

**Konservasi energi selubung bangunan pada  
bangunan gedung**

## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Kriteria perancangan.....	3
5 Prosedur perancangan.....	19
6 Konservasi energi.....	23
Bibliografi.....	60
Lampiran A Tabel-tabel data matahari dan koefisien peneduh efektif.....	24
Lampiran B Contoh Perhitungan koefisien peneduh SC.....	49
Lampiran C Contoh menghitung OTTV selubung bangunan pada bangunan gedung.....	56
Gambar 1 - Nilai absorptansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan.....	9
Gambar 2 - Ilustrasi sudut bayang vertikal matahari .....	10
Gambar 3 - Konvensi sudut bayang terhadap orientasi dinding.....	13
Gambar 4 - Konvensi sudut proyeksi sirip vertikal terhadap orientasi dinding.....	13
Gambar 5 - Denah jendela serta lubang cahaya dengan sirip horizontal diatas jendela.....	14
Gambar 6 - Denah jendela serta lubang cahaya dengan peneduh sirip vertikal menerus.....	15
Gambar 7 - Sudut bayangan peneduh sirip kombinasi terhadap jendela.....	16
Gambar 8 - <i>Skylight</i> .....	18
Gambar 9 - Diagram aliran proses perancangan dinding luar.....	19
Gambar 10 - Diagram aliran proses perancangan atap.....	21
Gambar 11 - Diagram aliran proses perancangan atap tanpa <i>skylight</i> .....	22
Tabel 1 - Nilai absorptansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan.....	4
Tabel 2 - Nilai absorptansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar .....	5
Tabel 3 - Nilai <i>R</i> lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap.....	6
Tabel 4 - Nilai <i>k</i> bahan bangunan.....	6

Tabel 5	-	Nilai $R$ lapisan rongga udara .....	7
Tabel 6	-	Beda temperatur ekuivalen untuk dinding .....	8
Tabel 7	-	Faktor radiasi matahari (SF, $\text{W/m}^2$ ) untuk berbagai orientasi <sup>1)</sup> .....	8

## **Prakata**

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung” ini merupakan revisi dari SNI 03-6389-2000.

Standar ini disusun oleh PT 27-03, Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) dengan tujuan meningkatkan jumlah dan ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Rapat Konsensus PTEB tanggal 12 November 2010 di Jakarta.

Dalam rangka mempertahankan mutu dan ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul demi kesempurnaan standar ini di kemudian hari.

## Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung

### 1 Ruang lingkup

**1.1** Standar ini memuat kriteria perancangan, prosedur perancangan, konservasi energi dan rekomendasi dari selubung bangunan pada bangunan gedung yang optimal, sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa mengorbankan kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni.

**1.2** Standar ini diperuntukan bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.

### 2 Acuan normatif

*ASHRAE Standard 90.1:2007, Energy Standard for Buildings except low-rise residential buildings*

*ASEAN-USAID, Building energy Conservation Project, final report ASEAN & Lawrence Berkeley Laboratory, 1992*

*The Development & Building Control Division (PWD) Singapore, "Handbook on Energy Conservation in Buildings and Building Services", 1992*

*BOCA, International Energy Conservation Code, 2000*

*Building and Construction Authority (BCA) Singapore, "Guidelines on Envelope Thermal Transfer Value for Buildings", 2004*

### 3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi berikut berlaku untuk pemakaian standar ini.

#### 3.1

##### **absorbtans radiasi matahari**

nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut

#### 3.2

##### **beda temperatur ekuivalen (*Equivalent Temperature Difference = $TD_{Ek}$* )**

beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya

#### 3.3

##### **faktor radiasi matahari (*Solar Factor = SF*)**

laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan

**3.4****fenestrasi**

bukaan pada selubung bangunan. Fenestrasi dapat berlaku sebagai hubungan fisik dan/atau visual ke bagian luar gedung, serta menjadi jalan masuk radiasi matahari. Fenestrasi dapat dibuat tetap atau dapat dibuka

**3.5****koefisien peneduh (*Shading Coefficient = SC*)**

angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama

**3.6****konservasi energi**

Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya

**3.7****nilai perpindahan termal atap (*Roof Thermal Transfer Value = RTTV*)**

suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk penutup atap yang dilengkapi dengan atap transparan (*skylight*)

**3.8****nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value = OTTV*)**

suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan

**3.9****selubung bangunan**

elemen bangunan yang membungkus bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan dimana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut

**3.10****sudut bayangan horizontal**

sudut proyeksi dari sirip vertikal terhadap orientasi dinding yang nilainya positif bila di sebelah kanan dinding dan negatif bila di sebelah kiri dinding

**3.11****sudut bayangan vertikal**

sudut proyeksi dari sirip horizontal terhadap bidang horizontal dan selalu dianggap positif

**3.12****transmitans tampak**

transmitans dari suatu bahan kaca khusus terhadap bagian yang tampak dari spektrum radiasi matahari

**3.13****transmitans termal**

koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya

## 4 Kriteria perancangan

### 4.1 Persyaratan

Selubung bangunan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

**4.1.1** Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan (mempunyai sistem tata udara)

**4.1.2** Perpindahan termal menyeluruh untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi nilai perpindahan termal menyeluruh yaitu tidak melebihi  $35 \text{ W/m}^2$

### 4.2 Dinding luar

#### 4.2.1 Nilai perpindahan termal menyeluruh

**4.2.1.1** Nilai perpindahan termal menyeluruh atau *OTTV* untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \alpha [(U_w \times (1 - WWR) \times TD_{Ek}] + [U_f \times WWR \times \Delta T] + [SC \times WWR \times SF] \quad (4.2.1.1)$$

dengan:

*OTTV* = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu ( $\text{W/m}^2$ );

$\alpha$  = absorbtans radiasi matahari. (Tabel 1 dan 2);

$U_w$  = Transmittans termal dinding tidak tembus cahaya ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ );

*WWR* = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan;

$TD_{Ek}$  = Beda temperatur ekuivalen (K); (lihat tabel 8)

*SF* = Faktor radiasi matahari ( $\text{W/m}^2$ );

*SC* = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi;

$U_f$  = Transmittans termal fenestrasi ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ );

$\Delta T$  = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam. (diambil 5K)

**4.2.1.2** Nilai Perpindahan Termal Menyeluruh atau *OTTV* untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dengan lebih dari satu jenis material dinding, harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = [\alpha_1 \{Uw_1 \times A^1_{\sum A} (1 - WWR) \times TD_{Ek}\} + \alpha_2 \{Uw_2 \times A^2_{\sum A} (1 - WWR) \times TD_{Ek}\} + \dots \alpha_n \{Uw_n \times A^n_{\sum A} (1 - WWR) \times TD_{Ek}\}] + [U_f \times WWR \times \Delta T] + [SC \times WWR \times SF] \quad (4.2.1.2)$$

dengan :

$A_1$  = area dinding dengan material 1.

$A_2$  = area dinding dengan material 2.

$A_3$  = area dinding dengan material n.

$\sum A$  =  $A_1 + A_2 + \dots + A_n$

**4.2.1.3** Untuk menghitung *OTTV* seluruh dinding luar, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$OTTV = \frac{(A_{o1} \times OTTV_1) + (A_{o2} \times OTTV_2) + \dots + (A_{oi} \times OTTV_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}} \quad (4.2.1.3)$$

dengan :

$A_{oi}$  = luas dinding pada bagian dinding luar  $i$  ( $m^2$ ). Luas total ini termasuk semua permukaan dinding tidak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut;

$OTTV_i$  = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding  $i$  ( $Watt/m^2$ ) sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (4.2.1.1 atau 4.2.1.2)

**4.2.1.4** Nilai perpindahan termal menyeluruh tidak boleh melebihi atau maksimal sama dengan  $35 W/m^2$

#### 4.2.2 Absorbtans termal ( $\alpha$ )

Nilai absorbtans termal ( $\alpha$ ) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak transparan dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

**Tabel 1 – Nilai absorbtans radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan**

Bahan dinding luar	$\alpha$
Beton berat <sup>1)</sup>	0,91
Bata merah	0,89
<i>Bituminous felt</i>	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat alumunium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata glazur putih	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan	0,12

<sup>1)</sup> Untuk bangunan nuklir.



Tabel 2 – Nilai absorbtans radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar

Cat permukaan dinding luar	$\alpha$
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu-abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu-abu/biru tua	0,88
Biru/hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau/biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Bila  $\alpha$  material dan warna diketahui, nilai  $\alpha$  yang diambil adalah nilai  $\alpha$  lapisan terluar. Namun pada konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) yang memiliki 2 nilai  $\alpha$  maka  $\alpha$  total sama dengan  $\alpha_1 \times \alpha_2$  (lihat contoh perhitungan di dalam lampiran C).

#### 4.2.3 Transmittans termal ( $U$ )

4.2.3.1 Untuk dinding tidak transparan dan fenestrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya  $U$  dihitung dengan rumus :

$$U = \frac{1}{R_{Total}} \quad (4.2.3.1)$$

dengan :

$$R_{Total} = \text{Resistansi termal total} = \sum_{i=0} R_i$$

4.2.3.2 Resistans termal terdiri dari :

a) Resistans lapisan udara luar ( $R_{UL}$ )

Besarnya nilai  $R_{UL}$  ditunjukkan pada tabel 3

**Tabel 3 – Nilai  $R$  lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap**

Jenis permukaan		Resistans Termal $R$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ )
Permukaan dalam ( $R_{UP}$ )	Emisivitas tinggi <sup>1)</sup>	0,120
	Emisivitas rendah <sup>2)</sup>	0,299
Permukaan luar ( $R_{UL}$ )	Emisivitas tinggi	0,044

Keterangan :

- 1) Emisivitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif)
- 2) Emisivitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti aluminium foil

- b) Resistans termal bahan ( $R_K$ )

$$R_K = \frac{t}{k} \quad (4.2.3.2)$$

Dengan :

$t$  = tebal bahan (m);

$k$  = nilai konduktivitas termal bahan ( $\text{W/m.K}$ ).

Besarnya nilai  $k$  untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4 – Nilai  $k$  bahan bangunan**

No	Bahan bangunan	Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )	$k$ ( $\text{W/m.K}$ )
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca		1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan Aluminium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

- c) Resistansi termal rongga udara ( $R_{RU}$ )

Nilainya ditunjukkan pada tabel 5

Tabel 5 – Nilai R lapisan rongga udara

No	Jenis celah udara		Resistansi termal (m <sup>2</sup> K/W)		
			5 mm	10 mm	100 mm
1	<b>R<sub>RU</sub> untuk dinding</b> Rongga udara vertikal (aliran panas secara horizontal).				
	1. Emisifitas tinggi		0,110	0,148	0,160
	2. Emisifitas rendah		0,250	0,578	0,606
2	<b>R<sub>RU</sub> untuk atap</b> Rongga udara horizontal/miring (aliran panas kebawah).				
	1. Emisifitas tinggi	rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,174
		rongga udara dengan kemiringan 22 ½ <sup>o</sup>	0,110	0,148	0,165
		rongga udara dengan kemiringan 45 <sup>o</sup>	0,110	0,148	0,158
	2. Emisifitas rendah	rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423
		rongga udara dengan kemiringan 22 ½ <sup>o</sup>	0,250	0,571	1,095
		rongga udara dengan kemiringan 45 <sup>o</sup>	0,250	0,570	0,768
3	<b>R<sub>RU</sub> untuk loteng</b>				
	1. Emisifitas tinggi		0,458		
	2. Emisifitas rendah		1,356		

- d) Resistansi lapisan udara permukaan ( $R_{UP}$ )  
Nilainya seperti ditunjukan pada tabel 3.

#### 4.2.4 Beda temperatur ekuivalen

Beda temperatur ekuivalen ( $TD_{EK}$ ) dipengaruhi oleh :

- Tipe, massa dan densitas konstruksi
- Intensitas radiasi dan lama penyinaran
- Lokasi dan orientasi bangunan
- Kondisi perancangan

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, maka nilai  $TD_{EK}$  untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 6.

**Tabel 6 – Beda temperatur ekuivalen untuk dinding**

Berat/satuan luas (kg/m <sup>2</sup> )	TD <sub>EK</sub>
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
lebih dari 195	10

**4.2.5 Faktor rerata radiasi matahari**

Beberapa faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00. Untuk bidang vertikal untuk berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 7

**Tabel 7 – Faktor radiasi matahari (SF, W/m<sup>2</sup>) untuk berbagai orientasi <sup>1)</sup>**

Orientasi	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

<sup>1)</sup> Berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta. Untuk kota lain perlu disesuaikan.

Keterangan :

Rata-rata untuk seluruh orientasi **SF = 147**

U = Utara

TL = Timur Laut

T = Timur

TGR = Tenggara

S = Selatan

BD = Barat Daya

B = Barat

BL = Barat Laut

**Koefisien peneduh****4.2.5.1 Konsep dasar**

Pada rumus OTTV, faktor radiasi matahari dihitung berdasarkan radiasi matahari tahunan yang ditransmisikan melalui jendela kaca bening setebal 3 mm. untuk sistem bukaan yang lain, arus perolehan kalor matahari dimodifikasi dengan koefisien peneduh yang didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan kalor matahari melalui sistem bukaan yang mempunyai kombinasi *glazing* dan koefisien peneduh dengan perolehan kalor matahari yang melalui kaca bening dengan tebal 3 mm.

Perbandingan ini merupakan karakteristik unik pada setiap jenis bukaan dan rumusnya adalah sebagai berikut :

$$SC = \frac{\text{Pengaruh kalor matahari pada setiap kaca dan kombinasi koefisien peneduh}}{\text{Pengaruh kalor matahari melalui kaca jernih tebal 3 mm}}$$

Secara umum koefisien peneduh pada setiap sistem fenestrasi didapatkan dengan mengalikan koefisien peneduh kaca (atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan *solar control film* (kaca film) yang ada pada kaca) dengan koefisien peneduh peralatan peneduh matahari seperti pada rumus berikut:

$$SC = SC_k \times SC_{eff}$$

Dengan :

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi

SC<sub>k</sub> = koefisien peneduh kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan *solar control film* (kaca film)

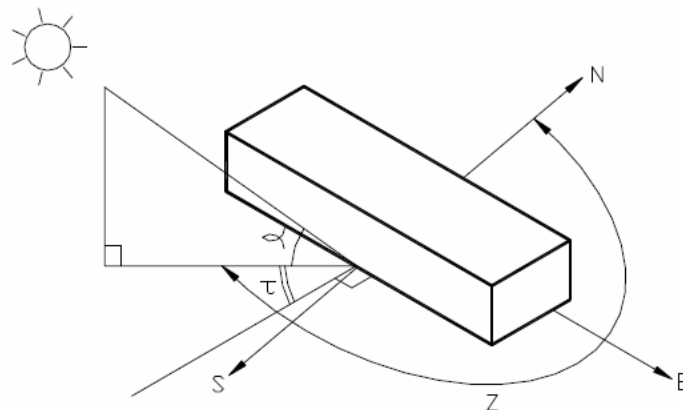
SC<sub>eff</sub> = koefisien peneduh efektif peralatan peneduh luar

CATATAN Pada perhitungan OTTV, dampak peneduh dikarenakan krei dalam dan tirai diabaikan.

Koefisien peneduh pada kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan *solar control film* (kaca film) harus didasarkan atas data rekomendasi dari pabrikan.

