dan berkapasitas orang banyak membuat ruang auditorium digunakan tidak hanya sebagai ruang untuk pelaksanaan kegiatan kuliah dengan jumlah peserta yang banyak, tetapi juga sebagai tempat untuk menyelenggarakan acara-acara khusus. Namun, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Legoh (1993) mengenai desain akustik sebuah auditorium multifungsi, kebanyakan auditorium memiliki

**Universitas Indonesia**

masalah pada *background noise level* yang disyaratkan sehingga mempengaruhi kinerja akustik auditorium tersebut. Mengingat prioritas eksistensi ruang auditorium tersebut di lingkungan akademik adalah sebagai tempat penyelenggaraan kegiatan kuliah dengan jumlah peserta yang banyak, perlu diketahui apakah ruang auditorium yang sudah ada dapat mendukung performa murid dalam kegiatan belajar. Oleh karena itu, ruang auditorium di Universitas Indonesia perlu dipastikan kondisinya cukup layak untuk mendukung performa murid dalam kegiatan belajar, dimana performa murid menjadi salah satu peranan penting dalam menuju kesuksesan mahasiswa untuk bersaing di era global dan menobatkan Universitas Indonesia sebagai “Universitas Riset Kelas Dunia”.

### **1.2 Diagram Keterkaitan Masalah**

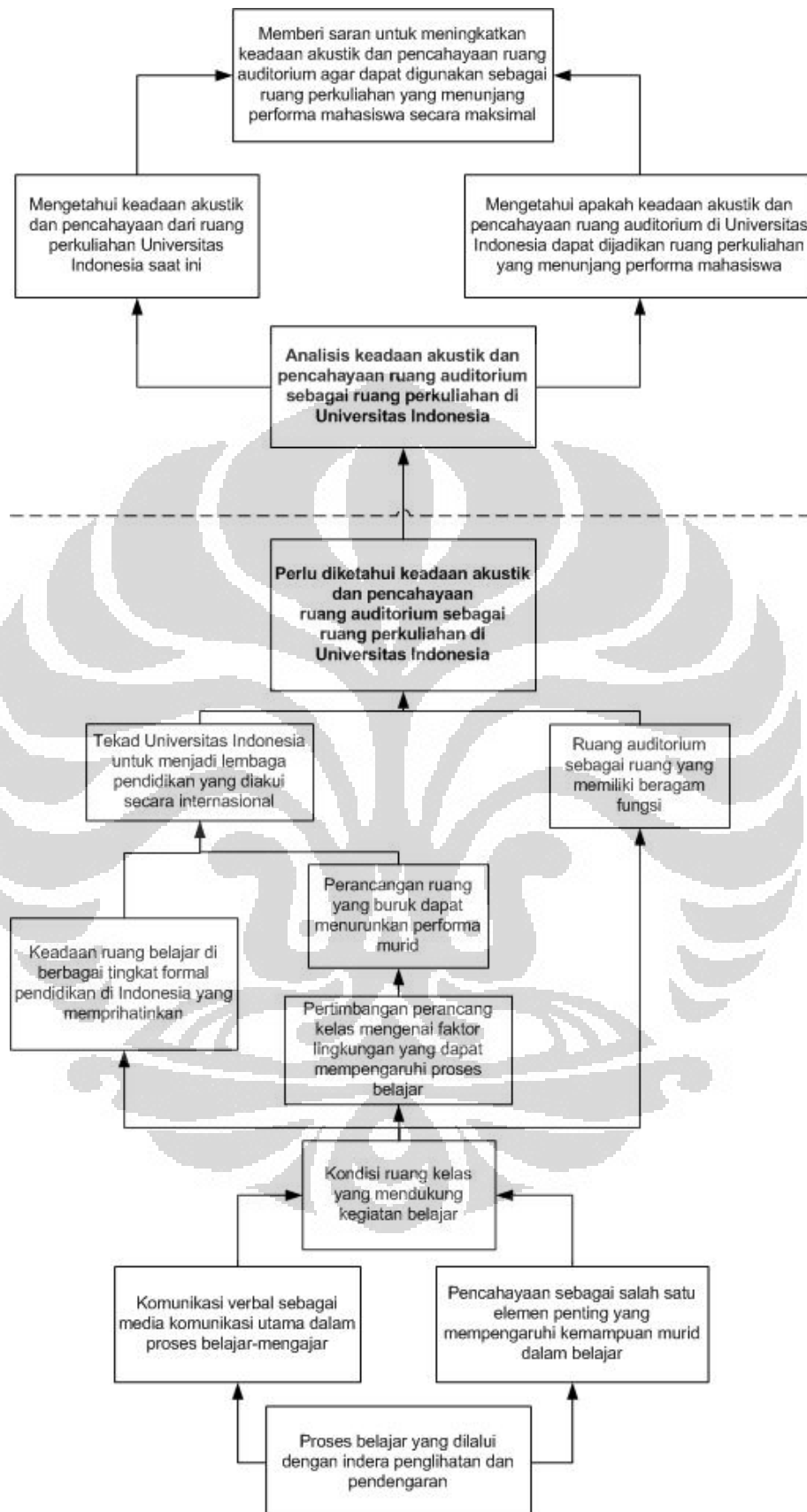
Untuk mengetahui keterkaitan submasalah yang menyusun permasalahan utama penelitian ini secara keseluruhan, dapat dibuat sebuah diagram keterkaitan masalah yang ditampilkan pada Gambar 1.2.

### **1.3 Rumusan Permasalahan**

Penelitian ini fokus kepada perlu diketahui keadaan akustik dan pencahayaan ruang auditorium sebagai ruang perkuliahan di Universitas Indonesia yang menunjang performa mahasiswa.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keadaan akustik dan pencahayaan ruang auditorium di Universitas Indonesia, serta apakah keadaan akustik dan pencahayaan ruang auditorium di Universitas Indonesia dapat dijadikan sebagai ruang perkuliahan yang menunjang performa mahasiswa dalam belajar.



**Gambar 1.2** Diagram Keterkaitan Masalah

**Universitas Indonesia**

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

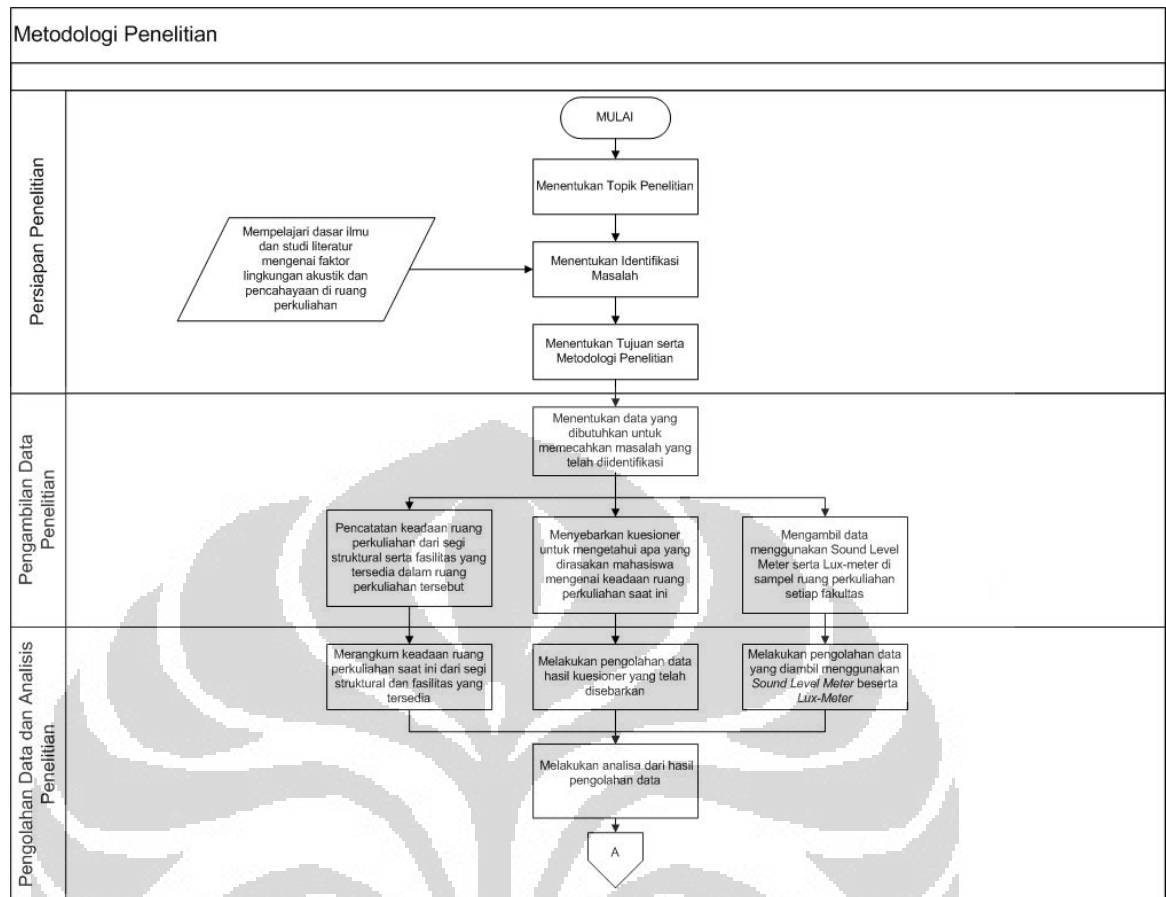
Untuk memastikan tujuan penelitian tercapai, penulis menetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Ruang perkuliahan yang dianalisa adalah ruang auditorium yang digunakan sebagai ruang kuliah di Fakultas Ekonomi serta Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
2. Faktor lingkungan yang dianalisa adalah faktor akustik dan pencahayaan ruang auditorium yang dapat mempengaruhi performa murid yang menggunakan ruang tersebut.
3. Pengambilan data dilakukan menggunakan alat *Larson-Davis Soundtrack LxT® Sound Level Meter (SLM) 831* dan *Smart Sensor AR 823 Digital Lux-Meter* yang terdapat di *Ergonomics Center*, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

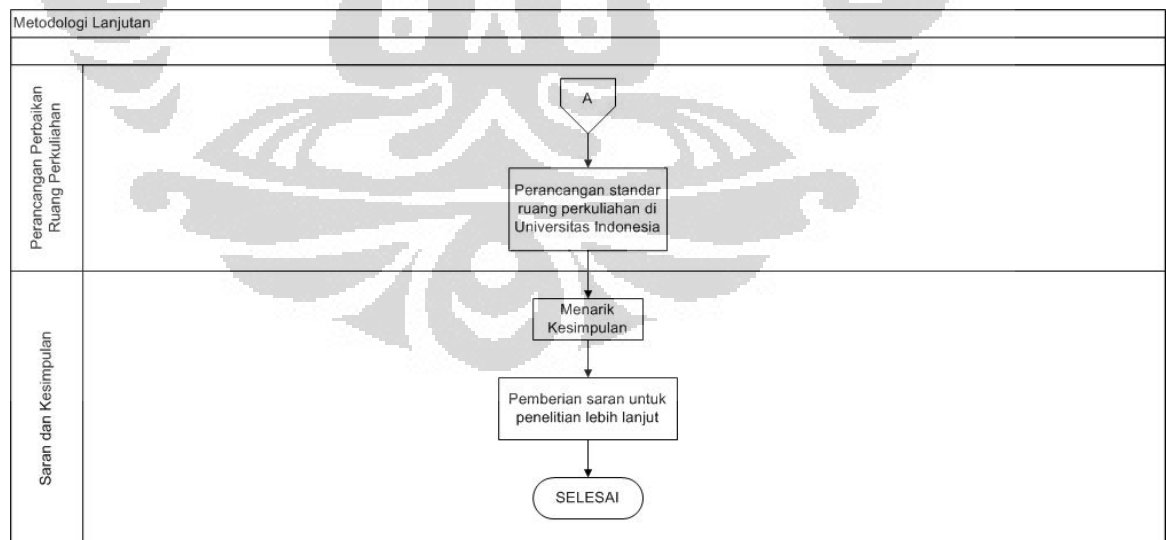
### 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi untuk penelitian ini terdiri dari lima tahap utama yaitu;

1. Persiapan penelitian
  - a) Menentukan topik penelitian
  - b) Mempelajari dasar ilmu akustik dan pencahayaan serta melakukan studi literatur dengan membaca jurnal dan refrensi lain untuk penguatan dasar teori serta metode analisa.
  - c) Menentukan identifikasi masalah
  - d) Menentukan tujuan serta metodologi penelitian
2. Pengambilan data penelitian
  - a) Menentukan data yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah yang telah diidentifikasi
  - b) Pencatatan keadaan ruang perkuliahan dari segi struktural serta fasilitas yang tersedia dalam ruang auditorium tersebut



Gambar 1.2 Metodologi Penelitian



Gambar 1.3 Metodologi Penelitian (Lanjutan)

- c) Mengambil data menggunakan *Larson Davis Soundtrack LxT® Sound Level Meter (SLM)* dan *Smart Sensor AR 823 Digital Lux*

Universitas Indonesia

*Meter* di sampel ruang auditorium setiap fakultas yang menggunakan ruang auditorium sebagai ruang perkuliahan

### 3. Pengolahan data penelitian

- a) Melakukan pengolahan data yang diambil menggunakan *Larson-Davis Soundtrack LxT® Sound Level Meter (SLM) 831* dan *Smart Sensor AR 823 Digital Lux-Meter*
- b) Merangkum keadaan ruang perkuliahan saat ini dari segi struktural dan fasilitas yang tersedia yang dapat mempengaruhi faktor lingkungan akustik serta pencahayaan ruang perkuliahan.

### 4. Analisis Penelitian

Dalam tahap ini, data akan dianalisa untuk mengetahui penyebab keadaan akustik dan pencahayaan di ruang auditorium yang telah diukur.

### 5. Kesimpulan dan saran

Dalam tahap ini, akan diajukan sebuah kesimpulan dari penelitian ini serta saran pengembangan penelitian ini di masa yang akan mendatang.

## 1.7 Sistematika Penelitian

Penelitian ini akan terdiri atas lima bab dengan penjelasan sebagai berikut;

### 1. Bab Pendahuluan

Bab ini berisi mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian yang digunakan, serta sistematika penulisan yang berisi gambaran singkat dari keseluruhan isi penelitian ini.

### 2. Bab Landasan Teori

Bab ini berisi tentang ilmu teori yang mendasar mengenai akustik serta pencahayaan, serta penerapannya dalam suatu ruang kelas.

### 3. Bab Pengolahan Data dan Analisa

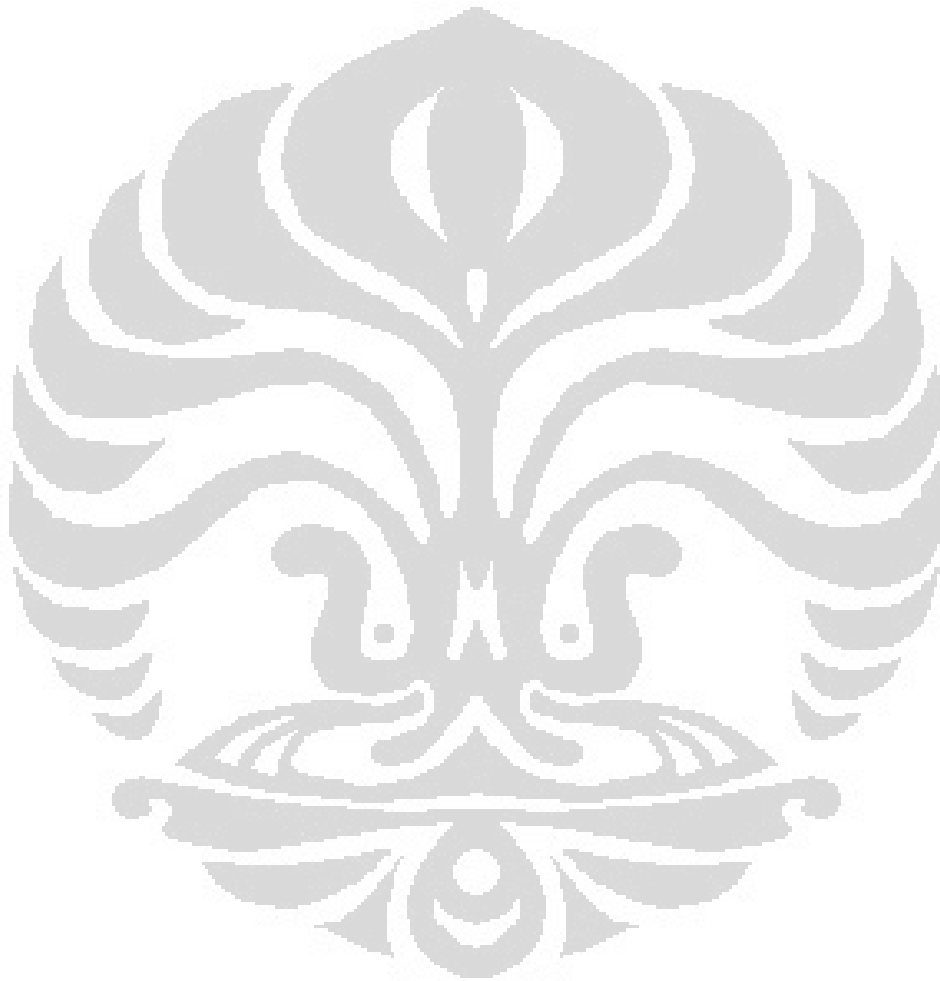
Bab ini akan menyajikan penjelasan keadaan ruang perkuliahan saat ini, serta data yang telah diambil menggunakan *Sound Level Meter* serta *Lux-Meter*. Data ini kemudian akan dianalisa secara keseluruhan untuk dibandingkan apakah sudah memenuhi standar nasional Indonesia untuk bangunan gedung pendidikan formal.

### 4. Bab Analisa

Bab ini akan mengacu kepada analisa yang telah dilakukan di bab sebelumnya untuk mengajukan suatu standar rancangan perbaikan terhadap ruang perkuliahan di Universitas Indonesia.

#### 5. Bab Kesimpulan

Bab ini akan menyajikan sejumlah kesimpulan yang didapat oleh penulis dalam proses penelitian ini. Selain itu dalam bab ini akan ditulis harapan-harapan penulis terhadap kemungkinan penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergon* yang berarti kerja, dan *nomos* yang berarti hukum. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan atau relasi antara manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan profesi yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal, dilihat dari sisi manusia dan kinerjanya. Ergonomi memberikan sumbangan untuk rancangan dan evaluasi tugas, pekerjaan, produk, lingkungan dan sistem kerja, agar dapat digunakan secara harmonis sesuai dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia (*International Ergonomic Association*, 2002).

Spesialisasi bidang ergonomi meliputi: ergonomi fisik, ergonomi kognitif, ergonomi sosial, ergonomi organisasi, ergonomi lingkungan dan faktor lain yang sesuai. Evaluasi ergonomi merupakan studi tentang penerapan ergonomi dalam suatu sistem kerja yang bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan penerapan ergonomi, sehingga didapatkan suatu rancangan keergonomikan yang terbaik. Adapun isi ruang lingkup bidang ergonomi meliputi:

- Ergonomi Fisik: berkaitan dengan anatomi tubuh manusia, antropometri, karakteristik fisiologi dan biomekanika yang berhubungan dengan aktifitas fisik. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi fisik antara lain: postur kerja, pemindahan material, gerakan berulang-ulang, sumber daya manusia (SDM), tata letak tempat kerja, keselamatan dan kesehatan.
- Ergonomi Kognitif: berkaitan dengan proses mental manusia, termasuk di dalamnya; persepsi, ingatan, dan reaksi, sebagai akibat dari interaksi manusia terhadap pemakaian elemen sistem. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi kognitif antara lain; beban kerja, pengambilan keputusan, performance, *human computer interaction*, kehandalan manusia, dan stress kerja.
- Ergonomi Organisasi: berkaitan dengan optimasi sistem sosioleknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan dan proses. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi organisasi antara lain; komunikasi, manajemen sumber daya



manusia (MSDM), perancangan kerja, perancangan waktu kerja, *teamwork*, perancangan partisipasi, komunitas ergonomi, kultur organisasi, organisasi virtual, dan lain-lain.

- Ergonomi Lingkungan: berkaitan dengan pencahayaan, suhu, kebisingan, dan getaran. Topik-topik yang relevan dengan ergonomi lingkungan antara lain; perancangan ruang kerja, sistem akustik dan lain-lain.

### 2.1.1 Ergonomi Lingkungan

Menurut Wardani, lingkungan tempat kerja bagi manusia dipengaruhi antara lain oleh :

- Cahaya

Dalam faktor cahaya, kemampuan mata untuk melihat obyek dipengaruhi oleh ukuran obyek, derajat kontras antara obyek dan sekelilingnya, luminensi (brightness), lamanya melihat, serta warna dan tekstur yang memberikan efek psikologis pada manusia. Mata diharapkan memperoleh cahaya yang cukup, pemandangan yang menyenangkan, menenangkan pikiran, tidak silau, dan nyaman. Pencahayaan yang kurang dapat mengakibatkan kelelahan pada mata.

- Kebisingan

Aspek yang menentukan tingkat gangguan bunyi terhadap manusia adalah lama waktu bunyi terdengar, intensitas (dalam ukuran desibel/dB, besarnya arus energi per satuan luas), dan frekuensi (dalam Hertz/Hz, jumlah getaran per detik). Usaha-usaha pengurangan kebisingan dapat dilakukan dengan pengurangan kegaduhan pada sumber, pengisolasian peralatan penyebab kebisingan, tata akustik yang baik/ memberikan bahan penyerap suara, memberikan perlengkapan pelindung.

- Getaran mekanis

Getaran mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis. Biasanya gangguan yang dapat ditimbulkan dapat mempengaruhi kondisi bekerja, mempercepat datangnya kelelahan dan menyebabkan timbulnya beberapa penyakit. Besaran getaran ditentukan oleh lama, intensitas, dan frekuensi getaran. Sedangkan anggota tubuh mempunyai frekuensi getaran sendiri sehingga jika frekuensi alami ini beresonansi dengan

frekuensi getaran mekanis akan mempengaruhi konsentrasi kerja, mempercepat kelelahan, gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, dan otot.

- Temperatur

Temperatur yang terlalu panas akan mengakibatkan cepat timbulnya kelelahan tubuh, sedangkan temperatur yang terlalu dingin membuat gairah kerja menurun. Kemampuan adaptasi manusia dengan temperature luar adalah jika perubahan temperatur luar tersebut tidak melebihi 20 % untuk kondisi panas dan 35 % untuk kondisi dingin (dari keadaan normal tubuh). Dalam kondisi normal, temperatur tiap anggota tubuh berbedabeda. Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya untuk melakukan proses konveksi, radiasi dan penguapan. Produktivitas manusia paling tinggi pada suhu 24 – 27° C.

- Kelembaban

Kelembaban diartikan sebagai banyaknya air yang terkandung dalam udara, biasanya dinyatakan dalam persentase. Jika udara panas dan kelembaban tinggi, terjadi pengurangan panas dari tubuh secara besarbesaran dan denyut jantung makin cepat.

- Warna.

Permainan warna dalam desain memberi dampak psikologis bagi pengamat dan pemakainya, misalnya warna merah memberi kesan merangsang, kuning memberi kesan luas dan terang, hijau atau biru memberi suasana sejuk dan segar, gelap memberi kesan sempit, permainan warna-warna terang memberi kesan luas.

## 2.2. Sistem Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos*, atau segala sesuatu yang bersangkutan pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi (Suptandar, 1999). Akustik juga dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mendalami proses terjadinya bunyi, perambatan bunyi dari sumber bunyi sampai ke penerimanya, serta deteksi dan persepsi bunyi tersebut. Ilmu ini mencakup berbagai disiplin akademik yang beragam seperti ilmu fisika, teknik, psikologi, audiologi, musik, arsitektur, fisiologi, dan lain-lain.

Tujuan penerapan suatu sistem akustik pada suatu ruang adalah untuk menciptakan suatu kondisi dimana bunyi terdengar murni, merata, jelas, tidak

berdengun, serta bebas dari cacat dan kebisingan. Pencapaian kondisi ini sangat bergantung pada faktor keberhasilan perancangan akustik ruang, konstruksi, dan material yang digunakan.

## 2.2.1 Bunyi

### 2.2.1.1 Pengertian Bunyi

Bunyi dapat didefinisikan sebagai sensasi pendengaran pada kuping manusia dan gangguan pada suatu medium yang disebabkan oleh sensasi tersebut. Bunyi yang masuk telinga akan diterima sebagai suatu rangsangan akibat adanya getaran-getaran yang terjadi melalui media elastis. Kuat atau lemahnya bunyi dapat dipersepsikan berbeda pada masing-masing individu yang mendengarnya. Hal ini sangat bergantung pada subjektivitas frekuensi dan intensitas bunyi.

Menurut Suma'mur (1992), terdapat beberapa hal yang menentukan kualitas bunyi, yaitu:

- Frekuensi



**Gambar 2.1** Frekuensi bunyi

(Sumber: <http://www.ergonomics4schools.com/lzone/noise.htm>)

Frekuensi didefinisikan sebagai jumlah dari gelombang-gelombang suara yang sampai di telinga setiap detiknya dan dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau Hertz (Hz). Suara dapat dikelompokkan berdasarkan frekuensinya, seperti sebagai berikut:

- *Infrasound*; yaitu gelombang bunyi yang berada dibawah frekuensi pendengaran manusia normal. Kisaran frekuensi bunyi *infrasound* berada dibawah 20 Hz.
- *Sound*; yaitu gelombang bunyi yang berada di dalam kisaran frekuensi pendengaran manusia. Kisaran frekuensi bunyi tersebut berada di antara 20 sampai 20.000 Hz. Meskipun demikian, *speech intelligibility* atau

kejelasan bercakap antar manusia hanya mampu mendeteksi sampai 10-10.000 Hz. Tingkat tertinggi dari energi pembicaraan terjadi pada 100 sampai 600 hz.

- *Ultrasound*; yaitu gelombang bunyi yang berada diatas frekuensi pendengaran manusia normal. Jenis gelombang *ultrasound* sering digunakan dalam bidang medis maupun penelitian sains. Kisaran frekuensi gelombang *ultrasound* berada di atas 20.000 Hz.
- Suara percakapan; saat dua manusia sedang berkomunikasi secara verbal, kisaran frekuensi gelombang suara yang terjadi berada di antara 500 sampai 2.000 Hz.

- Intensitas

Intensitas, atau arus energy per satuan luas, dinyatakan dalam suatu logaritmis yang disebut decibel (dB) dengan membandingkan dengan kekuatan dasar  $0,0002 \text{ dyne/cm}^2$  (kekuatan dari bunyi) dengan frekuensi 1.000 Hz yang tepat dapat didengar oleh telinga normal.

Bunyi dapat terjadi melalui berbagai proses, yaitu:

- Benda yang bergetar

Suatu benda yang bergetar dapat menimbulkan bunyi dengan menggantikan udara yang berada di sekitarnya sehingga udara tersebut memiliki tekanan yang berfluktuasi.

- Perubahan aliran udara

Saat seseorang sedang berbicara atau menyanyi, lipatan vocal yang dimiliki manusia membuka dan menutup sehingga mengeluarkan kumpulan udara. Hal yang serupa terjadi pada sebuah sirene, dimana lubang yang terdapat pada sebuah piringan yang berputar melewati dan memblokir udara secara bergantian sehingga menimbulkan bunyi yang keras.

- *Time-dependent heat sources*

Bunyi dapat berasal dari sumber yang mendapat perlakuan panas. Contohnya adalah sebuah ledakan dimana terjadi ekspansi udara yang disebabkan oleh pemanasan yang instan. Selain itu, bunyi guntur juga terjadi karena panas yang timbul dari petir.

- *Supersonic Flow*

Bunyi jenis ini muncul dari sebuah benda yang bergerak pada kecepatan supersonik sehingga muncul gelombang kejut yang dapat menghasilkan bunyi.

#### 2.2.1.2 Sifat-sifat Bunyi pada Ruang Tertutup

Bunyi sebagai gelombang dapat merambat melalui medium perantara berupa padat, cair, maupun gas. Dari ketiga wujud tersebut, yang paling sering menjadi medium perantara gelombang bunyi adalah gas atau udara. Perambatan gelombang bunyi melalui udara disebut dengan perambatan secara *airborne* atau didefinisikan sebagai keadaan ketika getaran yang dialami sumber bunyi menyentuh molekul-molekul udara yang ada disekitarnya. Jika getaran tersebut berlanjut hingga menyentuh bidang pembatas, terdapat kemungkinan terjadinya perambatan udara melalui benda padat. Hal ini bergantung pada karakteristik dari bidang pembatas itu sendiri. Reaksi dari berbagai jenis karakteristik bidang pembatas ini dapat berupa pemantulan atau refleksi, penyerapan atau absorpsi, pembelokan atau difraksi, pemantulan menyebar atau difusi, atau pembiasan atau refraksi.

