

Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung

© BSN 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Prosedur rancangan dan evaluasi selubung bangunan gedung baru dan selubung bangunan gedung yang sudah ada	4
4.1 Persyaratan teknis dan kriteria konservasi energi	4
4.2 Nilai perpindahan termal menyeluruh	4
4.2.1 Kriteria Konservasi Energi	4
4.2.2 Persamaan Perhitungan	4
4.3 Pemilihan Bahan Komponen Selubung Bangunan	5
4.3.1 Absorbtansi termal (α)	5
4.3.2 Transmittan termal (U)	7
4.3.3 Beda temperatur ekuivalen	10
4.3.4 Faktor radiasi matahari	11
4.3.5 Koefisien peneduh	12
4.4 Nilai perpindahan termal atap (RTTV)	20
4.4.1 Kriteria konservasi energi	20
4.4.2 Persamaan perhitungan	20
4.4.3 Transmittan termal atap (U_r)	21
4.4.4 Beda temperatur ekuivalen atap (TD_{EK})	21
4.4.5 Koefisien peneduh atap	21
4.5 Prosedur perhitungan OTTV	22
4.5.1 Menentukan nilai OTTV	23
4.5.2 Menentukan nilai RTTV	23
5 Konservasi energi pada selubung bangunan	25
5.1 Konservasi energi pada rancangan selubung bangunan	25
5.2 Konservasi energi pada selubung bangunan pada gedung yang sudah ada	25

Lampiran A

Lampiran B

Lampiran C

Lampiran D

Bibliografi

Tabel 1 – Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan atap tidak transparan	6
Tabel 2 – Nilai absortansi radiasi matahari untuk cat permukaan dinding luar	6
Tabel 3 – Nilai U untuk kusen jendela	7
Tabel 4 - Nilai R lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap	8
Tabel 5 – Nilai k bahan bangunan	8
Tabel 6 – Nilai R lapisan rongga udara	9
Tabel 7 – Beda temperatur ekuivalen untuk dinding	10
Tabel 8 – Faktor radiasi matahari (SF , W/m^2) untuk beberapa kota di Indonesia	11
Tabel 9 – Beda temperatur ekuivalen berbagai penutup atap	21
Gambar 1 – Ilustrasi posisi matahari dalam sudut	13
Gambar 2 – Ilustrasi sudut bayangan vertikal matahari	14
Gambar 3 – Konvensi sudut bayangan terhadap orientasi dinding	17
Gambar 4 – Konvensi sudut proyeksi sirip vertikal terhadap orinetasi dinding	17
Gambar 5 – Denah jendela serta lubang cahaya dengan sirip horizontal di atas jendela	17
Gambar 6 – Denah jendela serta lubang cahaya dengan peneduh sirip vertikal menerus	18
Gambar 7 – Sudut bayangan peneduh sirip kombinasi terhadap jendela	19
Gambar 8 – Diagram alir proses perancangan OTTV	22
Gambar 9 – Diagram alir proses perancangan RTTV	24

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan nomor SNI 6389:2020, *Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung*, yang dalam bahasa Inggris berjudul *Energy conservation in building envelopes*, merupakan standar revisi dari SNI 6389:2011, *Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung*. Standar ini disusun dengan jalur metode pengembangan sendiri dan ditetapkan oleh BSN Tahun 2020.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-06, Konservasi Energi dan standar ini telah disepakati oleh para pihak terkait (*stakeholder*) pada rapat konsensus yang dilaksanakan di Bogor pada tanggal 2 Oktober 2020. Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 15 Oktober 2020 sampai dengan 14 Desember 2020.

Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan Standar ini, disarankan bagi pengguna standar untuk menggunakan dokumen SNI yang dicetak dengan tinta berwarna

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggungjawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Standar Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung ini merupakan pemutakhiran (*updating*) dan penyempurnaan dari SNI 6389 dengan judul yang sama, yang diterbitkan sebagai edisi pertama tahun 2011.

Beberapa hal yang mendasari pemutakhiran dan penyempurnaan SNI ini adalah:

- a) Sudah waktunya dikaji ulang
- b) Perubahan iklim dan kenaikan suhu rata-rata bumi

Beberapa perubahan teknis yang penting adalah:

- a) Menambah data *Solar Factor* (SF) untuk kota-kota besar di Indonesia (semula hanya data Jakarta)
- b) Menambah bahasan tentang tindakan peningkatan kinerja energi (*Energy Performance Improvement Action - EPIA*) pada selubung bangunan
- c) Menambah contoh perhitungan jembatan termal untuk kusen kaca
- d) Menambah efek kusen ke dalam perhitungan *U-Value* kaca
- e) Menambah ketentuan *Thermal properties* kaca harus didapatkan dari *International glass database* atau pengukuran bersertifikat dari laboratorium uji yang terakreditasi
- f) Menambah ketentuan untuk melakukan pengukuran dan verifikasi (*Measurement & Verification – M&V*) sebelum dan atau sesudah penerapan tindakan peningkatan kinerja energi

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam:

- a) Peraturan Kepala BSN No. 4 Tahun 2016 tentang *Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia*.
- b) Peraturan BSN No. 12 tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Standardisasi Nasional Nomor 1 Tahun 2018 tentang *Pedoman Tata Cara Penomoran Standar Nasional Indonesia*.

Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan pedoman untuk merancang dan mengevaluasi serta tindakan perbaikan pada rancangan selubung bangunan pada bangunan gedung untuk memperoleh sistem selubung bangunan yang optimal sehingga penggunaan energi lebih efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek ramah lingkungan dan biaya.

Standar ini digunakan untuk semua pihak yang terlibat dalam perancangan, pemeliharaan, dan evaluasi selubung bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan dalam penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/amandemennya).

SNI ISO 50015-2014, Sistem Manajemen Energi - Perhitungan dan verifikasi kinerja energi organisasi - Prinsip umum dan pedoman.

3 Istilah dan definisi

3.1

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

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

3.2

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

3.3

bahan komponen selubung bangunan

bahan yang menjadi penyusun dinding selubung bangunan baik yang *opaque* maupun yang transparan

3.4**absorbtansi radiasi matahari**

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

3.5**beda temperatur ekuivalen (Equivalent Temperature Difference = TDEK)**

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

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

laju radiasi matahari rata-rata setiap jam yang memasuki ruangan melalui kaca bening 3mm

3.7**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.

3.8**jembatan termal**

bagian dari selubung bangunan yang memiliki konduktivitas termal lebih tinggi dari bagian selubung di sekelilingnya, sehingga menghantarkan panas lebih tinggi. Contohnya adalah kusen pada sistem fenestrasi, dapat berperan sebagai jembatan termal untuk kaca.

3.9**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

3.10**konservasi energi**

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

3.11**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

3.12**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

3.13**sudut bayangan vertikal**

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

3.14**transmitan termal (nilai U)**

Besarnya perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya. Nilai U dihitung dengan memasukkan tahanan termal lapisan udara di kedua sisi bahan.

3.15**transmitan termal fenestrasi (U_f)**

Nilai U untuk sistem fenestrasi yang merupakan kombinasi antara nilai U kaca dan nilai U rangka atau kusen.

3.16**transmitan termal kaca (U kaca) atau *center of glass* (U_{cog})**

Nilai U untuk bagian tengah kaca yang nilai U-nya tidak terkena efek dari kusen.

3.17***Window to wall ratio* (WWR)**

Perbandingan luas area sistem fenestrasi (luas kaca dan kusen) dengan luas kotor dinding (luas dinding sebelum dikurangi oleh fenestrasi).

3.18**Pengukuran dan verifikasi (*Measurement and Verification*, M&V)**

Proses perencanaan, pengukuran, pengumpulan data, analisis, verifikasi, dan pelaporan kinerja energi atau peningkatan kinerja energi untuk batasan M&V yang telah ditetapkan.

3.19**Tindakan peningkatan kinerja energi**

Tindakan, langkah, kelompok tindakan atau kelompok langkah yang dilaksanakan atau direncanakan dalam suatu organisasi yang bertujuan untuk mencapai peningkatan kinerja energi melalui perubahan teknologi, manajemen atau operasional, perilaku, ekonomi atau lainnya.

4 Prosedur rancangan dan evaluasi selubung bangunan gedung baru dan selubung bangunan gedung yang sudah ada

Prosedur rancangan dan evaluasi ini memuat tata cara untuk menghitung nilai RTTV dan OTTV rancangan selubung bangunan atau memodifikasi bangunan gedung yang sudah ada.

4.1 Persyaratan teknis dan kriteria konservasi energi

Perhitungan nilai OTTV dan RTTV untuk selubung bangunan, wajib dilakukan dengan memasukkan semua permukaan dalam selubung bangunan, baik vertikal (dinding) maupun horisontal (atap), baik permukaan transparan maupun tidak transparan, kecuali permukaan selubung yang bagian dalamnya berada dalam ruangan yang tidak dikondisikan.

Kriteria konservasi energi selubung bangunan ditentukan oleh nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) dan nilai perpindahan termal atap (RTTV), yang besarnya ditentukan di bagian masing-masing di bawah ini.

