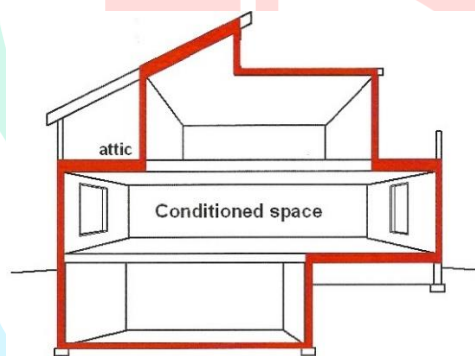


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 OTTV Pada Selubung Bangunan

Sebagian besar energi termal yang diterima bangunan berpindah melalui selubung bangunan, yaitu elemen pembungkus bangunan seperti dinding dan atap transparan maupun tidak transparan. Selubung bangunan pada dasarnya berperan sebagai pengontrol interaksi antara kondisi luar dan dalam bangunan dengan cara menyaring elemen eksternal yang tidak diinginkan masuk ke dalam bangunan, seperti radiasi matahari yang dapat meningkatkan perolehan panas pada bangunan. Karena ini, proporsi antara material transparan dan tidak transparan (masif) pada selubung bangunan, berdasarkan orientasi, luas permukaan, serta kemampuan konduksi dan radiasi haruslah tepat (Nasir dkk., 2018).



Gambar 2.1 Diagram Selubung Bangunan

Sumber: Government of Newfoundland and Labrador Canada, 2016

Dalam GREENSHIP New Building, kriteria perancangan untuk selubung bangunan menjadi salah satu kriteria prasyarat untuk memperoleh poin dalam kategori *Energy Efficiency & Conservation*, yaitu EEC P2: Perhitungan OTTV. Ketentuannya selaras dengan yang diatur dalam SNI 03-6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Berdasarkan standar ini, nilai perpindahan termal menyeluruh atau *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada dinding dan kaca bagian luar bangunan tidak dapat melebihi nilai maksimum 35 W/m^2 (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Semakin rendah nilai OTTV, maka semakin kecil energi termal yang akan diterima suatu bangunan, dan sebaliknya.

2.1.2 Perhitungan OTTV

Perhitungan nilai OTTV hanya berlaku untuk bagian selubung bangunan yang memiliki sistem tata udara atau dikondisikan (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Perhitungan OTTV pada dasarnya mempertimbangkan tiga aspek perolehan termal pada bangunan, yaitu konduksi oleh dinding masif (Q_w), konduksi oleh dinding transparan (Q_{f1}), dan radiasi dinding transparan (Q_{f2}). Sementara itu, perhitungan nilai OTTV tidak mempertimbangkan beberapa faktor berikut, seperti perangkat peneduh internal, bayangan atau pantulan matahari dari bangunan yang berdekatan, serta perolehan termal dari atap atau *Roof Thermal Transfer Value* (RTTV) (Bachrun dkk., 2019; Chow & Yu, 2000).

Perhitungan nilai OTTV untuk setiap dinding luar bangunan pada setiap orientasi dirumuskan melalui persamaan berikut:

$OTTV = \alpha[(U_w \times (1-WWR) \times TD_{Ek}] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF)$		
OTTV =	Konduksi dinding	+ Konduksi kaca + Radiasi Kaca

Keterangan:

- OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar dengan orientasi tertentu (W/m^2);
- WWR = Perbandingan antara luas jendela dengan luas dinding luar;
- α = Absorbtans termal;
- U_w = Transmittans termal dinding masif ($W/m^2.K$);
- U_f = Transmittans termal dinding transparan ($W/m^2.K$);
- TD_{Ek} = Beda temperatur ekuivalen (K);
- ΔT = Beda temperatur eksterior dan interior;
- SC = Koefisien peneduh sistem fenestrasi;
- SF = Faktor radiasi matahari (W/m^2).

Kemudian, hasil perhitungan nilai OTTV untuk seluruh dinding luar pada setiap orientasi dijumlahkan untuk memperoleh total nilai OTTV dengan menggunakan persamaan berikut:

$OTTV_{Total} = \frac{(OTTV_1 \times A_1) + (OTTV_2 \times A_2) + \dots + (OTTV_i \times A_i)}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$
--

Keterangan:

- $OTTV_{Total}$ = Total nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar (W/m^2);
- A = Luas dinding luar (m^2)

