

# Kinerja Fasad Selubung Ganda dalam Menurunkan Konsumsi Energi untuk Pendinginan pada Bangunan Gedung

Rosady Mulyadi

Lab. Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

## Abstrak

Artikel ini membahas tentang kinerja fasad selubung ganda dalam menurunkan tingkat konsumsi energi pada bangunan gedung. Model bangunan berlantai banyak disimulasi menggunakan *MicroHASP* untuk mendapatkan beban pendinginan pada bangunan. Selanjutnya, sistem pengkondisian udara didisain dan disimulasi menggunakan *LCEM (LifeCycle Energy Management) Tool*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan fasad selubung ganda mampu menurunkan tingkat konsumsi energi pada bangunan gedung. Hasil simulasi tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan fasad selubung ganda pada bangunan gedung juga mampu meningkatkan COP (*Coefficient of Performance*) dari sistem pengkondisian udara yang digunakan.

**Kata-kunci:** fasad selubung ganda, COP, *MicroHASP*, *LCEM Tool*.

Bangunan yang efisien dalam konsumsi energi semakin urgen dan dibutuhkan di Indonesia di era krisis energi tak terbaharukan seperti sekarang ini. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, bangunan mengkonsumsi sekitar 50% dari total pengeluaran energi di Indonesia. Lebih lanjut disebutkan bahwa lebih dari 70% dari total konsumsi energi listrik di Indonesia digunakan untuk konsumsi energi listrik pada bangunan. Sekitar 50% dari konsumsi energi listrik pada bangunan digunakan untuk menciptakan iklim buatan dalam ruangan melalui pendinginan, ventilasi, dan pencahayaan. Dari total biaya keseluruhan untuk operasional bangunan, energi listrik menghabiskan sekitar 25 % biaya operasional bangunan (Gunawan, B., Budiharjo, Juwana, J. S., Priatman, J., Sujatmiko, W., & Sulistianto, 2012) Dengan demikian, jelaslah bahwa perancangan bangunan haruslah lebih memprioritaskan efisiensi bangunan dalam mengkonsumsi energi dalam proses operasional bangunan.

Dewasa ini, telah berkembang banyak strategi disain fasad bangunan yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi, khususnya energi

listrik pada bangunan, salah satunya adalah fasad selubung ganda.

Fasad selubung ganda adalah suatu sistem konstruksi fasad bangunan yang terdiri atas dua selubung (selubung luar dan selubung dalam). Diantara kedua selubung tersebut terdapat rongga yang berisi udara dan dapat ditambahkan elemen peneduh berupa *horizontal-blind*. Di bagian atas dan bawah dari konstruksi fasad selubung ganda tersebut terdapat bukaan (*in-let* and *out-let*) sebagai wadah pertukaran udara dari luar ke dalam selubung dan dari dalam ke luar selubung. Dengan konstruksi selubung seperti ini, akan terjadi proses pertukaran udara di dalam selubung yang akan mengalirkan panas dari dalam selubung sehingga menyebabkan beban panas permukaan selubung bagian dalam akan berkurang (Mulyadi, 2012).

Penelitian sebelumnya menemukan bahwa penggunaan fasad selubung ganda mampu mereduksi beban panas sebesar 12.5kW atau sekitar 58%. Sedangkan bila dibandingkan dengan fasad selubung tunggal dengan kaca ganda 6mm, fasad selubung ganda mampu mereduksi beban panas sebesar 57%. Secara

keseluruhan, apabila dibandingkan dengan kedua tipe fasad tersebut maka fasad selubung ganda mampu mengurangi beban panas pada dinding luar bangunan sebesar 57.7% (Mulyadi, 2014).

Penelitian ini dimaksudkan untuk menyelidiki efektifitas dari konstruksi fasad selubung ganda dalam mengurangi besaran konsumsi energi listrik yang diakibatkan oleh beban panas pada dinding luar bangunan.

