

PANDUAN PENGGUNA BANGUNAN GEDUNG HIJAU JAKARTA

VOL. 1

SELUBUNG BANGUNAN



Pemerintah Provinsi
DKI Jakarta

Didukung oleh:



**International
Finance Corporation**
World Bank Group

IFC bekerjasama dengan:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Economic Affairs SECO

PERSYARATAN PERATURAN

BE01 Nilai Transfer Termal Keseluruhan (Overall Thermal Transfer Value - OTTV) Maksimum

Kalkulasi dilakukan dengan menggunakan kalkulator yang terdapat pada laman <http://greenbuilding.web.id>

Checklist persyaratan peraturan dan daftar dokumen yang diperlukan tersedia pada laman <http://greenbuilding.web.id>



PANDUAN PENGGUNA BANGUNAN GEDUNG HIJAU JAKARTA

VOL. 1

SELUBUNG BANGUNAN

daftar isi

SELUBUNG BANGUNAN	2
<hr/>	
01 C A K U P A N	7
<hr/>	
02 P E R S Y A R A T A N P E R A T U R A N	8
<hr/>	
03 P E N J E L A S A N P E R A T U R A N	9
<hr/>	
04 P R I N S I P - P R I N S I P D I S A I N	13
Pepindahan Panas melalui Selubung Bangunan	13
Bentuk dan Orientasi Bangunan	15
Luas Jendela	17
Material Kaca	17
Peneduh Eksternal	18
Reflektor Cahaya (<i>Lightshelf</i>)	22
Peneduh Internal	24
Dinding	25
Atap	26
Infiltrasi	29
<hr/>	
LAMPIRAN	33

Selubung Bangunan: Pendahuluan

FUNGSI 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. Pada bangunan gedung bertingkat menengah dan tinggi, luas dinding jauh lebih besar daripada luas atap. Oleh karena itu, perancangan selubung bangunan vertikal, terutama jendela, harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas ke dalam bangunan secara berlebihan.

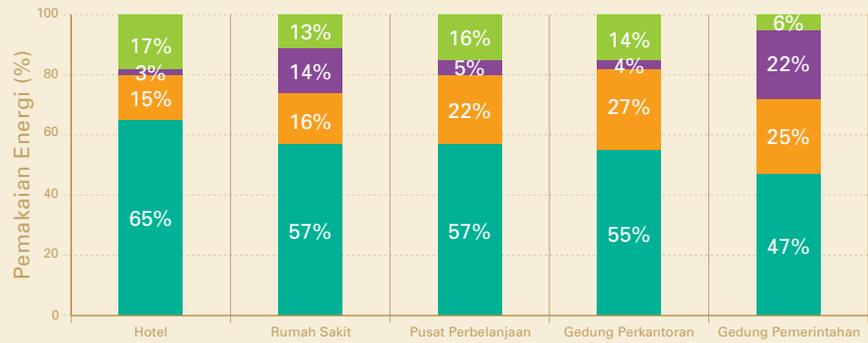
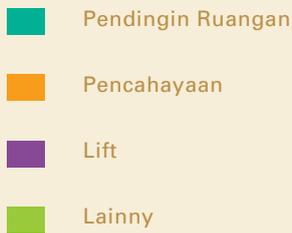
Untuk bangunan bertingkat rendah di mana atap menjadi bagian yang lebih luas daripada dinding, panas yang masuk dari atap mungkin menjadi faktor penentu beban pendinginan secara keseluruhan. Selain itu, jendela dan *skylight* akan menentukan besarnya cahaya yang dapat masuk ke dalam bangunan. Dengan mengoptimalkan desain komponen tembus cahaya, konsumsi energi untuk pencahayaan buatan dapat dikurangi secara signifikan dengan tetap menghindari masuknya panas yang berlebihan ke dalam bangunan.

RINCIAN KONSUMSI ENERGI

Sebagian besar energi pada bangunan di Indonesia digunakan oleh sistem Pemanas, Ventilasi, dan AC (HVAC) terlepas dari tipe bangunannya. Sebagaimana disajikan pada **Gambar 1**. HVAC berkontribusi sekitar 47% hingga 65% dari total konsumsi energi bangunan. Gabungan Pencahayaan buatan dan beban steker berkontribusi sebesar 15% hingga 25% dari total konsumsi energi. Oleh karena itu, dengan mengurangi konsumsi energi untuk HVAC dan pencahayaan buatan melalui desain pasif dan aktif akan mengurangi konsumsi energi bangunan keseluruhan secara signifikan.

G A M B A R . 0 1

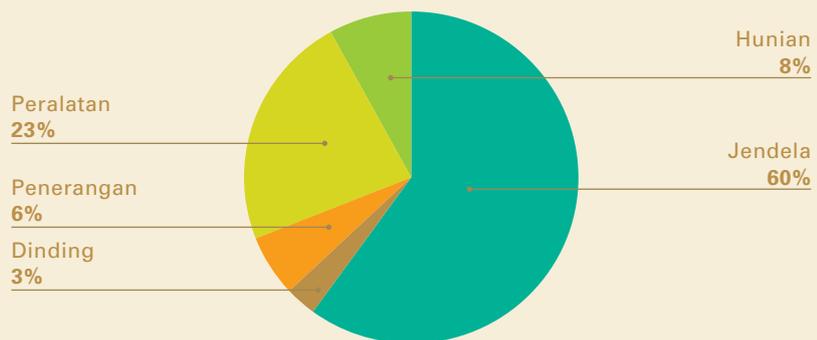
Rincian Konsumsi Energi untuk Berbagai Tipe Bangunan¹



Beban pendinginan udara di dalam bangunan secara umum dapat dikategorikan atas beban eksternal akibat perolehan dari luar bangunan (misalnya melalui dinding, jendela dll.) dan beban internal (misalnya penerangan, peralatan, orang dll). Pada bangunan dengan permukaan bidang kaca yang luas perolehan panas dari jendela kaca dan dinding tersebut menjadi bagian utama beban pendinginan. Sebagaimana disajikan pada **Gambar 2**, perolehan panas eksternal dari jendela dan dinding sebuah bangunan kantor tipikal di Jakarta adalah sekitar 63%, sedangkan perolehan panas internal dari peralatan, penerangan dan hunian sekitar 37%. Ini menunjukkan peluang penghematan energi sangat besar melalui selubung bangunan yang dirancang secara seksama dan tepat untuk mengurangi beban pendinginan udara.

G A M B A R . 0 2

Rincian Beban Pendinginan untuk Tipikal Bangunan Kantor Jakarta²



¹ Japan International Cooperation Agency (JICA).2009. A Study of Electricity Use in Multiple Jakarta Buildings.

² International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

TREN KONSTRUKSI

Berdasarkan karakteristik termalnya, konstruksi selubung bangunan dapat dikelompokkan dalam dua kategori utama: konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) dan konstruksi dinding bata-jendela. Konstruksi dinding tirai, apakah sepenuhnya kaca atau kombinasi kaca dan panel (misalnya panel komposit aluminium) sangat umum diterapkan pada bangunan kantor dan apartemen. Jenis bangunan lainnya, terutama bangunan tingkat rendah, cenderung menggunakan konstruksi dinding bata-jendela.

G A M B A R . 0 3
Konstruksi Bata dan Jendela
(Kiri) dan Konstruksi Dinding
Tirai Kaca (*Curtain Glass Wall*)



Alasan utama bagi arsitek dan pemilik bangunan untuk merancang bangunan dengan dinding tirai adalah daya tarik komersial. Jendela yang luas menampilkan pemandangan di sekitar bangunan yang dapat meningkatkan nilai bangunan. Namun, dalam kenyataannya banyak pengguna menutup dinding kaca tersebut dengan tirai atau gorden karena terlampau panas dan silau. Hal ini menghalangi pemandangan serta pencahayaan alami sehingga mengakibatkan naiknya konsumsi energi untuk HVAC dan penerangan yang sebenarnya bisa dihindari.

GAMBAR . 04
Kantor dengan Konstruksi Dinding Tirai Kaca dengan Tirai/Gorden yang Ditutup Sepenuhnya dan Lampu yang Menyala



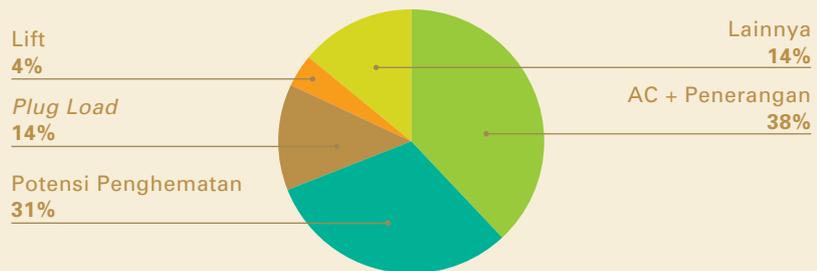
POTENSI PENGHEMATAN ENERGI

Sebagaimana dinyatakan di atas, selubung bangunan dapat memiliki dampak besar terhadap total konsumsi energi karena dapat mempengaruhi beban pendinginan secara signifikan, terutama karena pengendalian perolehan radiasi panas melalui jendela, dan pemanfaatan pencahayaan alami. Gabungan strategi desain pasif memiliki potensi penghematan energi sekitar 31% pada bangunan kantor. Ini dapat dicapai melalui rancangan selubung bangunan yang mencakup penggunaan peneduh (*shading*), pengaturan luasan rasio bukaan jendela terhadap dinding (*Window to Wall Ratio - WWR*), pemilihan kaca dengan koefisien peneduh (*shading coefficient*) yang rendah dan pemanfaatan cahaya alami untuk pencahayaan dalam ruang.

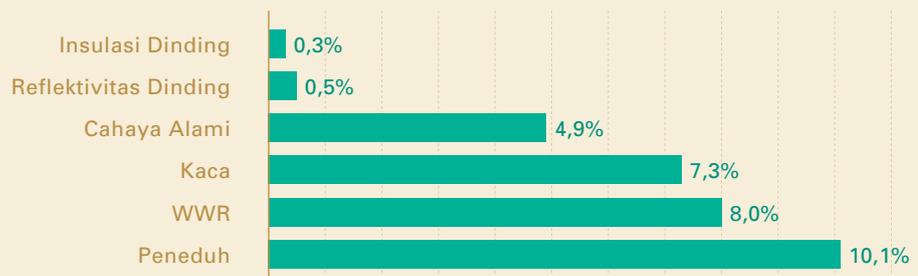
GAMBAR . 05

Potensi Penghematan Energi dari HVAC dan Pencahayaan Tipikal Gedung Perkantoran di Jakarta Melalui Strategi Desain Pasif³

Rincian Konsumsi Energi Kantor Tipikal



Potensi Penghematan Energi



³ International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

Secara lebih rinci, hasil studi simulasi yang menunjukkan potensi penghematan energi melalui desain pasif yang mencakup pengurangan luas jendela, penggunaan peneduh (*shading*) eksternal, dan penggunaan kaca dengan koefisien peneduh (*shading coefficient*) yang lebih baik (nilai SC rendah) dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

TABEL 01
Potensi Penghematan Energi melalui Selubung Bangunan untuk Berbagai Tipe Bangunan⁴

Potensi Penghematan Energi melalui Selubung Bangunan

STRATEGI DESAIN PASIF	Kantor	Retail	Hotel	Rumah Sakit	Apartemen	Sekolah
Peneduh	10.1%	4.6%	10.2%	8.8%	5.3%	1.9%
WWR	8.0%	3.9%	8.7%	7.5%	2.3%	0.0%
Kaca	7.3%	3.2%	8.5%	8.0%	6.5%	4.2%
Sistem Penerangan terkait Cahaya Alami	4.9%	NA	NA	NA	NA	3.5%
Reflektivitas Dinding	0.5%	0.3%	0.6%	0.3%	2.3%	2.6%
Insulasi Dinding	0.3%	0.2%	1.0%	0.5%	3.2%	-0.9%
TOTAL	31.1%	12.2%	29.0%	25.1%	19.6%	11.3%

Seperti dapat dilihat pada **Tabel 1**, strategi desain pasif yang menggabungkan penggunaan peneduh eksternal, pengurangan luas jendela dan penggunaan kaca dengan nilai SC rendah dapat menghasilkan sekitar 25% penghematan energi. Karena intensitas radiasi matahari berbeda untuk setiap orientasi, pengendalian perolehan panas eksternal melalui sistem rancangan jendela (sistem fenestrasi) juga bisa dicapai melalui orientasi bangunan yang tepat. Hasil studi ini menekankan peran penting arsitek dalam pengembangan rancangan yang tidak hanya atraktif tapi juga hemat energi.

⁴ International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

01 *cakupan*

Kriteria *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) untuk mengevaluasi kinerja termal selubung bangunan telah digunakan dalam Peraturan Gubernur No. 38 ini. Meskipun metoda ini cukup baik untuk mengukur kinerja termal selubung bangunan, OTTV memiliki beberapa keterbatasan.

Konsep OTTV didasarkan pada asumsi bahwa bangunan berada didalam satu sistem selubung bangunan yang benar-benar tertutup. Di samping itu, perhitungan OTTV tidak memperhitungkan faktor-faktor berikut:

- Perangkat peneduh internal, seperti gorden dan tirai.
- Refleksi matahari atau bayangan dari bangunan yang berdekatan.
- Perolehan panas dari Atap yang dihitung terpisah melalui perhitungan RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) dan tidak disyaratkan pengaturan ini.

Persyaratan OTTV hanya berlaku untuk bangunan berpendingin ruangan.

02 *persyaratan peraturan*

MENGACU PADA PASAL 6

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) untuk bangunan tidak boleh melebihi 45 Watts/m².

[3] Perencanaan yang berkaitan dengan OTTV harus mengacu pada SNI 03-6389 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.

03 *penjelasan peraturan*

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) adalah ukuran perolehan panas eksternal yang ditransmisikan melalui satuan luas selubung bangunan (W/m²). Transmisi radiasi matahari melalui jendela umumnya jauh lebih besar daripada melalui dinding. Oleh karena itu, perencanaan dan perancangan jendela harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari perolehan panas yang berlebihan melalui pengaturan orientasi, luas bukaan jendela, penentuan spesifikasi kaca (*shading coefficient*) dan penggunaan peneduh eksternal.