2.1.3 Perpindahan Kalor Melalui Konduksi Dinding Masif (Q_w)

Seperti yang dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, perhitungan nilai OTTV salah satunya mempertimbangkan perolehan termal melalui konduksi dinding masif (Q_w). Terdapat beberapa variabel yang perlu diketahui untuk memperoleh nilai Q_w . Variabel-variabel tersebut secara lebih lanjut dijelaskan sebagai berikut:

1. *Window to Wall Ratio* (WWR) merupakan rasio perbandingan antara luas jendela atau dinding transparan (A_f) dengan luas total dinding luar atau fasad (A_i) pada orientasi yang ditentukan. Dalam menentukan nilai Q_w , perhitungan WWR ditujukan untuk mengetahui luas dinding masif (A_w).
2. Absorbtans termal (α) merupakan nilai penyerapan termal akibat radiasi matahari pada suatu material (α_1) dan warna material (α_2). Jika kedua nilai α pada suatu material diketahui, maka nilai α dari lapisan terluar material tersebut lah yang digunakan. Namun, pada konstruksi *curtain wall*, total nilai α diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\alpha_{\text{total}} = \alpha_1 \times \alpha_2$$

Nilai absorbtansi termal pada material dan warna material tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Nilai Absorbtans Termal untuk Dinding Luar Masif

Bahan Dinding Luar	α_1
Beton berat (untuk bangunan nuklir)	0,91
Bata merah	0,89
Bituminuous felt	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekspos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat aluminium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata glazur putih	0,25
Aluminium kilap	0,12

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

Tabel 2.2 Nilai Absorbans Termal untuk Cat Permukaan Dinding Luar

Cat Permukaan Dinding Luar	α_2
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu-abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91
Cat minyak hitam	0,90
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: Badan Standardisasi Nasional, 2011

3. Transmittans termal (U) atau U -value merupakan laju transmisi atau perpindahan panas pada material. Semakin rendah nilainya, maka semakin lambat transmisi panasnya sehingga semakin efektif kinerja suatu komponen sebagai isolator termal. Nilai transmittansi termal berlaku pada dinding masif (U_w) dan dinding transparan (U_f). Untuk menentukan nilai U , nilai resistansi termal atau daya tahan terhadap panas total (R_{Total}) suatu komponen dinding perlu dihitung terlebih dahulu dengan mengetahui nilai resistans termal lapisan udara luar (R_{UL}), resistans termal lapisan udara permukaan (R_{UP}), resistans termal bahan (R_K), dan resistans termal rongga udara (R_{RU}).

$$U = \frac{1}{R_{Total}} \quad \text{atau} \quad U = \frac{1}{R_{UL} + R_{UP} + R_K + R_{RU}}$$

Besarnya nilai resistansi termal lapisan udara luar (R_{UL}) dan resistansi termal lapisan udara permukaan (R_{UP}) dapat dilihat melalui tabel berikut:

Tabel 2.3 Nilai Resistans Termal Lapisan Udara Permukaan untuk Dinding

Jenis Permukaan		Resistans Termal R ($m^2 \cdot K/W$)
Permukaan luar (R_{UL})	Emisivitas tinggi	0,044
	Emisivitas tinggi ⁽¹⁾	0,120
Permukaan dalam (R_{UP})	Emisivitas rendah ⁽²⁾	0,299

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

Keterangan:

- 1) Untuk permukaan halus yang non reflektif
- 2) Untuk permukaan dalam yang sangat reflektif

Selanjutnya, nilai resistansi termal bahan (R_k) ditentukan berdasarkan tebal bahan (t) dan nilai konduktivitas termal bahan atau kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas (k). Perhitungannya mengacu pada rumus dan tabel berikut:

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

Tabel 2.4 Nilai Konduktivitas Termal Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	k
Beton	1,448
Beton ringan	0,303
Bata dengan lapisan plester	0,807
Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	1,154
Plesteran pasir semen	0,533
Kaca lembaran	1,053
Papan gypsum	0,170
Kayu lunak	0,125
Kayu keras	0,138
Kayu lepas	0,148
Glasswool	0,035
Fibreglass	0,035
Paduan aluminium	211
Tembaga	385
Baja	47,6
Granit	2,927
Marmer/batako/terazo/keramik/mozaik	1,298

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

Keterangan:

- t = Tebal bahan (m);
 k = Nilai konduktivitas termal bahan (W/m.K).

