

PENGARUH FASAD TERHADAP PENGEHEMATAN ENERGI PADA *HIGH RISE BUILDING* DI KOTA JAKARTA

(Studi Kasus: Kampung Rejosari, Sayung, Demak)

Oleh : Raisyah Rimaraay Guantio, Septana Bagus Pribadi, S.T, M.T

Abstrak

Konsep green building atau bangunan hijau pada pembangunan di sebuah daerah diyakini akan membantu menurunkan emisi gas buang serta meningkatkan penghematan energi listrik dan konsumsi air bersih. Kota Jakarta menjadi kota pertama di Indonesia yang berusaha menerapkan kebijakan untuk pembangunan gedung hijau yang tertuang dalam Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 38 Tahun 2012 tentang Bangunan Gedung Hijau. Efisiensi energi pada bangunan gedung dipengaruhi oleh selubung bangunan, sistem pengkondisian udara, pencahayaan buatan, transportasi dalam gedung, dan kelistrikan.

Selubung bangunan adalah elemen bangunan yang membungkus bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan dimana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut. Selubung bangunan ini juga akan mempengaruhi tampilan atau fasad dari sebuah bangunan. Penelitian ini akan mensimulasikan pengaruh fasad terhadap penghematan energi pada middle rise building di Kota Jakarta.

Kata kunci: *green building, selubung bangunan, penghematan energi*

1. PENDAHULUAN

Fenomena pemanasan global dan isu-isu kerusakan lingkungan yang beraneka ragam semakin marak dikaji dan dipelajari. Salah satu efek dari pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata harian yaitu setidaknya 0,74°C per tahun selama dua dekade terakhir dengan dampak yang paling terasa adalah di daratan (UNEP dalam Utami, Fela, Yanti, & Avoressi, 2018).

Selain itu, krisis energi juga menjadi topik yang menarik perhatian mengingat kondisi persediaan energi tak terbaharui yang semakin lama semakin menipis. Berdasarkan data dari World Green Building Council, di seluruh dunia, bangunan gedung setidaknya menyumbangkan 33% emisi CO², mengonsumsi 17% air bersih, 25% produk kayu, 30-40% penggunaan bahan mentah, dan 40-50% penggunaan energi untuk pembangunan dan operasionalnya (Yuliatna dalam Utami, Fela, Yanti, & Avoressi, 2018).

Konsep bangunan hijau dirancang dengan mempertimbangkan lingkungan dan krisis energi yang sedang berlangsung saat ini.

Gedung-gedung dirancang, dibangun, dan dioperasikan sedemikian rupa sehingga dampaknya terhadap lingkungan minimal dan sesuai dengan tujuan penghematan energi. Bangunan hijau dirancang supaya dapat mengefisiensikan pemakaian energi alami, berkelanjutan, dan terbarukan untuk gedung komersial maupun gedung hunian serta meminimalisir kerusakan lingkungan sekitar (Widiastuti, 2017).

Efisiensi energi pada bangunan gedung dipengaruhi oleh selubung bangunan, sistem pengkondisian udara, sistem pencahayaan buatan, sistem transportasi dalam gedung, dan sistem kelistrikan. Pada penelitian ini, penulis berfokus di upaya penghematan energi pada selubung bangunan.

Selubung bangunan adalah elemen bangunan yang membungkus bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan dimana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut. Selubung bangunan ini secara langsung mempengaruhi tampilan atau fasad dari sebuah gedung. Pada selubung bangunan

ini terjadi perpindahan panas yang akan mempengaruhi konservasi energi.

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

- a. Merancang bentuk dan orientasi bangunan untuk meminimalkan paparan selubung bangunan dari radiasi matahari timur dan barat.
- b. 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.
- c. Mengurangi transmisi panas melalui dinding dengan menggunakan insulasi yang memadai.
- d. Mengurangi transmisi panas melalui atap dengan memiliki nilai reflektifitas, emisivitas, dan insulasi yang lebih tinggi.
- e. Mengurangi infiltrasi dan eksfiltrasi dengan menyekat bangunan secara rapat dan mengendalikan bukaan pintu dan jendela.