PERHITUNGAN OTTV

- (1) Menghitung OTTV untuk setiap komponen orientasi dan bangunan (misalnya jendela, dinding) dengan menggunakan formula dan *spreadsheet* di bawah.
- (2) Menghitung total OTTV dengan menambahkan OTTV dari masing-masing komponen dan orientasi bangunan dengan menggunakan formula dan *spreadsheet* di bawah (SNI 03-6389).

$$(1) \quad OTTV = \frac{\alpha[(U_w \times (1-WWR))] \times TD_{ek} + (SC \times WWR \times SF) + (U_t \times WWR \times \Delta T)}{A}$$

$$(2) \quad OTTV_{total} = \frac{(OTTV_u \times A_u) + (OTTV_t \times A_t) + (OTTV_s \times A_s) + (OTTV_b \times A_b)}{(A_u + A_t + A_s + A_b)}$$

Formula untuk perhitungan OTTV di atas dijabarkan dalam *spreadsheet* di bawah:

SHEET. 01

Konduksi Panas Melalui Dinding

No.	ELEVASI	Luas Façade (A) m ²	Faktor Penyerapan Matahari (α)	Total Luas Bukaan (m ²)	Rasio Jendela dan Dinding (WWR)	(1-WWR)	Nilai-U (U _w) w/m ² k	T _{deq}	OTTV	A*OTTV
	Dinding Utara									
	Dinding Selatan									
	Dinding Barat									
	Dinding Timur									
	TOTAL LUAS									

No.	ELEVASI	Luas Façade (A) m ²	Total Luas Bukaannya (m ²)	Rasio Jendela dan Dinding (WWR)	Nilai-U (U _w) w/m ² k	ΔT	OTTV	A*OTTV
	Dinding Utara							
	Dinding Selatan							
	Dinding Barat							
	Dinding Timur							
	TOTAL LUAS							

No.	ELEVASI	Luas Façade (A) m ²	Total Luas Bukaannya (m ²)	Rasio Jendela dan Dinding (WWR)	Faktor Matahari (SF)	Keefisien Peneduh (S _{ck})	Keefisien Peneduh Efektif (S _{ceff})	Keefisien Peneduh (SC = S _{ck} * S _{ceff})	OTTV	A*OTTV
	Dinding Utara				130					
	Dinding Selatan				97					
	Dinding Barat				243					
	Dinding Timur				112					
	TOTAL LUAS									

No.	ELEVATION	Wall Con (W)	Win Con (W)	Win Sol (W)	Total (W)	Luas (m ²)	OTTV (W/m ²)
	Dinding Utara						
	Dinding Selatan						
	Dinding Barat						
	Dinding Timur						
	TOTAL LUAS						

Catatan: Nilai *façade* bangunan (total luas bukaan, rasio jendela terhadap dinding dan Nilai-U) ditentukan oleh geometri bangunan dan sifat termal dari bahan bangunan. Nilai Faktor Penyerapan Matahari (*Solar Absorption Factor*) (α), T_{Dek}, ΔT, dan Faktor Matahari (*Solar Factor*) (SF) diambil dari tabel SNI 03-6389.

$$\text{SHGC} = \text{SC} \times 0,86.$$

Nilai Transfer Termal Atap (*Roof Thermal Transfer Value* - RTTV) tidak diperlukan untuk memenuhi aturan yang ada, karena aturan yang ada saat ini berlaku terutama untuk bangunan tinggi dengan luas atap yang relatif kecil.

PERHITUNGAN OTTV SECARA GRAFIK

OTTV dapat dihitung dengan menggunakan formula yang dijelaskan secara rinci di dalam SNI 03-6389. Namun demikian, perhitungan OTTV dengan menggunakan formula tersebut tidak mudah untuk dilakukan dan diperiksa untuk pembuktian nantinya.

Oleh karena itu, dua metode alternatif telah tersedia untuk menghitung OTTV secara lebih mudah. Alternatif pertama adalah dengan menggunakan “Kalkulator OTTV” dalam bentuk *spreadsheet* yang tersedia pada website DPPB (Dinas Pengawasan dan Penertiban Bangunan) DKI Jakarta. Kalkulator OTTV ini harus dilengkapi dan diserahkan untuk memenuhi salah satu syarat permohonan ijin bangunan.

Jika suatu bangunan menggunakan program simulasi energi yang telah dipakai secara luas, maka perhitungan OTTV dari program tersebut dapat digunakan.

Alternatif kedua adalah penggunaan “metoda grafis” seperti disajikan pada **Gambar 6**, yang menunjukkan nilai-nilai kombinasi SHGC, OTTV, dan WWR untuk berbagai orientasi selubung bangunan⁵. Dengan menggunakan metoda grafik ini, nilai WWR dari jendela dengan SHGC tertentu dapat dengan mudah ditentukan untuk memenuhi aturan $OTTV \leq 45 \text{ W/m}^2$. Grafik ini berlaku untuk konstruksi dinding bata dengan Nilai-U $0,039 \text{ W/m}^2\text{-K}$ dan panel jendela kaca tunggal 8 mm tanpa peneduh eksternal. Karena transmisi panas melalui dinding tidak signifikan, metoda ini juga dapat diterapkan untuk konstruksi dinding lainnya dengan Nilai-U (*U-Value*) serupa.

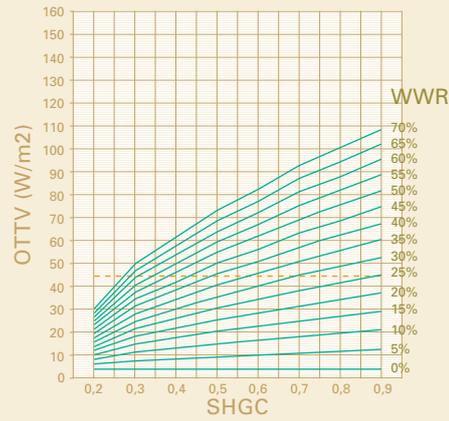
Metoda grafis ini sangat berguna dalam tahap awal pengembangan rancangan untuk mengetahui dengan mudah dan cepat apakah konsep rancangan selubung bangunan yang dikembangkan sudah memenuhi persyaratan OTTV yang berlaku. Perhitungan OTTV dengan *spreadsheet* SNI 03-6389 atau “Kalkulator OTTV” harus tetap dilakukan pada tahap akhir desain guna memenuhi salah satu persyaratan IMB (Ijin Mendirikan Bangunan).

⁵ Ibnu Saud, 2012. Tesis yang tidak diterbitkan, Departemen Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada.

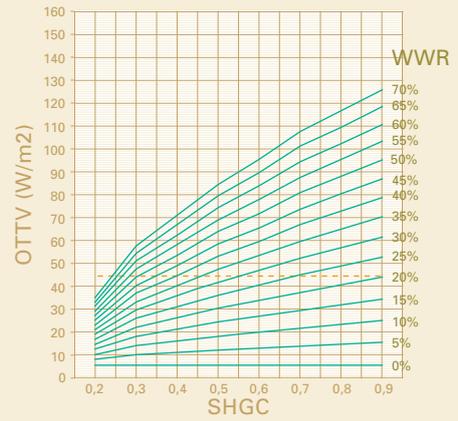
G A M B A R . 0 6

Nilai OTTV untuk Berbagai WWR dan SHGC dan Delapan Orientasi Utama

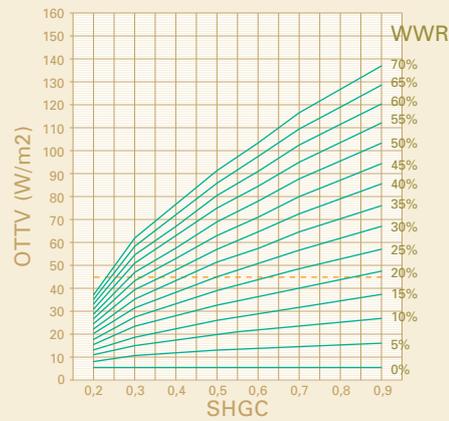
WWR Dinding Utara (0°)



WWR Dinding Timur Laut (45°)



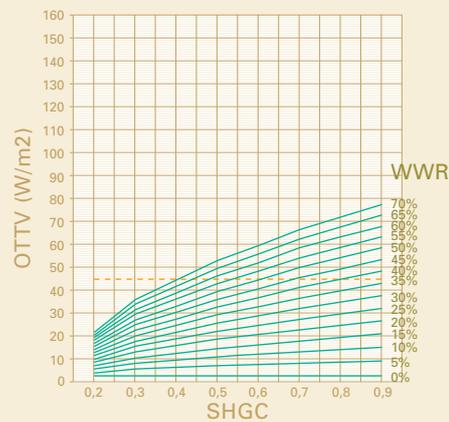
WWR Dinding Timur (90°)



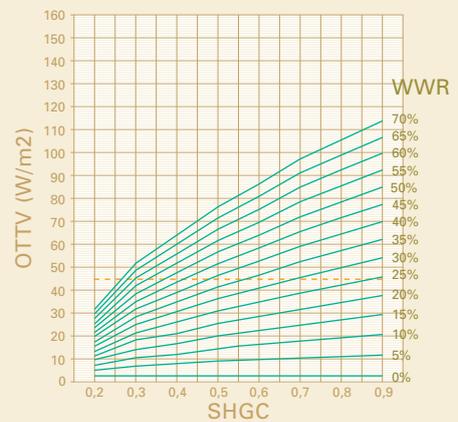
WWR Dinding Tenggara (135°)



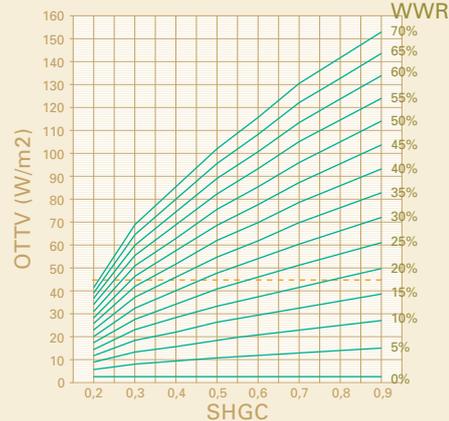
WWR Dinding Selatan (180°)



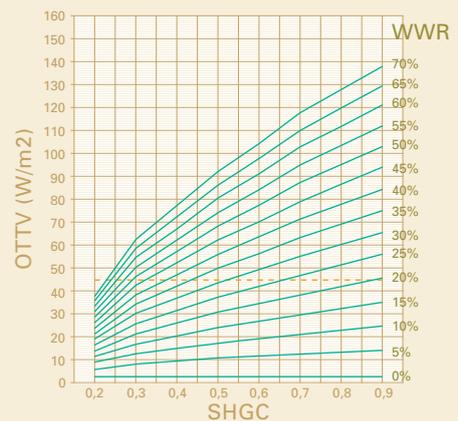
WWR Dinding Barat Daya (225°)



WWR Dinding Barat (270°)



WWR Dinding Barat Laut (315°)



Kedelapan tabel di atas juga dapat di lihat pada bagian Lampiran.

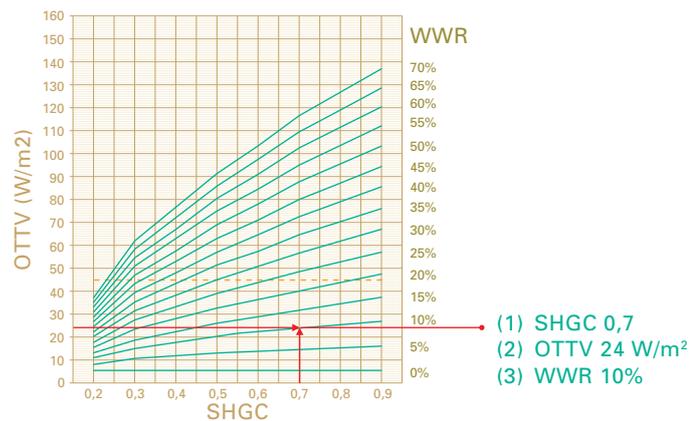
Untuk memberikan gambaran penerapan metoda grafis guna memenuhi peraturan yang ada, contoh perhitungan WWR untuk setiap orientasi dengan menggunakan ilustrasi bangunan sederhana persegi panjang 20 m x 40 m diuraikan di bawah:



Berapa maksimal WWR jendela Utara dan jendela Selatan untuk memenuhi OTTV maksimal 45 W/m²?

LANGKAH . 1 Dengan menggunakan grafik dinding timur di atas, tentukan OTTV untuk dinding timur dan dinding barat. Hasil: OTTV dinding Timur dan dinding Barat adalah masing-masing 24 W/m² dan 3 W/m².

WWR Dinding Timur (90°)



LANGKAH . 2 Menghitung OTTV untuk dinding Utara dan dinding Selatan.

ORIENTASI PERMUKAAN	OTTV (w/m ²)	Luas Permukaan (m ²)	Total Kenaikan Panas Eksternal (W)
	(OTTV)	(A)	(OTTV x A)
Timur (T)	24	80	1920
Barat (B)	3	80	240
Utara (U)	?	160	?
Selatan (S)	?	160	?
TOTAL	45	480	21600

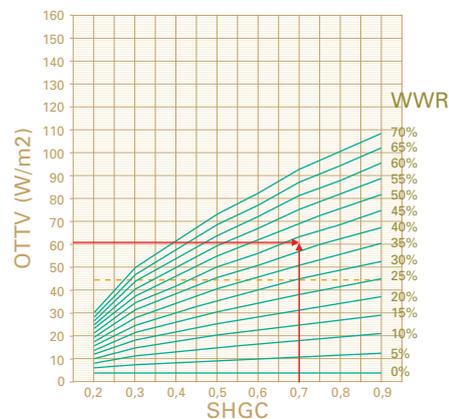
Untuk menghitung OTTV dinding Utara dan dinding Selatan dapat digunakan formula berikut:

$$\text{OTTV Total} = \frac{(\text{OTTV}_1 \times A_1) + (\text{OTTV}_2 \times A_2) + \dots + (\text{OTTV}_i \times A_i)}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$$

ORIENTASI PERMUKAAN	OTTV (w/m ²)	Luas Permukaan (m ²)	Total Kenaikan Panas Eksternal (W)
	(OTTV)	(A)	(OTTV x A)
Timur (T)	24	80	1920
Barat (B)	3	80	240
Utara (U)	60.75	160	9720
Selatan (S)	60.75	160	9720
TOTAL	45	480	21600

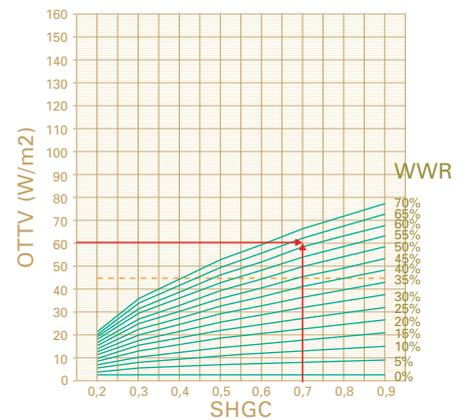
LANGKAH . 3 Tentukan WWR untuk dinding Utara dan dinding Selatan dengan menggunakan grafik pada Gambar 6. Gambar di bawah menunjukkan bahwa untuk memenuhi persyaratan OTTV 45 W/m², WWR untuk dinding Utara dan dinding Selatan harus lebih kecil dari 43% dan 62%.