Selubung bangunan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan (mempunyai sistem tata udara) menggunakan sistem tata udara.
- Nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak boleh melebihi 35 W/m^2 .
- Nilai perpindahan termal atap (RTTV) untuk selubung bangunan tidak boleh melebihi 35 W/m^2 , kecuali bila permukaan atap tidak mengandung fenestrasi, maka tidak boleh melebihi 10 W/m^2 .

4.2 Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV)

4.2.1 Kriteria Konservasi Energi

Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) untuk selubung bangunan tidak boleh melebihi 35 W/m^2 .

4.2.2 Persamaan Perhitungan

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

$$OTTV = \alpha[(U_w \times (1 - WWR) \times TD_{Ek}] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \quad (4.2.2.1)$$

dengan:

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

α = Absorbtansi radiasi matahari. (Tabel 1 dan 2);

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

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 (W/m^2);
 SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi;
 U_f = Transmittan termal fenestrasi ($W/m^2.K$);
 ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam. (diambil 5K)

4.2.2.2 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 dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 OTTV = & [\alpha_1 \{U_{w1} \times A1 / \Sigma A (1 - WWR) \times TD_{EK}\} + \alpha_2 \{U_{w2} \times A2 / \Sigma A (1 - WWR) \times TD_{EK}\} + \\
 & \dots \alpha_n \{U_{wn} \times An / \Sigma A (1 - WWR) \times TD_{EK}\} + \\
 & \{U_f \times WWR \times \Delta T\} + \{SC \times WWR \times SF\}
 \end{aligned} \quad (4.2.2.2)$$

dengan :

$A1$ = area dinding dengan material 1.
 $A2$ = area dinding dengan material 2.
 $A3$ = area dinding dengan material n.
 ΣA = $A1 + A2 + \dots + An$

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

$$OTTV = \frac{(Ao1 \times OTTV1) + (Ao2 \times OTTV2) + \dots + (Aoi \times OTTVi)}{Ao1 + Ao2 + \dots + Aoi} \quad (4.2.2.3)$$

dengan :

Aoi = 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 (4.2.2.1 atau 4.2.2.2)

4.3 Pemilihan Bahan Komponen Selubung Bangunan

4.3.1 Absorbtansi termal (α)

Nilai absorbtansi termal (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak transparan dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

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

Bahan dinding luar	α
Beton berat ¹⁾	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
¹⁾ Untuk bangunan nuklir	

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

Cat permukaan dinding luar	α
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 α material dan warna diketahui, nilai α yang diambil adalah nilai α lapisan terluar, bila lapisan warna (cat) memiliki sertifikasi nilai SRI (*solar reflectance index*) dari lembaga yang berakreditasi. Bila lapisan warna tidak memiliki sertifikasi nilai SRI, maka harus diambil nilai rata-rata dari α material dan warna.

4.3.2 Transmitan termal (U)

4.3.2.1 Dinding Tidak Transparan

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

$$U = \frac{1}{R_{Total}} \quad (4.3.2.1)$$

dengan:

R_{Total} = Resistan termal total dari seluruh lapisan dinding, ditambah lapisan udara dalam dan lapisan udara luar

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

4.3.2.2 Dinding Transparan

Nilai U untuk dinding transparan haruslah nilai U untuk sistem fenestrasi, yang terdiri dari:

1. Nilai U kaca (atau U cog): nilainya diambil dari *Internasional Glazing Database* atau menggunakan nilai U yang tersertifikasi oleh lembaga uji yang terakreditasi.
2. Nilai U kusen (frame): nilainya ditetapkan berdasarkan (1) simulasi perpindahan panas minimal dalam 2D (2) dengan menggunakan table 3.

Untuk mendapatkan nilai U sistem, kedua nilai U dari kaca dan kusen harus digabungkan dengan menggunakan:

- (1) software yang menggunakan metode perhitungan NFRC
- (2) metode estimasi luasan, seperti dicontohkan dalam Lampiran C.

Tabel 3 – Nilai U untuk kusen jendela

Bahan Dasar Kusen	Nilai U (W/m^2K)
Alumunium / metal lainnya	8.0
Kayu	3.0
Vinyl / plastik lainnya	2.0
Kusen dengan pemutus termal (thermal break) tetap harus menggunakan nilai U yang sama, sesuai dengan bahan dasar kusen. Untuk memperbaiki nilai U dengan adanya pemutus termal, maka nilai U harus dihitung dengan simulasi atau disertifikasi oleh Lembaga uji yang terakreditasi.	

4.3.2.3 Resistan Termal terdiri dari:

- a) Resistan lapisan udara luar (R_{UL})
Besarnya nilai R_{UL} ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 – Nilai R lapisan udara permukaan untuk dinding dan atap

Jenis permukaan		Resistans Termal R ($m^2.K/W$)
Permukaan dalam (R_{UP})	Emisivitas tinggi ¹⁾	0,120
	Emisivitas rendah ²⁾	0,299
Permukaan luar (R_{UL})	Emisivitas tinggi	0,044
1) Emisivitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif) 2) Emisivitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti alumunium foil		

b) Resistans termal bahan (R_K)

$$R_K = \frac{t}{k} \quad (4.3.2.3)$$

dengan :

t = tebal bahan (m);

k = nilai konduktivitas termal bahan (W/m.K).

Besarnya nilai k untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 – Nilai k bahan bangunan

No	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	k (W/m.K)
1	Beton	2400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Plesteran pasir semen	1837	0,533
5	Kaca lembaran	2512	1,053
6	Papan gypsum	880	0,170
7	Kayu lunak	608	0,125
8	Kayu keras	702	0,138
9	Kayu lapis	528	0,148
10	<i>Glasswool</i>	32	0,035
11	Fibreglass	32	0,035
12	Paduan Alumunium	2672	211
13	Tembaga	8784	385
14	Baja	7840	47,6
15	Granit	2640	2,927
16	Marmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

c) Resistan termal rongga udara (R_{RU})

Nilai resistans termal rongga ditunjukkan pada tabel 6

Tabel 6 – Nilai R lapisan rongga udara

No	Jenis celah udara		Resistan termal ($\text{m}^2\text{K/W}$)		
			5 mm	10 mm	100 mm
1	R_{RU} untuk dinding Rongga udara vertikal (aliran panas secara horizontal).				
	1. Emisivitas tinggi		0,110	0,148	0,160
	2. Emisivitas rendah		0,250	0,578	0,606
2	R_{RU} untuk atap Rongga udara horizontal/miring (aliran panas kebawah).				
	1. Emisivitas tinggi	rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,174
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^\circ$	0,110	0,148	0,165
		rongga udara dengan kemiringan 45°	0,110	0,148	0,158
	2. Emisivitas rendah	rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423
		rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^\circ$	0,250	0,571	1,095
		rongga udara dengan kemiringan 45°	0,250	0,570	0,768
3	R_{RU} untuk loteng				
	1. Emisivitas tinggi			0,458	
	2. Emisivitas rendah			1,356	

- d) Resistansi lapisan udara permukaan (R_{UP})
Nilainya seperti ditunjukkan pada tabel 4.

4.3.3 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 7.

Tabel 7 – Beda temperatur ekuivalen untuk dinding

Berat/satuan luas (kg/m^2)	TD_{EK}
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
lebih dari 195	10

4.3.4 Faktor radiasi matahari

Beberapa faktor radiasi matahari untuk bidang vertikal untuk berbagai orientasi beberapa kota di Indonesia dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 – Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) untuk beberapa kota di Indonesia

Kota	U	TL	T	TGR	S	BD	B	BL	Roof/ Horisontal
Aceh	116	138	166	154	142	179	200	159	397
Lhokseumawe	117	141	161	142	120	140	160	142	375
Medan	122	150	177	158	138	173	195	158	393
Padang	131	152	171	147	123	153	181	160	431
Pekanbaru	125	135	152	138	129	171	200	166	428
Tanjungpinang	136	150	169	153	142	183	211	175	405
Batam	125	146	170	151	132	170	196	162	423
Jambi	132	136	147	132	122	160	196	173	412
Singkep	110	124	136	123	109	123	135	123	339
Bengkulu	140	152	165	139	119	159	197	175	439
Palembang	136	148	159	135	119	157	192	171	425
Pangkalpinang	150	160	172	147	131	173	213	189	415
Belitung	135	145	155	133	117	152	187	169	422
Lampung	141	148	156	132	116	158	198	179	422
Serang	162	168	173	142	123	172	224	205	430
Tangerang	146	151	156	129	111	152	197	183	376
Jakarta	148	161	171	138	112	152	197	181	427
Bandung	150	157	164	135	113	154	198	183	426
Tegal	130	140	143	121	105	121	143	140	430
Cilacap	136	152	159	131	107	132	160	153	400
Yogyakarta	152	168	170	130	105	139	178	168	380
Semarang	156	170	177	138	111	155	205	191	434
Bawean	123	134	138	119	104	119	137	134	357
Surabaya	155	179	194	149	110	158	211	192	470
Madura	150	166	167	130	104	129	167	166	366
Banyuwangi	132	162	179	144	108	143	177	162	426
Denpasar	153	169	178	141	111	152	197	184	410
Pontianak	125	130	139	125	120	157	186	161	384
Banjarmasin	140	151	161	135	117	161	203	180	432
Palangkaraya	135	139	150	132	121	167	208	181	371
Samarinda	142	154	172	153	139	184	219	187	413
Balikpapan	128	141	155	139	124	157	185	161	396
Bulungan	131	147	168	156	146	179	197	163	400
Tarakan	116	125	139	131	131	169	188	153	351
Manado	124	145	165	145	129	161	185	155	432
Gorontalo	125	140	161	145	130	168	196	164	443
Palu	133	170	198	164	127	164	198	170	460
Masamba Luwu Utara	147	160	177	154	135	180	218	189	425
Majene	140	161	179	148	122	164	203	178	444
Makassar	146	163	173	138	112	149	190	176	426
Kendari	140	151	164	144	127	160	190	170	395
Bau Bau	140	151	160	133	114	154	192	174	394
Banggai	131	158	182	156	129	164	192	164	398

