



SELUBUNG BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI

Baju Arie Wibawa, S.T., M.T.
MK. Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi

1

ARTI PENTING SELUBUNG BANGUNAN

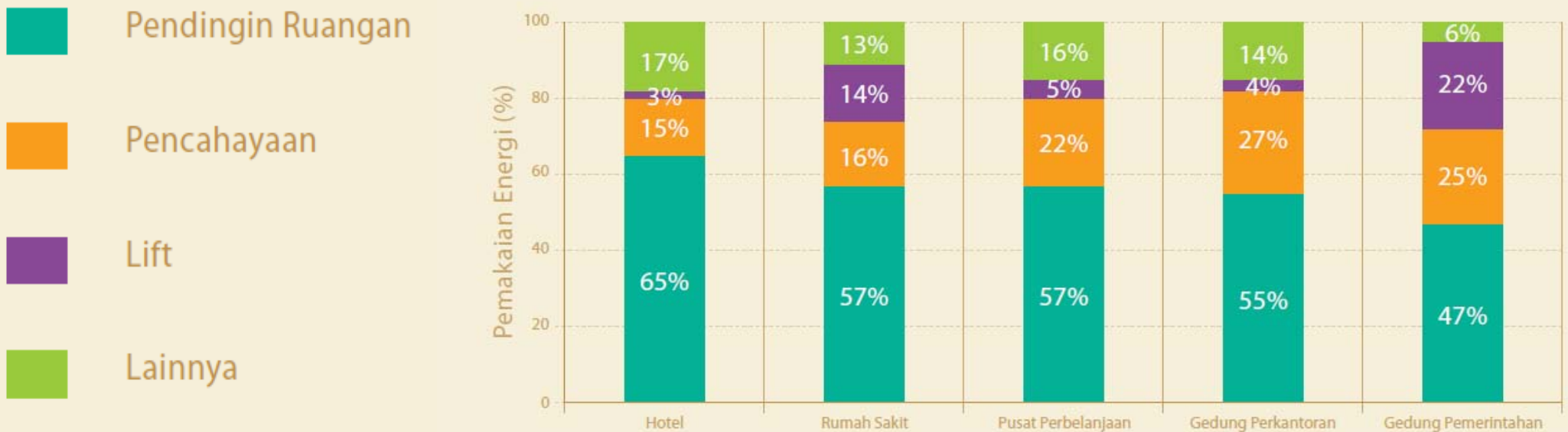
PERPINDAHAN PANAS MELALUI SELUBUNG

1. 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.
2. Selubung bangunan **memberikan perlindungan** terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi dll.
3. Selubung bangunan memiliki peran penting dalam **mengurangi konsumsi energi** untuk pendinginan dan pencahayaan.
4. 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 **belebihan**.

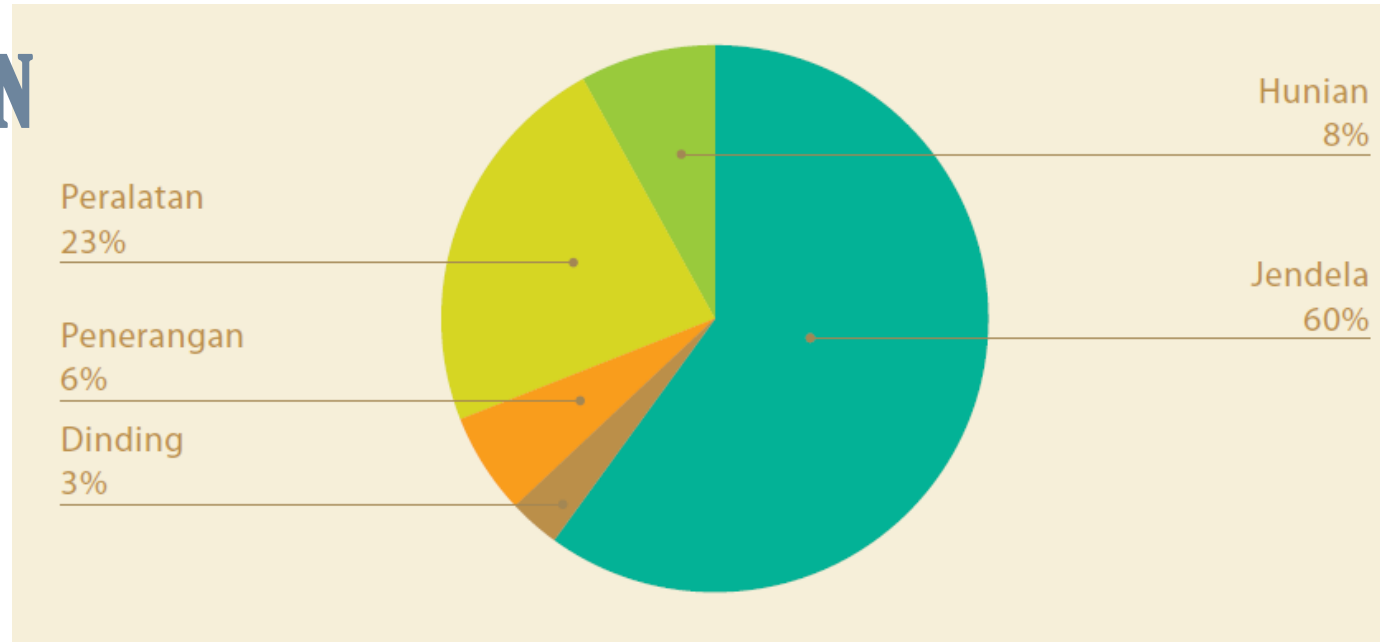
6. Untuk bangunan bertingkat rendah di mana **atap menjadi bagian yang lebih luas daripada dinding**, panas yang masuk dari atap mungkin menjadi faktor penentu beban pendinginan secara keseluruhan. Selain itu, **jendela dan skylight** akan menentukan besarnya cahaya yang dapat masuk ke dalam bangunan.
7. 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.

KONSUMSI ENERGI

- Sebagian besar energi pada bangunan di Indonesia digunakan oleh sistem HVAC terlepas dari tipe bangunannya. 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.