WWR Dinding Utara (0°)



- (1) SHGC 0,7
- (2) OTTV 60,75 W/m²
- (3) WWR 43%

WWR Dinding Selatan (180°)



- (1) SHGC 0,7
- (2) OTTV 60,75 W/m²
- (3) WWR 62%

Memiliki peneduh eksternal (*external shading*) dapat meningkatkan kinerja jendela secara signifikan dengan menghalangi radiasi matahari yang berakibat pada penurunan nilai SHGC. Nilai SHGC atau SC dari sistem jendela (*fenestration*) yang menggabungkan efek material kaca dan peneduh eksternal dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut (SNI 03-6389):

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

Nilai SC_{eff} untuk berbagai konfigurasi peneduh eksternal dan orientasi diuraikan di SNI 03-6389.

- SC = koefisien peneduh jendela (sistem fenestration)
- SC_k = koefisien peneduh material kaca
- SC_{eff} = koefisien peneduh efektif dari peralatan peneduh luar (*external shading devices*)
- SHGC = 0,86 SC

04 *prinsip-prinsip desain*

PERPINDAHAN PANAS MELALUI SELUBUNG BANGUNAN

Dalam bangunan yang didominasi beban pendinginan eksternal, konsumsi energi untuk sistem HVAC terutama ditentukan oleh perpindahan panas melalui komponen selubung bangunan termasuk:

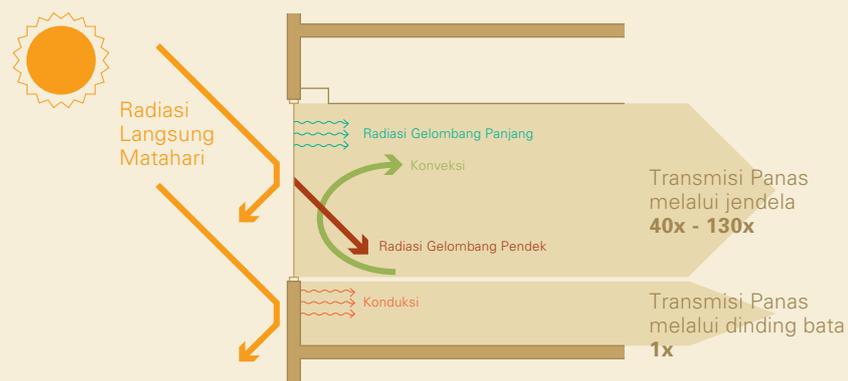
- Perpindahan panas melalui jendela,
- Perpindahan panas melalui dinding,
- Perpindahan panas melalui atap,
- Laju infiltrasi dan eksfiltrasi melalui retak-retak, jendela dan bukaan pintu.

Ada sejumlah prinsip desain yang dapat diterapkan untuk mengurangi perolehan panas melalui selubung bangunan:

- Merancang bentuk dan orientasi bangunan untuk meminimalkan paparan selubung bangunan dari radiasi matahari timur dan barat.
- Mengurangi transmisi panas melalui jendela dengan mengurangi luas jendela, menyediakan peneduh eksternal yang dirancang secara tepat dan memilih material kaca dengan nilai SHGC atau SC yang rendah.
- Mengurangi transmisi panas melalui dinding dengan menggunakan insulasi yang memadai.
- Mengurangi transmisi panas melalui atap dengan memiliki nilai reflektifitas, emisivitas dan insulasi yang lebih tinggi.
- Mengurangi infiltrasi dan eksfiltrasi dengan menyekat bangunan secara rapat dan mengendalikan bukaan pintu dan jendela.

GAMBAR . 07

Komponen-komponen
Perpindahan Panas Melalui
Selubung Bangunan



Perpindahan panas melalui selubung bangunan dapat dikategorikan sebagai radiasi, konduksi, dan konveksi melalui dinding dan jendela. Dari ketiga kategori tersebut, radiasi langsung melalui jendela adalah kategori yang paling penting untuk area Jakarta. Hasil studi simulasi menunjukkan bahwa untuk tipikal konstruksi dan material selubung bangunan, perpindahan panas melalui jendela kira-kira 40-130 kali lebih tinggi daripada perpindahan panas melalui dinding. Bahkan untuk kaca dengan SHGC terbaik yang tersedia di pasaran, perpindahan panas melalui jendela masih jauh lebih tinggi dibandingkan dinding bata. Oleh karena itu, pengendalian perpindahan panas melalui jendela untuk mengurangi beban pendinginan merupakan faktor penting bagi kesuksesan strategi desain pasif secara keseluruhan.

Bentuk lain dari perpindahan panas yang dapat meningkatkan beban pendinginan adalah infiltrasi dan eksfiltrasi melalui retak-retak selubung bangunan serta bukaan jendela dan pintu.

BENTUK DAN ORIENTASI BANGUNAN

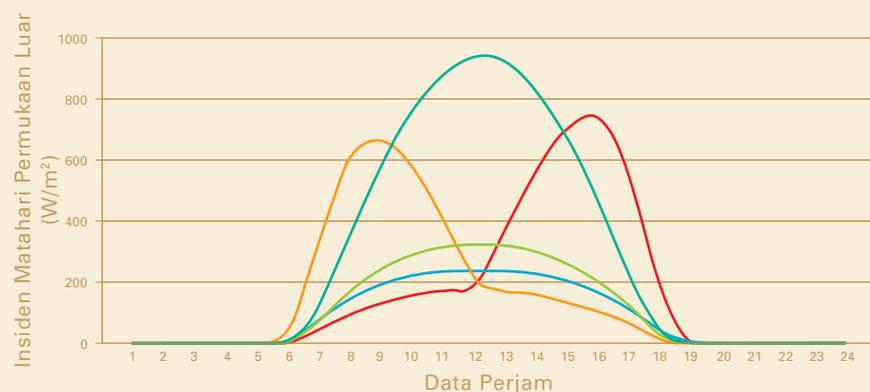
Karena pergerakan harian dan tahunan dari matahari, radiasi matahari yang diterima selubung bangunan bervariasi untuk setiap orientasi. Untuk Jakarta dan lokasi lainnya pada lintang yang sama, dinding vertikal pada arah Barat menerima radiasi matahari rata-rata sebesar 303 W/m^2 per hari, sedangkan timur, utara dan selatan masing-masing menerima radiasi matahari rata-rata sebesar 268 W/m^2 , 207 W/m^2 , dan 165 W/m^2 per hari. Permukaan horisontal (atap) menerima radiasi matahari rata-rata sebesar 527 W/m^2 per hari.

G A M B A R . 0 8

Rerata Tahunan Radiasi Matahari pada Atap Horizontal dan Dinding Vertikal

- Barat
- Selatan
- Timur
- Utara
- Horisontal

Rerata tahunan radiasi matahari yang diterima oleh permukaan Barat, Selatan, Timur, Utara, dan Permukaan Horisontal (W/m^2)

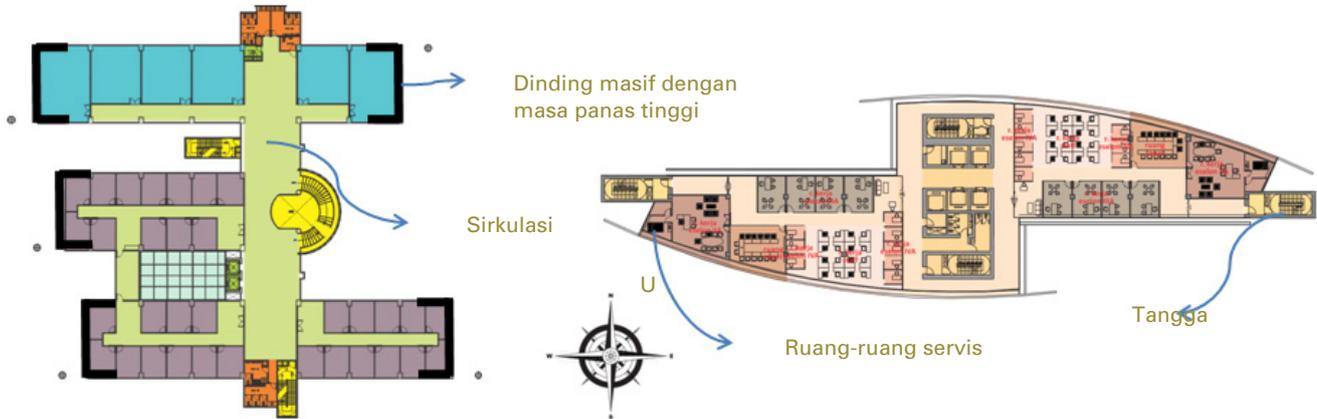


G A M B A R . 0 9

Bentuk bangunan memanjang dari barat ke timur untuk meminimalkan perolehan panas matahari dan memaksimalkan pencahayaan alami.

Kiri: Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, UIN, Jakarta. Kanan: Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kantor Pusat, Jakarta

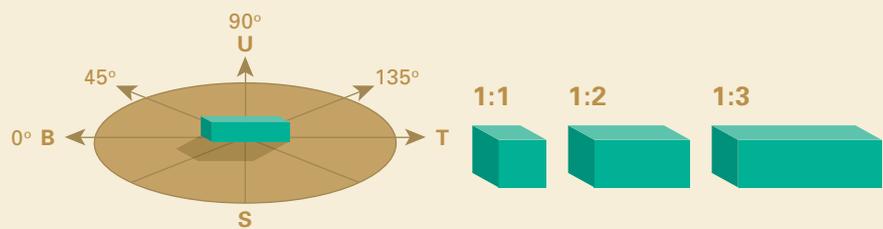
Untuk menghindari perolehan panas radiasi matahari yang berlebihan, permukaan utama selubung bangunan dengan jendela sedapat mungkin diorientasikan ke utara dan selatan. Ini memungkinkan jendela mendapatkan pencahayaan alami dari kubah langit dengan tetap meminimalkan perolehan panas dari radiasi matahari secara langsung. Ruang-ruang servis dan tangga dengan dinding masif dapat diletakkan di sisi Barat dan Timur, sehingga dapat berfungsi sebagai *thermal buffer zones*.



Perbandingan perolehan radiasi panas matahari yang direpresentasikan dengan nilai OTTV untuk berbagai bentuk dan orientasi bangunan disajikan pada **Gambar 10**. Nilai OTTV tersebut adalah untuk bangunan persegi panjang sederhana dengan jendela menerus (SHGC 0,4) dan luas lantai yang sama.

G A M B A R . 1 0

Dampak Bentuk dan Orientasi Bangunan terhadap OTTV (W/m^2)⁶



W W R	1 : 1		1 : 2				1 : 3			
	0°	45°	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°
70%	66.79	67.56	62.75	67.68	71.25	67.86	59.75	66.72	72.46	66.99
50%	49.99	50.57	47.02	50.74	53.41	50.84	44.82	50.09	54.37	50.24
30%	32.44	32.81	30.58	33	34.73	33.03	29.19	32.64	35.4	32.68

⁶ Ibnu Saud, 2012. Tesis yang tidak diterbitkan, Departemen Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada.

LUAS JENDELA

Proporsi luas jendela memiliki pengaruh sangat besar terhadap beban pendinginan karena menentukan total perolehan panas yang masuk ke dalam bangunan. Hal ini dikarenakan jendela kaca dapat memasukkan panas ke dalam bangunan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dinding masif. Oleh karena itu rasio luas jendela terhadap dinding (WWR) yang lebih tinggi biasanya menyebabkan beban pendinginan lebih tinggi. Mengurangi luas jendela adalah salah satu solusi paling efektif untuk mengurangi beban pendinginan dan konsumsi energi bangunan secara keseluruhan. Karena konstruksi jendela biasanya lebih mahal daripada konstruksi dinding, mengurangi WWR juga dapat menurunkan biaya konstruksi. Hasil studi simulasi pada tipikal bangunan di Jakarta menunjukkan bahwa mengurangi luas jendela hingga setengah dapat menurunkan konsumsi energi hingga **10%**.

TABEL 02

Dampak WWR pada Penghematan Energi (%) untuk Berbagai Jenis Bangunan (penghematan 0,0% merupakan nilai acuan (*base case*)⁷)

Dampak WWR pada penghematan energi (%) untuk berbagai jenis bangunan

W W R	Kantor	Retail	Hotel	Rumah Sakit	Apartemen	Sekolah
69%	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)		
53%	3.7%	2.0%	4.6%	3.9%		
40%	8.0%	3.9%	8.7%	7.5%	(0.0%)	-1.8%
34%	9.5%	4.9%	10.6%	9.1%	2.3%	(0.0%)
20%	13.2%	7.1%	14.5%	12.6%	6.8%	5.4%

MATERIAL KACA

Berdasarkan sifat termalnya, material kaca memiliki berbagai karakteristik yang berbeda, tergantung dari sifat transmisi radiasi matahari (*solar transmittance*), daya serap radiasi matahari (*solar absorptance*), daya pantulan radiasi matahari (*solar reflectance*) dan transmisi cahaya (*visible transmittance*). Karakteristik transmisi termal material kaca diukur dari Nilai-U, untuk konduksi, dan Koefisien Perolehan Panas Matahari (*Solar Heat Gain Coefficient* - SHGC) atau Koefisien Peneduh (*Shading Coefficient* - SC) untuk radiasi. Dalam hal ini, nilai SHGC = 0,86 SC.

Representasi Nilai-U, transmisi cahaya (*Visible Transmittance* - VT) dan SHGC untuk berbagai tipikal material kaca yang diproduksi secara lokal disajikan pada **Tabel 3**. Material kaca dengan kinerja lebih baik dengan nilai SHGC rendah yang dapat mencapai 0,2 tersedia secara global. Namun, saat ini aplikasi tersebut masih sangat terbatas karena tingginya biaya. Sebagai alternatif, lapisan tambahan (*offline coatings*) yang dapat diaplikasikan oleh industri lokal juga tersedia. Lapisan tambahan yang secara relatif tidak mahal ini dapat menurunkan nilai SHGC hingga mencapai 0,2.

⁷ International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

TABEL 03

Nilai U, Transmisi Cahaya dan Nilai SHGC dari Tipikal Material Kaca yang Tersedia Secara Lokal di Indonesia.

