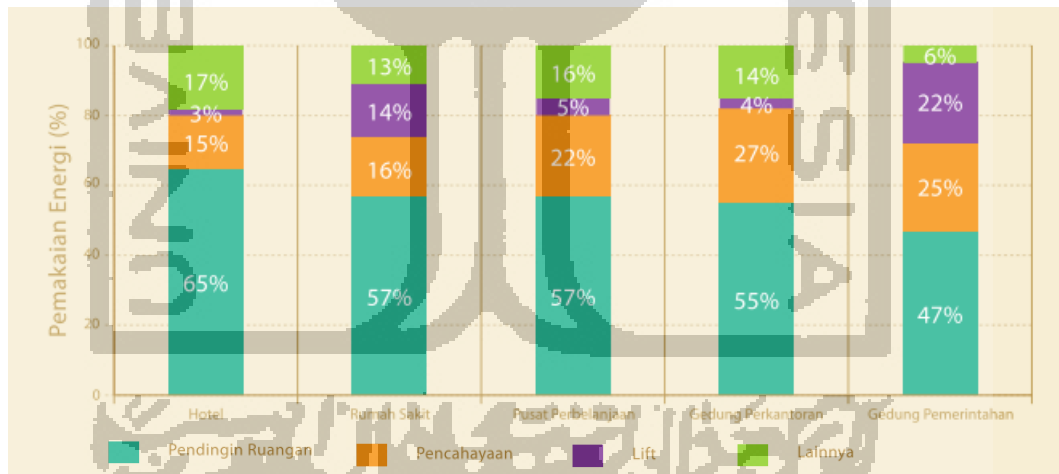


BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

1.1. Konservasi Energi

Konservasi energi menurut SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan adalah upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan untuk menghindari pemakaian energi yang berlebihan (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Pengertian lain dari konservasi energi adalah upaya untuk melestarikan, menggunakan, dan mengeluarkan energi seefisien mungkin sehingga dapat digunakan sesuai kebutuhannya tanpa mengurangi kenyamanan dan fungsi sebuah ruang (Gozali, Anastasia Fairanie; Feri, 2013). Pada bangunan, konservasi energi terkadang dikaitkan dengan besar kecilnya penggunaan sistem penunjang bangunan. Terdapat berbagai macam sistem penunjang dalam bangunan, namun pada Gambar 2.1 Rincian Konsumsi Energi di Berbagai Tipe Bangunan menjelaskan secara singkat penggunaan energi untuk menunjang bangunan.



Gambar 2.1 Rincian Konsumsi Energi di Berbagai Tipe Bangunan

Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012)

Jika meninjau gambar diatas, sistem penunjang bangunan dibagi menjadi 4 yaitu pendingin ruangan, pencahayaan, lift (transportasi mekanik), dan lainnya dimana bangunan yang digunakan sebagai pembanding adalah hotel, rumah sakit, pusat perbelanjaan, gedung perkantoran, dan gedung pemerintahan. Dari keempat sistem penunjang bangunan di berbagai tipe bangunan, diketahui bahwa pendinginan

ruangan paling banyak menggunakan energi diikuti oleh pencahayaan, lift, dan lainnya. Sehingga dari isu tersebut, penelitian ini akan difokuskan kepada pendinginan kaitanya dalam meminimalkan panas yang masuk dalam bangunan dengan pengendalian termal dan pencahayaan dalam bangunan.

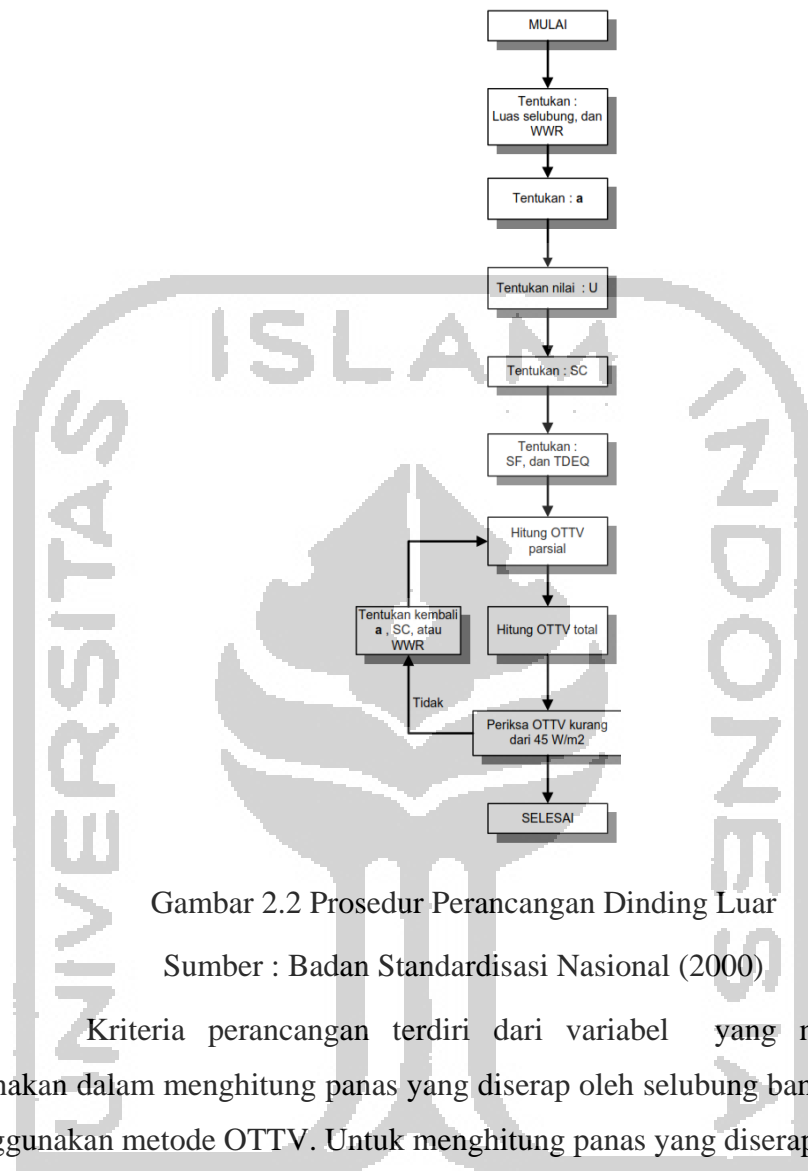
1.2. Selubung Bangunan

Selubung bangunan terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi dll. Selubung bangunan memiliki peran penting dalam mengurangi konsumsi energi untuk pendinginan dan pencahayaan (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012a). Bentuk desain selubung bangunan rumah tinggal tidak lepas dari pertimbangan kondisi iklim tropis dan lingkungan sekitar. Bentuk pembayangan pada bangunan merupakan upaya dalam mengantisipasi iklim tropis untuk mencapai kondisi termal yang nyaman dalam bangunan. Penyelesaian disain fasade harus dibuat tidak diseragamkan antara yang menghadap barat, timur selatan atau utara. Karena pada prinsipnya deretan rumah yang menghadap ke barat dan ke selatan memiliki permasalahan yang berlainan apabila dilihat dari aspek lintasan matahari.