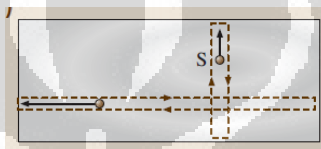
- Pemantulan/Refleksi

Pemantulan atau terjadi bila gelombang bunyi mengenai suatu permukaan sehingga menyebabkan sebagian dari energi tersebut akan dipantulkan oleh permukaan tersebut. Sisa energi yang mengenai permukaan tersebut ditransmisikan melalui permukaan tersebut serta diserap oleh permukaan tersebut. Kecepatan perambatan dan karakteristik permukaan tersebut menentukan besar dan arah pantulan bunyi. Pemantulan bunyi dalam sebuah ruang dapat terjadi untuk menyebarkan gelombang bunyi secara merata dan menambah tingkat keras bunyi.

Setiap material memiliki kemampuan memantulkan bunyi yang ditentukan oleh bentuk material. Bentuk material yang dengan permukaan yang rata memantulkan gelombang bunyi yang merata pula. Material yang memiliki permukaan yang cembung cenderung menyebarkan bunyi. Sebaliknya, material yang memiliki permukaan yang cekung cenderung mengumpulkan energi bunyi yang diterima. Permukaan yang keras atau licin seperti beton, batu, bata, plester, kaca, akan memantulkan hampir semua energi bunyi yang

mengenaunya. Hukum pemantulan bunyi memiliki hukum pemantulan yang sama dengan cahaya, dimana sudut datang sama dengan sudut yang dipantulkan.

Pemantulan bunyi sangat berguna untuk sebuah akustik ruang bila waktu datangnya pemantulan tersebut sangat pendek terhadap bunyi langsung. Bila hasil pemantulan bunyi menempuh jarak yang panjang akan menimbulkan *echo*. *Flutter echo*, *echo* yang terjadi di antara permukaan paralel yang rata / licin, tidak ada penyerapnya pada dinding-dinding pembatas. Jenis *echo* ini umumnya terjadi pada ruang berdenah segiempat, lantai tidak berkarpet, serta ruang dengan langit-langit datar dan keras.



**Gambar 2.2** *Flutter Echo*

Sumber: Rossing, *Springer Book of Acoustics* (2007)

- Penyerapan/Absorpsi



**Gambar 2.3** Penyerapan Bunyi dalam Ruang

Sumber: Rossing, *Springer Book of Acoustics* (2007)

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, suatu energi bunyi dapat dipantulkan maupun diserap oleh suatu permukaan tertentu. Daya absorpsi dari suatu permukaan material merupakan fungsi dari texture kasar yang efektif, porositas dan fleksibilitas bahan. Efisiensi dari permukaan absorpsi dinyatakan oleh angka 0 sampai 1 (*absorption coefficient* / koefisien absorpsi, dinyatakan dalam  $\alpha$ ), dimana 0 merepresentasikan tidak ada absorpsi / refleksi sempurna, sedangkan 1 merupakan absorpsi sempurna (tidak pernah terjadi).

Permukaan yang lembut, berpori, seperti kain dan busa, akan menyerap bunyi sampai batas tertentu, tergantung pada frekuensi dan koefisien absorpsi-nya. Berikut ini adalah beberapa unsur yang menunjang penyerapan bunyi, antara lain

- Penyerapan bahan berpori, berfungsi mengubah energi bunyi menjadi energi panas melalui gesekan dengan molekul udara. Pada frekuensi tinggi akan lebih baik menggunakan bahan penyerap yang lebih tebal.
- Penyerapan panel bergetar, berfungsi sebagai pengubah energi bunyi menjadi energi getaran. Penyerap ini bekerja dengan baik pada penyerapan bunyi berfrekuensi rendah.
- Penyerapan resonator rongga, berfungsi untuk mengurangi energi melalui gesekan dan interrefleksi pada lubang dalam yang bekerja pada frekuensi rendah. Contoh penyerapan resonator rongga adalah *sound block*, resonator panel berlubang, serta resonator celah.

Mekanisme dari absorpsi tergantung dari frekuensi, jadi daya absorpsi bahan tidak selalu konstan. Suatu bahan untuk frekuensi 500 Hz adalah 0,75. Artinya bahan tersebut pada frekuensi 500 Hz menyerap bunyi 75% dan memantulkannya sebesar 25%.

- Difraksi

Difraksi adalah perubahan arah dari alur gelombang bunyi yang melewati ujung penghalang, dalam arti gelombang bunyi tersebut akan melewati ujung pembatas menuju ruangan yang ada di balik pembatas. Keadaan difraksi ini sangat dipengaruhi oleh rasio dari panjang gelombang suara dan besarnya penghalang. Semakin panjang gelombang suara tersebut, semakin kuat efek dari difraksi bunyi. Efek difraksi sering kali terjadi pada transmisi suara melalui celah-celah yang terdapat pada udara.

- Refraksi bunyi

Setiap material yang digunakan sebagai bidang pembatas memiliki kemampuan untuk memberikan tiga perlakuan sekaligus, memantulkan sebagian, menyerap sebagian lain dan mentransmisikan sisanya. Besar proporsi ketiganya bergantung dari karakteristik bahan (kepadatan permukaan serta berat dan ketebalan material) dan frekuensi bunyi yang datang. Bunyi yang ditransmisikan tersebut pada saat melewati bidang pembatas akan mengalami refraksi, yaitu peristiwa membiasnya perambatan bunyi karena melewati material yang berbeda kerapatannya.

- Penyebaran/Difusi Bunyi

Difusi adalah peristiwa yang dialami gelombang bunyi ketika membentur bidang pembatas yang memiliki kecenderungan memantul (berpermukaan padat dan keras) namun memiliki permukaan yang tidak. Hal ini dapat terjadi bila tekanan bunyi di tiap bagian ruang tersebut sama dan gelombang bunyi dapat ditransmisikan ke segala arah. Difusi pada umumnya dimanfaatkan untuk memperbaiki pemantulan yang tidak dikehendaki dalam ruangan sehingga mencegah terjadinya pengelompokan bunyi dan menghasilkan bunyi yang dapat didengar secara merata. Dengan adanya perbedaan sudut pantul dan jarak tempuh dari sumber bunyi ke diffuser menyebabkan terjadinya perbedaan waktu pantul yang minim namun dapat menghasilkan sensasi bunyi yang terdengar lebih mantap. Contoh permukaan yang tidak teratur dalam ruang adalah dinding atau langit-langit yang terkotak-kotak dan bergerigi seperti Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Penyebaran Bunyi dalam Ruang

Sumber: Rossing, *Springer Book of Acoustics* (2007)

## 2.2.2 Kebisingan

Semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari dianggap sebagai bising. Secara umum, bising didefinisikan sebagai tiap bunyi yang tidak diinginkan oleh penerimanya. (Budiono, 1992 : 9). Kebisingan yang berfrekuensi tinggi lebih mengganggu jika dibandingkan dengan kebisingan berfrekuensi rendah. Dalam hal ini, kebisingan tidak perlu memiliki volume yang keras, namun jenis suara yang dapat mengganggu kenyamanan manusia.

### 2.2.2.1 Sumber dan Jenis Kebisingan

Semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari dianggap sebagai bising. Secara umum, bising



didefinisikan sebagai tiap bunyi yang tidak diinginkan oleh penerimanya. (Budiono, 1992 : 9).

Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan DKI Jakarta, kebisingan yang dilakukan karena perbuatan manusia dapat ditimbulkan oleh bermacam-macam penyebab, yaitu:

- **Transportasi**

Kebisingan dapat terjadi karena kecepatan laju dari kendaraan maupun dari bunyi klakson yang berasal dari kendaraan tersebut.

- **Industri**

Kebisingan dapat berasal dari kegiatan proses industri maupun dari penggunaan mesin di dalam industri tersebut.

- **Tempat Hiburan**

Kebisingan disini dapat berasal dari musik yang dibunyikan melalui *sound system*.

- **Tempat Umum**

Kebisingan dapat berasal dari kegiatan sehari-hari yang dilakukan di tempat umum.

Menurut Suma'mur, jenis kebisingan yang dapat ditemukan di lingkungan kerja adalah sebagai berikut:

- *Constant/steady noise*

Kebisingan yang mempunyai tingkat tekanan bunyi yang relatif konstan atau tingkat fluktuasi yang relatif kecil

- *Fluctuating Noise*

Kebisingan yang memiliki tingkat tekanan bunyi yang berfluktuasi dalam jumlah yang signifikan

- *Continuous Noise*

Kebisingan yang terjadi secara terus-menerus dalam sebuah interval waktu tertentu

- *Intermetten noise*

Kebisingan yang terjadi tidak secara terus-menerus namun terputus-putus dalam suatu interval waktu tertentu

- *Impulsive noise*  
Kebisingan yang terjadi dengan ditandai oleh kenaikan dan penurunan tingkat tekanan bunyi dalam waktu kurang dari satu detik
- *Random noise*  
Kebisingan yang terdiri dari berbagai level, baik amplitudo maupun frekuensi yang terjadi secara acak dalam suatu interval waktu tertentu
- *White noise*  
Kebisingan yang terdiri dari spektrum acak dan memiliki kelompok frekuensi yang sama pada masing-masing frekuensi band
- *Background noise*  
Kebisingan yang berasal dari lingkungan kerja
- *Annoyance*  
Suara yang dirasakan mengganggu dari segi sensitivitas individu dan memiliki tingkat tekanan bunyi yang lebih besar atau sama dengan 63 dB(A).

#### 2.2.2.2 Pengukuran Kebisingan

Dalam mengukur tingkat kebisingan suatu tempat, terdapat beberapa skala pengukuran atau pembobotan untuk mengukur kebisingan yang paling mendekati respon terhadap frekuensi tertentu agar dapat mendekati respon telinga manusia. Skala pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

- *A-weighted*/Skala pengukuran A  
Skala ini digunakan untuk memperlihatkan perbedaan kepekaan yang besar pada frekuensi rendah dan tinggi yang menyerupai reaksi telinga untuk intensitas rendah (35-135 dB).
- *B-weighted*/Skala pengukuran B  
Skala ini digunakan untuk memperlihatkan perbedaan kepekaan bunyi untuk intensitas sedang (40-135 dB).
- *C-weighted*/Skala pengukuran C  
Skala ini digunakan untuk memperlihatkan perbedaan kepekaan bunyi untuk intensitas tinggi (45-135 dB).

Pengukuran kebisingan dapat dimudahkan dengan menggunakan beberapa alat, yaitu:

- *Sound Level Meter (SLM)*

SLM (*Sound level meter*) adalah sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengukur kebisingan. Alat ini terdiri dari mikrofon, komponen listrik, serta tampilan ukuran tingkat kebisingan. Tingkat kebisingan yang ditampilkan biasanya dalam satuan decibel (dB).

Alat SLM ini dapat mengambil ukuran dengan respon yang cepat maupun lambat. Tingkat respon adalah jangka waktu alat tersebut merata-ratakan tingkat kebisingan sebelum menampilkannya. Respon yang biasa digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan adalah respon yang lambat. Selain itu, pada alat SLM ini dapat diatur juga pengambilan tingkat kebisingan dalam jenis pembobotan yang diinginkan.

SLM digunakan saat ingin mengukur tingkat kebisingan yang seketika sehingga dapat digunakan pada lingkungan kerja yang memiliki tingkat kebisingan yang kontinu. Untuk menentukan tingkat kebisingan yang terpapar kepada seorang pekerja, alat yang tepat digunakan adalah *noise dosimeter*.

- *Noise Dosimeter*

*Noise dosimeter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan dan memiliki bentuk yang relatif kecil. Alat ini sangat tepat dan berguna dalam mengukur tingkat kebisingan yang fluktuatif dalam durasi dan intensitas paparan tingkat kebisingan di lingkungan industri, serta jika terjadi perpindahan lokasi tempat bekerja.

Alat ini diatur untuk mengukur paparan tingkat kebisingan sampai delapan jam per hari untuk lima hari per minggu. Dalam pengukurannya, mikrofon alat ini didekatkan ke telinga pekerja yang terpapar kebisingan agar didapatkan *average noise dose*, dimana hal ini dinyatakan sebagai persentase dari paparan maksimal yang diizinkan. Jika seorang pekerja menerima *noise dose* sebesar 100% saat bekerja, hal ini memungkinkan rata-rata tingkat paparan kebisingan sudah berada di batas maksimum. Alat *noise dosimeter*

ini juga dapat diatur untuk mengukur sesuai suatu standar kebisingan yang berlaku.

### 2.2.3 Material Akustik Ruang

Material dalam suatu ruang yang mempengaruhi terhadap keadaan akustik ruang tersebut disebut material akustik. Material akustik ini merupakan bahan penyusun permukaan suatu ruang dan dipertimbangkan saat menilai keadaan akustik ruang. Klasifikasi material akustik dapat dibagi berdasarkan fungsinya yaitu sebagai berikut:

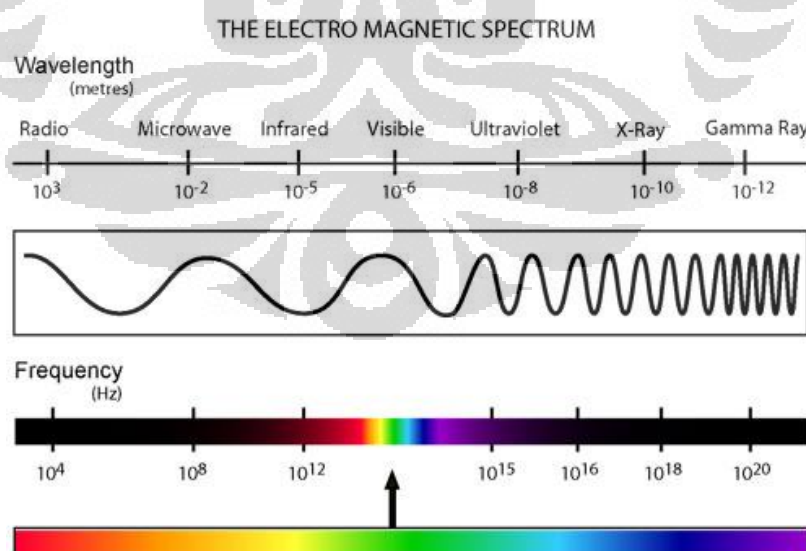
- **Membendung gelombang bunyi**  
Menurut Suptandar (1999), kayu merupakan bahan yang paling baik untuk membendung gelombang bunyi, karena kayu terdiri dari sel-sel besar dan kecil yang satu sama lain tumbuh lekat, sehingga rongga-rongga kayu banyak mengubah energi bunyi menjadi energi gesekan / kalor. Kayu cukup padat dan elastis untuk berfungsi sebagai membran resonator yang memungkinkan pemantulan bunyi (Suptandar,1999).
- **Sebagai Penyerap Bunyi Berfrekuensi Tinggi**  
Proses penyerapan bunyi berfrekuensi tinggi adalah dengan mengubah energi bunyi menjadi energi kalor. Bunyi tersebut dapat diserap oleh material-material yang mengandung banyak udara atau berpori-pori lembut. Semakin berpori suatu material, semakin bagus pula kemampuannya untuk menyerap bunyi berfrekuensi tinggi. Beberapa contoh material berpori-pori lembut antara lain serabut kayu, bahan-bahan organik sekaman kayu, serabut kelapa merang jerami dan bahan sintesis berbentuk busa seperti novelen, *styrofoam* geltofren dan batu apung.
- **Sebagai Penyerap Nada-nada Menengah dan Rendah**  
Pada penyerapan nada-nada menengah dan rendah, prosesnya adalah dengan mengubah energi bunyi menjadi energi mekanis, yang dijelaskan oleh Suptandar (1999) sebagai gerak getaran suatu selaput membran atau plat yang relatif tipis tetapi padat dan bisa berputar secepat mungkin, sehingga banyak energi bunyi diubah menjadi getaran selaput atau resonator. Material-material yang dapat digunakan untuk menyerap nada-nada menengah dan rendah

adalah pelat-pelat tipis atau kulit tipis yang elastis dan mudah bergendang dan diberi lapisan bantalan udara atau penyerap bunyi di belakangnya untuk mencegah terjadinya sumber bunyi baru yang terjadi dari getaran pada pelat tersebut. Material yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah akustik selain kayu adalah bambu, karena bambu memiliki prinsip resonator dengan kulit yang relatif keras dan daging yang relatif lunak. Penempatan korden dengan menyisakan rongga udara di belakangnya dapat berfungsi untuk menyerap suara-suara berfrekuensi rendah.

## 2.2 Pencahayaan

### 2.2.1 Pengertian Cahaya

Menurut *Encyclopedia Americana* (1984), cahaya adalah energi elektromagnetik yang terpancar dan dapat dirasakan oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata adalah satu-satunya bagian yang sangat kecil dari spektrum radiasi elektromagnetik yang luas. Spektrum ini meliputi gelombang radio, radiasi infra merah, cahaya yang terlihat oleh mata, radiasi ultraviolet, sinar X, dan sinar gamma. Bagian dari spektrum cahaya yang terlihat oleh mata berkisar antara frekuensi  $4 \times 10^{14}$  Hz hingga frekuensi  $8 \times 10^{14}$  Hz.



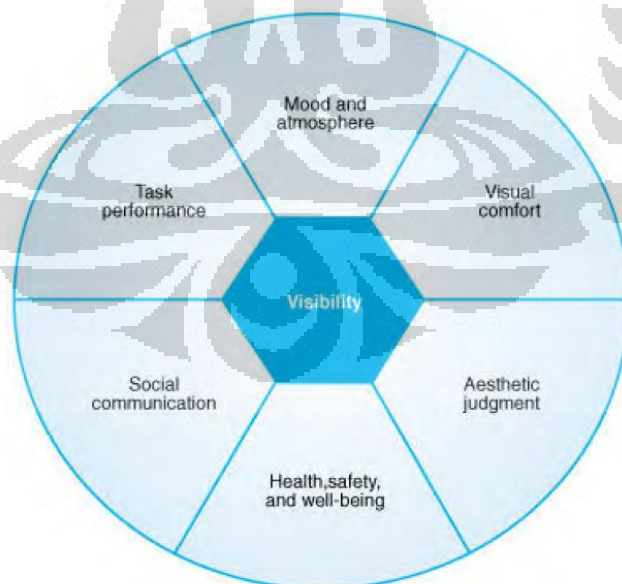
**Gambar 2.5** Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Sumber : *University of Illinois* (2009)

Sumber cahaya dapat berasal dari matahari, lampu listrik maupun benda-benda yang tembus pandang seperti kaca atau air. Cahaya akan memantul bila terkena permukaan benda padat dan benda tersebut akan memancarkan cahaya itu. Manusia dapat melihat suatu benda jika cahaya yang dipantulkan memasuki mata, sehingga tanpa cahaya tidak dapat melihat benda apapun. Cahaya dan terang adalah syarat untuk penglihatan manusia dan dibutuhkan suatu daerah optimum antara terang maksimum dan minimum untuk melihat secara sehat.

### 2.2.2 Manusia dan Cahaya

Persepsi, tindakan, emosi, serta kesehatan manusia dipengaruhi oleh pencahayaan. Kebutuhan dasar dari manusia bergantung pada penglihatan, dimana penglihatan merupakan sarana manusia untuk mendeteksi pola cahaya sehingga manusia dapat menganalisa dan mengevaluasi lingkungan di sekitarnya. Disaat objek dan pola di sekitar manusia dapat dievaluasi, manusia mampu menjalankan indera lainnya. Gambar 2.6 menggambarkan penglihatan sebagai pusat dari kebutuhan manusia lainnya, seperti *task performance*, *mood and atmosphere*, *visual comfort*, *aesthetic judgment*, *health, safety, and well-being*, serta *social communication*.



**Gambar 2.6** Kegiatan Manusia Berkaitan dengan Pencahayaan

Sumber : *IESNA Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

### 2.2.3 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah sistem pencahayaan yang menggunakan sumber cahaya dari matahari pada siang hari. Manfaat pencahayaan alami dapat memberikan lingkungan visual yang menyenangkan dan nyaman dengan kualitas cahaya yang mirip dengan kondisi alami di luar bangunan. Selain itu, pemanfaatan pencahayaan alami digunakan untuk mengurangi penggunaan listrik.

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Selain itu, distribusi cahaya di dalam ruangan sebaiknya cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

- hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
- ukuran dan posisi lubang cahaya
- distribusi terang langit
- bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

Kualitas distribusi sistem pencahayaan alami siang hari dalam suatu ruangan dapat dikatakan baik apabila:

- tingkat pencahayaan yang minimal dibutuhkan selalu dapat dicapai atau dilampaui tidak hanya pada daerah-daerah di dekat jendela atau lubang cahaya tetapi untuk ruangan secara keseluruhan.
- tidak terjadi kontras antara bagian yang terang dan gelap yang terlalu tinggi (40:1) sehingga dapat mengganggu penglihatan

Untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami siang hari di dalam ruangan perlu diperhatikan petunjuk-petunjuk di bawah ini :

- Apabila kondisi bangunan memungkinkan, hendaknya ruangan dapat menerima cahaya lebih dari satu arah. Hal ini akan membantu meratakan distribusi cahaya dan mengurangi kontras yang mungkin terjadi.
- Permukaan ruangan bagian dalam menggunakan warna yang cerah.

- Vitrase atau gordien transparan dapat membantu membaurkan cahaya, namun juga mengurangi cahaya yang masuk. Pengurangan cahaya dapat mencapai 50% atau lebih tergantung pada bahan yang digunakan.
- Kasa nyamuk clapat mengurangi banyaknya arus cahaya yang masuk sekurang-kurangnya 15%.
- Penggunaan kaca khusus untuk mengurangi radiasi termal sebaiknya tidak mengurangi cahaya yang masuk.

#### 2.2.4 Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah sistem pencahayaan yang menggunakan cahaya dari lampu. Sistem pencahayaan tipe ini diterapkan untuk mendukung sistem pencahayaan alami yang sudah ada pada sebuah ruangan jika pencahayaan alami tidak cukup untuk menerangi ruangan tersebut. Selain itu, sistem pencahayaan buatan diadakan pada ruangan yang tidak memiliki akses kepada cahaya alami maupu ruangan yang digunakan pada malam hari dimana cahaya alami sudah tidak tersedia.

Berdasarkan penyebarannya, sistem pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi:

- Sistem pencahayaan merata.  
Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama. Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.
- Sistem pencahayaan setempat.  
Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit di atas tempat tersebut.
- Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat.



Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual. Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu, pencahayaan merata terhalang sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut, serta saat tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan.

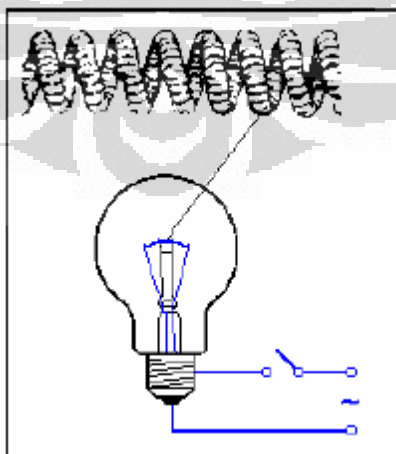
### 2.2.5 Komponen Pencahayaan Buatan

Dalam merancang sebuah sistem pencahayaan pada suatu ruang dapat disesuaikan dengan fungsi ruang tersebut atau kegiatan yang dilakukan dalam ruang tersebut. Untuk menciptakan sistem pencahayaan yang tepat sesuai tujuannya, terdapat beberapa komponen pencahayaan buatan yaitu lampu serta *luminare*.

#### 2.2.5.1 Lampu

Berdasarkan dokumen SNI (Standar Nasional Indonesia) nomor 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, lampu listrik dapat dikategorikan dalam dua golongan yaitu lampu pijar dan lampu pelepasan gas.

##### a) Lampu pijar



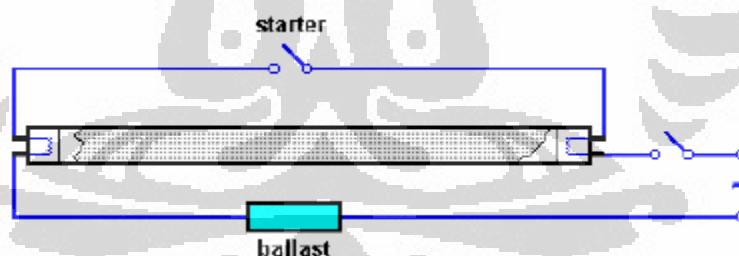
**Gambar 2.7** Contoh Lampu Pijar

Sumber: *United Nations Environment Programme*, (2006)

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Komponen utama lampu pijar terdiri dari filamen, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu atau *fitting*. Lampu halogen adalah lampu pijar biasa yang mempunyai filamen temperatur tinggi dan menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu.

b) Lampu pelepasan gas.

Lampu ini tidak sama bekerjanya seperti lampu pijar. Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan elektron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi dan terkadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar. Pada umumnya lampu ini tidak dapat bekerja tanpa balast sebagai pembatas arus pada sirkit lampu. Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau tekanan gas rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan memakai merkuri adalah lampu fluoresen tabung atau disebut *Tube Lamp*.



**Gambar 2.8** Contoh Lampu Fluoresen Tabung

Sumber: *United Nations Environment Programme* (2006)

Lampu fluoresen tabung dimana sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk fluoresen pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Umumnya lampu ini berbentuk panjang yang mempunyai elektroda pada kedua ujungnya, berisi uap merkuri pada tekanan rendah dengan gas inert untuk penyalannya. Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan. Lampu fluoresen mempunyai diameter antara lain 26 mm dan

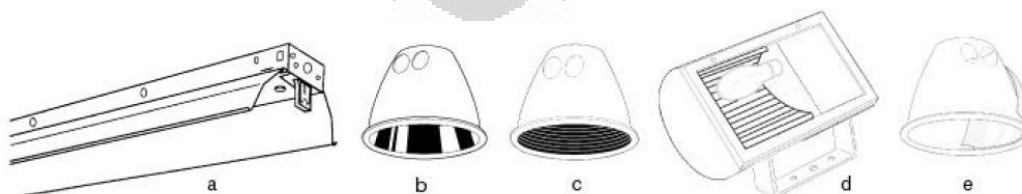
38 mm, mempunyai bermacam-macam warna; merah, kuning, hijau, putih, daylight dan lain-lain serta tersedia dalam bentuk bulat (TLE). Lampu fluoresen mempunyai dua sistem penyalaaan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Lampu fluoresen jenis tanpa starter antara lain TL-RS, TL-X dan TL-M. Ada dua jenis lampu fluoresen tanpa starter yaitu *rapid start* dan *instant start*. Bentuk lampu fluoresen dapat berbentuk miniatur dan ada yang dilengkapi dengan balast dan starter dalam satu selungkup gelas dan kaki lampunya sesuai dengan kaki lampu pijar . Lampu ini memakai balast elektronik atau balast konvensional dan disebut lampu fluoresen kompak. Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminus yang sama serta umurnya lebih panjang.

#### 2.2.5.2 Luminaire

*Luminaire* adalah suatu alat pencahayaan yang dapat menjadi sumber cahaya dan dapat mengendalikan distribusi pencahayaan pada saat yang bersamaan (*IESNA Lighting Handbook, 9<sup>th</sup> Edition*). Berikut ini adalah beberapa jenis unit *luminaire* berdasarkan bentuk dan fungsinya:

- Reflektor

Reflektor adalah jenis *luminaire* yang memiliki tingkat pemantulan cahaya yang tinggi. Bentuk reflektor disesuaikan untuk mengarahkan pemantulan yang berasal dari lampu agar memiliki fokus pencahayaan yang kuat. Jenis *luminaire* ini terbuat dari material plastik atau metal yang mampu memantulkan cahaya dengan baik. Contoh penggunaan reflektor adalah untuk memfokuskan cahaya untuk penerangan kegiatan olahraga. Gambar 2.9 menunjukkan berbagai tipe reflektor yang dapat digunakan.

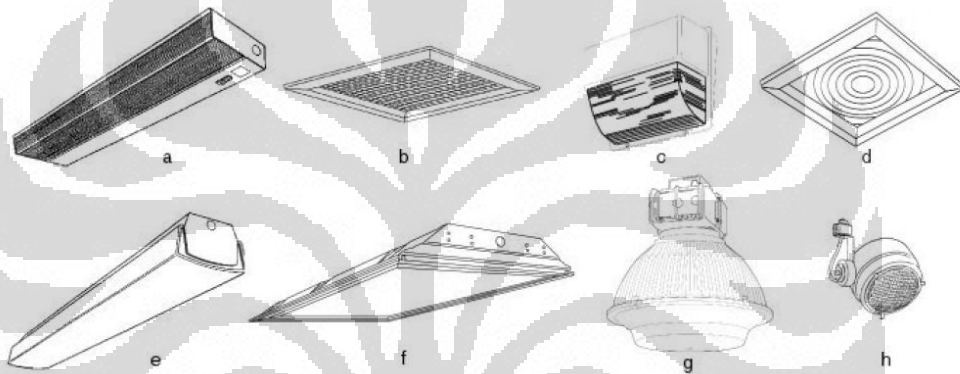


**Gambar 2.9** Contoh *Luminaire* Jenis Reflektor

Sumber : IESNA *Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

- Refraktor

Refraktor adalah unit pengendalian cahaya yang membelokkan arah cahaya dengan memblok arah cahaya dengan material tertentu. Material yang biasa digunakan untuk membelokkan cahaya adalah kaca atau plastik dengan bentuk prisma dua atau tiga dimensi. Bentuk prisma yang ukuran sangat kecil disusun menjadi suatu lembaran dari material kaca atau plastic sehingga bentuk prisma tersebut bekerja secara serentak untuk membelokkan cahaya. Penggunaan reflektor pada umumnya adalah untuk menyebarkan cahaya tersebut agar tidak menimbulkan cahaya yang terlalu terarah. Gambar 2.10 menunjukkan beberapa contoh refraktor yang sering digunakan.