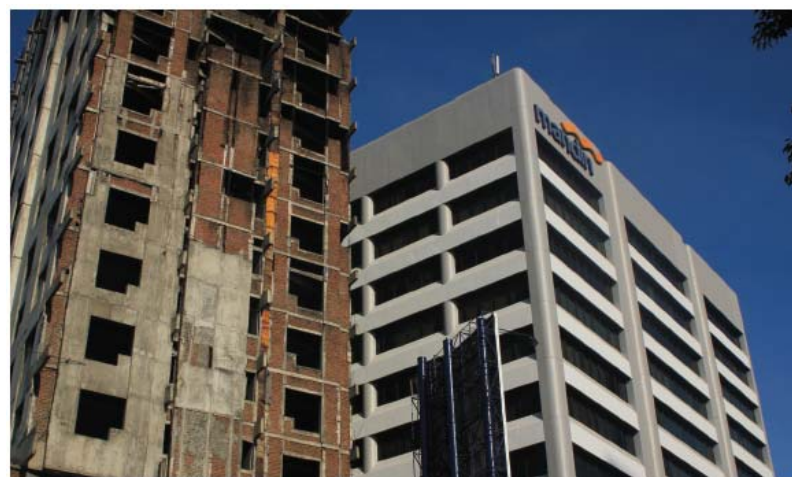


BEBAN PENDINGINAN



- 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**.
- 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.

TREN KONSTRUKSI



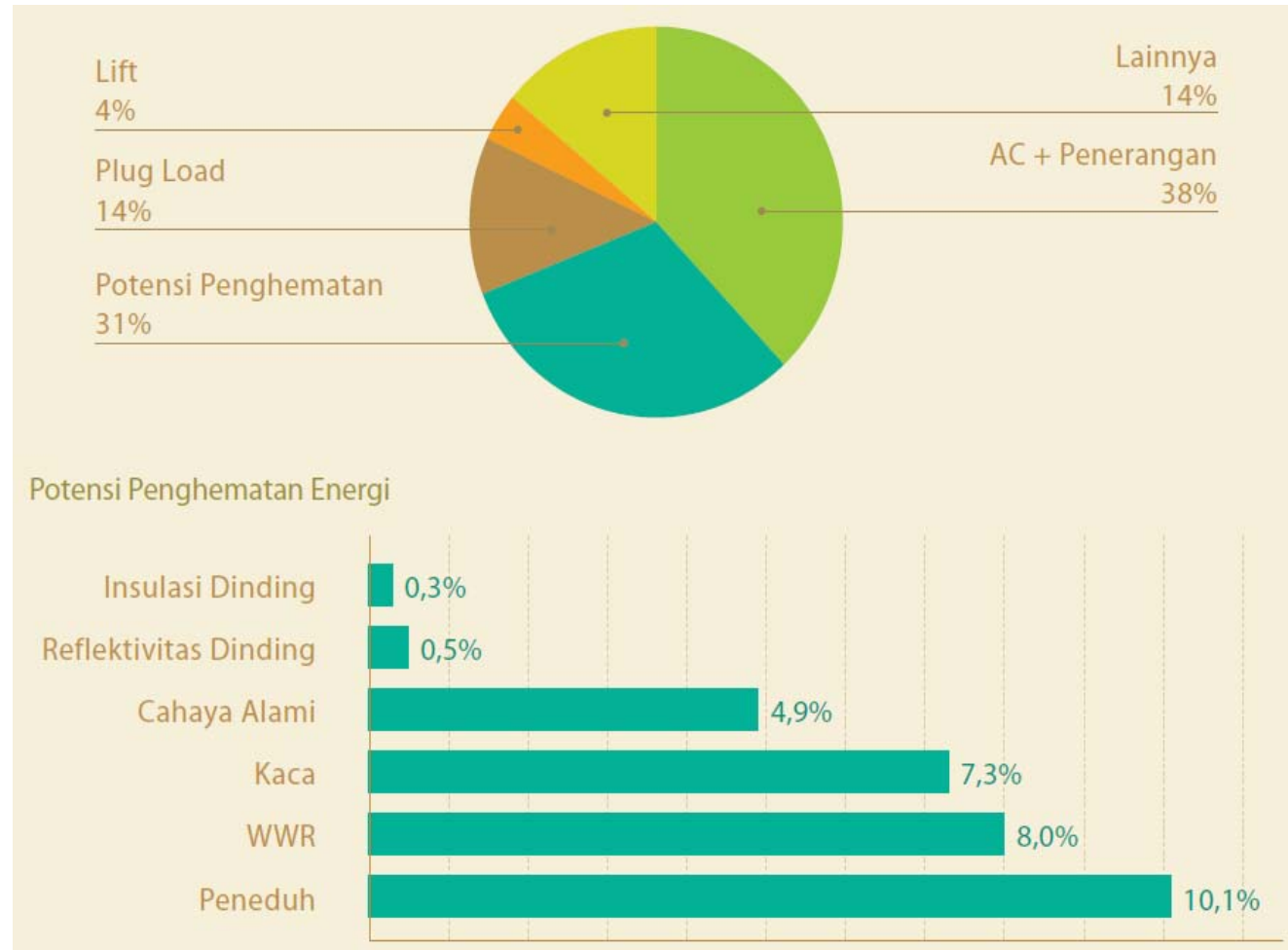
- Berdasarkan karakteristik termalnya, konstruksi selubung bangunan dapat dikelompokkan dalam dua kategori utama: konstruksi dinding tirai (**curtain wall**) dan konstruksi dinding **bata-jendela**.
- Konstruksi dinding tirai, apakah sepenuhnya kaca atau kombinasi kaca dan panel (misalnya panel komposit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



- 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.

POTENSI PENGHEMATAN

- 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.



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%

- 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**.

2

PRINSIP DESAIN

- **Overall Thermal Transfer Value (OTTV)** adalah ukuran perolehan panas eksternal yang ditransmisikan melalui satuan luas selubung bangunan (W/m^2).
- 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.