Salah satu cara untuk menghitung jumlah panas yang diserap oleh selubung bangunan adalah dengan perhitungan OTTV. OTTV (Overall Thermal Transfer) adalah luas perbandingan jendela dengan dinding, absorbansi baik material dinding maupun *finishing*, nilai transmitansi dinding dan bukaan, beda ekuivalen, faktor peneduh, dan faktor rerata radiasi matahari. Untuk menghitung OTTV, prosedur yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.2 Prosedur Perancangan Dinding Luar.

Langkah pertama adalah menentukan luas selubung. Luas selubung (WWR) dicari dengan menghitung luas dinding dan luas jendela. Setelah kedua luas tersebut ditemukan, maka luas selubung dapat dihitung dengan membandingkan luas dinding dengan luas jendela. Langkah kedua adalah menentukan nilai absorbansi. Nilai absorbansi dapat dilihat pada Tabel 2.1 Absorbansi Radiasi

Matahari Permukaan. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai absorptansi ditentukan oleh jenis material dan warna cat pada dinding luar. Langkah ketiga adalah menentukan nilai transmitansi termal (nilai U). Untuk mencari nilai U, tipe konstruksi dari dinding maupun fenestrasi (jendela) harus diketahui terlebih dahulu. Setelah mengetahui tipe konstruksi dinding dan bukaan yang tepat, nilai U dapat dicari dengan melihat Tabel 2.2 Nilai Transmittansi Dinding Tak Tembus Cahaya untuk melihat nilai transmitansi beberapa tipe konstruksi dinding dan untuk melihat nilai transmitansi termal fenestrasi. Langkah keempat adalah menentukan SC. SC dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar. Langkah kelima, menentukan SF dan TDEK. TDEK dapat dicari dengan menghitung berat jenis dari material dinding. Setelah ditemukan, maka konstruksi dinding yang dievaluasi dapat dikategorikan apakah merupakan dinding dengan konstruksi ringan, sedang, atau berat. Kemudian nilai TDEK dapat dilihat pada Tabel 2.3 Beda Suhu Ekuivalen untuk Dinding (ΔT_{eq}). Untuk SF dapat dicari dengan Tabel 2.4 Faktor Rerata Radiasi Matahari dan disesuaikan dengan orientasi yang akan dicari. Langkah keenam menghitung OTTV parsial yaitu OTTV sementara di setiap orientasi bangunan. Langkah ketujuh adalah mencari OTTV total dengan menjumlahkan OTTV parsial tiap orientasi. Langkah terakhir adalah mengevaluasi hasil OTTV total apakah lebih dari 45 W/m^2 atau tidak. Jika lebih dari 45 W/m^2 , maka evaluasi kembali bangunan dilihat dari nilai absorptansi, SC atau WWR kemudian ulangi langkah kelima hingga nilai OTTV total kurang dari 45 W/m^2 .



Gambar 2.2 Prosedur Perancangan Dinding Luar

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2000)

Kriteria perancangan terdiri dari variabel yang nantinya akan digunakan dalam menghitung panas yang diserap oleh selubung bangunan dengan menggunakan metode OTTV. Untuk menghitung panas yang diserap oleh dinding, variabel yang dibutuhkan adalah nilai absorptansi termal, transmitansi termal dinding tak tembus cahaya, perbandingan luas jendela dengan luar dinding (WWR), beda temperatur ekuivalen, koefisien peneduh, faktor radiasi, transmitansi termal fenestrasi, dan beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

1. Nilai Perpindahan Termal Menyeluruh

$$\text{OTTV} = a \cdot [(U_w \times (1 - \text{WWR})] \times \Delta T_{eq} + (\text{SC} \times \text{WWR} \times \text{SF}) + (\text{U}_f \times \text{WWR} \times \text{DT}) \dots \dots \dots (1)$$

Sedangkan untuk perhitungan OTTV pada seluruh dinding, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$OTTV_{total} = \frac{(OTTV1 \times A1) + (OTTV2 \times A2) + (OTTV3 \times A3) + (OTTV4 \times A4)}{A1 + A2 + A3 + A4} \quad (2)$$

- OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m²)
- a = Absorbansi termal
- U_w = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (W/m².K)
- WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.
- ΔT_{eq} = Beda temperatur ekuivalen dinding (K)
- SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
- SF = Faktor radiasi matahari (W/m²)
- U_f = Transmittansi termal fenestrasi (W/ m².K)
- DT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K)

2. Absorbansi Termal (a)

Untuk menghitung absorbansi permukaan yang di cat adalah rata-rata dari absorbansi bahan dinding dan absorbansi cat :

$$\alpha = \frac{(\alpha_w + \alpha_p)}{2} \quad (3)$$

Tabel 2.1 Absorbansi Radiasi Matahari Permukaan

Bahan Dinding Luar	α _w	Cat Dinding Luar	α _p
Beton berat (untuk bangunan nuklir)	0.91	Hitam merata	0.95
Bata merah	0.89	Pernis hitam	0.92
Bitumen Lembaran	0.88	Abu – abu tua	0.91
Batu sabak	0.87	Pernis biru tua	0.91
Beton ringan	0.86	Cat minyak hitam	0.90

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum dalam Satwiko (2004)

Dari Tabel 2.1 Absorbansi Radiasi Matahari Permukaan diketahui bahwa nilai absorbansi ditentukan oleh material yang digunakan dan cat dinding luar. Jika dinding menggunakan material dengan kerapatan tinggi maka nilai absorbansi akan semakin besar dibanding dengan menggunakan materil yang memiliki kerapatan yang rendah. Selain itu, nilai absorbansi juga akan semakin kecil bila menggunakan material yang memiliki sifat memantulkan. Untuk penggunaan cat semakin gelap warna dari cat, maka nilai absorbansi semakin besar karena warna gelap dapat menyerap panas matahari. Sedangkan, cat dengan kemampuan selektif memiliki nilai absorbansi yang kecil karena memantulkan panas yang masuk.

3. Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (U_w)

Tabel 2.2 Nilai Transmittansi Dinding Tak Tembus Cahaya

Tipe Konstruksi	Transmittansi, U (W/m ² degC)
Batubata, tidak diplester, tebal 114 mm	3.64
Batubata, diplester kedua sisinya, tebal 114 mm	3.24
Batubata, tidak diplester, tebal 228 mm	2.67
Batubata, diplester kedua sisinya, tebal 228 mm	2.44
Beton padat biasa, tebal 152 mm	3.58

Sumber: Koenigsberger dalam Satwiko (2004)

Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya adalah nilai yang menunjukkan besarnya panas yang dihantarkan oleh material dinding. Semakin besar nilai transmittansi sebuah material, maka material tersebut semakin mudah menghantarkan panas sehingga dapat menimbulkan kenaikan suhu ruang (Latifah, Fisika Bangunan 1, 2015). Dari Tabel 2.2 Nilai Transmittansi Dinding Tak Tembus Cahaya, dapat diketahui bahwa setiap tipe konstruksi dinding memiliki nilai transmittansi yang berbeda (U). Dari tabel tersebut, nilai transmittansi ditentukan oleh jenis material utama, *finishing*, dan ketebalan material yang digunakan.

4. Transmittansi termal fenestrasi (U_f)

Transmittansi termal fenestrasi adalah nilai yang menunjukkan besarnya panas yang dihantarkan oleh material kaca. Semakin besar nilai transmittansi sebuah material, maka material tersebut semakin mudah menghantarkan panas sehingga dapat menimbulkan kenaikan suhu ruang (Latifah, Fisika Bangunan 1, 2015).

5. Beda temperatur ekuivalen dinding (ΔT_{eq})

Tabel 2.3 Beda Suhu Ekuivalen untuk Dinding (ΔT_{eq})

Konstruksi Dinding	Berat/ Satuan Luas (kg/m ²)	$\Delta T_{eq} = (K)$
Ringan	< 125	15
Sedang	126 – 195	12
Berat	> 195	10

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum dalam Satwiko (2004)

Beda ekuivalen dinding ditentukan oleh berat per satuan luas dari dinding. Untuk menentukan berapa besar berat per satuan luas, digunakan perhitungan dengan menggunakan berat jenis material dikalikan dengan tebal material dari satu buah material utama. Hasil dari perhitungan tersebut akan menghasilkan berat material persatuan luas yang nantinya digunakan untuk menggolongkan jenis konstruksi material yang digunakan sehingga dapat menghasilkan nilai dari beda suhu ekuivalen.

6. Faktor rerata radiasi matahari (SF)

Nilai SF pada penelitian ini dicari dengan menggunakan software ecotect dengan menggunakan 3D bangunan yang akan dicari. Hasil akhir perhitungan dari ecotect nantinya dalam satuan Wh/m², sehingga harus dibagi terlebih dahulu dengan lama penyinaran sehingga menghasilkan satuan akhir W/m². Tabel 2.6 merupakan contoh faktor rerata radiasi matahari di Bandung. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai SF paling besar adalah bidang yang menghadap barat yang memiliki nilai SF 154.88 W/m², sedangkan bidang yang menghadap selatan merupakan bidang yang memiliki nilai SF paling kecil yaitu sebesar 98 W/m². Dari seluruh nilai faktor rerata radiasi matahari di Bandung, jika dirata rata adalah 134.27W/m².

Tabel 2.4 Faktor Rerata Radiasi Matahari

Orientasi	Nilai SF (W/m ²)
Utara	132.69
Timur	150.18
Selatan	98.00
Barat	154.88

Sumber: Pemerintah Kota Bandung (2015)

7. Koefisien Peneduh (SC)

Koefisienpeneduh tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi :

$$SC = SC_K \times SC_{EF} \dots\dots\dots (3)$$

SC = Koeffisien peneduh sistem fenestrasi

SC_K = Koeffisien peneduh kaca

SC_{EF} = Koeffisien peneduh efektif alat peneduh

$$SHGC = 0.86 \times SC$$

Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, sedangkan nilai koefisien peneduh efektif dihitung dengan menggunakan rumus :

$$SC_j = \frac{(G \times I_L) + I_D}{I_T} \dots\dots\dots (4)$$

IT = Radiasi total (IT = ID + IL).

ID = Radiasi difus.

IL = Radiasi langsung

Rumus tersebut merupakan rumus mencari nilai koefisien peneduh tiap jam. Untuk mencari nilai koefisien peneduh tiap harinya, gunakan rumus sebagai berikut :

$$SC_H = \frac{\sum_{j=1}^{j=12} (A_{EK} \times I_L + A \times I_D)}{\sum_{j=1}^{j=12} (A \times I_T)} \dots\dots\dots (5)$$

Sedangkan untuk mencari nilai koefisien peneduh tiap tahunnya, akan memakan waktu. Untuk tidak memakan waktu dan karena tingkat ketelitian bukanlah faktor yang sangat kritis, maka perhitungan SC cukup didasarkan atas bulan-bulan representatif dalam setahun, yakni bulan Maret, Juni, September dan Desember.

Hari-hari representative dari keempat bulan tersebut adalah tanggal : 21 Maret, 22 Juni, 23 September dan 22 Desember. Gunakan rumus sebagai berikut:

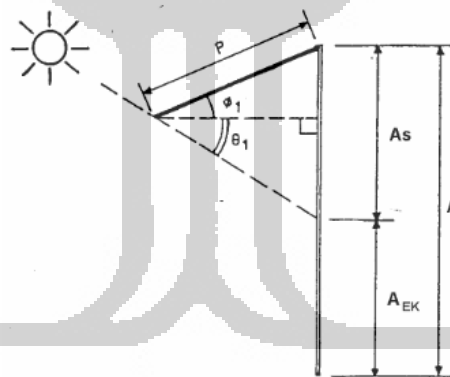
$$SC_T = \frac{\sum_M((GxI_L)+I_D) + \sum_J((GxI_L)+I_D) + \sum_S((GxI_L)+I_D) + \sum_D((GxI_L)+I_D)}{\sum_M I_T + \sum_J I_T + \sum_S I_T + \sum_D I_T} \dots (6)$$