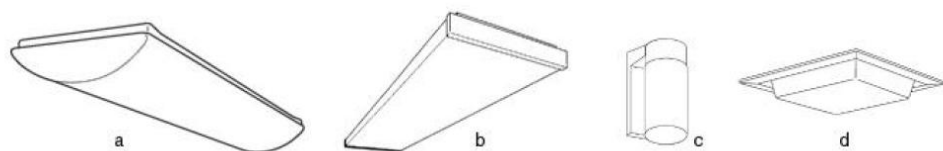


**Gambar 2.10** Contoh *Luminaire* Jenis Refraktor

Sumber : IESNA *Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

- *Diffusers*

*Diffuser* adalah jenis unit *luminaire* yang menyebarkan cahaya ke berbagai arah. Proses penyebaran cahaya ini berlangsung pada material yang terdapat di dalam *diffuser*. Material yang dapat digunakan pada *diffuser* adalah plastic serta kaca yang terbuat dari pasir. Jenis *luminaire* ini memiliki fungsi utama untuk menyebarkan cahaya dan mengurangi tingkat penerangan sehingga tidak menyebabkan silau.

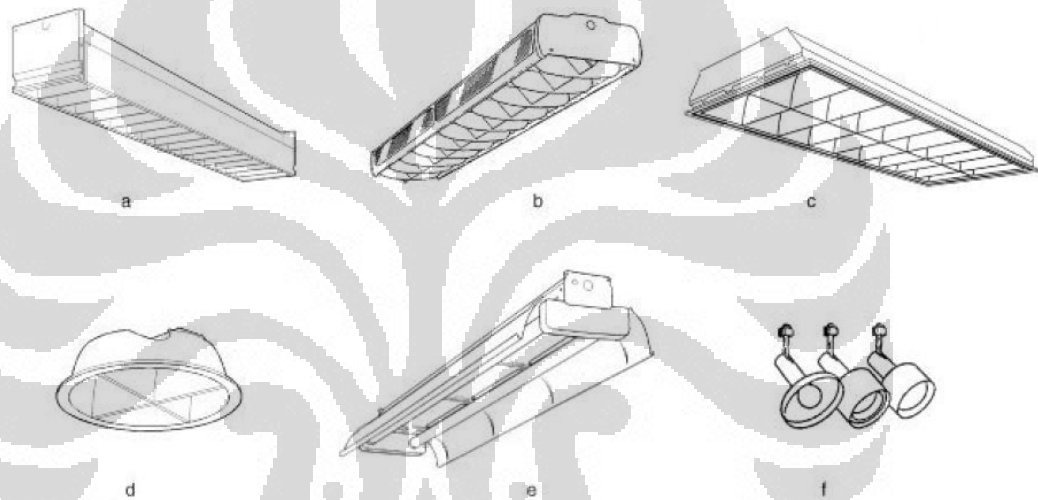


**Gambar 2.11** Contoh *Luminaire* Jenis *Diffuser*

Sumber : IESNA *Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

- Kap lampu

Kap lampu adalah teduhan lampu yang digunakan untuk mengurangi atau mengeliminasi pandangan langsung terhadap lampu dari luar *luminaire*. Jenis *luminaire* ini memiliki material yang transparan dan dirancang untuk mendifusi cahaya yang berasal dari lampu. Pisau atau piringan yang terdapat di dalam kap lampu dapat diposisikan untuk memenuhi fungsi kap lampu ini dengan mengarahkan cahaya yang keluar dari kap lampu pada saat yang bersamaan. Piringan tersebut dapat disusun secara linear maupun sebagai segiempat. Hal ini bergantung pada kemiringan arah cahaya yang ingin diarahkan.



**Gambar 2.12** Contoh *Luminaire* Jenis Kap Lampu

Sumber : IESNA *Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

Berdasarkan *International Commission on Illumination*, klasifikasi *luminaire* dapat dibagi berdasarkan arah distribusi pencahayaannya sebagai berikut:

- Pencahayaan Langsung (*direct lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda yang perlu diterangi. Jenis ini dinilai paling efektif dalam mengatur pencahayaan, tetapi ada kelemahannya karena dapat menimbulkan bahaya serta kesilauan yang mengganggu, baik karena penyinaran langsung maupun karena pantulan cahaya.

- **Pencahayaan Semi Langsung (*semi direct lighting*)**  
Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dengan jenis pencahayaan ini, kelemahan sistem pencahayaan langsung dapat dikurangi.
- **Sistem Pencahayaan Difus (*general diffuse lighting*)**  
Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dalam pencahayaan sistem ini termasuk sistem pencahayaan *direct-indirect* yakni memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya keatas.
- **Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*semi indirect lighting*)**  
Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bagian bawah. Pada jenis pencahayaan ini masalah bayangan praktis tidak ada serta kesilauan dapat dikurangi.
- **Sistem Pencahayaan Tidak Langsung (*indirect lighting*)**  
Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Agar seluruh langit-langit dapat menjadi sumber cahaya, perlu diberikan perhatian dan pemeliharaan yang baik. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan, sedangkan kerugiannya mengurangi efisiensi cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

#### 2.2.6 Pengujian Tingkat Pencahayaan

Pengujian kinerja sistem pencahayaan dimaksudkan untuk mengetahui dan atau menilai kondisi suatu sistem pencahayaan apakah masih, sudah atau belum memenuhi standar atau ketentuan pencahayaan yang berlaku. Pengujian dimaksudkan untuk memeriksa, mengamati dan mengukur tingkat pencahayaan dalam satuan lux.

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja, dimana bidang kerja ialah bidang horisontal yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh

ruangan. Tingkat pencahayaan yang diperlukan disesuaikan dengan jenis kegiatan yang dilakukan.

IESNA atau *Illumination Electrical Society of North America* menetapkan tujuh kategori standar tingkat penerangan minimum berdasarkan kegiatan yang dilakukan. Masing-masing kategori ini memiliki deskripsi kegiatan yang detail sehingga penerapan dapat dilakukan seakurat mungkin. Tingkat penerangan yang disarankan oleh IESNA dapat dilihat pada Gambar 2.13.

=====

TABLE 1

=====

IES ILLUMINANCE CATEGORIES and VALUES - for GENERIC INDOOR ACTIVITIES

ACTIVITY	CATEGORY	LUX	FOOTCANDLES
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-100	5-7.5-10
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-300-500	20-30-50
Performance of visual tasks of medium contrast or small size	E	500-750-1000	50-75-100
Performance of visual tasks of low contrast or very sm size	F	1000-1500-2000	100-150-200
Performance of visual tasks of low contrast or very sm size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	200-300-500
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	H	5000-7500-10000	500-750-1000
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000

A-C for illuminances over a large area (ie lobby space)  
D-F for localized tasks  
G-I for extremely difficult visual tasks

=====

**Gambar 2.13** Tingkat Penerangan yang Disarankan untuk Berbagai Kegiatan Dalam Ruang

Sumber : IESNA *Lighting Handbook 9<sup>th</sup> Edition*

Tingkat pencahayaan dari suatu sumber cahaya buatan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu posisi pemasangan, umur dan jenis lampu, pemeliharaan dan tegangan listrik.

## 2.4 Ruang Auditorium

### 2.4.1 Definisi dan Jenis Ruang Auditorium

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, auditorium didefinisikan sebagai bangunan atau ruangan besar di kantor, sekolah, universitas, atau gedung untuk mendengarkan ceramah atau untuk mengadakan pertunjukan. Menurut Barron (2010), auditorium dapat dibagi berdasarkan fungsinya yaitu:

- *Speech auditorium*, yaitu auditorium mono-fungsi untuk pertemuan dengan aktivitas utama percakapan (*speech*) seperti seminar, konferensi, kuliah, dan seterusnya. Sebuah auditorium yang digunakan untuk ruang kuliah dapat disebut juga sebagai *lecture hall*.
- *Music Auditorium*, yaitu auditorium dengan aktivitas utama sajian kesenian seperti seni musik, seni tari, teater musikal, dan seterusnya. Secara akustik, jenis auditorium ini masih dapat dibedakan lebih rinci menjadi auditorium yang menampung aktivitas musik saja dan yang menampung aktivitas musik sekaligus gerak.
- Auditorium multifungsi, yaitu auditorium yang tidak dirancang secara khusus untuk fungsi percakapan atau musik saja, namun sengaja dirancang untuk mewadahi keduanya.

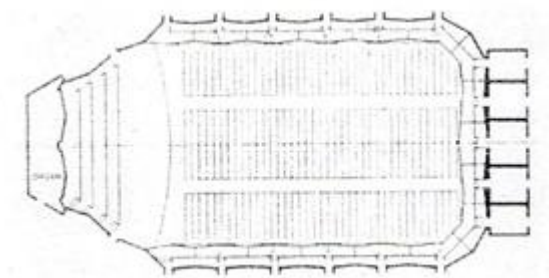
Klasifikasi auditorium menurut fungsi utamanya merupakan hal yang penting untuk dilakukan agar dapat diciptakan perancangan yang maksimal untuk mendukung fungsi utamanya tersebut.

### 2.4.2 Dimensi Bentuk Ruang Auditorium

Untuk memaksimalkan kinerja, auditorium dibuat dalam bentuk berbeda-beda disesuaikan dengan kegiatan yang berlangsung di dalamnya. Kegiatan tersebut diantaranya sebagai tempat konser, pementasan drama, seminar, atau rapat. Bentuk auditorium dipilih berdasarkan kebutuhan jumlah pengunjung dan kualitas akustik serta visual. Menurut Leslie L. Doelle (1993), bentuk ruang auditorium dapat dibagi berdasarkan sistem akustiknya. Pembagian tersebut adalah sebagai berikut:



- Segiempat

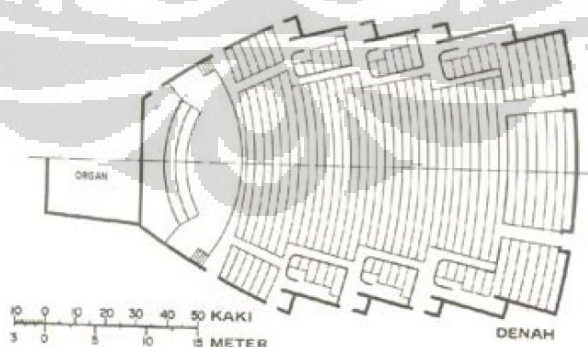


**Gambar 2.14** Auditorium Berbentuk Segiempat

Sumber: Doelle, *Akustik Lingkungan* (1993)

Bentuk ini merupakan bentuk yang sederhana dari ruang auditorium. Perletakan panggung pertunjukkan berada di salah satu sisi dan ruang penonton berada di sisi yang lain. Kondisi ini menyebabkan penonton yang berada di area samping akan merasa kesulitan menikmati pertunjukan kesenian karena arah hadapnya tidak lurus ke arah panggung pertunjukkan sehingga mengurangi rasa nyaman. Auditorium berbentuk segiempat dapat memiliki panggung pertunjukan yang berada di tengah-tengah ruang penonton. Kondisi ini dapat menampung lebih banyak penonton, namun penonton yang berada di area samping akan tetap merasa kesulitan fokus ke arah panggung. Bentuk ini sering digunakan sebagai ruang pertemuan.

- Kipas (melingkar)



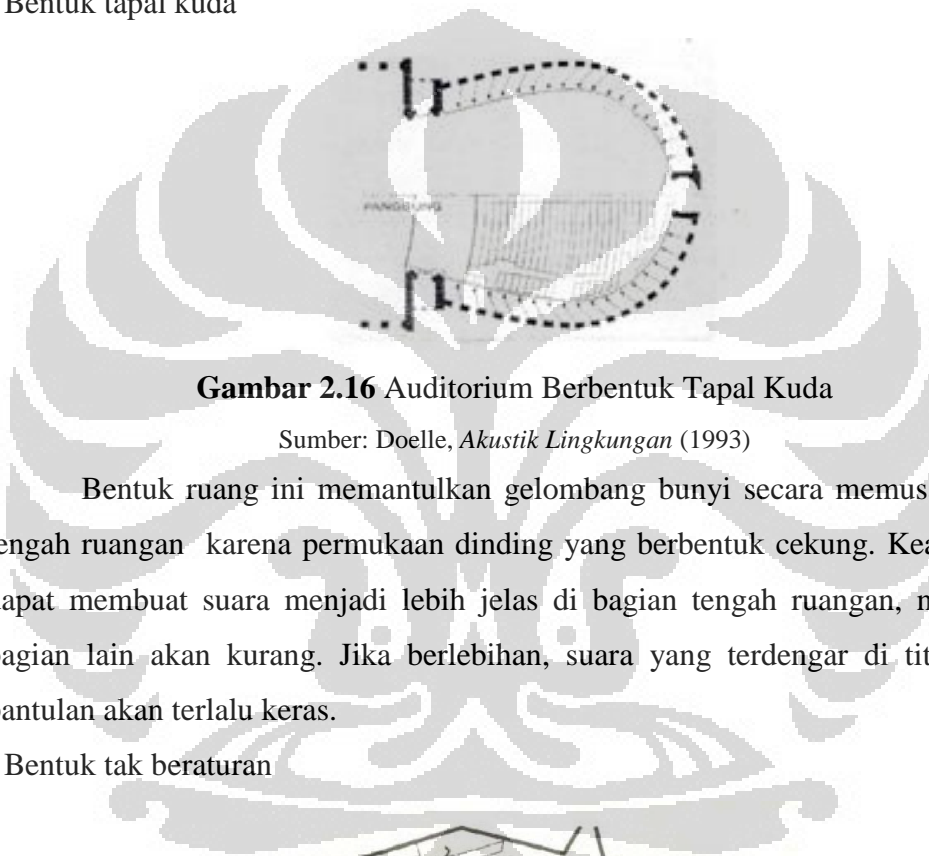
**Gambar 2.15** Auditorium Berbentuk Kipas

Sumber: Doelle, *Akustik Lingkungan* (1993)

Kondisi ruang auditorium berbentuk kipas berupa pandangan dari ruang penonton tertuju pada satu pusat yaitu panggung auditorium tersebut. Hal tersebut

dapat mengurangi gangguan visual dari ruang penonton. Ruang di sekitar panggung pertunjukkan dapat digunakan sebagai ruang penonton yang terletak melingkari panggung pertunjukan, dimana dapat berupa seperempat lingkaran, setengah lingkaran, atau tiga perempat lingkaran. Dengan demikian, ruang penonton dapat menampung jumlah lebih banyak dibanding jika ruang auditorium berbentuk segiempat. Bentuk ini sering digunakan sebagai pementasan teater atau orkestra.

- Bentuk tapal kuda

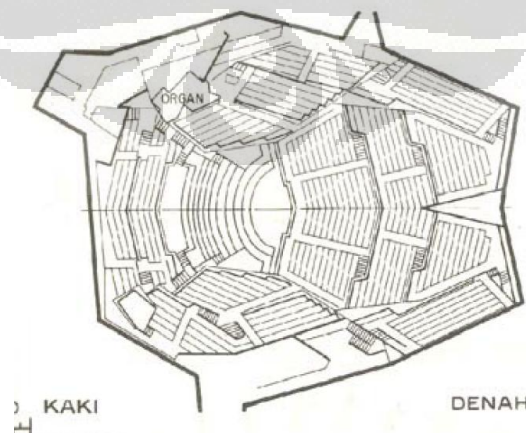


**Gambar 2.16** Auditorium Berbentuk Tapal Kuda

Sumber: Doelle, *Akustik Lingkungan* (1993)

Bentuk ruang ini memantulkan gelombang bunyi secara memusat di sisi tengah ruangan karena permukaan dinding yang berbentuk cekung. Keadaan ini dapat membuat suara menjadi lebih jelas di bagian tengah ruangan, namun di bagian lain akan kurang. Jika berlebihan, suara yang terdengar di titik fokus pantulan akan terlalu keras.

- Bentuk tak beraturan



**Gambar 2.17** Auditorium Berbentuk Tak Beraturan

Sumber: Doelle, *Akustik Lingkungan* (1993)

Bentuk ini dimaksudkan untuk memenuhi aspek kenyamanan visual, pencahayaan, dan akustik. Dinding ruangan dibuat tak beraturan (cekung dan cembung dengan perhitungan sistematis) agar dapat menyerap bunyi (bunyi cacat akustik) ataupun memantulkan gelombang bunyi yang dibutuhkan dengan baik.

## 2.5 Kriteria Akustik untuk Ruang Auditorium

Seperti yang telah disinggung sebelumnya, fungsi dari sebuah ruang auditorium menentukan rancangan akustik yang diterapkan untuk ruang auditorium tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mencapai keadaan akustik yang dapat memadai kegiatan yang dilaksanakan pada ruang auditorium tersebut. Perbedaan rancangan akustik ini juga menyebabkan adanya perbedaan dalam kriteria akustik serta pengujiannya yang bergantung pada jenis auditorium tersebut. Meskipun demikian, terdapat beberapa kriteria yang digunakan untuk perancangan akustik ruang secara umum yaitu tingkat kebisingan serta *reverberation time* atau waktu dengung.

### 2.5.1 Tingkat Kebisingan

Kebisingan yang terjadi pada ruang auditorium dapat disamakan dengan kebisingan yang dapat terjadi pada ruang tertutup dengan fungsi apapun. Hal ini disebabkan sumber tingkat kebisingan yang dapat berasal dari dalam ruang itu sendiri (*internal noise*) maupun dari luar ruang tersebut (*external noise*) (*Acoustical Society of America*, 2000). Sumber kebisingan dari dalam ruang itu sendiri dapat berasal dari peralatan yang berfungsi dalam ruang tersebut, seperti pendingin ruangan dan sistem pencahayaan. Sumber kebisingan yang berasal dari luar ruang sangat bergantung pada posisi ruang tersebut, dimana sumber ini dapat berasal dari alat transportasi yang beroperasi maupun ruang-ruang lain yang sedang berlangsungnya kegiatan.

Meskipun kebisingan yang dapat dialami oleh sebuah ruang terlepas dari fungsinya adalah kurang lebih sama, terdapat penyaranan tingkat kebisingan minimum yang bergantung pada jenis kegiatan yang dilaksanakan oleh di dalam ruang tersebut. Daftar tingkat kebisingan minimum yang disarankan oleh Leslie Doelle (1993) dapat dilihat pada Gambar 2.18 dimana tingkat kebisingan yang

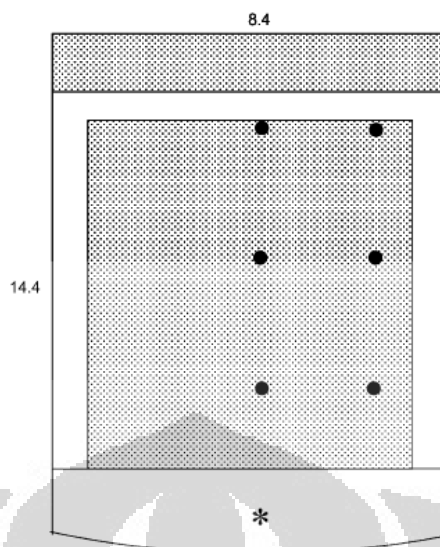
disarankan untuk sebuah ruang auditorium di lingkungan sekolah adalah maksimal 35 dB.

Fungsi Ruang	Kelas NC
Ruang konser	15-20
Studio rekaman	15-20
Ruang music	20-25
Ruang kelas	25
Ruang konferensi	25-30
Auditorium sekolah	25-35
Hotel	25-35
Rumah makan	35-50
Kantor	35-45

**Gambar 2.18** Kriteria Kebisingan untuk Beberapa Ruang

Sumber: Doelle, *Akustik Lingkungan* (1993)

Selain tingkat kebisingan yang disarankan oleh Doelle, ANSI (*American National Standards Institute*) bersama dengan *Acoustical Society of Acoustics* mengeluarkan dokumen standar nomor S12.60-2002 mengenai *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools*. Standar ini membahas kriteria akustik, termasuk tingkat kebisingan, yang disarankan untuk ruang belajar di lingkungan akademik dengan ukuran volum ruang yang kurang dari 566 m<sup>3</sup> sehingga metode yang disarankan oleh ANSI tidak tepat untuk diterapkan sepenuhnya pada sebuah ruang auditorium. Namun, metode yang disarankan oleh ANSI tidak jauh berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan untuk mengukur tingkat kebisingan di berbagai ruang belajar univerristas, termasuk *lecture hall* atau ruang auditorium (Hodgson; Rempel; dan Kennedy, 1998). Perbedaan antar kedua metode tersebut adalah titik ukur yang diambil sebagai sampel, dimana ruang auditorium digunakan titik ukur yang lebih banyak karena volum ruangnya yang besar.



**Gambar 2.19** Contoh Peletakan Titik Ukur untuk Mengukur Tingkat Kebisingan Ruang Auditorium

Sumber : Hodgson (2004)

Pengukuran tingkat kebisingan biasa dilakukan pada saat ruang tersebut kosong, seperti penelitian yang dilakukan oleh Hodgson, Rempel, dan Kennedy (1998) mengenai tingkat kebisingan pada ruang belajar di lingkungan universitas. Ruang yang diukur bervariasi dari ruang kelas ukuran standar hingga ruang auditorium berkapasitas lebih dari 200 orang. Meskipun ruang dalam keadaan kosong, peralatan yang berfungsi dinyalakan untuk mengetahui dampak peralatan tersebut terhadap kebisingan. Penentuan titik ukur kebisingan ditentukan secara menyebar di daerah pengguna ruang atau posisi pendengar pada keadaan biasanya untuk mendapatkan sampel keadaan tingkat kebisingan di setiap bagian ruang. Pengukuran dapat dibantu dengan *Sound Level Meter* yang diatur untuk menyamakan persepsi bunyi yang didengar manusia agar dapat diketahui tingkat kebisingan yang dirasakan manusia (ANSI S12.60-2002).

Untuk mengatasi tingkat kebisingan dalam suatu ruang, sumber dari kebisingan itu sendiri harus diatasi. Jika jenis kebisingan berasal dari peralatan dalam ruang tersebut, harus dipertimbangkan keberadaan atau posisi alat tersebut agar tidak menimbulkan tingkat kebisingan dalam ruang tersebut. Jika jenis kebisingan berasal dari luar ruang tersebut, material akustik yang menyusun ruang tersebut dapat dipertimbangkan untuk membantu meredam bunyi sehingga bunyi yang tidak diinginkan tidak masuk ke dalam ruang.

## 2.5.2 Reverberation Time

### 2.5.2.1 Definisi Reverberation Time

*Reverberation time* atau waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan oleh sumber bunyi yang dihentikan seketika (bunyi impuls) untuk turun intensitasnya sebanyak 60 dB dari intensitas awalnya. Waktu dengung sebuah ruangan akan bergantung pada volume ruangan, luas permukaan bidang-bidang pembentuk ruangan, tingkat penyerapan permukaan bidang, dan frekuensi bunyi yang muncul dalam ruangan. Setiap ruangan dengan fungsi tertentu memiliki waktu dengung ideal, sesuai dengan aktivitas yang diwadahnya.

Waktu dengung merupakan parameter yang paling umum digunakan dalam desain akustik ruang. Parameter ini diciptakan oleh Wallace C. Sabine pada abad ke-19. Faktor yang mempengaruhi waktu dengung pada temperatur normal 22°C adalah volume ruang ( $V$ ), kapasitas pendengar, serta bidang lingkup yang absorbtif atau reflektif ( $A$ ), dengan rumus Sabine sebagai berikut:

$$RT = \frac{0,161V}{A}$$

$RT$  = waktu dengung ruang dalam detik

$V$  = volume ruang

$$A = \sum \alpha \times S$$

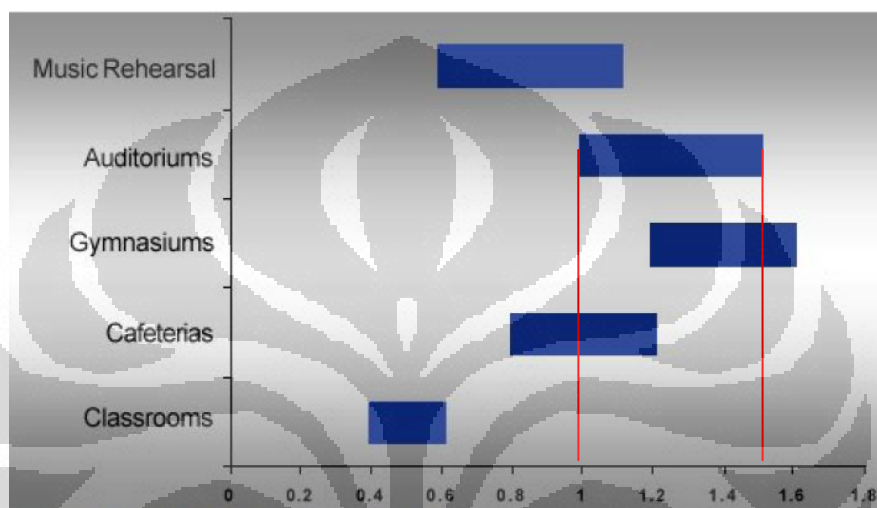
= total penyerapan dalam ruang yang diperoleh dari koefisien serap masing-masing material pelapis permukaan ruang dikalikan luasnya

$\alpha$  = koefisien penyerapan material

Jika volume ruangan semakin besar, waktu dengungnya juga semakin besar. Demikian jika bahan material dari bangunan tersebut memiliki koefisien dan luasan yang lebih besar, waktu dengung yang didapat semakin kecil. Parameter waktu dengung ( $RT$ ) auditorium berbeda-beda tergantung penggunaannya. Bahan penutup bidang permukaan interior yang berkaitan dengan angka koefisien absorpsi dan refleksi, sangat berpengaruh dalam menentukan besaran  $RT$  suatu auditorium (Doelle, 1972). Ruang yang keseluruhan permukaannya bersifat menyerap energi suara ( $RT$  sangat pendek) disebut ruang anti dengung (*anechoic chamber*), sedangkan ruangan yang keseluruhan

permukaan dalamnya bersifat memantulkan suara (RT sangat panjang) disebut ruang dengung (*reverberation chamber*).

Waktu dengung sebuah auditorium digunakan sebagai *speech auditorium* di lingkungan sekolah disarankan berada diantara 1 sampai 1,5 detik. Hal ini disarankan oleh *Acoustical Society of America* seperti yang terdapat pada Gambar 20. Untuk sebuah *music auditorium*, waktu dengung disarankan berada diantara 1,5 sampai 2 detik (Mediastika,2005).



**Gambar 2.20** Waktu Dengung yang Disarankan untuk Fasilitas Pendidikan

Sumber: *Acoustical Society of America* (2002)

Untuk mengetahui waktu dengung suatu ruang, dapat diketahui dengan dua cara. Cara yang pertama adalah mengestimasi waktu dengung sebuah ruang melalui rumus Sabine. Dengan cara ini, perlu diketahui material penyusun permukaan ruang tersebut beserta koefisien penyerapan bunyi dari material tersebut. Daftar koefisien penyerapan bunyi material yang umum digunakan untuk suatu ruang auditorium dapat dilihat pada Lampiran 1. Selain mengestimasi waktu dengung melalui estimasi penghitungan, dapat juga diukur dengan melakukan eksperimen dalam ruang tersebut. Hal ini dilakukan dengan melakukan simulasi bunyi impuls dan menggunakan *Sound Level Meter* untuk mengetahui waktu bunyi tersebut turun 60 dB dari intensitas awalnya.

Estimasi waktu dengung melalui penghitungan rumus Sabine maupun melalui eksperimen langsung dilakukan dalam nilai-nilai frekuensi yang berbeda. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui performa akustik ruang tersebut pada frekuensi yang rendah serta tinggi. Kisaran frekuensi yang digunakan disesuaikan

dengan pendengaran manusia yaitu diantara 20 Hz sampai 20.000 Hz. Karena kisaran yang terlalu luas, para ahli akustik membagi kisaran frekuensi tersebut menjadi bagian-bagian yang disebut sebagai *octave bands* atau band oktaf (*Acoustical Society of Acoustics*, 2000). Kisaran frekuensi ini dibagi menjadi enam nilai frekuensi yaitu 125, 250, 500, 1000, 2000, serta 4000 Hz. Untuk estimasi waktu dengung pada *speech* auditorium, *Acoustical Society of Acoustics* mengatakan bahwa cukup memfokuskan estimasi pada frekuensi 500, 1000, serta 2000 Hz. Hal ini disebabkan kegiatan bercakap terjadi pada frekuensi kisaran tersebut sehingga dapat fokus pada performa *speech intelligibility* ruang tersebut.

#### 2.5.2.2 Pengendalian *Reverberation Time*

Untuk mengendalikan waktu dengung dalam ruangan, dapat dilakukan dengan difusi untuk ruang yang memiliki terlalu banyak elemen penyerap dan dengan cara penyerapan pada ruangan yang terlalu banyak memantulkan bunyi.