Terakhir, nilai resistansi termal rongga udara (R_{RU}) untuk dinding dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2.5 Nilai Resistans Termal Rongga Udara untuk Dinding

Jenis Celah Udara	R_{RU}		
	5 mm	10 mm	100 mm
Rongga udara vertikal Emisivitas tinggi	0,110	0,148	0,160
(aliran panas horizontal) Emisivitas Rendah	0,250	0,578	0,606

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

4. Beda temperatur ekuivalen (TD_{Ek}) merupakan perbedaan temperatur yang menghasilkan aliran panas total ke dalam bangunan oleh adanya efek gabungan dari radiasi matahari dan temperatur udara luar. Nilai TD_{Ek} untuk berbagai tipe dinding berdasarkan berat per satuan luas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.6 Beda Temperatur Ekuivalen untuk Dinding

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

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

Berat per satuan luas (W) suatu komponen dinding itu sendiri dapat ditentukan berdasarkan perhitungan terhadap tebal bahan (t) dan densitas bahan (d). Perhitungannya mengacu pada persamaan dan tabel berikut:

$$W = t \times d$$

Tabel 2.7 Nilai Densitas Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	d
Beton	2400
Beton ringan	960
Bata dengan lapisan plester	1760
Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	-
Plesteran pasir semen	1568
Kaca lembaran	2512
Papan gypsum	880
Kayu lunak	608
Kayu keras	702
Kayu lepas	528
Glasswool	32
Fibreglass	32
Paduan aluminium	2672
Tembaga	8784
Baja	7840
Granit	2640
Marmer/batako/terazo/keramik/mozaik	2640

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

2.1.4 Perpindahan Kalor Melalui Konduksi Dinding Transparan (Q_{f1})

Selanjutnya, perhitungan dan variabel untuk memperoleh nilai Q_{f1} dijelaskan sebagai berikut:

1. *Window to Wall Ratio* (WWR) merupakan rasio perbandingan antara luas jendela atau dinding transparan (A_f) dengan luas total dinding luar atau fasad (A_i) pada orientasi yang ditentukan.
2. Nilai transmitansi termal dinding transparan (U_f) dapat ditentukan dengan mengetahui nilai resistansi termal total untuk komponen dinding transparan (R_{Total}). Nilai yang diperlukan dapat mengacu pada penjelasan nilai resistansi termal sebelumnya.

$$U_f = \frac{1}{R_{Total}}$$

3. Beda temperatur (ΔT) merupakan beda temperatur perencanaan antara kondisi eksterior dan interior. Pada umumnya, angka beda temperatur yang diambil adalah $5^\circ K$.

2.1.5 Perpindahan Kalor Melalui Radiasi Dinding Transparan (Q_{f2})

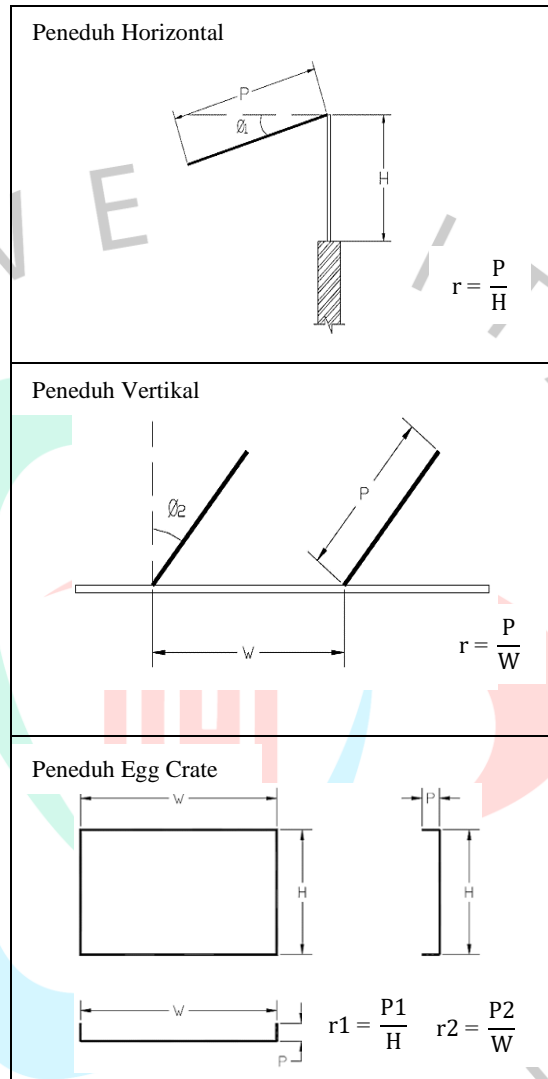
Terakhir, perhitungan dan variabel untuk memperoleh nilai Q_{f2} dijelaskan sebagai berikut:

1. *Window to Wall Ratio* (WWR) merupakan rasio perbandingan antara luas jendela atau dinding transparan (A_f) dengan luas total dinding luar atau fasad (A_i) pada orientasi yang ditentukan.
2. Koefisien peneduh sistem fenestrasi (SC) merupakan kinerja termal suatu sistem fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh. Koefisien peneduh sistem fenestrasi dapat diketahui berdasarkan koefisien peneduh kaca (SC_k) dan koefisien peneduh efektif alat peneduh (SC_{eff}), seperti yang dinyatakan pada rumus berikut:

$$SC = SC_k \times SC_{eff}$$

Koefisien peneduh kaca (SC_k) dapat diperoleh dari data pabrik sementara koefisien peneduh efektif alat peneduh (SC_{eff}) dapat diperoleh dengan mengetahui jenis peneduh (horizontal, vertikal, atau *egg-crate louvers*),

perbandingan rasio peneduh (r) dan sudut kemiringan peneduh (Φ). Penentuan SC_{eff} mengacu pada Lampiran A: Tabel-Tabel Data Matahari dan Koefisien Peneduh Efektif dalam SNI 03-6389-2011.



Gambar 2.2 Rasio dan Sudut Kemiringan Peneduh
Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

- Faktor radiasi matahari (SF) merupakan laju rata-rata setiap jam radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. Berikut adalah nilai faktor radiasi matahari di Jakarta:

Tabel 2.8 Nilai Faktor Radiasi Matahari

Orientasi	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL
SF	130	113	112	97	97	176	243	211

Catatan:

Dari kiri ke kanan, nilai SF untuk orientasi Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, dan Barat Laut.

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2011

2.1.6 Pencahayaan Alami

Pencahayaan atau penerangan alami (*daylighting*) adalah teknik penggunaan cahaya alami, yaitu cahaya yang bersumber dari alam, ke dalam bangunan. Di negara tropis seperti Indonesia, banyaknya sinar matahari menjadi peluang yang tinggi untuk memaksimalkan pencahayaan alami dalam bangunan (Nasir dkk., 2018). Karena ini, dalam GREENSHIP *New Building*, pencahayaan alami menjadi salah satu kriteria kredit yang dapat dipenuhi dalam kategori Efisiensi dan Konservasi Energi. Berdasarkan kriteria tersebut, suatu bangunan hijau dapat mengoptimalkan pencahayaan alami guna mengurangi konsumsi energi. Pencahayaan alami pada bangunan hijau dikatakan optimal jika minimal 30% dari total luas ruang aktif memenuhi persyaratan intensitas cahaya alami sebesar 300 lux. Dengan demikian, potensi pemanfaatan cahaya alami tak hanya konservasi energi, namun juga kenyamanan visual bagi penggunanya.

Pencahayaan alami yang optimal dapat dicapai melalui perencanaan yang baik pada ruang atau bangunan, terutama terkait bukaan cahaya. Perencanaan bukaan cahaya untuk pemanfaatan cahaya alami di Indonesia dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut (Latifah, 2015):

1. Orientasi bangunan dan bukaan cahaya
Orientasi bangunan dan bukaan cahaya menentukan jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruang serta luminansi obyek yang terlihat. Karena itu, orientasi bangunan dan bukaan cahaya sebaiknya menghindari perolehan radiasi panas dan silau (*glare*). Di Jakarta, Indonesia, orientasi cahaya yang diutamakan adalah utara dan selatan karena memiliki faktor radiasi matahari yang lebih rendah dibandingkan arah lainnya.
2. Alokasi ruang dan bukaan cahaya
Ruang dan bukaan cahaya pada bangunan dapat dialokasikan sesuai dengan fungsi ruang atau aktivitas penggunanya untuk memperoleh tingkat pencahayaan yang sesuai.
3. Luas bukaan cahaya
Luas bukaan cahaya pada fasad bangunan memenuhi persyaratan minimal, yaitu mencapai 20% luas dinding atau $WWR \geq 1:5$.
4. Alternatif pemasukan cahaya
Cahaya alami dapat dimanfaatkan melalui berbagai alternatif teknik pasif maupun aktif. Dalam penerapannya, teknik pasif memanfaatkan cahaya alami melalui desain bukaan cahaya pada selubung bangunan. Adapun wujud

bukaan cahaya pada teknik pasif pencahayaan alami: jendela, jendela *clerestory*, *skylight*, *sloped glazing*, atap gergaji, dan sumur cahaya.

