

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Radiasi Matahari**

Pada SNI 03-6389-2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung, besar radiasi matahari pada bidang vertikal di Indonesia mulai dari yang terbesar ke terkecil yaitu dari orientasi Barat, Barat Laut, Barat Daya, Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, dan Selatan. Satuan yang digunakan untuk penerimaan energi radiasi matahari adalah watt per meter persegi ( $W/m^2$ ).

Lippsmeier (1980) menjelaskan bahwa sebelum radiasi matahari sampai di permukaan bumi, radiasi matahari melewati atmosfer yang mengandung uap air dan debu sehingga bisa mempengaruhi kekuatan radiasi matahari yang datang dengan energi radiasi (insolasi) tertinggi dapat dicapai jika radiasi matahari datang secara tegak lurus. Terdapat juga beberapa hal yang menyebabkan fluktuasi dalam nilai besar energi radiasi matahari.

- Perubahan insolasi absolut
- Berkurangnya energi di atmosfer
- Perubahan sudut jatuhnya radiasi
- Radiasi matahari yang tidak langsung

#### **2.2. Perpindahan Panas pada Permukaan Dinding**

Perpindahan panas (kalor) terjadi dikarenakan adanya perbedaan suhu antara dua benda dimana panas dialirkan dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin (Darmawan, 2007). Terdapat 3 jenis perpindahan kalor.

- Konduksi
- Konveksi
- Radiasi

Soegijanto (1998) menjelaskan bahwa pada bangunan ketiga jenis perpindahan tersebut terjadi setiap saat dengan bangunan akan menerima panas dan melepas panas ke lingkungan sekitar. Perpindahan secara konduksi terjadi pada atap dan dinding bangunan, perpindahan secara konveksi terjadi melalui ventilasi udara bangunan dan radiasi melalui permukaan dinding bangunan lingkungan sekitar dan radiasi matahari langsung dan refleksinya.

Perpindahan panas secara konduksi pada dinding bangunan terjadi akibat dari perbedaan panas dinding pada sisi luar dan sisi dalam. Pada sisi luar, dinding menerima panas secara radiasi dari sinar matahari yang sampai ke dinding. Akibat dari penerimaan panas ini sisi luar dinding bangunan menjadi lebih panas dari sisi dalam dinding. Perpindahan panas terjadi pada molekul-molekul dinding yang tetap berada di tempat masing-masing (Beets et al. 1982) dari molekul sisi luar dinding ke molekul sisi dalam dinding.

### 2.3. OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*)

Pada SNI 6389-2011 dijelaskan bahwa OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) adalah suatu besaran nilai perpindahan termal pada seluruh dinding bangunan. Cara perhitungan yang dilakukan yaitu dengan menghitung besaran perpindahan termal pada dinding orientasi tertentu yang kemudian dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai OTTV total dari seluruh bidang dinding bangunan.

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

Dengan:

$OTTV_i$  = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu ( $\text{Watt/m}^2$ ).

$\alpha$  = absorptansi radiasi matahari.

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

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

$TD_{Ek}$  = beda temperatur ekuivalen (K).

$SC$  = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

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

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

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

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

Dengan :

$A_{0i}$  = luas dinding pada bagian 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 persamaan

Nilai absorbtansi radiasi matahari ( $\alpha$ ) pada material tidak tembus pandang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai Absorbtansi Matahari pada Dinding Luar dan Atap Tak Tembus Cahaya

Bahan dinding luar	$\alpha$
Beton berat <sup>1)</sup>	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 aluminium yang dikilapkan	0,12

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

Sumber : SNI 6389- 2011

Untuk mendapatkan nilai transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ( $U_w$ ) dan nilai transmitansi termal fenetrasi ( $U_f$ ) maka dilakukan dengan perhitungan rumus.

$$U_w \text{ atau } U_f = \frac{1}{R_{total}}$$

Dengan :

$$R_{total} = \text{Resistensi termal total} = \sum_{i=0}^{i=n} R_i = R_{UP} + R_{UL} + R_K$$

Nilai resistansi total ( $R_{Total}$ ) merupakan total dari dari nilai resistans lapisan udara permukaan ( $R_{UP}$ ), nilai resistans lapisan udara luar ( $R_{UL}$ ), nilai resistans termal bahan ( $R_K$ ) dan nilai resistans termal rongga udara ( $R_{UR}$ ) jika dindingnya memiliki rongga udara.