- Pengendalian *reverberation time* dengan difusi

Pemantulan bunyi sempurna yang menganut hukum sudut pantul sama dengan sudut datang seringkali menyebabkan pantulan bunyi yang berlebihan sehingga merusak waktu dengung ideal dalam sebuah ruangan. Mediastika mengatakan bahwa untuk menanggulangi keadaan tersebut dapat dilakukan dengan mengganti bidang pantul berbahan datar atau keras dengan bidang pantul berbahan permukaan heterogen pantul-serap. Difusi tidak sama dengan pemantulan pada bidang cembung walaupun sekilas memiliki fungsi yang sama. Pada pantulan bunyi dari bidang cembung, satu gelombang bunyi menghasilkan satu gelombang pantul. Sedangkan pada difuser, satu gelombang bunyi menghasilkan beberapa gelombang bunyi dengan kekuatan pantul yang lebih kecil namun lebih merata.

- Pengendalian *reverberation time* dengan penyerapan

Gelombang bunyi yang menyentuh permukaan bidang pembatas sebuah ruang akan mengalami peristiwa dimana bunyi tersebut akan dipantulkan kembali ke ruangan, diserap bidang pembatas dan ditransmisikan ke balik bidang pembatas. Proporsi energi ini dipantulkan, diserap atau ditransmisikan ditentukan oleh koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ ). Kemampuan sebuah material untuk dapat menyerap bunyi bergantung dari ketebalan, rongga udara dan



kerapatan dari material itu sendiri. Material yang lebih tebal akan dapat menyerap bunyi berfrekuensi rendah namun tidak untuk bunyi berfrekuensi tinggi. Kemampuan ruang untuk menyerap bunyi berfrekuensi rendah juga dapat ditingkatkan dengan menempatkan material penyerap pada jarak tertentu dari konstruksi ruang sehingga tercipta rongga udara yang berfungsi untuk menyerap suara. Dari segi kerapatan material, material yang memiliki kerapatan sedang merupakan yang paling baik karena material berkerapatan rendah tidak akan mampu menyerap dan material berkerapatan tinggi cenderung akan memantulkan bunyi yang datang.

### 2.5.3 *Speech Intelligibility*

Kejelasan percakapan dalam sebuah auditorium, terutama *speech auditorium*, adalah salah satu performa akustik yang penting untuk dimiliki sebuah auditorium (Noxon, 2002). Standar ISO 9921 mengenai *Assessment of Speech Communication* mendefinisikan *speech intelligibility* atau kejelasan percakapan adalah ukuran dari efektivitas pemahaman percakapan. Pada sebuah ruang yang menggunakan komunikasi sebagai kegiatan utamanya, parameter ini penting untuk dimiliki dengan kondisi yang dapat memadai kegiatan tersebut.

#### 2.5.3.1 Definisi *Signal-to-Noise Ratio*

ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*) menyarankan parameter *Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio)* atau rasio S/N sebagai parameter kejelasan percakapan dalam lingkungan belajar atau akademik. Parameter *speech intelligibility* ini menyatakan hubungan antara tingkat kebisingan yang terjadi pada ruang tersebut dengan sumber bunyi (sinyal) yang ingin didengar oleh pengguna ruang tersebut. Parameter ini sering digunakan pada lingkungan akademik, terutama ruang yang menjadi sarana kegiatan belajar atau perkuliahan. Pada ruang yang digunakan sebagai sarana kegiatan belajar, sumber bunyi atau sinyal berasal dari fasilitator kegiatan belajar (pengajar) dimana pengguna ruang adalah peserta kegiatan belajar tersebut (murid). Dengan demikian, rasio S/N berkaitan dengan kejelasan bercakap yang diterima oleh murid.

ASHA juga menyarankan bahwa nilai rasio S/N tidak boleh kurang dari +15 untuk menjaga kualitas kejelasan percakapan. Hal ini memiliki arti bahwa

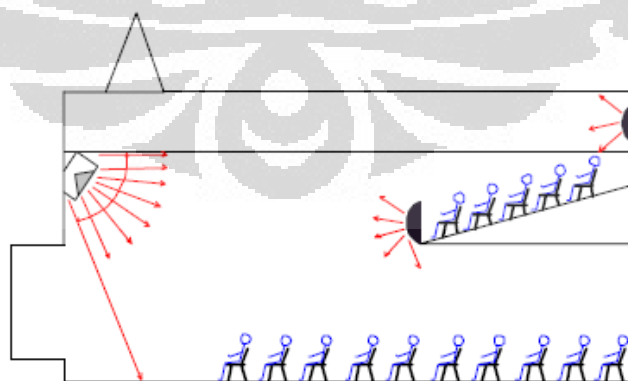
selisih antara sumber sinyal (tingkat kekerasan suara pengajar) dengan tingkat kebisingan yang terjadi pada ruang tersebut tidak boleh kurang dari +15. Untuk mewujudkan kriteria ini, perlu diperhatikan pengendalian tingkat kekerasan suara pengajar dalam ruang tersebut serta pengendalian tingkat kebisingan pada ruang tersebut.

### 2.5.3.2 Pengendalian *Signal-to-Noise Ratio*

Untuk mengendalikan rasio S/N untuk sebuah ruang auditorium, perlu diperhatikan tingkat kebisingan serta tingkat kekerasan suara pembicara dalam ruang auditorium. Pengendalian tingkat kebisingan seperti yang telah dibahas di subbab sebelumnya, mempertimbangkan sumber kebisingan tersebut. Untuk mengendalikan tingkat kekerasan suara pembicara, dapat diaplikasikan sistem *sound amplification* atau penguat suara atau mengatur penyebaran tingkat kekerasan bunyi.

- Aplikasi *sound amplification*

Dengan menerapkan *sound amplification* pada ruang auditorium yang memiliki volume ruang yang lebih besar dari ruang pada umumnya dapat membantu memberikan sinyal yang mencapai pengguna ruang secara langsung seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.21. Meskipun penguat suara dapat membantu menyampaikan tingkat kekerasan yang tinggi untuk pengguna ruang, perlu diperhatikan juga dengung yang dapat disebabkan oleh penguat suara tersebut.



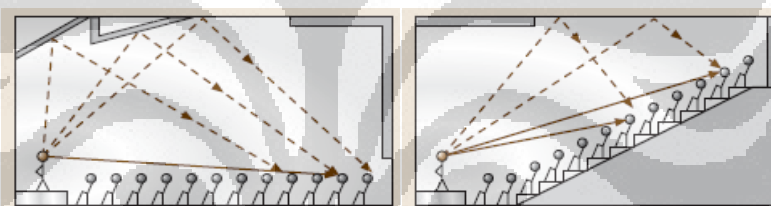
**Gambar 2.21** Penggunaan Penguat Suara di Ruang Auditorium

Sumber : Noxon (2002)

- Penyebaran tingkat kekerasan dan kejelasan bunyi

Kualitas bunyi dalam sebuah ruangan dapat diperbaiki dengan cara memantulkan bunyi tersebut agar memperpendek jarak tempuh bunyi. Pada auditorium yang membutuhkan kejelasan dalam percakapan, bunyi yang harus disebarkan adalah suara pembicara dapat didengar oleh seluruh murid di posisi manapun dalam ruang tersebut.

Penyebaran bunyi harus diikuti dengan penyebaran tingkat keras dan kejelasan bunyi tersebut. Penyebaran ini dapat dilakukan dengan perambatan bunyi secara langsung dan dengan pemantulan. Pada perambatan bunyi secara langsung, ada kemungkinan bahwa bunyi melemah setelah menempuh jarak tertentu. Akibatnya, pendengar yang mendengarkan dari jarak tertentu tidak dapat menangkap bunyi dengan jelas. Untuk mengantisipasi hal tersebut, sebelum bunyi tersebut melemah, diperlukan adanya perkuatan keras bunyi yang dapat dilakukan dengan menggunakan pemantulan.



**Gambar 2.22** Contoh Penyebaran Bunyi di Ruang Auditorium

Sumber: Rossing, *Springer Handbook of Acoustics* (2007)

Agar pantulan-pantulan bunyi terjadi, diperlukan adanya pengaplikasian material yang mampu memantulkan bunyi. Dalam sebuah ruangan yang lazim digunakan sebagai bidang pemantul adalah plafon dan dinding. Lantai tidak terlalu difungsikan sebagai pemantul karena lantai merupakan tempat manusia berpijak dan perabot pun diletakkan di atasnya. Bidang pemantul tersebut harus memiliki dimensi (panjang dan lebar) yang sama dengan gelombang bunyi yang datang. Jika bidang pemantul lebih kecil dari gelombang bunyi yang datang, maka bunyi tersebut tidak akan dipantulkan.

Material pemantul yang baik adalah yang mempunyai permukaan padat dan keras. Pemantulan sempurna (sudut datang bunyi sama dengan sudut pantul) akan terjadi jika menggunakan material berpermukaan padat, keras dan licin seperti kaca. Permukaan padat keras yang kasar akan menimbulkan

pemantulan bunyi yang tidak beraturan. Bidang pantul ini disebut juga difuser.

## 2.6 Kriteria Pencahayaan untuk Ruang Auditorium

Sistem pencahayaan yang sesuai untuk diterapkan di ruang auditorium penting untuk memberi penerangan yang memadai mengingat ruang auditorium memiliki volum ruang yang lebih besar dibanding ruang pada umumnya. Pemilihan sistem pencahayaan pada ruang auditorium pada umumnya adalah sistem pencahayaan buatan, terutama pada ruang auditorium yang digunakan untuk seni pertunjukkan. Hal ini disebabkan peran pencahayaan buatan yang menunjang keindahan pertunjukkan tersebut. Meskipun demikian, terdapat banyak studi yang mempelajari bagaimana menerapkan sistem pencahayaan gabungan dengan memanfaatkan pencahayaan buatan serta alami pada saat yang bersamaan.

Terlepas dari sistem pencahayaan yang diterapkan, kriteria pencahayaan pada suatu ruang ditetapkan dengan menentukan standar tingkat pencahayaan minimal di dalam ruang tersebut. Penentuan nilai minimal untuk tingkat pencahayaan suatu ruang auditorium telah ditentukan berbagai institusi seluruh dunia. Salah satu institusi tersebut adalah *American National Standards Institute* (ANSI) dengan *Illumination Engineering Society* (IES) yang mengeluarkan pedoman pencahayaan untuk sekolah berjudul *ANSI/IES RP-3-1997 Guide for School Lighting* pada tahun 1977. Gambar 2 menunjukkan standar tingkat pencahayaan untuk berbagai fasilitas pendidikan di lingkungan akademik yang dimuat dalam *ANSI/IES RP-3-1997 Guide for School Lighting*.

Area		Footcandle	Lux	
Tasks	Reading printed material	30	300	
	Reading pencil material	70	700	
	Duplicated material	Good	30	300
		Poor	100	1000
	Drafting, benchwork	100	1000	
	Up reading, chalkboards, sewing	150	1500	
Classrooms	Art room	70	700	
	Drafting room	100	1000	
	Home economics room	Sewing	150	1500
		Cooking	50	500
		Ironing	50	500
		Sink activities	70	700
		Note-taking areas	70	700
	Laboratories	100	1000	
	Lecture room	Audience area	70	700
		Demonstration area	150	1500
	Music room	Simple scores	30	300
		Advanced scores	70	700
	Shops	100	1000	
Sight-saving room	150	1500		
Study halls	70	700		
Typing	70	700		
Corridors and stairways		20	200	
Dormitories	General	10	100	
	Reading books, magazines newspapers	30	300	
	Study desk	70	700	

**Gambar 2.23** Tingkat Pencahayaan yang Disarankan Berdasarkan ANSI/IES RP-3, 1977

Sumber : Mark Dudek, *A Design Manual: Schools and Kindergartens* (2007)

Sebuah pedoman juga diciptakan oleh Standar Nasional Indonesia nomor 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Pedoman ini memuat daftar standar pencahayaan yang disarankan untuk berbagai jenis fungsi ruang yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Berdasarkan daftar tersebut, standar penerangan di ruang kelas disarankan sebesar 250 lux. Namun, dalam pedoman ini tidak didetailkan untuk tingkat pencahayaan minim untuk ruang auditorium. Meskipun demikian, tingkat pencahayaan

minimum ini ditetapkan berdasarkan kegiatan dan fungsi ruang tersebut sehingga dapat diterapkan pada ruang yang memiliki kegiatan yang sama meskipun memiliki bentuk yang berbeda.

IES juga mengeluarkan pedoman yang lengkap mengenai pencahayaan yang berjudul *IESNA Lighting Handbook*, dimana dalam pedoman ini pendekatan penentuan standar penentuan tingkat pencahayaan minimum untuk sebuah ruang disesuaikan dengan kegiatan yang dilakukan dalam ruang tersebut, seperti yang telah dijelaskan pada subbab Pengujian Tingkat Pencahayaan.

Untuk mencapai tingkat pencahayaan minimum yang disarankan pada ruang auditorium, IES juga menyarankan bahwa sebuah ruang auditorium sebaiknya memiliki sistem pencahayaan gabungan antara sistem pencahayaan yang merata serta setempat. Hal ini diterapkan untuk mengatur kegiatan yang berlangsung dalam ruang auditorium tersebut dimana dapat dibutuhkan pencahayaan yang redup maupun lebih terang.



**Gambar 2.24** Contoh Sistem Pencahayaan di Ruang Auditorium

Sumber : Brandon Burley, *Structural Option*, h.23

## BAB 3

### PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 3.1 Penentuan lokasi pengambilan data

Untuk penelitian ini, diambil dua sampel ruang auditorium di Universitas Indonesia yang digunakan untuk aktivitas kuliah. Kedua auditorium ini merupakan ruang auditorium yang terletak di Fakultas Teknik dan Fakultas Ekonomi, dimana kedua ruang auditorium ini digunakan tidak hanya untuk aktivitas kuliah rutin yang memiliki peserta lebih dari 100 orang, tetapi juga untuk acara kemahasiswaan maupun akademik.

Mengetahui keadaan ruang auditorium yang akan diteliti penting dilakukan agar dapat mengetahui bagaimana dapat menerapkan prosedur pengukuran. Hal ini dapat berpengaruh dalam melakukan analisa yang baik sebagai langkah selanjutnya. Oleh karena itu, penulis melakukan survei ke lokasi penelitian agar dapat mengetahui fungsi utama kedua ruang auditorium tersebut beserta keadaan secara struktural dan fasilitasnya.

##### 3.1.1 Ruang Auditorium Gedung K 301

Ruang auditorium di Fakultas Teknik terletak di Gedung Kuliah Bersama Lantai 3. Ruangan ini telah mengalami beberapa perubahan semenjak pertama kali dibangun. Perubahan yang telah dilakukan dapat mempengaruhi kualitas ruang khususnya dalam segi akustik ruang. Ruangan auditorium ini biasa digunakan sebagai ruang kuliah, ruang seminar, serta acara kemahasiswaan. Ruang ini juga dilengkapi dengan fasilitas seperti *air cooler*, mikrofon, penguat suara, mimbar, ruang kendali, proyektor, dan papan tulis. Auditorium ini mampu menampung hingga 200 orang pada lantai pertama. Seperti ruangan auditorium pada umumnya, tujuan utama ruangan ini adalah untuk menyediakan bunyi langsung yang kuat yang diikuti oleh pantulan susulan dalam waktu pendek, sehingga artikulasi percakapan dapat di dengar dengan jelas oleh penonton di segala lokasi dalam ruangan tersebut, sehingga baik bentuk ruangan, penggunaan material,

haruslah sangat diperhatikan. Tabel 3.1 menunjukkan material ruang auditorium di Fakultas Teknik.

**Tabel 3.1** Material Ruang Auditorium K301

<b>Bahan</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
Panel Kayu	133.68
Panggung kayu	28.3
Pintu kaca	3.8
Kursi	30.2
Dinding Gips Berlubang	36.48
Lantai Keramik	141.63
Beton	233
Kain kasa	143
<i>Ceiling Gips</i>	306.9

### 3.1.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Ruang auditorium yang dimiliki oleh Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia bernama Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja yang terletak di lantai dua Gedung Dekanat Fakultas Ekonomi. Auditorium S. Soeria Atmadja merupakan gedung pertemuan terbesar yang ada di FEUI Depok. Ruang auditorium yang mampu menampung hingga 340 orang ini sangat sering dipergunakan untuk berbagai kegiatan baik internal maupun eksternal. Menurut halaman situs Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, kegiatan yang seringkali diselenggarakan di Auditorium S. Soeria Atmadja antara lain perkuliahan, kegiatan internal fakultas seperti pengukuhan guru besar, pemilihan dekan, serta kegiatan-kegiatan mahasiswa seperti seminar, training, dan seterusnya. Ruang ini juga dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas seperti pendingin ruangan, *sound system*, serta LCD dan proyektor. Tabel 3.2 menunjukkan data material Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.



**Tabel 3.2** Material Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

<b>Bahan</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
Karpet	588.03
Beton	17.748
Pintu Kaca	72.96
Lantai Keramik	307.2275
Panel Kayu	14.984
Panggung Kayu	52.3725
Kursi ( <i>light upholstery</i> )	83.4
<i>Border Kayu</i>	1.925333

### 3.2. Penggunaan Alat

Untuk mengambil data penelitian ini, digunakan dua buah alat yaitu Larson-Davis Soundtrack LxT<sup>®</sup> *Sound Level Meter* untuk data akustik serta Smart Sensor AR-823 Digital Lux-meter. Kedua alat ini memenuhi spesifikasi yang dianjurkan untuk mengukur data kebisingan serta tingkat pencahayaan untuk sebuah bidang kerja. Sebelum pengambilan data, alat yang akan digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu agar didapatkan data yang akurat.

### 3.3 Pengambilan Data

#### 3.3.1 Pengambilan Data Akustik

Untuk pengambilan data akustik, penulis menggunakan metode yang telah disesuaikan untuk mengukur akustik ruang auditorium. Data akustik yang diambil adalah *background noise* (tingkat kebisingan) serta waktu *reverberation* (gema) ruang tersebut. Dikarenakan keterbatasan spesifikasi alat yang digunakan, data yang diukur terbatas kepada tingkat kebisingan. Gema ruang akan dihitung berdasarkan teori yang telah di bahas pada bab Tinjauan Pustaka dengan menggunakan data survei material kedua ruang auditorium tersebut.

Berikut ini adalah metode pengukuran tingkat kebisingan yang diterapkan untuk mengukur tingkat kebisingan ruang auditorium:

- a) Keadaan ruang belajar yang diukur berada dalam keadaan tidak terisi atau kosong.
- b) Pengukuran dilakukan dengan kondisi lampu ruangan menyala; jendela dan pintu tertutup.
- c) Alat yang digunakan untuk pengukuran merupakan *sound level meter* yang dapat mengintegrasikan rata-rata ukuran. Selain itu, alat diharuskan mampu mengukur dalam skala pengukuran A dan C. Untuk pengukuran kebisingan, alat diatur untuk mengukur dalam skala pengukuran A dengan respon yang lambat. Hal ini dilakukan untuk menyamakan alat dengan kondisi pendengaran telinga manusia pada umumnya.
- d) Dalam memilih letak pengukuran, sebanyak minimal 9 titik pengukuran dapat mewakili tingkat kebisingan ruang auditorium tersebut. Jarak antar titik pengukuran serta jarak antar titik pengukuran dengan tembok tidak boleh kurang dari satu meter. Letak titik pengukuran berada pada keempat pojok ruangan serta titik tengah kedua sisi panjang ruangan tersebut.
- e) Saat melakukan pengukuran, alat yang digunakan digenggam pada ketinggian telinga manusia pada umumnya saat duduk. Tabel 3.3 menunjukkan tinggi yang disarankan untuk pengukuran. Untuk penelitian ini, penulis melakukan pengukuran pada ketinggian 1,1 meter karena ruang auditorium yang diteliti digunakan oleh mahasiswa.
- f) Pengukuran dilakukan selama 30 detik di setiap letak pengukuran.

**Tabel 3.3** Standar Tinggi Pengukuran untuk Tingkat Kebisingan

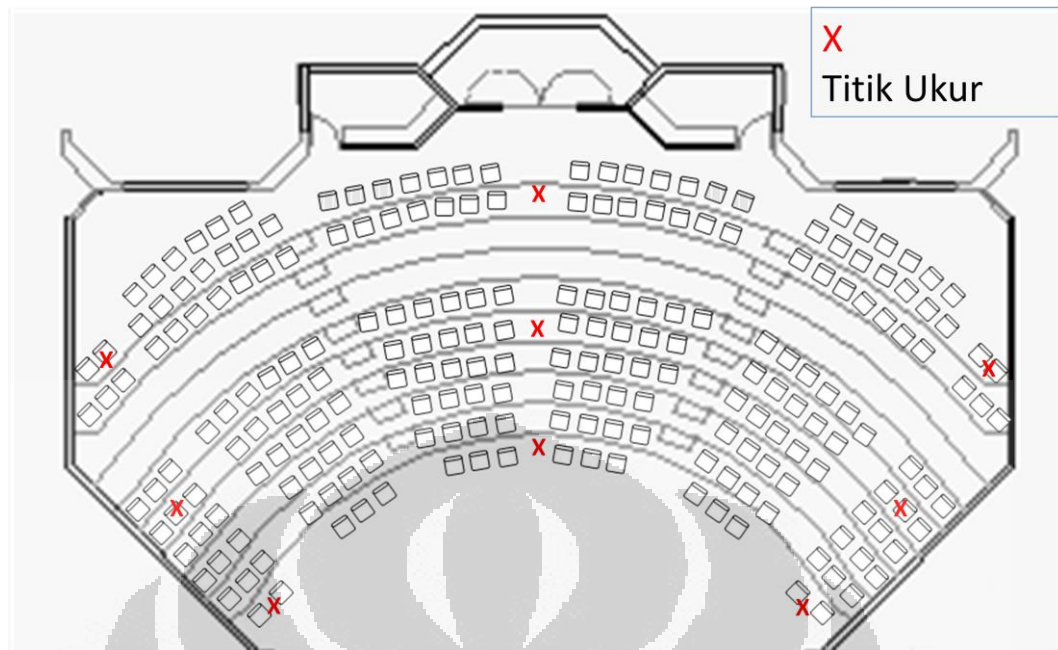
Tingkat Akademik	Tinggi Pengukuran dalam Posisi Duduk (meter)	
	Di Kursi	Di Lantai
Taman Kanak-Kanak sampai Sekolah Dasar	0,8	0,5
Sekolah Menengah Pertama	1	Tidak diterapkan
Sekolah Menengah Atas dan Perguruan Tinggi	1,1	Tidak diterapkan

Selain mengukur tingkat kebisingan untuk ruang auditorium, *speech intelligibility* atau kejelasan bercakap menjadi salah satu kriteria performa akustik ruang yang baik mengingat kedua auditorium yang diteliti merupakan auditorium yang sering digunakan untuk kegiatan belajar. Faktor komunikasi menjadi salah satu faktor penting di dalam kegiatan belajar-mengajar, penulis meneliti kemampuan bercakap dalam sebuah ruangan berdasarkan standar ini serta *American Speech-Hearing-Language Association (ASHA)* dalam laporan teknis yang telah dibuat berjudul *Acoustics in Educational Settings: Technical Report*.

Pengukuran untuk menilai kejelasan bercakap ini dilakukan dengan mengukur keadaan ruang dalam keadaan kegiatan perkuliahan, dimana ruang terisi dengan murid yang terdaftar dalam mata kuliah tersebut. Selain itu, letak pengukuran disamakan dengan letak pengukuran saat pengambilan data tingkat kebisingan. Sampel intensitas suara direkam selama 15 menit di masing-masing titik ukur.

#### 3.3.1.1 Ruang Auditorium Gedung K301

Titik ukur yang telah ditentukan untuk mengambil sampel tingkat kebisingan pada Ruang Auditorium Gedung K301 dapat dilihat pada Gambar 3.1. Sebanyak sembilan titik ukur ditentukan untuk mendapatkan perwakilan keadaan akustik ruang auditorium tersebut. Tabel 3.3 menunjukkan hasil pengukuran yang didapat setelah melakukan pengukuran pada keadaan ruang auditorium kosong serta pada saat terdapat aktivitas kuliah.



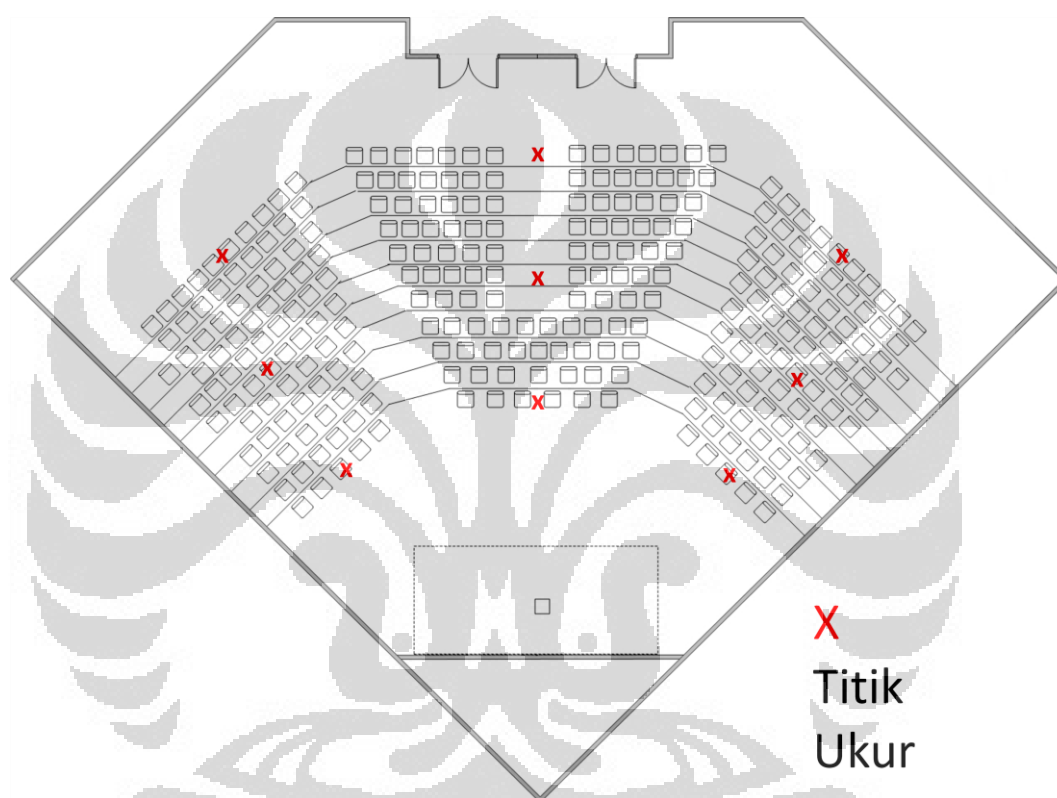
**Gambar 3.1** Titik Ukur pada Ruang Auditorium Gedung K301

**Tabel 3.4** Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium Gedung K301

Baris	Sayap	Pengukuran dalam	
		Keadaan Ruang Kosong (dB)	Keadaan Aktivitas Kuliah (dB)
1	Kanan	54.8	65
	Tengah	48	71
	Kiri	54.8	65.3
4	Kanan	48.9	61
	Tengah	48	64.4
	Kiri	50.8	61.2
8	Kanan	53	56
	Tengah	48.7	55
	Kiri	51.1	56.2

### 3.3.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Titik ukur yang telah ditentukan untuk mengambil sampel tingkat kebisingan pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 3.2. Sebanyak sembilan titik ukur ditentukan untuk mendapatkan perwakilan keadaan akustik ruang auditorium tersebut. Tabel 3.5 menunjukkan hasil pengukuran yang didapat setelah melakukan pengukuran pada keadaan ruang auditorium kosong serta pada saat terdapat aktivitas kuliah.



**Gambar 3.2** Titik Ukur Pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

**Tabel 3.5** Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Baris	Sayap	Pengukuran dalam Keadaan Ruang Kosong (dB)	Pengukuran dalam Keadaan Aktivitas Kuliah (dB)
1	Kanan	48.9	70.5
	Tengah	46.8	70.1
	Kiri	49.1	70.6

**Tabel 3.6** Hasil Pengukuran Akustik Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja  
(Sambungan)

<b>Baris</b>	<b>Sayap</b>	<b>Pengukuran dalam Keadaan Ruang Kosong (dB)</b>	<b>Pengukuran dalam Keadaan Aktivitas Kuliah (dB)</b>
6	Kanan	48.9	67.9
	Tengah	47.2	67.3
	Kiri	49.1	68
11	Kanan	49.1	62.6
	Tengah	48.2	61.2
	Kiri	47.2	62.9

### 3.3.2 Pengambilan Data Pencahayaan

Untuk pengambilan data pencahayaan, penulis mengikuti dokumen SNI (Standar Nasional Indonesia) nomor 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Pada subbab Pengujian Tingkat Pencahayaan dijelaskan bahwa pengukuran dapat menggunakan Lux-meter dimana alat ini diukur secara horizontal dengan ketinggian 75 cm dari lantai. Karena penelitian ini fokus terhadap karakteristik pencahayaan auditorium untuk pengerjaan tugas, pengukuran dilakukan di setiap kursi murid dengan meja sebagai bidang kerja. Kondisi pengukuran dilakukan dengan keadaan ruang tidak terisi atau kosong dan semua lampu menyala.