Nilai U, Transmisi Cahaya dan Nilai SHGC dari Tipikal Material Kaca

KACA TUNGGAL 8mm	Nilai-U	Transmisi Visual (%)	SC	SHGC
Bening	4.94	89	0.95	0.82
Berwarna	5.18	55	0.51 – 0.57	0.44 – 0.49
Reflektif	5.18	42 – 48	0.42 – 0.53	0.36 – 0.46
Rendah	4.54	35 – 67	0.40 – 0.69	0.34 – 0.59

Untuk iklim Indonesia dengan perbedaan suhu antara ruang dalam dan ruang luar yang relatif kecil, memperbaiki nilai SHGC akan lebih efektif daripada meningkatkan Nilai-U. Dengan kata lain, memiliki kaca ganda untuk mengurangi perolehan panas konduksi melalui jendela biasanya tidak efisien. Misalnya, mengurangi SHGC dari 0,67 menjadi 0,38 akan mengurangi total konsumsi energi sebesar 8%. Sedangkan menambahkan kaca bening untuk membentuk kaca ganda dengan SHGC yang sama serta menurunkan Nilai-U dari 5,8 menjadi 3,4 hanya akan mengurangi total konsumsi energi sekitar 1%.

Untuk menunjukkan secara jelas dampak signifikan SHGC pada total konsumsi energi, hasil studi simulasi untuk berbagai jenis bangunan dirangkum pada **Tabel 4**. Untuk semua kasus Nilai-U dan transmisi visual masing-masing adalah konstan pada nilai 5,8 W/m² dan 0,7%. Dalam hal ini, SHGC 0,6 adalah kasus dasar (*base case*).

TABEL 04

Dampak SHGC pada Penghematan Energi (%) untuk Tipikal Bangunan di Jakarta (nilai U 5,8W/m²/k, transmisi visual 0.57).⁸

Dampak SHGC pada Penghematan Energi (%) untuk Tipikal Bangunan di Jakarta

SHGC	Kantor	Retail	Hotel	Rumah Sakit	Apartemen	Sekolah
0,6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0,5	5.7%	2.4%	5.1%	5.7%	3.7%	3.2%
0,4	8.4%	3.7%	8.5%	8.2%	6.1%	5.1%
0,3	11.0%	5.1%	11.9%	10.8%	8.4%	6.7%
0,2	14.4%	6.6%	15.4%	13.3%	10.6%	7.5%

PENEDUH EKSTERNAL

Peneduh eksternal lebih efektif dalam mengurangi perolehan panas matahari dibandingkan dengan peneduh internal karena dapat menghalangi radiasi matahari sebelum mencapai selubung bangunan. Peneduh eksternal perlu dirancang secara hati-hati agar tidak hanya untuk mengurangi beban pendinginan tetapi juga untuk menciptakan arsitektur yang estetis, dengan tetap memperhitungkan kinerja pencahayaan alami.

⁸ International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

Geometri perangkat peneduh harus dirancang sesuai dengan jalur pergerakan matahari, yang menyebabkan rancangan bentuk dan ukuran yang berbeda untuk orientasi yang berbeda. Secara umum, perangkat peneduh horisontal lebih sesuai untuk jendela dengan orientasi selatan dan utara di mana sudut datang sinar matahari relatif tinggi. Sirip vertikal dapat efektif menghalau radiasi matahari dengan sudut datang rendah pada jendela yang berorientasi ke arah timur dan barat. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, diagram jalur matahari (*sun path diagram*) sebaiknya digunakan untuk pengembangan rancangan perangkat peneduh.

G A M B A R . 1 1

Contoh Aplikasi Sirip Vertikal (kiri atas)⁹, Peneduh Horisontal (kanan atas)¹⁰, dan Fasade Ganda *Eggcrate* (bawah)¹¹



Pengaruh perangkat peneduh eksternal pada potensi penghematan energi untuk berbagai jenis bangunan telah dipelajari dengan menggunakan simulasi komputer. Sebagai kasus dasar (*base case*) adalah jendela tanpa peneduh untuk kantor, retail, hotel, dan rumah sakit; dan peneduh horisontal 300 mm untuk apartemen dan sekolah. Selain itu, kasus dasar WWR untuk apartemen dan sekolah masing-masing 40% dan 35%, sedangkan untuk tipe bangunan lainnya adalah 69%.

Perbedaan karakteristik kasus dasar untuk tipe bangunan yang berbeda ini sesuai dengan karakteristik bangunan eksisting di Jakarta. Oleh karena itu, penghematan energi melalui penggunaan perangkat peneduh eksternal untuk apartemen dan sekolah menjadi lebih kecil karena luasan jendela yang lebih kecil pada kedua tipe bangunan tersebut.

Keefektifan perangkat peneduh horisontal tidak ditentukan oleh bentuk peneduh tersebut, tetapi oleh sudut bayangan vertikal (*Vertical Shadow Angle - VSA*). Ada banyak cara untuk mendapatkan VSA yang sama,

⁹ Jatmika Adi Suryabrata.

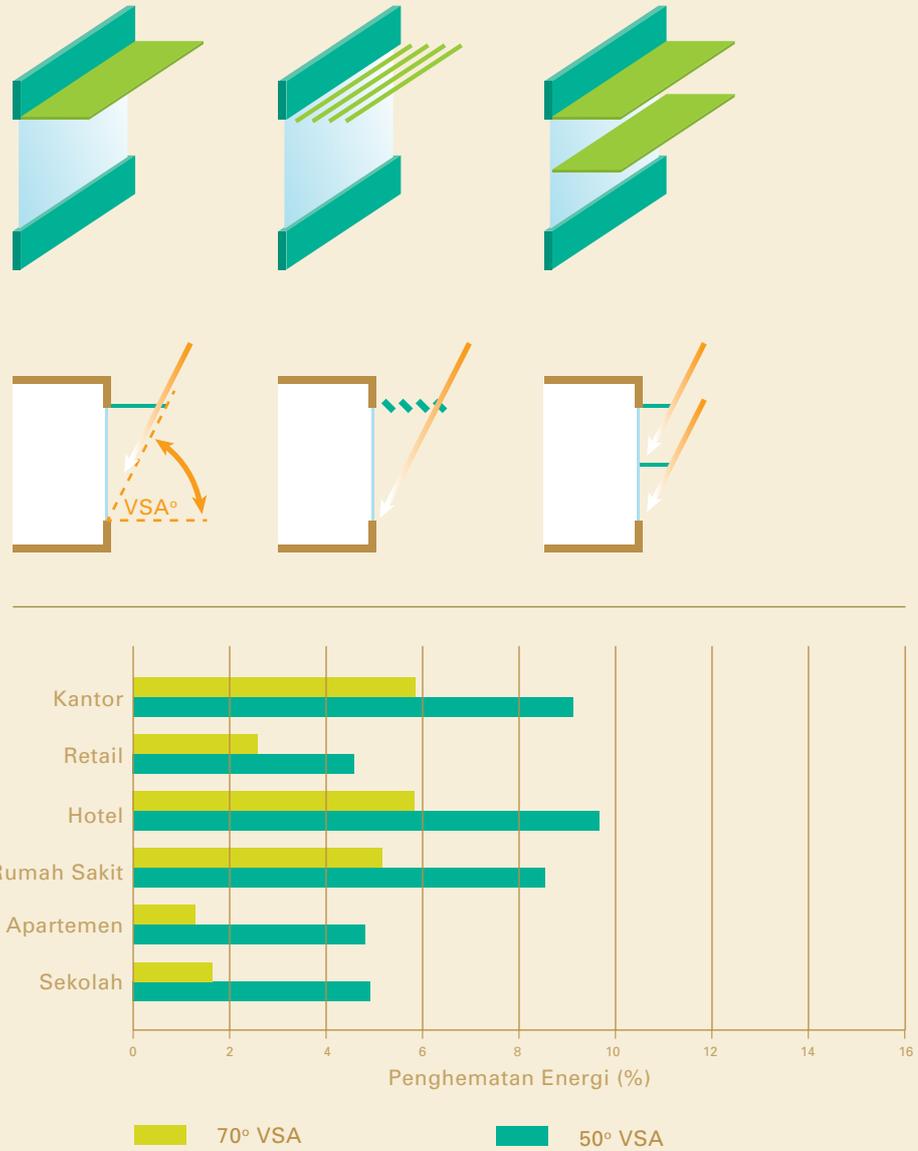
¹⁰ Wiratman Architecture.

¹¹ Jatmika Adi Suryabrata.

misalnya dengan menggunakan *overhang* horisontal tunggal, pergola, *overhang* horisontal ganda dengan ukuran kedalaman yang lebih kecil, seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**.

G A M B A R . 1 2

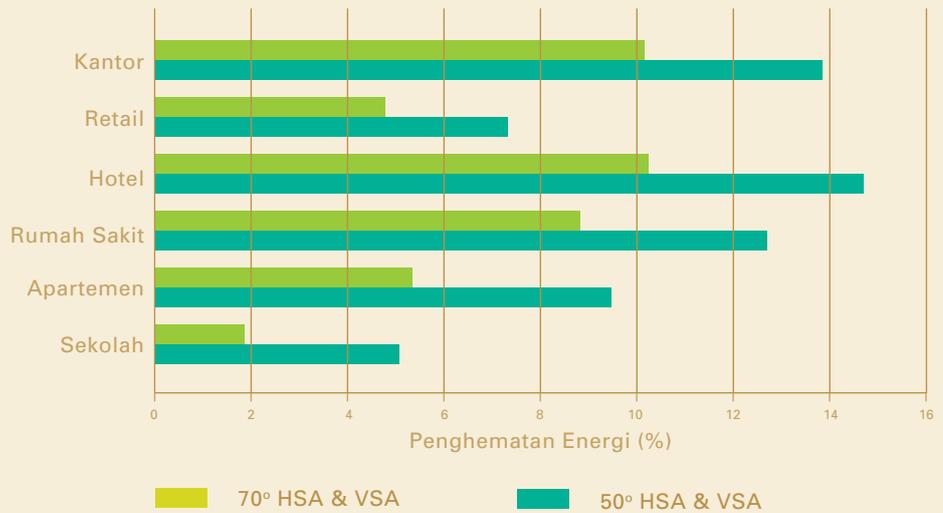
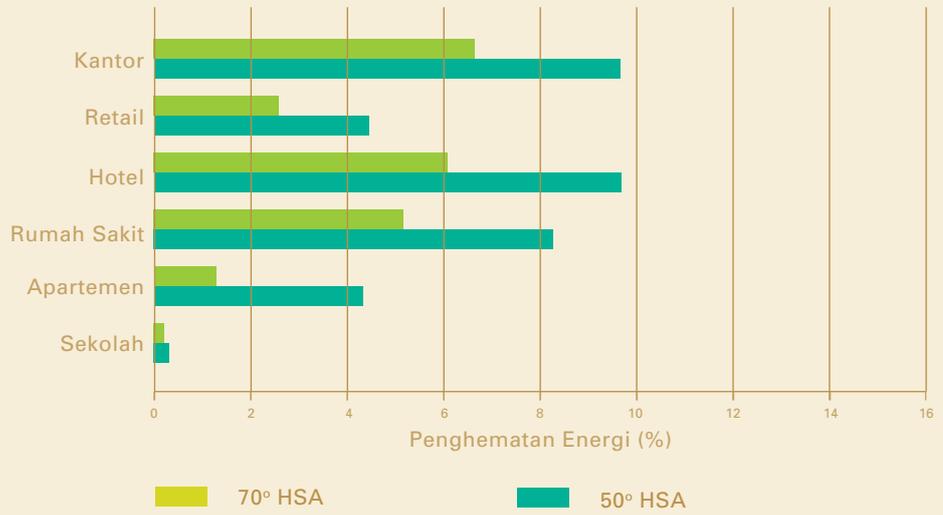
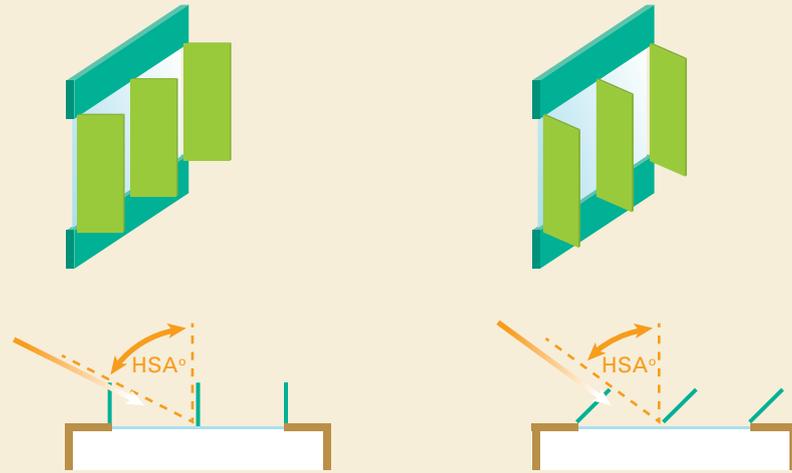
Jenis Peneduh Eksternal Generik: *Overhang* dan Potensi Penghematan Energi¹²



¹² International Finance Corporation (IFC). 2011. Jakarta Building Energy Efficiency Baseline and Saving Potential: Sensitivity Analysis.

G A M B A R . 1 3

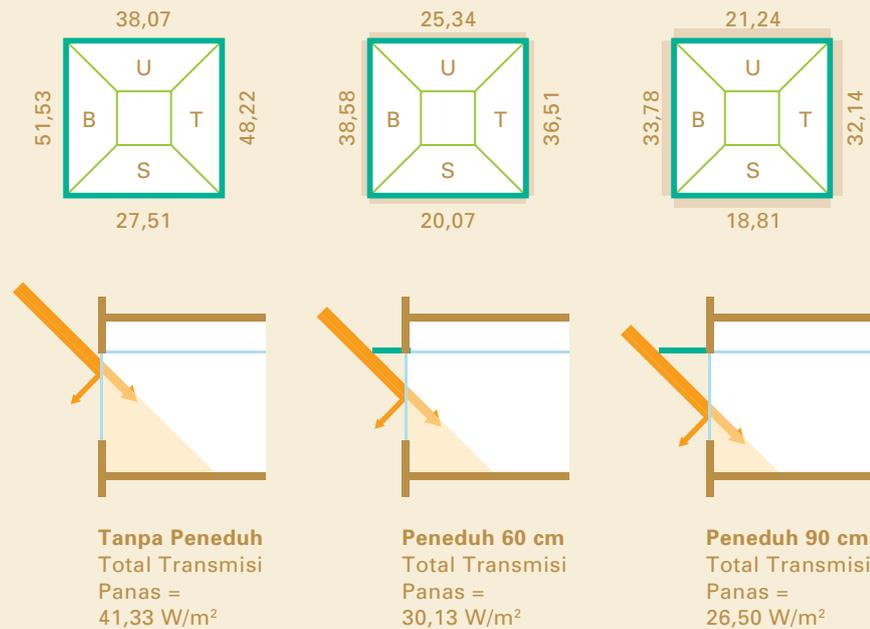
Jenis Peneduh Eksternal
 Generik: Sirip Vertikal
 (atas) dan *Eggcrate*
 (bawah) dan Potensi
 Penghematan Energi



Seperti digambarkan oleh hasil simulasi di atas, perangkat peneduh eksternal sangat efektif mengurangi beban pendinginan dari jendela, di mana sekitar 14% penghematan energi bisa didapatkan melalui penggunaan *eggcrate*. Efektivitas peneduh bervariasi tergantung pada WWR, orientasi dan pemilihan material kaca. Secara umum, penghematan energi yang lebih tinggi melalui peneduh dapat dicapai untuk kasus bangunan yang memiliki WWR dan SHGC yang tinggi. Oleh karena itu, perancangan sistem fenestrasi atau jendela harus dilakukan secara komprehensif untuk mencakup semua kemungkinan strategi agar mendapatkan hasil yang terbaik.