PERPINDAHAN PANAS MELALUI SELUBUNG

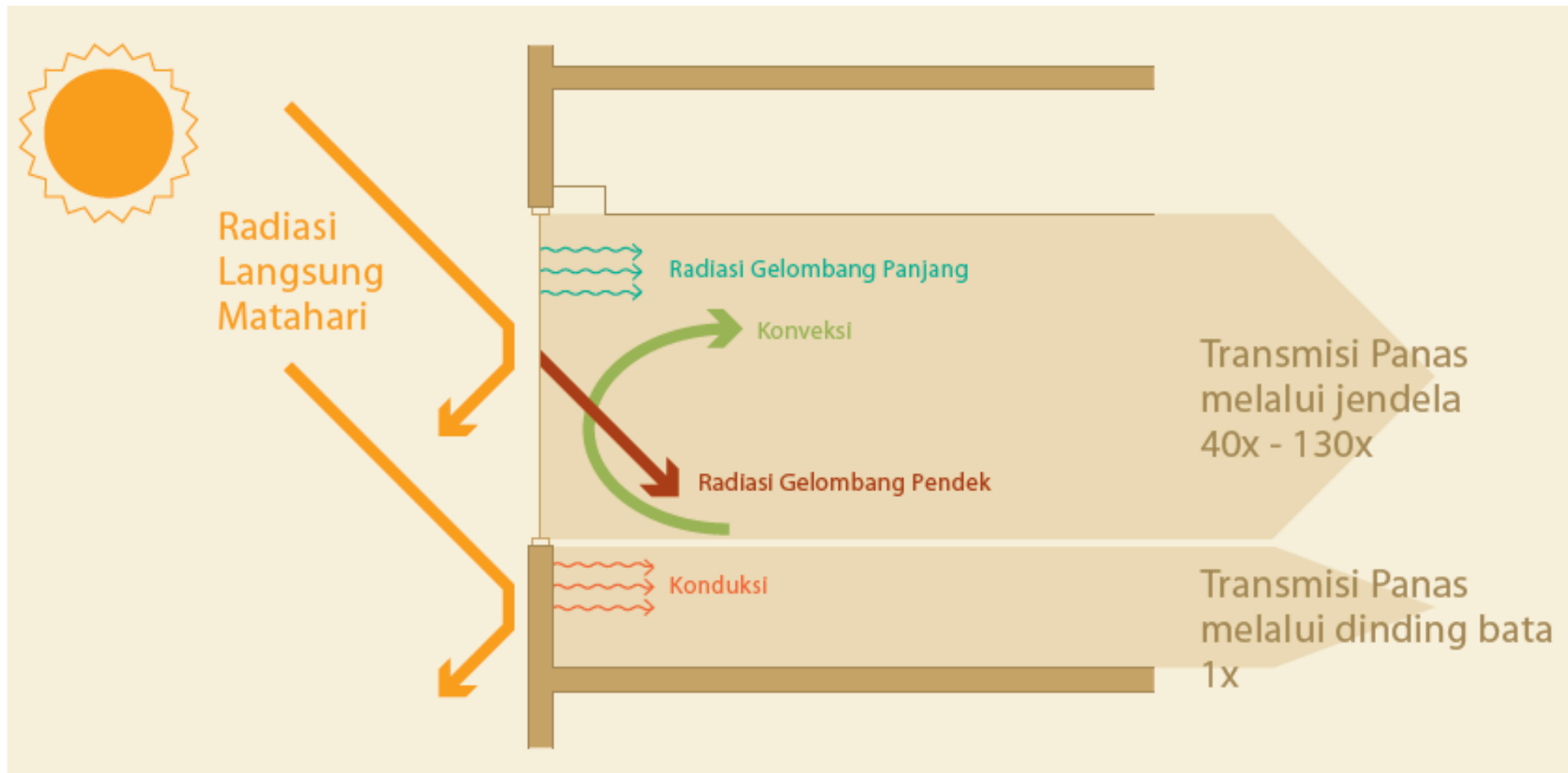
Dalam bangunan yang didominasi beban pendinginan eksternal, konsumsi energi untuk sistem HVAC terutama ditentukan oleh perpindahan panas melalui komponen selubung bangunan termasuk:

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

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.