5. Antisipasi silau (*glare*)

Silau dapat diartikan sebagai kendala penglihatan akibat adanya cahaya yang bersinar sangat terang, baik cahaya langsung dari matahari maupun cahaya hasil pantulan. Silau pada dasarnya terbagi menjadi 2 tipe, yaitu: (1) *discomfort glare* atau pengurangan kenyamanan visual karena kontras cahaya berlebih, dan (2) *disability glare* atau pengurangan kemampuan melihat karena adanya kontras cahaya berlebih. Karena itu, silau dari pencahayaan alami perlu untuk diantisipasi. Antisipasi silau dapat dilakukan melalui beberapa metode: (1) pengaturan orientasi bukaan cahaya, (2) pembatasan luas sumber silau, dan (3) peningkatan faktor refleksi dalam.

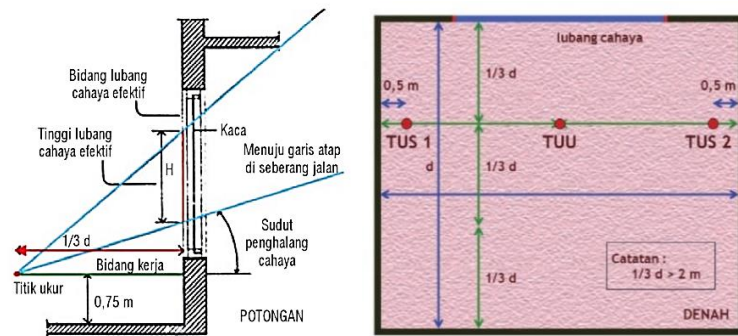
6. Pengendalian termal

Pemanfaatan pencahayaan alami dapat berisiko pada perolehan radiasi matahari sehingga dibutuhkan strategi pengendalian termal pada selubung bangunan. Beberapa strategi pengendalian termal yang dapat dilakukan adalah penggunaan peneduh (*shading*), *secondary skin*, *low-e glass*, *absorbing and reflective glass*, dan *double glass*.

Selanjutnya, tingkat pencahayaan alami (*illuminance*) yang terukur pada suatu bidang kerja atau ruang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (Latifah, 2015):

1. Posisi titik ukur terhadap bukaan cahaya

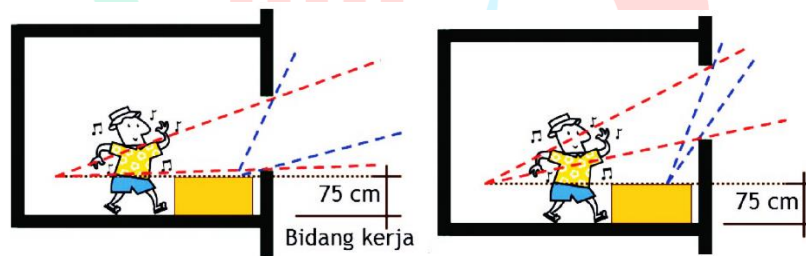
Pengukuran tingkat pencahayaan alami perlu memperhatikan Bidang Lubang Cahaya Efektif (BLCE), yaitu bagian dari Bidang Lubang Cahaya (BLC) di mana pengamat dapat melihat langit. Karena itu, sesuai SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung, titik ukur yang diambil berada pada jarak $\frac{1}{3}d$ dari bidang lubang cahaya, dengan d adalah jarak antara bidang lubang cahaya dan dinding yang berhadapan. Sementara itu, dalam panduan GREENSHIP New Building, jarak titik ukur untuk menentukan tingkat pencahayaan alami ditentukan berdasarkan luas ruang aktif. Pada ruang aktif dengan luas kurang dari atau sama dengan 10 m^2 , maka diambil 1 titik pengukuran. Sementara itu, pada ruang aktif dengan luas lebih dari 10 m^2 , maka diambil lebih dari 1 titik pengukuran dengan interval jarak maksimal 6 m (Nasir dkk., 2018).



Gambar 2.3 Posisi Titik Ukur Terhadap Lubang Cahaya
Sumber: Latifah, 2015

2. Dimensi dan posisi bukaan cahaya

Dimensi dan posisi bukaan cahaya dalam ruang akan menentukan tingkat pencahayaan yang diterima pada suatu titik ukur di bidang kerja. Terkait dengan hal ini, titik ukur pada bidang kerja biasanya diposisikan 75 cm di atas ketinggian lantai. Akan tetapi, dalam panduan GREENSHIP New Building, titik ukur diposisikan setinggi 100 cm atau 1 m di atas ketinggian lantai (Nasir dkk., 2018).