G A M B A R . 1 4

Pengurangan Transmisi Panas dengan Peneduh Horizontal¹³



REFLEKTOR CAHAYA (LIGHTSHELF)

Reflektor cahaya (*lightsheff*) adalah elemen horisontal yang membagi jendela menjadi dua bagian. Jendela bagian atas untuk pencahayaan alami dan jendela bagian bawah untuk pandangan (*vision*). Selain berfungsi sebagai peneduh jendela bagian bawah, reflektor cahaya tersebut juga berfungsi untuk memantulkan cahaya matahari yang datang dari bagian atas jendela untuk membantu penetrasi pencahayaan alami ke dalam ruangan yang jauh dari jendela. Kaca di atas reflektor perlu memiliki VT (*Visible Transmittance*) yang lebih tinggi, sedangkan kaca di bawah reflektor bisa memiliki SGHC dan VT yang lebih rendah. Ini akan mengoptimalkan penetrasi cahaya tanpa menyebabkan panas yang berlebihan. Guna mendapatkan distribusi pencahayaan alami yang lebih baik, permukaan atas reflektor serta langit-langit ruangan harus memiliki daya pantul (*reflectance*) yang tinggi.

Diskusi lebih lanjut mengenai reflektor cahaya disajikan di Bagian Pencahayaan.

¹³ Rachmat Syahrullah, 2012. Tesis yang tidak diterbitkan, Departemen Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada.

G A M B A R . 1 5

Contoh Kinerja Tipikal Reflektor Cahaya (*Lightshelf*)¹⁴



Gambar 15 menunjukkan kinerja reflektor cahaya yang dapat mendistribusikan pencahayaan alami secara lebih merata dan lebih dalam dengan memantulkan cahaya dari langit-langit ruangan. Langit-langit dekat jendela yang lebih terang juga bisa mengurangi sensasi silau karena berkurangnya kontras antara permukaan interior (langit-langit) dan lingkungan luar.

G A M B A R . 1 6

Aplikasi Reflektor Cahaya (*Lightshelf*)



¹⁴ Rachmat Syahrullah, 2012. Tesis yang tidak diterbitkan, Departemen Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada.

P E N E D U H I N T E R N A L

Peneduh internal (tirai, gorden) menahan radiasi matahari setelah melewati jendela kaca dan mencegah terjadinya radiasi matahari yang langsung mengenai penghuni dan bagian interior yang lebih dalam. Namun, peneduh internal tidak seefektif peneduh eksternal dalam mengurangi beban pendinginan. Hal ini disebabkan radiasi panas tersebut sudah terlanjur masuk ke dalam ruangan melalui kaca jendela serta diradiasikan dan dikonveksikan di dalam ruang, yang akhirnya menjadi beban pendinginan bagi sistem HVAC. Warna terang dari peneduh internal dengan lapisan reflektif lebih efektif daripada warna gelap karena lebih banyak panas dipantulkan kembali keluar melalui kaca jendela.

G A M B A R . 1 7

Kinerja Termal Sistem Fenestrasi



Peneduh internal pada umumnya bisa diatur sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan individual dari penghuni dan tersedia dengan berbagai desain dan warna sehingga dapat dipadupadankan dengan rancangan elemen interior lainnya. Dari segi desain, peneduh internal dapat dibedakan sebagai peneduh rol (*roller shades*), tirai horisontal (*horizontal blinds*), tirai vertikal (*vertical blinds*) dan gorden. Di antara semua itu, tirai horisontal memiliki kinerja yang lebih baik dengan memantulkan cahaya matahari ke langit-langit untuk meningkatkan kinerja pencahayaan alami ke bagian interior yang letaknya jauh dari jendela.

Masalah utama dengan peneduh internal yang dioperasikan secara manual adalah bahwa pengguna jarang mengatur bukaan tirai sesuai dengan pergerakan matahari (misalnya membuka kembali tirai ketika tidak silau atau panas). Karena tirai yang ditutup juga mengurangi kinerja pencahayaan alami, hal ini dapat menyebabkan konsumsi energi yang jauh lebih tinggi untuk sistem pencahayaan.

Untuk menghindari masalah tersebut, penghuni bangunan perlu diberi pengertian untuk menutup dan membuka tirai sesuai dengan kebutuhan penghuni serta intensitas radiasi matahari.

Alternatif lainnya adalah dengan menggunakan tirai otomatis yang dapat beroperasi sesuai dengan intensitas cahaya dan radiasi matahari. Pengeroperasiannya, dapat diatur dengan sensor atau kendali jarak jauh.

D I N D I N G

Dinding bangunan umumnya terdiri atas beberapa lapisan material dengan ketebalan dan sifat termal yang berbeda. Gabungan nilai konduktansi (k) dan nilai resistensi (R) dari setiap lapisan bahan menentukan sifat termal keseluruhan dari dinding tersebut yang dapat direpresentasikan dengan Nilai-U. Semakin rendah Nilai-U semakin baik karena transfer termal yang lebih rendah.

Korelasi antara konduktansi (k), resistensi (R) dan Nilai-U dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$R = \frac{t}{k} ; \text{Nilai } U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

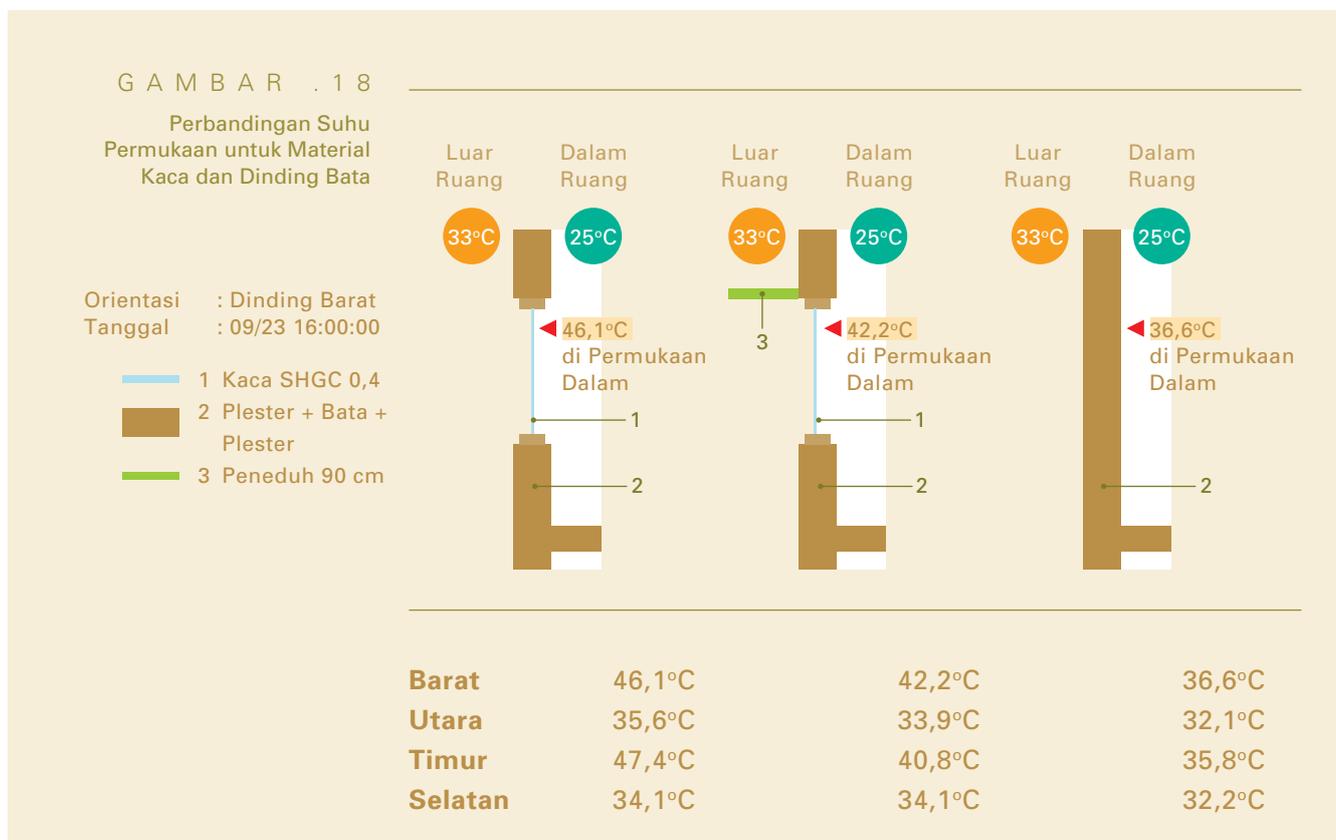
Konstruksi bata dari tanah liat atau blok beton aerasi (*Autoclaved Aerated Concrete* - AAC) dengan plester di kedua sisi adalah aplikasi yang umum diterapkan untuk konstruksi dinding di Indonesia. Ini banyak digunakan, terutama untuk bangunan bertingkat rendah, karena harga konstruksi yang relatif murah. Belakangan ini, panel beton pracetak (*precast*) juga banyak digunakan untuk menggantikan konstruksi bata, terutama untuk bangunan tinggi. Dalam hal perpindahan panas, penggunaan dinding bata atau panel beton umumnya sudah cukup karena perbedaan suhu luar ruangan—dalam ruangan yang relatif kecil. Oleh karena itu, menambahkan lapisan insulasi pada dinding bata untuk menahan panas menjadi tidak efektif dari sisi biaya.

Konstruksi selubung bangunan lain yang umum diterapkan adalah dinding tirai (*curtain wall*) dengan panel kaca dan panel masif yang ringan (misalnya panel komposit aluminium). Dari sisi karakteristik termalnya, dinding tirai sangat rentan terhadap perpindahan panas dan oleh karena itu penambahan lapisan insulasi sangat penting untuk meningkatkan kinerja termal selubung bangunan tersebut.

Penerapan selubung masif dengan Nilai-U yang lebih rendah adalah lebih baik dibandingkan dengan dinding kaca tirai. Selubung masif tidak hanya secara signifikan mengurangi transmisi panas dan beban pendinginan, tetapi juga menurunkan *Mean Radiant Temperature* (MRT) di dalam ruang. MRT adalah suhu rata-rata permukaan material yang melingkupi suatu ruangan (misal: dinding, lantai, langit-langit, meja dll). Semakin rendah nilai

MRT, semakin baik. Bersama dengan suhu udara, MRT mempengaruhi tingkat kenyamanan termal dalam bentuk “suhu operatif” (*Operative Temperature*), yang merupakan nilai rata-rata suhu udara dan MRT.

Seperti ditunjukkan pada **Gambar 18**, permukaan bagian dalam dari kaca dapat mencapai suhu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu permukaan dinding bata. Oleh karena itu, meskipun suhu udara pada sebuah ruangan berada dalam zona nyaman (misalnya 25°C), suhu operatif yang dihasilkan bisa lebih tinggi (misalnya 28°C) jika selubung bangunan didominasi jendela kaca. Dengan kata lain, meskipun pengukuran suhu udara menunjukkan 25°C, orang akan merasa seperti 28°C. Dalam kasus ini, suhu udara harus diatur lebih rendah (misalnya 22-23°C) untuk mencapai standar tingkat kenyamanan termal. Hal ini berakibat pada konsumsi energi yang lebih tinggi.



A T A P

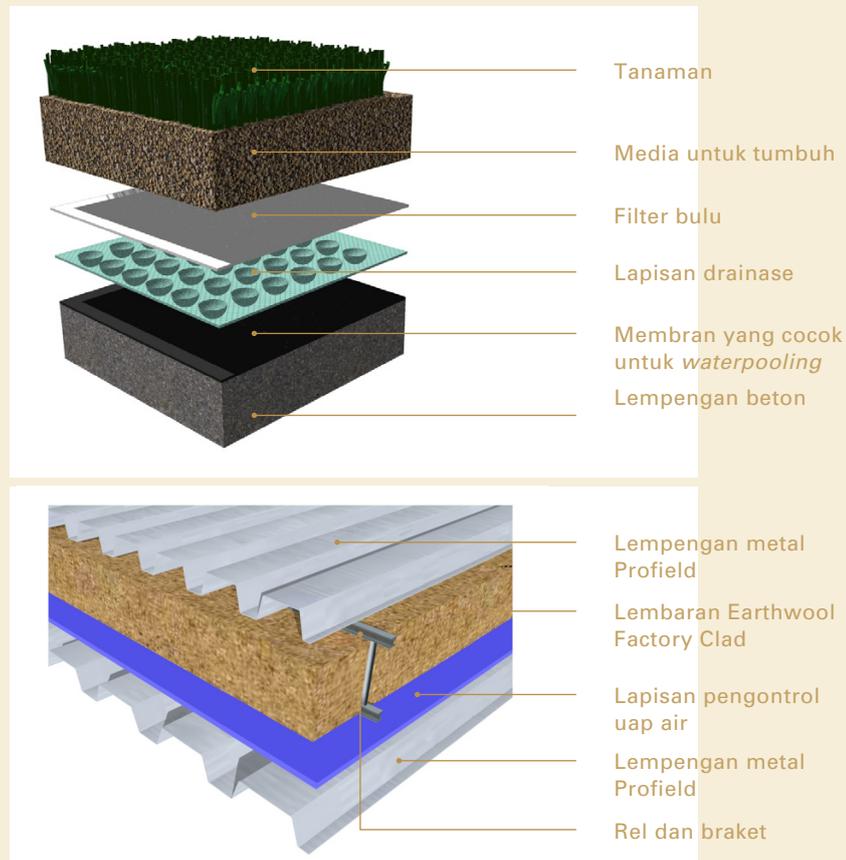
Pada bangunan berlantai tunggal atau rendah dengan bidang atap yang luas, atap dapat menjadi sumber utama perolehan panas sebuah bangunan. Untuk meminimalkan kenaikan panas melalui atap, bahan dengan reflektifitas dan emisivitas tinggi harus dipilih. Karena bahan atap biasanya memiliki Nilai-U tinggi (transmisi panas tinggi), penambahan lapisan insulasi dapat mengurangi beban pendinginan secara signifikan. Memiliki atap dengan reflektifitas dan emisivitas tinggi juga akan mengurangi fenomena *urban heat island*.