#### 4.2.5.2 Metode perhitungan koefisien peneduh efektif pada peralatan peneduh luar

Konsep dasar perhitungan koefisien peneduh efektif dimulai dengan mengilustrasikan posisi matahari yang dapat diperjelas dengan sudut-sudut berikut ini:

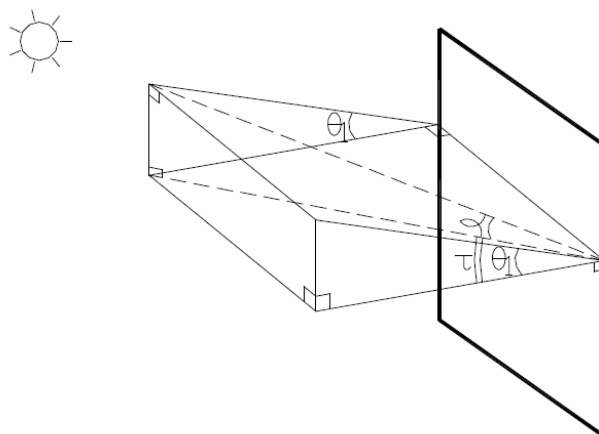


**Gambar 1 – Ilustrasi Posisi Matahari dalam Sudut**

Sudut-sudut di atas adalah sudut  $\alpha$  antara bidang horizontal dan azimuth, orientasi kompas dari permukaan vertikal sampai matahari diukur searah dengan jarum jam dari Utara permukaan normal terhadap dinding dan dinding - azimuth matahari ( $\tau$ ) adalah sudut antara dua permukaan datar.

#### Sudut bayangan

Untuk tujuan mencari efek bayangan dari proyeksi horizontal, peneduh, *louver*, atau kanopi dibutuhkan Sudut Bayangan Vertikal (SBV). Ini adalah sudut  $\theta_1$  antara dua permukaan viz, permukaan horizontal dan permukaan miring yang dipoyeksikan melalui matahari seperti diilustrasikan di bawah ini:



**Gambar 2 – Ilustrasi Sudut Bayangan Vertikal Matahari**

Sudut Bayangan Vertikal adalah :

$$\tan \theta_1 = \tan \alpha \sec \tau$$

Dimana :

$\theta_1$  : Sudut Bayangan Vertikal (SBV)

$\alpha$  : altitude dari matahari

$\tau$  : sudut dinding-azimuth matahari

Untuk menghitung koefisien peneduh dari peneduh vertikal dan proyeksi-proyeksi, Sudut Bayangan Horizontal (SBH) harus ditentukan dan diketahui dari sudut dinding-azimuth matahari ( $\tau$ ), artinya

$$\theta_2 = \tau$$

dimana,

$\theta_2$  : Sudut Bayangan Horizontal (SBH)

### Intensitas Radiasi Matahari

Untuk menghitung koefisien peneduh efektif, dibutuhkan data radiasi matahari difus, langsung dan total dari BMKG yang ditransmisikan melalui sebuah kaca standar 3 mm.

Namun apabila data-data radiasi matahari untuk perhitungan tersebut tidak tersedia maka data intensitas radiasi matahari untuk kebutuhan perhitungan koefisien peneduh efektif dapat diambil dari tabel 8 s.d. tabel 11 di lampiran A.

**4.2.5.2.1** Pada saat jendela diberi peneduh sebagian dengan peralatan peneduh luar diasumsikan (untuk mempermudah perhitungan OTTV) bahwa porsi yang terlihat menerima radiasi total,  $I_T$ , dan porsi yang teduh menerima hanya radiasi tersebar  $I_d$

Perolehan kalor karena radiasi matahari dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= A_e \times I_T + A_s \times I_d \\ &= A_e \times I_D + (A_e + A_s) \times I_d \end{aligned}$$

dengan

$Q$  = perolehan kalor matahari

$A_e$  = area jendela yang terlihat

$A_s$  = area jendela yang teduh

$I_T$  = radiasi total

$I_D$  = radiasi langsung

$I_d$  = radiasi tersebar

jika

$$A = A_e + A_s$$

maka

$$Q = A_e \times I_D + A \times I_d$$

Untuk kaca bening 3 mm yang diberi peneduh, perolehan kalor matahari mempunyai rumus  $A \times I_T$ . dengan definisi koefisien peneduh SC pada peralatan peneduh dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} SC &= \frac{A_e \times I_D + A \times I_d}{A \times I_T} \\ &= \frac{G \times I_D + I_d}{I_T} \end{aligned}$$

dengan:

$$G = \frac{A_e}{A} \text{ fraksi luar bagian jendela yang terekspos ke matahari}$$

- 4.2.5.2.2** Untuk menghitung koefisien peneduh (SC) dari peralatan peneduh pada setiap hari, perolehan kalor matahari dihitung dan dijumlah selama 12 jam waktu siang. Total perolehan kalor matahari kemudian dibagi dengan jumlah total radiasi,  $I_T$  melalui kaca bening yang tidak diberi peneduh setebal 3 mm selama jam yang sama pada siang hari, untuk memperoleh SC siang hari. Secara matematis perhitungan adalah sebagai berikut :

$$SC_{\text{hari}} = \frac{\sum_{h=1}^{h=12} (A_e \times I_D + A \times I_d)_h}{\sum_{h=1}^{h=12} A \times I_T}$$

dengan h adalah jam

- 4.2.5.2.3** Untuk mempermudah, SC dari peralatan peneduh untuk bulan tertentu didapat dengan dasar data matahari hari yang dapat mewakili pada bulan tersebut
- 4.2.5.2.4** Untuk mendapatkan SC efektif dari peralatan peneduh, secara teoritis perhitungan harus dibuat selama 12 bulan dalam setahun. Akan tetapi, karena perhitungan akan menjadi membosankan dan derajat akurasi bukan suatu faktor yang kritis, maka perhitungan SC dapat didasarkan pada 4 bulan saja yaitu bulan Maret, Juni, September dan Desember. Sedangkan hari yang dapat mewakili adalah tanggal 21 Maret, 22 Juni, 23 September dan 22 Desember
- 4.2.5.2.5** Selanjutnya karena data matahari pada 21 Maret dan 23 September hampir sama, maka cukup menghitung perolehan kalor matahari untuk Maret dan dikalikan dua kali untuk mendapatkan perolehan kalor matahari bulan September. Secara matematis SC efektif dapat dihitung sebagai berikut :

$$SC_{\text{efektif}} = \frac{\sum_M (G \times I_D + I_d) + \sum_J (G \times I_D + I_d) + \sum_S (G \times I_D + I_d) + \sum_D (G \times I_D + I_d)}{\sum_M I_T + \sum_J I_T + \sum_S I_T + \sum_D I_T}$$

Dengan :

M = Maret

J = Juni

S = September

D = Desember



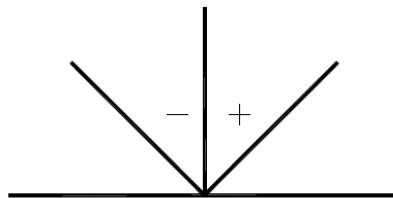
#### 4.2.5.3 Mendapatkan faktor "G"

Fraksi luar bagian jendela yang terespos ke matahari (G) pada setiap waktu dengan orientasi tertentu data dicari dengan menggunakan geometri matahari.

Dengan mengetahui nilai SBV (Sudut Bayangan Vertikal) dan SBH (Sudut Bayangan Horizontal), faktor G dapat dicari dengan menggunakan grafik. Untuk desain yang sederhana, faktor G dapat dihitung dengan trigonometri bidang datar, pada contoh di bawah adalah menghitung faktor G untuk peneduh matahari seperti atap yang menjorok (*overhang*) horizontal sederhana, sirip vertikal dan sirip kombinasi *egg-crate* menggunakan trigonometri, ketentuan yang digunakan adalah :

$\theta_1$  = SBV (selalu positif)

$\theta_2$  = SBH (positif, jika sudut bayangan di sebelah kanan dinding; negatif jika di sebelah kiri dinding)

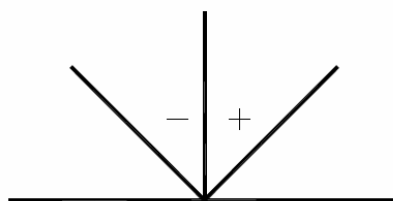


**Gambar 3 – Konvensi Sudut Bayangan Terhadap Orientasi Dinding**

..

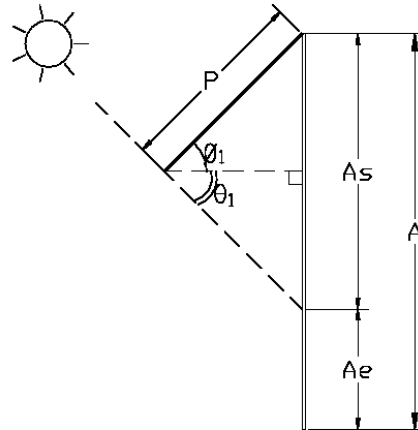
$\Phi_1$  = sudut proyeksi dari peneduh sirip horizontal terhadap bidang horizontal (diasumsikan positif dengan alasan kepraktisan)

$\Phi_2$  = sudut proyeksi sirip vertikal terhadap orientasi dinding (positif, jika di sebelah kanan dinding; negatif jika di sebelah kiri dinding)



**Gambar 4 – Konvensi Sudut Proyeksi Sirip Vertikal Terhadap Orientasi Dinding**

#### 4.2.5.3.1 Peneduh sirip horizontal di atas jendela



**Gambar 5 – Denah jendela serta lubang cahaya dengan sirip horizontal di atas jendela**

$$\begin{aligned} A_s &= P \cos \Phi_1 \tan \theta_1 + P \sin \Phi_1 \\ &= P (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1) \end{aligned}$$

$$A_e = A - A_s; \quad \frac{A_e}{A} = \frac{A - A_s}{A} = 1 - \frac{A_s}{A}$$

$$\frac{A_e}{A} = 1 - \frac{P}{A} (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

atau

$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

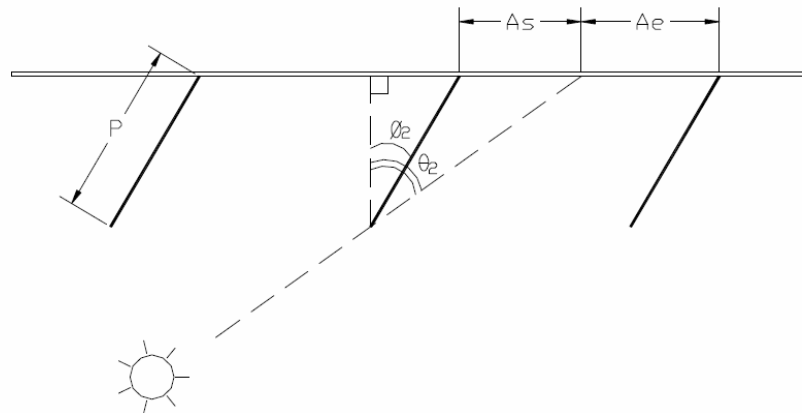
dengan:

$$G_1 = \frac{A_e}{A} \quad \text{dan} \quad R_1 = \frac{P}{A} \quad \text{untuk proyeksi horizontal}$$

CATATAN 1.  $G_1 \geq 0$

2. Tabel 12 s.d. tabel 15 di lampiran A dapat diambil untuk mempermudah mendapatkan nilai koefisien peneduh efektif  $SC_{\text{eff}}$  untuk peneduh horizontal  $R_1$  dengan  $\Phi_1$  berkisar antara  $0^\circ$  s.d.  $50^\circ$ .

#### 4.2.5.3.2 Peneduh Sirip Vertikal Menerus dalam suatu deret (*array*)



**Gambar 6 – Denah jendela serta lubang cahaya dengan peneduh sirip vertikal menerus**

$$\begin{aligned} A_s &= |P \cos \Phi_2 \tan \theta_2 - P \sin \Phi_2| \\ &= P |\cos \Phi_2 \tan \theta_2 - \sin \Phi_2| \end{aligned}$$

$$A_e = A - A_s$$

$$\frac{A_e}{A} = 1 - \frac{P}{A} |\cos \Phi_2 \tan \theta_2 - \sin \Phi_2|$$

atau

$$G_2 = 1 - R_2 |\cos \Phi_2 \tan \theta_2 - \sin \Phi_2|$$

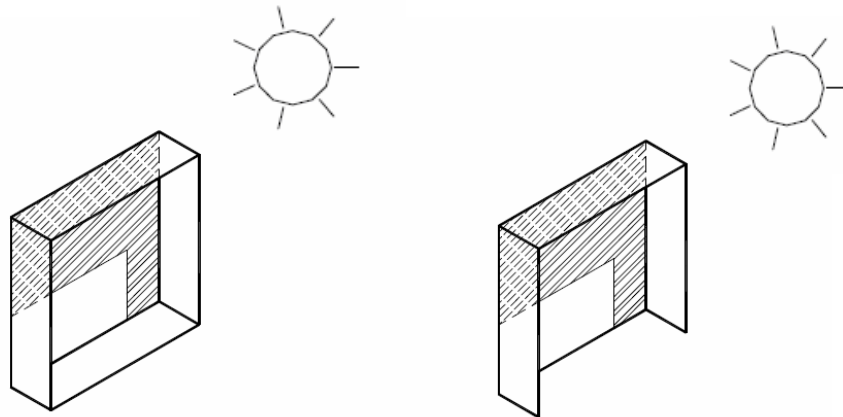
dengan

$$G_2 = \frac{A_e}{A} \quad \text{dan} \quad R_2 = \frac{P}{A} \quad \text{untuk proyeksi vertikal}$$

- Catatan :
1.  $G_2 \geq 0$
  2. Tabel 16 s.d. tabel 19 lampiran A dapat diambil untuk mempermudah mendapatkan nilai koefisien peneduh efektif  $SC_{\text{eff}}$  untuk peneduh sirip vertikal  $R_2$  dengan  $\Phi_2$  berkisar antara  $0^\circ$  s/d  $50^\circ$ , nilai  $\Phi_2$  yang dipilih adalah nilai  $\Phi_2$  yang memberikan nilai  $SC$  lebih kecil dari dua kemungkinan nilai baik  $\Phi_2$  negatif maupun positif.

#### 4.2.5.3.3 Peneduh Berbentuk Kotak

Untuk peneduh berbentuk kotak segiempat *egg-crate* dan peneduh sirip kombinasi horizontal atau vertikal ditunjukkan pada gambar 7.



**Gambar 7 – Sudut bayangan peneduh sirip kombinasi terhadap jendela**

$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

$$G_2 = 1 - R_2 |\tan \theta_2|$$

$G_1$  dan  $G_2$  tidak tergantung satu sama lain, dampak kombinasi dari dua komponen tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$G_3 = G_1 \times G_2$$

CATATAN

1.  $G_3 \geq 0$
2. Tabel 20 s.d. tabel 23 lampiran A dapat diambil untuk mempermudah mendapatkan nilai koefisien peneduh efektif  $SC_{eff}$  untuk peneduh kombinasi nilai  $R_1$  dan  $R_2$  dengan  $\Phi_2$  berkisar antara  $0^\circ$  s/d  $40^\circ$

### 4.3 Penutup atap

#### 4.3.1 Nilai perpindahan termal atap

**4.3.1.1** Nilai perpindahan termal dari penutup atap bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan :

$$RTTV = \frac{\alpha \cdot (A_r \times U_r \times TD_{Ek}) + (A_s \times U_s \times \Delta T) + (A_s \times SC \times SF)}{A_0} \quad (4.3.1.1)$$

dengan :

$RTTV$  = nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap ( $W/m^2$ ).

$\alpha$  = absorptans radiasi matahari. (tabel 4-2.2.1 dan 4-2.2.2)

$A_r$  = luas atap yang tidak transparan ( $m^2$ ).

$A_s$  = luas *skylight* ( $m^2$ ).

$A_0$  = luas total atap =  $A_r + A_s$  ( $m^2$ )

$U_r$  = transmitans termal atap tidak transparan ( $W/m^2.K$ ).

$TD_{Ek}$  = beda temperatur ekuivalen (K). (lihat tabel 4-3.4)

$SC$  = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

$SF$  = faktor radiasi matahari ( $W/m^2$ ).