Gambar 2.4 Tingkat Pencahayaan Terkait Dimensi dan Posisi Bukaan Cahaya
Sumber: Latifah, 2015

3. Distribusi terang langit

Kondisi langit terkait awan dan cuaca dapat mempengaruhi besar terang langit atau tingkat pencahayaan alami pada titik ukur. Di Indonesia, cahaya matahari berada dalam kondisi penerangan yang optimal pada pukul 08.00-16.00 ketika langit dalam kondisi cerah. Oleh karena itu, dalam panduan GREENSHIP New Building, pengukuran tingkat pencahayaan alami dilakukan pada 2 periode waktu, yaitu pukul 08.00-10.00 dan 14.00-16.00, ketika langit terlihat cerah dan terang (Nasir dkk., 2018).

4. Bagian langit yang terukur dari titik ukur

Adanya penebuh atau penghalang pada bukaan cahaya dapat menyebabkan sebagian cahaya tidak dapat diterima pada suatu titik ukur.

5. Tingkat transparansi bukaan cahaya
Semakin transparan bukaan cahaya, maka semakin besar tingkat pencahayaan yang memungkinkan untuk diperoleh pada suatu titik ukur.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebelum penelitian ini dilakukan, penulis mengkaji beberapa penelitian sebelumnya dengan topik dan fokus penelitian yang serupa. Penelitian-penelitian tersebut dikaji agar penulis memiliki acuan terhadap hal-hal yang dapat dijadikan sebagai landasan teori, bukti ilmiah, serta kerangka berpikir penelitian. Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang telah dikaji oleh penulis:

1. Efektifitas Desain Selubung Bangunan Gedung B Universitas Pembangunan Jaya Melalui Analisis Nilai OTTV

Penelitian yang dilakukan oleh Putri (2021) ini ditujukan untuk menilai kinerja selubung bangunan Gedung B Universitas Pembangunan Jaya dengan mengetahui nilai OTTV dan melakukan *green retrofit* jika nilai yang diperoleh melebihi nilai maksimum 35 W/m^2 . Hal tersebut dilatarbelakangi oleh asumsi mengenai kurang maksimalnya kinerja selubung bangunan Gedung B Universitas Pembangunan Jaya berdasarkan tingginya penggunaan tirai serta sistem pengkondisian udara dalam ruang. Pada penelitian ini, metode kuantitatif eksperimen digunakan untuk mengetahui variabel OTTV pada selubung bangunan, seperti bentuk dan orientasi bangunan, luas dan material jendela, peneduh eksternal, dan dinding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OTTV yang diperoleh masih melebihi nilai maksimum 35 W/m^2 sehingga peneliti melakukan upaya perbaikan melalui beberapa cara, seperti mengganti material kaca dengan material yang memiliki nilai transmitansi termal dan SHGC yang lebih rendah, mengubah kemiringan peneduh eksternal dari 0° menjadi 50° , serta menurunkan persentase WWR menjadi 35%.

2. Evaluasi Luas Bukaan dan Orientasi Ruang Kelas terhadap Pencahayaan Alami dan Radiasi Matahari dengan Simulasi Software IES VE 2019

Penelitian yang dilakukan oleh Panghargiyo & Wirasmoyo (2022) ini mengkaji luas dan orientasi bukaan untuk mengetahui tingkat iluminasi pencahayaan alami dan perolehan radiasi matahari pada ruang-ruang kelas di Gedung B Kampus 3 Universitas Teknologi Yogyakarta, serta menentukan luas dan orientasi bukaan pada ruang-ruang kelas yang paling optimal untuk

mengakomodasi pencahayaan alami dan membatasi radiasi matahari pada ruang-ruang kelas di gedung tersebut. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui simulasi terhadap dua variabel penelitian, yaitu pencahayaan alami dan nilai OTTV, menggunakan *software* IES VE 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruang belum memiliki tingkat iluminasi pencahayaan alami serta nilai OTTV yang memenuhi standar penilaian GREENSHIP. Faktor-faktor yang mempengaruhi di antaranya adalah orientasi bukaan, rasio bukaan, dimensi peneduh, material selubung, dan material insulasi. Untuk meningkatkan intensitas pencahayaan alami menjadi 300 lux pada 30% luas ruang aktif, terdapat beberapa rekomendasi yang diberikan, seperti menambah bukaan, mengurangi lebar peneduh sebanyak 0,75 –1,2 m pada setiap lantai, serta mengganti material pada beberapa titik peneduh dengan material transparan agar cahaya alami tetap masuk. Sementara itu, untuk memenuhi standar nilai OTTV sebesar 35 W/m², terdapat beberapa rekomendasi yang diberikan, seperti menambah material insulasi dan mengganti material selubung bangunan dengan material yang dapat meredam panas secara lebih efisien.