Sebagai alternatif, “atap hijau” (*green roof*) bisa diterapkan untuk mengurangi transmisi panas melalui atap. Meskipun Nilai-U atap hijau sulit untuk ditentukan, atap hijau tetap memiliki sifat termal yang sangat baik karena lapisan konstruksinya yang tebal. Nilai-U atap hijau sangat bervariasi tergantung pada lapisan konstruksi, kadar air dan jenis tanaman. Atap hijau juga mengurangi fenomena *urban heat island* karena sebagian besar radiasi matahari yang jatuh ke atap akan diserap oleh tanaman untuk penguapan dan transpirasi.

Perpindahan panas melalui atap, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Nilai Transfer Termal Atap (*Roof Thermal Transfer Value* - RTTV), seperti dijelaskan di SNI 03-6389 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.

G A M B A R . 1 9

Atap Hijau (kiri) dan Atap Logam dengan Lapisan Insulasi (kanan)



Secara umum kinerja termal bahan bangunan dinyatakan dalam Nilai-U. Nilai-U (atau Faktor-U) adalah koefisien perpindahan panas keseluruhan yang menggambarkan seberapa baik suatu bahan bangunan dapat menahan panas. Nilai-U mengukur laju perpindahan panas melalui elemen bahan bangunan dalam luas tertentu, di bawah kondisi standar. Semakin kecil Nilai-U, semakin baik bahan bangunan tersebut mengurangi transmisi panas.

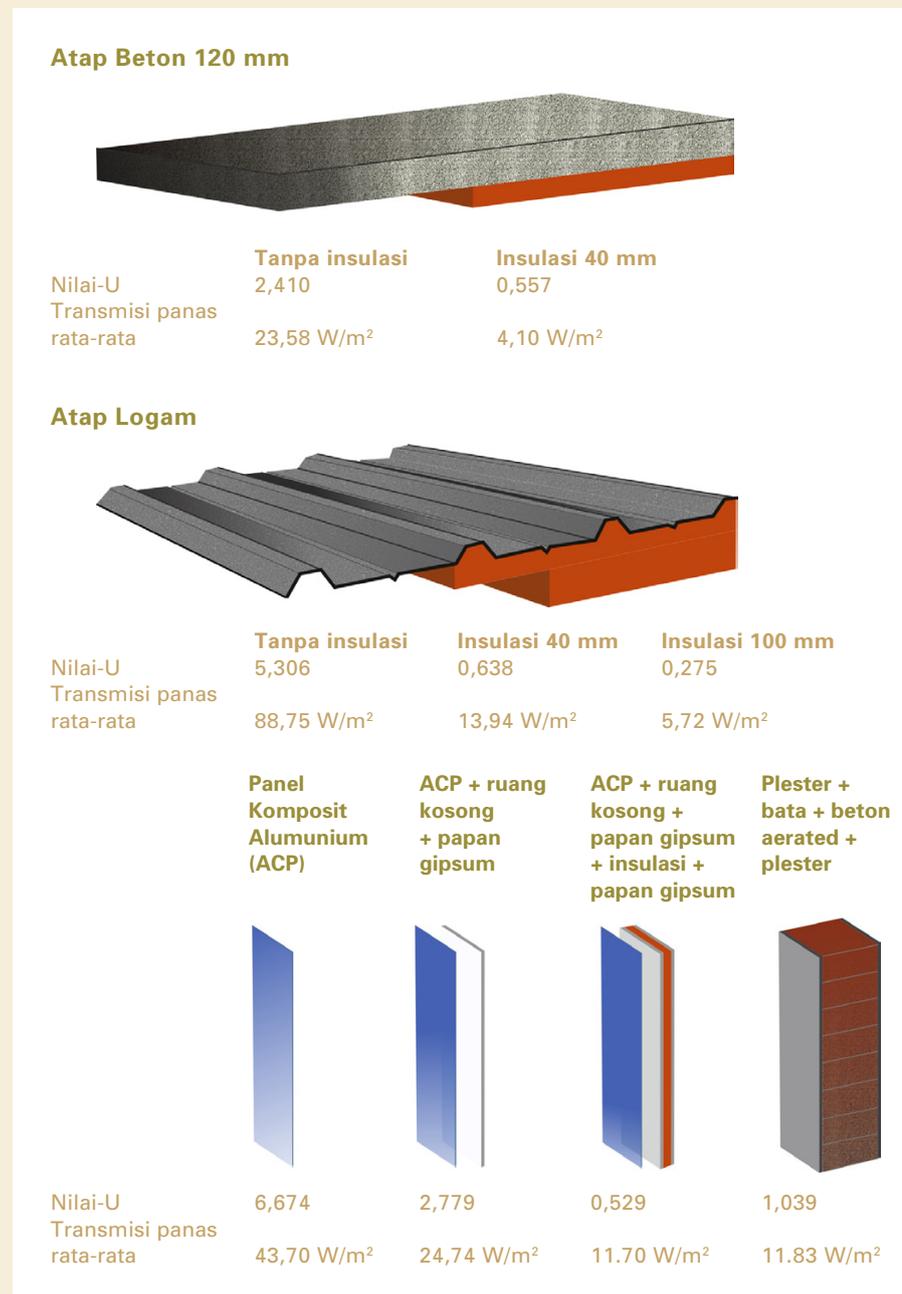
Gambar 20 menunjukkan hasil studi simulasi yang mengungkapkan dampak signifikan penggunaan lapisan insulasi pada atap beton dan metal untuk menurunkan transmisi panas. Perlu diingat, bahwa atap (permukaan

horizontal) menerima radiasi matahari jauh lebih tinggi daripada dinding (permukaan vertikal). Oleh karena itu konstruksi atap dengan kinerja termal yang lebih baik (Nilai-U lebih rendah) sebaiknya digunakan, karena keefektifannya dalam mengurangi beban pendinginan udara.

Seperti diilustrasikan pada **Gambar 20**, menambahkan 40 mm lapisan insulasi di bawah atap beton mengurangi transmisi panas secara signifikan dari 23,58 W/m² menjadi hanya 4,10 W/m². Lapisan insulasi memiliki efek jauh lebih besar untuk lembaran atap logam, di mana transmisi panas berkurang dari 88,75 W/m² menjadi 13,94 W/m². Demikian pula, penambahan lapisan insulasi pada konstruksi dinding tirai pada panel komposit Aluminium dengan panel gipsium, akan mengurangi transmisi panas lebih dari 50%.

G A M B A R . 2 0

Contoh Bahan Selubung Bangunan dan Transmisi Panasnya (W/m²)



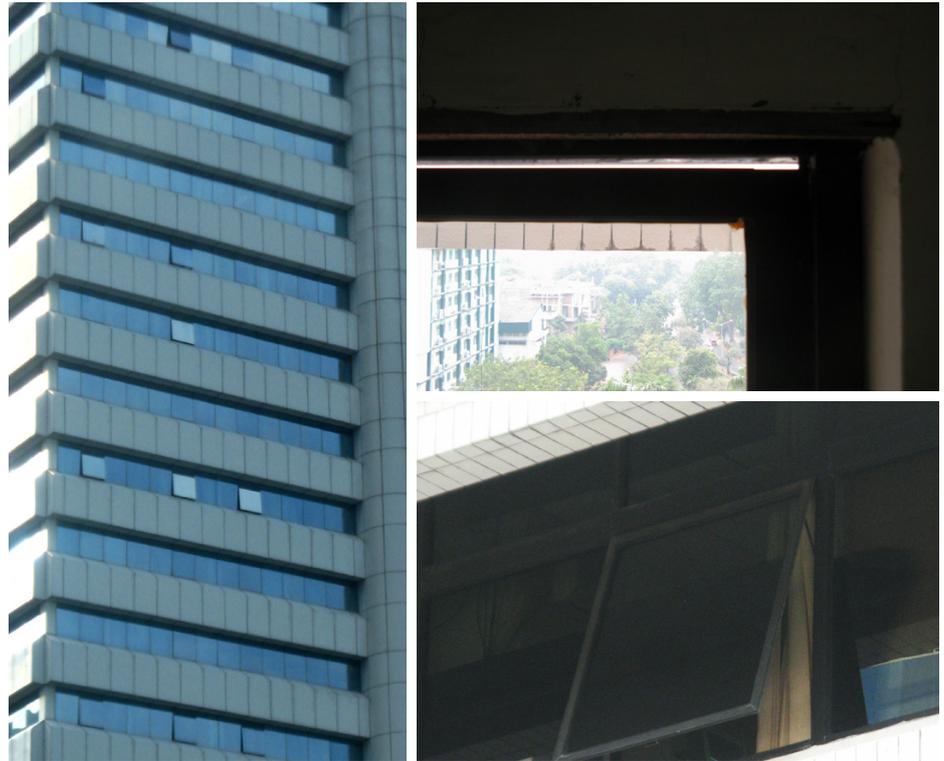
INFILTRASI

Infiltrasi adalah bocornya udara eksternal ke dalam gedung secara tidak disengaja. Hal ini bisa terjadi melalui retak-retak yang terjadi pada dinding, atap, atau pintu dan jendela. Hal ini juga bisa terjadi melalui pintu dan jendela luar yang dibiarkan terbuka. Kebocoran udara ini dapat diperburuk oleh angin, tekanan udara negatif dari bangunan dll. Infiltrasi dapat meningkatkan konsumsi energi beban pendinginan di Jakarta, karena udara yang masuk harus didinginkan dan kelembabannya dikurangi.

Jika interior bangunan bertekanan positif, udara interior bisa mulai bocor keluar. Hal ini dikenal sebagai eksfiltrasi.

Infiltrasi dan eksfiltrasi tidak hanya terjadi melalui selubung bangunan yang memisahkan ruang dalam dan ruang luar, tetapi juga antara ruangan ber-AC dan ruangan tidak ber-AC (misalnya tangga) di dalam gedung. Di Indonesia, pelaksanaan konstruksi belum memperhatikan “kerapatan” selubung bangunan untuk menghindari kebocoran udara. Oleh karena itu, selain memastikan semua keretakan dapat tertutup rapat, penghuni bangunan juga harus dilatih untuk menutup semua jendela dan pintu luar jika tidak digunakan.

G A M B A R . 2 1
Infiltrasi dan Eksfiltrasi
Melalui Bukaan Jendela
dan Retak-retak



STUDI KASUS

Salah satu contoh aplikasi desain pasif yang secara komprehensif diterapkan guna penghematan energi adalah rancangan desain pasif pada Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum, di Jakarta. Selubung bangunan gedung ini dirancang untuk mengurangi radiasi matahari dan mengoptimalkan pencahayaan alami. Penghematan energi secara signifikan tercapai melalui konfigurasi bentuk dan orientasi bangunan serta desain selubung bangunan (Rasio Jendela-Dinding - WWR 45%, penggunaan kaca reflektif serta peneduh eksterior) untuk menghindari radiasi panas matahari dari timur dan barat, namun tetap memungkinkan masuknya pencahayaan alami melalui jendela yang terletak disisi utara dan selatan bangunan. Kinerja pencahayaan alami ditingkatkan dengan dengan penggunaan reflektor (*lightshelves*) dan sensor cahaya yang diintegrasikan dengan pencahayaan buatan. Di samping itu, *water cooled chiller* dengan performa (*Coefficient of Performance*) yang tinggi dan dilengkapi dengan VSD dan VAV dipilih untuk lebih menghemat energi. Dengan Indeks Konsumsi Energi (IKE) kurang dari 140 kWh/m²/th, bangunan ini mampu menghasilkan penghematan energi lebih dari 40% dibandingkan dengan gedung kantor di Jakarta pada umumnya.

Bangunan ini menerima sertifikasi Platinum dari Green Building Council Indonesia.

G A M B A R . 2 2
Penerapan Desain Pasif
pada Gedung Utama,
Kementerian Pekerjaan
Umum, Jakarta



G A M B A R . 2 2
(lanjutan)

Penerapan Desain Pasif pada Gedung Utama, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta

Bentuk Bangunan dan Orientasi

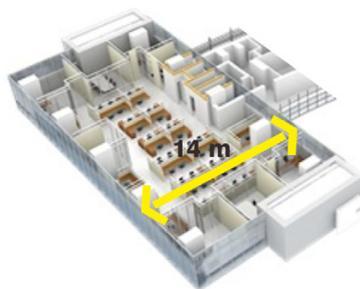
Rencana blok semula: Bidang lebih luas dari bangunan berorientasikan timur dan barat



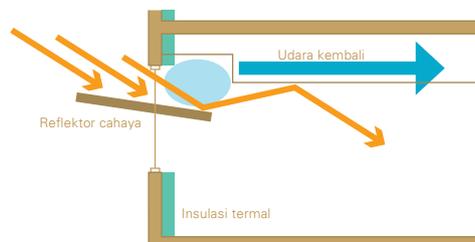
Bentuk bangunan modifikasi:

1. Bentuk bangunan tipis
2. Mengurangi paparan permukaan dari ruang kerja terhadap matahari timur dan barat
3. Mengorientasikan jendela-jendela ke utara dan selatan