$U_s$  = transmitans termal fenestrasi (*skylight*) ( $W/m^2.K$ ).

$\Delta T$  = beda temperatur antara kondisi perencanaan luar dan bagian dalam (diambil 5 K).

**4.3.1.2** Bila digunakan lebih dari satu jenis bahan penutup atap, maka transmitans termal rata-rata untuk seluruh luasan atap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$U_r = \frac{(A_{r1} \times U_{r1}) + (A_{r2} \times U_{r2}) + \dots (A_{rn} \times U_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots A_{rn}} \quad (4.3.1.2)$$

dengan :

$U_r$  = transmitans termal rata-rata ( $W/m^2.K$ ).

$U_{r1}, U_{r2}, U_{rn}$  = transmitans termal dari berbagai bagian atap yang berbeda ( $W/m^2.K$ ).

$A_{r1}, A_{r2}, A_{rn}$  = luas dari berbagai jenis atap yang berlainan ( $m^2$ ).

**4.3.1.3** Bila digunakan lebih dari satu jenis bahan penutup atap, maka berat atap rata-rata dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$W_r = \frac{(A_{r1} \times W_{r1}) + (A_{r2} \times W_{r2}) + \dots (A_{rn} \times W_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots A_{rn}} \quad (4.3.1.3)$$

dengan :

$W_r$  = berat atap rata-rata ( $kg/m^2$ ).

$W_{r1}, W_{r2}, W_{rn}$  = berat dari jenis atap yang berlainan ( $kg/m^2$ ).

### 4.3.2 Transmitans termal atap ( $U_r$ )

Nilai transmitans termal maksimum penutup atap ( $U_r$ ), ditunjukkan pada tabel 8 di bawah ini.

**Tabel 8 – Nilai transmitans termal atap ( $U_r$ ) maksimum**

Berat per satuan luas atap ( $kg/m^2$ )	Transmitansi termal maksimum ( $W/m^2.K$ )
Di bawah 50 <sup>1)</sup>	0.4
50 ~ 230 <sup>2)</sup>	0.8
lebih dari 230 <sup>3)</sup>	1.2

Keterangan :

<sup>1)</sup> Atap genteng

<sup>2)</sup> Atap beton ringan

<sup>3)</sup> Atap beton ketebalan > 6 inci (15 cm)

### 4.3.3 Beda temperatur ekuivalen atap ( $TD_{Ek}$ )

Untuk menyederhanakan perhitungan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap, maka nilai beda temperatur ekuivalen untuk berbagai konstruksi atap ditentukan sesuai angka-angka pada tabel 9.

Tabel 9 – Beda temperatur ekuivalen berbagai penutup atap

Berat atap per satuan luas (kg/m <sup>2</sup> )	Beda temperatur ekuivalen (TD <sub>EQ</sub> ), K
Kurang dari 50	24
50 ~ 230	20
lebih dari 230	16

#### 4.3.4 Faktor radiasi matahari atap

Nilai faktor radiasi matahari untuk bidang horizontal yang dihitung antara jam 07.00 sampai dengan 18.00 adalah  $SF = 316 \text{ W/m}^2$ .

#### 4.3.5 Koefisien peneduh atap

Koefisien peneduh (SC) untuk *skylight* dari bahan plastik, tercantum pada tabel 10.

Tabel 10 – Koefisien peneduh (SC) untuk *skylight*

Lengkungan	Transmitans ( $\tau$ )	Diffuse ringan (tembus cahaya)	Penahan ( <i>curb</i> )		Koefisien peneduh (SC)
			Tinggi	Perbandingan lebar terhadap tinggi	
Jernih	0.86	Ada	0	$\infty$	0.61
			230	5	0.58
			460	2.5	0.50
Jernih	0.86	Tidak ada	0	$\infty$	0.99
			230	5	0.88
			460	2.5	0.80
Bening, tembus cahaya	0.52	Tidak ada	0	$\infty$	0.57
			460	2.5	0.46
Bening, tembus cahaya	0.27	Tidak ada	0	$\infty$	0.34
			230	5	0.30
			460	2.5	0.28

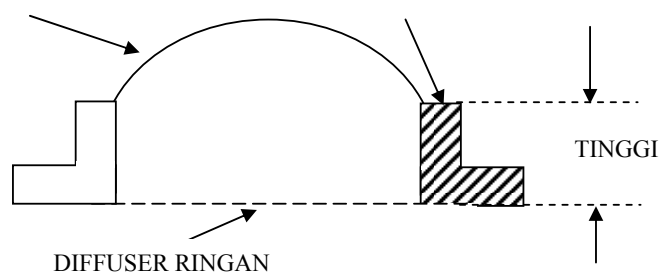
$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi_1 \tan \theta_1 + \sin \Phi_1)$$

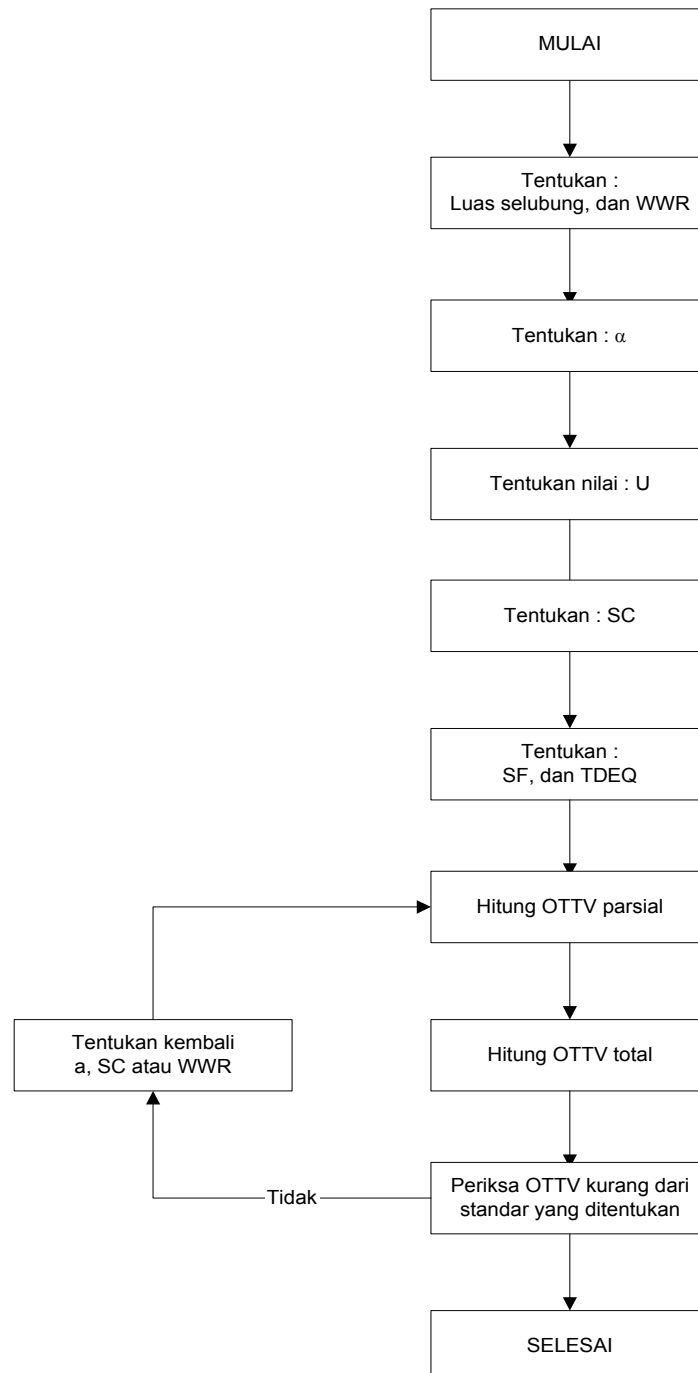
LENGKUNGAN TRANSPARAN

PENAHAN

Gambar 8 – *Skylight*

## 5. Prosedur perancangan

Pada gambar 6 ditunjukkan diagram aliran proses perancangan OTTV, dan pada gambar 7 dan 8 diagram aliran proses perancangan RTTV.



**Gambar 9 – Diagram aliran proses perancangan dinding luar**

## 5.1 Menentukan nilai OTTV

**5.1.1** Tentukan nilai *OTTV* pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan *OTTV* pada gambar 6 dengan cara sebagai berikut :

- a) tentukan nilai *WWR* ( perbandingan luas jendela dan luas total dinding luar);
- b) tentukan nilai  $U_w$  dan  $u_f$  ;
- c) tentukan nilai *SC* ;
- d) tentukan  $TD_{Ek}$  dan  $\Delta T$ ;
- e) hitung nilai *SF*.

**5.1.2** Hitung nilai *OTTV* menyeluruh sesuai rumus 4.2.1.1.

**5.1.3** Periksa apakah nilai *OTTV* total lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan 35  $W/m^2$

- a) bila nilai *OTTV* kurang dari 35  $Watt/m^2$  perhitungan selesai.
- b) bila nilai *OTTV* tersebut lebih besar dari 35  $W/m^2$ , maka perlu dikurangi dengan cara sebagai berikut :
  - menurunkan angka absorpsivitas;
  - mengurangi angka koefisien peneduh;
  - ulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai *OTTV* kurang dari 35  $W/m^2$ .

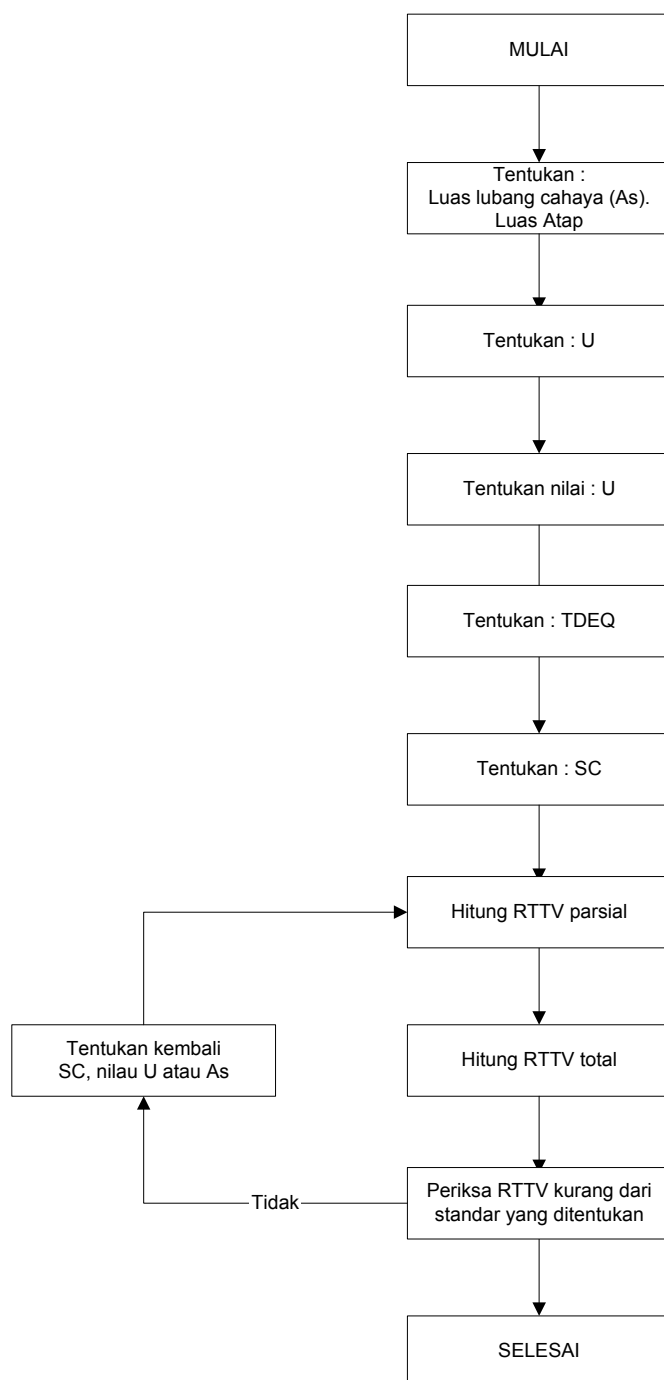
## 5.2 Menentukan nilai RTTV

### 5.2.1 Menentukan RTTV atap dengan *skylight*

**5.2.1.1** Tentukan nilai *RTTV* pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan pada gambar 7. dengan cara sebagai berikut :

- a) tentukan luas *skylight*  $A_s$  ;
- b) tentukan luas atap  $A_r$ ;
- c) tentukan nilai  $U_r$  dan  $U_s$  ;
- d) tentukan  $TD_{Ek}$  dan  $\Delta T$  ;
- e) tentukan nilai *SC*;
- f) hitung nilai *SF*.





**Gambar 10 – Diagram alir proses perancangan atap**

**5.2.1.2** Hitung nilai RTTV sesuai rumus 4.3.1.1

**5.2.1.3** Periksa apakah nilai RTTV total lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan  $35 \text{ W/m}^2$

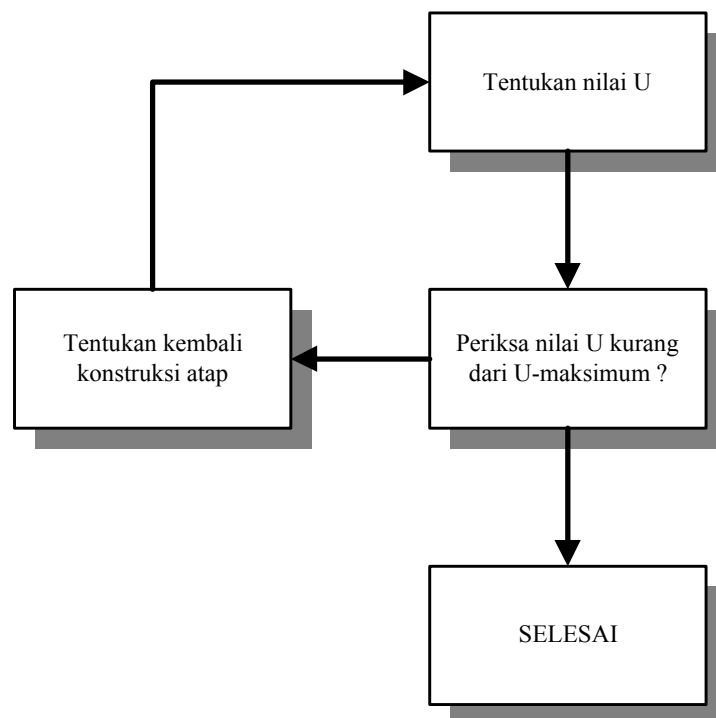
- a) bila nilai tersebut kurang dari  $35 \text{ W/m}^2$ , maka perhitungan selesai.
- b) bila nilai tersebut lebih besar dari  $35 \text{ W/m}^2$ , maka perlu dikurangi dengan cara sebagai berikut :
  - menurunkan angka absorpsivitas;
  - mengurangi angka koefisien peneduh;
  - ulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai *RTTV* kurang dari  $35 \text{ Watt/m}^2$ .