Sebuah gedung harus mempunyai Sertifikasi Laik Fungsi (SLF) agar bisa beroperasi. Dengan kebijakan pemerintah saat ini, SLF hanya dapat dikeluarkan jika sebuah gedung mempunyai Sertifikasi Bangunan Hijau. Sertifikasi ini dikeluarkan oleh Green Building Council Indonesia (GBC Indonesia) dengan sistem peringkat bangunan hijau (*GreenShip*).

GreenShip merupakan salah satu kegiatan utama yang dilakukan GBC Indonesia berupa sebuah sistem peringkat bangunan hijau. Sistem peringkat (*rating*) adalah suatu alat berisi butir-butir dari aspek penilaian yang disebut *rating* dan setiap butir *rating* mempunyai nilai (*credit point*).

Butir *rating* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi EDGE. *Excellence in Design for Greater Efficiencies* (EDGE) merupakan sebuah inovasi dari International Finance Corporation (IFC) berupa platform online untuk sertifikasi bangunan hijau.

Untuk mendapatkan sertifikasi bangunan hijau, EDGE memiliki standar tersendiri. Bangunan yang dirancang harus mencapai kalkulasi dengan minimal 20%

efisiensi energi, 20% efisiensi air, dan 20% efisiensi material. tersumbat menjadi pintu utama masuknya rob pada Kampung Rejosari.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah menggunakan pendekatan simulasi dengan aplikasi EDGE. Penelitian dilakukan dengan evaluasi pengaruh komponen-komponen fasad terhadap penghematan energi bangunan.

Objek pada penelitian ini adalah high rise building dengan fungsi perkantoran yang berlokasi di Jakarta, yaitu Gedung Kementerian Pekerjaan Umum, Alamanda Tower, dan Menara BCA.

Komponen-komponen fasad bangunan yang akan diteliti, yaitu :

- a. Pemilihan material kaca.
- b. *Window-to-wall ratio*.
- c. *External shading devices*.

3. DATA OBJEK PENELITIAN

- a. Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum



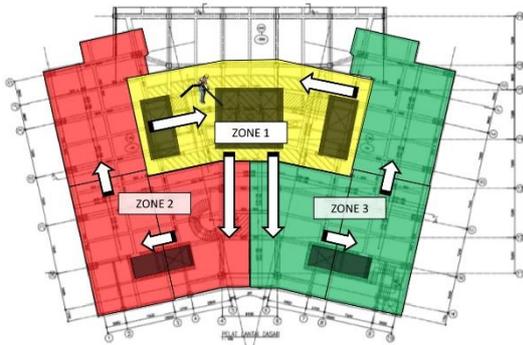
Gambar 1 Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum

Lokasi : Jl. Pattimura No. 31, RT.4/RW.1, Selong, Kecamatan Kebayoran Baru, Kota Jakarta Selatan
Kons. Perencana : P.T Jakarta Konsultindo
Konsultan MK : P.T. Artefak Arkindo
Tahun Dibangun : 2010
Klien : Kementerian PU

Gedung Kementerian Pekerjaan Umum merupakan salah satu *Pilot Project GreenShip* pada tahun 2011. Kementerian PUPR telah mengembangkan dan melaksanakan green building dan green site di Kampus Kementerian PUPR. Pengembangan Kampus PUPR diarahkan

pada pengembangan kampus dengan luas ruang terbuka hijau (RTH) yang lebih besar, zero run off, pembatasan sirkulasi kendaraan bermotor; jalur pejalan kaki yang terintegrasi, termasuk untuk difabel; pengembangan sistem Mekanikal, Elektrikal, Plumbing (MEP) serta manajemen persampahan yang terintegrasi.

Penerapan green building di Kantor Kementerian PUPR telah memberikan sejumlah manfaat yakni meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemakaian sumber daya listrik, air, dan energi sehingga turut mendukung konservasi lingkungan. Penghematan energi rata-rata gedung utama PU sebesar 59% atau setara 3,52 juta kWh per tahun sehingga berkontribusi bagi pengurangan emisi CO2 3.140 ton.