Selubung Bangunan, Peneduh dan Cahaya Siang

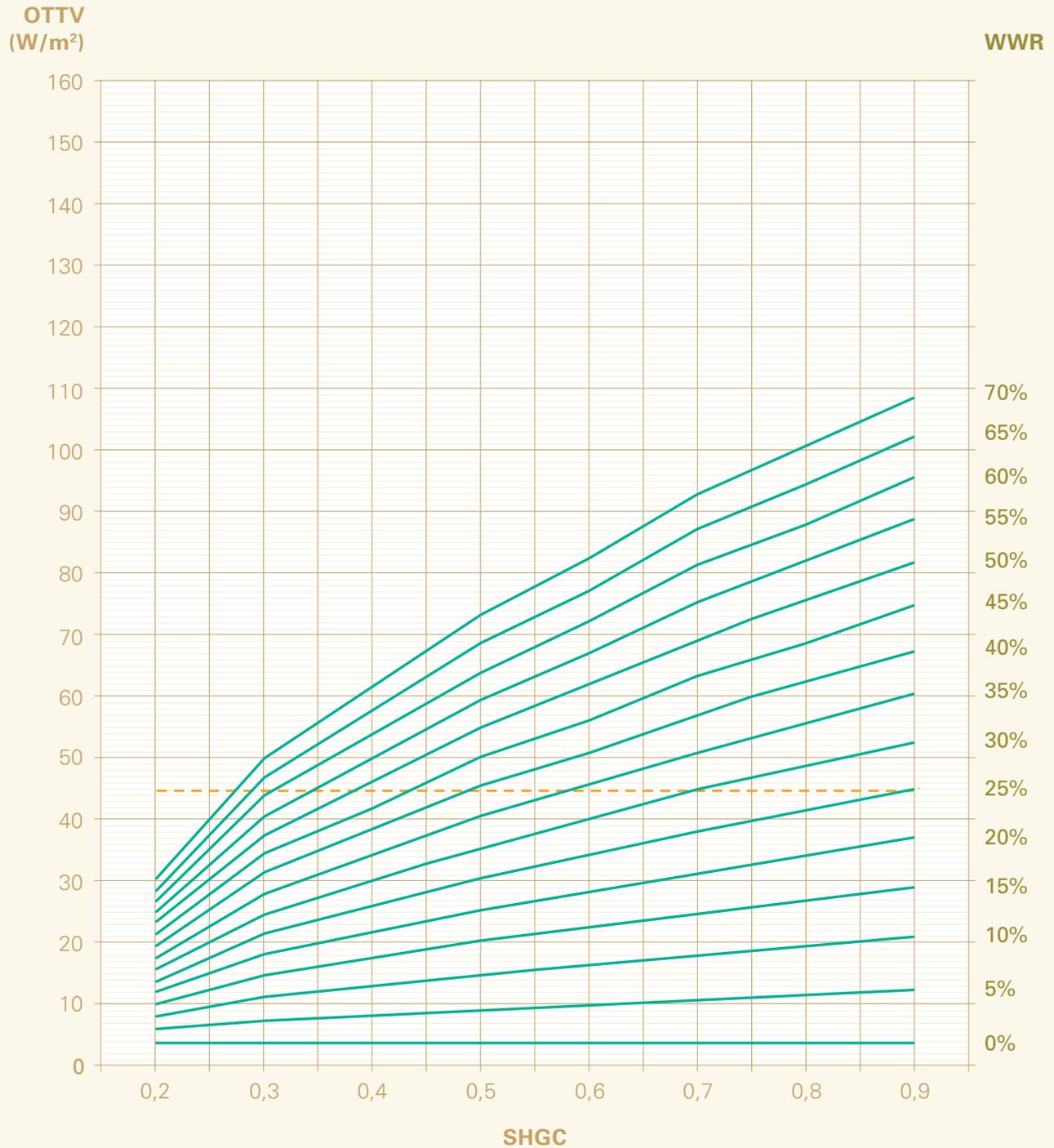


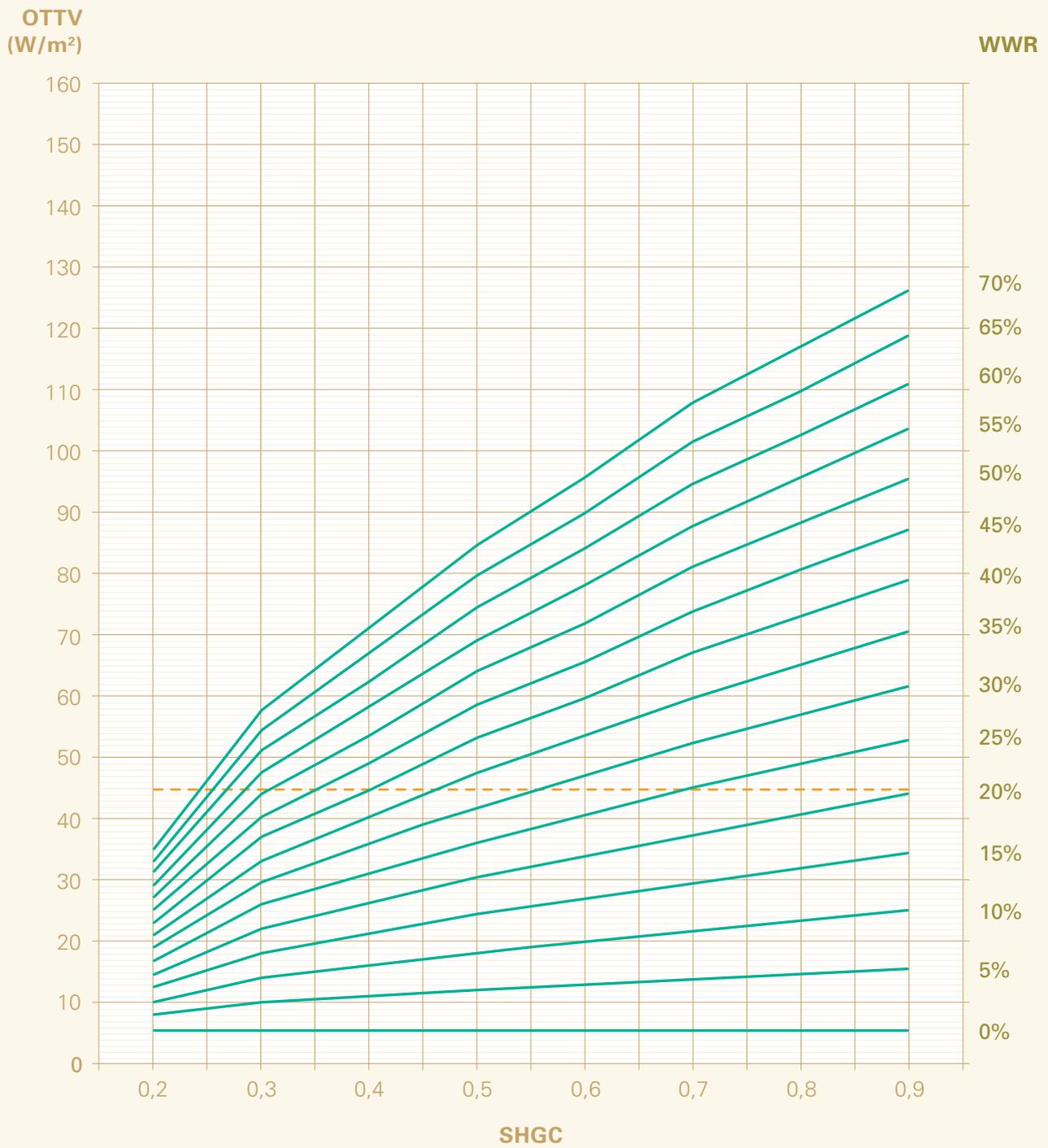
1. Stopsol *dark blue* + insulasi
 2. Reflektor cahaya untuk distribusi cahaya siang lebih baik
 3. Bentangan bangunan yang sempit
 4. Partisi interior yang bening
- OTTV = 28,1 W/m²