**Metode**

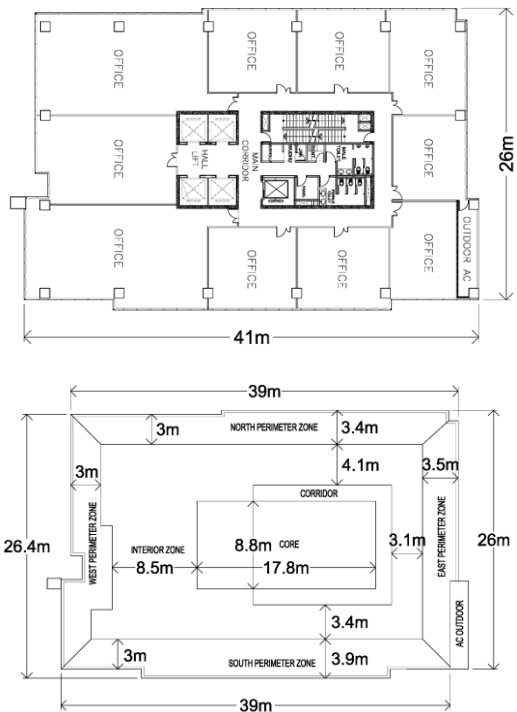
**Deskripsi Model**

Sebuah gedung kantor sewa yang berlokasi di Kota Makassar dipilih sebagai model pada penelitian ini. Bangunan tersebut terdiri atas 23 lantai dengan total luas bangunan 34875.24m<sup>2</sup>.



**Gambar 1.** Model bangunan

Seluruh lantai bangunan diasumsikan menggunakan pengkondisian buatan kecuali koridor dan inti (core) bangunan. Lantai bangunan yang dikondisikan dibagi menjadi 5 zona perimeter antara lain zona perimeter utara (NPZ), zona perimeter timur (EPZ), zona perimeter selatan (SPZ), dan zona perimeter barat (WPZ). Ruangannya dikondisikan pada suhu 25°C.



**Gambar 2.** Tipikal lantai dan zona perimeter

**Tabel 1.** Properti masing-masing zona perimeter

Zona	Area [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Occupants [person]
NPZ	104.92	388.20	16
EPZ	69.23	256.17	11
SPZ	120.59	446.17	19
WPZ	69.99	258.95	11
IZ	403.47	1492.84	61
Total	768.20	2842.33	118

**Beban Panas pada Model Bangunan**

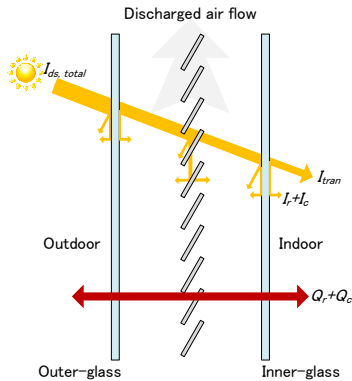
Beban panas pada model bangunan disimulasikan menggunakan MicroHASP. U-value dan SC (Shading Coefficient) selubung serta properti dinding massif dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** U-value dan SC selubung

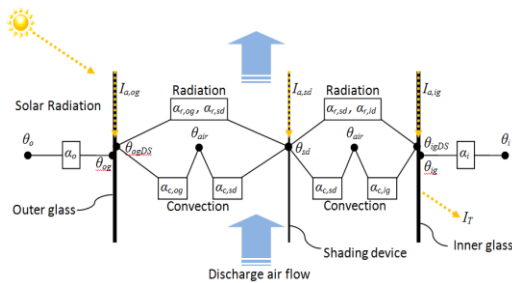
Window type	U-value [W/m <sup>2</sup> .K]	SC-value [-]
8mm single glass	3.6	0.52
6mm pair glass	2.19	0.52
Double-skin facade	3.45	0.20

**Tabel 3.** Properti dinding transparan

Wall type	Material	U-value
External wall (1)	Aluminum, Insulation, Airspace,	0.43[W/m <sup>2</sup> .K]
External wall (2)	Bricks, plaster	1.33[W/m <sup>2</sup> .K]
Partition	Gypsum board, insulation	4.48[W/m <sup>2</sup> .K]
Internal wall	Concrete, plaster, marble	1.36[W/m <sup>2</sup> .K]



**Gambar 3.** Ilustrasi transfer pada pada fasad selubung ganda



**Gambar 4.** Outline model simulasi numerik

Perlu diketahui bahwa *U-value* dan *SC* fasad selubung ganda telah dikalkulasi sebelumnya melalui simulasi numerik menggunakan *Fortran* (Mulyadi, 2014). Simulasi numerik digunakan untuk menentukan jumlah radiasi matahari yang ditransmisikan ( $I_{tran}$ ), dan yang diserap pada fasad luar dan dalam lalu ditransmisikan ke dalam bangunan sebagai *re-radiated heat* ( $I_r$ ), serta transfer radiasi secara konventif ( $I_c$ ), serta jumlah perpindahan panas konventif ( $Q_c$ ) dan radiative ( $Q_r$ ) akibat perbedaan temperature luar dan dalam (gambar 3 dan 4).