Mataram	153	171	172	132	104	132	172	171	431
Bima	128	141	155	139	124	157	185	161	422
Waingapu	154	174	176	134	103	134	176	174	416
Kupang	167	177	175	131	102	142	196	194	428
Ambon	130	146	163	142	122	159	188	162	407
Ternate	126	143	165	148	132	166	191	160	395
Saumlaki	125	137	141	121	105	121	141	137	381
Fak Fak	129	144	159	140	122	150	173	152	343
Manokwari	140	151	167	148	135	173	205	178	406
Jayapura	124	140	152	131	113	134	157	143	405
Merauke	149	160	167	135	111	150	192	179	378
Untuk daerah yang tidak tersebut dalam tabel, merujuk ke daerah terdekat atau yang kondisi cuacanya mirip yang ada di tabel									

Keterangan :

U	= Utara	S	= Selatan
TL	= Timur Laut	BD	= Barat Daya
T	= Timur	B	= Barat
TGR	= Tenggara	BL	= Barat Laut

4.3.5 Koefisien peneduh**4.3.5.1 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

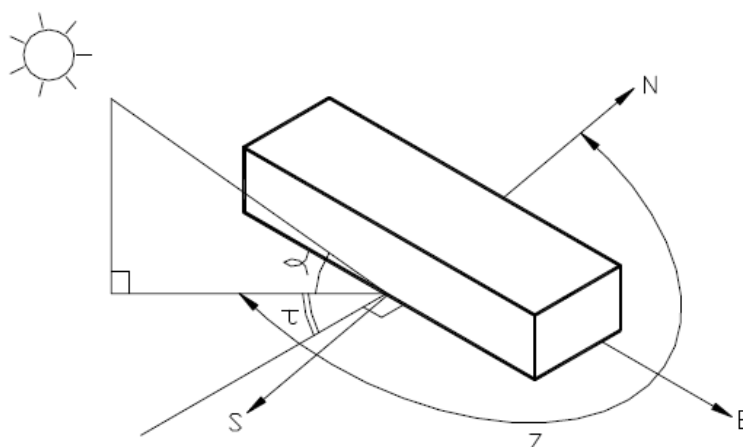
SC_k = koefisien peneduh kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan *solar control film* (kaca film)

SC_{eff} = 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 mengacu ke *Internasional Glazing Database* atau nilai yang tersertifikasi oleh lembaga uji yang terakreditasi.

4.3.5.2 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 seperti pada Gambar 1.

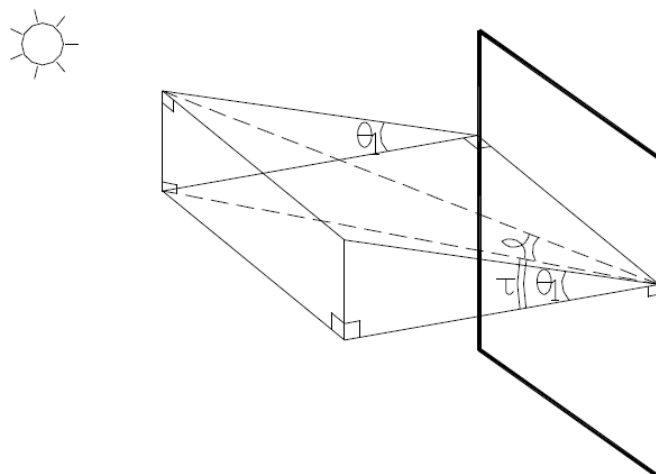


Gambar 1 – Ilustrasi posisi matahari dalam sudut

Sudut-sudut di atas adalah sudut α antara bidang horizontal dan azimut, orientasi kompas dari permukaan vertikal sampai matahari diukur searah dengan jarum jam dari Utara permukaan normal terhadap dinding dan dinding - azimut matahari (τ) 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 θ_1 antara dua permukaan viz, permukaan horizontal dan permukaan miring yang diproyeksikan melalui matahari seperti diilustrasikan seperti pada Gambar 2:



Gambar 2 – Ilustrasi sudut bayangan vertikal matahari

Sudut Bayangan Vertikal adalah :

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

dengan :

θ_1 : Sudut Bayangan Vertikal (SBV)

α : altitude dari matahari

τ : sudut dinding-azimut matahari

Untuk menghitung koefisien peneduh dari peneduh vertikal dan proyeksi-proyeksi, Sudut Bayangan Horizontal (SBH) harus ditentukan dan diketahui dari sudut dinding-azimut matahari (τ), artinya

$$\theta_2 = \tau$$

dengan,

θ_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.

4.3.5.2.1 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:

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

4.3.5.2.2 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

4.3.5.2.3 Untuk mempermudah, SC dari peralatan peneduh untuk bulan tertentu didapat dengan dasar data matahari pada hari yang dapat mewakili pada bulan tersebut.

4.3.5.2.4 Untuk mendapatkan SC efektif dari peralatan peneduh, secara teoritis perhitungan harus dibuat selama 12 bulan dalam setahun. Akan tetapi, karena perhitungan akan menjadi rumit 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.

4.3.5.2.5 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

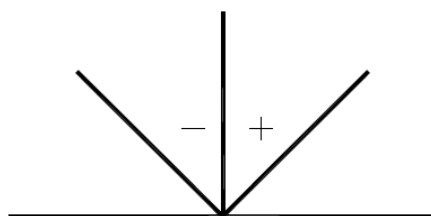
4.3.5.3 Mendapatkan faktor "G"

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 Gambar 3 dan Gambar 4 di bawah adalah menghitung faktor G untuk peneduh matahari seperti atap yang menjorok (*overhang*) horizontal, sirip vertikal dan sirip kombinasi *egg-crate* menggunakan trigonometri, ketentuan yang digunakan adalah :

θ_1 = SBV (selalu positif)

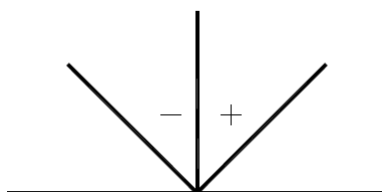
θ_2 = SBH (positif, jika sudut bayangan di sebelah kanan dinding; negatif jika di sebelah kiri dinding)



Gambar 3 – Konvensi sudut bayangan terhadap orientasi dinding

$\Phi 1$ = sudut proyeksi dari peneduh sirip horizontal terhadap bidang horizontal (diasumsikan positif dengan alasan kepraktisan)

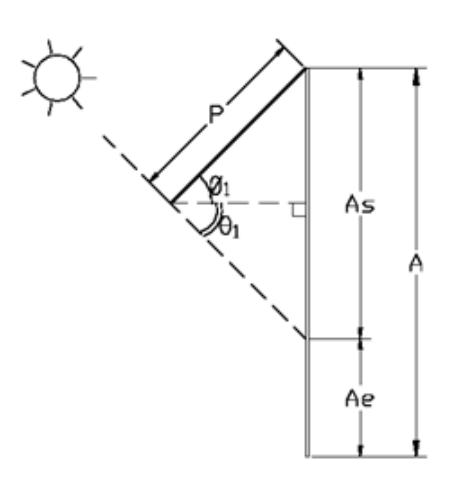
$\Phi 2$ = sudut proyeksi sirip vertikal terhadap orientasi dinding (positif, jika di sebelah kanan dinding; negatif jika di sebelah kiri dinding)



Gambar 4 – Konvensi sudut proyeksi sirip vertikal terhadap orientasi dinding

4.3.5.3.1 Peneduh sirip horizontal di atas jendela

Denah peneduh sirip horizontal di atas jendela seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5



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

Secara matematis perhitungan area jendela yang teduh adalah sebagai berikut :

$$A_s = P \cos \Phi 1 \tan \theta 1 + P \sin \Phi 1$$

$$= P (\cos \Phi 1 \tan \theta 1 + \sin \Phi 1)$$

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

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

atau

$$G_1 = 1 - R_1 (\cos \Phi 1 \tan \theta 1 + \sin \Phi 1)$$

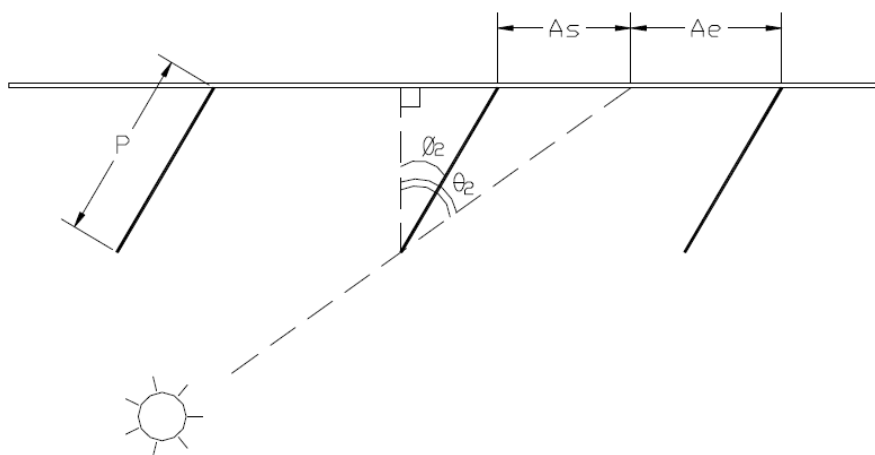
dengan:

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

CATATAN 1 $G_1 \geq 0$

CATATAN 2 Tabel 12 s.d. tabel 15 di lampiran A dapat diambil untuk mempermudah mendapatkan nilai koefisien peneduh efektif SC_{eff} untuk peneduh horizontal R1 dengan Φ_1 berkisar antara 0° s.d. 50° .

