

BUKU AJAR

# FISIKA BANGUNAN

JURUSAN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

EDISI KE 2

*THERMAL & ACOUSTIC*

ISBN 978-602-14598-4-3



CV. TIGA MEDIA PRATAMA

Desember, 2015



## PENGANTAR DARI DEKAN

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya dalam menuntun kami, akademisi yang selalu mengobarkan api semangat menularkan ilmu bermanfaat bagi lingkungan akademik tercinta, peneliti, dosen, mahasiswa, dan siapapun yang tiada henti-hentinya belajar menuntut ilmu. Sebagai Pimpinan Fakultas Teknik, senantiasa mendorong semangat kepada para dosen untuk berjuang mengembangkan ilmu, meneliti, mengabdikan demi mencerdaskan generasi penerus bangsa.

Sebagaimana telah dituangkan ke dalam Undang-undang No 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi bahwa Pendidikan Tinggi sebagai bagian dari sistem Pendidikan Nasional, Dosen memiliki peranan yang strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa. Sementara dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi, Perguruan Tinggi dituntut untuk melaksanakan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Salah satu manifestasi bidang penelitian tersebut adalah penulisan buku teks maupun buku ajar yang menjadi salah satu bagian dari sistem infrastruktur pembelajaran dalam penyelenggaraan pendidikan di Perguruan Tinggi.

Buku ini merupakan rekam jejak penulis dalam melaksanakan tugas mengajar pada Mata Kuliah Fisika Bangunan II dan aktif melakukan penelitian dengan topik yang sama. Dengan terbitnya buku ajar berjudul: “*Thermal & Acoustic – Edisi 2*” ini, maka diharapkan perkembangan ilmu Fisika Bangunan pendukung mata kuliah Perancangan Arsitektur akan semakin ditingkatkan.

Sekali lagi, kami selalu bersyukur jika kualitas pendidikan didorong menjadi semakin baik, semakin berkembang. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat serta memberikan api semangat bagi dosen dan peneliti di Perguruan Tinggi manapun untuk terus berkarya dan menulis, meneliti dan mengembangkan keilmuan.

Desember, 2015  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro

Ir. M. Agung Wibowo, M, MSc, PhD

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis menyelesaikan Buku Ajar Fisika Bangunan II EDISI ke 2 ini. Berbeda dengan Edisi Pertama, edisi kedua ini akan membahas materi thermal secara lebih sederhana dan aplikatif. Untuk memperjelas pembahasan, penulis memberikan contoh studi kasus berupa penerapan penghitungan *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* pada bangunan sederhana. Hal mendasar yang menyebabkan perlunya segera disusun Buku Ajar Thermal dan Acoustics ini adalah berlakunya SNI 03-6389-2011 menggantikan SNI 03-6389-2000 tentang “Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung”. Dalam SNI 03-6389-2000, nilai *OTTV* maksimal yang diijinkan adalah  $45 \text{ Watt/m}^2$ , sedangkan pada SNI 03-6389-2011, nilai *OTTV* maksimal adalah  $35 \text{ Watt/m}^2$ . Dengan demikian buku Thermal dan Acoustics Edisi ke 2 ini menjadi sangat penting untuk segera diterbitkan demi menunjang teori tentang Konservasi Energi dan Konsep Bangunan Hijau di Indonesia. Untuk memperjelas materi thermal pada selubung bangunan, maka pada bab IV, V dan VI berturut-turut akan membahas mengenai: Keseimbangan thermal pada bangunan, konduksi pada dinding masif, konduksi pada dinding transparan dan radiasi pada dinding transparan. Pada bab VII dibahas tentang contoh kasus bangunan sederhana berkaitan dengan penghitungan *OTTV*. Perbedaan mendasar berikutnya pada materi Thermal dibandingkan dengan edisi pertama adalah penghilangan materi “*Active design*” karena pokok-pokok pikirannya dalam sistem bangunan akan lebih jauh ditangani oleh keahlian *Mekanikal* dan *Elektrikal (ME)*. Edisi ke 2 ini juga menghilangkan materi “Pembayangan pada Bangunan” karena materi ini sudah menjadi materi inti pada Mata Kuliah Fisika Bangunan I.

Di dalam materi *acoustics*, penulis akan membicarakannya dalam 2 bagian utama yaitu Akustik Lingkungan (*Outdoor Acoustics*) dan Akustik Ruang/Bangunan (*Indoor Acoustics*). Di dalam Akustik Lingkungan, penulis akan membicarakan mengenai Sifat fisika bunyi di ruang terbuka, *Grand Theory Bunyi (Inverse Square Law)*, Penggabungan dan Pengurangan Bunyi, Pembobotan Bunyi, Kriteria dan Standar Baku Mutu Lingkungan KEP. No.48/11/MENLH/1996. Dalam Akustik Ruang/Bangunan penulis membicarakan tentang sifat-sifat fisika bunyi di dalam ruang, Nilai Serapan Total Ruang, Serapan rata-rata Ruang, Waktu Dengung (*Reverberation Time*) Persyaratan Ruang Akustik dan Disain Ruang Serbaguna dengan kasus yang pernah penulis kerjakan. Perbedaan dengan edisi pertama, adalah penggantian materi disain master plan perumahan kawasan bising dengan bahasan tentang “Penentuan Garis Sepadan Bangunan pada kawasan bising perkotaan” dan material akustik yang berbahan dasar limbah. Adapun alasan mengapa materi “Master plan design” dihilangkan adalah karena pertimbangan kompleksitas yang rumit untuk