3. Optimalisasi Desain Fasade Terhadap Nilai OTTV dan Area Pencahayaan Alami Sesuai GREENSHIP NB 1.2

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2020) ini ditujukan untuk mengkaji dan melakukan optimalisasi desain fasad dalam perolehan nilai OTTV dan tingkat pencahayaan alami sesuai kriteria Efisiensi dan Konservasi Energi pada sistem penilaian GREENSHIP oleh GBCI. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan nilai OTTV dan simulasi pencahayaan alami menggunakan *software* Dialux Evo. Hasil penelitian memberikan 4 alternatif desain fasad bangunan yang dinilai paling optimal dari beberapa aspek, seperti perolehan termal, pencahayaan alami, dan biaya investasi. Secara garis besar, rekayasa desain fasad untuk mencapai nilai OTTV dan tingkat pencahayaan alami yang paling optimal dilakukan dengan mengurangi nilai konduksi dan radiasi termal komponen selubung bangunan melalui WWR, nilai transmitansi termal kaca (U_f), dan koefisien peneduh fenestrasi (SC), serta menambahkan peneduh horizontal pada orientasi timur dan barat bangunan.

Hasil kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu dipaparkan secara ringkas melalui tabel berikut:

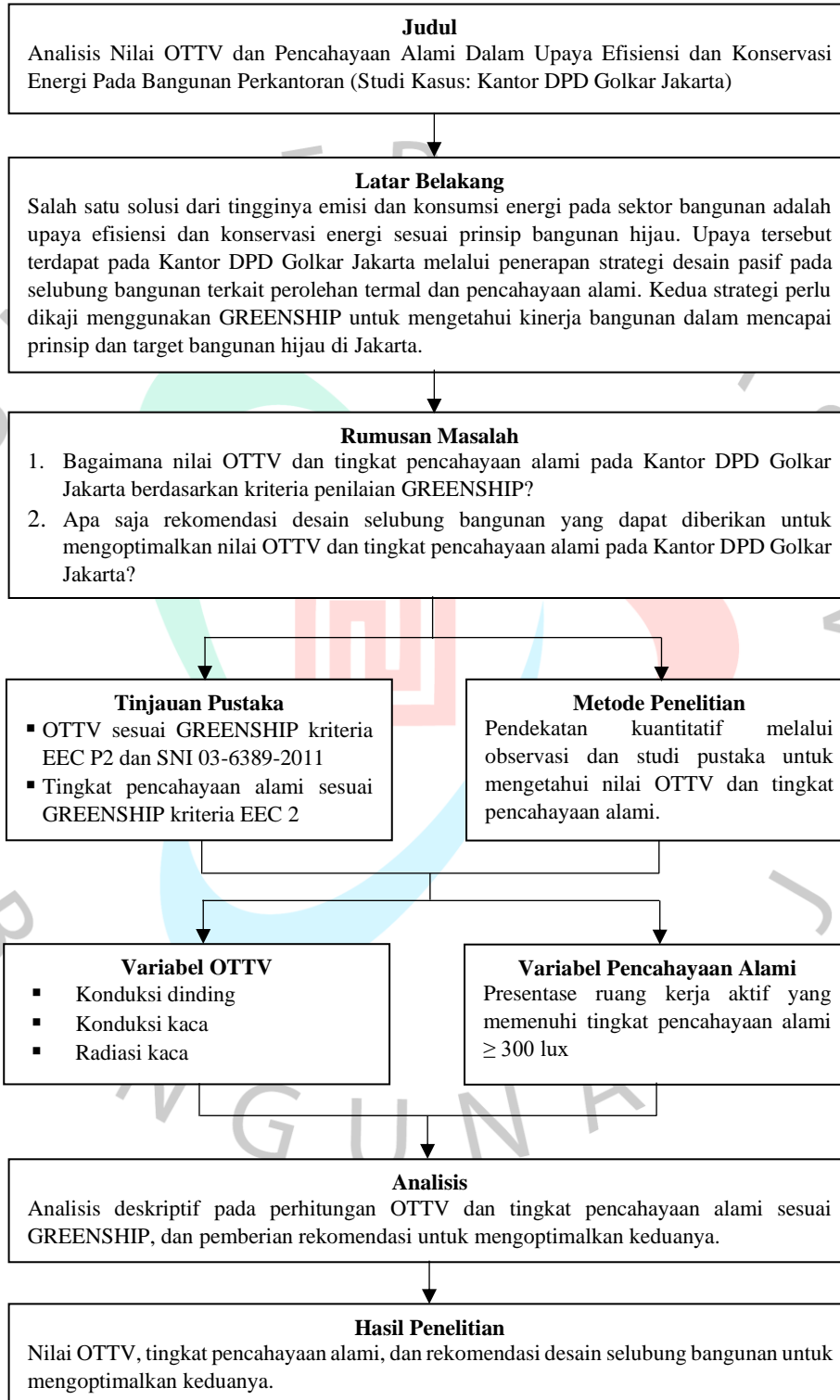
Tabel 2.9 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1	Efektifitas Desain Selubung Bangunan Gedung B Universitas Pembangunan Jaya Melalui Analisis Nilai OTTV	Mengetahui nilai OTTV, optimasi nilai OTTV.	Pendekatan kuantitatif, eksperimen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nilai OTTV > 35 W/m² ▪ Optimasi dengan mereduksi nilai U-value dan SHGC kaca, WWR, dan mengubah derajat kemiringan peneduh eksternal.
2	Evaluasi Luas Bukaannya dan Orientasi Ruang Kelas terhadap Pencahayaan Alami dan Radiasi Matahari dengan Simulasi Software IES VE 2019	Mengetahui nilai OTTV dan tingkat pencahayaan alami, optimasi nilai OTTV dan pencahayaan alami.	Pendekatan kuantitatif, simulasi.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nilai OTTV > 35 W/m² ▪ Tingkat pencahayaan alami kurang dari 300 lux pada 30% luas ruang aktif. ▪ Optimasi nilai OTTV dengan menambah material insulasi dan mengganti material selubung bangunan dengan material peredam panas yang lebih efisien. ▪ Optimasi pencahayaan alami dengan menambah bukaan, mengurangi lebar peneduh, dan mengganti material dengan material transparan pada titik peneduh.
3	Optimalisasi Desain Fasade Terhadap Nilai OTTV dan Area Pencahayaan Alami Sesuai GREENSHIP NB.1.2	Mengetahui nilai OTTV dan tingkat pencahayaan alami, optimasi desain fasad terhadap nilai OTTV dan pencahayaan alami.	Pendekatan kuantitatif, simulasi.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nilai OTTV > 35 W/m² ▪ Tingkat pencahayaan alami melebihi 300 lux pada 30% luas ruang aktif. ▪ Optimasi nilai OTTV dan tingkat pencahayaan alami dengan mereduksi WWR, U-value kaca, dan SC, serta menambah peneduh horizontal pada orientasi timur dan barat bangunan.