### 3.4 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengambilan data, data diolah untuk mendapatkan parameter kriteria keadaan auditorium yang baik dari segi akustik serta pencahayaan. Hasil pengolahan data kemudian dapat digunakan untuk melakukan analisa terhadap keadaan kedua ruang auditorium yang diteliti.

### 3.4.1 Akustik

Untuk kriteria akustik ruang auditorium yang baik untuk pemakaian proses pembelajaran, penulis mengambil tiga kriteria berdasarkan tinjauan pustaka serta literatur yang telah dirangkum. Berikut adalah tiga kriteria yang akan dijadikan parameter penilaian kedua auditorium, yaitu:

- Tingkat kebisingan yang diukur pada masing-masing titik pengukuran beserta rata-rata tingkat kebisingan ruang tersebut disarankan tidak melebihi 35 dB.
- Waktu dengung atau *reverberation time* disarankan berada dalam kisaran 1.0 sampai 1.5 detik.
- Kejelasan bercakap dalam sebuah ruang dapat ditentukan oleh nilai *Signal-to-Noise Ratio* atau rasio S/N, dimana nilai rasio S/N disarankan tidak kurang dari +15 dB untuk ruang yang digunakan untuk proses pembelajaran.

Parameter rasio S/N diolah berdasarkan hasil pengambilan data, sedangkan waktu dengung diestimasi berdasarkan rumus yang telah dibahas pada bab Tinjauan Pustaka, dengan pertimbangan hasil survei keadaan material pada masing-masing ruang auditorium. Penghitungan waktu dengung dilakukan berdasarkan tiga nilai frekuensi yaitu 500, 1000, dan 2000 Hz.

#### 3.4.1.1 Rasio Signal-to-Noise

Rasio *Signal-to-Noise* atau rasio S/N dihitung dengan rumus yang telah dibahas di bab Tinjauan Pustaka, dimana membutuhkan data keadaan tingkat kebisingan yang telah diukur pada dua kondisi, yaitu pada saat ruang dalam keadaan kosong serta saat ruang sedang digunakan untuk aktivitas perkuliahan. Tabel 3.6 sampai Tabel 3.8 menunjukkan hasil perhitungan rasio S/N untuk masing-masing ruang auditorium yang diteliti.

**Tabel 3.7** Penghitungan Rasio *Signal-to-Noise* Ruang Auditorium Gedung K301

<b>Baris</b>	<b>Sayap</b>	<b>Tingkat Kebisingan (dB)</b>	<b>Intensitas Suara (dB)</b>	<b>Rasio <i>Signal-to-Noise</i></b>
1	Kanan	54.8	65	<b>10.2</b>
	Tengah	48	71	<b>23</b>
	Kiri	54.8	65.3	<b>10.5</b>
4	Kanan	48.9	61	<b>12.1</b>
	Tengah	48	64.4	<b>16.4</b>
	Kiri	50.8	61.2	<b>10.4</b>
8	Kanan	53	56	<b>3</b>
	Tengah	48.7	55	<b>6.3</b>
	Kiri	51.1	56.2	<b>5.1</b>

**Tabel 3.8** Penghitungan Rasio *Signal-to-Noise* Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

<b>Baris</b>	<b>Sayap</b>	<b>Tingkat Kebisingan(dB)</b>	<b>Intensitas Suara (dB)</b>	<b>Rasio <i>Signal-to-Noise</i></b>
1	Kanan	48.9	70.5	<b>21.6</b>
	Tengah	46.8	70.1	<b>23.3</b>
	Kiri	49.1	70.6	<b>21.5</b>
6	Kanan	48.9	67.9	<b>19</b>
	Tengah	47.2	67.3	<b>20.1</b>
	Kiri	49.1	68	<b>18.9</b>
11	Kanan	49.1	62.6	<b>13.5</b>
	Tengah	48.2	61.2	<b>13</b>
	Kiri	47.2	62.9	<b>15.7</b>



### 3.4.1.2 Estimasi Waktu Dengung

Untuk mengestimasi waktu dengung, penghitungan waktu dengung dilakukan berdasarkan teori Sabine mengenai *reverberation time* (RT) atau waktu dengung. Estimasi waktu dengung dimulai dengan mengetahui material apa saja yang menyusun permukaan bagian dalam ruang auditorium tersebut. Data ini diperoleh dengan survei ke masing-masing ruang auditorium agar dapat diketahui material yang digunakan. Setelah mengetahui material apa saja yang terdapat pada ruang tersebut, koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ ) untuk masing-masing material dicatat dari tabel yang terdapat pada Lampiran 1 dan 2. Koefisien penyerapan bunyi dicatat untuk frekuensi 200, 1000, dan 2000 Hz.

Setelah mengumpulkan data yang dibutuhkan, waktu dengung dapat dihitung dengan teori Sabine dengan persamaan yang telah dibahas pada bab Tinjauan Pustaka yaitu sebagai berikut;

$$RT = \frac{0,161V}{A}$$

RT = waktu dengung ruang dalam detik

V = volume ruang

$$A = \sum \alpha \times S$$

= total penyerapan dalam ruang yang diperoleh dari koefisien serap masing-masing material pelapis permukaan ruang dikalikan luasnya

$\alpha$  = koefisien penyerapan material

RT dihitung untuk frekuensi 500, 1000, serta 2000 Hz untuk mendapatkan penghitungan RT yang rinci. Untuk mengetahui waktu dengung ruang auditorium selama 60 detik atau  $RT_{60}$ , penghitungan untuk ketiga nilai frekuensi tersebut dirata-ratakan.  $RT_{60}$  menjadi kriteria perbandingan dengan standar waktu dengung yang sudah ditetapkan.

- Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium Gedung K301

**Tabel 3.9** Luas Permukaan dan Koefisien Penyerapan Bunyi Material di Ruang Auditorium Gedung K301

Bahan	Luas (m <sup>2</sup> )	Koefisien Penyerapan Bunyi ( $\alpha$ )		
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Panel Kayu	133.68	0.05	0.05	0.05
Panggung kayu	28.3	0.05	0.05	0.05
Pintu kaca	3.8	0.18	0.12	0.07
Kursi ( <i>heavy upholstery</i> )	30.2	0.81	0.84	0.84
Dinding Gips Berlubang	36.48	0.08	0.06	0.04
Lantai Keramik	141.63	0.03	0.03	0.03
Beton	233	0.06	0.07	0.09
Kain kasa	143	0.44	0.8	0.75
<i>Ceiling Gips</i>	306.9	0.06	0.05	0.04

**Tabel 3.10** Penghitungan Kemampuan Penyerapan Bunyi Material Ruang Auditorium Gedung K301

Bahan	Kemampuan Material Menyerap Bunyi (A)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Panel Kayu	6.68	6.68	6.68
Panggung kayu	1.42	1.42	1.42
Pintu kaca	0.68	0.46	0.27
Kursi ( <i>heavy upholstery</i> )	24.46	25.37	25.37
Dinding Gips Berlubang	2.92	2.19	1.46
Lantai Keramik	4.25	4.25	4.25
Beton	13.98	16.31	20.97
Kain kasa	62.92	114.40	107.25
<i>Ceiling Gips</i>	18.41	15.35	12.28
<b>Total</b>	<b>135.73</b>	<b>186.42</b>	<b>179.94</b>

**Tabel 3.11** Penghitungan Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium Gedung K301

Waktu Dengung		
Pada 500 Hz	Pada 1000 Hz	Pada 2000 Hz
$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1588.15 \text{ m}^3)}{135.73}$ $= 1.88 \text{ detik}$	$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1588.15 \text{ m}^3)}{186.42}$ $= 1.37 \text{ detik}$	$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1588.15 \text{ m}^3)}{179.94}$ $= 1.42 \text{ detik}$
$RT_{60} = \frac{(1.83 + 1.36 + 1.33) \text{ detik}}{3} = 1.56 \text{ detik}$		

- Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

**Tabel 3.12** Luas Permukaan dan Koefisien Penyerapan Bunyi Material di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Bahan	Luas (m <sup>2</sup> )	Koefisien Penyerapan Bunyi ( $\alpha$ )		
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Karpet	588.03	0.25	0.3	0.35
Beton	17.75	0.06	0.07	0.09
Pintu Kaca	72.96	0.18	0.12	0.07
Lantai Keramik	307.23	0.03	0.03	0.03
Panel Kayu	14.98	0.05	0.05	0.05
Panggung Kayu	52.37	0.05	0.05	0.05
Kursi ( <i>light upholstery</i> )	83.40	0.57	0.62	0.62
Border Kayu	1.93	0.09	0.06	0.06

**Tabel 3.13** Penghitungan Kemampuan Penyerapan Bunyi Material Ruang Auditorium R.Soeria Atmadja

Bahan	Kemampuan Material Menyerap Bunyi (A)		
	500 Hz	1000 Hz	2000 hz
Karpet	147.01	176.41	205.81
Beton	1.06	1.24	1.60
Pintu Kaca	13.13	8.76	5.11
Lantai Keramik	9.22	9.22	9.22
Panel Kayu	0.75	0.75	0.75
Panggung Kayu	2.62	2.62	2.62
Kursi ( <i>light upholstery</i> )	47.54	51.71	51.71
Border Kayu	0.17	0.12	0.12
<b>Total</b>	<b>221.50</b>	<b>250.81</b>	<b>276.92</b>

**Tabel 3.14** Penghitungan Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Waktu Dengung		
Pada 500 Hz	Pada 1000 Hz	Pada 2000 Hz
$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1754 \text{ m}^3)}{221.5}$ $= 1.27 \text{ detik}$	$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1754 \text{ m}^3)}{250.81}$ $= 1.13 \text{ detik}$	$RT = \frac{0.161 \times V}{\Sigma(S \times \alpha)}$ $= \frac{0.161 \times (1754 \text{ m}^3)}{276.92}$ $= 1.02 \text{ detik}$
$RT_{60} = \frac{(1.27 + 1.13 + 1.02) \text{ detik}}{3} = \mathbf{1.14 \text{ detik}}$		

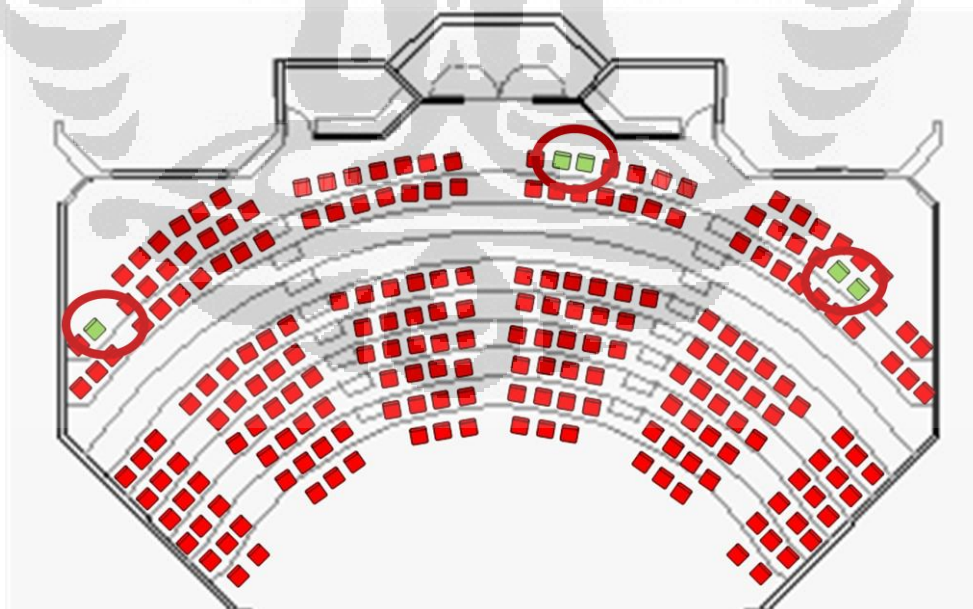
### 3.4.2 Pencahayaan

Setelah melakukan pengukuran pencahayaan di kedua ruang auditorium yang diteliti, penulis memetakan tingkat pencahayaan yang diukur pada denah

tempat meja kuliah ruang auditorium. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pencahayaan yang terjadi pada masing-masing tempat meja kuliah di ruang auditorium tersebut. Denah masing-masing auditorium menunjukkan tingkat pencahayaan pada masing-masing kursi dalam ruang tersebut dimana kursi tersebut menjadi tempat duduk mahasiswa dalam aktivitas perkuliahan. Pada pemetaan ini hanya dibedakan antar kursi yang mendapatkan tingkat pencahayaan yang memenuhi standar tingkat pencahayaan dengan yang tidak dapat tingkat pencahayaan yang memenuhi standar. Data tingkat pencahayaan untuk masing-masing auditorium akan dianalisa lebih dalam pada bab Analisa dan Pembahasan.

#### 3.4.2.1 Ruang Auditorium Gedung K301

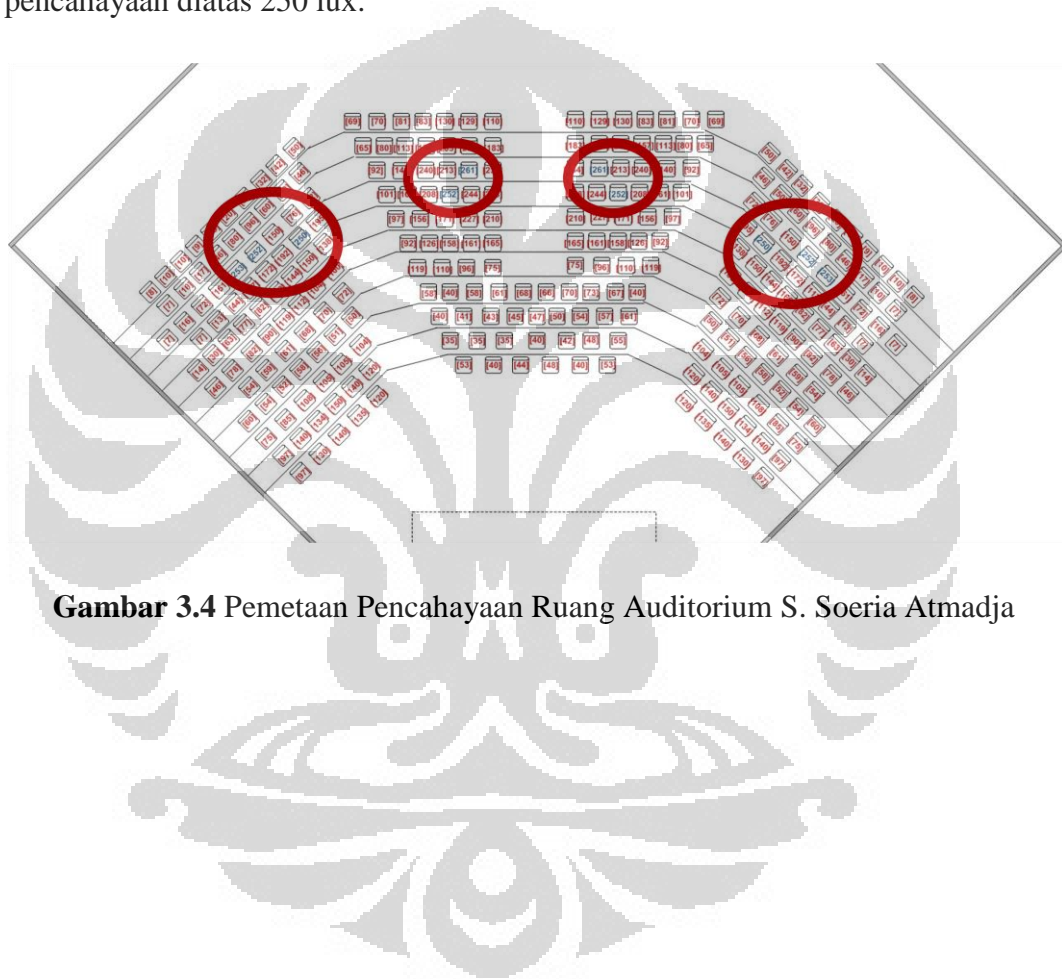
Pemetaan pencahayaan untuk Ruang Auditorium Gedung K301 dapat dilihat pada Gambar 3.3. Kursi warna merah menunjukkan kursi yang mendapatkan tingkat pencahayaan kurang dari 250 lux, sedangkan kursi warna hijau menunjukkan kursi yang mendapatkan tingkat pencahayaan di atas 250 lux. Seperti yang dilihat, hanya terdapat 5 kursi yang memiliki tingkat pencahayaan diatas standar tingkat pencahayaan dari total 220 kursi yang terdapat pada ruang tersebut.



**Gambar 3.3** Pemetaan Pencahayaan Ruang Auditorium Gedung K301

### 3.4.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Pemetaan kursi kuliah pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja ditunjukkan oleh Gambar 3.4. Kursi yang dilingkari memiliki tingkat pencahayaan di atas 250 lux, sedangkan kursi yang berwarna merah menunjukkan kursi kuliah yang tidak mendapatkan tingkat pencahayaan di atas standar 250 lux. Dari hasil pengolahan data ini, dapat dilihat bahwa hanya 10 kursi kuliah dari total 278 kursi kuliah dalam ruang auditorium tersebut yang mendapatkan tingkat pencahayaan di atas 250 lux.



**Gambar 3.4** Pemetaan Pencahayaan Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Keadaan Ruang Auditorium

Untuk analisa keadaan ruang auditorium, penulis melakukan analisa berdasarkan bentuk dan material permukaan dalam ruang auditorium yang diteliti. Dari bentuk dan material permukaan dalam ruang auditorium, dapat dibuat sebuah skema pemantulan bunyi yang terjadi pada ruang auditorium tersebut. Hal ini akan menjadi dasar dalam menganalisa data akustik dan pencahayaan yang telah diukur pada bab Pengambilan dan Pengolahan Data.

##### 4.1.1 Bentuk dan Material Ruang Auditorium

###### 4.1.1.1 Ruang Auditorium K301

Ruang Auditorium K301 memiliki ruang jenis *fan-shaped* atau bentuk seperti kipas. Tata letak kursi dalam ruang auditorium tersebut sejumlah 220 kursi diatur dengan mengatur baris-baris kursi seperti lingkaran. Hal ini dilakukan untuk memastikan fokus pengguna kursi terarah ke area panggung dalam posisi duduk normal.

Ruang auditorium yang terletak di Gedung Kuliah Bersama Fakultas Teknik memiliki spesifikasi material seperti yang telah disajikan pada Tabel 3.1. Seperti yang telah dibahas pada bab Tinjauan Pustaka, material yang menyusun sebuah ruang auditorium dapat berdampak pada keadaan akustik ruang tersebut. Mengetahui daftar material yang terdapat pada Ruang Auditorium K301, dapat dianalisa masing-masing material dan pengaruhnya terhadap keadaan akustik dan cahaya ruang auditorium tersebut. Berikut ini adalah analisa dari material yang menyusun Ruang Auditorium K301:

- Kayu

Material kayu digunakan di berbagai letak di dalam ruang auditorium ini yaitu sebagai penyusun material panggung serta pada dinding. Gambar 4.1 menunjukkan material kayu yang terletak pada dinding. Ruang Auditorium

K301 menggunakan material kayu pada dinding bagian bawah dekat kursi serta pada dinding bagian bawah pada kedua sisi ruang tersebut.

Pada kedua tempat ini, material kayu digunakan sebagai alat untuk memberi ruangan ini pencahayaan yang bersifat tidak langsung atau *indirect light*, seperti yang telah diterangkan pada bab Tinjauan Pustaka. Hal ini dapat menambah tingkat penerangan yang terjadi pada ruangan ini, mengingat dimensi tinggi sebuah auditorium memiliki tinggi yang lebih besar dibandingkan sebuah ruangan biasa sehingga dapat menimbulkan tingkat penyebaran cahaya yang berasal dari penerangan atap tidak optimal.



**Gambar 4.1** Kayu pada Dinding Atas Ruang Auditorium K301

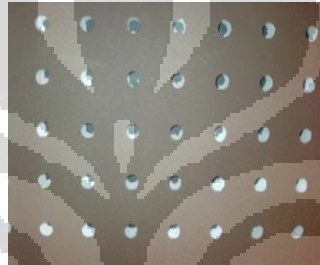
Selain sebagai pendukung pencahayaan, material kayu ini dibentuk sebagai sebuah panel agar dapat berfungsi sebagai pemantul bunyi. Berdasarkan Tinjauan Pustaka, bentuk panel kayu seperti yang ditemukan pada bagian dinding atas pada Ruang Auditorium K301 diterapkan pada ruang auditorium untuk mengendalikan pemantulan bunyi di dalam ruang tersebut. Panel ini dipasang di beberapa tempat dengan kemiringan yang berbeda-beda sehingga bunyi yang dipantulkan menyebar. Selain pada dinding sisi auditorium tersebut, panel kayu dengan bentuk yang serupa dipasangkan pada posisi di atas lokasi tempat duduk ruang tersebut. Hal ini juga membantu penyebaran bunyi yang lebih terkontrol dan tertuju pada lokasi tempat duduk.





**Gambar 4.2** Kayu pada Dinding Bawah Ruang Auditorium K301

- Gypsum



**Gambar 4.3** Gypsum pada Dinding Belakang Ruang Auditorium K301

Material gipsum terdapat pada bagian *ceiling* dan bagian belakang ruang auditorium. Papan gipsum menyerap bunyi, sehingga diletakkan dibagian belakang agar bunyi tidak terdengar keluar ruangan (tidak dipantulkan). Dengan adanya lubang-lubang pada dinding ini, bunyi yang sampai terperangkap dan tidak memantulkan bunyi tersebut.

- Kain Kasa



**Gambar 4.4** Kain kasa pada Dinding Belakang Ruang Auditorium K301

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, material kayu melapisi ruang auditorium ini dengan salah satu bentuknya adalah kayu yang berlubang. Bentuk kayu yang khusus ini terletak di bagian belakang ruang, dimana lubang ini dilapisi dengan kain kasa. Hal ini dilakukan untuk mendukung fungsi utama diletakkan material kayu di bagian ruang tersebut, yaitu untuk menyerap bunyi. Dengan bentuk kayu yang berlubang dan dilapisi oleh kain kasa, bunyi dapat dipantulkan sebagian oleh kayu kemudian sebagian dapat pula diserap oleh kain kasa tersebut. Hal ini dimaksudkan agar bunyi benar-benar terfokus ke dalam ruangan dan tidak terdengar keluar ruangan. Dinding dengan bentuk yang seperti ini dikenal sebagai resonator celah. Peletakan resonator celah ini di bagian belakang auditorium memiliki fungsi agar bunyi yang sampai di bagian belakang tidak terpantul ke depan kembali.

- *Arm Chair*



**Gambar 4.5** Kursi pada Ruang Auditorium K301

Kursi pada auditorium ini berupa kursi yang berbahan kain dan terisi dengan busa. Seluruh kursi yang terletak pada ruang auditorium ini dibalut dengan bahan kain dan dilengkapi dengan *armrest* berbahan kayu. Hal ini dapat mempengaruhi pemantulan bunyi. Kursi yang terdapat pada ruang auditorium ini lebih menyerap bunyi dibandingkan dengan kursi pada ruang kuliah biasa karena sifat bahan kursi yang lebih menyerap bunyi. Kursi yang terdapat pada ruang auditorium ini termasuk jenis kursi *heavy upholstery*, dimana jenis kursi ini memiliki koefisien penyerapan bunyi yang paling tinggi jika dibandingkan dengan jenis kursi lainnya.

- Lantai Keramik



**Gambar 4.6** Lantai Keramik pada Ruang Auditorium K301

Seluruh lantai yang terdapat di auditorium ini terbuat dari keramik. Jenis material keramik memiliki sifat yang cenderung memantulkan bunyi. Meskipun demikian, pada lokasi tempat duduk ruang auditorium ditutupi oleh *arm chair* yang terbalut dengan kain yang membantu menyerap bunyi sehingga pantulan bunyi yang dapat disebabkan oleh jenis material keramik dapat dikurangi.

Selain hal tersebut, jika ditinjau kembali total luas permukaan *arm chair* yang terdapat pada ruang tersebut sebesar 30,2 m<sup>2</sup> serta total luas keramik sebesar 141,63 m<sup>2</sup>, kursi dapat mengurangi pantulan bunyi yang dapat disebabkan oleh material keramik sebesar 1/5 dari total pantulan bunyi yang disebabkan oleh material keramik. Hal ini disimpulkan dengan membandingkan luas permukaan kedua material tersebut dalam ruang auditorium ini. Jika ditinjau kembali mengenai koefisien pemantulan bunyi dari material lantai keramik sebesar 0,03, hal ini juga menunjukkan bahwa material lantai keramik memantulkan sebesar 93% dibandingkan dengan material kursi dengan koefisien penyerapan bunyi sebesar 0,57 sampai 0.62.

#### 4.1.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja memiliki bentuk jenis *diamond* atau bentuk berlian. Untuk tata letak kursi dalam ruang auditorium tersebut sejumlah 278 kursi diatur dengan memberi kemiringan kursi pada sayap kanan serta kiri agar pengguna kursi dapat fokus ke area panggung dalam posisi duduk yang normal.

Ruang auditorium S. Soeria Atmadja juga memiliki beragam material yang menyusun permukaannya, dimana dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Universitas Indonesia**

Berikut ini adalah analisa dari material yang menyusun Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja:

- Karpets

Material karpets yang terdapat pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja terletak pada berbagai sisi di ruang ini yaitu di *ceiling* atau langit-langit ruang serta pada dinding ruang auditorium ini. Jenis karpets yang digunakan merupakan jenis karpets yang tipis karena tempat peletakkannya yaitu pada dinding dan langit-langit ruangan. Jika dilihat dari koefisien penyerapan bunyi dari material karpets yang terdapat pada kisaran 0.25 sampai 0.35 untuk frekuensi 500, 1000, serta 2000 Hz, kemampuan menyerap bunyi dari material ini termasuk tinggi jika dibandingkan dengan material lain yang terdapat pada ruang tersebut.

Dinding pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja sebagian besar tertutupi oleh karpets. Dinding yang tertutupi oleh material karpets adalah dinding kedua sisi ruang serta dinding belakang ruang. Dengan melapisi dinding dengan material karpets, bunyi diharapkan tidak terdengar sampai keluar ruangan. Selain sebagai peredam bunyi, melapisi dinding dengan material karpets juga mengurangi pantulan bunyi yang tidak diinginkan saat ruang auditorium ini digunakan untuk aktivitas bercakap (*speech*).



**Gambar 4.7** Karpets pada Dinding Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.7, material karpets melapisi sebagian besar langit-langit ruang auditorium ini, meskipun masih terdapat kerangka beton yang tidak tertutupi material karpets. Material ini menutupi langit-langit yang memiliki struktur yang unik yaitu struktur bertangga.

Kombinasi langit-langit yang berstruktur tangga dan dilapisi material karpet membantu dalam peredaman atau penyerapan bunyi serta penyebaran bunyi agar terarah kepada lokasi pendengar.



**Gambar 4.8** Karpet pada Langit-Langit Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

- Kayu

Pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja, material kayu digunakan pada kedua sisi dinding ruang tersebut sebagai panel serta sebagai material utama panggung.



**Gambar 4.9** Panel Kayu pada Sisi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja  
Universitas Indonesia

Material panel kayu yang terdapat pada ruang auditorium ini terletak pada kedua sisi ruang auditorium ini. Berbeda dengan panel kayu yang terdapat di Ruang Auditorium K301, panel kayu ini tidak memiliki bentuk yang dimaksudkan untuk membantu penyebaran bunyi dalam ruang tersebut.



**Gambar 4.10** Panggung Kayu Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Panggung yang terdapat pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 4.10, dimana panggung kayu ini merupakan tempat pembicara berdiri atau duduk. Material penyusun utama pada panggung ini merupakan kayu yang serupa dengan yang digunakan pada kedua sisi panggung ruang ini. Tujuan menyusun panggung ruang ini dengan material kayu adalah untuk meredam bunyi yang didengar oleh pembicara pada ruang tersebut, yaitu suara pembicara itu sendiri. Meskipun demikian, ruang auditorium ini sudah menggunakan alat penguat suara dimana letak *speaker* tersebut berada di luar area panggung.

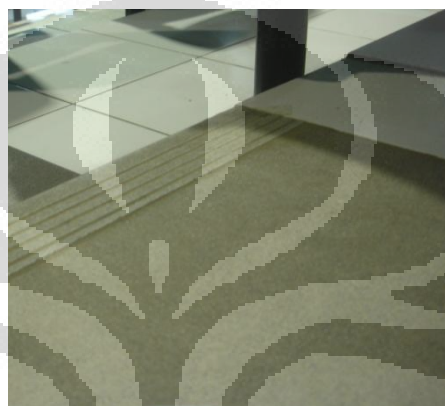
- Kursi Kuliah



**Gambar 4.11** Kursi Kuliah pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Kursi kuliah pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja merupakan kursi dengan material plastik serta metal seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.11. Kursi ini termasuk jenis kursi *light upholstery* sehingga memiliki koefisien penyerapan bunyi yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis kursi *heavy upholstery* yang terdapat pada Ruang Auditorium K301. Hal ini mengakibatkan penyerapan bunyi yang kurang optimal jika dibandingkan dengan jenis kursi *heavy upholstery*.