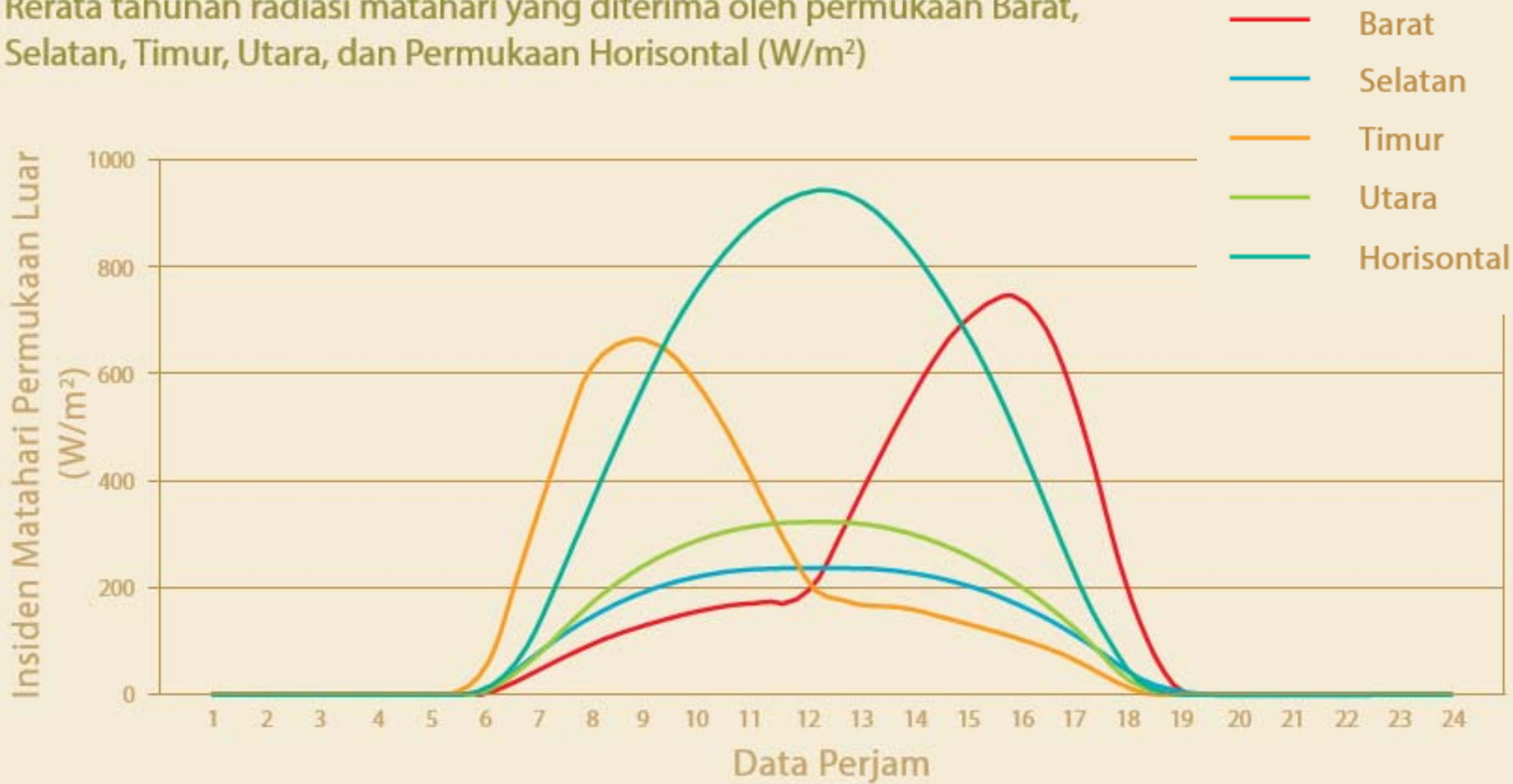
PERPINDAHAN PANAS MELALUI SELUBUNG



- 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.

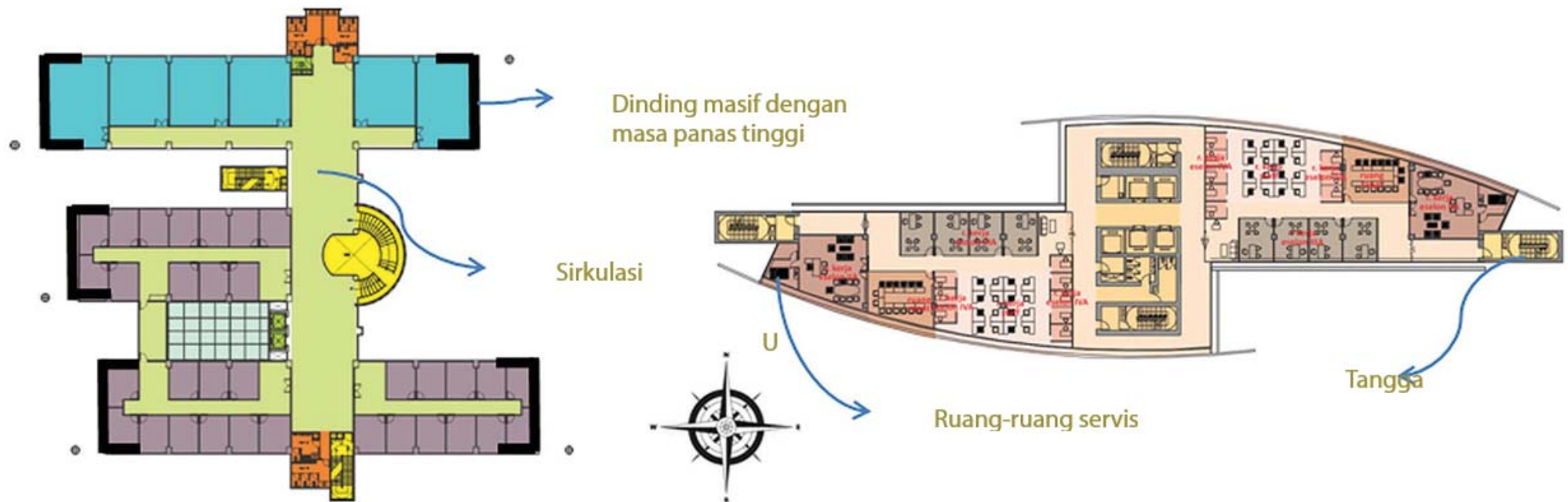
PERPINDAHAN PANAS MELALUI SELUBUNG

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



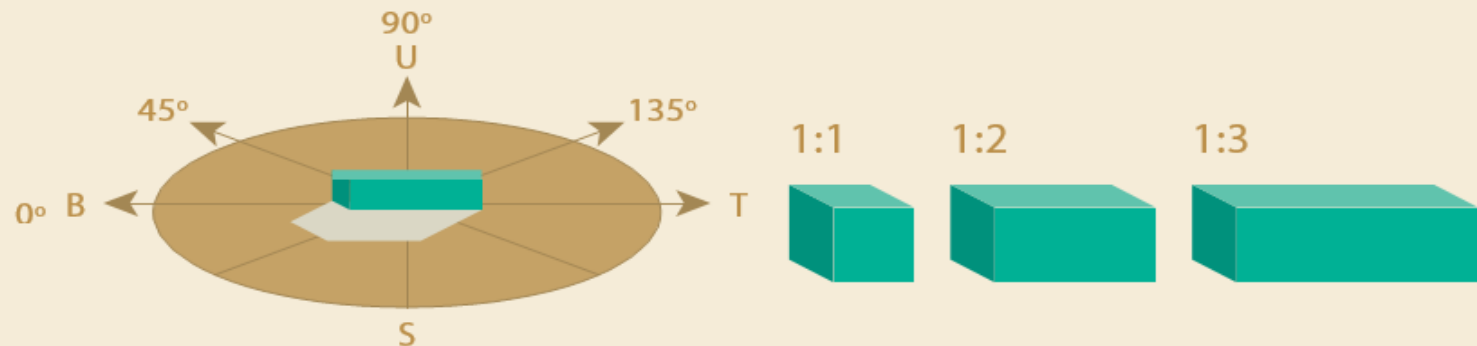
- Karena pergerakan harian dan tahunan dari matahari, radiasi matahari yang diterima selubung bangunan bervariasi untuk setiap orientasi.
- Untuk Jakarta dan lokasi lainnya pada lintang yang sama, dinding vertikal pada arah Barat menerima radiasi matahari rata-rata sebesar **303 W/m²** perhari,
- sedangkan timur, utara dan selatan masing-masing menerima radiasi matahari rata-rata sebesar **268 W/m²**, **207 W/m²**, dan **165 W/m² per hari**.
- Permukaan horisontal (atap) menerima radiasi matahari rata-rata sebesar **527 W/m²** per hari.

- 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
- Nilai OTTV tersebut adalah untuk bangunan persegi panjang sederhana dengan jendela menerus (SHGC 0,4) dan luas lantai yang sama.