4.3.5.3.2 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

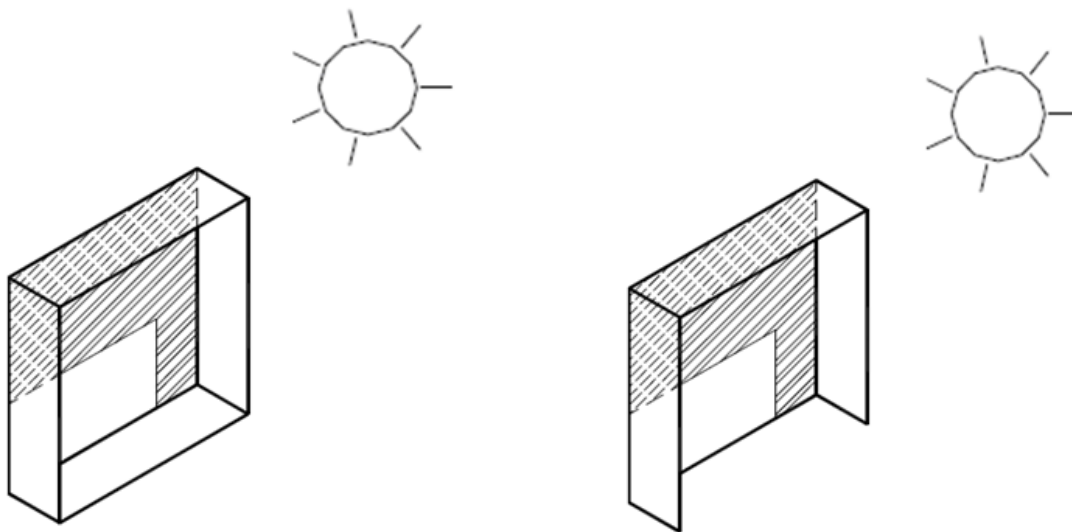
$$G_2 = \frac{A_e}{A} \quad \text{dan} \quad R_2 = \frac{P}{A} \quad \text{untuk proyeksi vertikal}$$

CATATAN 1 $G_2 \geq 0$

CATATAN 2 Tabel 16 s.d. tabel 19 lampiran A dapat diambil untuk mempermudah mendapatkan nilai koefisien peneduh efektif SC_{eff} untuk peneduh sirip vertikal R_2 dengan Φ_2 berkisar antara 0° s/d 50° , nilai Φ_2 yang dipilih adalah nilai Φ_2 yang memberikan nilai SC lebih kecil dari dua kemungkinan nilai baik Φ_2 negatif maupun positif.

4.3.5.3.3 Peneduh Berbentuk Kotak

Untuk peneduh berbentuk kota 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 $G_3 \geq 0$

CATATAN 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 Φ_2 berkisar antara 0° s/d 40° .

4.4 Nilai perpindahan termal atap (RTTV)

4.4.1 Kriteria konservasi energi

Nilai perpindahan termal permukaan atap (RTTV) untuk selubung bangunan tidak boleh melebihi 35 W/m², kecuali bila permukaan atap tidak terdapat fenestrasi, maka RTTV tidak boleh melebihi 10 W/m².

4.4.2 Persamaan perhitungan

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

$$RTTV = \frac{\alpha(A_r \times U_r \times TD_{EK}) + (A_s \times U_s \times \Delta T) + (A_s \times SC \times SF)}{A_0} \quad (4.4.2.1)$$

dengan :

RTTV = nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap (W/m²).

α = absorptansi radiasi matahari. (tabel 4-2.2.1 dan 4-2.2.2)

A_r = luas atap yang tidak transparan (m²).

A_s = luas *skylight* (m²).

A_0 = luas total atap = $A_r + A_s$ (m²)

U_r = transmittan termal atap tidak transparan (W/m².K).

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

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (W/m²).

U_s = transmittan termal fenestrasi (*skylight*) (W/m².K).

ΔT = beda temperatur antara kondisi perencanaan luar dan bagian dalam (diambil 5 K).

Contoh perhitungan OTTV dapat dilihat pada lampiran D

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

$$U_r = \frac{(A_{r1} \times U_{r1}) + (A_{r2} \times U_{r2}) + \dots + (A_{rn} \times U_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{rn}} \quad (4.4.2.2)$$

dengan :

U_r = transmittan termal rata-rata (W/m².K).

U_{r1}, U_{r2}, U_{rn} = transmittan termal dari berbagai bagian atap yang berbeda (W/m².K).

A_{r1}, A_{r2}, A_{rn} = luas dari berbagai jenis atap yang berlainan (m²).

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

$$W_r = \frac{(A_{r1} \times W_{r1}) + (A_{r2} \times W_{r2}) + \dots + (A_{rn} \times W_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{rn}} \quad (4.4.2.3)$$

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).

4.4.3 Transmittan termal atap (U_r)

Nilai transmittan termal maksimum penutup atap (U_r) ditentukan dengan cara dan aturan yang sama dengan transmittan termal dinding, baik untuk permukaan transparan maupun tidak transparan (lihat subbab 4.3.2.1 dan 4.3.2.2).

4.4.4 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

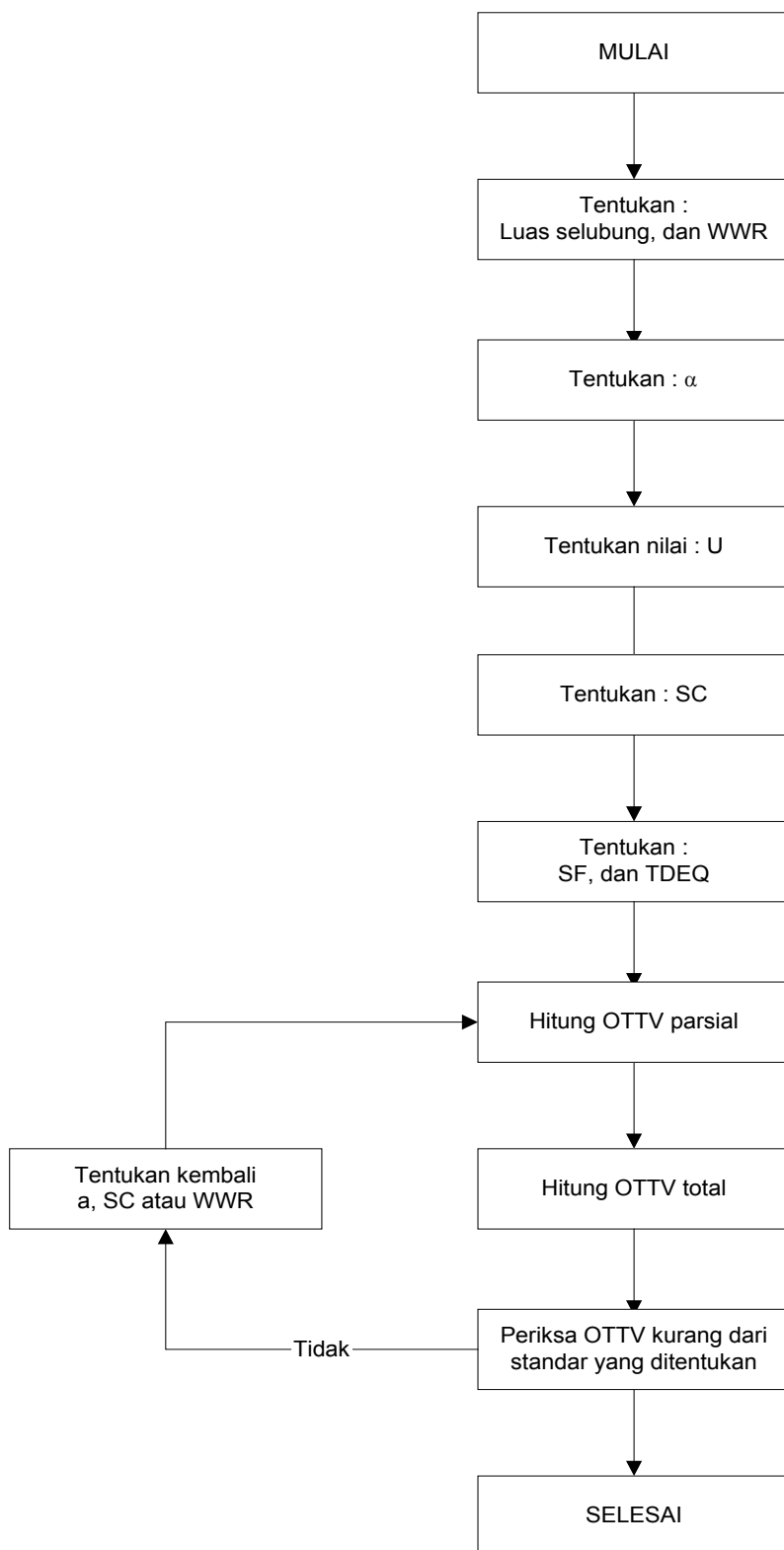
Berat atap per satuan luas (kg/m^2)	Beda temperatur ekuivalen (TD_{Eq}), K
Kurang dari 50	24
50 ~ 230	20
lebih dari 230	16

