

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SMPN 1 Plandaan

2.1.1 Iklim Kabupaten Jombang

SMPN 1 Plandaan terletak di kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur. Wilayah Kabupaten Jombang mempunyai letak geografi antara 5.20° - 5.30° Bujur Timur dan antara :7.20' dan 7.45' lintang selatan dengan luas wilayah 115.950 Ha atau 2,4 % luas Provinsi Jawa Timur.

Kabupaten Jombang adalah termasuk yang mempunyai iklim tropis, dengan suhu rata-rata 31,9°C (Accuweather, 2014). Curah hujan di Kabupaten Jombang yang terletak pada ketinggian 500 meter dari permukaan laut mempunyai curah hujan relatif rendah yakni berkisar antara 1750 - 2500 mm pertahun. Sedangkan untuk daerah yang terletak pada ketinggian lebih dari 500 meter dari permukaan air laut, rata-rata curah hujannya mencapai 2500 mm pertahunnya (Wikipedia, 2014).

2.1.2 Profil SMP Negeri 1 Plandaan Jombang

Berikut merupakan data profil SMP Negeri 1 Plandaan Jombang

Tabel 2.1 Profil SMP Negeri 1 Plandaan

No	Profil	Keterangan
1	Nama Sekolah	SMPN 1 Plandaan Jombang
2	Alamat	Jl. Raya Bangsri No. 38 Plandaan Jombang
3	Nama Kepala Sekolah	Drs. Tamamul Badri
4	Tahun didirikan/Tahun Beroperasi	1983/1984
5	Kepemilikan Tanah	
	a. Luas Tanah/status	9312 M ² /hak pakai
	b. Luas Bangunan	2314,82 M ²
6	Data Ruang Kelas	21 ruang (uk 7x9m ²)
7	Data Ruang Lain	
	a. Perpustakaan	1 ruang(uk 9x 15 m ²)
	b. Lab. IPA	1 ruang (uk 10 x 15 m ²)
	c. Lab. Bahasa	1 ruang (uk 10 x 10 m ²)
8	Data Tenaga Pendidik/TU	
	a. Tenaga Pendidik/Guru	40 orang
	b. Pustakawan	1 orang
	c. Laboran	3 orang
	(IPA/Bahasa/Komputer)	
	d. Staf Tata Usaha	9 orang

Sumber: Data Tata Usaha SMPN1 Plandaan Jombang

2.2 Beban Pendinginan

Beban pendinginan dipengaruhi komponen bangunan gedung yang memberikan jumlah kontribusi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Terutama yang perlu diperhatikan adalah komponen yang memberikan kontribusi paling besar. Menurut SNI 03-6390-2000, komponen bangunan gedung yang mempengaruhi beban pendinginan antara lain bahan bangunan, beban listrik, beban penghuni, beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi, beban selubung bangunan dan beban lain-lain serta beban sistem

a. Bahan bangunan

Identifikasi bahan bangunan akan menentukan nilai transmitansi termal yang menjadi salah satu variabel dalam perhitungan beban pendinginan

b. Beban listrik

Pada gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang sangat berarti dan dapat berkisar antara 15% - 20%

c. Beban penghuni

Besarnya beban penghuni, walaupun bukan yang terbesar dibandingkan dengan beban listrik, perlu dicermati polanya karena merupakan salah satu peluang penghematan energy. Biasanya berkisar antara 10% - 15%

d. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi

Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendinginan sensible maupun laten yang cukup tinggi. Komponen beban ini mencapai 12%-18% dari beban pendingin seluruhnya.

e. Beban selubung bangunan

Beban pendingin yang berasal dari luar melalui selubung bangunan dapat mencapai **40% - 50%** dari beban pendinginan seluruhnya pada waktu terjadi beban puncak. Agar gedung yang direncanakan memenuhi persyaratan hemat energy, maka pada awal perencanaan perlu dihitung besarnya nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) dan dibandingkan dengan batas yang ditentukan dalam standar yang berlaku.

f. Beban lain-lain dan beban sistem

Beban lain-lain dan beban sistem harus diusahakan dapat dihitung atau diperkirakan cukup teliti, misalnya dengan memeriksa kembali beban kalor masuk sepanjang saluran udara setelah laju aliran udara dapat dihitung.