Nilai G adalah fraksi luar bagian jendela yang ekspos oleh matahari. Nilai G ditentukan menurut jenis peneduh yang digunakan. Untuk peneduh horizontal, ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.3 Peneduh Horizontal. Sedangkan untuk mencari nilai G, rumus yang digunakan untuk mencari nilai G sebagai berikut :

$$G1 = 1 - R. (\sin \phi_1 + \cos \phi_1 . \tan \theta_1) \dots \dots \dots (7)$$

θ_1 = Sudut bayangan vertikal

ϕ_1 = Sudut proyeksi dari sirip horizontal terhadap bidang horizontal

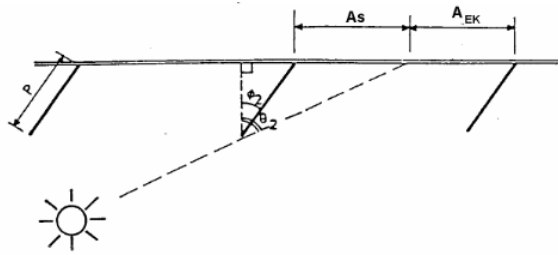


Gambar 2.3 Peneduh Horizontal

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000)

Sedangkan untuk peneduh vertikal ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.3 Peneduh Horizontal. Untuk mencari nilai G peneduh vertikal, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$G2 = 1 - R. (\sin \phi_2 + \cos \phi_1 . \tan \theta_2) \dots \dots \dots (8)$$



Gambar 2.4 Peneduh Vertikal

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000)

Untuk mencari nilai R baik untuk peneduh vertikal maupun horizontal adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (9)$$

P = Panjang shading

A = Luas Total Jendela ($A=A_S+A_{EK}$)

A_S = Luas bagian jendela yang terlindungi (shaded area)

A_{EK} = Luas bagian jendela yang terekspos (exposed area)

1.3. Pencahayaan Alami

Pencahayaan dalam bangunan terbagi menjadi 2, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Perbandingan mengenai pencahayaan alami dan buatan dibagi berdasarkan sumber cahaya, jenis energi, intensitas cahaya, kuat penerangan, kualitas warna cahaya, kualitas warna objek yang dikenai cahaya, dan efek penyilauan. Perbandingan mengenai pencahayaan alami dan buatan dapat dilihat pada Tabel 2.5 Perbandingan Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan dibawah ini.

Tabel 2.5 Perbandingan Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan

Pembanding	Jenis Pencahayaan	
	Pencahayaan Alami	Pencahayaan Buatan
Sumber cahaya	Cahaya matahari dan cahaya langit	Sistem cahaya
Jenis energi	Terbarukan	Tidak terbarukan
Intensitas cahaya	Tergantung cuaca dan waktu	Dapat direncanakan dan stabil
Kuat penerangan	Tergantung cuaca dan waktu	Dapat direncanakan dan stabil
Kualitas warna cahaya	Putih tunggal dengan spektrum cahaya lengkap	Tiga jenis putih dengan spektrum cahaya terbatas
Kualitas warna objek yang dikenai cahaya	Tampak alami dengan Ra. 100%	Sulit terlihat alami pada Ra. 100%
Efek penyilauan	Fluktuatif dan hanya dapat diantisipasi	Dapat dikontrol

Sumber: Latifah (2015)

Pencahayaan alami menurut Tabel 2.5 Perbandingan Pencahayaan Alami dan Pencahayaan Buatan adalah penggunaan cahaya yang berasal dari cahaya matahari dan cahaya langit hasil pemantulan dari cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari stabil sehingga menghasilkan kuat penerangan yang stabil juga. Berbeda dengan intensitas cahaya matahari yang stabil, intensitas cahaya langit fluktuatif karena dipengaruhi oleh waktu dan cuaca. Akibatnya kuat penerangan cahaya langit juga fluktuatif. Kualitas warna pencahayaan alami sangat baik karena memiliki spektrum lengkap sehingga kualitas warna objek yang dikenai cahaya akan sesuai dengan warna asli objek tersebut. Pada kondisi tertentu, cahaya alami dapat menimbulkan efek silau karena memiliki luminasi yang cukup tinggi sehingga perlu diantisipasi agar diperoleh kenyamanan visual.

Berbeda dengan pencahayaan alami, pencahayaan buatan berasal dari sistem cahaya berenergi terbatas (tidak terbarukan) di alam, contohnya energi listrik. Karena tidak dipengaruhi waktu dan cuaca, maka intensitas dan kuat penerangan cahaya buatan stabil dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Untuk kualitas warna cahaya, cahaya buatan terbagi atas tiga jenis warna putih yaitu kekuningan, netral, dan kebiruan. Karena spektrum warna cahaya yang terbatas,

maka sulit diperoleh warna sesuai dengan warna asli objek. Untuk efek silau yang ditimbulkan pada cahaya buatan terjadi jika terjadi kontras yang berlebih antara cahaya dengan objek yang dikenai cahaya sehingga cahaya buatan harus direncanakan dengan baik agar luminas dapat dikontrol.

Standar pencahayaan yang umum digunakan terdapat dalam SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Standar tersebut terbagi berdasarkan ruang (Lihat Tabel 2.6 Tingkat Pencahayaan Rata-Rata, Renderansi dan Temperatur Warna yang Direkomendasikan).

Tabel 2.6 Tingkat Pencahayaan Rata-Rata, Renderansi dan Temperatur Warna yang Direkomendasikan

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderansi Warna	Temperatur Warna		
			Warm White <3300K	Cool White 3300-5300K	Daylight >3300K
Teras	60	1/2	•	•	
Ruang Tamu	120-250	1/2		•	
Ruang Makan	120-250	1/2	•		
Ruang Kerja	120-250	1		•	•
Kamar Tidur	120-250	1/2	•	•	
Kamar Mandi	250	1/2		•	•
Dapur	250	1/2	•	•	
Garasi	60	3/4		•	•

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2000a)

Dalam tabel tersebut terdapat beberapa ruang dengan masing masing tingkat pencahayaan, kelompok rederasi warna, dan temperatur warna. Namun, karena kelompok rederasi warna dan temperatur warna hanya dapat dikontrol untuk pencahayaan buatan, maka fokus pembahasan hanya pada fungsi ruang dengan tingkat pencahayaannya. Dalam tabel, diketahui bahwa teras dan garasi memiliki tingkat pencahayaan sebesar 60 lux. Untuk ruang tamu, ruang makan, ruang kerja, kamar tidur memiliki tingkat pencahayaan 120-250 lux. Sedangkan untuk kamar mandi dan dapur memiliki tingkat pencahayaan 250 lux.