## **5.2.2 Menentukan RTTV atap tanpa *skylight***

**5.2.2.1** Tentukan nilai *RTTV* pada setiap orientasi seperti pada diagram proses aliran perancangan pada gambar 8 dengan cara sebagai berikut:

**5.2.2.2** Tentukan nilai  $U_r$

**5.2.2.3** Bila nilai  $U_r$  kurang dari nilai  $U_r$  maksimum, maka perhitungan selesai



**Gambar 11 – Diagram aliran proses perancangan atap tanpa *skylight***

## 6 Konservasi energi

- 6.1** Konservasi energi pada selubung bangunan, pengamatannya harus dilakukan dalam jangka waktu setahun. Pengaruhnya terutama pada panghematan pemakaian beban *chiller*
- 6.2** Pengukuran dan pencatatan terhadap pemakaian beban *chiller* harus dilakukan secara teratur dalam jangka waktu setahun, sebelum dan sesudah dilakukan konservasi energi
- 6.3** Hubungan antara *OTTV* dan beban *chiller* secara umum dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Beban chiller} = k_1 + k_2.(OTTV) \quad (6.3)$$

dengan :

- $k_1$  = koefisien regresi kombinasi dari faktor-faktor internal yang mempengaruhi beban *chiller* (seperti pencahayaan, orang, peralatan, dan lain-lain).
- $k_2$  =  $k_{2A} \times k_{2B} \times k_{2C}$
- $k_{2A}$  = koefisien regresi ekuivalen untuk  $\Delta T_{Ek}$ .
- $k_{2B}$  = koefisien regresi ekuivalen untuk  $\Delta T$ .
- $k_{2C}$  = koefisien regresi ekuivalen untuk *SF*.

- 6.4** Dari hasil penelitian negara tetangga terdekat dengan Indonesia, persamaan tersebut telah lebih dispesifikasikan menjadi bentuk :

$$H_{\text{Chiller}} = L_0 + (B \times WWR \times SC) \text{ (Mbtu/m}^2\text{.tahun)} \quad (6.4)$$

dengan :

- $H_{\text{Chiller}}$  = beban chiller per luas total selubung bangunan (jendela, dinding, dan atap)
- $L_0$  = beban chiller dari beban internal seperti pencahayaan, orang, dan peralatan.  
= 786 Mbtu/m<sup>2</sup>.tahun = 230.400 kWh/m<sup>2</sup>.tahun.
- $B$  = beban konduktif dari jendela, dinding, dan atap.  
= 1.034 Mbtu/m<sup>2</sup>.tahun = 303.000 kWh/m<sup>2</sup>.tahun.
- 1 tahun = 3.050 jam chiller beroperasi.

- 6.5** Penghematan energi pada selubung bangunan bisa diperoleh dengan :

- Mengganti warna cat warna dinding luar dari warna gelap ke warna yang lebih terang, (misalnya dengan mengganti warna cat dinding luar dari abu-abu tua menjadi warna putih) (modifikasi nilai  $\alpha$ );
- Memasang jendela dengan kaca ganda (Modifikasi  $U_f$ );
- Memasang isolasi pada dinding dan atap (Modifikasi  $U_w$  dan  $U_r$ );
- Mengurangi angka perbandingan jendela luar dan dinding luar (modifikasi *WWR*);
- Memasang alat peneduh pada jendela luar

**Lampiran A**  
**Tabel - tabel data matahari dan koefisien peneduh efektif**

**Tabel A.1 –**  
**Data Matahari**  
**Orientasi : Utara dan Selatan**

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$
07.00	90	+90	0	13	13	15	+67	60	25	85	-	-	0	15	15
08.00	90	+90	0	48	48	41	+65	145	63	208	-	-	0	48	48
09.00	-	-	0	76	76	55	+63	187	91	278	-	-	0	71	71
10.00	-	-	0	98	98	62	+57	208	114	322	-	-	0	91	91
11.00	-	-	0	118	118	66	+45	219	131	350	-	-	0	109	109
12.00	-	-	0	129	133	68	+21	222	141	363	-	-	0	117	117
13.00	-	-	0	133	133	68	-14	225	141	366	-	-	0	116	116
14.00	-	-	0	123	123	66	-41	219	134	353	-	-	0	108	108
15.00	-	-	0	104	104	63	-55	209	119	328	-	-	0	93	93
16.00	-	-	0	85	85	57	-62	195	98	293	-	-	0	73	73
17.00	90	-90	0	60	60	44	-65	156	71	227	-	-	0	50	50
18.00	90	-90	0	28	28	21	-66	81	33	144	-	-	0	20	20

Untuk keperluan perhitungan koefisien peneduh, data matahari untuk orientasi Utara dapat digunakan untuk orientasi Selatan

**Tabel A.2 –  
Data Matahari  
Orientasi : Timur dan Barat**

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$
07.00	4	+0	136	25	161	7	-23	159	33	192	6	+24	159	30	189
08.00	19	+0	429	88	517	21	-25	374	83	457	21	+25	394	86	480
09.00	34	+1	504	121	625	36	-27	427	110	537	36	+29	445	114	559
10.00	49	+2	435	139	574	51	-33	360	126	486	51	+36	373	129	502
11.00	64	+3	282	146	428	66	-45	213	131	344	67	+49	216	134	350
12.00	79	+7	74	141	215	81	-69	44	126	170	82	+73	41	126	167
13.00	-	-	0	133	133	-	-	0	116	116	-	-	0	116	116
14.00	-	-	0	123	123	-	-	0	109	109	-	-	0	108	108
15.00	-	-	0	104	104	-	-	0	93	93	-	-	0	93	93
16.00	-	-	0	85	85	-	-	0	76	76	-	-	0	73	73
17.00	-	-	0	60	60	-	-	0	53	53	-	-	0	60	50
18.00	-	-	0	28	28	-	-	0	23	23	-	-	0	20	20

Untuk keperluan perhitungan koefisien peneduh, data matahari untuk orientasi Timur dapat digunakan untuk orientasi Barat

**Tabel A.3 –  
Data Matahari  
Orientasi : Timur Laut dan Barat Laut**

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$
07.00	6	+45	94	23	117	6	+22	159	33	192	15	+69	52	20	72
08.00	26	+45	293	76	369	21	+20	387	86	473	46	+70	111	63	174
09.00	44	+46	336	106	442	34	+18	462	116	578	67	+74	87	83	170
10.00	59	+47	278	126	404	47	+12	435	133	568	81	+81	28	98	126
11.00	72	+48	154	136	290	58	-0	345	141	486	-	-	0	109	109
12.00	83	+52	31	136	167	68	-24	216	141	357	-	-	0	116	116
13.00	-	-	0	133	133	78	-59	98	110	208	-	-	0	116	116
14.00	-	-	0	123	123	88	-86	29	116	145	-	-	0	108	108
15.00	-	-	0	104	104	-	-	0	93	93	-	-	0	93	93
16.00	-	-	0	85	85	-	-	0	76	76	-	-	0	73	73
17.00	-	-	0	60	60	-	-	0	53	53	-	-	0	50	50
18.00	-	-	0	28	28	-	-	0	23	23	-	-	0	20	20

Untuk keperluan perhitungan koefisien peneduh, data matahari untuk orientasi Timur Laut dapat digunakan untuk orientasi Barat Laut

**Tabel A.4 –  
Data Matahari  
Orientasi : Tenggara dan Barat Daya**

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$	$\theta_1$	$\theta_2$	$I_D$	$I_d$	$I_T$
07.00	6	-45	94	23	117	16	-68	53	23	76	6	-21	162	30	192
08.00	26	-45	321	48	369	46	-70	114	63	177	20	-20	417	88	505
09.00	44	-44	382	76	458	65	-72	97	86	183	34	-16	496	119	615
10.00	58	-43	325	98	423	79	-78	38	98	136	46	-9	470	136	606
11.00	70	-42	180	136	316	-	-	0	106	106	57	+4	389	146	535
12.00	82	-38	47	139	186	-	-	0	116	116	67	+28	144	144	388
13.00	-	-	0	133	133	-	-	0	116	116	76	+60	99	131	230
14.00	-	-	0	123	123	-	-	0	109	109	86	+84	9	111	120
15.00	-	-	0	104	104	-	-	0	93	93	-	-	0	93	93
16.00	-	-	0	85	85	-	-	0	76	76	-	-	0	73	73
17.00	-	-	0	60	60	-	-	0	53	53	-	-	0	50	50
18.00	-	-	0	28	28	-	-	0	23	23	-	-	0	20	20

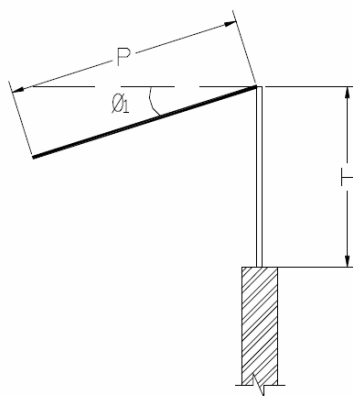
Untuk keperluan perhitungan koefisien peneduh, data matahari untuk orientasi Tenggara dapat digunakan untuk orientasi Barat Daya

### Kunci-kunci untuk tabel SC efektif pada peralatan peneduh luar

Kunci 1      Proyeksi mendatar (tabel 11 – 15)

$$R_1 = \frac{P}{H}$$

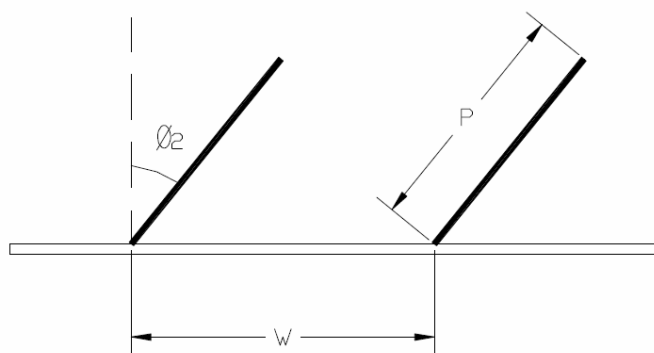
$\Phi_1$  = sudut kemiringan



Kunci 2      Proyeksi vertical (tabel 16-19)

$$R_2 = \frac{P}{W}$$

$\Phi_2$  = sudut kemiringan

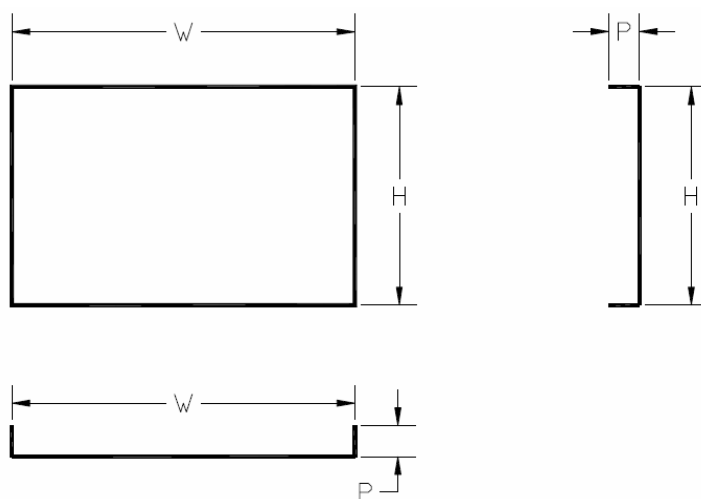


Kunci 3 *Louver Egg-crate*  
(tabel 20-23)

$$R_1 = \frac{P}{H}$$

$$R_2 = \frac{P}{W}$$

$\Phi_1$  = sudut kemiringan





**Tabel A.5 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi horizontal pada  
berbagai sudut kemiringan  
Orientasi : Utara dan Selatan**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9380	0.9330	0.9300	0.9291	0.9303	0.9336
0.2	0.8773	0.8674	0.8613	0.8595	0.8619	0.8685
0.3	0.8167	0.8017	0.7927	0.7899	0.7935	0.8033
0.4	0.7560	0.7392	0.7288	0.7245	0.7263	0.7382
0.5	0.7210	0.7080	0.7001	0.6950	0.6927	0.6938
0.6	0.7041	0.6921	0.6848	0.6804	0.6774	0.6760
0.7	0.6923	0.6842	0.6775	0.6723	0.6689	0.6672
0.8	0.6871	0.6779	0.6702	0.6661	0.6641	0.6626
0.9	0.6819	0.6718	0.6670	0.6643	0.6621	0.6604
1.0	0.6767	0.6690	0.6655	0.6625	0.6600	0.6583
1.1	0.6731	0.6678	0.6640	0.6607	0.6584	0.6577
1.2	0.6713	0.6667	0.6685	0.6589	0.6577	0.6577
1.3	0.6705	0.6656	0.6611	0.6582	0.6577	0.6577
1.4	0.6698	0.6644	0.6596	0.6577	0.6577	0.6577
1.5	0.6690	0.6633	0.6588	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	0.6683	0.6622	0.6582	0.6577	0.6577	0.6577
1.7	0.6675	0.6610	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	0.6667	0.6599	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.9	0.6660	0.6594	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.0	0.6652	0.6589	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.1	0.6645	0.6585	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.2	0.6637	0.6581	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.3	0.6630	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.4	0.6622	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.5	0.6614	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.6	0.6607	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.7	0.6604	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.8	0.6601	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
2.9	0.6599	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
3.0	0.6596	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577

**Tabel A.6 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi horizontal pada  
berbagai sudut kemiringan  
Orientasi : Timur dan Barat**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9363	0.9268	0.9195	0.9147	0.9124	0.9129
0.2	0.8752	0.8565	0.8416	0.8309	0.8257	0.8257
0.3	0.8228	0.7947	0.7723	0.7563	0.7470	0.7448
0.4	0.7703	0.7330	0.7036	0.6820	0.6693	0.6664
0.5	0.7248	0.6842	0.6550	0.6231	0.6045	0.5946
0.6	0.6911	0.6424	0.6013	0.5691	0.5467	0.5349
0.7	0.6574	0.6006	0.5559	0.5249	0.5012	0.4581
0.8	0.6237	0.5693	0.5273	0.4923	0.4651	0.4467
0.9	0.5998	0.5463	0.4991	0.4608	0.4389	0.4237
1.0	0.5827	0.5232	0.4727	0.4442	0.4222	0.4062
1.1	0.5656	0.5002	0.4587	0.4296	0.4075	0.4010
1.2	0.5485	0.4828	0.4468	0.4154	0.4036	0.3969
1.3	0.5314	0.4739	0.4349	0.4089	0.3999	0.3963
1.4	0.5156	0.4650	0.4230	0.4059	0.3969	0.3963
1.5	0.5051	0.4561	0.4147	0.4029	0.3963	0.3963
1.6	0.4995	0.4472	0.4123	0.3999	0.3963	0.3963
1.7	0.4939	0.4383	0.4101	0.3974	0.3963	0.3963
1.8	0.4882	0.4294	0.4079	0.3963	0.3963	0.3963
1.9	0.4826	0.4237	0.4057	0.3963	0.3963	0.3963
2.0	0.4770	0.4204	0.4035	0.3963	0.3963	0.3963
2.1	0.4713	0.4190	0.4013	0.3963	0.3963	0.3963
2.2	0.4657	0.4176	0.3991	0.3963	0.3963	0.3963
2.3	0.4601	0.4163	0.3978	0.3963	0.3963	0.3963
2.4	0.4544	0.4149	0.3968	0.3963	0.3963	0.3963
2.5	0.4488	0.4135	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963
2.6	0.4432	0.4122	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963
2.7	0.4400	0.4108	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963
2.8	0.4369	0.4094	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963
2.9	0.4339	0.4081	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963
3.0	0.4333	0.4067	0.3963	0.3963	0.3963	0.3963