2.3 Selubung Bangunan

Selubung bangunan (*building envelope*) memiliki peran penting dalam menjawab masalah iklim dan penghematan energi seperti radiasi matahari, hujan, kecepatan angin, tingginya kelembaban serta pemanfaatan potensi alam salah satunya adalah dengan memilih material yang memiliki perambatan panas relatif kecil. Faktor panas yang

berasal dari luar bangunan akan masuk ke dalam ruang melalui selubung bangunan, baik melalui dinding maupun atap yang merupakan beban pendinginan akibat transfer panas melalui selubung bangunan yang harus dinetralisir (Sukawi, 2010).

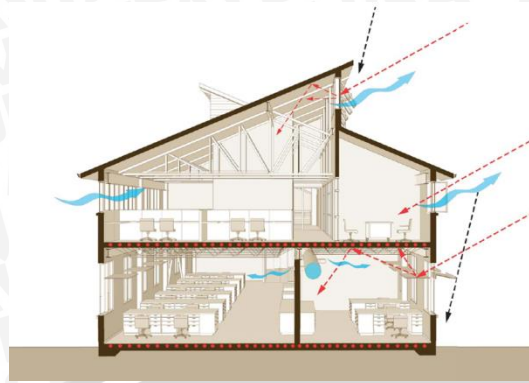
Beberapa elemen selubung bangunan yang dapat mempengaruhi pendinginan di dalam bangunan yaitu elemen atap dan dinding.

2.3.1 Atap

Atap merupakan bagian penting dari sebuah bangunan. Berdasarkan bidang dan orientasinya atap merupakan bagian bangunan yang paling banyak terkena sinar matahari. Dalam iklim tropis-lembab atap yang sering digunakan adalah atap miring, bisa berupa pelana atau limasan. Penggunaan atap ini dipilih karena curah hujan di daerah tropis lembab yang cukup tinggi. Selain itu dalam iklim tropis lembab perlu adanya ruang di bawah atap sebagai ruang infiltrasi udara. Infiltrasi adalah masuknya udara dingin dari elemen-elemen bangunan lainnya, seperti sambungan pada konstruksi.

2.3.2 Dinding

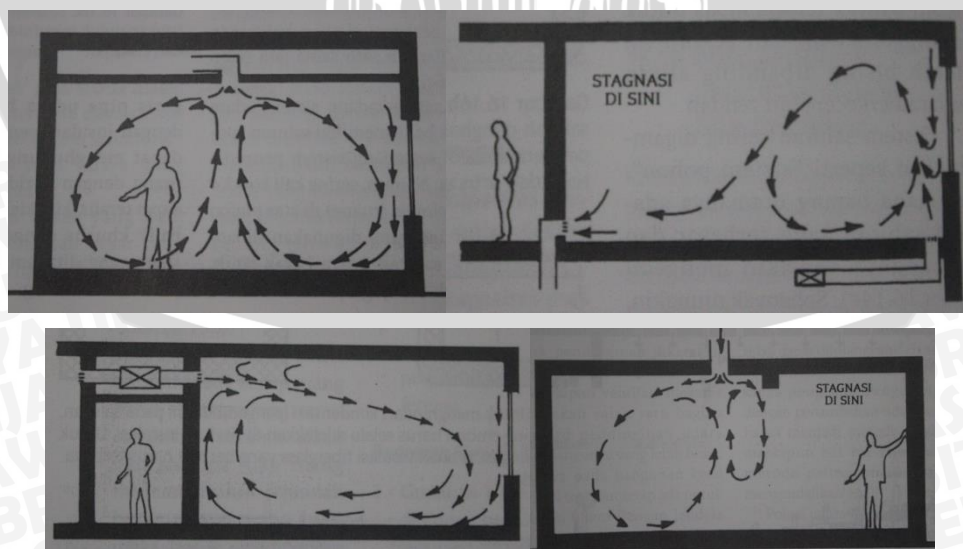
Dinding akan menjadi panas apabila tidak terlindungi dari radiasi sinar matahari dan akan meneruskan panas tersebut ke dalam ruangan. Beberapa hal yang mempengaruhi pembayangan dinding pada bangunan antara lain fasade rumah dan orientasi bangunan. Dinding utara-selatan tidak begitu banyak menerima radiasi matahari secara langsung, karena sudut jatuh sinar matahari cukup besar, jadi dinding yang menghadap utara-selatan lebih memerlukan penonjolan bidang vertikal untuk menghasilkan pembayangan yang lebih baik.



Gambar 2.1 Dinding sebagai media perambatan panas
(Sumber: google, diakses 14 September 2014)

Dinding sebagai salah satu bagian dari selubung bangunan langsung memiliki akses ke lingkungan. Ketika terjadi perbedaan temperatur antara luar dan dalam bangunan dinding akan menjadi media transfer perambatan panas. Perambatan panas (*Heat Transfer*) adalah proses perpindahan kalor dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas. Terdapat tiga cara perambatan panas:

- Perambatan panas konduktif : perpindahan panas dari benda yang lebih panas melalui kontak (sentuhan).
- Perambatan panas konvektif: perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui aliran angin.
- Perambatan panas radiatif: perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengan cara pancaran. (Sukawi, 2010)



Gambar 2.2 Sistem udara ke dalam bangunan

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

2.4 OTTV dan RTTV

2.4.1 Istilah dan Definisi Terkait Dengan OTTV dan RTTV

a. Absorbtansi radiasi matahari

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

b. 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.

c. Faktor radiasi matahari (Solar Factor = SF)

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

d. 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 dibuat dapat dibuka.

e. Koeffisien 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.

f. Konservasi energi

Upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan.

g. Nilai Perpindahan Termal Atap (Roof Thermal Transfer Value = RTTV)

Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk penutup atap yang dilengkapi dengan skylight.

h. 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.

i. Selubung bangunan

Elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut.

j. Sudut bayangan horisontal

Sudut proyeksi dari sirip vertikal terhadap orientasi dinding di mana positif bila di sebelah kanan dinding dan negatif bila di sebelah kiri dinding.

k. Sudut bayangan vertikal

Sudut proyeksi dari sirip horisontal terhadap bidang horisontal dan selalu dianggap positif.

l. Transmittansi tampak

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

m. Transmittansi termal

Koeffisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.

2.4.2 Kriteria perancangan

Selubung bangunan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut

- Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan.
- Perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi nilai perpindahan panas menyeluruh sebagaimana tercantum di dalam standar ini.
- Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m².

2.4.3 Dinding

A. Nilai Perpindahan Termal Setiap Bidang Dinding (OTTVi)

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

$$OTTV_i = \alpha \cdot [(U_{wx} (I - WWR))] \times TD_{Ek} + (SC \times WWR \times SF) + (U_{fx} WWR \times \Delta T) \quad (2-1)$$

dimana

1. OTTV_i

Merupakan nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

2. α [absorbtansi radiasi matahari (tabel 2.2 dan 2.3)]

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

Tabel 2.2 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Dinding Luar dan Atap Tak Tembus Cahaya

Bahan dinding luar	α
Beton berat	0,91
Bata merah	0,89
Beton ringan	0,86
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih	0,25
Lembaran alumunium yang dikilapkan	0,12

Sumber : Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung (SNI 03-6389-2000)

Tabel 2.3 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Warna 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	0,91
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

Sumber : Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung(SNI 03-6389-2000)

3. Transmittansi termal (U)

Transmittansi termal adalah koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi dinding ke udara pada sisi dinding lainnya. Untuk dinding tak tembus cahaya(U_w) dan fenestrasi(U_f) yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya U masing-masing (U_w dan U_f) dihitung dengan persamaan :

$$U = 1 / R_{\text{total}} \quad (2-2)$$

dimana

$$R_{\text{total}} = R_{UL} + R_K + R_{UP}$$

R_{UL} merupakan resitansi lapisan udara luar, besarnya nilai R_{UL} ditunjukkan pada tabel 2.4. R_K merupakan resitansi bahan, dapat diketahui dengan membandingkan tebal bahan dengan nilai konduktifitas termal bahan (tabel 2.5). Sedangkan R_{UP} merupakan resistansi termal lapisan udara permukaan, nilainya juga ditunjukkan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Nilai R Lapisan Udara Permukaan Untuk Dinding dan Atap

Jenis Permukaan		Resistansi Termal R (m ² .K/Watt)
Permukaan dalam(RUP)	Emisifitas tinggi (tidak reflektif)	0,120
	Emisifitas rendah (reflektif)	0,299
Permukaan luar(RUL)	Emisifitas tinggi	0,044

Sumber: Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung(SNI 03-6389-2000)

Tabel 2.5 Nilai k Bahan Bangunan

No	Bahan bangunan	K(W/m.K)
1	Beton	1,448
2	Beton ringan	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	0,807
4	Bata tanpa lapisan plester	1,154
5	Plesteran pasir-semen	0,533
6	Kaca lembaran	1,053
7	Papan gypsum	0,170
8	Kayu lunak	0,125
9	Kayu keras	0,138
10	Kayu lapis	0,148
11	Glasswool	0,035
12	Fiberglass	0,035
13	Paduan aluminium	211
14	Tembaga	385
15	Baja	47,6
16	Granit	2,927
17	Marmer/terazo/keramik/mozaik	1,298

Sumber: Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung(SNI 03-6389-2000)

4. WWR(Window-to-wall ratio)

Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

5. TDEk (Temperature Difference Equivalent/ Beda Temperatur Ekuivalen)

Beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperature udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran

kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya. Beda temperature ekuivalen dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya

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

Tabel 2.6 Beda Temperatur Ekuivalen untuk Dinding

Berat/satuan luas (kg/m ²)	TDEk
< 125	15
126 ~ 195	12
>195	10

Sumber: Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung(SNI 03-6389-2000)

6. SC(Shading Coefficien / koefisien peneduh)

Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SCkaca dengan SCefektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi

$$SC = SCk \times SCef \quad (2-3)$$

dimana

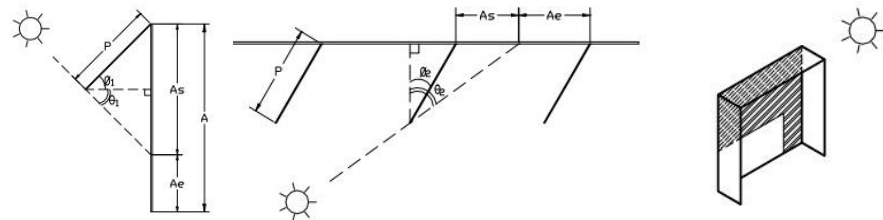
SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

SCk = koefisien peneduh kaca

SCef = koefisien peneduh efektif alat peneduh

Angka koefisien peneduh kaca(SCk) didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasar sudut datang 45° terhadap garis normal(garis vertikal/dinding). Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV seluruh kaca yang ada di SMPN 1 Plandaan Jombang dianggap memiliki SCk sebesar 0,5.

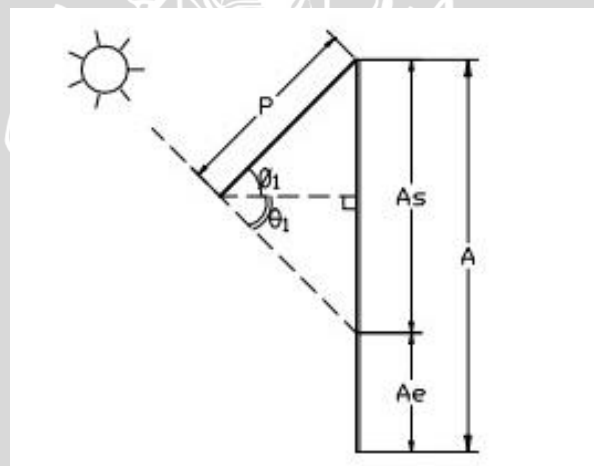
Menurut *Guidelines of ETTV for Building* 2014, terdapat 3 jenis peneduh pada koefisien efektif (SC_{ef}) yaitu peneduh horizontal, vertical, dan gabungan keduanya



Gambar 2.3 Peneduh horizontal, vertical dan gabungan

Sumber : *Guidelines of ETTV for building* 2014

Koefisien efektif (SC_{ef}) dipengaruhi oleh beberapa komponen diantaranya Panjang peneduh (P), tinggi fenestrasi (A), sudut peneduh terhadap garis normal/garis vertical (Φ_1), serta perbandingan antara panjang peneduh terhadap tinggi fenestrasi ($R1=P/A$).



Gambar 2.4 Komponen koefisien peneduh efektif alat peneduh(SC_{ef})

Sumber : *Guidelines of ETTV for building* 2014

Berdasar orientasinya koefisien peneduh efektif alat peneduh(SC_{ef}) dapat dirangkum pada tabel Lampiran 1 sampai Lampiran 4.

7. SF(Solar factor/faktor radiasi matahari)

Faktor radiasi (W/m^2) adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu sampai pada suatu permukaan. Faktor radiasi dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00,

untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor Radiasi Matahari (SF, W/m²) Berbagai Orientasi

Orientasi	TL	T	TG	S	BD	B	BL
	113	112	97	97	176	243	211

Sumber : SNI 03-6389-2000

8. ΔT (perbedaan temperatur)

Adalah perbedaan temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam bangunan. Menurut SNI 03-6389-2000 nilai ΔT diambil 5 K.

B. OTTV Seluruh Dinding Luar

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, digunakan persamaan sebagai berikut

$$OTTV = \frac{(A_{o1} \cdot OTTV_1) + (A_{o2} \cdot OTTV_2) + \dots + (A_{oi} \cdot OTTV_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}} \quad (2-3)$$

dimana

A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar i (m²). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (2-1)

2.4.4. Penutup atap

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

$$RTTV = \frac{\alpha_r (A_r \times U_r \times TD_{Ek}) + (A_s \times U_s \times \Delta T) + (A_s \times SC \times SF)}{A_0} \quad (2-4)$$

dimana

$RTTV$ = nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

- α = absorbtansi radiasi matahari. [tabel 2.2 dan 2.3].
- A_r = luas atap yang tidak tembus cahaya (m^2).
- A_s = luas skylight (m^2).
- A_0 = luas total atap = $A_r + A_s$ (m^2).
- U_r = transmitansi termal atap tak tembus cahaya (Watt/ m^2 .K).
- Nilai transmitansi termal maksimal penutup atap (U_r), ditunjukkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai transmitansi termal maksimal atap (U_r) maksimal

Berat per satuan luas atap (kg/m^2)		Transmitansi termal maksimal (W/ m^2 .K)
1	< 50	0,5
2	50~230	0,8
3	>230	1,2

Keterangan : 1) Atap genteng, 2) Atap beton ringan, 3) Atap beton ketebalan > 6 inci (15 cm)

Sumber : SNI 03-6389-2000

TDE_k = beda temperatur ekuivalen (K).

Untuk menyederhanakan perhitungan nilai perpindahan termal atap , maka beda temperatur ekuivalen untuk berbagai penutup atap ditentukan sesuai tabel 2.9

Tabel 2.9 Beda Temperatur Ekuivalen Berbagai Penutup Atap

Berat per satuan luas (kg/m^2)	Beda temperatur ekuivalen (TDE_k).K
< 50	24
50~230	20
>230	16

Sumber : SNI 03-6389-2000

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

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

Nilai faktor radiasi matahari untuk bidang horisontal yang dihitung antara jam 07.00 sampai dengan 18.00 adalah : $SF = 316$ Watt/ m^2 .

U_s = transmitansi termal fenestrasi (skylight) (W/ m^2 .K).

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

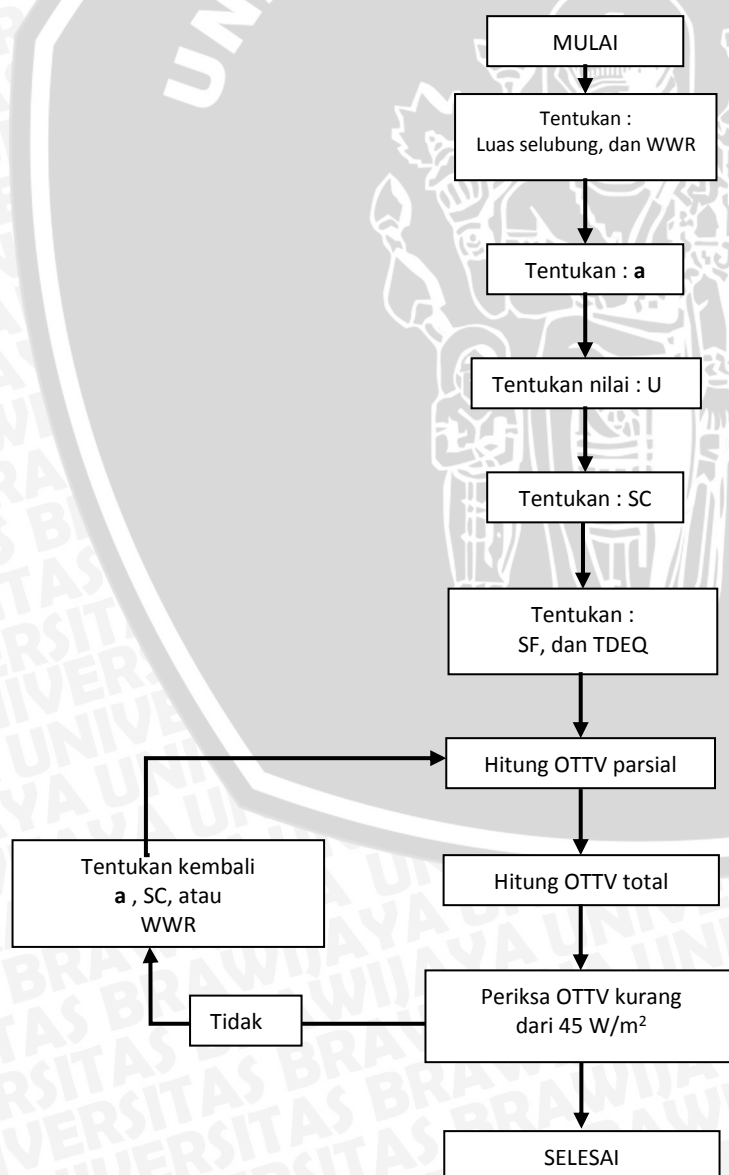
2.4.5. Prosedur Perancangan

Pada gambar 2.5 ditunjukkan diagram aliran proses perancangan OTTV, dan 2.6 diagram aliran proses perancangan RTTV.

A. Menentukan nilai OTTV.

Mentukan nilai OTTV pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan OTTV pada gambar 2.3 dengan cara sebagai berikut

1. Menentukan nilai WWR (perbandingan antara luas jendela dan luas total dinding luar)
2. Menentukan nilai U_w dan U_f
3. Menentukan nilai SC
4. Menentukan nilai TDE_k dan ΔT
5. Menghitung nilai SF.