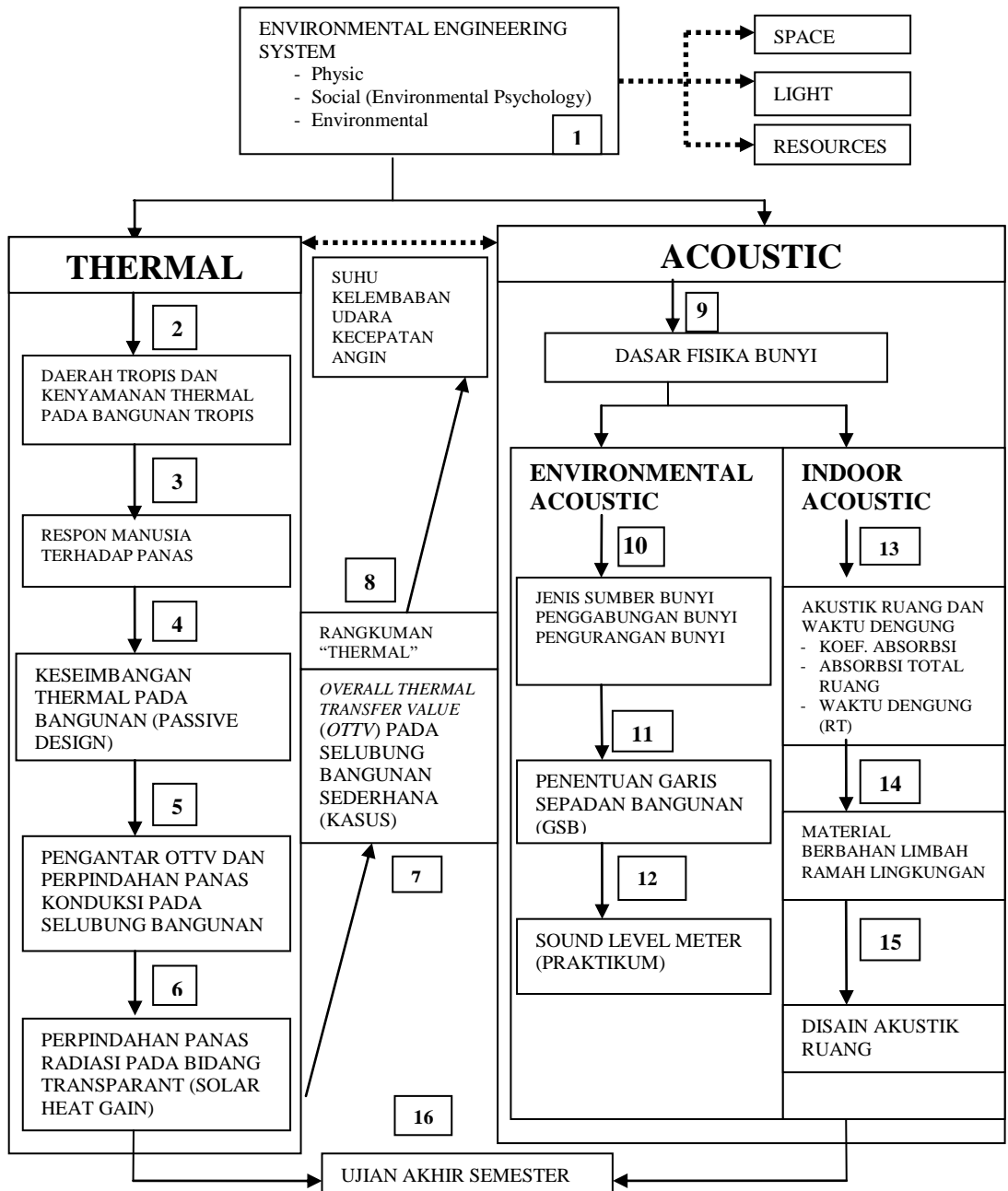
kompetensi mahasiswa strata satu (S1). Materi lain pada bahasan Akustik tidak mengalami perubahan yang signifikan. Untuk melakukan *mapping* pokok-pokok pikiran yang terkandung dalam buku ajar ini, maka penulis memaparkan *COMPETENCY MAPPING (Analisis Instruksional)* agar mahasiswa dapat memahami keterkaitan antara pokok bahasan tatap muka satu dengan pokok bahasan pada tatap muka berikutnya ataupun bagian lain pada buku ini.

Penerbitan Buku Edisi 2: *Thermal & Acoustic* ini sekaligus menyempurnakan, memperbaharui, serta meralat ketidaksempurnaan dan kekeliruan pada buku edisi 1. Sekali lagi kami sangat berterimakasih atas semua dukungan yang diberikan kepada para teman sejawat di Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik UNDIP, khususnya dosen-dosen Laboratorium Teknologi Bangunan yang telah memberikan saran, kritik membangun dan dorongan demi sempurnanya buku ajar ini. Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi yang membutuhkan: masyarakat, peneliti, mahasiswa terutama mahasiswa-mahasiswa Arsitektur yang sedang menempuh MK Fisika Bangunan II, Perancangan Arsitektur, MK Seminar yang berkaitan dengan Akustik, serta mahasiswa program studi S2 yang mengambil topik penelitian alur kuantitatif bertema Arsitektur Tropis, Arsitektur Hijau, *Thermal*, Akustik dan Arsitektur Berkelanjutan.