Selain standar dari SNI, terdapat juga standar yang dapat diterapkan pada sebuah ruang berdasarkan jenis pekerjaannya, dimana standar tersebut diresmikan oleh Kopeleb (1991) dalam Latifah (2015) (Lihat Tabel 2.7 Kuat Penerangan

Minimum yang Dibutuhkan berdasarkan Macam Pekerjaan). Pada tabel diketahui macam pekerjaan terbagi menjadi 3, yaitu pencahayaan untuk daerah yang tidak digunakan terus menerus dengan rentang kuat cahaya 20-100 lux, pencahayaan untuk bekerja dalam ruangan dengan rentang kuat cahaya 200-400 lux, dan pencahayaan setempat untuk pekerjaan teliti dengan rentang kuat cahaya 750-2000 lux.

Tabel 2.7 Kuat Penerangan Minimum yang Dibutuhkan berdasarkan Macam Pekerjaan

No	Macam Pekerjaan	Lux	Contoh
1.	Pencapaian untuk daerah yang tidak digunakan terus menerus	20	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminasi minimum • Parkir dan area sirkulasi dalam ruang • Kamar tidur hotel
		50	
		100	
2.	Pencapaian untuk bekerja dalam ruangan	200	<ul style="list-style-type: none"> • Membaca dan menulis tidak intensif • Pencapaian umum untuk kantor, toko, membaca, menulis • Ruang gambar
		300	
		400	
3.	Pencapaian setempat untuk pekerjaan teliti	750	<ul style="list-style-type: none"> • Pembacaan untuk koreksi tulisan • Gambar yang sangat teliti • Pekerjaan rinci dan presisi
		1000	
		2000	

Sumber: Latifah (2015)

Kuat cahaya yang diharapkan untuk ruang tidur pada Proyek Rumah Kost Eksklusif Kragilan adalah minimum 200 lux. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh standar SNI dimana untuk ruang tidur rentang pencahayaan adalah 120-250 lux. Namun, terdapat, pertimbangan lain yaitu berdasarkan pekerjaan yang ada didalamnya, dimana dalam ruang tidur tersebut nantinya digunakan sebagai ruang membaca dan menulis, maka diambil kuat cahaya tengah antara fungsi membaca dan menulis tidak intensif sebesar 200 lux. Hal tersebut tentunya menjadi batasan penelitian bahwa fokus pencahayaan alami adalah ruang kamar tidur.

1.4. Strategi Desain

Strategi desain yang akan difokuskan dalam subbab ini adalah strategi desain terkait dengan pengendalian termal dan pencahayaan alami. Strategi desain digunakan untuk mengetahui dan membandingkan apakah terdapat kesamaan

dalam strategi desain dari termal dan pencahayaan alami. Dari kesamaan strategi desain tersebut, nantinya akan digunakan sebagai aspek yang dievaluasi dan dibandingkan dengan desain eksisting untuk memperoleh desain yang optimal secara energi yang dikeluarkan, dan kuat cahaya alami yang sesuai standar.

1.4.1. Strategi Desain Selubung Bangunan terkait Pengendalian Termal

Terdapat strategi yang dapat digunakan untuk mengendalikan termal dengan mengurangi besarnya penyerapan radiasi pada selubung bangunan. Seberapa banyak konsumsi energi listrik yang ada didalam bangunan tergantung dengan bagaimana sebuah desain dapat memanfaatkan strategi yang ada. Strategi tersebut yaitu penggunaan selubung ganda (*secondary skin*), pemilihan arah hadap (orientasi bangunan), bentuk bangunan, bukaan, peneduh, dan pemilihan material.

1. Selubung Ganda (*Secondary Skin*)

Desain bangunan terkadang hanya dipandang sebagai estetika bangunan, namun dibalik dari desain tersebut dapat memberikan pengaruh baik buruknya penghawaan pada bangunan (Sartono, 2014). Desain bangunan yang di desain dengan baik akan memikirkan bagaimana caranya untuk mengurangi perambatan radiasi matahari, sehingga ruang yang terbentuk di dalamnya akan memiliki penghawaan yang nyaman. Dengan penghawaan yang nyaman maka aktifitas di dalamnya dapat berjalan dengan lancar. Namun, jika bangunan di desain tanpa memikirkan bagaimana untuk mengurangi perambatan radiasi matahari, maka akan menimbulkan penghawaan ruang yang tidak nyaman. Untuk menjadi nyaman, biasanya bangunan mengandalkan penghawaan buatan yang berimbas pada kenaikan konsumsi energi pada bangunan.

Salahsatu solusi termal pada selubung bangunan yang saat ini banyak digunakan adalah *secondary skin* (selubung ganda). Selubung ganda tidak hanya dapat mempercantik fasad bangunan, namun memiliki fungsi lain terutama pada termal. Dengan *secondary skin* radiasi yang masuk tidak langsung merambat pada bangunan, tapi akan diterima terlebih dahulu oleh *secondary skin* tersebut.