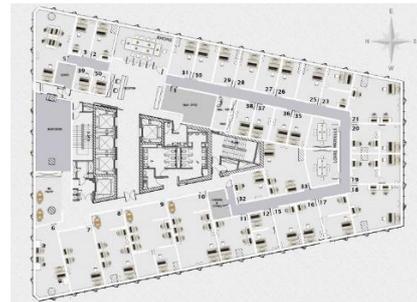


Gambar 2 Gambar Denah Gedung Kementerian PU

Structural Eng. : P.T. Kinematika
 MEP Eng. : M.T. Malmaas Mitra
 Teknik
 Kontraktor : P.T. Tata Mulia
 Nusantara
 Tahun Dibangun : 2010

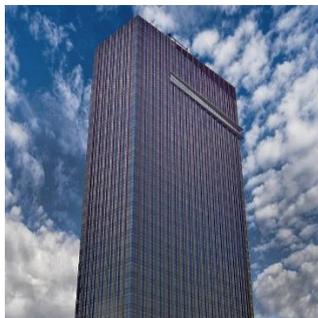
Gedung Alamanda Tower merupakan gedung kantor pertama yang menganut konsep bangunan hijau berdasarkan tolok ukur Greenship di kawasan tersebut. Bangunan ini mampu melakukan penghematan listrik mencapai 45,88 % dan penghematan air hingga 57,82 %.

Alamanda Tower diakui dapat menghemat biaya operasional gedung hingga 34% atau Rp 4 miliar dalam setahun. Gedung ini mendapatkan Green Building Gold Level dari GBC Indonesia pada tahun 2013. Sesuai data IFC, efisiensi operasional di gedung itu sama dengan konsumsi energi dari 708 rumah untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dan konsumsi air dari 104 rumah yang sama.



Gambar 4 Denah Tipikal Alamanda Tower

b. Alamanda Tower



Gambar 3 Alamanda Tower

Lokasi : Jl. Tahi Bonar
 Simatupang No.22-26, RT.1/RW.1,
 Kecamatan Cilandak, Kota Jakarta
 Selatan
 Arsitek : PDW Architects

c. Menara BCA



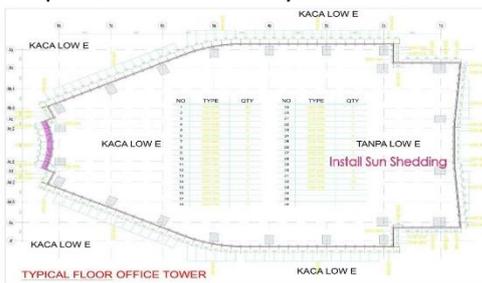
Gambar 5 Menara BCA

Lokasi : Jl. M.H. Thamrin No.1
 Jakarta
 Arsitek : RTKL
 Tahun Dibangun : 2004

Pengembang : P.T. Grand Indonesia
 Klien : P.T. Djarum

Gedung ini merupakan gedung pertama di Indonesia yang meraih sertifikat GreenShip. Gedung Menara BCA mendapatkan sertifikat GreenShip Platinum pada tahun 2011. Material yang digunakan pada bangunan ini seluruhnya merupakan material lokal. Fasadnya didominasi kaca mati namun teknologinya ramah lingkungan.

Bangunan pencakar langit ini menggunakan double glasses sehingga hemat energi sampai 35% atau setara penurunan emisi gas CO2 sebesar 6.360 ton per tahun. Penggunaan kaca ganda (double glazing) pada permukaan luar gedung menghemat beban AC dan pemanas. Udara atau gas di antara lapisan kaca akan meneruskan panas dari luar ke bagian lain gedung dimana panas itu ingin dilepaskan (heater), mengurangi masuknya suhu panas dari luar dan mempertahankan suhu dingin yang ada di dalam ruang. Lahan ini juga mampu mengolah air hujan sampai 100%. Selain itu, buangan air per orang per hari mencapai 40 liter. Umumnya sekitar 50 liter.