**Tabel A.7 –**  
**Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi horizontal pada**  
**berbagai sudut kemiringan**  
**Orientasi : Timur Laut dan Barat Laut**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9273	0.9193	0.9137	0.9106	0.9101	0.9122
0.2	0.8630	0.8471	0.8355	0.8285	0.8263	0.8291
0.3	0.8054	0.7820	0.7644	0.7533	0.7489	0.7515
0.4	0.7563	0.7278	0.7055	0.6895	0.6803	0.6799
0.5	0.7171	0.6824	0.6546	0.6345	0.6228	0.6198
0.6	0.6787	0.6443	0.6165	0.5946	0.5793	0.5710
0.7	0.6549	0.6166	0.5842	0.5587	0.5420	0.5320
0.8	0.6327	0.5889	0.5563	0.5360	0.5200	0.5088
0.9	0.6105	0.5681	0.5412	0.5184	0.5026	0.4919
1.0	0.5922	0.5560	0.5261	0.5051	0.4900	0.4826
1.1	0.5809	0.5440	0.5148	0.4939	0.4840	0.4790
1.2	0.5722	0.5321	0.5046	0.4877	0.4809	0.4759
1.3	0.5634	0.5243	0.4971	0.4850	0.4782	0.4759
1.4	0.5547	0.5165	0.4921	0.4825	0.4759	0.4759
1.5	0.5466	0.5086	0.4894	0.4802	0.4759	0.4759
1.6	0.5413	0.5037	0.4874	0.4780	0.4759	0.4759
1.7	0.5359	0.5001	0.4854	0.4759	0.4759	0.4759
1.8	0.5306	0.4965	0.4837	0.4759	0.4759	0.4759
1.9	0.5253	0.4949	0.4821	0.4759	0.4759	0.4759
2.0	0.5200	0.4936	0.4804	0.4759	0.4759	0.4759
2.1	0.5162	0.4923	0.4784	0.4759	0.4759	0.4759
2.2	0.5141	0.4909	0.4770	0.4759	0.4759	0.4759
2.3	0.5119	0.4897	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
2.4	0.5097	0.4886	0.4770	0.4759	0.4759	0.4759
2.5	0.5075	0.4876	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
2.6	0.5053	0.4865	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
2.7	0.5047	0.4855	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
2.8	0.5042	0.4844	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
2.9	0.5036	0.4834	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759
3.0	0.5031	0.4823	0.4759	0.4759	0.4759	0.4759

**Tabel A.8 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi horizontal pada  
berbagai sudut kemiringan  
Orientasi : Tenggara dan Barat Daya**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9253	0.9167	0.9107	0.9072	0.9065	0.9086
0.2	0.8574	0.8405	0.8280	0.8203	0.8177	0.8204
0.3	0.7964	0.7715	0.7527	0.7406	0.7355	0.7377
0.4	0.7413	0.7100	0.6862	0.6692	0.6601	0.6597
0.5	0.6981	0.6615	0.6321	0.6109	0.5985	0.5951
0.6	0.6578	0.6179	0.5890	0.6553	0.5503	0.5417
0.7	0.6289	0.5891	0.5555	0.5289	0.5107	0.5004
0.8	0.6059	0.5604	0.5251	0.5044	0.4880	0.4765
0.9	0.5828	0.5372	0.5096	0.4863	0.4702	0.4592
1.0	0.5619	0.5248	0.4542	0.4727	0.4573	0.4493
1.1	0.5502	0.5124	0.4826	0.4613	0.4507	0.4459
1.2	0.5413	0.5003	0.4722	0.4551	0.4477	0.4429
1.3	0.5323	0.4923	0.4646	0.4516	0.4451	0.4429
1.4	0.5234	0.4843	0.4596	0.4492	0.4429	0.4429
1.5	0.5150	0.4763	0.4558	0.4471	0.4429	0.4429
1.6	0.5096	0.4714	0.4538	0.4449	0.4429	0.4429
1.7	0.5042	0.4678	0.4521	0.4429	0.4429	0.4429
1.8	0.4988	0.4642	0.4505	0.4429	0.4429	0.4429
1.9	0.4933	0.4610	0.4489	0.4429	0.4429	0.4429
2.0	0.4879	0.4595	0.4472	0.4429	0.4429	0.4429
2.1	0.4841	0.4585	0.4456	0.4429	0.4429	0.4429
2.2	0.4820	0.4572	0.4440	0.4429	0.4429	0.4429
2.3	0.4798	0.4562	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.4	0.4777	0.4552	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.5	0.4755	0.4542	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.6	0.4734	0.4532	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.7	0.4712	0.4521	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.8	0.4699	0.4511	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
2.9	0.4694	0.4501	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429
3.0	0.4688	0.4491	0.4429	0.4429	0.4429	0.4429

**Tabel A.9 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi horizontal pada  
berbagai sudut kemiringan  
Orientasi : Utara dan Selatan**

<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9526	0.9534	0.9549	0.9571	0.9606	0.9638
0.2	0.9066	0.9082	0.9110	0.9155	0.9225	0.9289
0.3	0.8605	0.8630	0.6872	0.8739	0.8844	0.8940
0.4	0.8144	0.8177	0.8236	0.9325	0.8463	0.8591
0.5	0.7752	0.7800	0.7892	0.8005	0.8159	0.8277
0.6	0.7540	0.7563	0.7632	0.7768	0.7950	0.8078
0.7	0.7379	0.7434	0.7464	0.7560	0.7771	0.7920
0.8	0.7290	0.7306	0.7348	0.7423	0.7637	0.7807
0.9	0.7202	0.7230	0.7269	0.7319	0.7507	0.7699
1.0	0.7114	0.7183	0.7190	0.7246	0.7388	0.7595
1.1	0.7060	0.7137	0.7144	0.71173	0.7308	0.7523
1.2	0.7022	0.7091	0.7098	0.7099	0.7251	0.7451
1.3	0.7000	0.7045	0.7053	0.7055	0.7206	0.7379
1.4	0.6977	0.6999	0.7007	0.7022	0.7173	0.7307
1.5	0.6954	0.6961	0.6981	0.7003	0.7141	0.7236
1.6	0.6932	0.6939	0.6960	0.6983	0.7109	0.7173
1.7	0.6909	0.6916	0.6940	0.6964	0.7077	0.7131
1.8	0.6886	0.6894	0.6919	0.6945	0.7044	0.7105
1.9	0.6864	0.6889	0.6899	0.6926	0.7012	0.7078
2.0	0.6841	0.6886	0.6878	0.6907	0.6980	0.7052
2.1	0.6818	0.6884	0.6858	0.6888	0.6948	0.7056
2.2	0.6796	0.6881	0.6853	0.6869	0.6915	0.7000
2.3	0.6773	0.6879	0.6849	0.6849	0.6910	0.6979
2.4	0.6750	0.6876	0.6845	0.6830	0.6909	0.6967
2.5	0.6728	0.6873	0.6841	0.6811	0.6908	0.6954
2.6	0.6705	0.6871	0.6837	0.6792	0.6908	0.6942
2.7	0.6695	0.6868	0.6833	0.6773	0.6907	0.6930
2.8	0.6686	0.6866	0.6829	0.6754	0.6906	0.6917
2.9	0.6677	0.6863	0.6826	0.6735	0.6905	0.6905
3.0	0.6668	0.6860	0.6822	0.6716	0.6904	0.6893

**Tabel A.10 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi vertikal pada berbagai  
sudut kemiringan  
Orientasi : Timur dan Barat**

<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9805	0.9751	0.9704	0.9653	0.9584	0.9520
0.2	0.9607	0.9499	0.9406	0.9302	0.9166	0.9038
0.3	0.9409	0.9247	0.9108	0.8952	0.8747	0.8555
0.4	0.9223	0.9007	0.8821	0.8614	0.9338	0.8578
0.5	0.9047	0.8774	0.8537	0.8275	0.7931	0.7606
0.6	0.8870	0.8543	0.8259	0.7939	0.7523	0.7133
0.7	0.8694	0.8313	0.7980	0.7616	0.7129	0.6671
0.8	0.8518	0.8090	0.7728	0.7312	0.6753	0.6227
0.9	0.8348	0.7884	0.7476	0.7014	0.6406	0.5823
1.0	0.8193	0.7678	0.7233	0.6747	0.6098	0.5493
1.1	0.8057	0.7471	0.7015	0.6511	0.5850	0.5184
1.2	0.7921	0.7287	0.6810	0.6320	0.5605	0.4880
1.3	0.7785	0.7120	0.6631	0.6135	0.5361	0.4633
1.4	0.7654	0.6960	0.6482	0.5949	0.5120	0.4577
1.5	0.7541	0.6826	0.6334	0.5764	0.4899	0.4526
1.6	0.7441	0.6696	0.6187	0.5579	0.4820	0.4474
1.7	0.7349	0.6589	0.6042	0.5397	0.4790	0.4422
1.8	0.7257	0.6485	0.5906	0.5220	0.4760	0.4371
1.9	0.7185	0.6381	0.5770	0.5065	0.4730	0.4319
2.0	0.7122	0.6276	0.5634	0.4982	0.4700	0.4268
2.1	0.7070	0.6172	0.5497	0.4966	0.4670	0.4221
2.2	0.7036	0.6076	0.5362	0.4950	0.4641	0.4185
2.3	0.7019	0.5987	0.5232	0.4934	0.4611	0.4158
2.4	0.7007	0.5987	0.5101	0.4918	0.4581	0.4145
2.5	0.6999	0.5808	0.4971	0.4902	0.4551	0.4132
2.6	0.6990	0.5718	0.4849	0.4886	0.4521	0.4119
2.7	0.6982	0.5629	0.4747	0.4870	0.4491	0.4105
2.8	0.6974	0.5539	0.4668	0.4859	0.4461	0.4092
2.9	0.6965	0.5450	0.4616	0.4850	0.4431	0.4082
3.0	0.6957	0.5360	0.4591	0.4841	0.4401	0.4080

**Tabel A.11 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi vertikal pada berbagai  
sudut kemiringan  
Orientasi : Timur Laut dan Barat Laut**

<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9517	0.9445	0.9389	0.9346	0.9317	0.9314
0.2	0.9074	0.8931	0.8819	0.8729	0.8670	0.8650
0.3	0.8646	0.8436	0.8268	0.8131	0.8036	0.8005
0.4	0.8262	0.7991	0.7770	0.7585	0.7449	0.7381
0.5	0.7912	0.7573	0.7297	0.7066	0.6895	0.6809
0.6	0.7562	0.7155	0.6824	0.6546	0.6342	0.6239
0.7	0.7230	0.6740	0.6356	0.6043	0.5832	0.5701
0.8	0.6899	0.6352	0.6038	0.5836	0.5643	0.5493
0.9	0.6575	0.6158	0.5921	0.5683	0.5465	0.5296
1.0	0.6359	0.6069	0.5806	0.5530	0.5288	0.5104
1.1	0.6300	0.5981	0.5691	0.5380	0.5125	0.5005
1.2	0.6240	0.5892	0.5576	0.5241	0.5038	0.4958
1.3	0.6181	0.5802	0.5461	0.5146	0.4984	0.4915
1.4	0.6121	0.5715	0.5348	0.5091	0.4946	0.4898
1.5	0.6061	0.5626	0.5257	0.5050	0.4908	0.4884
1.6	0.6002	0.5537	0.5201	0.5028	0.4881	0.4869
1.7	0.6942	0.5449	0.5161	0.5006	0.4874	0.4854
1.8	0.5883	0.5365	0.5120	0.4985	0.4867	0.4540
1.9	0.5823	0.5291	0.5094	0.4963	0.4860	0.4825
2.0	0.5763	0.5235	0.5079	0.4941	0.4853	0.4811
2.1	0.5704	0.5198	0.5064	0.4939	0.4846	0.4798
2.2	0.5644	0.5166	0.5050	0.4936	0.4839	0.4795
2.3	0.5590	0.5135	0.5035	0.4933	0.4831	0.4791
2.4	0.5541	0.5104	0.5020	0.4931	0.4824	0.4788
2.5	0.5494	0.5073	0.5005	0.4928	0.4817	0.4785
2.6	0.5452	0.5042	0.4991	0.4925	0.4810	0.4781
2.7	0.5410	0.5027	0.4976	0.4923	0.4803	0.4778
2.8	0.5376	0.5014	0.4961	0.4920	0.4793	0.4775
2.9	0.5349	0.5002	0.4946	0.4917	0.4788	0.4772
3.0	0.5323	0.4989	0.4941	0.4914	0.4781	0.4768

**Tabel A.12 –  
Koefisien peneduh efektif untuk proyeksi vertikal pada berbagai  
sudut kemiringan  
Orientasi : Tenggara dan Barat Daya**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>	<b>50°</b>
0.1	0.9528	0.9457	0.9396	0.9351	0.9317	0.9304
0.2	0.9081	0.8938	0.8815	0.8724	0.8654	0.8624
0.3	0.8650	0.8437	0.8253	0.8113	0.8005	0.7955
0.4	0.8257	0.7988	0.7746	0.7555	0.7395	0.7307
0.5	0.7907	0.7570	0.7269	0.7029	0.6829	0.6715
0.6	0.7561	0.7153	0.6791	0.6504	0.6264	0.6127
0.7	0.7229	0.6743	0.6313	0.5978	0.5698	0.5539
0.8	0.6897	0.6342	0.5861	0.5629	0.5412	0.5242
0.9	0.6565	0.5987	0.5700	0.5474	0.5235	0.5045
1.0	0.6233	0.5863	0.5584	0.5324	0.5059	0.4850
1.1	0.6056	0.5771	0.5470	0.5185	0.4894	0.4737
1.2	0.5983	0.5685	0.5357	0.5046	0.4792	0.4670
1.3	0.5915	0.5599	0.5244	0.4946	0.4717	0.4627
1.4	0.5853	0.5513	0.5130	0.4882	0.4677	0.4586
1.5	0.5791	0.5427	0.5037	0.4831	0.4642	0.4572
1.6	0.5730	0.5341	0.4966	0.4790	0.4612	0.4557
1.7	0.5668	0.5255	0.4915	0.4771	0.4583	0.4543
1.8	0.5606	0.5169	0.4876	0.4752	0.4577	0.4528
1.9	0.5547	0.5096	0.4836	0.4734	0.4571	0.4514
2.0	0.5499	0.5043	0.4796	0.4715	0.4565	0.4499
2.1	0.5451	0.5000	0.4772	0.4696	0.4558	0.4485
2.2	0.5403	0.4938	0.4757	0.4677	0.4552	0.4471
2.3	0.5355	0.4909	0.4741	0.4662	0.4546	0.4456
2.4	0.5307	0.4879	0.4726	0.4661	0.4540	0.4446
2.5	0.5258	0.4850	0.4711	0.4660	0.4534	0.4443
2.6	0.5210	0.4820	0.4695	0.4659	0.4528	0.4439
2.7	0.5168	0.4790	0.4680	0.4658	0.4522	0.4435
2.8	0.5135	0.4761	0.4665	0.4657	0.4516	0.4432
2.9	0.5110	0.4735	0.4649	0.4656	0.4510	0.4429
3.0	0.5084	0.4715	0.4634	0.4655	0.4504	0.4429



**Tabel A.13 –  
Koefisien Peneduh Efektif untuk Peneduh berbentuk Kotak  
(Egg-Crate Louvers) dengan berbagai Sudut Kemiringan Peneduh Sirip Horizontal  
Orientasi : Utara dan Selatan**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>
0.2	0.2	0.8125	0.8053	0.8011	0.8002	0.8025
0.2	0.4	0.7476	0.7432	0.7409	0.7409	0.7431
0.2	0.6	0.7086	0.7059	0.7047	0.7050	0.7068
0.2	0.8	0.6945	0.6926	0.6917	0.6920	0.6934
0.2	1.0	0.6850	0.6836	0.6829	0.5832	0.6843
0.2	1.2	0.6802	0.6790	0.6785	0.6787	0.6796
0.2	1.4	0.6779	0.6768	0.6764	0.6766	0.6774
0.2	1.6	0.6756	0.6747	0.6743	0.6744	0.6752
0.2	1.8	0.6733	0.6725	0.6722	0.6723	0.6729
0.4	0.2	0.7284	0.7070	0.7002	0.6977	0.6995
0.4	0.4	0.6808	0.6747	0.6716	0.6709	0.6727
0.4	0.6	0.6631	0.6604	0.6593	0.6594	0.6605
0.4	0.8	0.6601	0.6586	0.6581	0.6581	0.6587
0.4	1.0	0.6587	0.6580	0.6578	0.6578	0.6580
0.4	1.2	0.6582	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.4	1.4	0.6581	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.4	1.6	0.6581	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.4	1.8	0.6581	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	0.2	0.6840	0.6769	0.6728	0.6703	0.6687
0.6	0.4	0.6638	0.6618	0.6608	0.6602	0.6599
0.6	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.6	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577