- Lantai Keramik



**Gambar 4.12** Lantai Keramik pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

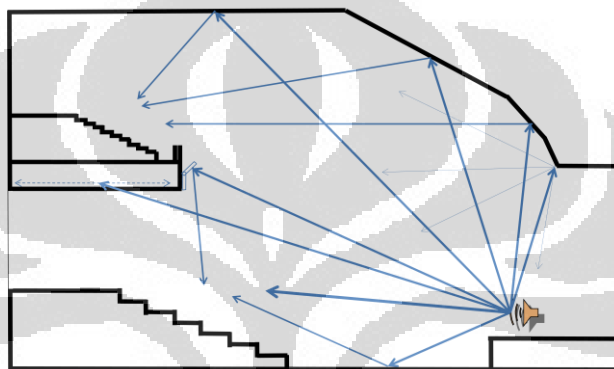
Untuk lantai keramik pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja, material ini terdapat pada seluruh lantai ruang auditorium tersebut. Sama halnya dengan Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja, lantai ini sebagian ditutupi oleh kursi kuliah yang terdapat pada ruang tersebut. Hal ini mengakibatkan pemantulan bunyi yang disebabkan oleh lantai keramik dapat berkurang sebab tertutupi oleh kursi kuliah yang memiliki koefisien penyerapan bunyi yang lebih besar. Jika dibandingkan luas lantai keramik sebesar  $307,23 \text{ m}^2$  serta luas total kursi kuliah sebesar  $83,4 \text{ m}^2$ , dapat disimpulkan bahwa kursi kuliah pada ruang tersebut membantu mengurangi pemantulan bunyi yang disebabkan oleh lantai keramik sebesar  $\frac{1}{4}$  dari pemantulan lantai keramik tanpa adanya kursi kuliah.

#### 4.1.2 Skema Pemantulan Bunyi

Dari bentuk ruang serta material yang terdapat pada ruang auditorium yang diteliti, dapat diketahui arah pemantulan ataupun penyerapan yang terjadi pada masing-masing ruang auditorium. Skema pemantulan yang digambarkan

merupakan perkiraan berdasarkan sifat pemantulan bunyi yang selalu memiliki sudut pantul yang sama dengan sudut datang. Pemantulan bunyi yang digambarkan adalah bunyi yang berasal dari pengeras suara yang terdapat pada ruang auditorium ini. Dengan kata lain, skema pemantulan bunyi ini diperkirakan pada saat kondisi sedang digunakan untuk kegiatan perkuliahan dimana terdapat seorang pengajar sebagai pembicara atau sebagai sumber bunyi. Hal ini dapat berperan dalam memaksimalkan *speech intelligibility* ruang tersebut.

#### 4.1.2.1 Ruang Auditorium K301

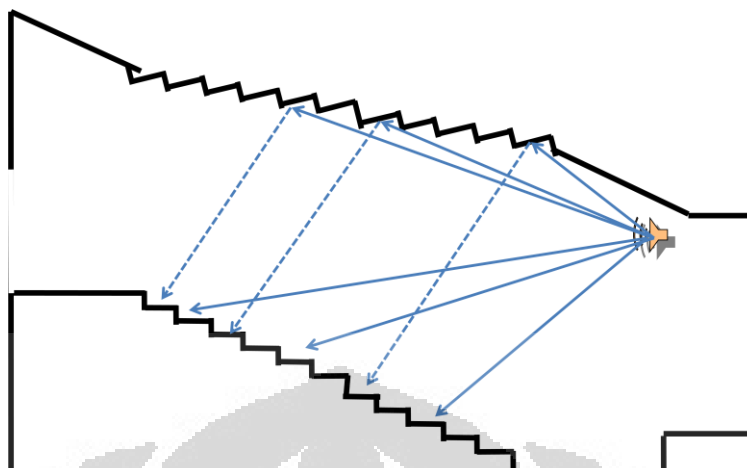


**Gambar 4.13** Skema Pemantulan Bunyi Ruang Auditorium K301

Perkiraan pemantulan bunyi yang terjadi di Ruang Auditorium K301 dapat dilihat di Gambar 4.13. Dari skema perkiraan pemantulan bunyi ini, dapat dilihat bahwa bunyi yang berasal dari pengeras suara yang diletakkan pada lantai menyebar ke seluruh ruang auditorium tersebut. Lantai auditorium ini yang memiliki tingkat atau telah mengalami *leveling* memudahkan bunyi sampai pada baris terjauh dalam ruang auditorium ini. Meskipun demikian, mengingat terdapat dua baris kursi pada bagian belakang auditorium yang lantainya tidak mengalami *leveling*, daerah ini diestimasikan sulit dijangkau oleh bunyi karena sudah terserap oleh baris yang terletak di depannya. Selain itu, bentuk langit-langit ruang yang melengkung pada bagian depan ruang auditorium ini membantu mengarahkan bunyi ke berbagai bagian dalam ruang ini.



#### 4.1.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja



**Gambar 4.14** Skema Pemantulan Bunyi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Skema perkiraan pemantulan bunyi di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 4.14. Seperti Ruang Auditorium K301, lantai pada ruang auditorium ini telah mengalami *leveling* sehingga bunyi yang berasal dari pengeras suara dapat menjangkau baris belakang ruang auditorium ini tanpa halangan. Langit-langit ruang auditorium ini juga memiliki bentuk yang bergerigi. Bentuk langit-langit seperti ini membantu memantulkan bunyi agar dapat diarahkan ke lokasi kursi dengan lebih tepat.

## 4.2 Analisa Akustik

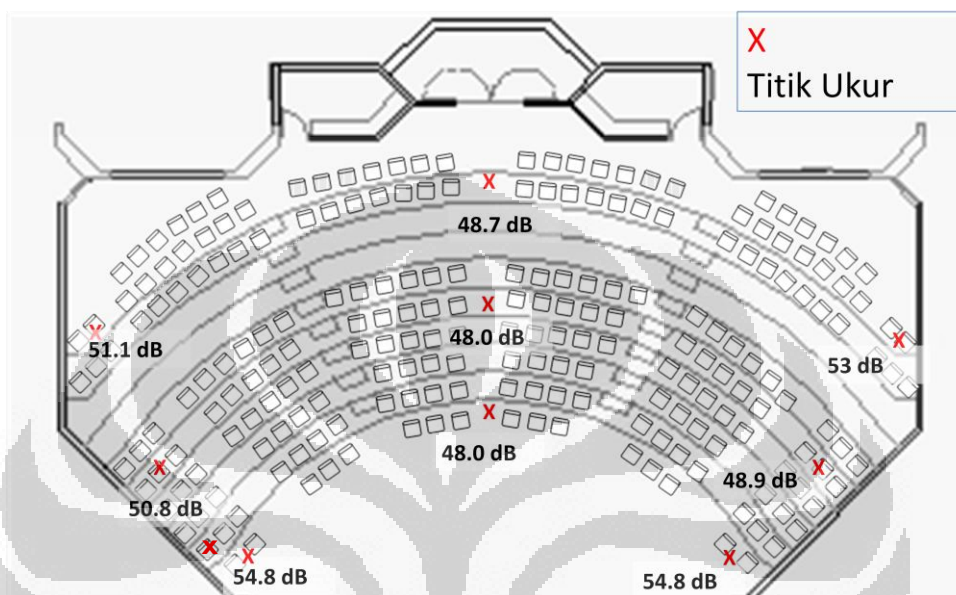
### 4.2.1 Tingkat Kebisingan

Untuk menganalisa tingkat kebisingan yang terjadi pada kedua auditorium yang diteliti, hasil pengukuran yang telah dilakukan ditinjau dari masing-masing titik ukur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebab dari tingkat kebisingan yang terjadi. Penyebab kebisingan yang dapat terjadi pun akan dianalisa berdasarkan sumbernya yaitu *internal noise*, atau kebisingan yang berasal dari dalam ruang tersebut, serta *external noise*, atau kebisingan yang berasal dari lingkungan luar ruang tersebut.

#### 4.2.1.1 Ruang Auditorium K301

Tingkat kebisingan yang terjadi pada Ruang Auditorium K301 pada masing-masing titik ukurnya dapat dilihat pada Gambar 4.15. Jika masing-masing

titik ukur dibandingkan dengan kriteria tingkat kebisingan yang telah ditetapkan, titik ukur yang mewakili keadaan kebisingan ruang ini melewati batas kebisingan sebesar 35 dB. Rata-rata tingkat kebisingan untuk ruang auditorium ini adalah 50.9 dB dimana melebihi standar batas kebisingan sebesar 35 dB.



**Gambar 4.15** Tingkat Kebisingan dan Denah Ruang Auditorium K301

- *External Noise*

Pada Ruang Auditorium K301, tidak terdapat *external noise* yang mempengaruhi intensitas kebisingan untuk ruang ini. Hal ini dikarenakan letak ruang auditorium pada lantai 3 Gedung Kuliah Bersama Fakultas Teknik dimana tidak terdapat ruang kuliah lain pada lantai tersebut. Hal ini menyebabkan tidak adanya aktivitas pada lantai tersebut yang dapat menyebabkan kebisingan yang terdengar di dalam Ruang Auditorium K301. Letak auditorium yang berada di lantai 3 ini juga menyebabkan tidak terjadinya kebisingan yang disebabkan oleh keramaian. Ruang auditorium ini juga terhindar dari kebisingan yang dapat berasal dari transportasi maupun tempat umum karena lokasi gedung yang terletak di dalam Kampus Depok Universitas Indonesia, dimana kampus ini tersendiri merupakan kampus yang terletak jauh dari jalan raya.

- *Internal Noise*

Untuk mengetahui sumber kebisingan yang berasal dari dalam ruang tersebut, analisa akan dilakukan berdasarkan sayap auditorium yang telah diukur. Pada sayap kiri auditorium tersebut, tingkat kebisingan dari titik ukur yang mewakili sayap tersebut adalah sebesar 54.8 dB pada baris pertama, 50.8 dB pada baris keempat, serta 51.1 dB pada baris kedelapan. Sayap kanan juga memiliki tingkat kebisingan dengan nilai yang serupa yaitu 54.8 dB pada baris pertama, 48.9 dB pada baris keempat, serta 53 dB pada baris kedelapan.

Tingkat kebisingan yang besar pada baris pertama dan kedelapan pada sayap kanan dan kiri dikarenakan adanya *air cooler* berjarak 2 meter dari titik pengukuran. Hal ini dapat mempengaruhi besar intensitas pada baris ke-4 pada kedua sayap auditorium. Pada sayap tengah, terdapat perbedaan yang tidak besar antara ketiga titik ukur. Hal ini menunjukkan bahwa ruang tersebut masih belum memenuhi standar kebisingan dibawah 35 dB meskipun tidak terdapat alat yang mengeluarkan bunyi disekitarnya.



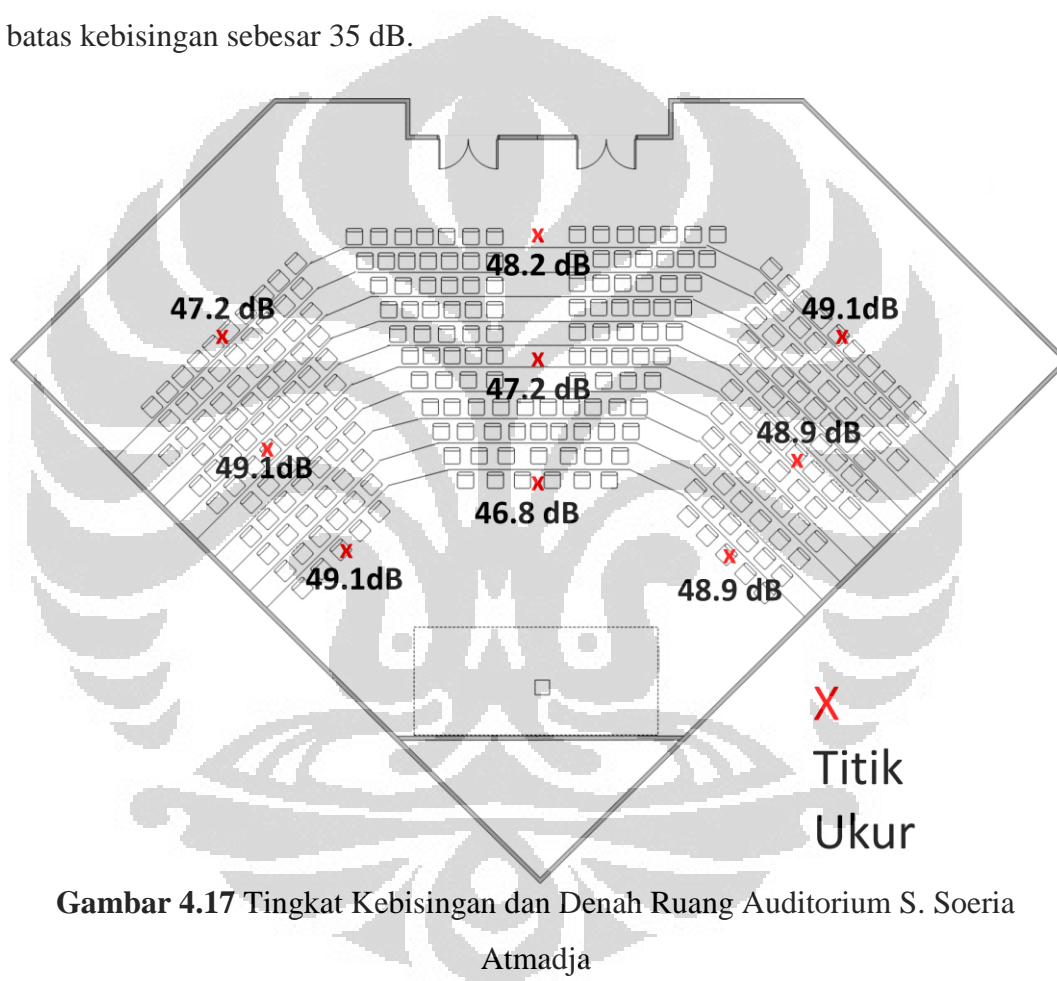
**Gambar 4.16** *Air Cooler* di Ruang Auditorium K301

Jenis kebisingan internal sebuah ruang dipengaruhi oleh peralatan yang berfungsi dalam ruang tersebut serta waktu dengung yang dimiliki oleh ruang tersebut. Oleh karena itu, penulis menyarankan untuk memperhatikan kedua faktor tersebut untuk mengurangi tingkat kebisingan yang terjadi. Peralatan yang digunakan dalam ruang tersebut berpengaruh langsung terhadap tingkat kebisingan yang terjadi. Hal ini disebabkan peralatan mengeluarkan bunyi yang dapat dianggap bising. Meskipun demikian, pengendalian waktu dengung juga berperan dalam mengurangi tingkat kebisingan yang ada. Dengan waktu dengung yang

tinggi, bunyi akan lebih mudah memantul dan menimbulkan bunyi yang mengganggu.

#### 4.2.1.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Tingkat kebisingan yang terjadi pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja pada masing-masing titik ukurnya dapat dilihat pada Gambar 4.17. Jika masing-masing titik ukur dibandingkan tingkat kebisingan maksimum yang telah disarankan, titik ukur yang mewakilkan keadaan kebisingan ruang ini melewati batas kebisingan sebesar 35 dB.



**Gambar 4.17** Tingkat Kebisingan dan Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

- *External Noise*

Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja terletak di lantai 2 Gedung Dekanat Fakultas Ekonomi. Ruang ini terletak jauh dari aktivitas mahasiswa sehari-hari sehingga tidak menimbulkan keramaian. Selain itu, gedung ini dijaga pada suasana yang tenang karena merupakan pusat administrasi akademik fakultas. Oleh karena itu, tidak terdapat sumber kebisingan dari luar ruang yang dapat mengganggu pengguna ruang auditorium ini.

**Universitas Indonesia**

- *Internal Noise*

Kebisingan rata-rata Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja adalah sebesar 48.3 dB dimana sembilan titik yang telah diukur berada pada kisaran 46.8 sampai 49.1 dB. Meskipun titik ukur di dalam ruang ini tidak terdapat yang memenuhi standar kebisingan dibawah 35 dB, dapat dilihat bahwa fluktuasi kebisingan tidak besar. Hal ini menunjukkan bahwa bunyi menyebar merata ke seluruh ruang tersebut. Meskipun demikian, masih terdapat sumber bunyi yang dapat menyebabkan tingkat kebisingan sebesar 48.3 untuk seluruh ruang tersebut.

Sumber bunyi pada ruang tersebut dapat berasal peralatan yang berfungsi pada ruang tersebut, seperti *air cooler* yang terletak pada kedua sisi ruang auditorium tersebut. Kedua *air cooler* ini terletak pada jarak yang dekat dengan kursi kuliah sehingga dapat dianggap bising oleh mahasiswa yang duduk pada area tersebut. Hal ini dapat dilihat dengan titik ukur yang terdekat dengan *air cooler* tersebut pada sayap kiri auditorium. Titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan sebesar 49.1 dB dan terletak dua meter dari *air cooler*. Titik ukur ini merupakan titik ukur dengan kebisingan yang paling tinggi dari titik ukur lainnya.



**Gambar 4.18** *Air Cooler* pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

#### 4.2.2 Estimasi Waktu Dengung

Untuk menganalisa penghitungan estimasi waktu dengung yang telah dilakukan pada bab Pengambilan dan Pengolahan Data, hasil penghitungan tersebut dibandingkan dengan kriteria yang telah ditetapkan untuk waktu dengung yang optimal pada ruang auditorium.

#### 4.2.2.1 Ruang Auditorium K301

Hasil estimasi waktu dengung untuk Ruang Auditorium K301 dapat dilihat pada Tabel 4. Meninjau kembali ketetapan disarankan oleh *Acoustical Society of America*, waktu dengung atau *reverberation time* sebuah auditorium yang digunakan sebagai fasilitas di lingkungan pendidikan disarankan berada pada kisaran satu sampai 1,5 detik. Nilai  $RT_{60}$  untuk Ruang Auditorium K301 berada pada 1.56 detik dimana nilai ini 0.06 detik lebih besar dari batas atas waktu dengung yang distandarkan. Jika dilihat waktu dengung untuk masing-masing frekuensi yang telah diestimasi, waktu dengung yang telah diestimasi pada 500 Hz melebihi batas atas waktu dengung yang disarankan sebesar 0.38 detik, sedangkan waktu dengung pada frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz masih berada di dalam kisaran waktu dengung yang disarankan. Oleh karena itu, waktu dengung pada Ruang Auditorium K301 masih harus dikendalikan untuk mencapai waktu dengung yang lebih rendah agar bunyi pada frekuensi rendah dapat memiliki waktu dengung yang lebih rendah.

**Tabel 4.1** Hasil Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium K301

Frekuensi	Waktu Dengung
500 Hz	1.88
1000 Hz	1.37
2000 Hz	1.42
$RT_{60}$	1.56

Mengontrol waktu dengung dalam sebuah auditorium dapat dilakukan dengan mengubah besar volum ruang tersebut atau dengan menambahkan material di dalam ruang tersebut yang dapat membantu mengendalikan gema sehingga mendapatkan waktu dengung yang diinginkan. Mengubah besar suatu volum ruang yang sudah ada merupakan tindakan yang seharusnya dipertimbangkan pada saat tahap perancangan ruang tersebut. Dengan kondisi ruang auditorium ini sudah tercipta, saran yang dapat diberikan adalah mengendalikan gema dengan material akustik. Berikut ini adalah saran yang

**Universitas Indonesia**

diajukan untuk membantu mengendalikan waktu dengung pada Ruang Auditorium K301:

- Pertimbangan bahan penyerap pada langit-langit

Material yang terdapat pada langit-langit Ruang Auditorium K301 saat ini merupakan material gipsum yang memiliki koefisien penyerapan bunyi yang rendah sebesar 0.06 pada frekuensi 500 Hz. Hal ini memiliki arti bahwa hanya 6% bunyi diserap pada material ini. Langit-langit ruang auditorium ini yang memiliki luas permukaan yang cukup besar karena membutuhkan material yang lebih mampu menyerap bunyi untuk membantu mengurangi waktu dengung pada ruang tersebut.

- Pertimbangan material yang digunakan sebagai panel reflektor

Pengadaan panel kayu di dinding ruang auditorium ini membantu dalam penyebaran bunyi agar dapat sampai ke telinga pendengar. Meskipun demikian, untuk mengendalikan tingkat kekerasan bunyi serta gema yang didengar, panel kayu tersebut dapat dipertimbangkan untuk dilapisi dengan material yang lebih menyerap suara, didukung dengan fakta bahwa material kayu hanya dapat menyerap 5% persen dari bunyi yang diterima.

Terlepas dari pemberian saran yang diberikan untuk mengendalikan waktu dengung di Ruang Auditorium K301, nilai  $RT_{60}$  yang dimiliki oleh ruang ini tidak berada pada nilai yang jauh dari kisaran waktu dengung yang disarankan. Hal ini dikarenakan sudah terdapat *acoustic treatment* pada ruang ini berupa resonator celah di dinding bagian belakang ruang serta kursi yang tergolong *heavy upholstery*, dimana kedua *treatment* ini membantu dalam penyerapan bunyi dalam ruang tersebut.

#### 4.2.2.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Hasil estimasi waktu dengung untuk Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Tabel 4. Meninjau kembali ketetapan yang dikeluarkan oleh *Acoustical Society of America*, nilai  $RT_{60}$  untuk Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja berada dalam kisaran waktu dengung yang disarankan yaitu sebesar 1.14 detik. Jika dilihat hasil estimasi waktu dengung untuk masing-masing frekuensi yang telah dihitung yaitu 500, 1000, dan 2000 Hz, waktu dengung yang

diestimasi masih berada pada kisaran waktu dengung yang disarankan. Meskipun demikian, saran untuk mempertahankan atau mengoptimalkan waktu dengung dapat dilakukan dengan mempertimbangkan material yang terdapat pada permukaan dalam ruang auditorium tersebut.

**Tabel 4.2** Hasil Estimasi Waktu Dengung Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Frekuensi	Waktu Dengung
500 Hz	1.27
1000 Hz	1.13
2000 Hz	1.02
RT <sub>60</sub>	1.14

Nilai RT<sub>60</sub> dari Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja ini berada di dalam kisaran waktu dengung yang disarankan. Hal ini dikarenakan hampir seluruh dinding dari Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dilapisi dengan material karpet sehingga pemantulan bunyi terkendali karena sebagian bunyi terserap oleh material karpet. Meskipun demikian, saran untuk mengurangi waktu dengung agar dapat memiliki waktu dengung yang lebih rendah adalah sebagai berikut:

- Pertimbangan jenis kursi  
Penggunaan kursi di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja termasuk jenis *light upholstery*, dimana kemampuan menyerap bunyi untuk jenis kursi ini adalah yang paling rendah jika dibandingkan dengan jenis kursi *medium* dan *heavy upholstery*. Meskipun jenis kursi *light upholstery* sudah mampu menyerap bunyi sebesar 75% sampe 82% pada nilai frekuensi yang telah diestimasi, *heavy upholstery* dapat membantu meningkatkan penyerapan bunyi pada ruang tersebut karena kemampuannya menyerap bunyi sebesar 86% sampai 90%.

#### 4.2.3 Kejelasan bercakap

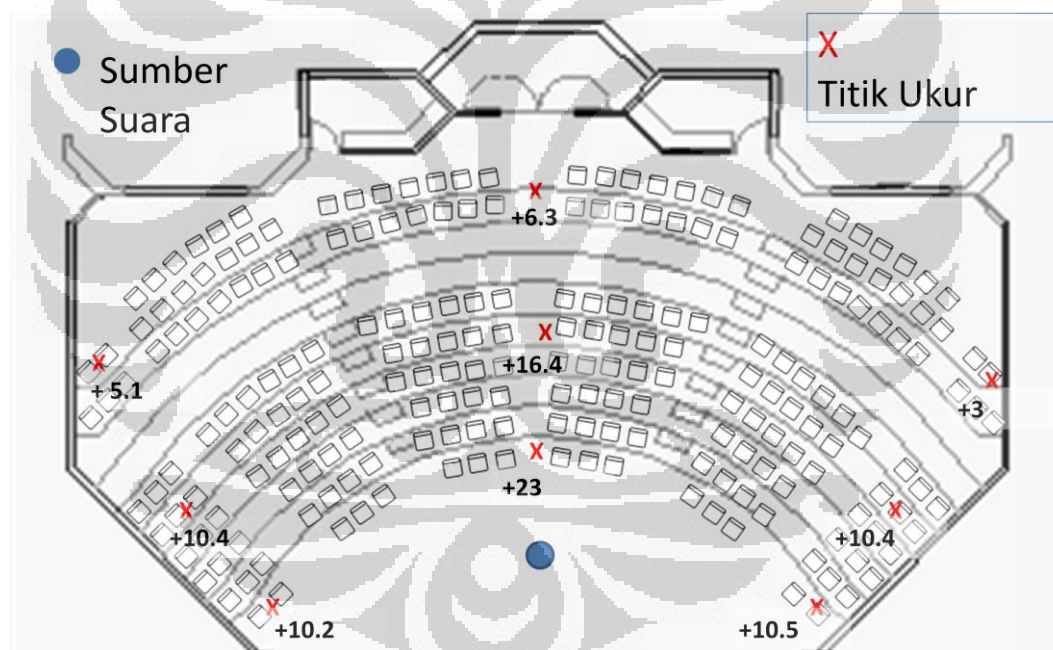
Untuk menganalisa kejelasan bercakap pada kedua ruang auditorium yang telah diteliti, dapat dilihat dari data yang telah diolah untuk mendapatkan nilai



rasio S/N. Nilai rasio S/N yang didapatkan untuk masing-masing titik ukur akan ditinjau untuk mengetahui penyebab nilai rasio S/N yang telah didapatkan.

#### 4.2.3.1 Ruang Auditorium K301

Nilai rasio S/N yang telah diolah pada bab Pengambilan dan Pengolahan Data dapat dilihat bersamaan dengan letak titik ukurnya pada Gambar 4.19. Pada Gambar 4.19, dapat dilihat bahwa hanya dua titik dari sembilan titik ukur dari ruang tersebut yang memenuhi nilai minimum rasio S/N yang disarankan yaitu sebesar +15. Letak kedua titik ukur tersebut berada pada sayap tengah baris pertama dan keempat. Mengingat bahwa rasio S/N dipengaruhi oleh tingkat kebisingan pada ruang tersebut serta intensitas suara yang diukur pada saat kegiatan perkuliahan, dapat kita tinjau kembali mengenai rata-rata tingkat kebisingan dan intensitas suara yang terjadi pada ruang tersebut.

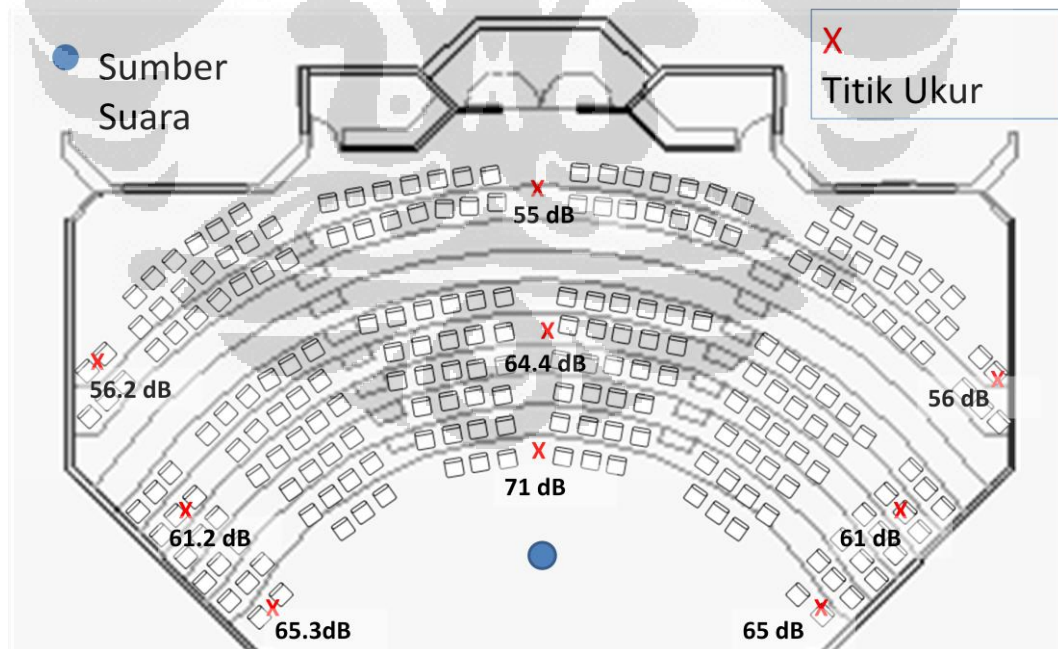


**Gambar 4.19** S/N Ratio dan Denah Ruang Auditorium K301

Rata-rata intensitas suara yang terjadi pada ruang tersebut sebesar 61.7 dB dengan fluktuasi yang relatif tinggi yang disebabkan kisaran titik ukur diantara 55 dB sampai 71 dB. Dengan melihat Gambar 4.20 yang menunjukkan pemetaan fluktuasi intensitas suara, dapat dilihat bahwa titik ukur dengan intensitas suara 71 dB terletak pada baris pertama sayap tengah dengan jarak 2 meter dari sumber

suara. Titik ukur dengan intensitas suara 55 dB terletak pada baris kedelapan sayap tengah. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran bunyi belum optimal, meskipun masih berada pada batas intensitas bercakap yang normal yaitu diantara 50 sampai 70 dB.