Semarang, Desember 2015  
Penulis,

Dr. Ir. Erni Setyowati, MT

## MAPPING KOMPETENSI (ANALISIS INSTRUKSIONAL)



## DAFTAR ISI

HALAMAN COVER .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
GARIS BESAR PROGRAM PEMBELAJARAN .....	iii
ANALISIS INSTRUKSIONAL .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
GLOSSARY .....	xix
<b>MATERI I TINJAUAN MATA KULIAH .....</b>	<b>1</b>
I. Deskripsi Singkat .....	1
II. Relevansi .....	2
III. Kompetensi .....	3
1. Standar Kompetensi.....	3
2. Kompetensi Dasar .....	3
3. Indikator .....	3
IV. KONTRAK PEMBELAJARAN .....	4
V. DAFTAR PUSTAKA .....	6
<b>MATERI II DAERAH TROPIS DAN KENYAMANAN THERMAL .....</b>	<b>8</b>
I. Deskripsi Singkat .....	8
II. Relevansi .....	8
III. Kompetensi .....	9
1. Standar Kompetensi.....	9
2. Kompetensi Dasar .....	9
3. Indikator .....	9
IV. DAERAH TROPIS DAN KENYAMANAN THERMAL.....	10
1. Daerah Tropis .....	10
2. Pengaruh Matahari di Daerah Tropis.....	12
3. Faktor-faktor Iklim dalam Perencanaan Bangunan .....	22
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	28
VI. UMPAN BALIK .....	28
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	28
VIII. SENARAI .....	28
<b>MATERI III RESPON MANUSIA TERHADAP PANAS .....</b>	<b>30</b>
I. Deskripsi Singkat .....	30
II. Relevansi .....	30

III.	Kompetensi .....	30
1.	Standar Kompetensi.....	30
2.	Kompetensi Dasar .....	31
3.	Indikator .....	31
IV.	SIFAT FISIKA PANAS & RESPON MANUSIA TERHADAP PANAS .	31
A.	Fisika Dasar Panas.....	31
B.	Prinsip Thermodynamic .....	32
C.	<i>Conduction</i> (Konduksi) .....	33
D.	<i>Convection</i> (Konveksi).....	34
E.	<i>Radiation</i> (Radiasi).....	35
F.	Transmisi dari Udara ke udara.....	37
G.	<i>Mean Radian Temperature</i> .....	38
H.	Human Respon to Heat.....	40
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	44
VI.	UMPAN BALIK .....	44
VII.	DAFTAR PUSTAKA .....	44
VIII.	SENARAI .....	44
<b>MATERI IV KESEIMBANGAN THERMAL PADA BANGUNAN .....</b>		<b>46</b>
I.	Deskripsi Singkat .....	46
II.	Relevansi .....	46
III.	Kompetensi .....	46
1.	Standar Kompetensi.....	46
2.	Kompetensi Dasar .....	47
3.	Indikator .....	47
IV.	KESEIMBANGAN THERMAL PADA BANGUNAN .....	47
1.	Perolehan Panas Internal ( $Q_i$ ).....	48
2.	Perolehan Radiasi Panas Matahari ( $Q_s$ ) .....	49
3.	Perolehan panas secara konduksi ( $Q_c$ ).....	52
4.	Perolehan/pelepasan panas secara konveksi ( $Q_v$ ).....	52
5.	Pelepasan panas secara evaporasi ( $Q_e$ ) .....	53
6.	Perolehan panas mekanikal ( $Q_m$ ).....	55
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	57
VI.	UMPAN BALIK .....	58
VII.	DAFTAR PUSTAKA .....	58
VIII.	SENARAI .....	58
<b>MATERI V PENGANTAR OTTV DAN PERPINDAHAN PANAS .....</b>		<b>60</b>
<b>KONDUKSI PADA SELUBUNG BANGUNAN</b>		
I.	Deskripsi Singkat .....	60
II.	Relevansi .....	60



III.	Kompetensi .....	60
1.	Standar Kompetensi.....	60
2.	Kompetensi Dasar .....	61
3.	Indikator .....	61
IV.	OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE .....	61
V.	PENGHITUNGAN NILAI KONDUKSI SELUBUNG BANGUNAN.....	63
VI.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	67
VII.	UMPAN BALIK .....	67
VIII.	DAFTAR PUSTAKA .....	68
IX.	SENARAI .....	68

### **MATERI VI RADIASI BIDANG TRANSPARANT**

	<b>PADA BANGUNAN (<i>SOLAR HEAT GAIN</i>) .....</b>	<b>83</b>
I.	Deskripsi Singkat .....	83
II.	Relevansi .....	83
III.	Kompetensi .....	83
1.	Standar Kompetensi.....	83
2.	Kompetensi Dasar .....	84
3.	Indikator .....	84
IV.	RADIASI PADA BIDANG TRANSPARANT BANGUNAN .....	85
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	87
VI.	UMPAN BALIK .....	87
VII.	DAFTAR PUSTAKA .....	87
VIII.	SENARAI .....	87