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

LUAS JENDELA

- **Proporsi luas jendela** memiliki pengaruh sangat besar terhadap beban pendinginan karena menentukan total perolehan panas yang masuk kedalam 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%.**

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,
 - Koefisien Perolehan Panas Matahari (**Solar Heat Gain Coefficient - SHGC**)
 - 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**

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

K A C A T U N G G A L 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

- **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.**

- 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:

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

S H G C	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%

- 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).

PENEDUH EXTERNAL

- 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 estetik**, dengan tetap memperhitungkan **kinerja pencahayaan alami**.



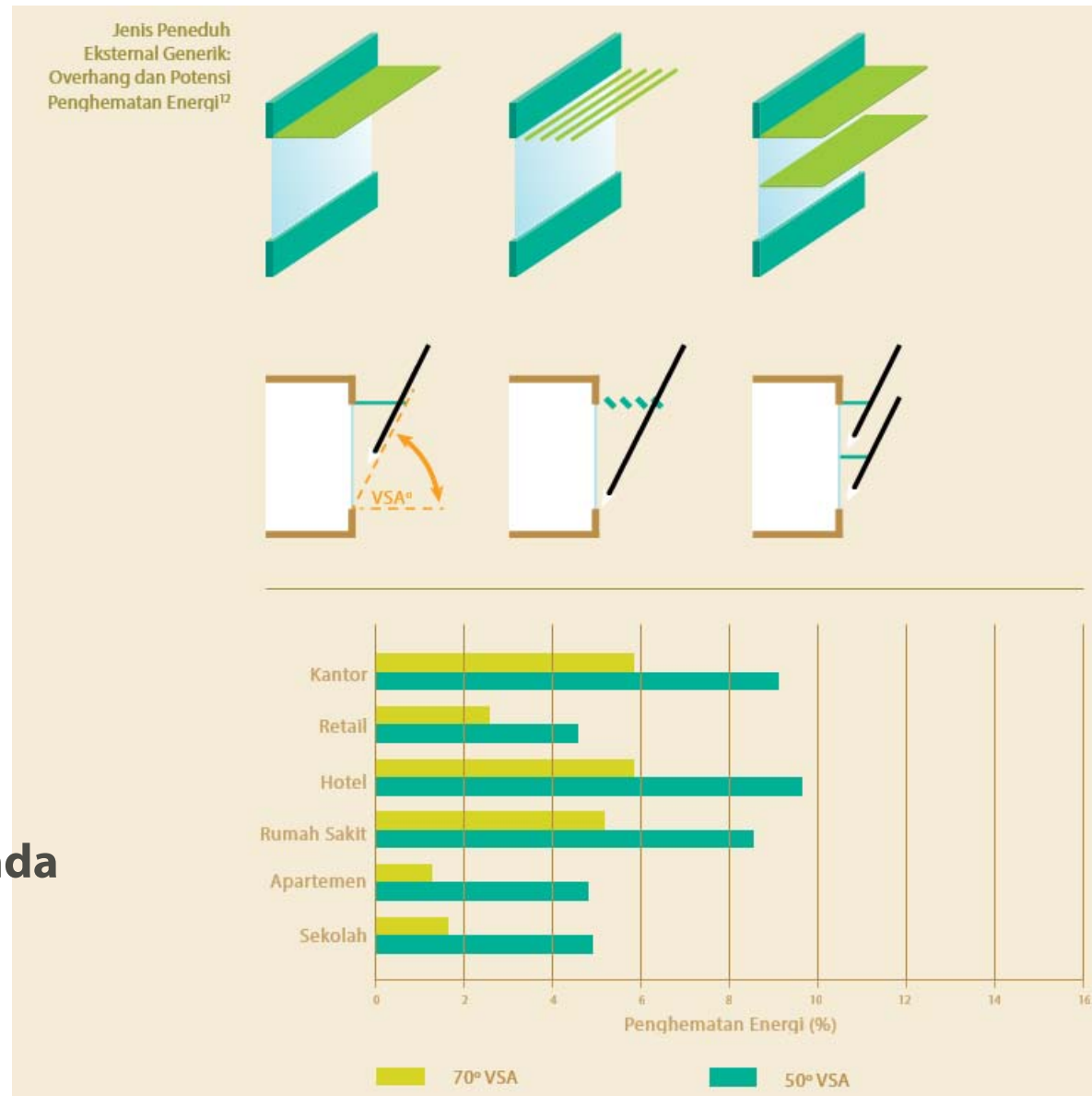
- Geometri perangkat peneduh harus dirancang sesuai dengan **jalur pergerakan matahari**, yang menyebabkan rancangan bentuk dan ukuran yang berbeda untuk orientasi yang berbeda.
- Secara umum, perangkat **peneduh horisontal** lebih sesuai untuk jendela dengan **orientasi selatan dan utara** di mana sudut datang sinar matahari relatif tinggi.