Fluktuasi yang terlalu besar ini dapat disebabkan oleh letak sumber bunyi yang merupakan sebuah *speaker* yang terhubung dengan mikrofon sebagai penguat suara untuk pembicara. Letak *speaker* berada pada lantai depan panggung ruang tersebut, sehingga penyebaran suara tidak optimal. Dengan peletakan *speaker* pada tempat tersebut, bunyi yang berasal dari *speaker* tidak terarahkan secara optimal dari segi jarak untuk mencapai ke telinga pendengar pada lokasi yang terjauh. Hal ini dapat dilihat dari skema pemantulan bunyi yang terdapat pada Gambar 4.13 untuk ruang auditorium ini. Mengingat ruang auditorium yang memiliki volum, terutama tinggi, yang lebih besar dibandingkan ruang pada umumnya, peletakan *speaker* sebaiknya diposisikan pada ketinggian yang lebih besar untuk mencapai intensitas suara yang masih tergolong cukup pada lokasi tempat duduk yang jauh.



**Gambar 4.20** Intensitas Suara pada Denah Ruang Auditorium K301

Agar ruang ini dapat mencapai rasio S/N di atas +15 di semua segi ruangan, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Pemanfaatan *sound amplification* yang baik

Berdasarkan hasil survey, Ruang Auditorium K301 belum memanfaatkan *sound amplification* yang sudah tersedia dengan baik. Pengeras suara yang digunakan pada saat kegiatan perkuliahan berasal dari *speaker* yang diletakkan pada lantai ruang auditorium. Hal ini menyebabkan suara tidak dapat sampai ke setiap bagian ruang dengan optimal. *Sound amplification* yang sebenarnya sudah tersedia dengan posisi *speaker* di ujung atas panggung ruang merupakan posisi yang baik untuk sumber suara. Meskipun demikian, *speaker* ini tidak digunakan untuk amplifikasi suara pembicara namun digunakan sebagai sumber suara untuk pemutaran musik. Sebaiknya *sound amplification* di ruang ini digunakan untuk meningkatkan suara pembicara juga.

- Penambahan *diffuser* pada langit-langit ruang auditorium

Seperti yang dapat dilihat di skema pemantulan untuk Ruang Auditorium K301, bunyi tidak dapat sampai pada setiap bagian ruangan dengan optimal. Hal ini juga dipengaruhi oleh bentuk ruang auditorium itu sendiri yang memiliki sebuah balkon sehingga daerah yang terdapat dibawah balkon dapat terblokir dari bunyi. Keadaan ini dapat menjadi penyebab nilai rasio S/N yang rendah pada baris belakang ruang auditorium ini. Untuk mengatasi hal ini, langit-langit auditorium dapat ditambahkan *diffuser* yang dapat membantu bunyi menyebar lebih baik serta mengarahkan bunyi ke daerah yang belum terjangkau kualitas bunyi yang baik.

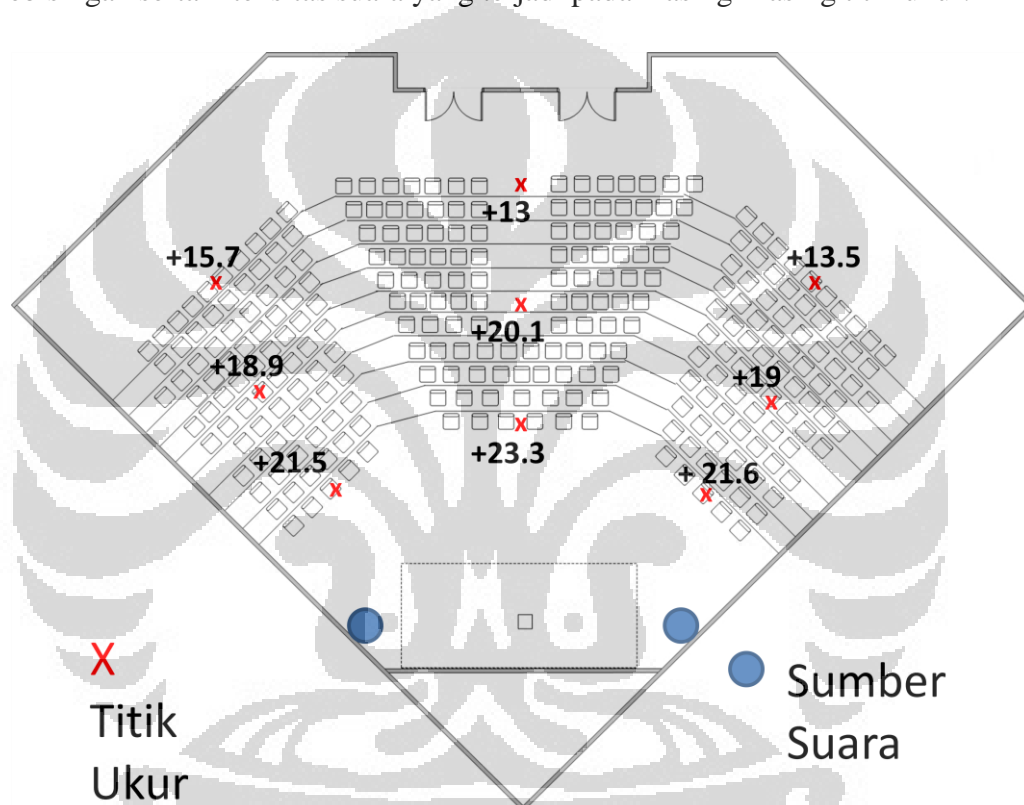
- Pengendalian tingkat kebisingan

Pengendalian tingkat kebisingan untuk ruang ini dapat dilakukan secara serentak dengan pengendalian tingkat kekerasan bunyi. Hal ini dilakukan untuk mencapai nilai rasio S/N yang diinginkan.

#### 4.2.3.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Setelah mengolah rasio S/N untuk Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja, dapat dilihat pada Gambar 4.21 bahwa terdapat tujuh dari sembilan titik yang

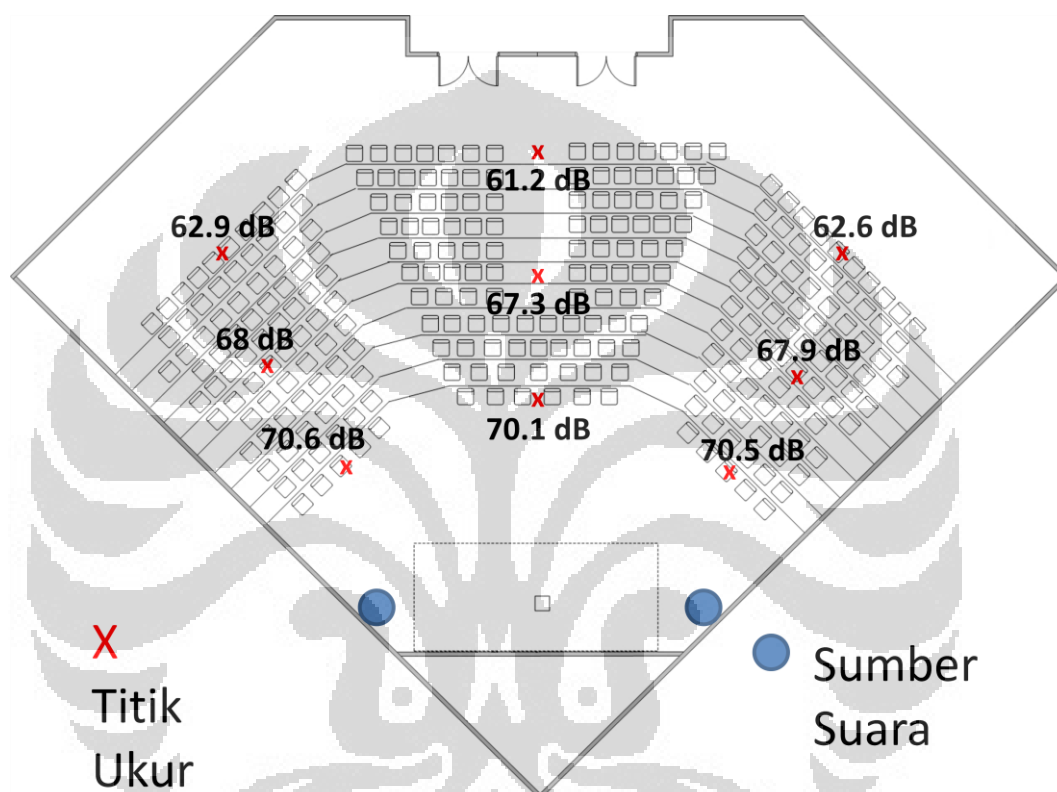
sudah memenuhi standar rasio S/N minimal yang disarankan sebesar +15. Dua titik yang belum memenuhi standar rasio S/N yang disarankan terletak pada baris kesebelas pada sayap tengah dan kanan dengan besar rasio S/N +13 serta +13.5. Mengingat standar rasio S/N yang disarankan, kedua nilai rasio ini kurang 2 dB sampai 2.5 dB agar dapat mencapai *speech intelligibility* yang baik. Untuk mengetahui penyebab besar rasio S/N serta bagaimana memperbaikinya, dapat dilihat dari dua variabel yang menentukan besar rasio S/N yaitu tingkat kebisingan serta intensitas suara yang terjadi pada masing-masing titik ukur.



**Gambar 4.21** S/N Ratio dan Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Pemetaan intensitas suara yang dialami oleh masing-masing titik ukur pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 4.22. Rata-rata intensitas suara yang dialami oleh ruang tersebut adalah sebesar 66.8 dB dengan fluktuasi titik ukur antara 61.2 dB sampai 70.6 dB. Pada Gambar 4.22, dapat dilihat bahwa titik ukur dengan intensitas suara 61.2 dB terletak pada baris kesebelas pada sayap tengah ruang. Titik ukur dengan intensitas suara 70.6 dB terletak pada baris pertama pada sayap kiri ruang. Fluktuasi intensitas suara yang terjadi pada ruang ini tidak seluas fluktuasi intensitas suara yang terjadi pada

Ruang Auditorium K301. Selain itu, kisaran intensitas suara yang terjadi pada ruang auditorium ini berada di dalam kisaran intensitas suara bercakap yang normal yaitu di antara 50 dB sampai 70 dB. Oleh karena itu, intensitas suara yang diterima oleh perwakilan titik ukur untuk ruang ini tergolong baik dengan penyebaran bunyi yang lebih baik jika dibandingkan dengan Ruang Auditorium K301.



**Gambar 4.22** Intensitas Suara pada Denah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

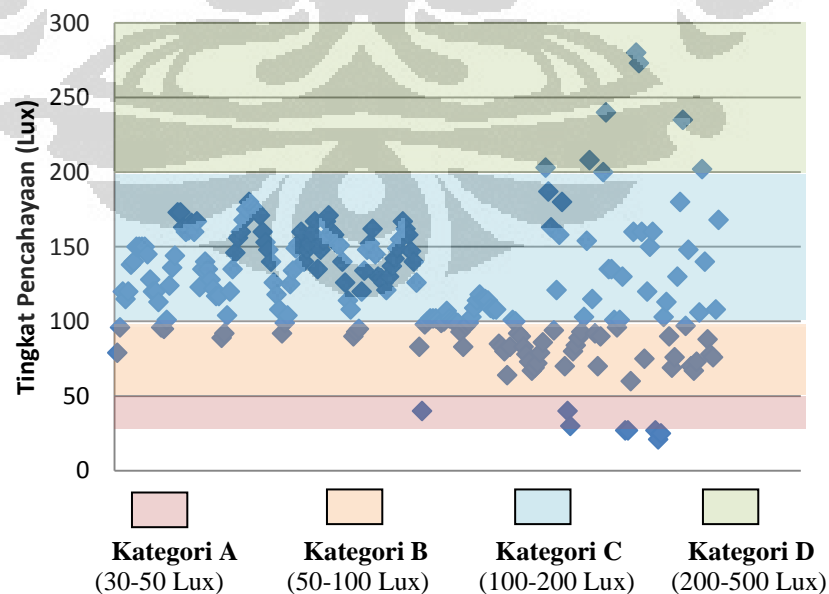
Intensitas suara yang berada pada kisaran bercakap normal pada ruang ini didukung dengan peletakan sumber suara yang berupa *speaker* sebagai *output* dari mikrofon yang digunakan oleh pembicara. Peletakan *speaker* ini terdapat pada kedua sisi panggung pada ketinggian 5 meter. Selain itu, langit-langit ruang auditorium ini memiliki bentuk khusus seperti tangga. Hal ini menyebabkan pemantulan bunyi yang berasal dari *speaker* terarah ke lokasi kursi kuliah pada ruang ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 yang menunjukkan skema pemantulan bunyi untuk Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja. Meskipun demikian, peningkatan performa akustik auditorium ini untuk meningkatkan

*speech intelligibility* tetap dapat dilakukan dengan menurunkan tingkat kebisingan yang masih belum memenuhi standar maksimal. Hal ini dikarenakan masih terdapat dua titik perwakilan ukur ruang ini yang memiliki rasio S/N dibawah standar yang disarankan.

### 4.3 Analisa Pencahayaan

Untuk analisa pencahayaan di ruang auditorium yang telah diteliti, hasil pengukuran tingkat pencahayaan dari masing-masing auditorium dapat dianalisa untuk mengetahui kategori tingkat pencahayaan yang dipenuhi berdasarkan kategori standar pencahayaan untuk berbagai kegiatan dalam ruang yang ditetapkan oleh IES (*Illumination Engineering Society*). Selain itu, karena auditorium ini digunakan untuk kegiatan pembelajaran dan terdapat di lingkungan akademik, penulis juga mengacu kepada dokumen SNI 03-6575-2001 berjudul Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung yang menyarankan tingkat pencahayaan minimum sebesar 250 lux untuk ruang kelas. Selain itu, dapat juga dianalisa beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat pencahayaan dari suatu sumber cahaya buatan yaitu posisi pemasangan serta jenis lampu.

#### 4.3.1 Ruang Auditorium K301



**Gambar 4.23** Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium K301

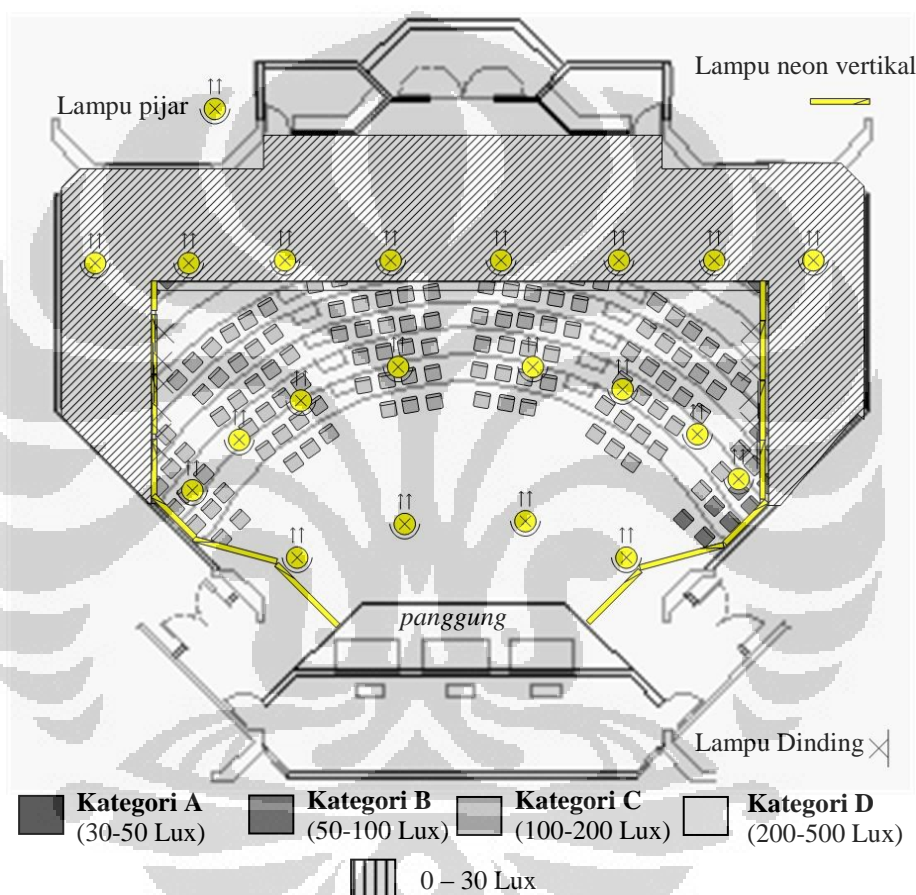
Hasil data pengukuran tingkat pencahayaan pada masing-masing kursi kuliah di Ruang Auditorium K301 dapat dilihat pada Gambar 4.23. Standar penerangan untuk sebuah ruang yang digunakan untuk belajar adalah 250 lux berdasarkan SNI 03-6575-2001. Standar tingkat pencahayaan ini dapat dikategorikan pada kategori D yaitu penerangan untuk pengerjaan tugas visual dengan kontras atau ukuran yang besar. Seperti yang dapat dilihat pada gambar tersebut, masih terdapat kursi kuliah pada ruang ini yang belum memenuhi standar pencahayaan yang dibutuhkan untuk penerangan pengerjaan tugas berdasarkan sebesar 250 lux. Jumlah kursi kuliah di ruang ini yang memenuhi standar penerangan sebesar 250 lux hanya dua kursi.

Jika dilihat dari tingkat pencahayaan yang sesuai untuk kegiatan yang dilakukan di dalam ruang auditorium tersebut yaitu kategori D, terdapat delapan kursi yang memenuhi pencahayaan untuk kategori tersebut. Pada ruang auditorium ini, sudah terdapat 152 kursi atau 69% dari total kursi kuliah yang memenuhi tingkat pencahayaan untuk kategori C. Tingkat pencahayaan untuk kategori B dimiliki oleh 52 kursi kuliah atau 24% dari total kursi kuliah, sedangkan masih terdapat tiga kursi yang memenuhi kategori A yaitu kategori standar penerangan yang paling rendah. Tabel 4 menunjukkan penggolongan tingkat penerangan kursi kuliah di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja.

**Tabel 4.3** Penggolongan Tingkat Penerangan Kursi Kuliah di Ruang Auditorium K301

Kategori	Aktivitas	Kursi Kuliah	
		Jumlah	Persentase
A	Tempat umum dengan lingkungan redup	3	1%
B	Tempat orientasi sederhana yang digunakan untuk berkunjung sementara	52	24%
C	Area bekerja untuk sesekali melakukan tugas visual	152	69%
D	Pengerjaan tugas visual dengan kontras atau ukuran besar	8	4%
0 - 20	Tidak diterangkan	5	2%

Perbedaan kategori pencahayaan yang dimiliki oleh Ruang Auditorium K301 menandakan bahwa pencahayaan di ruang tersebut belum menyebar secara merata. Hal ini dapat disebabkan oleh posisi pemasangan serta jenis lampu. Pada ruang auditorium ini, sumber pencahayaan buatan berasal dari berbagai bagian ruang ini. Bagian ruang auditorium ini dapat dibagi dua yaitu bagian bawah yang merupakan lantai 1 dari auditorium ini sampai dasar balkon serta bagian atas yang mencakup bagian balkon dan sejajarnya sampai langit-langit ruang.

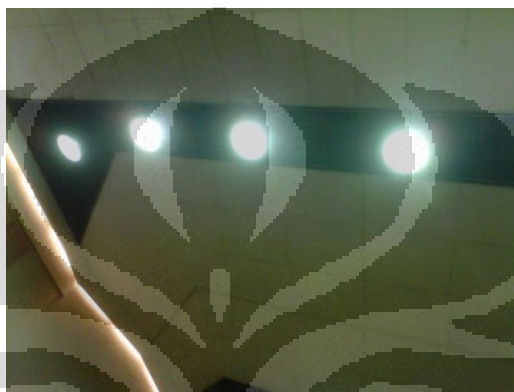


**Gambar 4.24** Pemetaan Tingkat Pencahayaan Bagian Setengah Atas Ruang Auditorium K301

Gambar 4.24 menunjukkan pemetaan sumber pencahayaan di bagian setengah atas Ruang Auditorium K301. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.24, terdapat tiga jenis lampu yang menerangi bagian setengah atas ruang tersebut yaitu lampu pijar pada langit-langit, lampu neon vertikal pada langit-langit, serta lampu dinding bagian setengah atas ruang.



Lampu pada langit-langit Ruang Auditorium K301 terdapat dua jenis, yaitu lampu pijar serta lampu neon vertikal. Lampu pijar yang terpasang pada ruang ini adalah 20 buah, dimana dibagi menjadi 3 baris. Untuk baris depan ruang sebanyak 4 lampu serta baris tengah serta belakang terdapat sebanyak 8 lampu. Lampu neon vertikal terpasang pada pinggir langit-langit ruang ini dengan posisi di antara langit-langit serta dinding sisinya. Kedua lampu ini dapat dilihat pada Gambar 4.25.



**Gambar 4.25** Lampu pada Langit-langit Ruang Auditorium K301

Lampu pijar yang terpasang pada langit-langit ruang auditorium ini merupakan jenis penerangan langsung atau *direct lighting*. Hal ini dapat dilihat dari pemasangan lampu tersebut yang mengarah langsung ke bagian bawah ruang. Fungsi utama dari sumber pencahayaan ini adalah menerangi ruang secara keseluruhan. Jika dilihat kembali pemetaan lampu pijar pada Gambar 4.24, baris lampu pijar bagian depan yang berjumlah 4 lampu pijar menerangi lantai antara area panggung serta kursi kuliah. Baris lampu pijar bagian tengah yang berjumlah 8 lampu pijar menerangi area ruang yang terdapat kursi kuliah, sedangkan baris lampu pijar bagian belakang yang berjumlah 8 lampu pijar menerangi lantai dua ruang auditorium ini. Oleh karena itu, dapat kita simpulkan bahwa area kursi kuliah pada ruang ini mendapatkan sebagai besar penerangan langsung dari baris tengah lampu pijar.

Penerangan yang diterima dari baris tengah lampu pijar oleh lokasi kursi kuliah tersebut masuk ke dalam standar penerangan kategori C. Meskipun penerangan yang diterima oleh lokasi kursi kuliah tersebut kurang dari standar

yang disarankan yaitu kategori D, penerangan yang diterima sudah cukup merata karena hanya terdapat perbedaan kategori penerangan yaitu kategori C sebanyak 6 kursi. Oleh karena itu, posisi pemasangan jenis lampu pijar sudah cukup baik, namun perlu diperhatikan lagi mengenai tingkat penerangan yang diberikan oleh 20 lampu pijar tersebut.

Selain lampu pijar, pada langit-langit Ruang Auditorium K301 terdapat lampu neon vertikal. Lampu neon vertikal ini dipasang sedemikian rupa sehingga memiliki sifat penerangan yang tidak langsung atau *indirect lighting*. Oleh karena itu, fungsi utama dari sumber pencahayaan ini berdasarkan posisi pemasangannya adalah untuk menerangi dinding bagian atas serta langit-langit ruang auditorium ini untuk menerangi ruang ini secara keseluruhan.

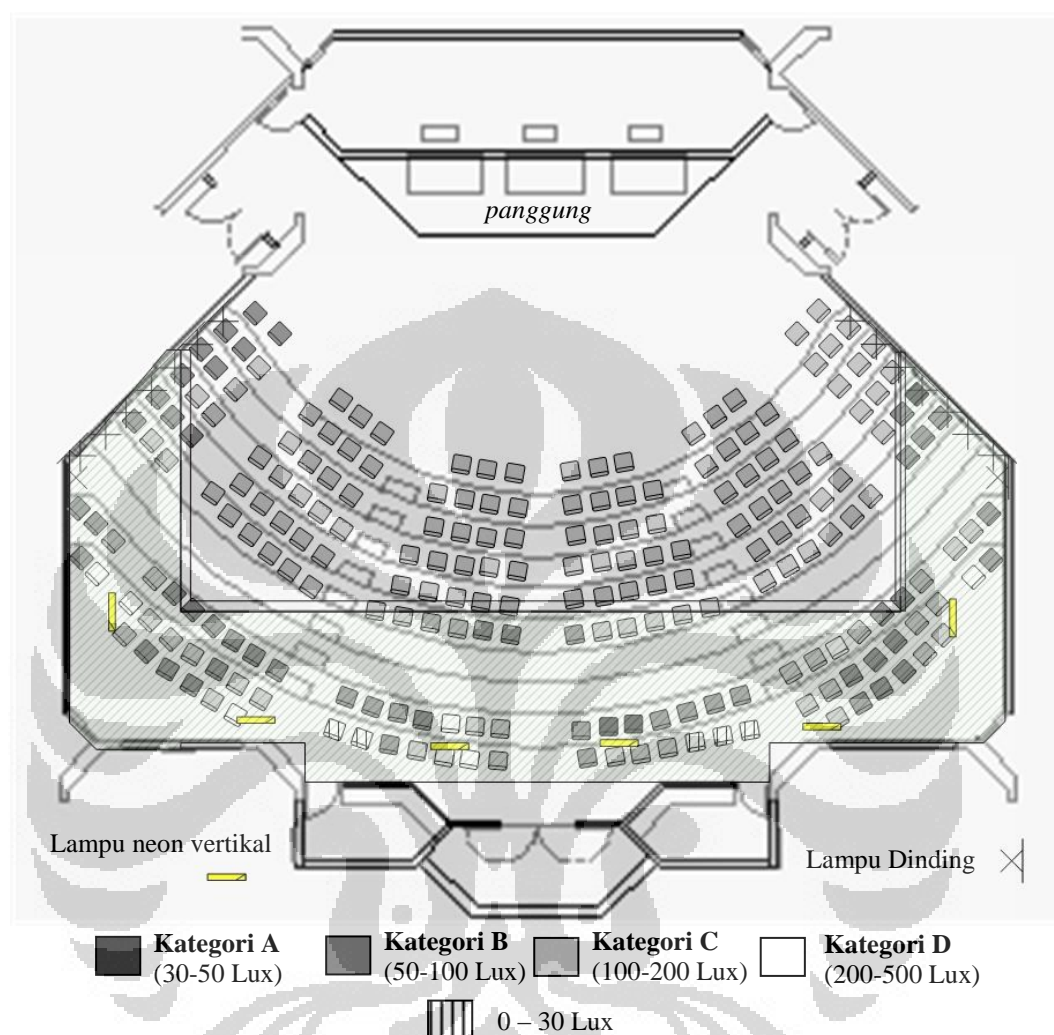


**Gambar 4.26** Lampu pada Dinding Sisi Atas Ruang Auditorium K301

Selain lampu yang terdapat pada langit-langit ruang ini, pada bagian setengah atas Ruang Auditorium K301 juga terdapat lampu dinding. Lampu ini dipasang pada panel kayu yang terletak pada bagian setengah atas ruang ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.26. Jenis lampu yang terpasang merupakan lampu pijar yang diletakkan pada bagian dalam panel kayu. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi utama pada lampu panel kayu tersebut adalah untuk menerangkan panel kayu itu sendiri. Jenis penerangan yang dihasilkan oleh lampu ini adalah *indirect lighting* dimana lampu terarah ke langit-langit ruang, keluar dari panel kayu.

Setelah menganalisa pemetaan pencahayaan pada bagian setengah atas Ruang Auditorium K301, pemetaan pencahayaan untuk bagian setengah bawah Ruang Auditorium K301 dapat dilihat pada Gambar 4.27. Untuk bagian setengah

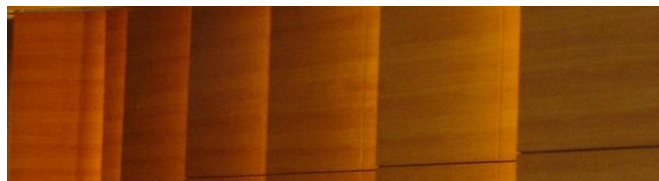
bawah ruang ini, terdapat dua jenis lampu berdasarkan lokasinya yaitu lampu pada dinding serta lampu yang terletak pada bagian bawah balkon.