Sumber: Penulis, 2023

2.3 Kerangka Pemikiran

Penulis menyusun kerangka pemikiran berikut sebagai model konseptual untuk mempermudah pemahaman terhadap alur berjalannya penelitian yang dilakukan:



Gambar 2.5 Diagram Kerangka Pemikiran Penelitian
Sumber: Penulis, 2023

2.4 Sintesis

Setelah mengkaji sejumlah pustaka yang digunakan pada penelitian, penulis akan menjabarkan sintesis dengan membuat satu alur pembahasan yang jelas, yang kemudian dikaitkan dengan tujuan penelitian.

Tabel 2.10 Sintesis Teori dan Variabel Penelitian

Sintesis	Teori/standar	Variabel
Nilai OTTV	Perhitungan OTTV sesuai GREENSHIP NB 1.2 kriteria kredit EEC2 dan SNI 03-6389-2011: $OTTV \leq 35W/m^2$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konduksi dinding ▪ Orientasi ▪ Nilai absorbtansi panas (α) ▪ Luas dinding masif (A_w) ▪ Luas dinding keseluruhan (A_i) ▪ Nilai transmitansi termal dinding masif (U_w) ▪ Beda temperatur ekuivalen (TD_{EK})
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konduksi kaca ▪ Orientasi ▪ Nilai transmitansi termal dinding transparan (U_f) ▪ Luas dinding transparan (A_f) ▪ Luas dinding keseluruhan (A_i) ▪ Beda temperatur
Pencahaya-an alami	Perhitungan tingkat pencahayaan alami sesuai GREENSHIP NB 1.2 kriteria kredit EEC2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radiasi kaca ▪ Orientasi ▪ Koefisien peneduh sistem fenestrasi (SC) ▪ Faktor radiasi matahari (SF) ▪ Luas dinding transparan (A_f) ▪ Luas dinding keseluruhan (A_i)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentase ruang kerja aktif yang memenuhi tingkat pencahayaan alami ≥ 300 lux ▪ Luas total ruang kerja aktif ▪ Luas ruang dengan tingkat pencahayaan alami ≥ 300 lux

Sumber: Penulis, 2023