Selanjutnya metode *Least-square* digunakan untuk menentukan *U-value* dan *SC* sebagai berikut:

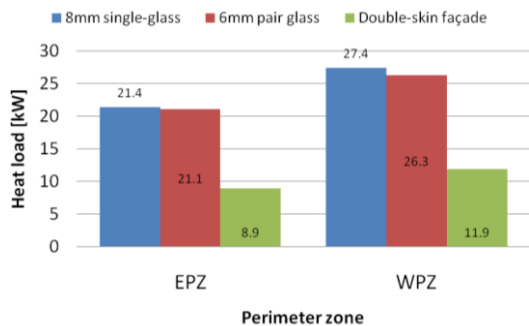
$$U = 1.315I_G^{0.121} + 0.940 \quad \dots(1)$$

$$U_{period} = \frac{\sum_{k=1}^m (1.315I_{G,k}^{0.121} + 0.940)(\theta_{o,k} - \theta_{i,k})}{\sum_{k=1}^m (\theta_{o,k} - \theta_{i,k})} = 3.45 \quad \dots(2)$$

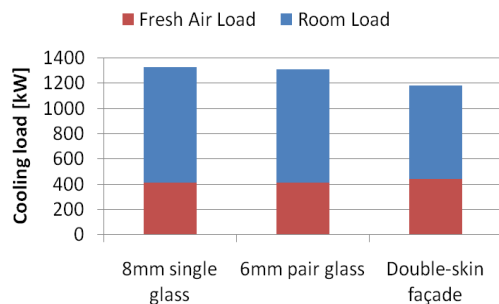
$$SC = 0.732I_G^{-0.389} + 0,098 \quad \dots(3)$$

$$SC_{period} = \frac{\sum_{k=1}^m (0.732I_{G,k}^{-0.389} + 0.098)I_{G,k}}{\sum_{k=1}^m I_{G,k}} = 0.20 \quad \dots(4)$$

Skenario yang digunakan adalah penggunaan bangunan dimulai pada pukul 08:00 hingga 17:00 dan istirahat pada pukul 12:00-13:00. Setting temperatur pada 25°C dan kelembaban pada 50% RH. Hasil kalkulasi beban panas dilakukan dengan *MicroHASP* sebagaimana terlihat pada gambar berikut.



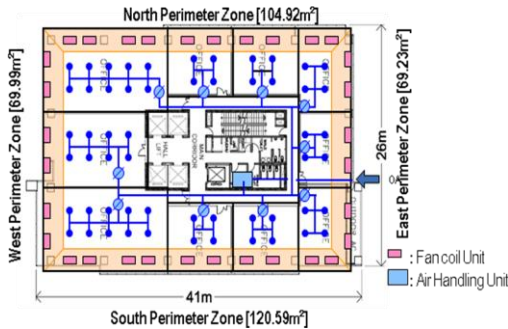
**Gambar 5.** Beban panas puncak pada zona perimeter



**Gambar 6.** Beban pendinginan dan tipe selubung

Simulasi Konsumsi Energi

Berdasarkan hasil kalkulasi beban panas selanjutnya dibuat disain sistem pengkondisian udara (gambar 7). Tabel 4 memperlihatkan konfigurasi komponen sistem pendinginan udara masing-masing kasus.

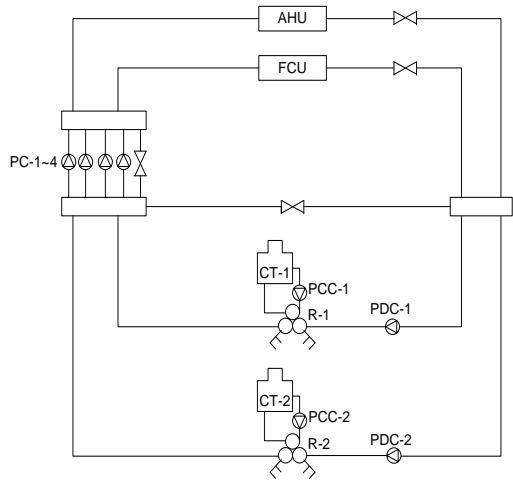


Gambar 7. Zoning AHU dan FCU

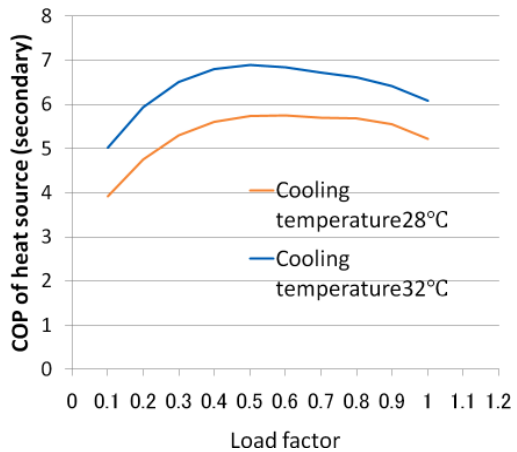
Tabel 4. Komponen pengkondisian udara per kasus