4.4.5 Koefisien peneduh atap

Koefisien peneduh untuk fenestrasi di permukaan atap, baik berbahan dasar kaca atau plastik, baik dengan atau tanpa lapisan film, harus mengacu ke *Internasional Glazing Database* atau nilai yang tersertifikasi oleh lembaga uji yang terakreditasi.

4.5 Prosedur perhitungan OTTV

Pada gambar 8 ditunjukkan diagram aliran proses perancangan OTTV, dan pada gambar 9 diagram aliran proses perancangan RTTV.



Gambar 8 – Diagram alir proses perancangan OTTV

4.5.1 Menentukan nilai OTTV

4.5.1.1 Tentukan nilai *OTTV* pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan *OTTV* pada gambar 8 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 ΔT ;
- e) hitung nilai *SF*.

4.5.1.2 Hitung nilai *OTTV* menyeluruh sesuai rumus 4.2.1.1.

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

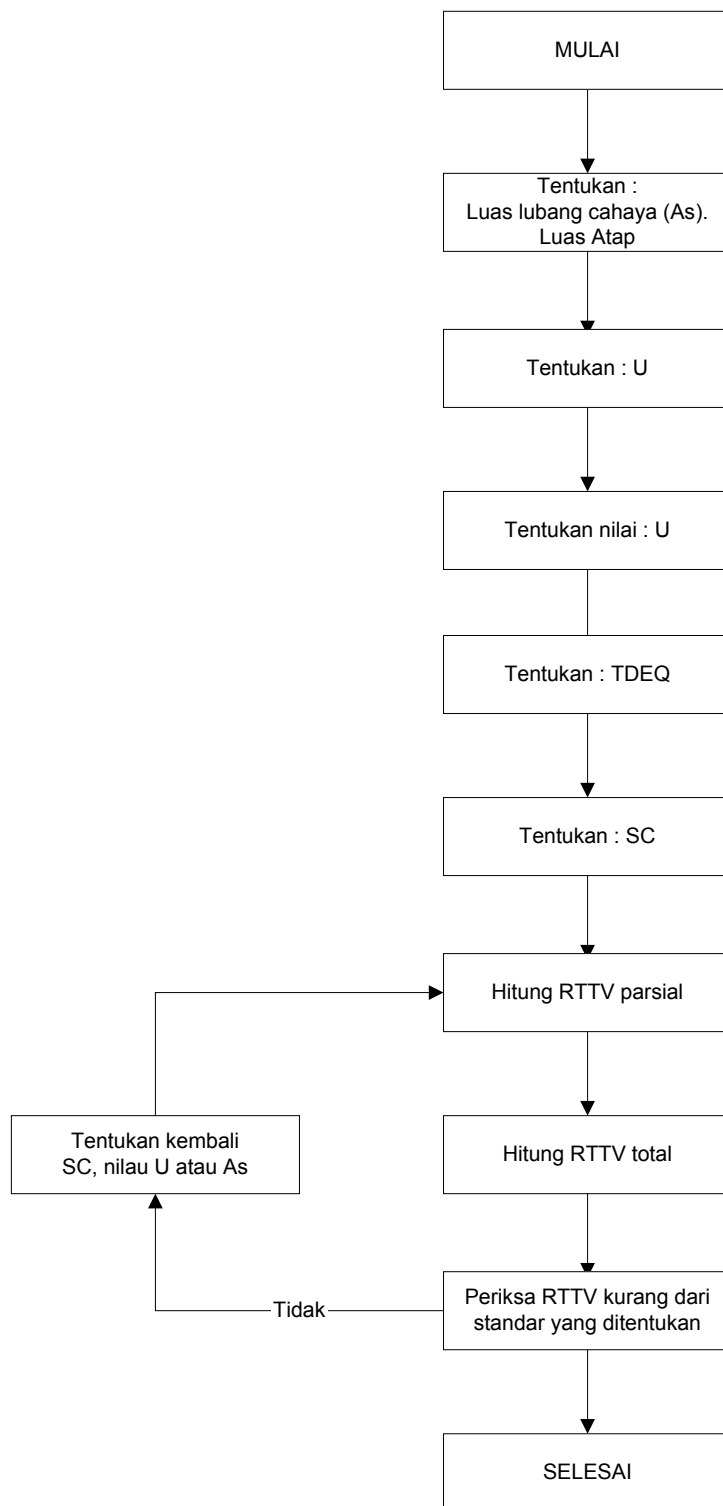
- a) bila nilai *OTTV* lebih kecil atau sama dengan dari 35 Watt/m^2 perhitungan selesai.
- b) bila nilai *OTTV* tersebut lebih besar dari 35 W/m^2 , maka perlu dikurangi dengan cara sebagai berikut :
 - menurunkan angka absorbsivitas;
 - mengurangi angka koefisien peneduh;
 - lakukan tindakan perbaikan kinerja energi yang sesuai (pasal 5)
- c) Ulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai *OTTV* lebih kecil atau sama dengan 35 W/m^2 .

4.5.2 Menentukan nilai RTTV

4.5.2.1 Menentukan RTTV atap dengan *skylight*

4.5.2.2 Tentukan nilai *RTTV* pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan pada gambar 9. 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 ΔT ;
- e) tentukan nilai *SC*;
- f) hitung nilai *SF*.



Gambar 9 – Diagram aliran proses perancangan RTTV

4.5.2.3 Hitung nilai RTTV sesuai rumus 4.3.1.1

4.5.2.4 Periksa apakah nilai RTTV total lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan nilai persyaratan teknis yang ditetapkan. Jika:

- a) nilai tersebut lebih kecil atau sama dengan dari nilai persyaratan teknis yang ditetapkan, maka hasil perhitungan RTTV telah memenuhi.
- b) nilai tersebut lebih besar dari nilai persyaratan teknis yang ditetapkan, maka perlu dilakukan perubahan pada rancangan selubung bangunan atau lakukan tindakan perbaikan kinerja energi yang sesuai (pasal 5).

5 Konservasi energi pada selubung bangunan

5.1 Konservasi energi pada rancangan selubung bangunan

Apabila evaluasi perhitungan pada rancangan selubung bangunan menghasilkan nilai OTTV lebih besar dari nilai yang ditetapkan, maka untuk dapat memenuhi nilai yang ditetapkan perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Merubah bentuk dan orientasi bangunan agar nilai SF yang minimum
- b. Mengurangi rasio luas jendela dan dinding (WWR)
- c. Memilih material yang memiliki absorbance value rendah
- d. Menggunakan peneduh eksternal
- e. Memasang *heatguard* pada atap
- f. Mengimplementasikan vegetasi alami (*roof garden* dan atau vertikal garden)
- g. Mengecat dinding dengan warna terang
- h. Menggunakan kaca jenis *high performance glass* (*solar heat gain* koefisien rendah)
- i. Memasang insulasi dinding

5.2 Konservasi energi pada selubung bangunan pada gedung yang sudah ada

Tindakan peningkatan kinerja energi yang dapat dilakukan pada selubung bangunan yang sudah ada dari sisi pengoperasian dan pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- a. Mengecat ulang dinding eksternal dengan warna terang
- b. Membersihkan kaca secara berkala
- c. Memasang peneduh internal dan eksternal
- d. Memasang *heatguard* pada atap
- e. Mengimplementasi vegetasi (*roof garden* dan atau vertikal garden)
- f. Memasang insulasi dinding
- g. Memasang kaca film
- h. Mengganti kaca dengan kaca berjenis *high performance glass* (*solar heat gain* koefisien rendah)
- i. Mengurangi rasio luas jendela dan dinding (WWR)

Sebelum dan atau sesudah melakukan tindakan peningkatan kinerja energi, sebaiknya dilakukan pengukuran dan verifikasi (*Measurement & Verification – M&V*). Tata cara perhitungan dan verifikasi sesuai SNI ISO 50015.