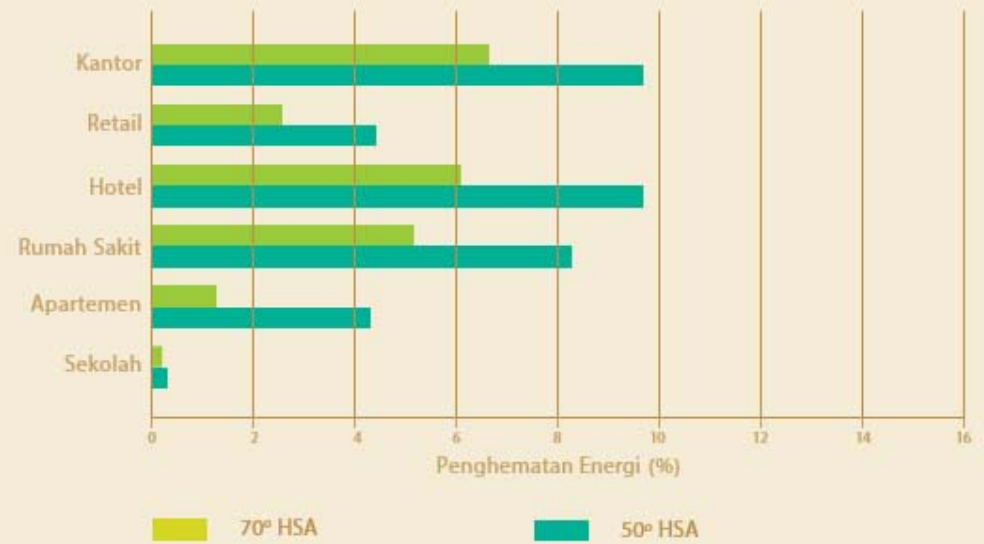
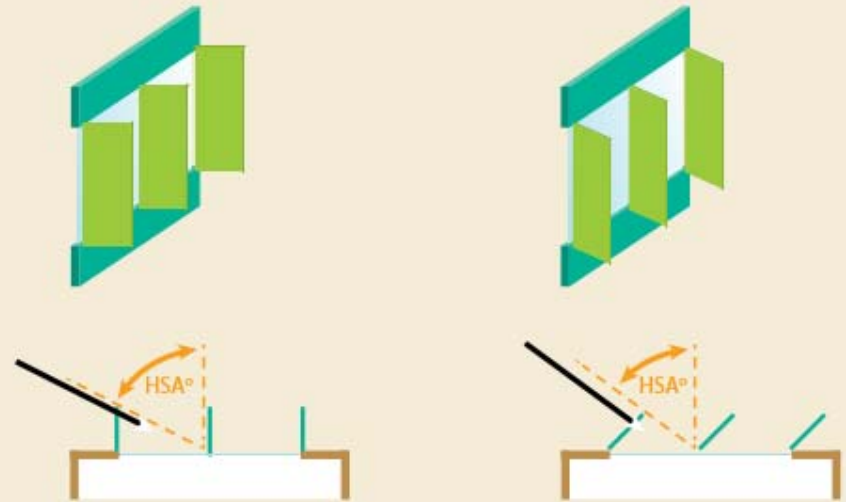
- **Sirip vertikal** dapat efektif menghalau radiasi matahari dengan sudut datang rendah pada jendela yang berorientasi ke arah **timur dan barat**.
- Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, **diagram jalur matahari** (sun path diagram) sebaiknya digunakan untuk pengembangan rancangan perangkat peneduh.

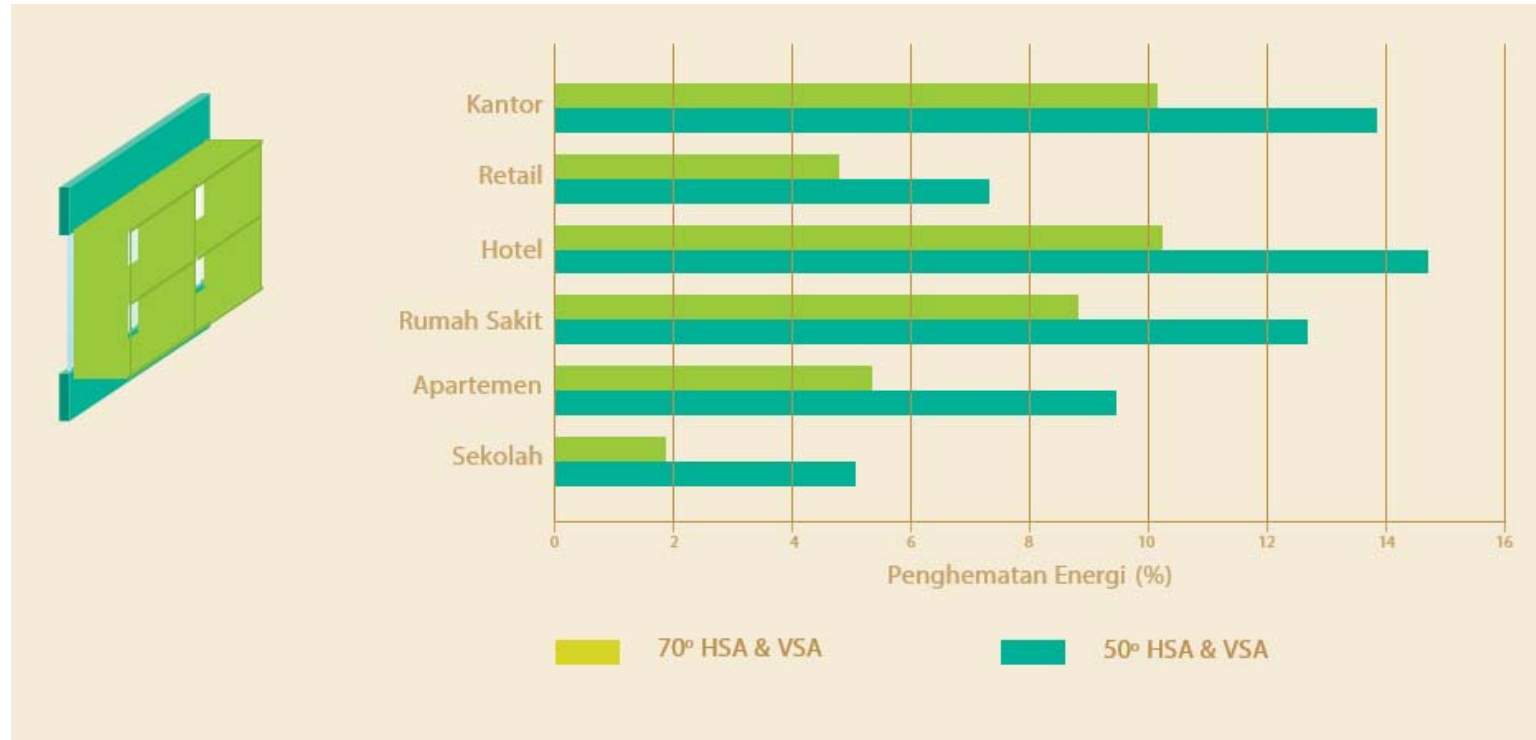
- **Pengaruh perangkat peneduh eksternal pada potensi penghematan energi untuk berbagai jenis bangunan telah dipelajari dengan menggunakan simulasi komputer.**
- **Sebagai kasus dasar (base case) adalah jendela tanpa peneduh untuk kantor, retail, hotel, dan rumah sakit; dan peneduh horizontal 300 mm 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 horizontal tidak ditentukan oleh bentuk peneduh tersebut, tetapi oleh sudut bayangan vertikal (**Vertical Shadow Angle - VSA**).
- Ada banyak cara untuk mendapatkan VSA yang sama, misalnya dengan menggunakan overhang horizontal tunggal, pergola, overhang horizontal ganda dengan ukuran kedalaman yang lebih kecil,