Type	8mm kaca tunggal 6mm kaca ganda		Fasad Selubung Ganda
	R-1	Screw refrigerator #1	
R-2	Screw refrigerator #2	Cooling capacity: 703kW. Power consumption of main motor 129.0kW. Cold water: 2,016 l/min (7–12°C). Cooling water: 2,386 l/min (32–37°C).	Cooling capacity: 580kW. Power consumption of main motor 103.2kW. Cold water: 1,663 l/min (7–12°C). Cooling water : 1,959 l/min (32–37°C).
CT-1	Cooling tower #1	Open type. Cooling water 2,386 l/min (32–37 °C) Power consumption 5.5kW	
CT-2	Cooling tower #2	Open type. Cooling water : 2,386 l/min (32–37 °C) Power consumption 5.5kW	Open type. Cooling water : 1,959 l/min (32–37 °C) Power consumption 3.7kW
PDC-1	Primary Pumps #1	2,016 l/min×120kPa×7.5kW	
PDC-2	Primary Pumps #2	2,016 l/min×120kPa×7.5kW	1,663 l/min×120kPa×5.5kW
PC1-4	Secondary pump	1,010 l/min×280kPa×7.5kW. 4 units.	920 l/min×280kPa×7.5kW4.units.
PCC 1-2	Cooling water pump	2,386 l/min×250kPa×15.0kW 2,386 l/min×250kPa×15.0kW. 2 units.	2,386 l/min×250kPa×15.0kW 1,959 l/min×250kPa×11.0kW. 2 units.
AHU	Air handling unit 10 (1 per floor)	Front area: 0.532 Air volume: 3,540m³/h Air supply fan: 5,300m³/h×800Pa×3.7kW Number of rows: 8rows Number of tubes: 20 tubes Cooling capacity: 72kW Water flow rate: 205 l/min(7-12°C).10 units (1 per floor).	
FCU	Return air fan 10 (1 per lantai)	5,300 l/min×230kPa×1.5kW. 10 (1 per floor)	
	Fan coil unit (NPZ) 100 (10 per lantai)	Air supply: 280m³/h. Cooling capacity: 1.54kW. Water flow rate: 4.0 l/min(7-12°C)	
	Fan coil unit (SPZ) 100 (10 per lantai)	Air supply: 840m³/h. Cooling capacity: 4.63kW. Water flow rate: 12.0 l/min(7-12°C)	
	Fan coil unit (WPZ) 60 (6 per lantai)	Air supply: 840m³/h. Cooling capacity: 4.63kW. Air flow rate: 12.0 l/min(7-12°C).	Air supply: 520m³/h. Cooling capacity: 2.45kW. Water flow rate: 7.0 l/min(7-12°C)
	Fan coil unit (EPZ) 60 (6 per lantai)	Air supply: 840m³/h. Cooling capacity: 4.63kW. Air flow rate: 12.0 l/min(7-12°C)	Air supply: 280m³/h. Cooling capacity: 1.54kW. Water flow rate: 4.0 l/min(7-12°C)

Diagram sistem pengkondisian udara dan kurva karakteristik dari peralatan *heat-source* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Diagram sistem pengkondisian udara



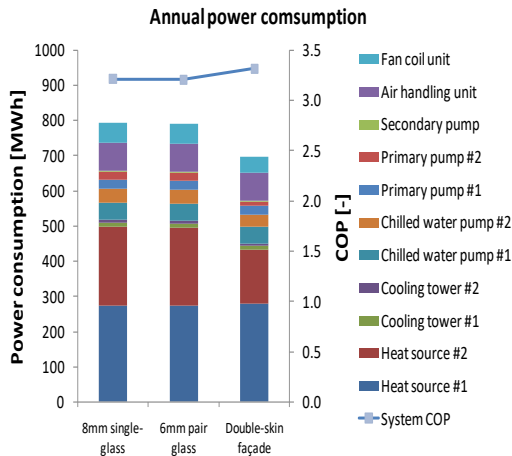
Gambar 9. Load Characteristic dari Heat Source

Selanjutnya, dilakukan simulasi konsumsi energi menggunakan LCEM Tool.

Analisis dan Interpretasi

Hasil simulasi kinerja konsumsi energi masing-masing kasus menunjukkan bahwa penggunaan fasad selubung ganda mampu mengurangi konsumsi energi listrik yang digunakan untuk sistem pengkondisian udara pada bangunan gedung.