### **MATERI VII OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV) ..... 96**

	<b>PADA SELUBUNG BANGUNAN SEDERHANA.....</b>	<b>96</b>
I.	Deskripsi Singkat .....	96
II.	Relevansi .....	96
III.	Kompetensi .....	96
1.	Standar Kompetensi .....	96
2.	Kompetensi Dasar .....	97
3.	Indikator .....	97
IV.	KASUS PENGHITUNGAN OTTV.....	97
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	104
VI.	UMPAN BALIK .....	104
VII.	DAFTAR PUSTAKA .....	104
VIII.	SENARAI .....	104

### **MATERI VIII MID – SEMESTER (RANGKUMAN TERMAL)..... 106**

I.	RINGKASAN MATERI THERMAL.....	106
----	-------------------------------	-----

II. DAFTAR PUSTAKA .....	108
<b>MATERI IX DASAR FISIKA BUNYI.....</b>	<b>109</b>
I. Deskripsi Singkat .....	109
II. Relevansi .....	109
III. Kompetensi .....	110
1. Standar Kompetensi.....	110
2. Kompetensi Dasar .....	110
3. Indikator .....	110
IV. DASAR FISIKA BUNYI.....	111
A.PENGERTIAN FISIKA KEBISINGAN DAN RESPON MANUSIA .....	111
1. Perambatan Bunyi .....	111
2. Terjadinya Kebisingan.....	113
3. Tingkat Kebisingan .....	113
4. Intensitas Suara.....	115
5. Pembobotan Tingkat Bunyi.....	116
6. Penentuan Standar dan Kriteria Kebisingan .....	117
B.REAKSI MANUSIA TERHADAP KEBISINGAN .....	118
1. Telinga Manusia.....	118
2. Gangguan Pada Manusia .....	120
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	123
VI. UMPAN BALIK .....	124
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	124
VIII. SENARAI .....	125
<b>MATERI X JENIS, PENGGABUNGAN DAN PENGURANGAN BUNYI. 126</b>	<b>126</b>
I. Deskripsi Singkat .....	126
II. Relevansi .....	126
III. Kompetensi .....	126
1. Standar Kompetensi.....	126
2. Kompetensi Dasar .....	127
3. Indikator .....	127
IV. JENIS, PENGGABUNGAN DAN PENGURANGAN BUNYI.....	127
1. Jenis Bunyi .....	127
2. Penggabungan dan Pengurangan Bunyi .....	128
A. Penggabungan Bunyi.....	128
B. Pengurangan Intensitas Kebisingan Karena Jarak.....	130
C. Pengendalian Kebisingan pada Media Rambat .....	131
D. Deskripsi Kebisingan Jalan Raya .....	134
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	136

VI. UMPAN BALIK .....	137
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	137
VIII. SENARAI .....	137

**MATERI XI ASPEK KONTEKSTUAL DAN NOISE CONTROL..... 139**

I. Deskripsi Singkat .....	139
II. Relevansi .....	139
III. Kompetensi .....	139
1. Standar Kompetensi.....	139
2. Kompetensi Dasar .....	139
3. Indikator .....	140
IV. KONTROL KEBISINGAN ( <i>NOISE CONTROL</i> ) .....	140
A. Pengendalian Kebisingan Pada Bangunan .....	140
B. Pengendalian Kebisingan dengan Bahan Absorber.....	142
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	147
VI. UMPAN BALIK .....	147
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	147
VIII. SENARAI .....	148

**MATERI XII PENENTUAN GARIS SEPADAN BANGUNAN ..... 150**

I. Deskripsi Singkat .....	150
II. Relevansi .....	150
III. Kompetensi .....	150
1. Standar Kompetensi.....	150
2. Kompetensi Dasar .....	150
3. Indikator .....	151
IV. PENENTUAN GARIS SEPADAN BANGUNAN.....	151
A. Pengendalian Kebisingan Trafik .....	151
B. Penentuan GSB dengan Rumus Pengurangan Bunyi .....	152
C. Contoh Penghitungan Garis Sepadan Bangunan .....	153
V. LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	154
VI. UMPAN BALIK .....	154
VII. DAFTAR PUSTAKA .....	155
VIII. SENARAI .....	155

**MATERI XIII PROSEDUR PENGUKURAN TINGKAT BUNYI  
DENGAN SOUND LEVEL METER ..... 156**

I. Deskripsi Singkat .....	156
II. Relevansi .....	156
III. Kompetensi .....	156

1.	Standar Kompetensi.....	156
2.	Kompetensi Dasar .....	156
3.	Indikator .....	157
IV.	PROSEDUR PENGUKURAN DENGAN SOUND LEVEL METER.....	157
A.	Bagian-bagian Sound Level Meter (SLM) .....	158
B.	Cara mengukur bunyi dengan Sound Level Meter .....	159
V.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	161
VI.	UMPAN BALIK .....	161
VII.	DAFTAR PUSTAKA .....	161
VIII.	SENARAI .....	162