Lampiran A
(normatif)

Tabel-tabel data matahari dan koefisien peneduh efektif

Tabel A.1 –

Data Matahari

Orientasi : Utara dan Selatan

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

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_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

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

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER						22 JUNI					22 DESEMBER				
	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T		θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_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

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

WAKTU	21 MARET / 23 SEPTEMBER					22 JUNI					22 DESEMBER				
	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_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				
	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_2	I_D	I_d	I_T	θ_1	θ_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

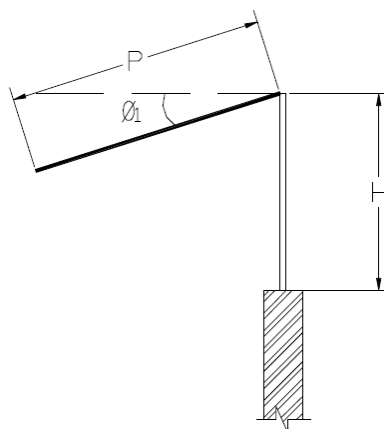
Untuk keperluan perhitungan koefisien peneduh, data matahari untuk orientasi Tenggara dapat digunakan untuk orientasi Barat Daya

Kunci-kunci untuk tabel SC efektif pada peralatan peneduh luar

Kunci 1 Proyeksi mendatar (tabel 11 – 15)

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

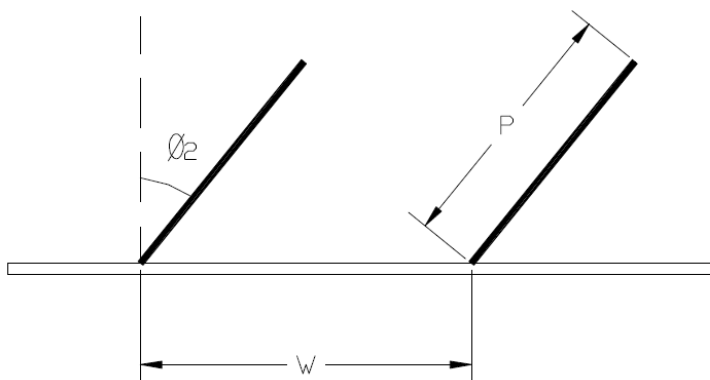
ϕ_1 = sudut kemiringan



Kunci 2 Proyeksi vertical (tabel 16-19)

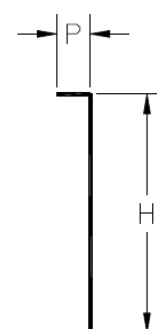
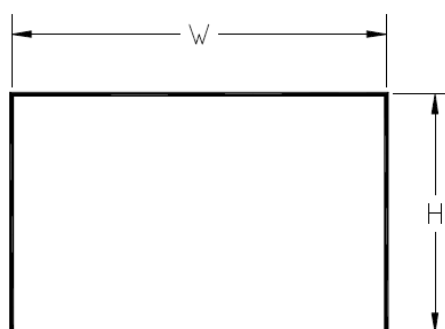
$$R_2 = \frac{P}{W}$$

Φ_2 = sudut kemiringan



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

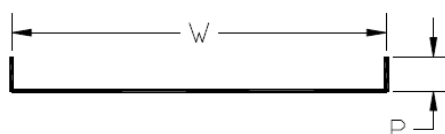
(tabel



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

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

ϕ_1 = sudut kemiringan



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

R₁	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R₁	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R₁	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R₁	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R₂	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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	0.8672	0.8739	0.8844	0.8940
0.4	0.8144	0.8177	0.8236	0.8325	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**

R₂	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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

R₂	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R₁	0°	10°	20°	30°	40°	50°
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**

R ₁	R ₂	0°	10°	20°	30°	40°
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 ₁	R ₂	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	0.7065	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	0.5047	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

R ₁	R ₂	0°	10°	20°	30°	40°
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	0.4772	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

R ₁	R ₂	0°	10°	20°	30°	40°
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)

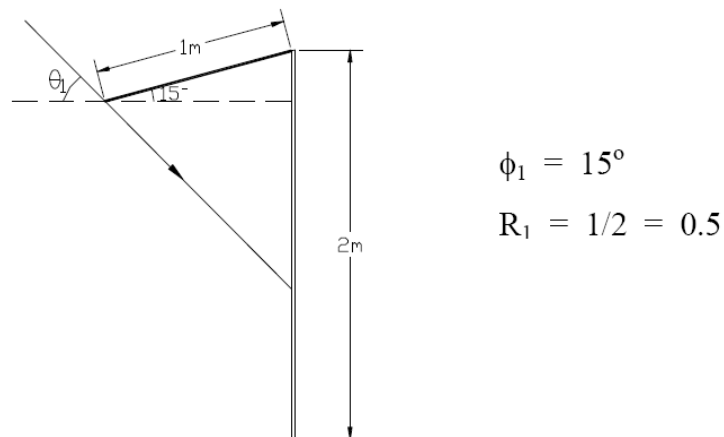
R ₁	R ₂	0°	10°	20°	30°	40°
1.4	0.2	0.5112	0.4781	0.4571	0.4483	0.4429
1.4	0.4	0.4991	0.4719	0.4545	0.4474	0.4429
1.4	0.6	0.4886	0.4668	0.4524	0.4465	0.4429
1.4	0.8	0.4781	0.4616	0.4502	0.4456	0.4429
1.4	1.0	0.4676	0.4564	0.4481	0.4447	0.4429
1.4	1.2	0.4647	0.4548	0.4474	0.4445	0.4429
1.4	1.4	0.4619	0.4532	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 (informatif)

Contoh perhitungan koefisien peneduh dari peralatan peneduh

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° dan dilokasikan di atas jendela dengan tinggi 2 m dan arah Utara-Selatan.



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	θ_1	(1-G)	I_D	I_d	Q	θ_1	(1-G)	I_D	I_d	Q	θ_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
$\sum Q = \sum (G \times I_D + I_d)$	1554					1955					1028				
$\sum I_T = \sum (I_D + I_d)$	2322					3252					1227				
SC (day)	0.669					0.601					0.838				

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

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	θ_1	G_1	θ_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

$$\sum Q = \sum [(G_3 \times I_D) + I_d]$$

$$= 1300$$

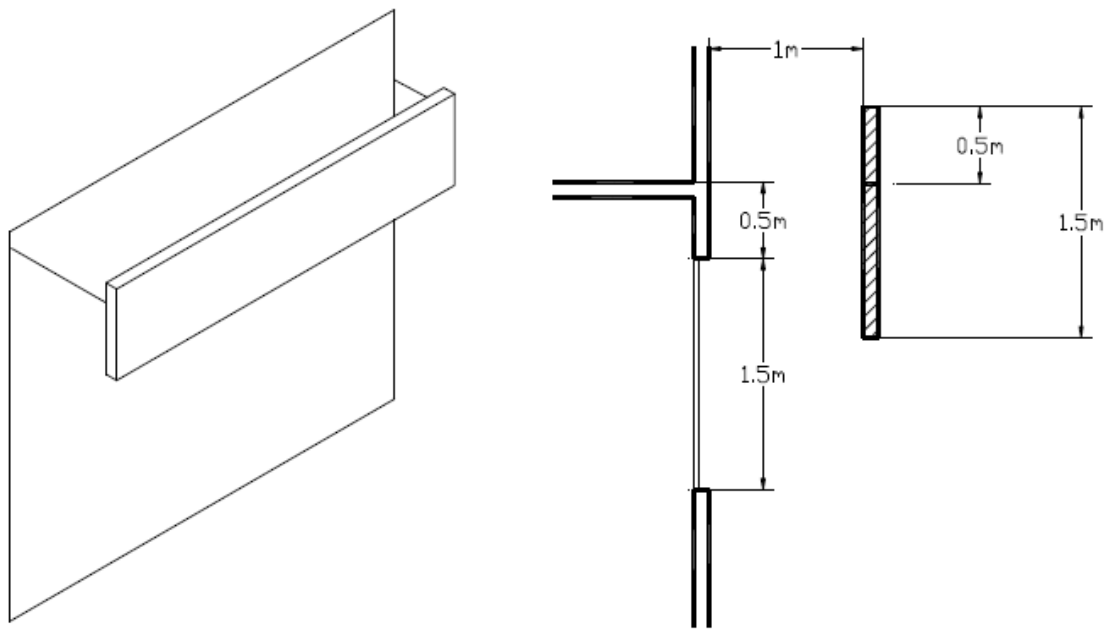
$$\sum (I_T) = 3287$$

$$\begin{aligned} \text{Maka SC (Juni 22)} &= \frac{1300}{3287} \\ &= 0,395 \end{aligned}$$

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) Alat peneduh sirip vertikal

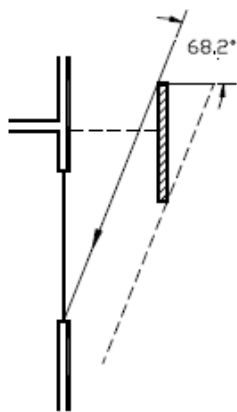
Kaca jendela diteduhi oleh panel yang sejajar dengan dinding. Bayangan yang tercetak pada dinding bervariasi sesuai waktu siang tersebut bergantung pada posisi matahari dan sudut bayangan vertikalnya (Φ_1).

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).