Gambar berikut memperlihatkan perbandingan konsumsi energi listrik untuk sistem pengkondisian udara masing-masing kasus.



**Gambar 10.** Konsumsi energi tahunan

Hasil tersebut menginformasikan bahwa total konsumsi energi tahunan untuk pengkondisian udara pada fasad selubung ganda lebih rendah 12% dari selubung tunggal (8mm kaca tunggal) dan jendela kaca ganda (6mm kaca ganda). Beberapa komponen yang mempengaruhi hasil tersebut adalah *heat source #2*, *chilled water pump #2*, *cooling tower #2*, *chilled water pump #2*, *primary pump #2*, dan *fan coil unit* yang berkinerja optimal. Sistem pengkondisian udara pada fasad selubung ganda sedikit berbeda dengan kedua kasus lainnya. Oleh karena jumlah beban pendinginan pada fasad selubung ganda lebih rendah, kapasitas pendinginan *screw refrigerator* pada unit kedua (*screw refrigerator #2*) dapat diturunkan menjadi 580kW saja.

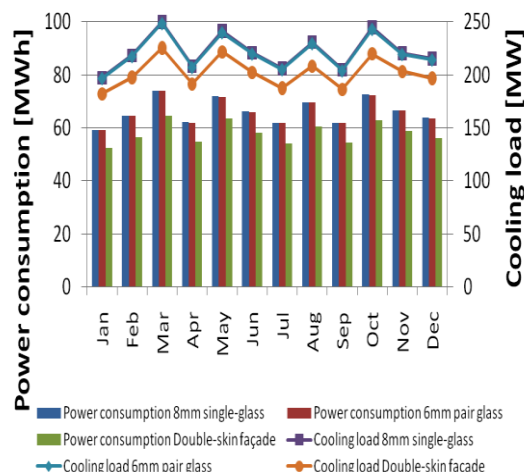
Selanjutnya, penggunaan fasad selubung ganda juga mampu meningkatkan COP (*Coefficient of Performance*) dari sistem pengkondisian udara dimana pada kaca tunggal dan kaca ganda COP = 3.21, sedangkan pada fasad selubung ganda, COP = 3.32.

Jika dibandingkan dengan kedua sistem selubung lainnya, komponen *heat source #2* pada fasad selubung ganda mampu mengurangi konsumsi energi listrik tahunan sebesar 31%.

Komponen *cooling tower #2* mampu mereduksi konsumsi energi sekitar 38%. *Chilled water pump #2* mampu mengurangi konsumsi energi sekitar 18%, *Primary pump* mampu mengurangi konsumsi energi sekitar 50% dan *fan coil unit* mampu mereduksi konsumsi energi sebesar 21%.

Namun demikian, akibat dari optimasi pada *heat source #2* pada fasad selubung ganda maka konsumsi energi pada *heat source #1* lebih tinggi dibandingkan konsumsi energi pada *heat source #2*.

Konsumsi energi bulanan masing-masing kasus memperlihatkan pola yang relatif seragam namun hanya berbeda dari segi besaran konsumsi energi sebagaimana terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 11.** Konsumsi energi bulanan

## Kesimpulan

Kinerja konsumsi energi pada 8mm kaca tunggal, 6mm kaca ganda, dan fasad selubung ganda telah disimulasikan menggunakan LCEM Tool. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konsumsi energi pada fasad selubung ganda lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua kasus lainnya. Selanjutnya, penggunaan fasad selubung ganda juga mampu menaikkan COP dari sistem pengkondisian udara dari 3.21 pada kedua kasus lainnya menjadi 3.32 pada fasad selubung ganda.

## Daftar Pustaka

- Gunawan, B., Budiharjo, Juwana, J. S., Priatman, J., Sujatmiko, W., & Sulistianto, T. (2012). *Buku Pedoman Energi Efisiensi untuk Disain Bangunan Gedung di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Mulyadi, R. (2012). *Study on Naturally Ventilated Double-Skin Facade in Hot-Humid Climate*. Nagoya University.
- Mulyadi, R. (2014). Efektifitas Fasad Selubung Ganda dalam Mengurangi Beban Panas pada Dinding Luar Bangunan. In *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2014* (pp. 19–24). Palembang. Retrieved from <http://temuilmiah.iplbi.or.id/wp-content/uploads/2015/01/TI2014-D-p019-024-Efektifitas-fasad-selubung-ganda-dalam-mengurangi-beban-panas-pada-dinding-luar-bangunan.pdf>