**MATERI XIV AKUSTIK RUANG DAN WAKTU DENGUNG..... 163**

I.	Deskripsi Singkat .....	163
II.	Relevansi .....	163
III.	Kompetensi .....	163
1.	Standar Kompetensi.....	163
2.	Kompetensi Dasar .....	164
3.	Indikator .....	164
IV.	INDOOR ACOUSTIC, SIFAT BUNYI DALAM RUANG.....	164
A.	Indoor Noise Control .....	164
B.	Kebisingan yang Merambat secara Structure Borne .....	165
V.	VARIABEL PADA AKUSTIK RUANG .....	166
A.	Serapan Total Ruang .....	166
B.	Koefisien Serapan Rata-Rata.....	166
C.	Waktu Dengung ( <i>Reverberation Time</i> ) .....	167
D.	Fungsi Ruang dan <i>Reverberation Time</i> .....	168
VI.	LATIHAN DAN TEST FORMATIF.....	175
VII.	UMPAN BALIK .....	175
VIII.	DAFTAR PUSTAKA .....	175
IX.	SENARAI .....	175

**MATERI XV DISAIN AKUSTIK RUANG..... 176**

I.	Deskripsi Singkat .....	176
II.	Relevansi .....	176
III.	Kompetensi .....	176
1.	Standar Kompetensi.....	176
2.	Kompetensi Dasar .....	177
3.	Indikator .....	177
IV.	DISAIN AKUSTIK RUANG.....	177
V.	LATIHAN DAN TUGAS .....	185
VI.	UMPAN BALIK .....	185

VII. DAFTAR PUSTAKA .....	185
VIII. SENARAI .....	185

**MATERI XVI UJIAN AKHIR SEMESTER**

(LATIHAN SOAL ACOUSTIC) .....	<b>186</b>
I. RINGKASAN MATERI ACOUSTIC .....	186
II. DAFTAR PUSTAKA .....	187
BIODATA RINGKAS PENULIS .....	189

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 01 :	Arah angin dan Tekanan Bumi .....	10
Gambar 2. 02 :	Definisi Sudut Matahari kaitannya dengan facade bangunan	14
Gambar 2. 03 :	Orbit bumi mengitari matahari.....	16
Gambar 2. 04 :	Potongan dua dimensi orbit bumi dan deklinasi matahari ....	16
Gambar 2. 05 :	Sudut Azimuth dan Altitude Posisi Matahari .....	16
Gambar 2. 06 :	Pembagian Daerah Waktu Dunia.....	17
Gambar 2. 07 :	Psychrometric Diagram .....	19
Gambar 2. 08 :	Psychrometric Diagram .....	20
Gambar 2. 09 :	Pengaruh Vegetasi terhadap Gerakan Udara .....	21
Gambar 2. 10 :	Pemahaman <i>Globe Temperature</i> .....	22
Gambar 2. 11 :	Diagram Koreksi Temperatur Efektif .....	23
Gambar 2. 12 :	Diagram Kenyamanan, Diagram Olgyay .....	24
Gambar 2. 13 :	Diagram Kenyamanan Thermal di Kota Semarang .....	26
Gambar 2. 14 :	Diagram Psikometrik Kasus Kota Semarang.....	27
Gambar 2. 15 :	Diagram Yoglau.....	28
Gambar 3. 01 :	Keseimbangan Termal di Permukaan .....	38
Gambar 3. 02 :	Diagram Psychrometric .....	39
Gambar 3. 02 :	Proses Perpindahan Panas pada Tubuh Manusia .....	42
Gambar 4. 01 :	Perolehan Panas Pada Bangunan .....	48
Gambar 4. 02 :	Contoh Pelapisan Dinding 1 .....	52
Gambar 4. 03 :	Contoh Pelapisan Dinding 2 .....	53
Gambar 4. 04 :	Contoh Dinding Transparan.....	54
Gambar 4. 05 :	Contoh Pengkondisian Udara pada Bangunan.....	56
Gambar 5. 01 :	Perpindahan Panas ke Dalam Bangunan.....	62
Gambar 5. 02 :	Diagram Alur Proses Perancangan Selubung Bangunan .....	63