Tabel 2.2 Nilai R

Jenis Permukaan		Resistans Termal R (m <sup>2</sup> .K/W)
Permukaan dalam (R <sub>UP</sub> )	Emisivitas tinggi <sup>1)</sup>	0,120
	Emisivitas rendah <sup>2)</sup>	0,299
Permukaan luar(R <sub>UL</sub> )	Emisivitas tinggi	0,044

Sumber : SNI 6389- 2011

Keterangan :

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

Untuk mendapatkan nilai R<sub>K</sub> didapatkan dengan perhitungan rumus.

$$R_K = \frac{t}{k}$$

Dengan :

t = Tebal bahan (m)

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

Tabel 2.3 Nilai k bahan bangunan

No.	Bahan bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	k (W/m.K)
1.	Beton	2400	1,448
2.	Beton ringan	960	0,303
3.	Beton dengan lapisan plester	1760	0,807
4.	Bata langsung dipasang tanpa plester		1,154
5.	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6.	Kaca lembaran	2512	1,053
7.	Papan gypsum	880	0,170
8.	Kayu lunak	608	0,125
9.	Kayu Keras	702	0,138
10.	Kayu lapis	528	0,148
11.	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12.	Fibreglass	32	0,035
13.	Paduan aluminium	2672	211
14.	Tembaga	8784	385
15.	Baja	7840	47,6
16.	Granit	2640	2,976
17.	Marmer/Batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298

Sumber : SNI 6389- 2011

Nilai beda temperatur ekuivalen ( $TD_{Ek}$ ) dapat dipengaruhi dengan beberapa hal, seperti tipe, massa dan densitas konstruksi, intensitas radiasi matahari dan lama penyinaran, lokasi dan orientasi bangunan, dan kondisi perancangan. Untuk penyederhanaan perhitungan OTTV, nilai  $TD_{Ek}$  dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Beda Temperatur Ekuivalen Dinding

Berat/Satuan Luas ( $kg/m^2$ )	$TD_{Ek}$
<125	15
126 ~ 195	12
>195	10

Sumber : SNI 6389- 2011

Nilai koefisien peneduh (SC) didapatkan dengan perhitungan rumus. Semakin kecil nilai SC, semakin baik kerja *shading device*.

$$SC = SC_K \times SC_{Ef}$$

Dengan:

SC = Koefisien peneduh sistem fenetrasi

$SC_K$  = Koefisien peneduh kaca

$SC_{Ef}$  = Koefisien peneduh efektif alat peneduh

Untuk menentukan nilai  $SC_{Ef}$ , digunakan kunci perhitungan sebagai berikut

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

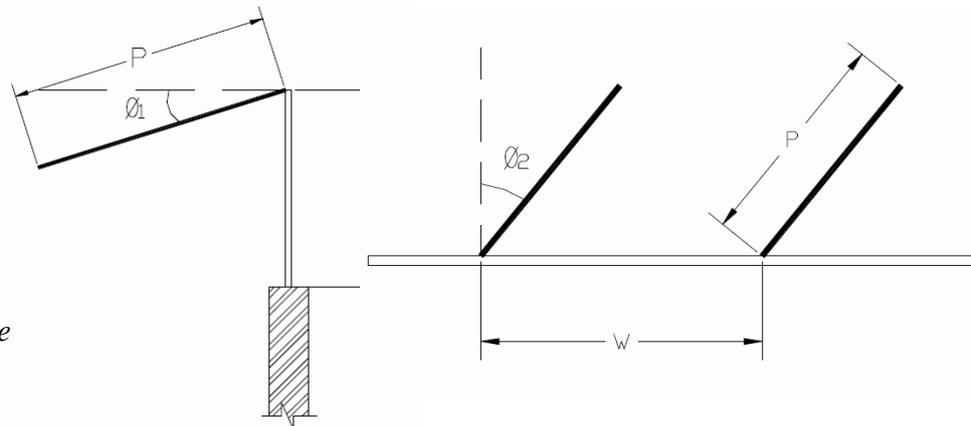
$$R_2 = \frac{P}{W}$$

Dengan :

P = Panjang *shading device*

H = Tinggi jendela

$\phi$  = Sudut kemiringan



Gambar 2.1 Proyeksi *shading device* mendatar dan vertikal  
Sumber: SNI 6389-2011

Sesudah mendapatkan nilai R dan  $\phi$ , nilai tersebut dibandingkan dengan tabel A.5 sampai dengan tabel A.16 yang terdapat di lampiran A pada SNI 6389-2011.