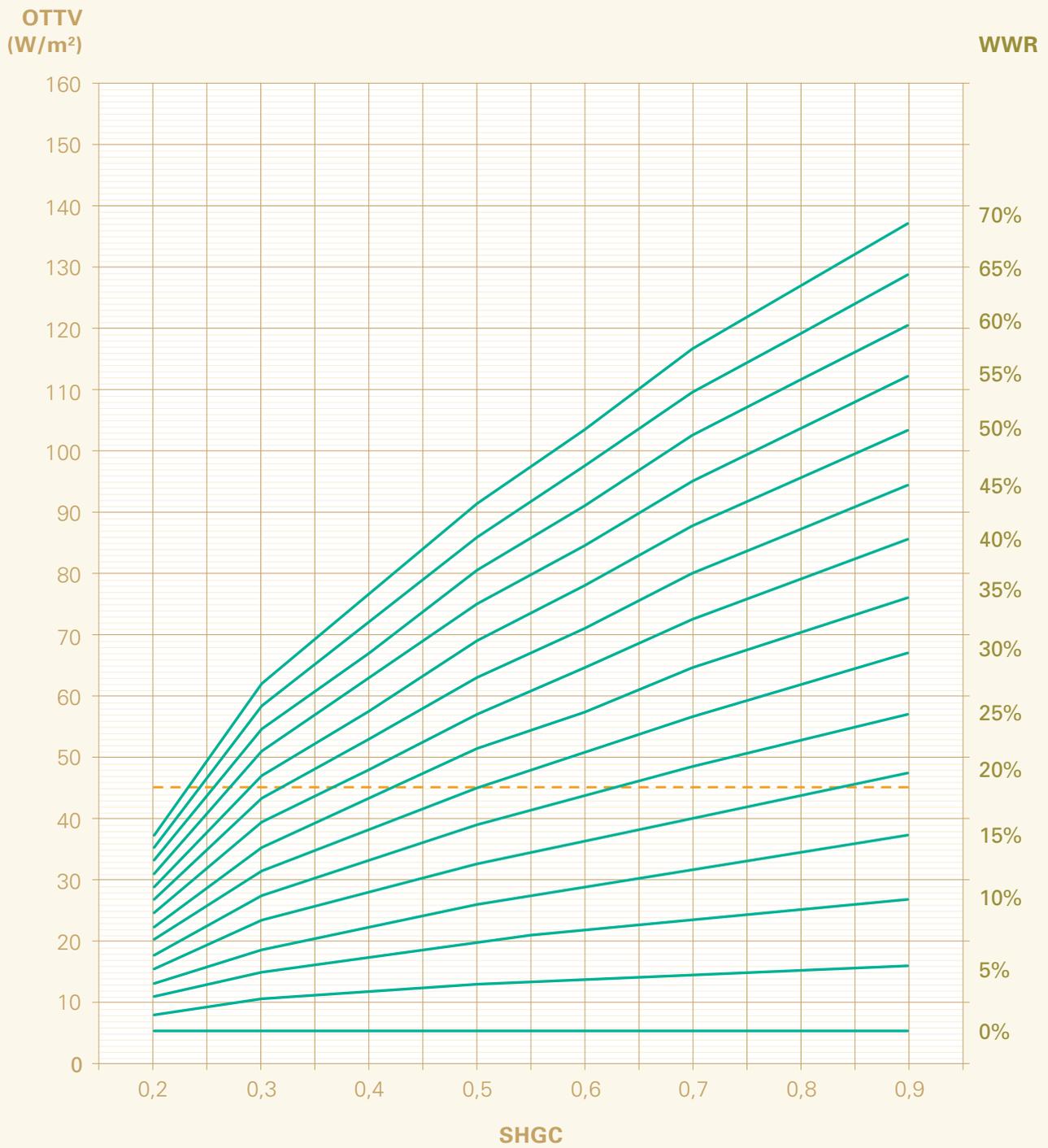


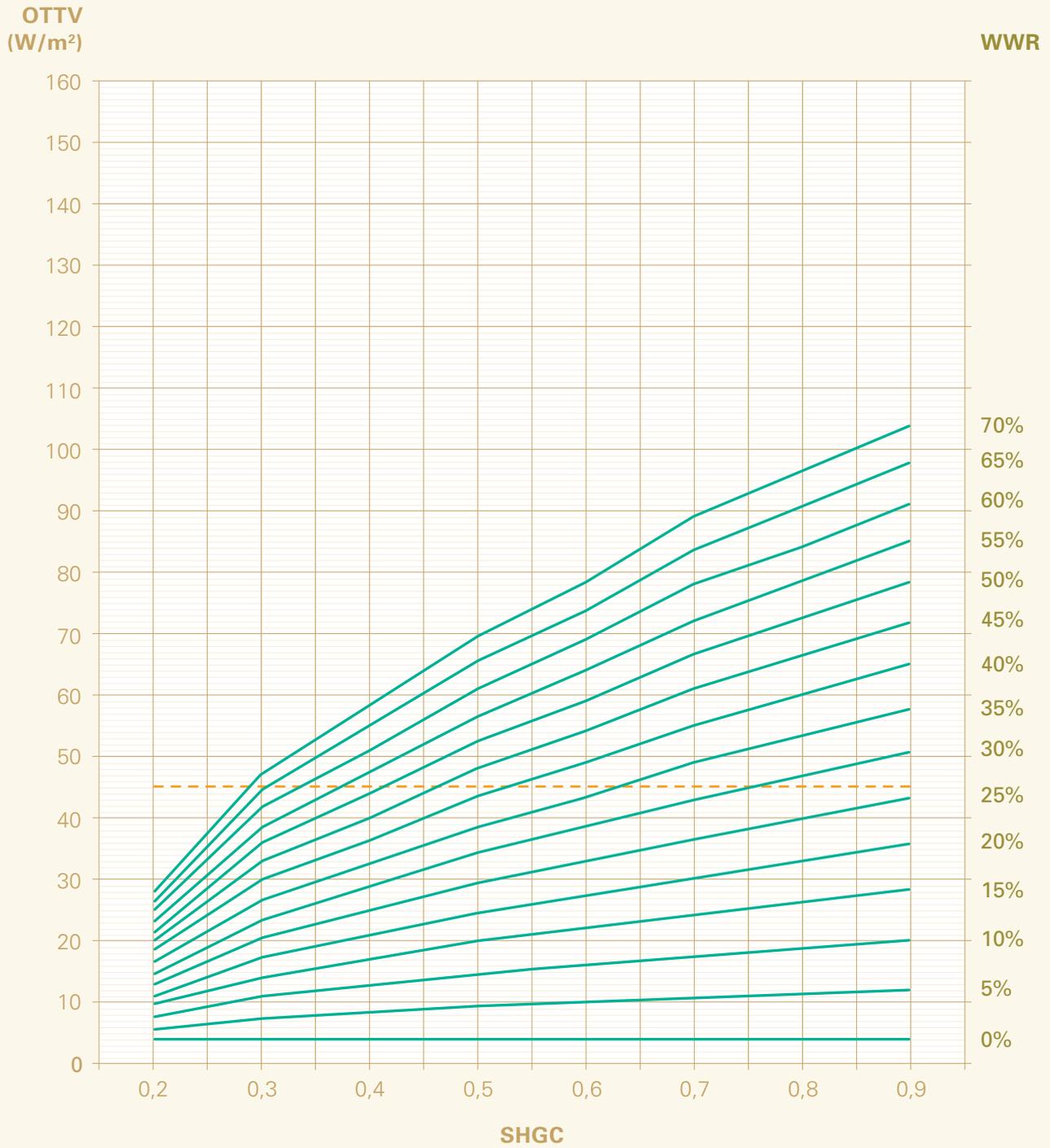
lampiran

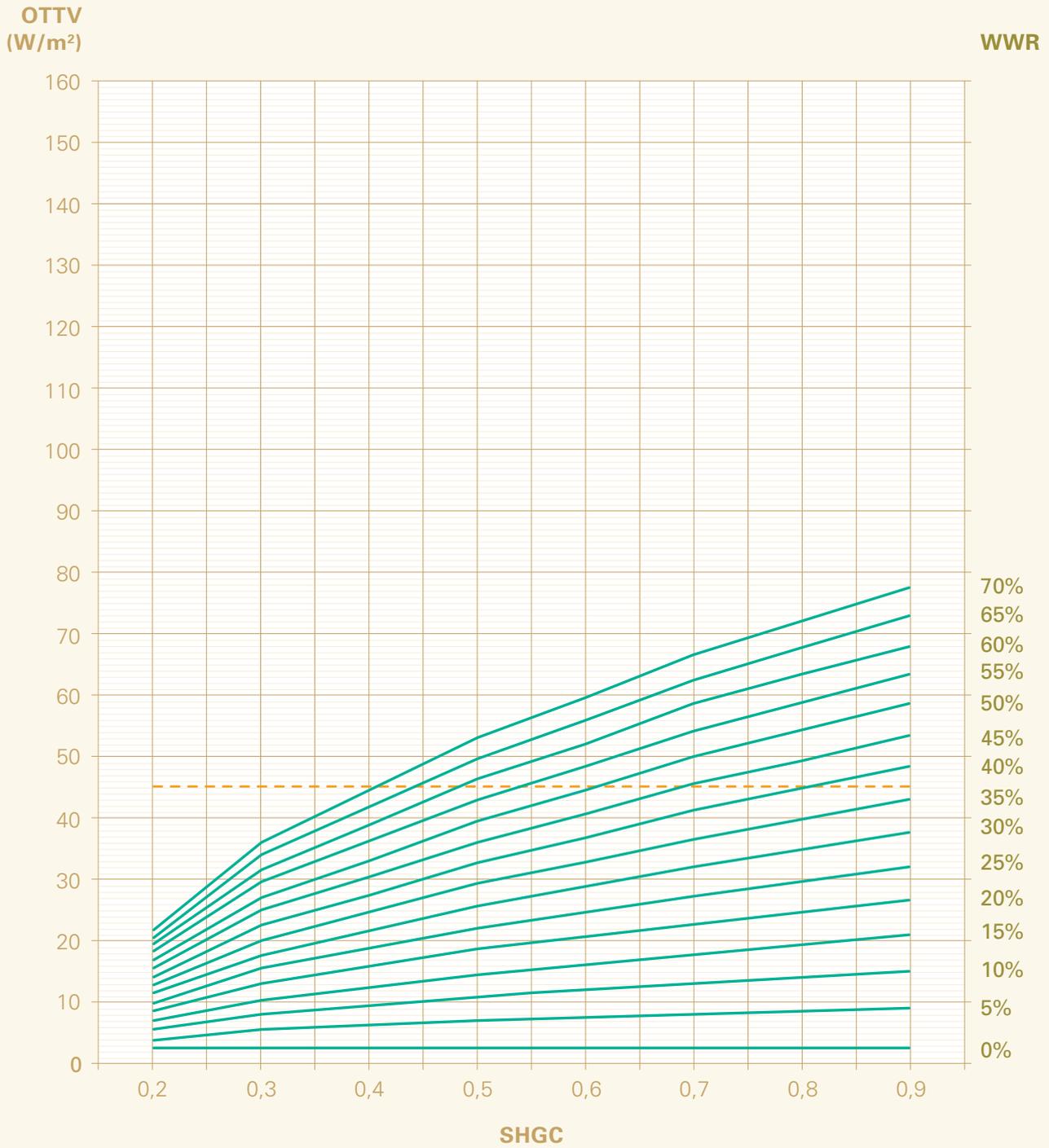
LAMPIRAN A. Nilai OTTV untuk WWR Dinding Utara (0°)

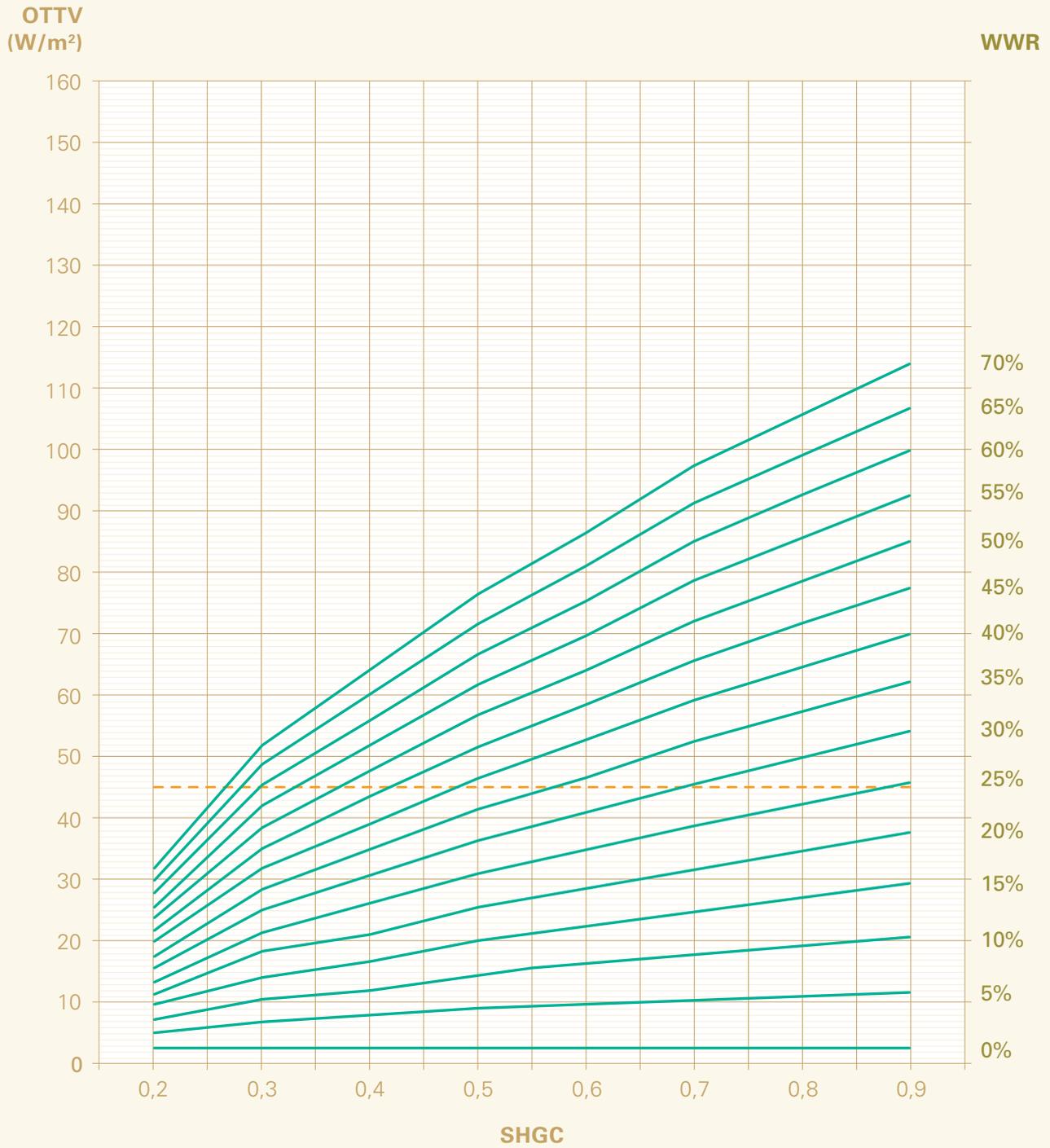


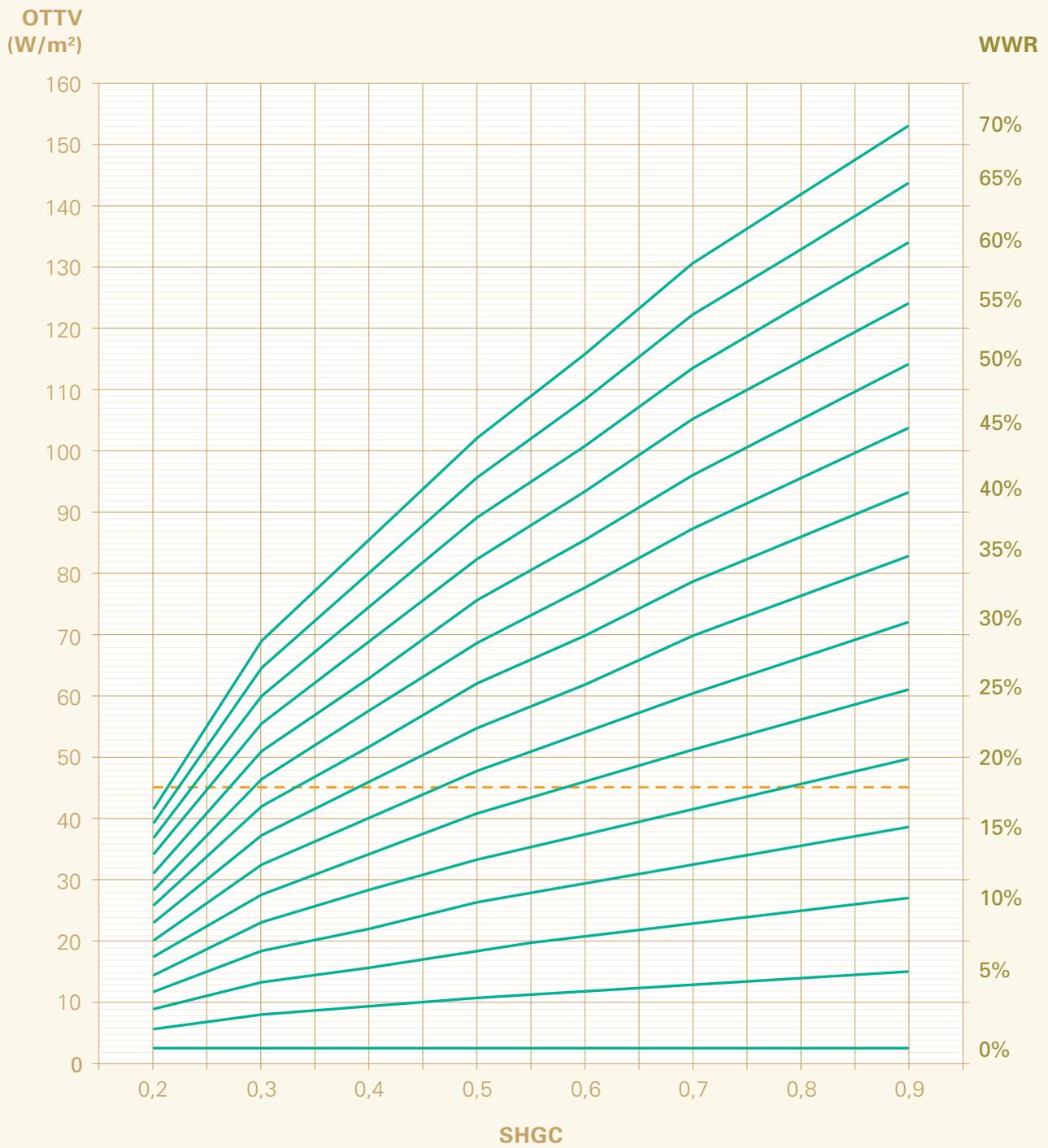


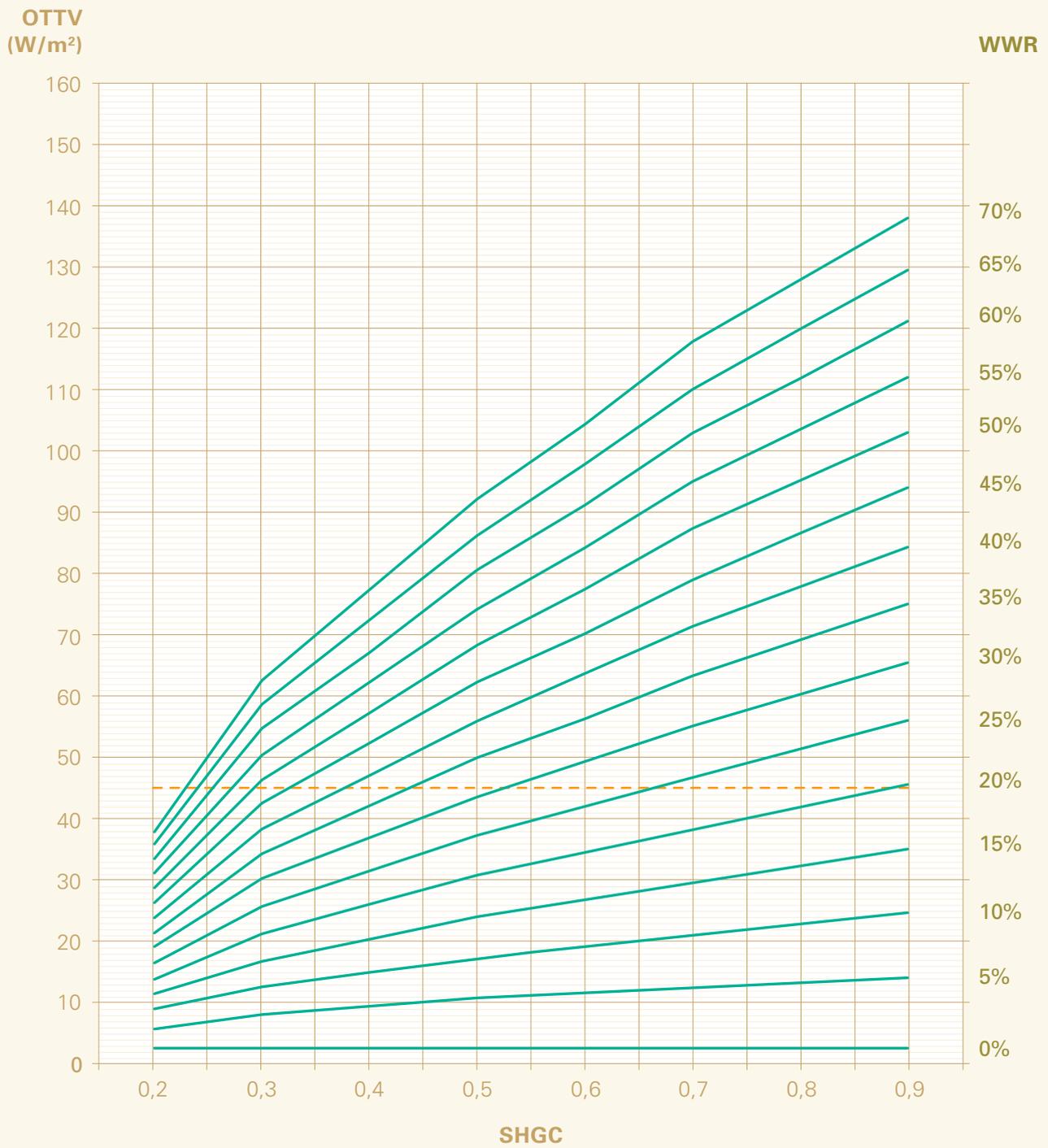














**DINAS PENGAWASAN
DAN PENERTIBAN BANGUNAN
PEMERINTAH PROVINSI DKI JAKARTA**

Jalan Taman Jati Baru No. 1
Jakarta Barat
t. (62-21) 856 342
f. (62-21) 856 732

www.dppb.jakarta.go.id