Gambar 5.03 :	Dinding Finish ACP.....	65
Gambar 5.04 :	Dinding Batu bata .....	66
Gambar 5.05 :	Dinding Finish <i>Teracota</i> .....	66
Gambar 5.06 :	Kaca pada Selubung Bangunan .....	67
Gambar 6.01 :	Rumus Penghitungan SPF dan OPF .....	85
Gambar 6.02 :	Contoh Penghitungan Selubung Bangunan Selatan.....	85
Gambar 7.01 :	Denah, Tampak Depan, Tampak Belakang Bangunan .....	98
Gambar 7.02 :	Tampak Barat dan Tampak Timur Bangunan.....	99
Gambar 8.01 :	Sistem Thermal pada Bangunan .....	107
Gambar 8.02 :	Perpindahan Panas ke dalam Bangunan.....	107
Gambar 9.01 :	Perambatan Suara.....	111
Gambar 9.02 :	Grafik Ambang Pendengaran Manusia.....	114
Gambar 9.03 :	Telinga dan Bagian-bagiannya .....	119
Gambar 9.04 :	Tingkat kebisingan yang Mengganggu Percakapan .....	121
Gambar 10.01 :	Penyebaran Sumber Bunyi Tunggal Berwujud Titik.....	127
Gambar 10.02 :	Penyebaran Sumber Bunyi Berwujud Garis .....	127
Gambar 10.03 :	Grafik Perbandingan Reduksi Bunyi karena Jarak .....	128
Gambar 10.04 :	Sound Level Meter Addition Chart.....	130
Gambar 10.05 :	Background Level Correction Curve .....	130
Gambar 10.06 :	Pembelokan dan Refraksi Bunyi.....	133
Gambar 10.07 :	Pengaruh Kebisingan Tanpa Penghalang.....	134
Gambar 10.08 :	Pengendalian Kebisingan Transportasi dengan Reflektor ....	134
Gambar 10.09 :	Model Kebisingan Jalan Raya .....	135
Gambar 10..10 :	Sound Level Meter Addition Chart.....	136
Gambar 11.01 :	Kebisingan pada Bangunan Pendidikan.....	140
Gambar 11.02 :	Sampel Penurunan Bunyi pada Bangunan .....	141
Gambar 11.03 :	Sampel Disain Master Plan Perumahan Kawasan Bandara ..	141
Gambar 11.04 :	Posisi Bangunan yang kurang memperhitungkan Aspek Kebisingan .....	142
Gambar 11.05 :	Posisi Bangunan yang Memperhitungkan Kebisingan .....	142
Gambar 11.06 :	Penyerap Berpori .....	143
Gambar 11.07 :	Penyerap Berbentuk Selaput/ Selubung .....	144
Gambar 11.08 :	Penyerap Resonator .....	144
Gambar 11.09 :	Kain Goni dalam Suatu Disain Akustik.....	145
Gambar 11.10 :	Bata Polymer.....	145
Gambar 11.11 :	Koefisien Absorpsi Material Beton Polymer .....	145
Gambar 11.12 :	Material Cangkang Kerang untuk Material Lantai .....	146
Gambar 11.13 :	Panel Wafel dari Serbuk Gergaji .....	146
Gambar 11.14 :	Panel Wafel dari Serbuk Gergaji dan Serabut Kelapa .....	146
Gambar 12.01 :	Reduksi Kebisingan Trafik oleh Barrier .....	152

Gambar 12. 02 :	Site Plan Rumah Tinggal .....	153
Gambar 12. 03 :	Potongan Rumah Tinggal Terhadap Jalan .....	153
Gambar 13. 01 :	Alat-alat Penelitian.....	157
Gambar 13. 02 :	Sound Level Meter ex Luthron L-4001 .....	158
Gambar 13. 03 :	Kurva Pengukuran Bunyi Rentang 2 menit per 5 detik .....	159
Gambar 13. 04 :	Kurva Pengukuran Bunyi Rentang 2 menit per 3 detik .....	159
Gambar 13. 05 :	Posisi Pengukuran dengan SLM .....	160
Gambar 14. 01 :	Gelombang suara yang merambat pada Penghalang.....	164
Gambar 14. 02 :	Ruang Auditorium dengan plafon lurus dan bertrap.....	165
Gambar 14. 03 :	Bunyi di Dalam Ruang.....	167
Gambar 14. 04 :	Waktu Dengung .....	168
Gambar 14. 05 :	Waktu Dengung Penyesuaian untuk Frekuensi < 500 Hz....	169
Gambar 14. 06 :	Jangkauan Perkiraan Waktu Dengung .....	170
Gambar 15. 01 :	Kondisi Eksisting R. Serbaguna .....	178
Gambar 15. 02 :	Denah Rencana Pola Lantai R. Serbaguna.....	178
Gambar 15. 03 :	Denah Rencana Perletakan Furniture R. Serbaguna .....	179
Gambar 15. 04 :	Disain Pola Plafon R. Serbaguna .....	179
Gambar 15. 05 :	Gambar Tampak Rencana <i>Stage</i> R. Serbaguna .....	179
Gambar 15. 06 :	Gambar Rencana Pelapisan Dinding <i>Entrance</i> .....	180
Gambar 15. 07 :	Gambar Potongan A-A R. Serbaguna.....	180
Gambar 15. 08 :	Alternatif Disain Interior Ruang Serbaguna .....	180
Gambar 15. 09 :	Denah plafon dan Detail Potongan Ruang Serbaguna .....	181
Gambar 15. 10 :	Detail Potongan Partisi Lipat .....	182
Gambar 15. 11 :	Disain Lobby Ruang Serbaguna .....	183
Gambar 15. 12 :	Disain <i>Wall Treatment</i> Lobby Ruang Serbaguna .....	183
Gambar 15. 13 :	Disain Ruang Audience Auditorium .....	184
Gambar 15. 14 :	Disain Eksterior Auditorium RS. Orthopedi Surakarta .....	184

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 01 :	Data Temperatur dan Kelembaban di Kota Semarang.....	25
Tabel II. 02 :	Data Temperatur Efektif Kota Semarang.....	27
Tabel III. 01 :	Nilai Metabolisme Manusia untuk Berbagai Aktivitas.....	41
Tabel IV. 01 :	Emisi Panas dari Tubuh Manusia .....	48
Tabel IV. 02 :	<i>Solar Gain Factors</i> .....	50
Tabel IV. 03 :	<i>Absorbance &amp; Emittance of Surfaces</i> .....	50
Tabel IV. 04 :	Standar Air-to-air Transmittance beberapa Konstruksi .....	51
Tabel IV. 05 :	Kandungan Uap Air dalam Udara Jenuh .....	
	Terhadap Temperatur.....	56