Nilai faktor radiasi matahari (SF) adalah nilai rerata faktor radiasi matahari yang diambil pada jam 07.00 sampai dengan 18.00 untuk bidang vertikal, dapat dilihat melalui tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Radiasi Matahari dari Berbagai Orentasi

Orientasi	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
	130	113	112	97	97	176	243	211

Sumber : SNI 6389-2011

## 2.4. Strategi Pembayangan

### 2.4.1. *Shading device*

*Shading device* merupakan salah satu elemen arsitektural yang berfungsi sebagai penangkal sinar matahari. *Shading device* merupakan alat yang paling efisien untuk menangkal panas sinar matahari langsung masuk ke dalam bangunan melalui jendela (Yeang, 2008). *Shading device* juga dapat digunakan sebagai alat untuk melindungi bangunan dari radiasi sinar matahari (Talarosha, 2005). *Shading device* (Syam, 2013 dalam Ariatsyah, 2016) terbagi dalam 2 jenis, yaitu :

- Tipe vertikal

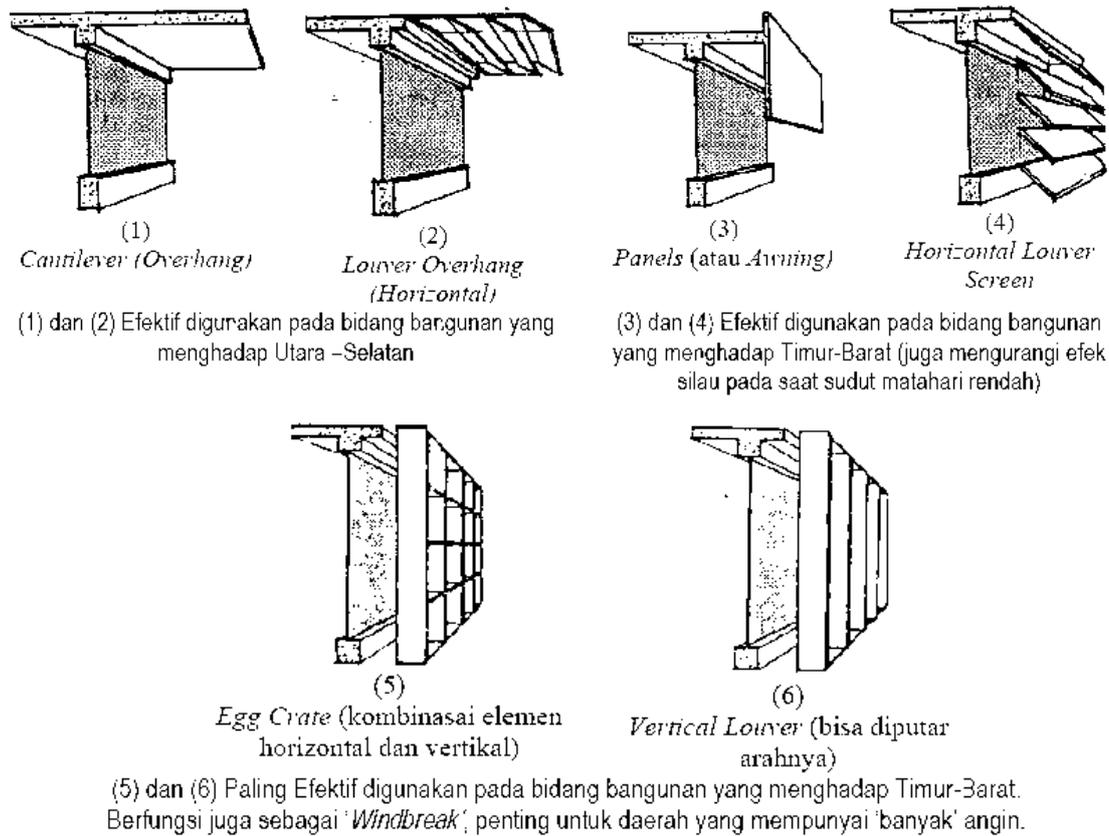
Merupakan *shading device* yang memberikan naungan dengan bentuk berdiri (vertikal). Jenis *shading device* ini efektif untuk membayangi bangunan dari sinar matahari yang datang dari arah bersudut.