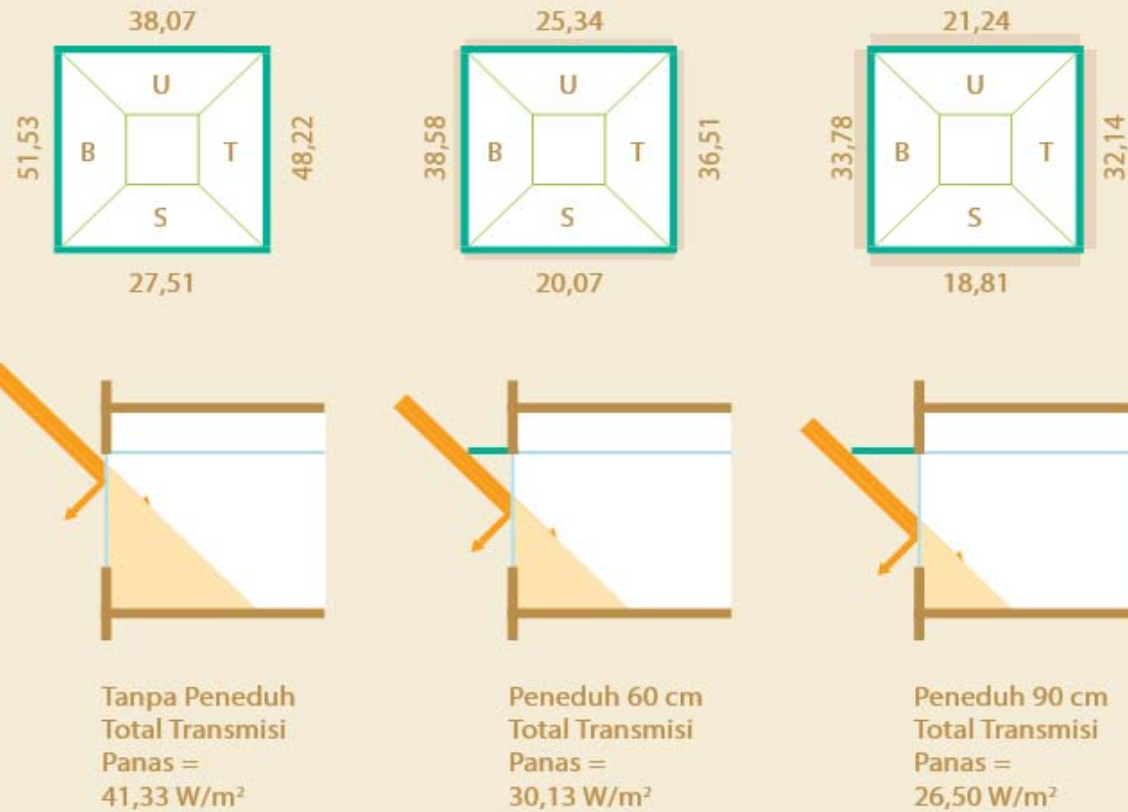
Jenis Peneduh Eksternal
Generik: Sirip Vertikal
(atas) dan Eggcrate
(bawah) dan Potensi
Penghematan Energi





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.

Pengurangan Transmisi
Panas dengan Peneduh
Horizontal¹³



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.

DINDING

- 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.

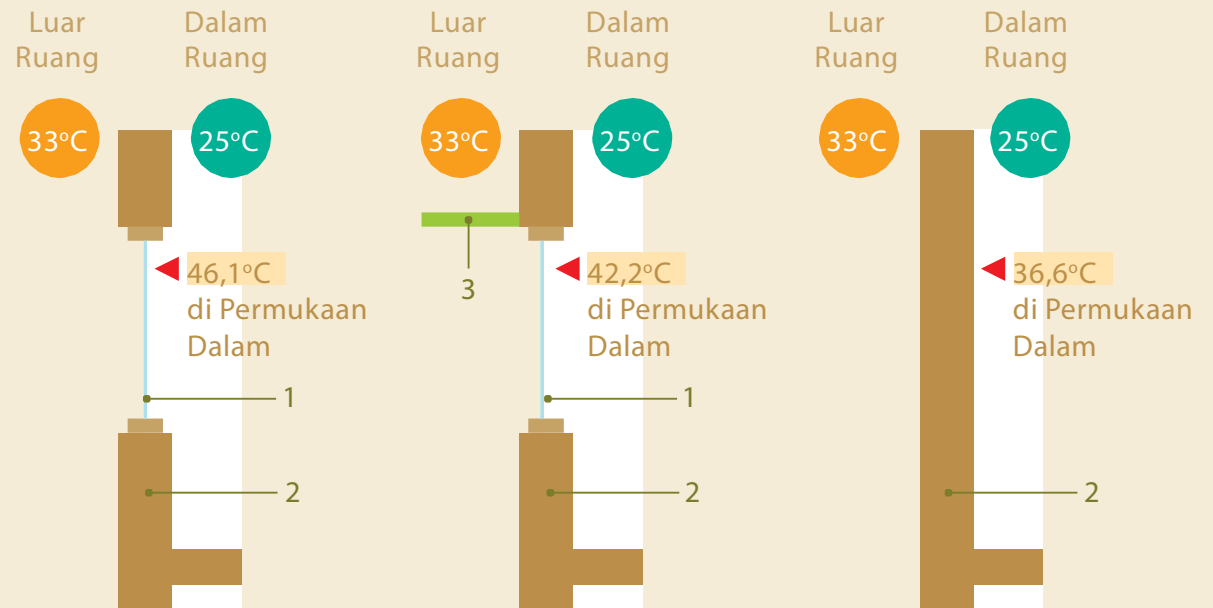
- **Selubung masif tidak hanya secara signifikan mengurangi transmisi panas dan beban pendinginan, tetapi juga menurunkan Mean Radiant Temperature (MRT) di dalam ruang. MRT adalah suhu rata-rata permukaan material yang melingkupi suatu ruangan (misal: dinding, lantai, langit-langit, meja dll).**
- **Semakin 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.**