Tabel A.13 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
0.8	0.2	0.6740	0.6688	0.6645	0.6622	0.6612
0.8	0.4	0.6609	0.6598	0.6589	0.6584	0.6583
0.8	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
0.8	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	0.2	0.6681	0.6638	0.6619	0.6603	0.6590
1.0	0.4	0.6595	0.6586	0.6584	0.6581	0.6579
1.0	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.0	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	0.2	0.6651	0.6626	0.6603	0.6584	0.6577
1.2	0.4	0.6588	0.6585	0.6581	0.6578	0.6577
1.2	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.2	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577

Tabel A.13 – (lanjutan)

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	0°	10°	20°	30°	40°
1.4	0.2	0.6642	0.6613	0.6587	0.6577	0.6577
1.4	0.4	0.6587	0.6583	0.6579	0.6577	0.6577
1.4	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.4	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	0.2	0.6634	0.6601	0.6580	0.6577	0.6577
1.6	0.4	0.6586	0.6581	0.6578	0.6577	0.6577
1.6	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.6	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	0.2	0.6626	0.6589	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	0.4	0.6584	0.6579	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	0.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	0.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	1.0	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	1.2	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	1.4	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	1.6	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577
1.8	1.8	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577	0.6577

Tabel A.14 –

Koefisien Peneduh Efektif untuk Peneduh berbentuk Kotak (*Egg-Crate Louvers*) dengan berbagai Sudut Kemiringan Peneduh Sirip Horizontal  
Orientasi : Timur dan Barat

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
0.2	0.2	0.8482	0.8306	0.8165	0.8064	0.8013
0.2	0.4	0.8212	0.8047	0.7914	0.7818	0.7769
0.2	0.6	0.7942	0.7788	0.7663	0.7572	0.75258
0.2	0.8	0.7672	0.7529	0.7412	0.7327	0.7282
0.2	1.0	0.7417	0.7284	0.7175	0.7095	0.7052
0.2	1.2	0.7190	0.7066	0.6965	0.6890	0.6850
0.2	1.4	0.6968	0.6852	0.6758	0.6688	0.6652
0.2	1.6	0.6786	0.6677	0.6589	0.6524	0.6490
0.2	1.8	0.6626	0.6523	0.6440	0.6379	0.6348
0.4	0.2	0.7513	0.7162	0.6883	0.6678	0.6556
0.4	0.4	0.7323	0.6993	0.6730	0.6535	0.6418
0.4	0.6	0.7133	0.6825	0.6577	0.6393	0.6280
0.4	0.8	0.6943	0.6656	0.6424	0.6251	0.6143
0.4	1.0	0.6754	0.6488	0.6271	0.6108	0.6006
0.4	1.2	0.6570	0.6322	0.6118	0.5967	0.5871
0.4	1.4	0.6389	0.6158	0.5968	0.6827	0.5738
0.4	1.6	0.6235	0.6017	0.5840	0.5708	0.5625
0.4	1.8	0.6096	0.5890	0.5723	0.5599	0.5523
0.6	0.2	0.6768	0.6307	0.5717	0.5611	0.5398
0.6	0.4	0.6626	0.6190	0.5822	0.5532	0.5329
0.6	0.6	0.6483	0.6073	0.5726	0.5452	0.5260
0.6	0.8	0.6341	0.5956	0.5630	0.5372	0.5191
0.6	1.0	0.6198	0.5840	0.5535	0.5293	0.5121
0.6	1.2	0.6056	0.5723	0.5439	0.5213	0.5052
0.6	1.4	0.5615	0.5607	0.5344	0.5134	0.4984
0.6	1.6	0.5788	0.5500	0.5254	0.5058	0.4917
0.6	1.8	0.5668	0.5398	0.5167	0.4983	0.4852

Tabel A.14 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
0.8	0.2	0.6135	0.5615	0.5215	0.4881	0.4622
0.8	0.4	0.6033	0.5537	0.5157	0.4839	0.4593
0.8	0.6	0.5931	0.5459	0.5099	0.4798	0.4564
0.8	0.8	0.5829	0.5381	0.5041	0.4756	0.4534
0.8	1.0	0.5727	0.5304	0.4983	0.4714	0.4505
0.8	1.2	0.5625	0.5226	0.4925	0.4673	0.4476
0.8	1.4	0.5523	0.5148	0.4867	0.4631	0.4447
0.8	1.6	0.5421	0.5070	0.4809	0.4589	0.4418
0.8	1.8	0.5320	0.4992	0.4751	0.4548	0.4389
1.0	0.2	0.5744	0.5178	0.4695	0.4422	0.4212
1.0	0.4	0.5661	0.5123	0.4663	0.4401	0.4201
1.0	0.6	0.5578	0.5068	0.4631	0.4381	0.4191
1.0	0.8	0.5495	0.5014	0.4599	0.4361	0.4180
1.0	1.0	0.5412	0.4959	0.4567	0.4341	0.4170
1.0	1.2	0.5329	0.4904	0.4535	0.4321	0.4159
1.0	1.4	0.5246	0.4849	0.4503	0.4301	0.4149
1.0	1.6	0.5163	0.4795	0.4471	0.4280	0.4138
1.0	1.8	0.5080	0.4740	0.4439	0.4260	0.4128
1.2	0.2	0.5420	0.4791	0.4447	0.4144	0.4033
1.2	0.4	0.5354	0.4754	0.4426	0.4137	0.4030
1.2	0.6	0.5289	0.4717	0.4405	0.4130	0.4027
1.2	0.8	0.5223	0.4680	0.4384	0.4123	0.4024
1.2	1.0	0.5158	0.4643	0.4363	0.4117	0.4021
1.2	1.2	0.5092	0.4606	0.4342	0.4110	0.4018
1.2	1.4	0.5027	0.4569	0.4321	0.4103	0.4015
1.2	1.6	0.4961	0.4532	0.4300	0.4096	0.4012
1.2	1.8	0.4896	0.4495	0.4279	0.4089	0.4009

Tabel A.14 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
1.4	0.2	0.5107	0.4621	0.4220	0.4055	0.3969
1.4	0.4	0.5058	0.4592	0.4210	0.4051	0.3969
1.4	0.6	0.5008	0.4563	0.4200	0.4047	0.3969
1.4	0.8	0.4959	0.4535	0.4190	0.4043	0.3969
1.4	1.0	0.4910	0.4506	0.4180	0.4039	0.3969
1.4	1.2	0.4860	0.4477	0.4170	0.4035	0.3969
1.4	1.4	0.4811	0.4449	0.4160	0.4031	0.3969
1.4	1.6	0.4762	0.4420	0.4150	0.4028	0.3969
1.4	1.8	0.4712	0.4391	0.4140	0.4024	0.3969
1.6	0.2	0.4951	0.4451	0.4117	0.3998	0.3963
1.6	0.4	0.4907	0.4431	0.4110	0.3997	0.3963
1.6	0.6	0.4863	0.4410	0.4103	0.3996	0.3963
1.6	0.8	0.4820	0.4390	0.4098	0.3995	0.3963
1.6	1.0	0.4776	0.4369	0.4089	0.3994	0.3963
1.6	1.2	0.4732	0.4349	0.4083	0.3993	0.3963
1.6	1.4	0.4688	0.4329	0.4076	0.3992	0.3963
1.6	1.6	0.4644	0.4308	0.4069	0.3991	0.3963
1.6	1.8	0.4600	0.4288	0.4062	0.3990	0.3963
1.8	0.2	0.4844	0.4281	0.4075	0.3963	0.3963
1.8	0.4	0.4805	0.4269	0.4070	0.3963	0.3963
1.8	0.6	0.4767	0.4257	0.4065	0.3963	0.3963
1.8	0.8	0.4728	0.4245	0.4061	0.3963	0.3963
1.8	1.0	0.4690	0.4233	0.4056	0.3963	0.3963
1.8	1.2	0.4651	0.4221	0.4051	0.3963	0.3963
1.8	1.4	0.4613	0.4208	0.4047	0.3963	0.3963
1.8	1.6	0.4574	0.4196	0.4042	0.3963	0.3963
1.8	1.8	0.4536	0.4184	0.4037	0.3963	0.3963

**Tabel A.15 –  
Koefisien Peneduh Efektif untuk Peneduh berbentuk Kotak (*Egg-Crate Louvers*) dengan berbagai Sudut Kemiringan Peneduh Sirip Horizontal  
Orientasi : Timur Laut & Barat Laut**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>
0.2	0.2	0.8019	0.7886	0.7788	0.7727	0.7705
0.2	0.4	0.7439	0.7331	0.7250	0.7198	0.7178
0.2	0.6	0.6944	0.6857	0.6790	0.6146	0.6727
0.2	0.8	0.6452	0.6384	0.6332	0.6298	0.6281
0.2	1.0	0.6024	0.5973	0.5935	0.5909	0.5897
0.2	1.2	0.5926	0.5880	0.5844	0.5820	0.5809
0.2	1.4	0.5829	0.5786	0.5754	0.5732	0.5722
0.2	1.6	0.5732	0.5693	0.5663	0.5644	0.5635
0.2	1.8	0.5634	0.5599	0.5573	0.5555	0.5548
0.4	0.2	0.7138	0.6898	0.6709	0.6573	0.6494
0.4	0.4	0.6724	0.6527	0.6371	0.6258	0.6192
0.4	0.6	0.6369	0.6207	0.6079	0.5986	0.5933
0.4	0.8	0.6013	0.5887	0.5787	0.5715	0.5673
0.4	1.0	0.5688	0.5593	0.5519	0.5466	0.5436
0.4	1.2	0.5613	0.5524	0.5455	0.5407	0.5380
0.4	1.4	0.5537	0.5456	0.5392	0.5348	0.5325
0.4	1.6	0.5462	0.5387	0.5329	0.5290	0.5270
0.4	1.8	0.5386	0.5318	0.5266	0.5231	0.5214
0.6	0.2	0.6479	0.6186	0.5951	0.5766	0.5636
0.6	0.4	0.6178	0.5934	0.5741	0.5588	0.5481
0.6	0.6	0.5920	0.5718	0.5560	0.5435	0.5348
0.6	0.8	0.5663	0.5502	0.5379	0.5282	0.5214
0.6	1.0	0.5416	0.5294	0.5204	0.5134	0.5085
0.6	1.2	0.5353	0.5240	0.5159	0.5095	0.5051
0.6	1.4	0.5289	0.5186	0.5113	0.5056	0.5018
0.6	1.6	0.5225	0.5132	0.5067	0.5017	0.4984
0.6	1.8	0.5161	0.5078	0.5022	0.4979	0.4950

Tabel A.15 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
0.8	0.2	0.6089	0.5719	0.5445	0.5270	0.5133
0.8	0.4	0.5855	0.5551	0.5328	0.5182	0.5067
0.8	0.6	0.5652	0.5403	0.5225	0.5104	0.5010
0.8	0.8	0.5449	0.5255	0.5122	0.5027	0.4952
0.8	1.0	0.5252	0.5109	0.5019	0.4949	0.4895
0.8	1.2	0.5199	0.5070	0.4989	0.4927	0.4879
0.8	1.4	0.5147	0.5030	0.44960	0.4905	0.4863
0.8	1.6	0.5095	0.4991	0.4930	0.4883	0.4847
0.8	1.8	0.5042	0.4952	0.4900	0.4861	0.4831
1.0	0.2	0.5750	0.5440	0.5183	0.5005	0.4878
1.0	0.4	0.5579	0.5321	0.5105	0.4960	0.4856
1.0	0.6	0.5429	0.5218	0.5039	0.4922	0.4839
1.0	0.8	0.5279	0.5114	0.4972	0.4884	0.4822
1.0	1.0	0.5129	0.5010	0.4905	0.4847	0.4805
1.0	1.2	0.5087	0.4981	0.4888	0.4836	0.4799
1.0	1.4	0.5045	0.4952	0.4870	0.4825	0.4793
1.0	1.6	0.5002	0.4922	0.4852	0.4814	0.4787
1.0	1.8	0.4960	0.4893	0.4834	0.4803	0.4781
1.2	0.2	0.5577	0.5232	0.5002	0.4857	0.4802
1.2	0.4	0.5434	0.5144	0.4958	0.4838	0.4795
1.2	0.6	0.5309	0.5069	0.4922	0.4822	0.4787
1.2	0.8	0.5185	0.4994	0.4886	0.4806	0.4780
1.2	1.0	0.5060	0.4919	0.4850	0.4789	0.4773
1.2	1.2	0.5025	0.4900	0.4839	0.4785	0.4771
1.2	1.4	0.4990	0.4880	0.4827	0.4781	0.4769
1.2	1.6	0.4955	0.4860	0.4816	0.4777	0.4767
1.2	1.8	0.4919	0.4840	0.4804	0.4773	0.4765



Tabel A.15 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
1.4	0.2	0.5424	0.5101	0.4894	0.4851	0.4759
1.4	0.4	0.5303	0.5039	0.4868	0.4805	0.4759
1.4	0.6	0.5199	0.4987	0.4846	0.4796	0.4759
1.4	0.8	0.5095	0.4936	0.4825	0.4786	0.4759
1.4	1.0	0.4991	0.4884	0.4803	0.4777	0.4759
1.4	1.2	0.4963	0.4868	0.4797	0.4774	0.4759
1.4	1.4	0.4935	0.4853	0.4791	0.4772	0.4759
1.4	1.6	0.4907	0.4837	0.4785	0.4770	0.4759
1.4	1.8	0.4879	0.4821	0.4779	0.4767	0.4759
1.6	0.2	0.5310	0.4994	0.4856	0.477	0.4759
1.6	0.4	0.5208	0.4952	0.4838	0.4774	0.4759
1.6	0.6	0.5122	0.4917	0.4822	0.4771	0.4759
1.6	0.8	0.5036	0.4883	0.4806	0.4768	0.4759
1.6	1.0	0.4949	0.4848	0.4790	0.4765	0.4759
1.6	1.2	0.4926	0.4837	0.4785	0.4764	0.4759
1.6	1.4	0.4902	0.4825	0.4781	0.4763	0.4759
1.6	1.6	0.4879	0.4814	0.4777	0.4762	0.4759
1.6	1.8	0.4855	0.4803	0.4773	0.4761	0.4759
1.8	0.2	0.5221	0.4930	0.4826	0.4759	0.4759
1.8	0.4	0.5137	0.4897	0.4815	0.4759	0.4759
1.8	0.6	0.5067	0.4869	0.4803	0.4759	0.4759
1.8	0.8	0.4997	0.4841	0.4792	0.4759	0.4759
1.8	1.0	0.4926	0.4813	0.4780	0.4759	0.4759
1.8	1.2	0.4906	0.4806	0.4777	0.4759	0.4759
1.8	1.4	0.4885	0.4798	0.4775	0.4759	0.4759
1.8	1.6	0.4864	0.4791	0.472	0.4759	0.4759
1.8	1.8	0.4843	0.4784	0.4769	0.4759	0.4759

**Tabel A.16 –  
Koefisien Peneduh Efektif untuk Peneduh berbentuk Kotak (*Egg-Crate Louvers*) dengan berbagai Sudut Kemiringan Peneduh Sirip Horizontal  
Orientasi : Tenggara & Barat Daya**