Gambar 6 Denah Tipikal Menara BCA

4. PERHITUNGAN EDGE

a. Gedung Utama Kementerian PU

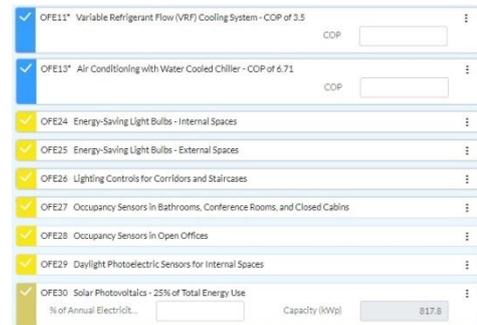
Aspek Green Building

Luas Bangunan : ±25.100 m²
 Orientasi Utama : Timur
 Jumlah Lantai : 17
 Basement : 1
 Floor-to-floor Height : 4,3 m
 Building Depth : 14 m

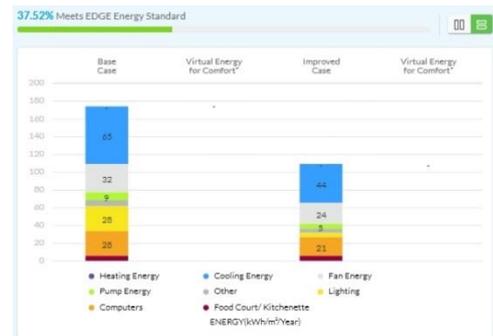
Energy Efficiencies Measures

Gedung ini menggunakan sistem AC central water cooled chiller dan sistem AC Variable Refrigerant Volume (VRV). Bangunan ini menerapkan Intelligent Lighting Control System yang merupakan sistem kontrol pencahayaan gedung. Sistem ini dapat mengatur status ON, OFF dan dimming untuk

tiap grup titik lampu. Sistem ini merupakan bentuk implementasi penghematan energi listrik untuk pencahayaan buatan gedung. Pada Gedung ini menggunakan Multi Channel Energy Saved Load Control System. MESL ini dilengkapi dengan motion sensor, lux sensor, dan timer control yang dapat hemat hingga 40% energi. Bangunan ini juga memasang sel surya pada atap gedung parkir sebagai sumber daya listrik selain PLN.



Gambar 7 Efisiensi Energi pada Gedung Kementerian PU



Gambar 8 Saving Energy Gedung Kementerian PU 37,52%

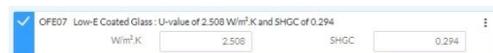
Parameter 1 : Penggunaan Material Kaca

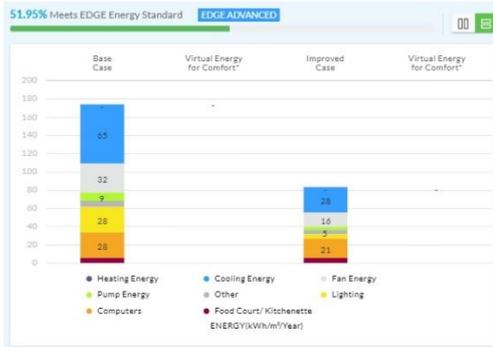
Gedung ini menggunakan kaca double glass dengan material Stopsol 6mm dan gap udara sebesar 12mm.

ID	Name
Glass 1	4287 Stopsol Supersilver Dark Blue 6.gvb
Gap 1	9 Air (10%) / Argon (90%) Mix
Glass 2	4287 Stopsol Supersilver Dark Blue 6.gvb

