

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Konsep Teori

Menurut para pakar yang dibentuk oleh Direktur Pengembangan Energi-Departemen Pertambangan dan Energi yang mengambil acuan dari berbagai Standar Internasional, perancangan selubung bangunan yang optimal dapat menghasilkan penggunaan energi yang efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni, serta mempertimbangkan aspek biaya.

Panitia yang dibentuk dari para pakar tersebut menghasilkan standar yang mengatur tentang konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung yaitu Standar Nasional Indonesia SNI 03-6389-2000.

Penelitian ini menghitung OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) & RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) dengan memakai SNI 03-6389-2000 sebagai acuannya, juga menghitung ETTV (*Envelope Thermal Transfer Value*) & RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) dengan memakai draft pengganti *BCA Regulation 69 of the Building Control Regulations, Singapore*.

Untuk menghitung besarnya OTTV dan ETTV pada bangunan gedung maka 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 termal menyeluruh sebagaimana tercantum didalam standar yaitu  $\leq 45 \text{ Watt/m}^2$  untuk OTTV dan  $\leq 65 \text{ Watt/m}^2$  untuk ETTV .

#### 2.1.1 Teori tentang OTTV & RTTV (SNI 03-6389-2000)

Nilai perpindahan termal menyeluruh (OTTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu harus dihitung melalui persamaan:

$$OTTV = \alpha[U_w \cdot x(1 - WWR)] \cdot xTDek + (SC \cdot xWWR \cdot xSF) + (U_f \cdot xWWR \cdot x\Delta T) \dots(2.1)$$

dimana :

OTTV = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m<sup>2</sup>).

$\alpha$  = absorbtansi radiasi matahari.

$U_w$  = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m<sup>2</sup>.K).

WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

$TD_{ek}$  = beda temperatur ekivalen (K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (W/m<sup>2</sup>).

$U_f$  = transmitansi termal fenestrasi (W/m<sup>2</sup>.K).

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

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, digunakan rumus sebagai berikut:

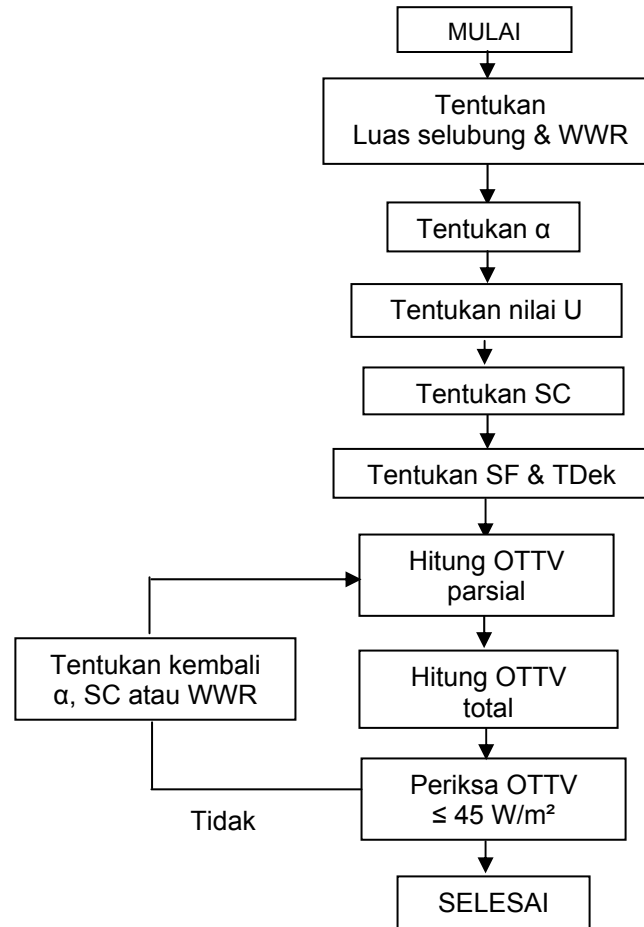
$$OTTV = \frac{(A_{01} \times OTTV_1) + (A_{02} \times OTTV_2) + \dots + (A_{0i} \times OTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + \dots + A_{0i}} \dots (2.2)$$

dimana :

$A_{0i}$  = luas dinding pada bagian dinding luar i (m<sup>2</sup>). 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).

Diagram alir proses perhitungan OTTV untuk dinding luar dapat dilihat pada Gambar 2.1. Perhitungan OTTV dengan orientasi tertentu (OTTV parsial) itu 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 (RTTV) bangunan gedung dengan orientasi tertentu harus dihitung melalui persamaan :

$$RTTV = \frac{\alpha(A_r \times U_r \times TDek) + (A_s \times U_s \times \Delta T) + (A_s \times SC \times SF)}{A_0} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

RTTV = nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah tertentu (Watt/m<sup>2</sup>).