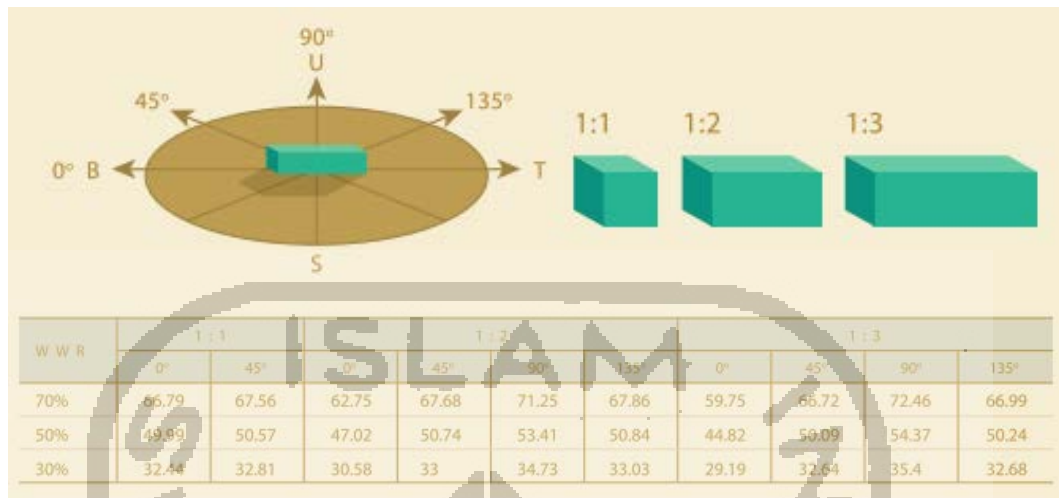
2. Bentuk dan Orientasi Bangunan

Bentuk dan orientasi bangunan adalah salah satu faktor yang harus yang berpengaruh pada jumlah transmisi matahari yang diterima bangunan. Bentuk dan orientasi bangunan yang menghadap arah lintasan matahari dapat menyebabkan dinding menyerap panas lebih banyak. Hal tersebut sangat berpengaruh terutama jika lokasi berada di wilayah garis khatulistiwa. Karakter iklim di wilayah garis khatulistiwa menjadi sensitif untuk masalah baik bentuk maupun orientasi bangunan karena menyangkut arah lintasan matahari. Untuk arah penyinaran timur dan barat yang mendapatkan paparan radiasi matahari lebih banyak dibandingkan arah utara dan selatan akan membuat suhu dalam bangunan naik (Sartono, 2014). Namun prinsip tersebut tidak selalu dapat dilakukan jika lahan pada bangunan terbatas dan arahnya memanjang ke arah Timur dan Barat, contohnya seperti rumah kos eksklusif Kragilan.

3. Bukaan

Menurut Aksamija, bukaan merupakan salah satu akses radiasi matahari dapat masuk ke dalam bangunan sehingga akan memanaskan ruang dan menaikkan suhu udara dalam ruangan tersebut. Sebuah bukaan harus mempertimbangkan besarnya bukaan dan material yang digunakan agar mengurangi radiasi matahari yang masuk. Ukuran bukaan yang lebar dan tinggi tidak selalu menjadi solusi yang tepat untuk sebuah bangunan. Untuk beberapa kasus, bukaan kecil dan pendek justru lebih efektif. Dalam hal tersebut, terdapat strategi yang dapat dilakukan untuk mengatasi pemilihan bukaan (Aksamija, 2013), yaitu :

- a. Mencari *window to wall ratio* yang optimal.
- b. Mencari material kaca dengan karakteristik performa yang baik terutama pada koefisien perpindahan panas matahari dan U-value.
- c. Menambahkan elemen shading pada desain untuk mengurangi panas yang masuk ke dalam.



Gambar 2.5 Pengaruh Orientasi, Bentuk Bangunan, dan Bukaian terhadap Transmisi Panas dalam Bangunan
 Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012)

Telah dijelaskan bahwa salah satu strategi untuk memilih bukaian adalah *window to wall ratio* (WWR). Pembuktian pengaruh WWR terhadap transmisi panas pada bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.5 Pengaruh Orientasi, Bentuk Bangunan, dan Bukaian terhadap Transmisi Panas dalam Bangunan. Pada gambar tersebut diketahui bahwa terdapat 3 prosentase WWR, yaitu 70%, 50% dan 30% di berbagai bentuk dan orientasi bangunan. Jika ditinjau dari salah satu bentuk bangunan dan orientasi (bentuk bangunan 1:1 dengan orientasi 0°), diketahui bahwa bangunan yang memiliki WWR 70% menyerap panas sebesar 66.79 W/m², WWR 50% menyerap panas sebesar 49.99 W/m², dan WWR 30% menyerap panas sebesar 32.44 W/m². Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil luas bukaian terhadap dinding maka panas yang diserap akan semakin kecil. Namun, jika ditinjau dari sisi pencahayaan maka akan sedikit cahaya yang masuk sehingga kuat cahaya dalam ruang semakin kecil.

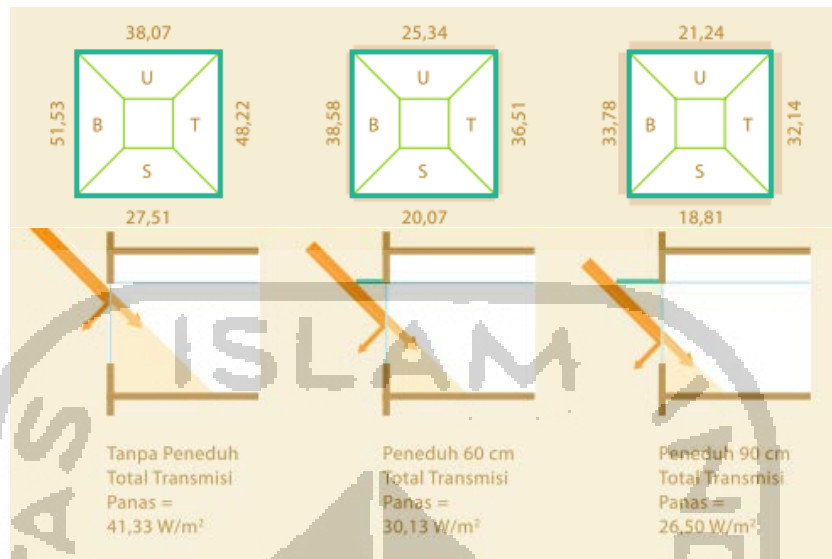
Material kaca memiliki jenis yang bermacam macam. Terdapat 4 tolak ukur untuk melihat baiknya performa kaca, yaitu daya transmisi radiasi matahari (*solar transmittance*), daya serap radiasi matahari (*solar absorptance*), daya pantulan radiasi matahari (*solar reflectance*), dan daya transmisi cahaya (*visible transmittance*). Karakteristik transmisi termal material kaca ditentukan oleh 2 sifat, konduksi dan radisi. Sifat konduksi untuk menentukan nilai U dari material

kaca. Sedangkan, sifat radiasi digunakan untuk menentukan nilai SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*) atau koefisien perolahan panas matahari dan SC (*Solar Coefficient*) atau koefisien peneduh. Semakin kecil nilai U dan SGHC maka akan semakin efektif dalam mengurangi koefisien energi. Sedangkan dari 2 nilai tersebut, sebaiknya memilih material kaca dengan SGHC yang lebih kecil daripada memilih nilai U yang kecil dengan SGHC yang besar (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012a).