<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>0°</b>	<b>10°</b>	<b>20°</b>	<b>30°</b>	<b>40°</b>
0.2	0.2	0.7951	0.7808	0.7702	0.7634	0.7608
0.2	0.4	0.7351	0.7233	0.7144	0.7087	0.7064
0.2	0.6	0.6842	0.6745	0.6672	0.6623	0.6602
0.2	0.8	0.6340	0.6264	0.6205	0.6167	0.6149
0.2	1.0	0.5838	0.5782	0.5739	0.5710	0.5696
0.2	1.2	0.5669	0.5620	0.5581	0.5555	0.5542
0.2	1.4	0.5570	0.5525	0.5489	0.5465	0.5453
0.2	1.6	0.5471	0.5430	0.5397	0.5475	0.5364
0.2	1.8	0.5372	0.5334	0.5305	0.5285	0.5275
0.4	0.2	0.6979	0.6713	0.6510	0.5356	0.6285
0.4	0.4	0.6555	0.6334	0.6165	0.5044	0.5977
0.4	0.6	0.6193	0.6008	0.5868	0.5768	0.5713
0.4	0.8	0.5831	0.5683	0.5572	0.5492	0.5449
0.4	1.0	0.5469	0.5358	0.5275	0.5216	0.5185
0.4	1.2	0.5361	0.5263	0.5188	0.5135	0.5107
0.4	1.4	0.5286	0.5196	0.5127	0.5078	0.5053
0.4	1.6	0.5212	0.5129	0.5066	0.5022	0.4999
0.4	1.8	0.5137	0.5063	0.5005	0.4965	0.4944
0.6	0.2	0.6266	0.5923	0.5677	0.5483	0.5347
0.6	0.4	0.5959	0.5670	0.5466	0.5305	0.5192
0.6	0.6	0.5694	0.5452	0.5283	0.5150	0.5057
0.6	0.8	0.5430	0.5235	0.5101	0.4996	0.4923
0.6	1.0	0.5166	0.5018	0.4919	0.4842	0.4788
0.6	1.2	0.5091	0.4957	0.4868	0.4798	0.4751
0.6	1.4	0.5030	0.4905	0.4824	0.4761	0.4718
0.6	1.6	0.4969	0.4853	0.4780	0.4723	0.4685
0.6	1.8	0.4907	0.4801	0.4736	0.4685	0.4652

Tabel A.16 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
0.8	0.2	0.5821	0.5434	0.5133	0.4354	0.4814
0.8	0.4	0.5586	0.5264	0.5016	0.4865	0.4747
0.8	0.6	0.5381	0.5114	0.4912	0.4787	0.4689
0.8	0.8	0.5176	0.4964	0.4808	0.4709	0.4631
0.8	1.0	0.4971	0.4815	0.4705	0.4630	0.4573
0.8	1.2	0.4914	0.4773	0.4675	0.4609	0.4557
0.8	1.4	0.4863	0.4734	0.4646	0.4587	0.4541
0.8	1.6	0.4812	0.4695	0.4616	0.4565	0.4525
0.8	1.8	0.4761	0.4656	0.4587	0.4543	0.4509
1.0	0.2	0.5448	0.5129	0.4864	0.4682	0.4552
1.0	0.4	0.5277	0.5009	0.4786	0.4637	0.4531
1.0	0.6	0.5125	0.4904	0.4719	0.4599	0.4514
1.0	0.8	0.4973	0.4800	0.4652	0.4561	0.4497
1.0	1.0	0.4822	0.4695	0.4585	0.4523	0.4480
1.0	1.2	0.4779	0.4666	0.4566	0.4512	0.4474
1.0	1.4	0.4738	0.4637	0.4548	0.4501	0.4468
1.0	1.6	0.4696	0.4608	0.4530	0.4490	0.4461
1.0	1.8	0.4654	0.4579	0.4512	0.4478	0.4455
1.2	0.2	0.5269	0.4915	0.4679	0.4532	0.4471
1.2	0.4	0.5125	0.4827	0.4636	0.4513	0.4464
1.2	0.6	0.5000	0.4751	0.4600	0.4497	0.4457
1.2	0.8	0.4874	0.4675	0.4564	0.4481	0.4450
1.2	1.0	0.4748	0.4600	0.4528	0.4465	0.4443
1.2	1.2	0.4713	0.4579	0.4516	0.4461	0.4441
1.2	1.4	0.4648	0.4559	0.4504	0.4456	0.4439
1.2	1.6	0.4643	0.4539	0.4493	0.4452	0.4438
1.2	1.8	0.4608	0.4519	0.4481	0.4447	0.4436

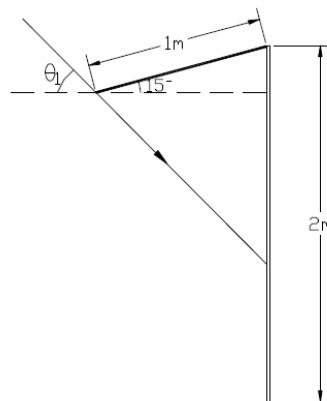
Tabel A.16 – (lanjutan)

$R_1$	$R_2$	0°	10°	20°	30°	40°
1.4	0.2	0.5112	0.4781	0.4571	0.4483	0.4429
1.4	0.4	0.4991	0.4719	0.4545	0.4474	0.4429
1.4	0.6	0.4886	0.4668	0.4524	0.4465	0.4429
1.4	0.8	0.4781	0.4616	0.4502	0.4456	0.4429
1.4	1.0	0.4676	0.4564	0.4481	0.4447	0.4429
1.4	1.2	0.4647	0.4548	0.4474	0.4445	0.4429
1.4	1.4	0.4619	0.4532	0.4468	0.4442	0.4429
1.4	1.6	0.4590	0.4516	0.4462	0.4440	0.4429
1.4	1.8	0.4562	0.4500	0.4455	0.4438	0.4429
1.6	0.2	0.4995	0.4672	0.4522	0.4446	0.4429
1.6	0.4	0.4893	0.4631	0.4506	0.4443	0.4429
1.6	0.6	0.4806	0.4597	0.4491	0.4440	0.4429
1.6	0.8	0.4719	0.4563	0.4475	0.4437	0.4429
1.6	1.0	0.4633	0.4529	0.4460	0.4435	0.4429
1.6	1.2	0.4608	0.4517	0.4456	0.4434	0.4429
1.6	1.4	0.4584	0.4505	0.4452	0.4433	0.4429
1.6	1.6	0.4560	0.4493	0.4448	0.4432	0.4429
1.6	1.8	0.4536	0.4481	0.4444	0.4432	0.4429
1.8	0.2	0.4904	0.4609	0.4494	0.4429	0.4429
1.8	0.4	0.4821	0.4576	0.4483	0.4429	0.4429
1.8	0.6	0.4750	0.4549	0.4472	0.4429	0.4429
1.8	0.8	0.4680	0.4521	0.4461	0.4429	0.4429
1.8	1.0	0.4610	0.4493	0.4451	0.4429	0.4429
1.8	1.2	0.4588	0.4485	0.4448	0.4429	0.4429
1.8	1.4	0.4567	0.4477	0.4445	0.4429	0.4429
1.8	1.6	0.4545	0.4470	0.4442	0.4429	0.4429
1.8	1.8	0.4524	0.4462	0.4442	0.4429	0.4429

## Lampiran B

### B.1 Contoh perhitungan koefisien peneduh (SC) dari suatu peralatan peneduh (sirip) horizontal

Hitung SC pada proyeksi horizontal lereng dengan panjang 1 m, dengan kemiringan  $15^\circ$  dan dilokasikan di atas jendela dengan tinggi 2 m dan arah Utara-Selatan.



$$\phi_1 = 15^\circ$$

$$R_1 = 1/2 = 0.5$$

**Gambar B.1** Skema potongan peralatan peneduh

**Tabel B.1 Hasil Perhitungan**  
(data besaran radiasi matahari dari Singapura)

Timur Laut	21 Maret / 23 September					22 Juni					22 Desember				
Waktu	$\theta_1$	(1-G)	$I_D$	$I_d$	Q	$\theta_1$	(1-G)	$I_D$	$I_d$	Q	$\theta_1$	(1-G)	$I_D$	$I_d$	Q
07.00	6	0.180	94	23	100	6	0.180	159	33	163	15	0.260	52	20	58
08.00	26	0.365	293	76	262	21	0.315	387	86	351	46	0.630	111	63	104
09.00	44	0.600	336	106	240	34	0.455	462	116	368	67	—	87	83	83
10.00	59	0.933	278	126	144	47	0.647	435	133	286	81	—	28	98	98
11.00	72	—	154	136	136	58	0.902	345	141	175	—	—	0	109	109
12.00	83	—	31	136	136	68	—	216	141	141	—	—	0	116	116
13.00	—	—	0	133	136	78	—	98	110	110	—	—	0	116	116
14.00	—	—	0	123	123	88	—	29	116	116	—	—	0	108	108
15.00	—	—	0	104	104	—	—	0	93	93	—	—	0	93	93
16.00	—	—	0	85	85	—	—	0	76	76	—	—	0	73	73
17.00	—	—	0	60	60	—	—	0	53	53	—	—	0	50	50
18.00	—	—	0	28	28	—	—	0	23	23	—	—	0	20	20
$\Sigma Q = \Sigma (G \times I_D + I_d)$	1554					1955					1028				
$\Sigma I_T = \Sigma (I_D + I_d)$	2322					3252					1227				
SC (day)	0.669					0.601					0.838				

$$\begin{aligned}
 \text{SC efektif} &= \frac{\sum_M (\mathbf{G} \times \mathbf{I}_D + \mathbf{I}_d) + \sum_J (\mathbf{G} \times \mathbf{I}_D + \mathbf{I}_d) + \sum_S (\mathbf{G} \times \mathbf{I}_D + \mathbf{I}_d) + \sum_D (\mathbf{G} \times \mathbf{I}_D + \mathbf{I}_d)}{\sum_M \mathbf{I}_T + \sum_J \mathbf{I}_T + \sum_S \mathbf{I}_T + \sum_D \mathbf{I}_T} \\
 &= \frac{(2 \times 1554) + 1955 + 1028}{(2 \times 2322) + 3252 + 1227} \\
 &= \frac{6091}{9123} \\
 &= 0,67
 \end{aligned}$$

## B.2 Contoh perhitungan koefisien peneduh (SC) dari suatu peralatan peneduh (sirip) horizontal dan vertikal (*egg crate*)

Hitung SC efektif pada peneduh *egg-crate* yang mempunyai  $R_1 = 0,4$ ,  $\Phi_1 = 0$ ,  $R_2 = 0,4$  dengan arah menghadap utara

**Tabel B.1 Hasil Perhitungan**  
(data besaran radiasi matahari dari Singapura)

22 Juni								
Waktu	$\theta_1$	$G_1$	$\theta_2$	$G_2$	$G_3$	$I_D$	$I_d$	Q
07.00	15	0.893	67	0.058	0.050	60	25	28
08.00	41	0.652	65	0.142	0.093	145	63	76
09.00	55	0.429	63	0.215	0.092	187	91	108
10.00	62	0.248	57	0.384	0.095	208	114	134
11.00	66	0.102	45	0.600	0.061	219	131	144
12.00	68	0.010	21	0.846	0.000	222	141	141
13.00	68	0.010	-14	0.900	0.000	225	141	141
14.00	66	0.102	-41	0.652	0.067	219	134	149
15.00	63	0.215	-55	0.429	0.092	209	119	138
16.00	57	0.384	-62	0.248	0.095	195	98	116
17.00	44	0.614	-65	0.142	0.087	156	71	85
18.00	21	0.847	-66	0.102	0.086	81	33	40

$$\sum Q = \sum [(\mathbf{G} \times \mathbf{I}_D) + \mathbf{I}_d]$$

$$= 1300$$

$$\sum (\mathbf{I}_T) = 3287$$

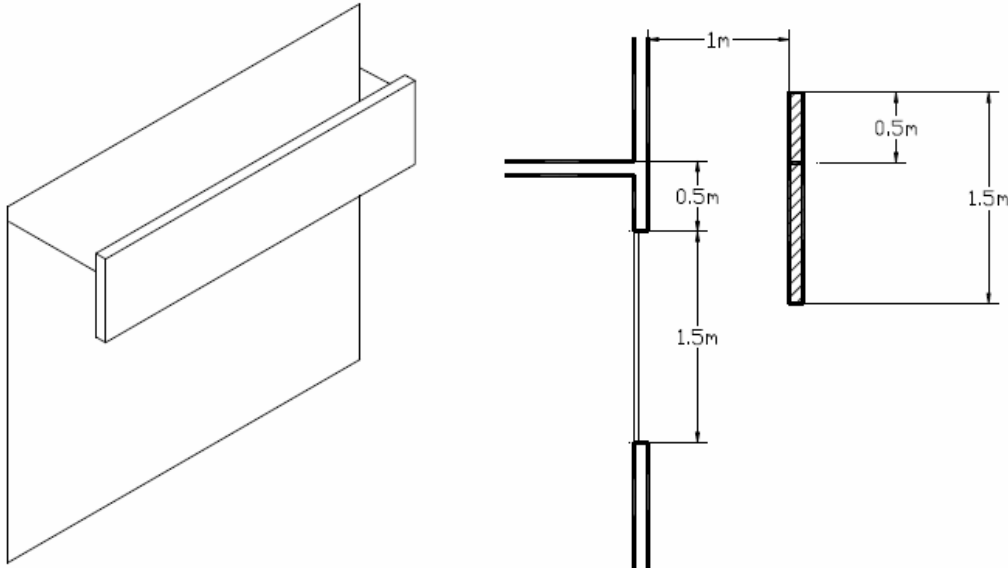
$$\text{Maka SC (Juni 22)} = \frac{1300}{3287}$$

$$= 0,395$$

Prosedur yang sama diulang untuk tanggal 21 Maret, 23 September dan 22 Desember untuk mendapatkan SC efektif dalam setahun.

### B.3 Contoh perhitungan koefisien peneduh (SC) dari suatu peralatan peneduh (sirip) vertikal

Hitung SC efektif peralatan peneduh yang sejajar dengan dinding seperti pada diagram di bawah yang dipasang menghadap utara.



Gambar (a)

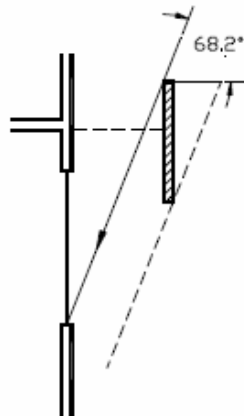
Kaca jendela diteduhi oleh panel yang sejajar dengan dinding. Bayangan yang tercetak pada dinding bervariasi sesuai waktu siang tersebut bergantung pada posisi matahari dan sudut bayangan vertikalnya ( $\Phi_1$ ).

Untuk  $68.2^\circ < \Phi_1 < 90^\circ$ , peralatan peneduh tidak efektif dikarenakan sinar matahari langsung ke jendela tanpa dihalangi. Oleh karena itu SC diambil 1 (lihat gambar b).

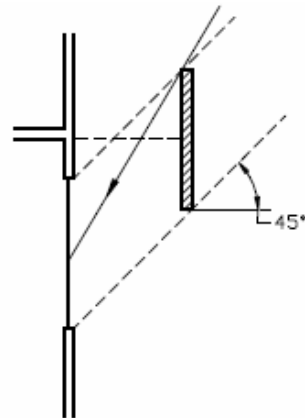
Untuk  $\Phi_1 < 45^\circ < 68.2^\circ$ , jendela sebagian diteduhi oleh bagian atas bidang. Untuk  $\Phi_1 = 45^\circ$ , jendela secara total terteduhi (lihat gambar c).

Untuk  $\Phi_1 < 45^\circ$ , jendela sebagian terteduhi oleh bagian bawah dari bidang (lihat gambar d).

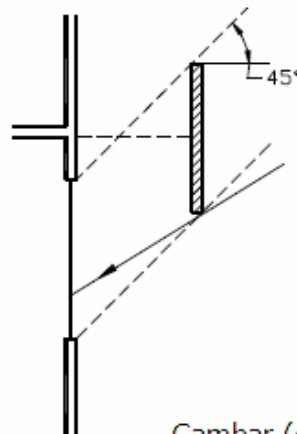
Pola bayangan pada gambar (c) dan gambar (d) dapat dikerjakan dengan geometri sederhana.