$\alpha$  = absorbtansi radiasi matahari.

$A_r$  = luas atap yang tidak tembus cahaya (m<sup>2</sup>).

$A_s$  = luas skylight (m<sup>2</sup>).

$A_0$  = luas total atap =  $A_r + A_s$  (m<sup>2</sup>).

$U_r$  = transmitansi termal atap tak tembus cahaya ( $\text{Watt/m}^2\cdot\text{K}$ ).

$TD_{ek}$  = beda temperatur ekivalen (K).

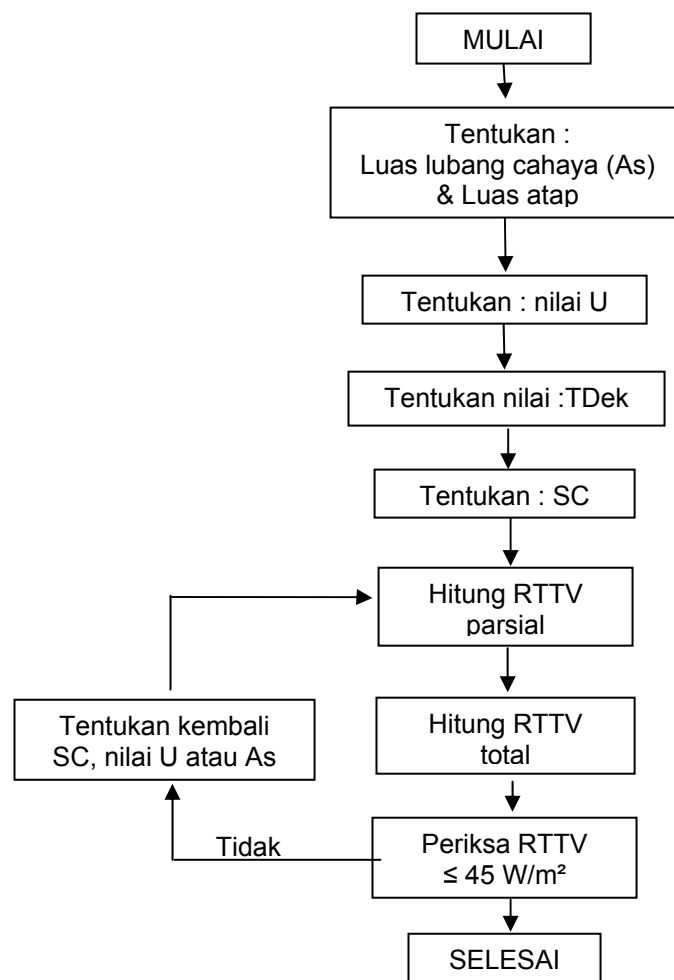
SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari ( $\text{W/m}^2$ ).

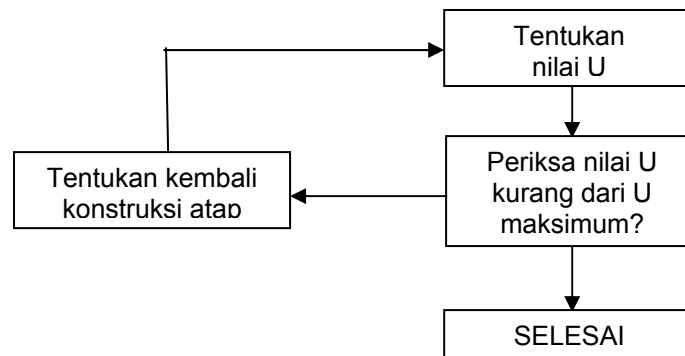
$U_s$  = transmitansi termal fenestrasi (skylight) ( $\text{Watt/m}^2\cdot\text{K}$ ).

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

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)

### 2.1.2 Teori tentang ETTV & RTTV (draft pengganti *BCA Regulation 69*)

Nilai perpindahan termal selubung (ETTV) untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu harus dihitung melalui persamaan:

$$ETTV = 11,9(1 - WWR)U_w + 3,37(WWR)U_f + 210,9(WWR \times CF \times SC) \dots\dots (2.4)$$

dimana :

ETTV = *Envelope thermal transfer value* (W/m<sup>2</sup>).

WWR = *window to wall ratio*.

$U_w$  = *thermal transmittance of opaque wall* (W/Km<sup>2</sup>).

$U_f$  = *thermal transmittance of fenestration* (W/Km<sup>2</sup>).

CF = *solar correction factor for fenestration*.

SC = *shading coefficient of fenestration*.