4. Peneduh

Peneduh adalah perangkat yang sangat efektif untuk mengurangi konsumsi energi. Dengan menggunakan peneduh, bangunan akan terlindung dari radiasi matahari. Peneduh di bangunan memiliki 2 macam, yaitu peneduh eksternal dan peneduh internal. Peneduh eksternal adalah perangkat pelindung yang didesain diluar bangunan, sedangkan peneduh internal adalah perangkat pelindung yang didesain didalam bangunan.

Peneduh eksternal terdiri dari shading horizontal yang biasa dikenal dengan overhang dan shading vertikal yang biasa. Baik shading horizontal maupun vertikal memiliki kemampuan masing masing. Untuk shading horizontal ini, efektif untuk jendela yang menghadap selatan – utara yang mana sudut datang radiasi matahari cukup tinggi. Sedangkan, shading horizontal efektif untuk jendela yang menghadap timur – barat karena memiliki sudut datang matahari yang rendah. Peneduh internal terdiri dari tirai dan gordena. Jika peneduh eksternal berfungsi mengeluarkan panas radiasi dengan cara dikonveksikan, maka peneduh internal ini berfungsi untuk menjebak panas radiasi kemudian di konveksikan ke interior di sekelilingnya (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012a).



Gambar 2.6 Perbandingan Pengaruh Penggunaan Peneduh Horizontal terhadap Transmisi Panas dan Cahaya pada Ruang
 Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012)

Perbandingan pengaruh penggunaan peneduh horizontal terhadap transmisi panas dan cahaya pada ruang dapat dilihat pada gambar diatas. Pada gambar diatas terdapat sebuah ruang dimana memiliki bukaan yang tidak memiliki peneduh, memiliki peneduh 60cm dan memiliki peneduh 90cm. Dari gambar diatas diketahui bahwa tanpa menggunakan peneduh, jumlah transmisi panas yang masuk sebesar 41.33 W/m² dan prosentase cahaya yang masuk lebih dari 50%. Berbeda dengan ruang yang tidak memiliki peneduh, ruang yang memiliki peneduh sebesar 60cm memiliki jumlah transmisi panas sebesar 30.13 W/m² dan prosentase cahaya yang masuk lebih dari 40-50%. Sedangkan ruang yang memiliki peneduh sebesar 90cm memiliki jumlah transmisi panas sebesar 26.50 W/m² dan prosentase cahaya yang masuk lebih dari 20-40%. Dari gambar diatas diketahui bahwa penggunaan peneduh sangat mempengaruhi jumlah transmisi panas dan cahaya yang masuk pada ruang. Sehingga perlu dipertimbangkan penggunaan peneduh agar transmisi panas yang masuk kecil dan kuat cahaya yang masuk sesuai dengan standar fungsi ruang agar aktifitas didalam ruang dapat berjalan dengan lancar.

5. Pemilihan material

Pemilihan material juga harus dipertimbangkan dalam mendesain bangunan hemat energi. Menurut Parlindungan Marpaung, Sertifikasi kompetensi

Bidang Konservasi Energi dan Efisiensi Energi, lapisan paling luar dari sebuah bangunan sebaiknya mampu memantulkan cahaya dan dapat mengisolasi udara (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012a). Sebuah material sebaiknya memiliki nilai transmitansi yang kecil sehingga nilai absorbansinya akan kecil pula. Dengan nilai transmitansi dan absorbansi yang kecil, maka sebuah material akan sulit meneruskan dan menyerap radiasi yang masuk sehingga kenaikan suhu dalam bangunan akan semakin kecil. Sekarang ini, sudah banyak material hemat energi yang ditawarkan. Seperti *autoclave aerated concrete* (AAC) untuk dinding dan kaca *double glazing* untuk jendela.

1.4.2. Strategi Desain Selubung Bangunan terkait Pencahayaan Alami

Terdapat strategi yang dapat digunakan pada pencahayaan alami terkait untuk optimalisasi kuat cahaya yang masuk dalam ruang. Seberapa banyak kuat cahaya yang ada didalam bangunan tergantung dengan bagaimana sebuah desain dapat memanfaatkan strategi yang ada. Strategi tersebut yaitu orientasi jendela, ukuran jendela/ skylight, properti kaca, peneduh kaca, ketinggian jendela, denah lantai, dan tata ruang.

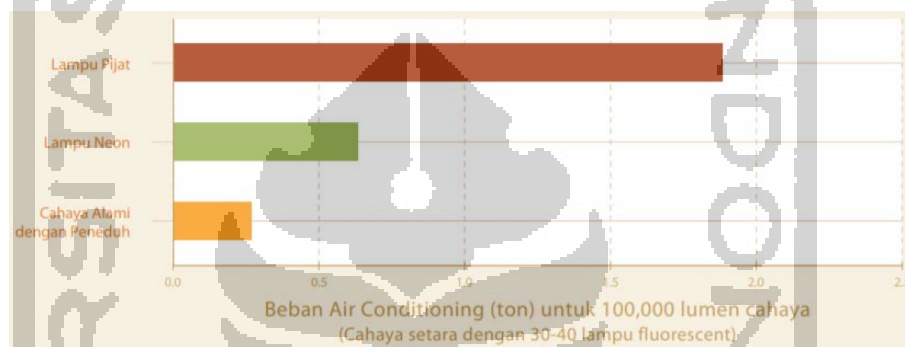
1. Orientasi Jendela

Orientasi jendela merupakan salah satu strategi untuk mendapatkan pencahayaan alami yang baik. Ruang dapat dikatakan memiliki pencahayaan alami yang baik apabila penghuni merasakan kenyamanan visual, dimana kenyamanan visual diperoleh jika jendela dapat menerima cahaya matahari yang cukup. Sehingga, orientasi arah bukaan yang baik adalah jika jendela mampu memasukkan cahaya alami yang cukup tanpa perolehan panas berlebihan sehingga tidak meningkatkan suhu ruang didalamnya (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012b).