Gambar (b)



Gambar (c)



Gambar (d)

#### B.4 Contoh perhitungan koefisien peneduh (SC) efektif dari jendela menghadap selatan barat

Diketahui : jendela berada di dinding yang menghadap ke Selatan-Barat dengan *overhang* mendatar sepanjang 0,3 m

Hitung : SC efektif jika (a) tinggi jendela adalah 0,6 m; (b) tinggi jendela 0,75 m dengan overhang naik 30° dari bidang datar.

Solusi : berdasarkan tabel 15 di lampiran A

- |             |            |
|-------------|------------|
| a) R1 = 0,5 | SC = 0,698 |
| b) R1 = 0,4 | SC = 0,669 |

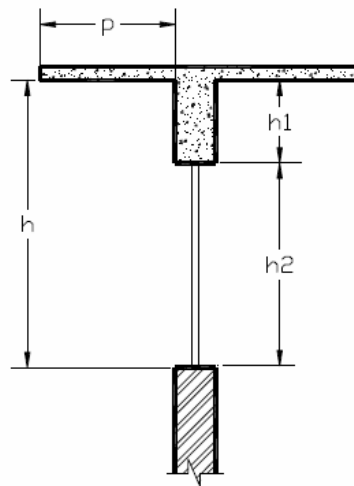


### B.5 Contoh perhitungan koefisien peneduh (SC) dari jendela menghadap ke barat

Diketahui : Jendela berada pada dinding yang menghadap ke Barat dengan *overhang* mendatar dan tinggi jendela 0,75

Hitung : SC efektif jika jendela diletakkan 0,2 m di bawah overhang

Solusi : diasumsikan bahwa jendela mempunyai tinggi  $h$  dan dipanjangkan sampai di bawah overhang, perolehan kalor matahari ke jendela dapat dihitung sebagai berikut.



$$SC \times h = (SC_1 \times h_1) + (SC_2 \times h_2)$$

Dari tabel 13 di dalam lampiran A dengan interpolasi

$$\begin{aligned} SC &= 0,8123 & h &= 950 \text{ (} R_1 = 0,32 \text{)} \\ SC_1 &= 0,5051 & h_1 &= 200 \text{ (} R_1 = 1,5 \text{)} \end{aligned}$$

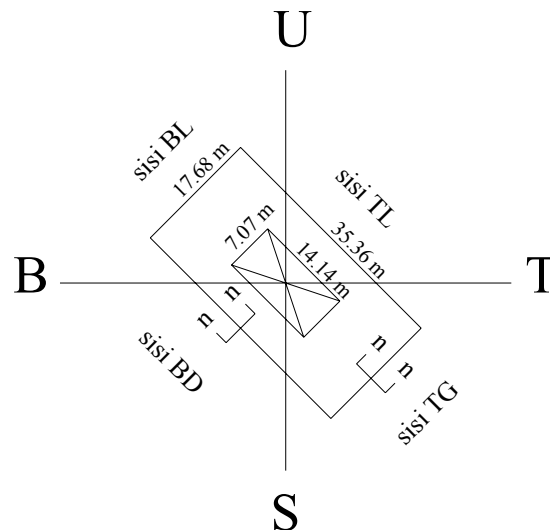
$$SC_2 = \frac{(SC \times h) - (SC_1 \times h_1)}{h_2}$$

$$SC_2 = 0,894$$

## Lampiran C

### C.1 Contoh menghitung OTTV selubung bangunan pada bangunan gedung

Dinding terdiri dari 2 material :



#### Data Bentuk Bangunan :

Bentuk Bangunan:	Empat Persegi Panjang
Orientasi (arah hadap):	Timur Laut.
Dimensi Bangunan:	Panjang 35,36 m , Lebar 17,68 m
Tinggi Bangunan:	10 lantai
Luas Bangunan (A):	625 m <sup>2</sup>
Luas Inti Bangunan (A core):	100 m <sup>2</sup>
Keliling Bangunan:	106.07 m

#### Data Material Bangunan :

Material Dinding :

1. Dinding Beton (*reinforced concrete beam*) :

$$\alpha = 0.6$$

$$k = 1.48$$

2. Dinding Bata (*brick parapet*) :

$$\alpha = 0.89$$

$$k = 0.807$$

Warna Pernis Hijau :  $\alpha = 0.79$

Material Kaca :

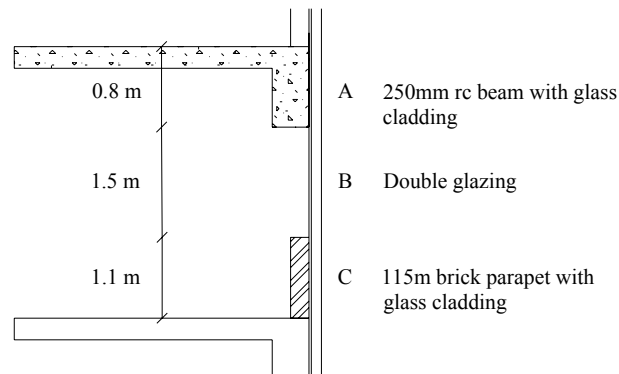
Kaca Polos 8 mm :  $k = 1.053$

Kaca Grey 8 mm :  $k = 1.053$

Koefisien Peneduh (SC) :

(kaca polos dan grey-double glazing)  $SC = 0.47$

Ratio kaca – dinding  $WWR = 0.44$



Potongan n-n

Sisi TL = Sisi BD

$$\begin{aligned}
 A. \text{ rc beam} &= 0.8 \times 35.36 \times 10 = 282.88 \text{ m}^2 \\
 A. \text{ brick parapet} &= 1.1 \times 35.36 \times 10 = 388.96 \text{ m}^2 \\
 A. \text{ double glazing} &= 1.5 \times 35.36 \times 10 = 530.4 \text{ m}^2 \\
 A_{TL} = A_{BD} &= 1202.24 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Sisi TG = Sisi BL

$$\begin{aligned}
 A. \text{ rc beam} &= 0.8 \times 17.68 \times 10 = 141.44 \text{ m}^2 \\
 A. \text{ brick parapet} &= 1.1 \times 17.68 \times 10 = 194.48 \text{ m}^2 \\
 A. \text{ double glazing} &= 1.5 \times 17.68 \times 10 = 265.20 \text{ m}^2 \\
 A_{TG} = A_{BL} &= 601.12 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

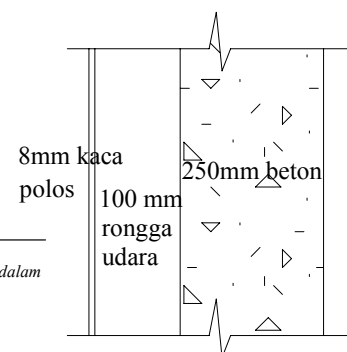
$$\begin{aligned}
 OTTV &= [\text{konduksi dinding}_1 + \text{konduksi dinding}_2] + \text{konduksi kaca} + \text{radiasi kaca} \\
 &= [\alpha_1 \{Uw_1 \times A^1 / \sum A (1-WWR) \times TD_{EK}\} + \alpha_2 \{Uw_2 \times A^2 / \sum A (1-WWR) \times TD_{EK}\}] + \\
 &\quad \{Uf \times WWR \times \Delta T\} + \{SC \times WWR \times SF\} \quad (4.2.1.2)
 \end{aligned}$$

SISI TL

## ➤ Konduksi Dinding

## 1. Dinding Beton (250mm rc. Beam)

$$\begin{aligned}
 Uw &= \frac{1}{R} \\
 &= \frac{1}{R_{udara\_luar} + R_{kaca\_8mm} + R_{ruang\_udara} + R_{beton\_250mm} + R_{udara\_dalam}} \\
 &= \frac{1}{(0.044) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + (0.16) + \left(\frac{0.25}{1.448}\right) + 0.12} = \frac{1}{0.504 \frac{m^2 K}{W}} \\
 &= 1.98 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$



$$\alpha = \alpha \text{ beton ekspos} \times \alpha \text{ cat pernis hijau}$$

$$= 0,61 \times 0,79$$

$$= 0,48$$

(untuk kasus ini karena  $\alpha$  dari konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) mempunyai lapisan udara maka  $\alpha \text{ total} = \alpha_1 \times \alpha_2$ )

$$WWR = \frac{1.5}{0.8 + 1.5 + 1.1} = 0.44$$

$$TD_{EK} = 10$$

$$\text{Konduksi dinding} = \alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TD_{EK}]$$

$$(250\text{mm rc. Beam}) = 0.48 [1.98 \times \{(282.88 / (282.88 + 388.96)) \times (1 - 0.44)\} \times 10]$$

$$= 0.48 [1.98 \times \{0.429 \times (1 - 0.44)\} \times 10]$$

$$= 2.24 \text{ W/m}^2$$

## 2. Dinding Bata (115 mm brick parapet)

$$U_w = \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{R_{\text{udara\_luar}} + R_{\text{kaca\_8mm}} + R_{\text{ruang\_udara}} + R_{\text{plesteran\_12mm} \times 2} + R_{\text{bata\_115mm}} + R_{\text{udara\_dalam}}}$$

$$= \frac{1}{(0.044) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + (0.16) + \left(\frac{0.012}{0.533} \times 2\right) + \left(\frac{0.115}{0.807}\right) + 0.12} = \frac{1}{0.519} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$= 1.93 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$\alpha = \alpha \text{ bata} \times \alpha \text{ cat pernis hijau}$$

$$= 0.89 \times 0.79$$

$$= 0.703$$

$$WWR = \frac{1.5}{0.8 + 1.5 + 1.1} = 0.44$$

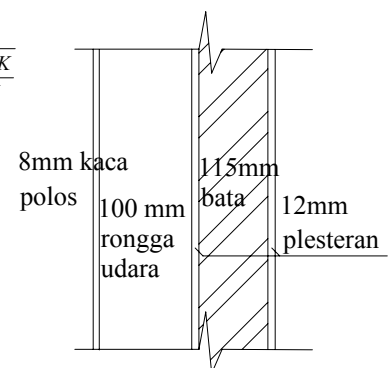
$$TD_{EK} = 10$$

$$\text{Konduksi dinding} = \alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TD_{EK}]$$

$$(115\text{mm brick parapet}) = 0.703 [1.93 \times \{(388.96 / (282.88 + 388.96)) \times (1 - 0.44)\} \times 10]$$

$$= 0.703 [1.93 \times \{0.571 \times (1 - 0.44)\} \times 10]$$

$$= 4.40 \text{ W/m}^2$$

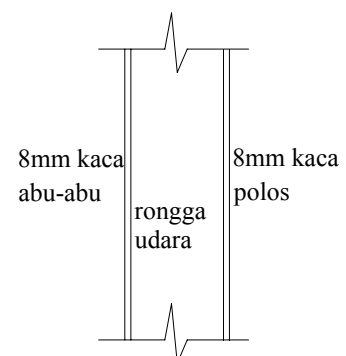


### ➤ Konduksi kaca (*double glazing*)

$$WWR = \frac{1.5}{0.8 + 1.5 + 1.1} = 0.44$$

$$\Delta T = 5 \text{ K}$$

$$U_f = \frac{1}{R}$$



$$= \frac{1}{R_{udara\_luar} + R_{kaca\_8mm} + R_{ruang\_udara} + R_{kaca\_8mm} + R_{udara\_dalam}}$$

$$= \frac{1}{(0.044) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + (0.16) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + 0.12} = \frac{1}{0.34} \frac{m^2 K}{W}$$

$$= 2.94 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Konduksi kaca =  $U_f \times WWR \times \Delta T$   
(double glazing) =  $2.94 \times 0.44 \times 5$   
= **6.47 W/m<sup>2</sup>**

➤ **Radiasi kaca (double glazing)**

SC = 0.47

WWR =  $\frac{1.5}{0.8+1.5+1.1} = 0.44$

SF arah TL = 113

Radiasi kaca =  $SC \times WWR \times SF$   
(double glazing) =  $0.47 \times 0.44 \times 113$   
= **23.37 W/m<sup>2</sup>**

	Konduksi Dinding 1 (250mm rc beam)					
	$\alpha$	Uw	(1-WWR)	$\frac{a}{c}$	TDEK	$\alpha \times Uw \times \frac{a}{c} (1-WWR) \times TDEK$
Sisi TL	0.48	1.98	0.56	0.429	10.00	<b>2.24</b>
Sisi BD	0.48	1.98	0.56	0.429	10.00	<b>2.24</b>
Sisi TG	0.48	1.98	0.56	0.429	10.00	<b>2.24</b>
Sisi BL	0.48	1.98	0.56	0.429	10.00	<b>2.24</b>

	Konduksi Dinding 2 (115mm brick parapet)					
	$\alpha$	Uw	(1-WWR)	$\frac{b}{c}$	TDEK	$\alpha \times Uw \times \frac{b}{c} (1-WWR) \times TDEK$
Sisi TL	0.70	1.93	0.56	0.571	10.00	<b>4.40</b>
Sisi BD	0.70	1.93	0.56	0.571	10.00	<b>4.40</b>
Sisi TG	0.70	1.93	0.56	0.571	10.00	<b>4.40</b>
Sisi BL	0.70	1.93	0.56	0.571	10.00	<b>4.40</b>

	Konduksi Kaca			
	Uf	WWR	$\Delta T$	$Uf \times WWR \times \Delta T$
Sisi TL	2.94	0.44	5.00	<b>6.47</b>
Sisi BD	2.94	0.44	5.00	<b>6.47</b>
Sisi TG	2.94	0.44	5.00	<b>6.47</b>
Sisi BL	2.94	0.44	5.00	<b>6.47</b>

	Radiasi Kaca			
	SC	WWR	SF	$SC \times WWR \times SF$
Sisi TL	0.47	0.44	113	<b>23.37</b>
Sisi BD	0.47	0.44	176	<b>36.40</b>
Sisi TG	0.47	0.44	97	<b>20.06</b>
Sisi BL	0.47	0.44	211	<b>43.63</b>

**OTTV sisi TL**

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 6.47 + 23.37 \\
 &= 36.48 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

**OTTV sisi BD**

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 6.47 + 36.40 \\
 &= 49.51 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

**OTTV sisi TG**

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 6.47 + 20.06 \\
 &= 33.17 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

**OTTV sisi BL**

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 6.47 + 43.63 \\
 &= 56.74 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

**OTTV total**

$$\begin{aligned}
&= \frac{(OTTV_{TL} \times A_{TL} + OTTV_{BD} \times A_{BD} + OTTV_{TG} \times A_{TG} + OTTV_{BL} \times A_{BL})}{A_{TL} + A_{BD} + A_{TG} + A_{BL}} \\
&= \frac{(36.48 \times 1202.24) + (49.51 \times 1202.24) + (33.17 \times 601.12) + (56.74 \times 601.12)}{(1202.24 + 1202.24 + 601.12 + 601.12)} \\
&= \frac{157418.51 \text{ W}}{3606.72 \text{ m}^2} \\
&= \mathbf{43.65 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

**C.2 Kesimpulan**

Bangunan tersebut **tidak memenuhi kriteria konservasi energi** karena nilai *OTTV* melebihi 35 W/m<sup>2</sup>. Untuk memenuhi syarat konservasi energi, maka nilai *OTTV* harus diturunkan hingga maksimal 35 W/m<sup>2</sup> yang bisa dilakukan dengan perubahan material dinding- kaca maupun *WWR*.

### Bibliografi

- [1] Building and Construction Authority (BCA) Singapore, *Guidelines on Envelope Thermal Transfer Value for Buildings, Ver 1.01 February 2004*
  - [2] ASEAN-USAID, *Building Energy Conservation Project, ASEAN Lawrence Berkeley Laboratory 1992*
  - [3] ASHRAE, *Standard on Energy Conservation in New Building Design*
  - [4] BOCA, *International Energy Conservation Code, 2000*
  - [5] ASHRAE, *ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1993*
-