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

$$RTTV = 12,5(1 - SKR)U_r + 4,8(SK R)U_s + 485(SK R \times CF \times SC) \dots\dots (2.5)$$

dimana :

RTTV = *Roof thermal transfer value* (W/m<sup>2</sup>).

SKR = *skylight ratio of roof*.

- $U_r$  = thermal transmittance of opaque roof (W/Km<sup>2</sup>).  
 $U_s$  = thermal transmittance of skylight area (W/Km<sup>2</sup>).  
 CF = solar correction factor for roof.  
 SC = shading coefficient of skylight portion of the roof.

## 2.2 Hubungan Antar Teori

Perumusan OTTV&RTTV menurut SNI 03-6389-2000 berasal dari perumusan OTTV&RTTV menurut *Handbook on Energy Conservation in Building and Building Services* yang diterbitkan oleh *The Development & Building Control Division (PWD) Singapore* yang mengalami perubahan konstante-konstantenya sebab disesuaikan dengan letak geografis Indonesia, tetapi syarat nilai OTTV&RTTV sebagaimana tercantum didalam standar tetap sama yaitu tidak melebihi 45 Watt/m<sup>2</sup>.

Perumusan OTTV (*PWD Singapore*) :

$$OTTV = [U_w \cdot x(1 - WWR)] \cdot xTDek + (CF \cdot xSC \cdot xWWR \cdot xSF) + (U_f \cdot xWWR \cdot x\Delta T)$$

dimana : .....(2.6)

CF = faktor koreksi untuk panas melalui fenestrasi, sedangkan faktor-faktor yang lain sama.

Perbedaan antara OTTV&RTTV menurut *PWD Singapore* dan SNI 03-6389-2000 terletak pada faktor  $\alpha$ , SF dan CF seperti tercantum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan perhitungan OTTV-RTTV menurut PWD dan SNI

	OTTV&RTTV ( <i>PWD Singapore</i> )	OTTV&RTTV (SNI 03-6389-2000)
faktor $\alpha$	tidak ada	faktor bahan dan warna dinding luar atau atap tidak tembus cahaya
SF	dinding : 130 W/m <sup>2</sup> atap : 320 W/m <sup>2</sup>	dinding : tergantung arah hadap, sesuai kondisi dan letak geografis Indonesia. atap : 316 W/m <sup>2</sup>
CF	tergantung arah hadap dan sudut datangnya sinar matahari	tidak ada

Perbedaan antara OTTV&RTTV menurut *PWD Singapore* dan Draft pengganti terletak pada faktor  $T_{Deq}$ ,  $\Delta T$ , SF dan Nilai Maximum seperti tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Perbedaan perhitungan OTTV-RTTV menurut PWD dan Draft

	OTTV & RTTV ( <i>PWD Singapore</i> )	ETTV & RTTV (Draft)
$T_{Deq}$	tergantung massa/m <sup>2</sup> dinding atau atap tidak tembus cahaya.	dinding : 11,9° K atap : 12,5° K
$\Delta T$	5° K	dinding : 3,37° K atap : 4,8° K
SF	dinding : 130 W/m <sup>2</sup> atap : 320 W/m <sup>2</sup>	dinding : 210,9 W/m <sup>2</sup> atap : 485 W/m <sup>2</sup>
nilai maximum	45 W/m <sup>2</sup>	65 W/m <sup>2</sup>

Perumusan ETTV&RTTV ini adalah modifikasi dari perumusan OTTV&RTTV menurut *Handbook on Energy Conservation in Building and Building Services Singapore* dimana pakar-pakar di Singapura menganggap OTTV&RTTV berkorelasi kurang akurat terhadap beban pendinginan external sehingga melalui penelitian-penelitian, mereka mengubah nilai-nilai konstantanya sehingga menghasilkan suatu nilai ETTV&RTTV yang berkorelasi lebih akurat terhadap beban pendinginan external. Karena perubahan tersebut berubah pula syarat nilai maksimumnya yaitu 65 Watt/m<sup>2</sup>.

Perumusan ETTV&RTTV ini walaupun masih berupa draft namun telah dipakai sejak 1 Juli 2000 sebagai syarat perhitungan selubung bangunan yang hemat energi oleh pemerintah Singapura, sebagai pengganti peraturan *BCA Regulation 69 of the Building Control Regulations*.

Penelitian ini menghitung OTTV dan ETTV dari lima gedung yang diteliti dengan kondisi WWR existing; 0,20; 0,40; 0,60 dengan tujuan hendak melihat pada WWR berapakah gedung-gedung tersebut memenuhi syarat standar untuk nilai OTTV dan ETTV, sehingga para perencana bangunan dapat memilih WWR yang tepat agar gedung yang dirancangnya hemat energi.