**Gambar 4.27** Pemetaan Tingkat Pencahayaan Bagian Setengah Bawah Ruang Auditorium K301

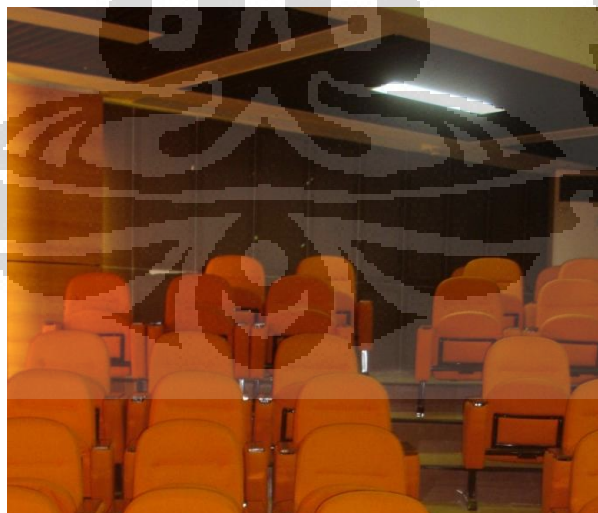
Lampu yang terdapat pada dinding bagian bawah auditorium adalah lampu neon yang terpasang secara vertikal pada celah-celah dinding seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.27. Mengingat bentuk dinding ini memiliki tujuan sebagai reflektor bunyi, lampu yang terpasang pada celah tersebut bertujuan untuk menerangi celah antar reflektor. Hal ini menyebabkan sumber penerangan yang berasal dari lampu tersebut merupakan jenis penerangan tidak langsung atau *indirect lighting*. Meninjau kembali letak lampu yang terletak dekat kursi kuliah, jenis penerangan dari lampu tersebut tidak bertujuan untuk menerangi kursi kuliah

yang terdapat didekatnya. Oleh karena itu, kursi yang terletak di dekat lampu dinding tersebut memiliki penerangan dengan kategori A dan B.



**Gambar 4.28** Lampu pada Dinding Sisi Bawah Ruang Auditorium K301

Lampu yang terletak pada bagian bawah balkon Ruang Auditorium K301 ditunjukkan oleh Gambar 4.29. Lampu yang terletak pada bagian ini merupakan lampu neon vertikal yang berwarna putih tanpa *luminaire* sebanyak 6 lampu. Tujuan utama lampu ini adalah untuk menerangi kursi kuliah yang terdapat dibawahnya. Hal ini dilakukan karena sumber penerangan yang dapat berasal dari langit-langit tertutup oleh balkon. Jenis penerangan yang diberikan oleh lampu ini adalah jenis penerangan langsung atau *direct lighting*. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.27, lampu ini memberi penerangan untuk kategori C serta D. Hal ini menunjukkan bahwa penerangan yang diberikan oleh lampu tersebut belum merata.



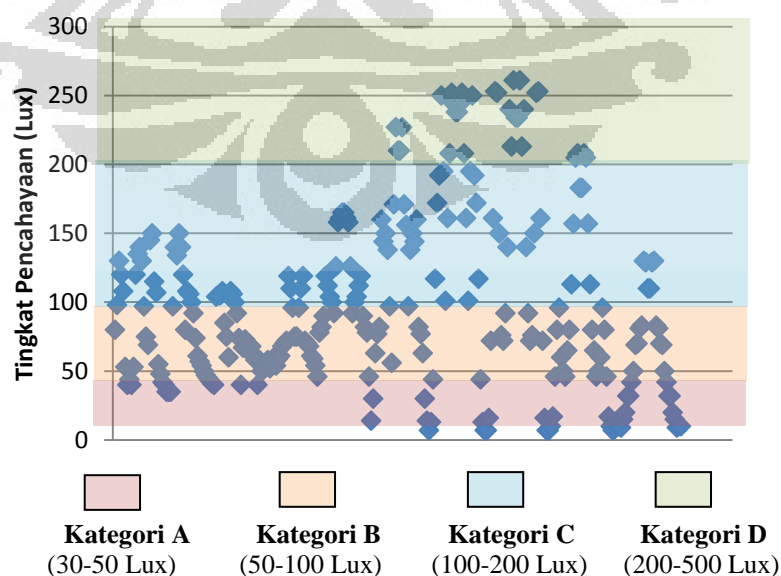
**Gambar 4.29** Lampu Bawah Balkon Ruang Auditorium K301

Sistem pencahayaan buatan yang telah diterapkan pada Ruang Auditorium K301 secara umum sudah cukup baik untuk mendukung kegiatan yang dilakukan

pada ruang ini yaitu mayoritas untuk kegiatan akademik. Meskipun demikian, mengingat masih terdapat lokasi kursi kuliah yang belum memenuhi kategori pencahayaan yang disarankan, penulis memberikan saran perbaikan sebagai berikut:

- Pemasangan *luminaire* pada lampu bawah balkon  
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, tingkat pencahayaan yang diterima daerah kursi lokasi bagian bawah balkon tidak merata. Oleh karena itu, penyebaran pencahayaan dapat dibantu dengan memasang *luminaire* untuk jenis lampu tersebut. Jenis *luminaire* kap lampu dapat membantu penyebaran dengan piringan berbentuk segiempat dapat membantu penyebaran cahaya yang lebih lebar.
- Peninjauan kembali tingkat pencahayaan yang bersumber dari lampu langit-langit  
Pencahayaan yang berasal dari langit-langit memberikan tingkat pencahayaan yang merata. Meskipun demikian, lampu yang digunakan dapat dipertimbangkan lagi agar dapat menerangi ruang dengan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi. Hal ini dapat ditinjau dari daya kerja lampu tersebut untuk penerangan.

#### 4.3.2 Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja



**Gambar 4.30** Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

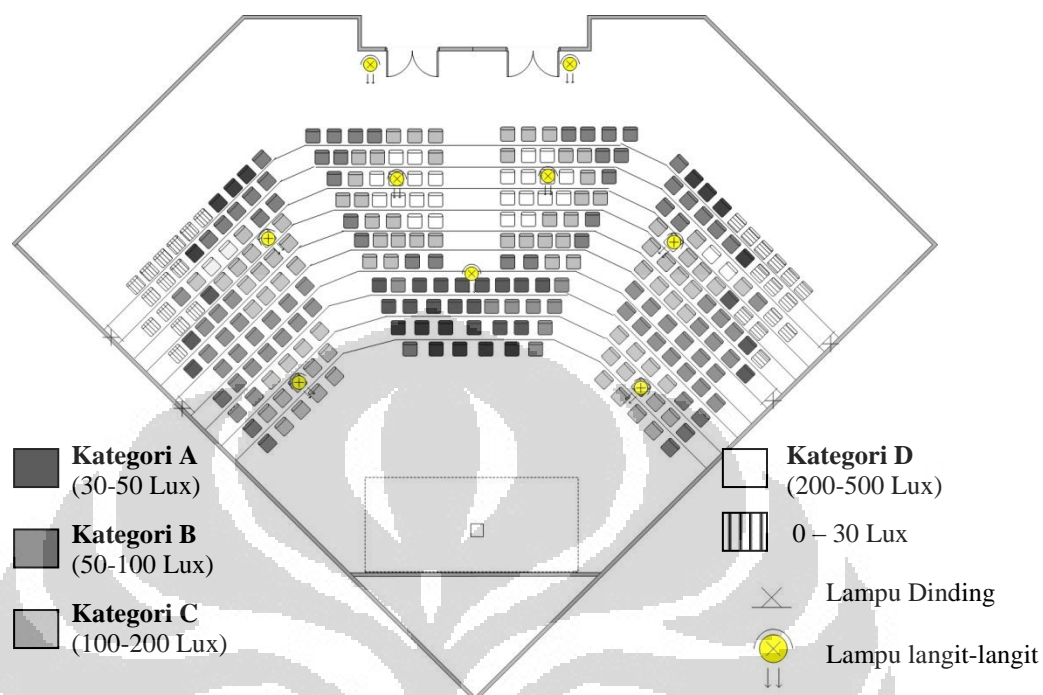
Hasil data pengukuran yang diambil pada kursi kuliah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dikategorikan berdasarkan kategori tingkat pencahayaan pada Gambar 4.30. Mengacu kembali kepada standar pencahayaan yang telah ditetapkan untuk ruang belajar berdasarkan SNI 03-6575-2001, tingkat penerangan yang dibutuhkan adalah sebesar 250 lux. Tingkat penerangan ini masuk ke dalam kategori D untuk standar penerangan kegiatan dalam ruang. Seperti yang telah dibahas pada bab Pengambilan dan Pengolahan data, hasil pengukuran untuk ruang auditorium ini menunjukkan bahwa hanya 4% kursi kuliah yang memenuhi standar tersebut.

Untuk mengetahui keadaan kursi kuliah di ruang auditorium ini lebih detail, Tabel 4 menunjukkan penggolongan kursi kuliah di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja berdasarkan kategori pencahayaan yang disarankan oleh *Illumination Engineering Society* menurut jenis kegiatan yang dilakukan. Standar pencahayaan sebesar 250 lux termasuk dalam standar penerangan kategori D, dimana sudah terdapat 30 kursi yang memenuhi kategori ini. Meskipun demikian, persentase kursi yang memenuhi kategori ini hanya sebesar 11%. Persentase jumlah kursi tertinggi sebesar 36% memiliki penerangan pada kategori B, dimana tingkat penerangan kategori ini hanya diperuntukkan sebagai penerangan area bertemu sementara. Selain itu, kursi kuliah di ruang ini masih ada yang berada pada kategori A yang merupakan kategori dengan standar penerangan paling rendah sebanyak.

**Tabel 4.4** Penggolongan Tingkat Penerangan Kursi Kuliah di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Kategori	Aktivitas	Kursi Kuliah	
		Jumlah	Persentase
A	Tempat umum dengan lingkungan redup	32	12%
B	Tempat orientasi sederhana yang digunakan untuk berkunjung/bertemu sementara	99	36%
C	Area bekerja untuk sesekali melakukan tugas visual	87	32%
D	Pengerjaan tugas visual dengan kontras atau ukuran besar	30	11%
0 – 30 Lux	<i>Tidak diterangkan</i>	27	10%

Universitas Indonesia



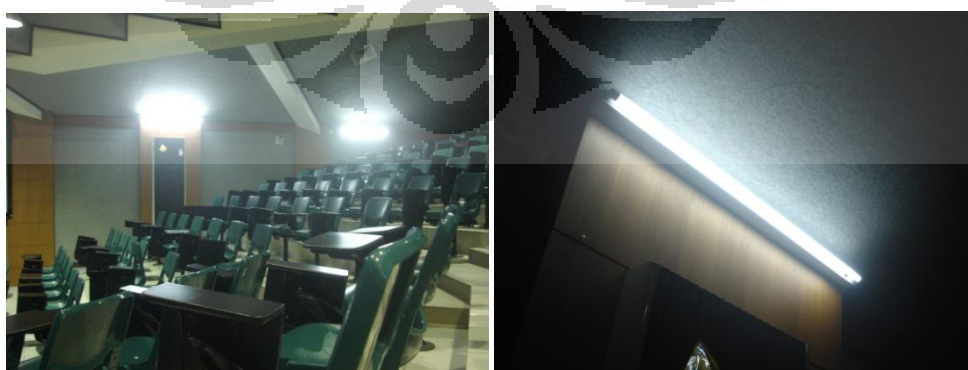
**Gambar 4.31** Pemetaan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Pemetaan tingkat pencahayaan pada masing-masing kursi kuliah Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 4.31. Pada gambar pemetaan cahaya ini, dapat dilihat bahwa tingkat penerangan dipengaruhi oleh posisi pemasangan lampu. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan tingkat pencahayaan pada seluruh lokasi kursi kuliah tersebut. Di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja, lampu yang mempengaruhi penerangan pada kursi kuliah terdapat pada langit-langit serta kedua sisi dinding ruang ini.



**Gambar 4.32** Lampu pada Langit-Langit Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja

Lampu pada langit-langit Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja dapat dilihat pada Gambar 4.32. Jenis lampu yang terpasang adalah lampu pijar sejumlah 9 lampu pada seluruh langit-langit ruang ini. Lampu ini diberi *luminaire* bertipe reflektor yang menggantung dari langit-langit ruang tersebut. Pencahayaan dari lampu ini merupakan jenis pencahayaan langsung atau *direct lighting*. Hal ini dapat dilihat dari bentuk *luminaire* lampu yang mengarahkan pencahayaan ke area di bawahnya. *Luminaire* lampu jenis ini mengurangi penyebaran cahaya dan kurang tepat digunakan untuk memberi penerangan yang rata pada sebuah ruang. Perbedaan kategori tingkat pencahayaan disebabkan oleh jenis *luminaire* ini, dimana dapat dilihat di Gambar 4.32 bahwa hanya kursi kuliah yang terletak di bawah persis lampu langit-langit yang mendapatkan pencahayaan kategori D. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat penerangan yang dimiliki oleh lampu sudah cukup baik, namun perlu disebarkan menggunakan *luminaire* yang lebih tepat.



**Gambar 4.33** Lampu pada Dinding Sisi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja



Lampu yang terdapat pada kedua dinding sisi Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja terdapat pada Gambar 4.33. Lampu ini berupa lampu TL atau neon dengan bentuk memanjang vertical yang terpasang sebanyak 2 lampu pada masing-masing dinding sisi sehingga jumlah jenis lampu pada ruang ini adalah 4 lampu. Jenis lampu ini terpasang pada bagian atas panel kayu yang terdapat pada kedua dinding sisi ruang. Jika dilihat dari posisi pemasangan lampu ini, lampu ini dipasang dengan tujuan memberi penerangan dukungan untuk keseluruhan pencahayaan ruang, terutama bagian kedua sisi ruangan yang terdapat lantai bertingkat. Lampu yang dipasang pada ruang ini tidak dipasang dengan rumah lampu atau *luminaire*, sehingga cahaya yang berasal dari lampu ini tidak terarahkan. Meskipun demikian, dengan adanya lampu ini pada kedua sisi ruangan dapat membantu penerangan area lokasi kursi mahasiswa namun tidak merupakan jenis penerangan untuk melakukan kegiatan (*visual task*).

Berdasarkan analisa yang telah dibuat, sistem pencahayaan buatan yang terdapat pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja perlu dibenahi kembali. Hal ini dapat dilihat dari kategori tingkat pencahayaan untuk ruang ini yang masih belum memenuhi standar. Oleh karena itu, penulis memberi beberapa saran untuk meningkatkan kualitas pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja sebagai berikut:

- Menerapkan sistem pencahayaan gabungan

Dengan melihat keadaan sistem pencahayaan Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja saat ini, pencahayaan yang digunakan sebagian besar adalah *direct lighting*. Untuk meningkatkan tingkat pencahayaan keseluruhan ruang tersebut, dapat diterapkan sistem pencahayaan gabungan yang merata serta terarah. Hal ini dilakukan dengan menerapkan dua jenis penerangan yaitu penerangan langsung atau *direct lighting* serta penerangan yang tidak langsung atau *indirect lighting*. Jenis penerangan langsung dapat diterapkan pada daerah dimana tingkat pencahayaan sangat dibutuhkan untuk melakukan suatu kegiatan seperti daerah kursi kuliah. Untuk penerapan penerangan yang tidak langsung dapat difokuskan pada dinding atau langit-langit ruang ini. Penerangan yang bersifat tidak langsung dapat menambah tingkat

pencahayaannya yang terdapat pada ruang tersebut. Selain itu, dapat memberi nuansa yang nyaman bagi pemakai ruangan.

- Pertimbangan *luminaire* yang digunakan untuk lampu langit-langit  
Seperti yang telah dianalisa, pencahayaan yang bersumber dari lampu langit-langit ruang ini merupakan jenis pencahayaan yang langsung menerangi bidang tepat dibawahnya atau *downward lighting*. Hal ini menyebabkan penyebaran cahaya yang berasal dari lampu tersebut kurang optimal sehingga terdapat beberapa daerah kursi kuliah yang memiliki penerangan yang tidak tepat untuk melakukan kegiatan yang berkaitan dengan *visual task*. Untuk mengatasi hal ini, dapat dipertimbangkan untuk menggunakan *luminaire* yang dapat menyebarkan cahaya tersebut sehingga penerangan mencukupi untuk seluruh lokasi kursi kuliah maupun bagian ruang lainnya. Hal ini dilakukan untuk mencapai sistem pencahayaan gabungan seperti yang disarankan oleh IES.
- Penambahan jumlah lampu  
Jumlah lampu yang terdapat pada Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja adalah sebanyak 9 lampu di langit-langit ruang serta 4 lampu di sisi dinding ruang. Untuk ruang auditorium yang memiliki volum yang lebih besar dari ruang pada umumnya, jumlah sumber pencahayaan buatan di ruang ini dapat digolongkan kurang dari cukup. Oleh karena itu, untuk mencapai tingkat pencahayaan yang merata pada seluruh ruang dapat ditambahkan jumlah lampu sebagai sumber pencahayaan buatan. Penambahan jumlah lampu harus ditinjau kembali lokasi penambahannya, seperti pada lokasi ruang yang masih mendapatkan standar penerangan kategori A.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

##### **5.1.1 Keadaan Akustik**

- Keadaan akustik Ruang Auditorium K301 yang terdapat pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia belum memenuhi kriteria akustik yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan belajar. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kebisingan yang melebihi batas maksimum 35 dB, estimasi waktu dengung yang melebihi 1,5 detik, serta nilai rasio S/N yang belum memenuhi +15 dB untuk seluruh bagian ruangan.
- Keadaan akustik Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja yang terdapat pada Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia cukup baik dalam memenuhi kriteria akustik yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan belajar. Hal ini dapat dilihat estimasi waktu dengung yang berada pada kisaran 1 sampai 1,5 detik serta nilai rasio S/N yang hampir memenuhi +15 dB untuk seluruh bagian ruangan. Meskipun demikian, kriteria tingkat kebisingan untuk Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja belum memenuhi kriteria maksimum sebesar 35 dB.

##### **5.1.2 Keadaan Pencahayaan**

- Keadaan pencahayaan Ruang Auditorium K301 belum sepenuhnya memenuhi standar penerangan yang disarankan yaitu diatas 250 lux berdasarkan SNI 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung serta pada Kategori D berdasarkan kategori pencahayaan minimum untuk kegiatan dalam ruang yang disarankan oleh IES (*Illumination Engineering Society*). Hal ini dapat disimpulkan dari 96% daerah kursi kuliah yang belum mendapatkan penerangan pada Kategori D.
- Keadaan pencahayaan Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja belum sepenuhnya memenuhi standar penerangan yang disarankan yaitu diatas 250

lux berdasarkan SNI 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung serta pada Kategori D berdasarkan kategori pencahayaan minimum untuk kegiatan dalam ruang yang disarankan oleh IES (*Illumination Engineering Society*). Hal ini dapat disimpulkan dari 89% daerah kursi kuliah yang belum mendapatkan penerangan pada Kategori D.

## 5.2 Penelitian Lanjutan

Untuk memperdalam penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian lanjutan sebagai berikut:

- Memperluas penelitian ini untuk ruang auditorium lain maupun ruang kelas yang digunakan sebagai ruang kuliah di Universitas Indonesia
- Mengestimasi kriteria akustik berupa waktu dengung ruang auditorium dengan melakukan percobaan langsung pada ruang tersebut dan membandingkannya dengan estimasi perhitungan waktu dengung menggunakan rumus Sabine
- Meneliti dan melakukan eksperimen terhadap penilaian subjektif maupun objektif terhadap pemakai ruang auditorium berdasarkan faktor akustik dan pencahayaan
- Memperluas aspek ergonomi lingkungan yang diteliti seperti suhu dan kelembaban

## DAFTAR REFRENSI

- American National Standards Institute. (2002). *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools* (S12.60-2002). Melville, NY: Author.
- American National Standards Institute, Illumination Engineers Society. (1977). *American National Standard Guide for Educational Facilities Lighting* (ANSI/IES RP-3, 1977)
- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (2005). *Acoustics in Educational Settings: Technical Report*. [www.asha.org/policy](http://www.asha.org/policy).
- Anggreani, Eunike Vanessa. (2010). *Analisa akustik ruang kelas pada lembaga pendidikan non-formal dengan studi kasus Mentari Kasih Surabaya*. Universitas Kristen Petra, Perancangan Interior Jurusan Desain Interior.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2001). *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung* (SNI 03-6575-2001). Jakarta: Author.
- Barron, Michael. (2010). *Auditorium acoustics and architectural design* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Spon Press
- Budiono. (1992). *Kebisingan sebagai salah satu faktor penyebab penyakit akibat kerja dan cara pengendaliannya*. Buletin Keslingmas Tahun XI, Nomor 42
- Burke, K, Samide. B. B. (2004). *Required Changes in the Classroom Environment: It's a Matter of Design*. *Journal of The Clearing House*, 77 (6), 1-6.
- Doelle, Leslie L. (1993). *Akustik lingkungan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Egan, M. David. (1972). *Concepts in architectural acoustics*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Epps, K.K. & Hill, M.C. (2009). Does physical classroom environment effect student performance, student satisfaction, and student evaluation of teaching in the college environment?. *Academy of Educational Leadership*, 14 (1), 15-19
- Felder, R.M., & Silverman, L.K. (1988). Learning and Teaching Styles In Engineering Education. *Engr. Education*, 78, 674–681.
- Hodgson, Murray. (2004). Case-study evaluations of the acoustical designs of

- renovated university classrooms. *Applied Acoustics*, 65, 69–89
- Illumination Engineers Society (IES). (2000). *The IESNA lighting handbook: reference and application* (9<sup>th</sup> ed.). New York: Author.
- Kr'uger, E.L., & Zannin, P.H.T. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. *Building and Environment*, 39, 1055 – 1063
- Legoh, F. (1993). *Acoustic Design and Scale Model Testing at A Multi Pusrpose Auditorium*. UK : The University of Salford
- Mediastika, E Christina. (2005). *Akustik bangunan*. Yogyakarta.
- Mediastika, Christina E. (2009). *Material akustik pengendali kualitas bunyi pada bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Noxon, Arthur M. (2002, April-September). Auditorium Acoustics. *Church & Worship Technology*
- Perdana, Aditya Trisna. (2009). Studi ergonomi lingkungan kerja pada rumah tinggal tipe ganyar 1 Purimas Surabaya. Universitas Kristen Petra, Desain Interior.
- Suma'mur. (1992). *Hygiene perusahaan dan kesehatan kerja*. Jakarta: Gunung Agung
- Suptandar, J. Pamudji. (1999). *Disain interior*. Jakarta: Djambatan.
- Rossing, Thomas D. (2007). *Springer handbook of acoustics*. New York: Springer Science+Business Media.
- Smith, Thomas J. (2001). *Educational ergonomics: educational design and educational performance*. University of Minnesota, International Society for Occupational Ergonomics and Safety.
- United Nations Environment Programme (UNEP). *Pedoman efisiensi energi untuk industri di asia*. Nairobi: Author.
- Seep, et al. (2000). *Classroom Acoustics*. Prepared for the Technical Committee \ on Architectural Acoustics of the Acoustical Society of America.
- Wilkins, A., & Winterbottom, M. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 63–75.

## Lampiran 1

## Koefisien Penyerapan Bunyi Material pada Ruang Auditorium

Sumber : Michael Barron.(2010). *Auditorium Acoustics and Architectural Design* (2<sup>nd</sup> ed.).New York: Spon Press

	Frequency (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Seated audience*:						
Heavy upholstery	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90
Medium upholstery	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85
Light upholstery	0.51	0.64	0.75	0.80	0.82	0.83
Unoccupied seating*:						
Heavy upholstery	0.70	0.76	0.81	0.84	0.84	0.81
Medium upholstery	0.54	0.62	0.68	0.70	0.68	0.66
Light upholstery	0.36	0.47	0.57	0.62	0.62	0.60
Plaster or thick wood*	0.10	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
Plaster on concrete block*	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
Concrete	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Thin wood (approximate)	0.30	0.19	0.09	0.06	0.06	0.06
Curtain (velour, draped)	0.06	0.31	0.44	0.80	0.75	0.65
Absorbing power of orchestra (m <sup>2</sup> ), 92 players on a 170 m <sup>2</sup> stage with vertical walls*	22	37	44	64	102	132
Air absorption coefficient, 4m (m <sup>-1</sup> )	.000	.001	.003	.004	.009	.027

## Lampiran 2

Koefisien Penyerapan Bunyi Material pada Fasilitas Pendidikan

Sumber : *Acoustical Society of America* (2000)

	Sound Absorption Coefficient ( $\alpha$ )							
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
Glass Fiber Ceiling Tile	0.70	0.85	0.75	0.85	0.90	0.90		0.90
Fiberglass Wall Panel - 2 inch thick	0.30	0.50	0.80	0.90	0.80	0.75		0.75
Concrete Block, painted	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08		0.08
Gypsum Wall Board	0.25	0.15	0.08	0.06	0.04	0.04		0.04
Plaster Wall or Ceiling	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03		0.03
Linoleum or Tile Floor	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02		0.02
Thin Carpet, on concrete	0.05	0.10	0.25	0.30	0.35	0.40		0.40
Wood Door	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06		0.06
Glass	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04		0.04
Chalkboard	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02		0.02



## Lampiran 3

## Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan

Sumber : Badan Standarisasi Nasional Indonesia. *SNI 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
<b>Rumah Tinggal :</b>			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
<b>Perkantoran :</b>			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
<b>Lembaga Pendidikan :</b>			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
<b>Hotel dan Restoran</b>			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
<b>Rumah Sakit/Balai pengobatan</b>			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	

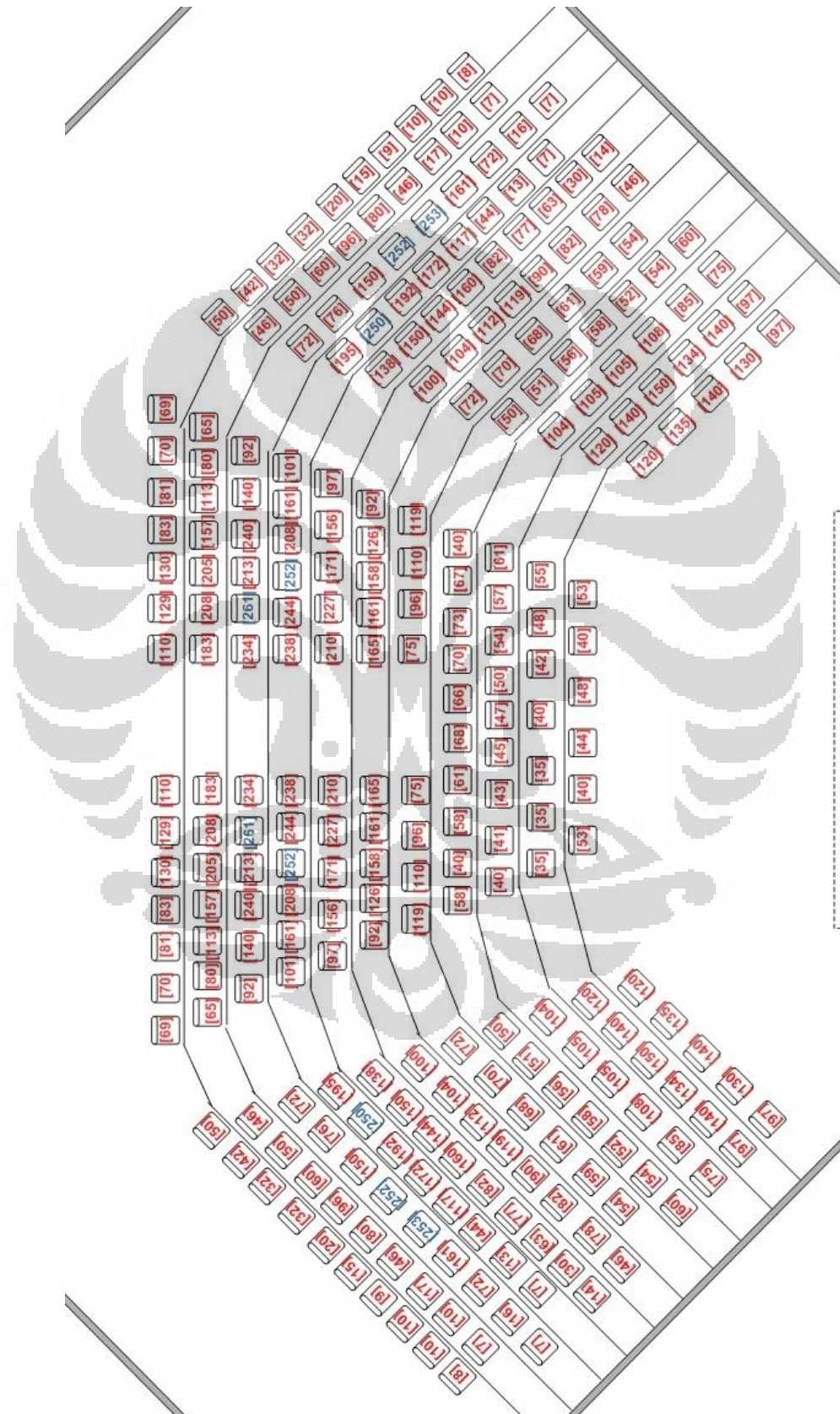
## Lampiran 3

(lanjutan)

Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
<b>Pertokoan/Ruang pameran.</b>			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
<b>Industri (Umum).</b>			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	
<b>Rumah ibadah.</b>			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	idem
Vihara	200	1 atau 2	idem

Lampiran 4

Data Pengambilan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium S. Soeria Atmadja



**Lampiran 5**

Data Pengambilan Tingkat Pencahayaan di Ruang Auditorium K301