Tabel	V. 01	:	Penghitungan Nilai Konduksi melalui Dinding Masif.....	64
Tabel	V. 02	:	Penghitungan Nilai Konduksi melalui Bidang Transparan...	65
Tabel	V. 03	:	Konduksi pada Dinding bata lapis Alumunium.....	65
			Composite Panel .....	65
Tabel	V. 04	:	Konduksi pada Dinding bata.....	66
Tabel	V. 05	:	Konduksi pada Dinding bata lapis Teracota .....	66
Tabel	V. 06	:	Konduksi pada kaca .....	67
Tabel	V. 07	:	Emisi Panas dari Tubuh Manusia .....	69
Tabel	V. 08	:	<i>Solar Gain Factors</i> .....	70
Tabel	V. 09	:	<i>Absorbance &amp; Emittance</i> dari Permukaan .....	70
Tabel	V. 10	:	Standar <i>Air-to-air</i> Transmittance beberapa Konstruksi .....	71
Tabel	V. 11	:	Karakter Jendela Kaca .....	72
Tabel	V. 12	:	Konduktivitas Beberapa Bahan.....	73
Tabel	V. 13	:	Film <i>Surface Conductance</i> .....	74
Tabel	V. 14	:	<i>Cavity Conductance</i> .....	75
Tabel	V. 15	:	Skala Kekuatan Angin <i>Beaufort</i> .....	75
Tabel	V. 16	:	Permeabilitas dan Permeances .....	76
Tabel	V. 17	:	Desain musin dingin suhu luar ruangan (°C).....	77
Tabel	V. 18	:	Jumlah derajat-hari Tahunan( 18 ° C) Beberapa Lokasi.....	78
Tabel	V. 19	:	Derajat per hari dari konversi faktor basis lebih dari 18°C .....	78
Tabel	V. 20	:	Nilai Kalori Bahan Bakar/Net .....	78
Tabel	V. 21	:	Persyaratan Ventilasi .....	79
Tabel	V. 22	:	Emisi Panas dari Beberapa Peralatan.....	79
Tabel	V. 23	:	<i>Desain Temperatur Indoor</i> .....	80
Tabel	V. 24a	:	Nilai Absorptansi Radiasi untuk Dinding Luar.....	80
Tabel	V. 24b	:	Nilai Absorptansi Radiasi untuk Cat Permukaan.....	80
Tabel	V. 25	:	Nilai R Lapisan Udara Permukaan Dinding dan Atap .....	81
Tabel	V. 26	:	Nilai k Bahan Bangunan .....	81
Tabel	V. 27	:	Nilai R Lapisan Rongga Udara .....	82
Tabel	V. 28	:	Beda Temperatur Ekuivalen .....	82
Tabel	V. 29	:	Faktor Radiasi Matahari (SF).....	82
Tabel	VI. 01	:	<i>Tabel Penghitungan SolarHeat Gain</i> .....	85
Tabel	VI. 02	:	<i>Contoh Klasifikasi Bidang Transparan</i> .....	86
Tabel	VI. 03	:	<i>Penentuan SC Efektif Bidang Transparan</i> .....	87
Tabel	VI. 04	:	<i>Rekapitulasi Total Radiasi Selubung Bangunan</i> .....	87
Tabel	VI. 05	:	<i>Vertical Projection Shading Coefficient</i> .....	88
Tabel	VI. 06	:	<i>Horizontal Projection Shading Coefficient</i> .....	89
Tabel	VI. 07	:	<i>Technical Characteristic Kaca INDOFLOT/Panasap</i> .....	90
Tabel	VI. 08	:	<i>Technical Characteristic Kaca Stopsol/Solarcut</i> .....	91
Tabel	VI. 09	:	<i>Technical Characteristic Kaca Indo Figure, Sunergy</i> .....	92
Tabel	VII. 01	:	Contoh Tabel Penghitungan Transmittansi & Resistansi .....	100



Tabel VII. 02 :	Penghitungan Luas Permukaan Facade.....	101
Tabel VII. 03 :	Penghitungan OTTV pada Selubung Bangunan .....	102
Tabel IX. 01 :	Kecepatan Bunyi di Udara terhadap Fungsi Temperatur .....	112
Tabel IX. 02 :	Hubungan Tekanan Suara & Tingkat Tekanan Suara.....	115
Tabel IX. 03 :	Respon Frekuensi Relatif SLM Pembobotan-A.....	116
Tabel IX. 04 :	Tingkat Kebisingan Ekuivalen (Rerata/Tahun) yang Diperbolehkan bagi Kesehatan .....	117
Tabel IX. 05 :	Baku Tingkat Kebisingan Kawasan.....	118
Tabel IX. 06 :	Kriteria Gangguan Percakapan Dalam Ruang .....	120
Tabel XI. 01 :	Penurunan Tingkat Bunyi pada Bangunan Pendidikan.....	141
<b>LAMPIRAN TABEL ACOUSTIC.....</b>		<b>L-1</b>