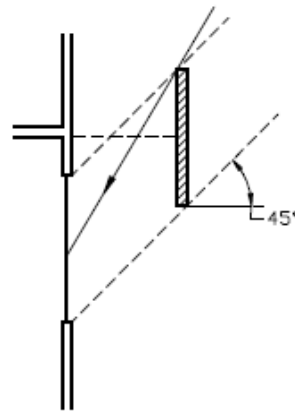
Untuk $\Phi_1 < 45^\circ < 68,2^\circ$, jendela sebagian diteduhi oleh bagian atas bidang. Untuk $\Phi_1 = 45^\circ$, jendela secara total terteduhi (lihat gambar c).

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

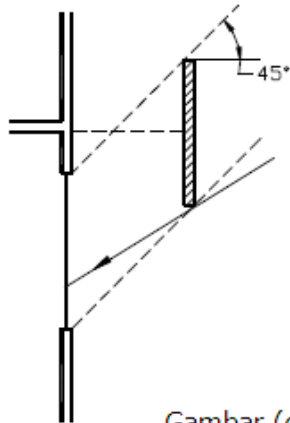
Pola bayangan pada gambar (c) dan gambar (d) dapat dikerjakan dengan geometri sederhana.



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

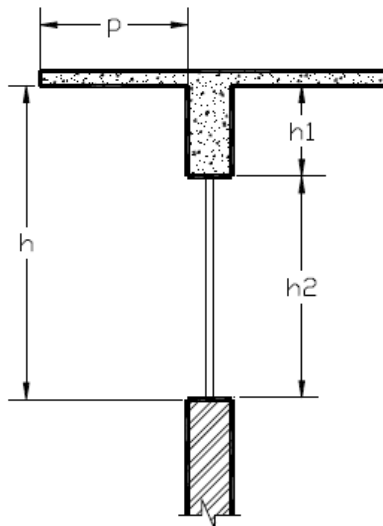
a) R1 = 0,5	SC = 0,698
b) R1 = 0,4	SC = 0,669

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

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

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

$$SC_2 = 0,894$$

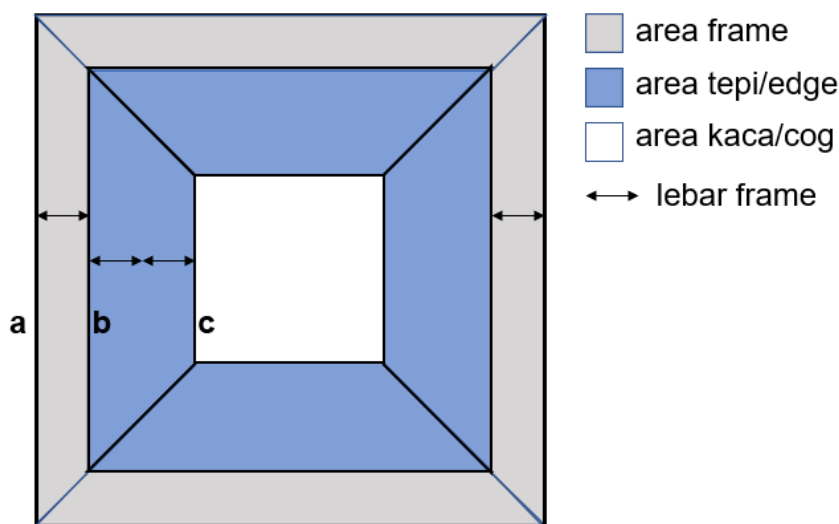
Lampiran C (informatif)

Contoh Perhitungan Jembatan Termal untuk Kusen Kaca

Sebuah kaca diberi kusen dengan ukuran luar (kusen) 1m x 1m. Lebar kusen adalah 50mm. U-value kaca diberikan oleh vendor (berdasarkan hasil uji) adalah 3.0 W/m^2 . Bila material kusen adalah alumunium dengan pemutus termal, berapakah U-value sistem fenestrasi yang dipakai untuk perhitungan OTTV.

Jawab:

Didefinisikan tiga luasan sesuai dengan gambar berikut:



A_{frame} = luas kusen

A_{cog} = luas di tengah kaca yang secara termal tidak terpengaruh oleh kusen

A_{edge} = luas pinggiran kaca yang terpengaruh secara termal oleh kusen

Untuk perhitungan OTTV, ditentukan A_{edge} adalah luasan yang dibentuk oleh jarak selebar **dua kali** lebar kusen ke arah tengah kaca. A_{cog} adalah luas kaca setelah dikurangi oleh A_{edge} . Bila ukuran kusen terlalu kecil, ada kemungkinan A_{cog} akan hilang, artinya seluruh permukaan kaca dipengaruhi oleh kusen.

Karena U-value di area A_{edge} dipengaruhi oleh kusen, maka U-edge adalah nilai rata-rata dari U-frame dan U-cog.

U-value dari sistem fenestrasi adalah nilai rata-rata berbobot antara U-frame, U-edge dan U-cog, dengan nilai pembobotan adalah luas area masing-masing.

SNI 6389:2020

Luas frame adalah empat kali luas trapezium yang dibentuk oleh garis parallel a dan b.

$$a = 1\text{m}$$

$$b = 1 - (0.05 \times 2) = 0.9\text{m}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas frame} &= (a + b)/2 \times \text{lebar frame} \times 4 \\ &= (1 + 0.9)/2 \times 0.05 \times 4 \\ &= 0.19 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Luas kaca efektif} = 0.9\text{m} \times 0.9\text{m} = 0.81 \text{ m}^2$$

Luas edge adalah empat kali luas trapezium yang dibentuk oleh garis parallel b dan c.

$$b = 0.9\text{m}$$

$$c = 0.9 - (0.05 \times 4) = 0.7$$

$$\begin{aligned}\text{Luas edge} &= (a + b)/2 \times \text{lebar edge} \times 4 \\ &= (0.9 + 0.7)/2 \times 0.1 \times 4 \\ &= 0.32\end{aligned}$$

$$\text{Luas kaca tengah (center of glass)} = c \times c = 0.7 \times 0.7 = 0.49$$

Pengecekan:

Luas kaca efektif harus sama dengan luas kaca tepi + luas kaca tengah = $0.32 + 0.49 = 0.81$.
(perhitungan luasan sudah benar).

Dari tabel XXX, U-value untuk frame aluminium adalah:

$$U\text{-frame} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

CATATAN Perbaikan U-value akibat pemutus termal (thermal break) tidak bisa diklaim, karena perhitungan menggunakan metode perhitungan manual. Agar bisa memasukkan efek pemutus termal dalam kusen, dan bisa menggunakan U-value yang lebih baik, maka harus digunakan perhitungan dengan metode simulasi.

$$U\text{-edge} = (U\text{-cog} + U\text{-frame})/2 = (3 + 8)/2 = 5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\begin{aligned}U\text{-fenestrasi} &= (U\text{-cog } A_{\text{cog}} + U\text{-frame } A_{\text{frame}} + U\text{-edge } A_{\text{edge}}) / (A_{\text{cog}} + A_{\text{frame}} + A_{\text{edge}}) \\&= (3 \times 0.49 + 8 \times 0.19 + 5.5 \times 0.32) / 1 \\&= 4.75 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

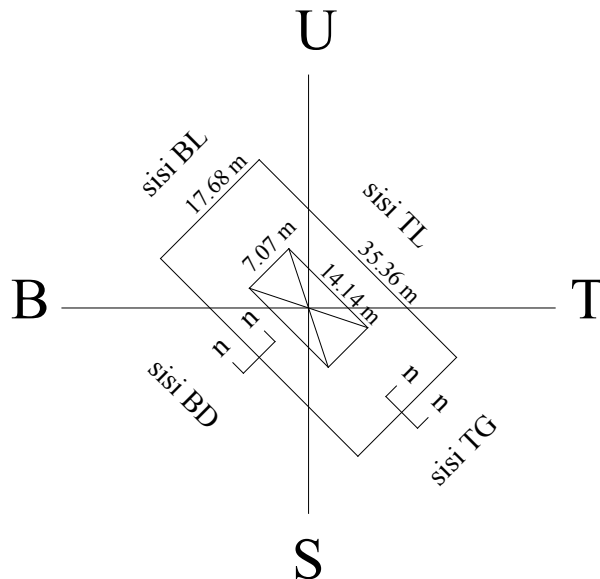
Perhatikan: nilai U-value kaca bertambah jelek (dari 3 menjadi 4.5) karena menggunakan kusen yang jelek.

Lampiran D (informatif)

Contoh perhitungan OTTV

C.1 Contoh menghitung OTTV selubung bangunan pada bangunan gedung

Dinding terdiri dari 2 material :



Gambar dimensi dan orientasi bangunan

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 ²
Luas Inti Bangunan (A core):	100 m ²
Keliling Bangunan:	106.07 m

Data Material Bangunan :

a) 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 :

$$\alpha = 0.79$$

b) Material Kaca :

Kaca dua lapis (double glazing) dengan lapisan kaca Polos 8 mm dan kaca Grey 8 mm. Data kaca didapatkan dari *International Glazing Database* adalah sebagai berikut:

Koefisien Peneduh (SC) = 0.47

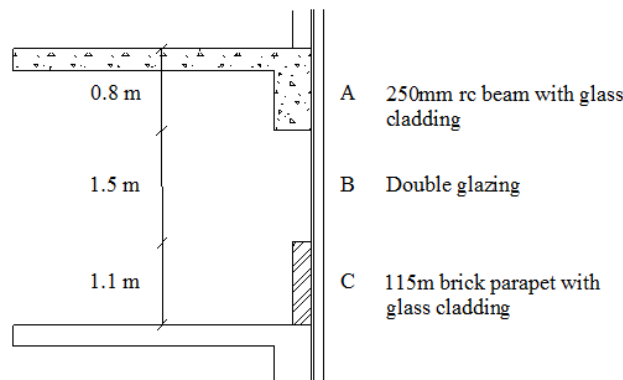
U-value kaca (center of glass) = 3.0 W/m²K

Kaca tersebut dipasang dengan kusen seperti yang terdapat di contoh soal di Lampiran B. U-value yang dipakai untuk perhitungan OTTV sudah dihitung di contoh soal tersebut.