- Tipe horizontal

Merupakan *shading device* yang memberikan naungan dalam bentuk horizontal. *Shading device* ini mampu melindungi bangunan dari sinar matahari yang datang dari sudut yang tegak.

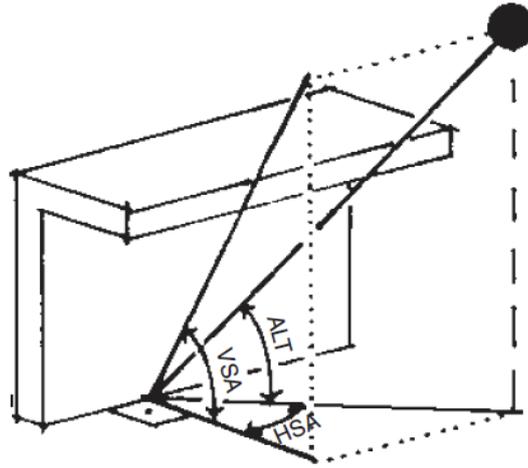
Yeang (2008) menjelaskan bahwa sisi Timur bangunan memerlukan *shading device* agar terlindungi dari sinar matahari pagi yang terik. Perlindungan dari sinar matahari utamanya memanfaatkan *shading device* tipe horizontal. Meski begitu, fasad Timur bangunan tetap memerlukan *shading device* tipe vertikal pada waktu-waktu tertentu. Hal tersebut juga dapat diterapkan pada sisi barat bangunan yang terkena sinar matahari sore. *Shading device* dengan tipe horizontal juga sangat efektif pada fasad bangunan sisi utara dan selatan terutama di area yang memiliki sudut matahari yang tinggi.

Selain itu, *shading device* dapat juga dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam seperti *overhangs*, *louvers*, *panels*, dan *egg crate* (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Jenis *shading device*  
 Sumber: Egan, 1975 dalam Talarosha, 2005

Perhitungan kebutuhan *shading device* pada bangunan sebaiknya dilakukan secara terpisah pada setiap fasadnya dikarenakan pengaruh sudut datangnya radiasi matahari pada setiap fasad bangunan yang berbeda (Lippsmeier, 1980). Terdapat dua jenis sudut bayangan matahari, yaitu sudut bayangan vertikal (SBV) atau *vertical shadow angle* (VSA) yang merupakan besar sudut cahaya matahari yang datang terhadap permukaan tanah datar, dan sudut bayangan horizontal (SBH) atau *horizontal shadow angle* (HSA) yang merupakan besar sudut cahaya matahari yang datang terhadap permukaan dinding.



Gambar 2.3 VSA dan HSA  
Sumber: Szokolay, 2004

Untuk mendapatkan besaran panjang *shading device* yang diperlukan digunakan rumus trigonometri.

$$X_{di} = \cot \theta^{\circ} \times Y_{di}$$

Dengan :

$X_{di}$  = Panjang *shading device* pada dinding i

$\theta$  = Sudut bayang vertikal

$Y_{di}$  = Tinggi jendela pada dinding i

#### 2.4.2. *Secondary skin*

*Secondary skin* atau yang disebut juga *double skin facade* merupakan sebuah lapisan tambahan pada fasad bangunan yang tidak menempel langsung dengan tembok bangunan. Lapisan ini dapat difungsikan sebagai pembayang dan juga penghalau panas (Rahayu, 2015, Secondary Skin Perisai Penahan Panas, <http://rumahwaskita.com/artikel/secondary-skin-perisai-penahan-panas/>, diakses tanggal 21 Mei 2018) sehingga radiasi sinar matahari tidak langsung mengenai fasad bangunan. Ruang diantara *secondary skin* dan fasad bangunan juga dapat berfungsi sebagai insulasi bangunan (Dewi et al. 2013).