G A M B A R . 1 8

Perbandingan Suhu
Permukaan untuk Material
Kaca dan Dinding Bata

Orientasi : Dinding Barat
Tanggal : 09/23 16:00:00

- 1 Kaca SHGC 0,4
- 2 Plester + Bata +
Plester
- 3 Peneduh 90 cm



Barat	46,1°C	42,2°C	36,6°C
Utara	35,6°C	33,9°C	32,1°C
Timur	47,4°C	40,8°C	35,8°C
Selatan	34,1°C	34,1°C	32,2°C

- **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.**

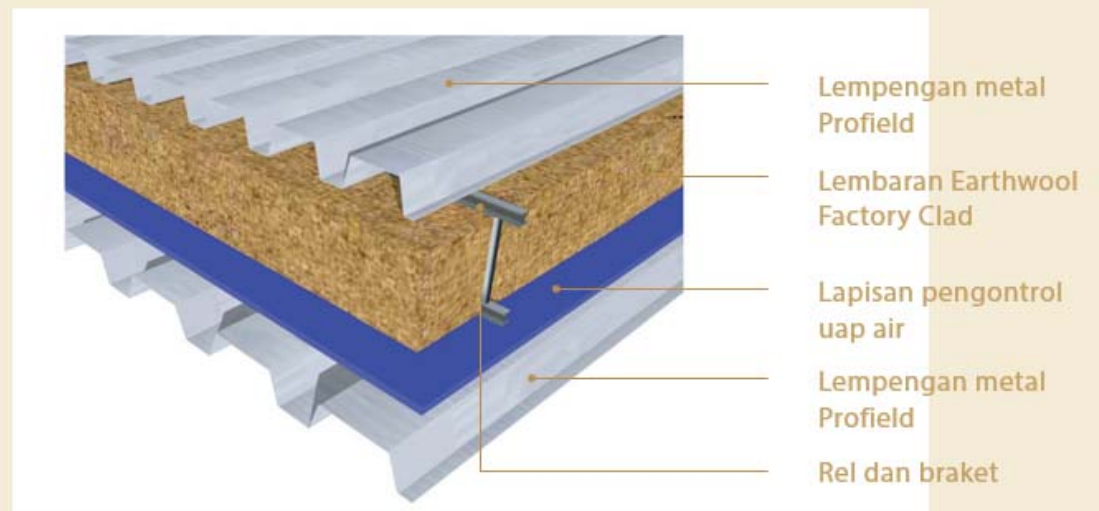
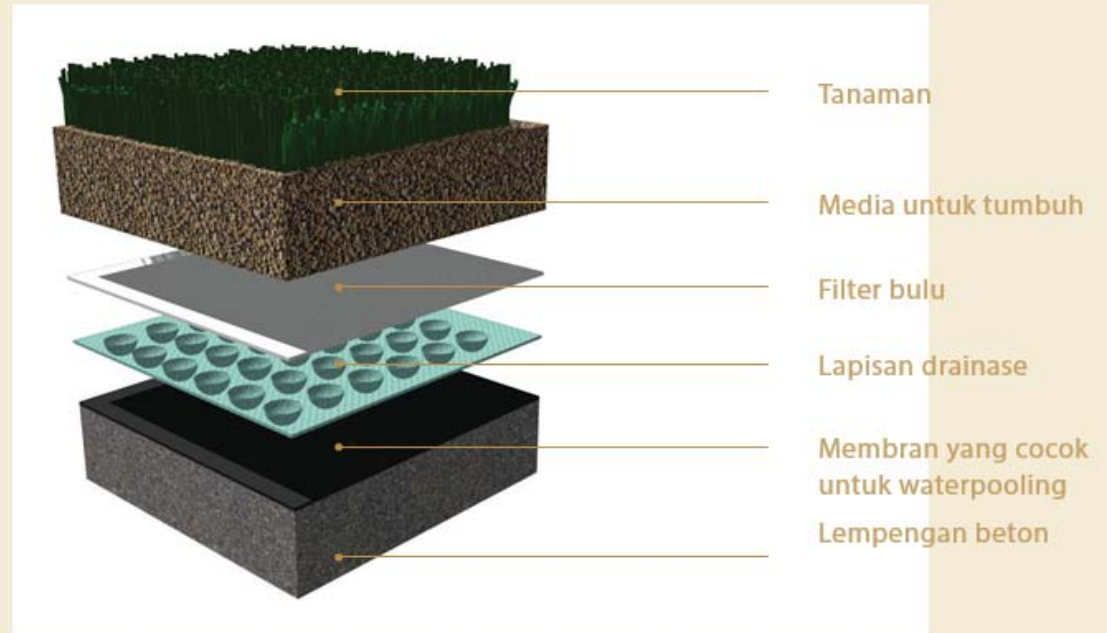
ATAP

- 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.

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 bahan 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.



- 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 bahan 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 hasil studi simulasi yang mengungkapkan dampak signifikan penggunaan lapisan insulasi pada atap beton dan metal untuk menurunkan transmisi panas. Perlu diingat, bahwa atap (permukaan horisontal) 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 gipsum, akan mengurangi transmisi panas lebih dari 50%.

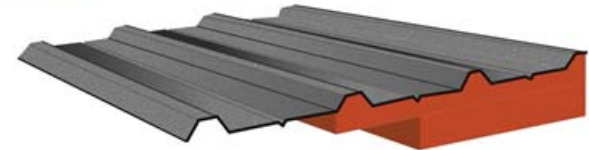
Contoh Bahan Selubung
Bangunan dan Transmisi
Panasnya (W/m²)

Atap Beton 120 mm



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	Tanpa insulasi	Insulasi 40 mm
	2,410	0,557
	23,58 W/m ²	4,10 W/m ²

Atap Logam



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	Tanpa insulasi	Insulasi 40 mm	Insulasi 100 mm
	5,306	0,638	0,275
	88,75 W/m ²	13,94 W/m ²	5,72 W/m ²

Panel
Komposit
Aluminium
(ACP)



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	6,674
	43,70 W/m ²

ACP + ruang
kosong
+ papan
gipsum



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	2,779
	24,74 W/m ²

ACP + ruang
kosong +
papan gipsum
+ insulasi +
papan gipsum



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	0,529
	11,70 W/m ²

Plester +
bata + beton
aerated +
plester



Nilai-U Transmisi panas rata-rata	1,039
	11,83 W/m ²

Thank
You



Baju Arie Wibawa, ST, MT.

Kaprodri Arsitektur Universitas PGRI Semarang

E-mail: ***bayu.ariwibawa@gmail.com***