Uf = 4.75 W/m²K

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

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

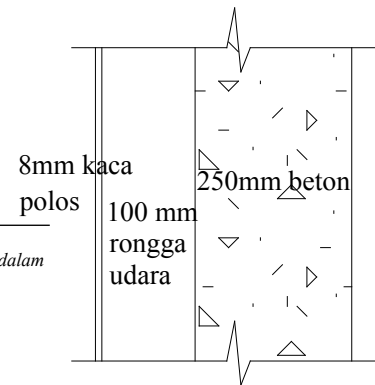
$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= [\text{konduksi dinding}_1 + \text{konduksi dinding}_2] + \text{konduksi kaca} + \text{radiasi kaca} \\
 &= [\alpha_1 \{Uw_1 \times A^1 / \sum A (1-WWR) \times TD_{EK}\} + \alpha_2 \{Uw_2 \times A^2 / \sum A (1-WWR) \times TD_{EK}\}] + \\
 &\quad \{U_f \times WWR \times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

SISI TL

➤ Konduksi Dinding

1. Dinding Beton (250mm rc. Beam)

$$\begin{aligned}
 U_w &= \frac{1}{R} \\
 &= \frac{1}{R_{udara_luar} + R_{kaca_8mm} + R_{ruang_udara} + R_{beton_250mm} + R_{udara_dalam}} \\
 &= \frac{1}{(0.044) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + (0.16) + \left(\frac{0.25}{1.448}\right) + 0.12} = \frac{1}{0.504 \frac{m^2 K}{W}} \\
 &= 1.98 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$



Gambar konduksi dinding

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \alpha_{\text{beton ekspos}} \times \alpha_{\text{cat pernis hijau}} \\
 &= 0.61 \times 0.79 \\
 &= 0.48
 \end{aligned}$$

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

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

$$TD_{EK} = 10$$

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

$$\begin{aligned}
 (250\text{mm rc. Beam}) &= 0.48 [1.98 \times \{(282.88 / (282.88 + 388.96)) \times (1 - 0.44)\} \times 10] \\
 &= 0.48 [1.98 \times \{0.429 \times (1 - 0.44)\} \times 10] \\
 &= 2.24 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

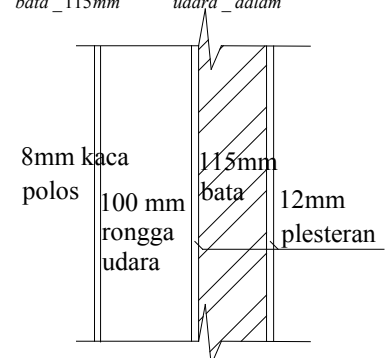
2. Dinding Bata (115 mm brick parapet)

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{R_{udara_luar} + R_{kaca_8mm} + R_{ruang_udara} + R_{plesteran_12mm \times 2} + R_{bata_115mm} + R_{udara_dalam}} \\
 &= \frac{1}{(0.044) + \left(\frac{0.008}{1.053}\right) + (0.16) + \left(\frac{0.012}{0.533} \times 2\right) + \left(\frac{0.115}{0.807}\right) + 0.12} = \frac{1}{0.519 \frac{m^2 K}{W}} \\
 &= 1.93 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \alpha_{\text{bata}} \times \alpha_{\text{cat pernis hijau}} \\
 &= 0.89 \times 0.79 \\
 &= 0.703
 \end{aligned}$$

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



Gambar dinding bata 115 mm

$$TD_{EK} = 10$$

$$\begin{aligned} \text{Konduksi dinding} &= \alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TD_{EK}] \\ (115\text{mm brick parapet}) &= 0.703 [1.93 \times \{(388.96/(282.88+388.96)) \times (1-0.44)\} \times 10] \\ &= 0.703 [1.93 \times \{0.571 \times (1-0.44)\} \times 10] \\ &= 4.40 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

➤ **Konduksi kaca**

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

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

$$U_f = 4.75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\begin{aligned} \text{Konduksi kaca} &= U_f \times WWR \times \Delta T \\ (\text{double glazing}) &= 4.75 \times 0.44 \times 5 \\ &= 10.45 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

➤ **Radiasi kaca (double glazing)**

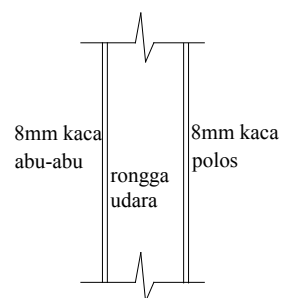
$$3.1 \quad SC = 0.47$$

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

$$SF \text{ arah TL} = 113$$

$$\begin{aligned} \text{Radiasi kaca} &= SC \times WWR \times SF \\ (\text{double glazing}) &= 0.47 \times 0.44 \times 113 \end{aligned}$$

$$= 23.37 \text{ W/m}^2$$



Gambar double glazing

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

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

	Konduksi Kaca			
	Uf	WWR	ΔT	Uf x WWR x ΔT
Sisi TL	4.75	0.44	5.00	10.45
Sisi BD	4.75	0.44	5.00	10.45
Sisi TG	4.75	0.44	5.00	10.45
Sisi BL	4.75	0.44	5.00	10.45

	Radiasi Kaca			
	SC	WWR	SF	SC x WWR x SF
Sisi TL	0.47	0.44	113	23.37
Sisi BD	0.47	0.44	176	36.40
Sisi TG	0.47	0.44	97	20.06
Sisi BL	0.47	0.44	211	43.63

OTTV sisi TL

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 10.45 + 23.37 \\
 &= 40.46 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV sisi BD

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 10.45 + 36.40 \\
 &= 53.49 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV sisi TG

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 10.45 + 20.06 \\
 &= 37.15 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV sisi BL

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konduksi dinding 1 (25mm rc beam)} + \text{Kondisi dinding 2 (115mm brick parapet)} + \\
 &\quad \text{Konduksi kaca} + \text{Radiasi kaca} \\
 &= 2.24 + 4.40 + 10.45 + 43.63 \\
 &= 60.72 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV total

$$\begin{aligned}
&= \frac{(OTTV_{TL} \times A_{TL} + OTTV_{BD} \times A_{BD} + OTTV_{TG} \times A_{TG} + OTTV_{BL} \times A_{BL})}{A_{TL} + A_{BD} + A_{TG} + A_{BL}} \\
&= \frac{(40.46 \times 1202.24) + (53.49 \times 1202.24) + (37.15 \times 601.12) + (60.72 \times 601.12)}{(1202.24 + 1202.24 + 601.12 + 601.12)} \\
&= \frac{171782.06 \text{ W}}{3606.72 \text{ m}^2} \\
&= \mathbf{47.63 \text{ W/m}^2}
\end{aligned}$$

C.2 Kesimpulan

Bangunan tersebut **TIDAK memenuhi kriteria konservasi energi** karena nilai OTTV di atas 35 W/m². Lakukan tindakan perbaikan kinerja energi sehingga nilai OTTV lebih kecil atau sama dengan 35 W/m².

Bibliografi

- [1] *Building and Construction Authority (BCA) Singapore, "Guidelines on Envelope Thermal Transfer Value for Buildings", 2004*
- [2] *ASEAN-USAID, Building energy Conservation Project, final report ASEAN & Lawrence Berkeley Laboratory, 1992*
- [3] *ASHRAE, Handbook of Fundamentals, Chapter 27, 2017*
- [4] *IBPSA Indonesia, Perhitungan Faktor Matahari untuk Berbagai Kota di Indonesia, Laporan No. 2020-01, 2020*
- [5] *SNI ISO 50015-2014, Sistem Manajemen Energi - Perhitungan dan verifikasi kinerja energi organisasi - Prinsip umum dan pedoman*

Informasi pendukung terkait perumus standar

(1) Komtek perumus SNI

Komite Teknis 27-06 Konservasi Energi

(2) Susunan Keanggotaan perumus SNI

Ketua : Aris Nugrahanto
Wakil Ketua : Titovianto Widianoro
Sekretaris : Edi Sartono
Anggota : Supriyadi
Anggraeni Ratri Nurwini
Parlindungan Marpaung
Endang Widayati
Gema Fitrika
Gunawan Wibisono
Eri Susanto Indrawan
Donald Wisbar

(3) Konseptor rancangan SNI

Technical Working Group (TWG) SNI Sistem Pencahayaan

(4) Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Direktorat Konservasi Energi, Direktur Jenderal EBTKE,
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral