

2. LANDASAN TEORI

2.1. Konsep Teori

2.1.1. Perhitungan CLTD

Perhitungan kapasitas *cooling load* dalam setahun dilakukan dengan mempertimbangkan 5 hari kritis matahari dalam setahun, yaitu :

- 21 Maret : matahari berada di daerah khatulistiwa.
- 22 Juni : matahari berada di belahan bumi utara.
- 23 September : matahari berada di daerah khatulistiwa.
- 21 Oktober : matahari memberikan kontribusi beban panas terbesar pada bidang orientasi barat dan bidang horizontal (Soegiyanto,1998). Sedang pada tabel CLTD (*wallgroup* 4, pk 16.00), kontribusi terbesar pada bidang orientasi barat, timur dan horizontal. Pada tabel SCL (zona type C, pk 16.00), kontribusi terbesar pada bidang orientasi timur.
- 21 Desember : matahari berada di belahan bumi selatan (23.5° LS).

Perhitungan CLTD dilakukan setiap jam selama satu hari penuh dimulai pukul 01.00 sampai dengan pukul 24.00 sehingga dapat digambarkan profil beban pendinginan ke enam gedung secara utuh.

Emisi panas dalam ruangan (*room heat gain*) terjadi karena (ASHRAE,1993) :

- Konduksi melalui dinding-dinding eksterior, atap dan kaca.
- Konduksi melalui partisi, plafond dan lantai.
- Radiasi matahari melalui kaca.
- Ventilasi.
- Penggunaan lampu.
- Metabolisme manusia.
- Peralatan yang digunakan.

Dalam perhitungan CLTD, beban panas dibagi dua, yaitu :

- Beban panas eksternal, adalah beban panas konduksi – baik konduksi melalui kaca maupun konduksi melalui dinding, partisi, lantai dan atap serta beban panas radiasi.
- Beban panas internal, yaitu beban lampu, orang, peralatan dan ventilasi.

Beban Panas Eksternal

Beban Panas Eksternal untuk seluruh gedung akibat beban panas konduksi – baik konduksi melalui kaca maupun konduksi melalui dinding, partisi, lantai dan atap serta beban panas radiasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Beban Konduksi Kaca:

$$RSHG = U \times A \times CLTD_{tabel} \times Fc$$

$$Fc = 1 - 0,02 \times k$$

$$k = (U_w \times A_w) + (U_g \times A_g)$$

dimana:

RSHG = *Room Sensible Heat Gain* (Btu/h)

U = Nilai konduktansi bahan (Btu/ft²Fh)

A = Luas permukaan kaca (ft²)

Fc = *Factor correction*

U_w,U_g= Nilai konduktansi dinding dan kaca (Btu/ft²Fh)

A_w,A_g= Luas permukaan dinding dan kaca (ft²)

l = Keliling total permukaan fasad yang dikondisikan (ft)

Beban Konduksi Dinding, Partisi, Lantai, Atap :

$$RSHG = U \times A \times CLTD_{tabel} \times Fc$$

dimana:

RSHG = *Room Sensible Heat Gain* (Btu/h)

U = Nilai konduktansi bahan (Btu/ft²Fh)

A = Luas permukaan dinding (ft²)

Fc = *Factor correction*

Beban konduksi patisi dan lantai didapat dengan rumus :

$$RSHG = U \times A \times \Delta T$$

dimana:

ΔT = Perbedaan temperatur *outdoor* dan *indoor* (°F)

Beban Radiasi Kaca :

Beban radiasi kaca didapat dengan rumus :

$$RSHG = A \times SC \times SCL \times Fc$$

dimana :

$RSHG$ = *Room Sensible Heat Gain* (Btu/h)

A = Luas permukaan kaca (ft²)

SC = *Shading Coefficient* kaca

SCL = *Solar Cooling Load Factor*

Beban Panas Internal

Beban Panas Internal untuk seluruh gedung akibat penghuni, lampu dan peralatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Penghuni :

$$RSHG = n \times Q_s \times CLF$$

$$RLGH = n \times Q_l$$

dimana :

Q_s = beban panas orang sensibel (Btu/h)

Q_l = beban panas orang laten (Btu/h)

CLF = *cooling load factor*, untuk orang.

Lampu :

$$RSHG = 3,412 \times \text{input} \times F_u \times F_s \times CLF$$

dimana :

Input = jumlah lampu yang terpasang

F_u = *lighting use factor*

F_s = *special allowance factor* = 1,20

CLF = *cooling load factor*, untuk lampu

Peralatan:

$$RSHG = \text{input} \times CLF_{eq}$$

dimana :

Input = jumlah peralatan yang digunakan

CLF_{eq} = *cooling load factor* untuk peralatan

Ton of Refrigeration

$$TR = (RSHG \text{ total} + RLHG \text{ total}) / 12000$$

dimana :

TR = *Ton of Refrigeration*, kapasitas pendinginan (TR)

Dalam tesis ini, perhitungan terhadap nilai-nilai CLTD eksisting dari keenam bangunan tersebut tidak lagi dilakukan. Nilai-nilai perhitungan CLTD eksisting dan segala bentuk profil beban diambil dari tesis yang dilakukan oleh Irene, 2000.

2.1.2. Perhitungan OTTV dan RTTV

Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melewati 45 Watt/m².

Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, dihitung dengan rumus :

$$OTTV = \alpha [(U_w \times (1 - WWR)) \times T_{DEk} + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T)]$$

dimana :

- OTTV* = *Overall Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²)
- α = Absorbansi radiasi matahari
- U_w* = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m².K)
- WWR* = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan
- T_{DEk}* = Beda temperature ekuivalen (K)
- SC* = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
- SF* = Faktor radiasi matahari (W/m²)
- U_f* = Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K)
- ΔT = Perbedaan temperature perencanaan *outdoor* dan *indoor* (° F).

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, maka digunakan rumus :

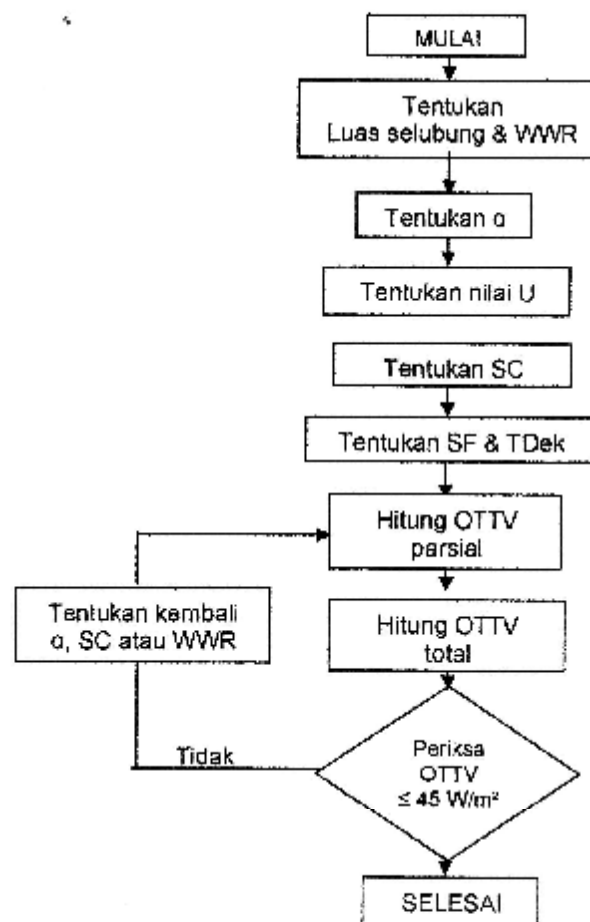
$$OTTV = \frac{(A_{01} \times OTTV_1) + (A_{02} \times OTTV_2) + \dots (A_{0i} \times OTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + A_{0i}}$$

Dimana :

A_{0i} = Luas dinding (dinding – jendela) pada bagian luar i (m^2).

$OTTV_i$ = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i.

Diagram alir proses perhitungan OTTV untuk dinding luar dapat dilihat pada Gambar 2.1. Perhitungan OTTV dengan orientasi tertentu (OTTV parsial) ini tergantung pada arah hadap, dimana besaran SF terdapat pada SNI 03-6389-2000.



Gambar 2.1. Diagram alir proses perancangan dinding luar
(Sumber: SNI 03-6389-2000)

Nilai perpindahan termal dari penutup atap dengan *skylight* pada bangunan gedung yang mempunyai orientasi tertentu dihitung dengan rumus :

$$RTTV = \frac{\alpha(Ar \times Ur \times TDEk) + (As \times Us \times \Delta T) + (As \times SC \times SF)}{A0}$$

Dimana :

RTTV = *Roof Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²)

α = Absorbtansi radiasi matahari

Ar = Luas atap yang tidak tembus cahaya (m²)

As = Luas *skylight* (m²)

A0 = Luas total atap (m²)

Ur = Transmittansi termal atap tak tembus cahaya (Watt/m².K)

TDEk = Perbedaan temperature ekivalen (K)

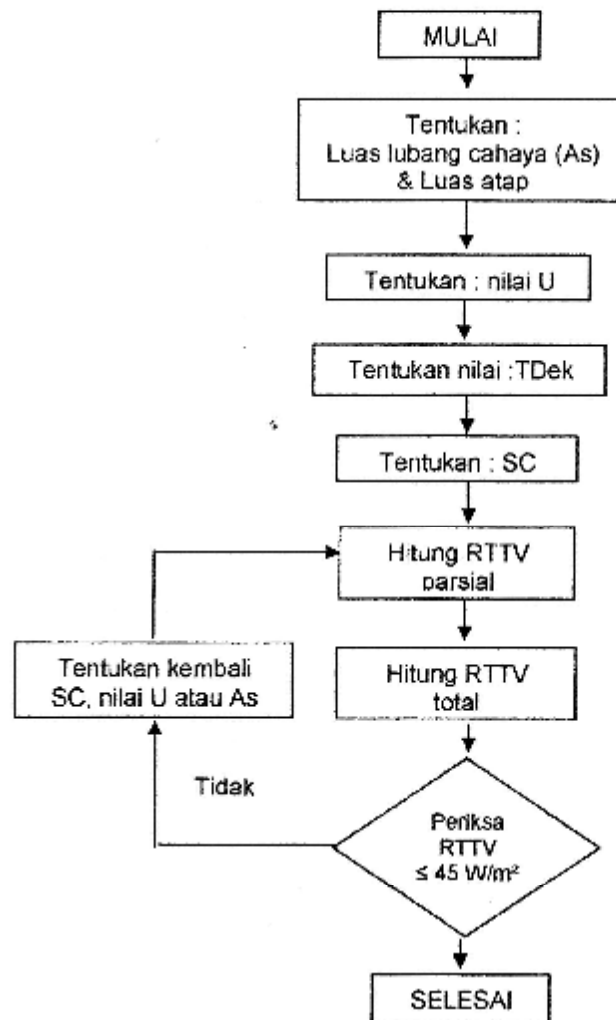
SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

SF = Faktor radiasi matahari (Watt/m²)

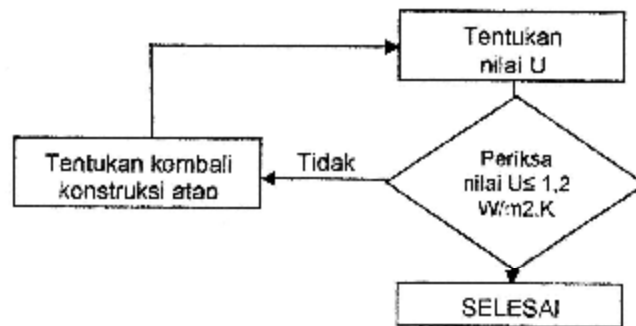
Us = Transmittansi termal fenestrasi (*skylight*) (Watt/m².K)

ΔT = Perbedaan temperatur perencanaan *outdoor* dan *indoor* (°F)

Diagram alir proses perancangan untuk atap dengan *skylight* dan atap tanpa *skylight* dapat dilihat pada Gambar 2.2. dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2. Diagram alir proses perancangan atap dengan *skylight*
(Sumber : SNI 03-6389-2000)



Gambar 2.3. Diagram alir proses perancangan atap tanpa skylight
(Sumber : SNI 03-6389-2000)

2.1.3. Perhitungan ETTV dan RTTV

Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka ditentukan nilai perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan tidak melewati 65 Watt/m².

Nilai perpindahan termal menyeluruh (ETTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung yang mempunyai orientasi tertentu, dihitung dengan rumus:

$$ETTV = 11.9(1-WWR)U_w + 3.37(WWR)U_f + 210.9(WWR)(CF)(SC)$$

Dimana:

- ETTV* = Envelope Thermal Transfer Value, Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m)
- WWR* = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan
- U_w* = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m².K)
- U_f* = Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K)
- CF* = Faktor koreksi dari sistem fenestrasi
- SC* = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

Untuk menghitung ETTV seluruh dinding luar, maka digunakan rumus :

$$ETTV = \frac{(A_{01} \times ETTV_1) + (A_{02} \times ETTV_2) + \dots + (A_{0i} \times ETTV_i)}{A_{01} + A_{02} + A_{0i}}$$

Dimana :

A_{0i} = Luas dinding (dinding + jendela) pada bagian luar i (m^2).

$ETTV_i$ = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i.

Nilai perpindahan termal dari penutup atap dengan *skylight* pada bangunan gedung dengan orientasi tertentu dihitung dengan rumus :

$$RTTV = 12.5(1-SKR)U_f + 4.8(SKR)U_s + 485(SKR)(CF)(SC)$$

$RTTV$ = *Roof Thermal Transfer Value*, nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu ($Watt/m^2$)

SKR = *Skylight Ratio of Roof*, (area *skylight*/ total luas area atap)

U_f = Transmittansi termal atap tak tembus cahaya ($Watt/m^2.K$)

U_s = Transmittansi termal pada area *skylight* ($Watt/m^2.K$)

CF = Faktor koreksi dari sistem fenestrasi pada atap

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi pada bagian *skylight*

2.2. Hubungan Antar Teori

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menemukan hubungan antara analisa selubung luar bangunan sebagai syarat konservasi energi dengan beban pendinginan. Objek yang diteliti adalah bangunan bertingkat khususnya bangunan perkantoran yang berada di Surabaya.

Tahap pertama adalah mencari beban panas yang terjadi, khususnya beban yang terjadi karena faktor-faktor eksternal yaitu:

- Konduksi melalui dinding-dinding eksterior, atap dan kaca.
- Konduksi melalui partisi-partisi interior, langir-langit dan lantai.
- Radiasi melalui kaca.

Metode perhitungan beban pendinginan yang digunakan adalah dengan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*), dengan metode ini kita akhirnya dapat menentukan beban pendinginan yang terjadi.

Tahap kedua adalah menghitung nilai dari beban pada selubung bangunan menurut metode OTTV dan ETTV, yang dimana metode OTTV telah ditetapkan sebagai standar konservasi energi di Indonesia.

Tahap ketiga adalah dengan melakukan simulasi perubahan fisik bangunan. Simulasi yang dilakukan adalah dengan melakukan variasi persentase perbandingan luas kaca dengan luas dinding yang dikenal dengan istilah WWR. Perubahan nilai WWR akan mengakibatkan perubahan nilai beban pendinginan begitu juga nilai selubung bangunannya. Perbandingan (WWR) yang dipilih adalah 20%, 40% dan 60%.

Perubahan WWR akan meningkatkan nilai dari beban pendinginan begitu juga nilai dari selubung bangunan, dengan demikian dapat diketahui profil peningkatannya. Bentuk profil peningkatan itu yang dapat menentukan berkorelasi atau tidaknya nilai selubung bangunan (OTTV atau ETTV) dengan beban pendinginan (CL).