## 2.5. Standar (Regulasi)

Menurut SNI 6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung, batas perolehan panas pada dinding dan atap suatu bangunan adalah 35 Watt/m<sup>2</sup>.

## 2.6. Studi Penelitian Terdahulu

Penelitian yang sejenis pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut melakukan penelitian mengenai pengaruh shading device pada fasad bangunan gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Penelitian yang dilakukan oleh Putri Nabila Zatibayani, mahasiswa Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, pada tahun 2015 dan dibimbing oleh dosen Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya juga, yaitu Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D dan Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh dosen arsitektur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknik Negeri Malang, Putri Herlia Pramitasari dan Suryo Tri Harjanto. Penelitian yang dilakukan keduanya menggunakan metode yang sama, yaitu menggunakan metode simulasi dengan program Autodesk Ecotect Analysis 2012.

Penelitian lainnya yang menggunakan OTTV dilakukan oleh Feri Harianto dan Anastasia Fairanie Gozali. Mereka meneliti besar nilai OTTV pada gedung Grand Graha Galaxy Surabaya. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan tidak menggunakan program bantuan, melainkan dengan perhitungan langsung dengan rumus.

Tabel 2.6 Studi Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis (tahun)	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi ke penelitian
1.	Pengaruh Shading Devices terhadap Penerimaan Radiasi Matahari Langsung pada Fasad Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya	Putri Nabila Zatibayani, Agung Murti Nugroho, dan Herry Santosa (2015)	Memberikan rekomendasi <i>shading device</i> yang dapat mengurangi penerimaan radiasi matahari	Simulasi	Penurunan penerimaan radiasi matahari pada semua fasad bangunan dari hasil rekomendasi <i>shading device</i>	Acuan teori dan metode penelitian
2.	Pengaruh Elemen Peneduh Terhadap Penerimaan Kalor Pada Rumah Susun Di Kota Malang	Putri Herlia Pramitasari dan Suryo Tri Harjanto (2016)	Mengetahui kebutuhan <i>shading device</i> pada bangunan dan memmmberikan rekomendasi <i>shading device</i>	Simulasi	Rekomendasi <i>shading device</i> pada sisi fasad bangunan yang paling membutuhkan	Acuan teori dan metode penelitian

			yang dapat mengurangi penerimaan radiasi matahari			
3.	Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Gedung Graha Galaxy Surabaya	Feri Harianto dan Anastasia Fairanie Gozali (2013)	Mengetahui kesesuaian besar nilai OTTV dan RTTV bangunan dengan standar serta besar beban pendinginan bangunan	Evaluasi	Menemukan besar nilai OTTV dan RTTV yang sesuai dengan standar dan pengaruh terbesar beban pendingi	Acuan teori dan metode perhitungan OTTV

Pada penelitian yang dilakukan Zatibayani, peneliti melakukan perhitungan simulasi pada seuruh dinding bangunan sehingga setiap sisi bangunan mendapatkan rekomendasi *shading device*. Untuk penelitian yang dilakukan oleh Pramitasari dan Harjanto yang juga melakukan metode simulasi yang sama, tetapi hanya menghitung sisi dinding bangunan yang dianggap memerlukan *shading device*. Maka metode yang digunakan pada penelitian ini juga akan menggunakan simulasi menggunakan program komputer seperti penelitian yang dilakukan oleh Zatibayani dan Pramitasari, juga akan mempertimbangkan sisi mana saja yang memerlukan *shading device* seperti penelitian Pramitasari. Penelitian ini juga akan melakukan perhitungan OTTV seperti pada penelitian yang dilakukan Harianto yang tidak dilakukan pada kedua penelitian sebelumnya. Perhitungan OTTV ini akan digunakan untuk mengetahui apakah *shading device* rekomendasi sudah dapat memenuhi standar atau tidak.

## 2.7. Kerangka Teori

Berikut adalah kerangka teori yang digunakan dalam penelitian ini.