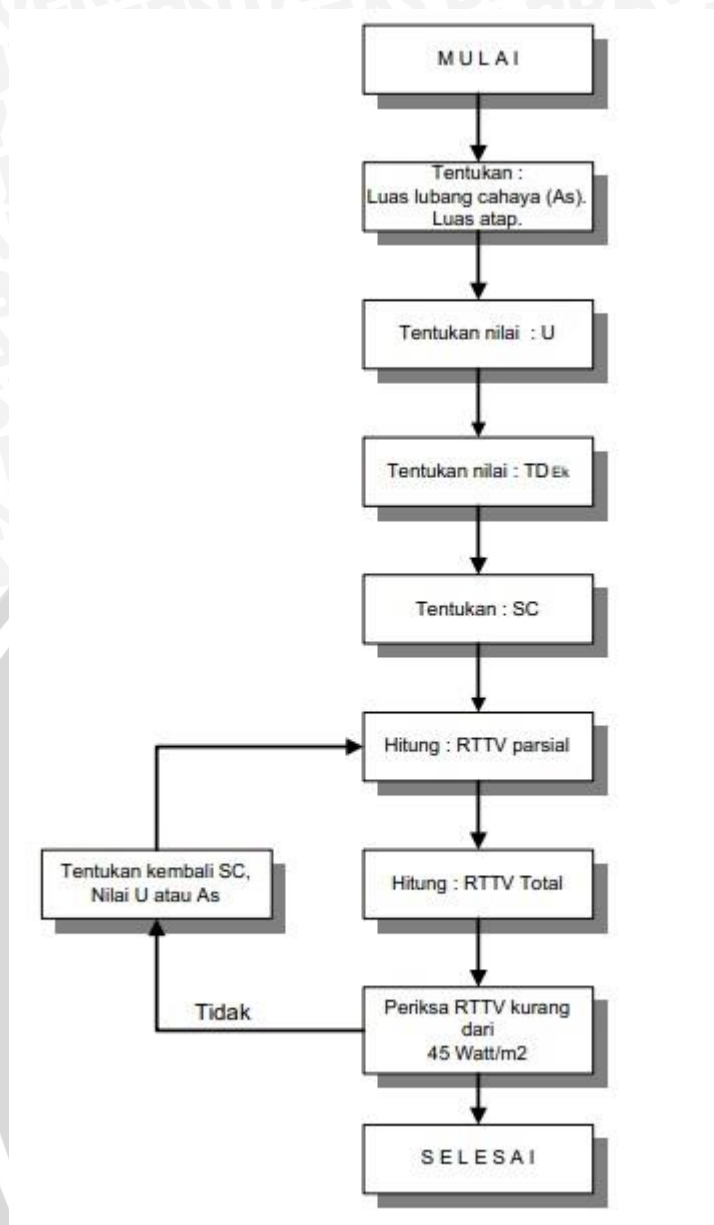
Gambar 2.5 Diagram proses perancangan dinding luar

Setelah menghitung nilai OTTV sesuai persamaan (2-1). Perlu diperiksa apakah nilai OTTV lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan 45 Watt/m^2 .

1. Bila nilai OTTV kurang dari 45 Watt/m^2 , maka perhitungan selesai
2. Bila nilai OTTV tersebut lebih besar dari 45 Watt/m^2 , maka perlu dikurangi dengan cara sebagai berikut:
 - a. Menurunkan angka absorbtivitas
 - b. Mengurangi angka koefisien peneduh
 - c. Mengulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai OTTV kurang dari 45 Watt/m^2 .

B. Menentukan nilai RTTV

1. Menentukan nilai RTTV pada setiap orientasi seperti pada diagram aliran proses perancangan pada gambar 2.6, dengan cara sebagai berikut
 - a. Menentukan luas skylight A_s
 - b. Menentukan luas atap A_r
 - c. Menentukan nilai U_r dan U_s
 - d. Menentukan nilai TDE_k dan ΔT
 - e. Menentukan nilai SC
 - f. Menghitung nilai SF
2. Menghitung nilai RTTV sesuai rumus (2-4)
3. Periksa apakah nilai RTTV total lebih besar atau lebih kecil atau sama dengan 45 Watt/m^2 .
 - a. Apabila nilai tersebut kurang dari 45 Watt/m^2 , maka perhitungan selesai;
 - b. Apabila nilai tersebut lebih besar dari 45 Watt/m^2 , maka perlu dikurangi dengan cara sebagai berikut:
 - 1) Menurunkan angka absorbtivitas;
 - 2) Mengurangi angka koefisien peneduh;
 - 3) Mengulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai RTTV kurang dari 45 Watt/m^2 .



Gambar 2.6 Diagram proses perancangan atap

2.5 Kenyamanan Ruang

Dalam kondisi iklim tropis yang lembab, kenyamanan yang lebih diutamakan adalah kenyamanan termal dalam ruang. Hal ini disebabkan tingkat kelembaban yang tinggi akan mengakibatkan kondisi dalam ruangan menjadi tidak nyaman akibat dari penguapan sedikit dan gerak udara yang kurang. Suhu inti manusia adalah $\pm 37^{\circ}\text{C}$, pada bagian permukaan suhu berkisar antara $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$. Untuk mengukur kenyamanan termal pada manusia diperlukan sebuah indeks kenyamanan termal. Indeks kenyamanan termal di

Indonesia disebutkan dalam SNI 03-6572-2001. Kenyamanan termal untuk daerah tropis seperti Indonesia dapat dibagi menjadi:

- a. Sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$
- b. Nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$
- c. Hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$

Kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40%-50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya pada kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55%-60%. Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