## **GLOSSARY**

Nilai kalori	:	adalah jumlah dari panas yang dikeluarkan/dibebaskan oleh bahan bakar (makanan) material melalui proses pembakaran penuh (complete combustion). Nilai kalori ini diukur baik per unit massa dalam J/kg, atau per unit volume J/m <sup>3</sup> .
Thermodinamic	:	adalah ilmu dari aliran panas dan hubungannya dengan pekerjaan mesin.
Conduction	:	Merupakan suatu bentuk dari propagasi panas dalam suatu benda, contoh : perpendaran gerakan molekuler melalui suatu benda secara kontak langsung.
Convection	:	Dalam sensasi konveksi yang sempit , bentuk panas berpindah dari permukaan ke benda padat, contoh zat cair ke medium gas atau sebaliknya.
Radiasi	:	Pengertian dari radiasi panas mengacu pada panjang gelombang infra merah dari spektrum radiasi gelombang elektromagnetik.
MRT (Mean Radiant Temperature)	:	area yang memiliki temperatur rata-rata dari seluruh permukaannya.
SOL-AIR TEMPERATURE	:	Temperatur permukaan yang berubah-ubah (notional) yang mendorong aliran panas ke dalam bangunan ketika di bagian luar terekspose radiasi matahari.
WBT	:	Wet Bulb Temperature/ Temperatur Bola Basah
DBT	:	Dry Bulb Temperature/ Temperatur Bola Kering
Azimuth	:	Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
Altitude	:	$\pi = 22/7 = 3,14$
Garis tanggal	:	digambarkan dalam arah T-B dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam, pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22.6 dan 22.12.
Garis jam	:	adalah garis yang terietak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu di mana tinggi matahari terbesar dan azimut tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).
SBV	:	Sudut Bayangan Vertikal

SBH	:	Sudut Bayangan Horisontal
$\alpha$	:	Sudut antara dua garis, sudut orientasi dan konfigurasi
$\pi$	:	$\pi = 22/7 = 3,14$
dB ( A )	:	<i>Deci Bell ( dengan skala pengukuran / pembobotan A )</i>
<i>Grand Theory</i>	:	Teori awal yang mendasari penelitian disertasi, biasanya merupakan teori dasar dari ilmu yang diteliti
<i>Inverse Square Law</i>	:	Hukum kuadrat terbalik dalam ilmu akustik yang mengatakan bahwa intensitas bunyi (I) berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara sumber bunyi dan penerima bunyi (r).
$L_0$	:	Tingkat kebisingan semula/ konstanta (dBA)
$L_1$	:	tingkat kebisingan pada jarak $r_1$ dari sumber (dBA)
$L_2$	:	tingkat kebisingan pada jarak $r_2$ dari sumber (dBA)
$L_{eq}$	:	<i>Level of Sound equivalent ( dBA )</i>
log	:	<i>logarithmic</i>
$L_{sum}$	:	<i>Sum of Sound Level ( dBA )</i>
$L_{total}$	:	<i>Total of Sound level ( dBA )</i>
N	:	Total jumlah kejadian
$n_i$	:	Jumlah kejadian dengan level $L_i$
PN dB	:	<i>Perceived Noise deci Bell</i>
$r'$	:	Jarak antara sumber bunyi dan bangunan setelah perputaran orientasi
$r_1$	:	Jarak antara sumber bunyi $L_1$ dan penerima ( meter )
$R^2$	:	Nilai Asosiasi Korelasi ( <i>R square</i> )
$r_2$	:	Jarak antara sumber bunyi $L_2$ dan penerima ( meter )
RTBL	:	Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan
$R_v$	:	<i>Relative Value = Nilai Relatif bunyi</i>
$\overline{R_v}$	:	<i>Means of Relative Value = Nilai Relatif bunyi rata-rata</i>
sin	:	Sine = sinus
STC	:	<i>Sound Transmission Criteria</i>
STL	:	<i>Sound Transmission Loss</i>
Tropis	:	Daerah belahan bumi bagian tengah yang berada di antara 23°27' LU dan 23°27' LS. Daerah ini meliputi 40% dari luas seluruh permukaan bumi.
Tropis- lembab	:	Iklm tropis lembab dimiliki oleh daerah tropis yang memiliki angin musim dan hutan hujan tropis. Ciri khas iklim tropis lembab adalah: rendahnya perbedaan temperature harian dan tahunan, kelembaban udara yang tinggi dan temperatur yang hampir sama sepanjang tahun, namun perbedaan temperatur harian dapat mencapai 8° C.

- Tropis-kering : Iklim yang dimiliki oleh daerah belahan bumi sekitar garis lintang  $15^{\circ}$ - $30^{\circ}$  utara dan selatan. Iklim ini memiliki ciri khas: sangat kering, pantulan cahaya sangat kuat, erosi angin sangat kuat.
- T : Total rentang waktu
- $T_{hitung}$  : Tabel perhitungan statistik yang dipergunakan untuk menentukan derajat signifikansi
- $T_i$  : Durasi waktu level  $L_i$
- $T_{tabel}$  : Tabel standar perhitungan statistik yang dipergunakan untuk menentukan derajat signifikansi
- WECPNL* : *Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level*