2. Ukuran Jendela/ Skylight

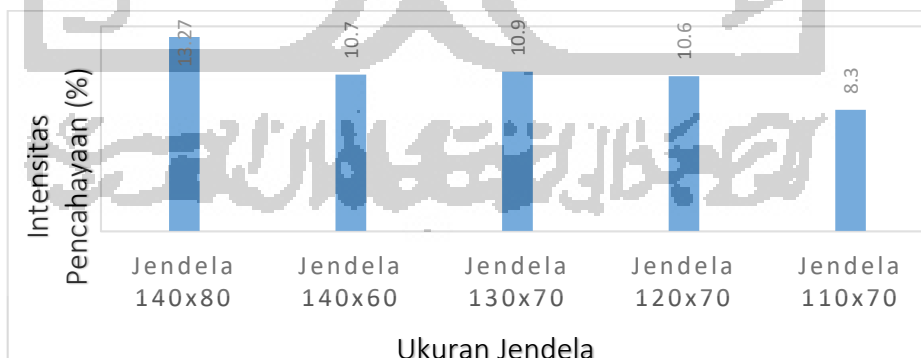
Ukuran jendela/ skylight merupakan strategi yang sangat berpengaruh baik untuk pengendalian termal maupun pencahayaan alami. Bukaan tidak hanya dapat memasukan cahaya alami namun juga radiasi panas, dampaknya adalah peningkatan pada beban pendinginan. Diketahui bahwa cahaya alami memiliki

beban AC paling rendah dibandingkan sumber cahaya lain. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini merupakan Gambar 2.7 Grafik Beban Air Conditioning untuk 100,000 Lumen Cahaya. Grafik di bawah ini menunjukkan tambahan beban AC dalam sebuah bangunan tipikal karena panas yang dikeluarkan oleh sumber cahaya yang dibutuhkan untuk menyediakan 100.000 lumens cahaya di dalam ruangan (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012b). Dan dari gambar tersebut juga, diketahui bahwa penggunaan cahaya alami sangat berpengaruh dalam konsumsi energi.



Gambar 2.7 Grafik Beban Air Conditioning untuk 100,000 Lumen Cahaya
 Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012b)

Sedangkan, ilustrasi mengenai ukuran bukaan terkait banyaknya kuat cahaya yang masuk dalam pencahayaan alami dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Lihat Gambar 2.8 Grafik Hubungan antara Ukuran Jendela Kaca Bening terhadap Intensitas Pencahayaan Ruang).



Gambar 2.8 Grafik Hubungan antara Ukuran Jendela Kaca Bening terhadap Intensitas Pencahayaan Ruang
 Sumber: Jana (2017)

Dari gambar diatas diketahui bahwa terdapat 5 jendela dengan ukuran 140x80 cm, 140x60 cm, 130x70 cm, 120x70 cm, dan 110x70 cm. Jika membandingkan

keseluruhan jendela dengan prosentase intensitas pencahayaan yang didapat diketahui bahwa jendela dengan ukuran 140x80 cm memiliki prosentase terbesar yaitu 13.27% dan jendela dengan ukuran 110x70 cm memiliki prosentase terkecil dengan 8.3%. Sehingga dapat diketahui bahwa ukuran jendela akan mempengaruhi intensitas pencahayaan alami dalam ruang.

3. Properti Kaca

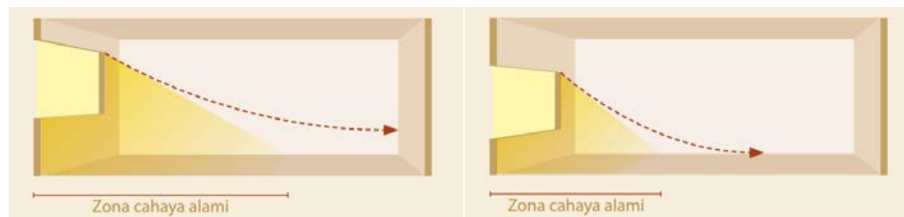
Menurut Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012b) dalam memilih properti kaca, yang perlu diperhatikan adalah transmisi cahaya pada spesifikasi kaca. Transmisi cahaya (Visible Transmittance - VT) menunjukkan persentase cahaya yang dimungkinkan menembus kaca, dimana jika VT tinggi maka akan semakin mudah cahaya masuk dalam ruang. Selain mempertimbangkan transmisi cahaya, hal yang perlu diperhatikan lainnya adalah koefisien perolehan panas (Solar Heat Gain Coefficient - SHGC). SHGC perlu dipertimbangkan karena jika nilai SHGC tinggi maka produk kaca yang dipilih semakin mudah dalam menyerap panas yang masuk sehingga dapat menyebabkan ruangan menjadi tinggi.

4. Peneduh Kaca

Peneduh kaca menjadi salah satu strategi dalam pencahayaan alami karena pergerakan sumber cahaya. Akibatnya, jumlah dan arah cahaya alami dalam ruangan dapat bervariasi secara signifikan. Karena radiasi matahari langsung tidak diinginkan, pendekatan desain yang paling logis adalah dengan menaungi jendela untuk sedapat mungkin mencegah masuknya sinar matahari langsung kedalam bangunan. Shading device memiliki bentuk dan fungsi yang beragam.

5. Ketinggian Jendela

Salahsatu yang mempengaruhi pencahayaan alami adalah ketinggian jendela. Sebagai aturan praktis, kedalaman penetrasi pencahayaan alami dengan tingkat pencahayaan yang cukup adalah 1,5 kali ketinggian konsen jendela atas. Di sisi lain, kaca di bawah 80 cm biasanya tidak berkontribusi pada kinerja pencahayaan alami sehingga sebisa mungkin dihindari (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012b). Perbandingan ketinggian jendela terkait dengan jumlah cahaya yang masuk dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.9 Ketinggian Jendela dan Penetrasi Cahaya Alami

Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012b)

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa ketinggian jendela yang tinggi lebih dapat menjangkau ruang lebih panjang dibandingkan dengan jendela yang lebih rendah. Namun, jika jendela terlalu tinggi dan sudut jatuh cahaya matahari terlalu rendah, maka kemungkinan area yang dekat dengan jendela tidak terkena pencahayaan alami.

6. Denah Lantai dan Tata Letak Ruang

Denah lantai dan tata letak ruang mempengaruhi pencahayaan alami dalam bangunan. Hal tersebut dikarenakan sulitnya cahaya alami pada bangunan yang memiliki denah lantai tebal untuk masuk dan menjangkau ruang, terlebih jika bangunan memiliki tata ruang yang bersekat didalamnya. Sedangkan, jika bangunan memiliki denah tipis maka cahaya alami akan lebih mudah masuk kedalam ruang walaupun tata letak ruang didalamnya bersekat (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012b). Ilustrasi mengenai perbandingan pencahayaan alami yang masuk dalam bangunan tebal dan tipis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Gambar Denah yang Menunjukkan Kinerja Pencahayaan Alami pada Denah Bangunan Tebal vs Bangunan Tipis

Sumber: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (2012b)