Ufactor	SC	SHGC
2.508	0.338	0.294

Gambar 9 Detail Material Kaca pada Gedung Kementerian PU



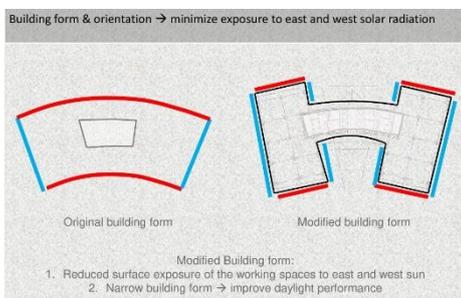


Gambar 10 Saving Energy Gedung Kementerian PU menjadi 51,95%

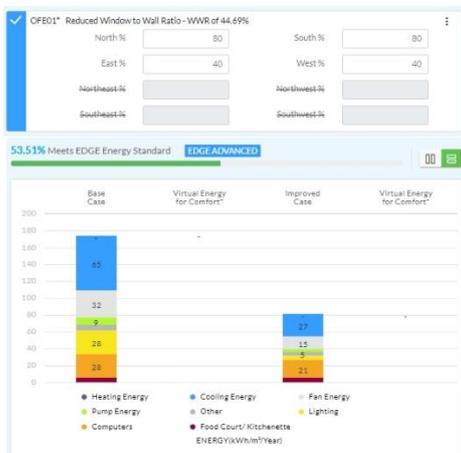
Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa penggunaan *double glass* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Gedung Kementerian PU meningkat menjadi 51,95%.

Parameter 2 : Window-to-Wall Ratio

Gedung Kementerian PU ini berorientasi ke arah Timur. Maka dari itu, gedung ini meminimalkan bukaan pada bagian Timur dan Barat. Selain itu, gubahan massa dimodifikasi agar sisi bangunan pada Timur dan Barat dapat berkurang.



Gambar 11 Modifikasi Gubahan Massa



Gambar 12 Saving Energy Gedung Kementerian PU menjadi 53,51%

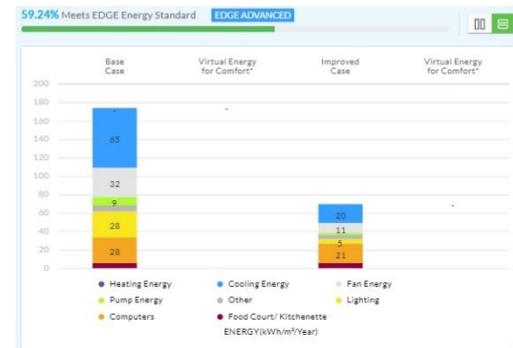
Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa pengurangan *window-to-wall ratio* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Gedung Kementerian PU meningkat menjadi 53,51%.

Parameter 3 : External Shading Devices

Gedung ini menambahkan *shading devices* berupa *horizontal sun shading*. Nilai AASF dari *sun shading* ini sendiri adalah 0,75. Nilai tersebut didapatkan dari hasil pembagian antara lebar horizontal sun shading terhadap tinggi jendela yang dinaunginya.



Gambar 13 Sun Shading pada Gedung Kementerian PU



Gambar 14 Saving Energy Gedung Kementerian PU menjadi 59,24%

Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa penambahan *shading devices* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Gedung Kementerian PU meningkat menjadi 59,24%.

b. Alamanda Tower
Aspek Green Building

Luas Bangunan : ±36.400m²

Orientasi Utama : Timur
 Jumlah Lantai : 32
 Basement : 3
 Floor-to-floor Height : 3 m
 Building Depth : 27,5 m

Energy Efficiencies Measures

Gedung ini menggunakan ventilasi natural pada lobby dan juga area-area koridornya. Bangunan ini menggunakan sistem AC Water Cooled Chiller. Alamanda Tower juga menggunakan lampu LED yang lebih hemat energi.



Gambar 15 Saving Energy Alamanda Tower 22,87%

Parameter 1 : Penggunaan Material Kaca

Gedung ini menggunakan kaca double glass dengan material low-E laminated 6mm dan gap udara sebesar 12mm.

ID	Name
Glass 1	761 ES352.AFG
Gap 1	9 Air (10%) / Argon (90%) Mix
Glass 2	761 ES352.AFG

Ufactor	SC	SHGC
W/m2.K		
1.416	0.244	0.212

Gambar 16 Detail Material Kaca pada Alamanda Tower

Parameter	Value
U-factor (W/m².K)	1.416
SHGC	0.212



Gambar 17 Saving Energy Alamanda Tower menjadi 40,49%

Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa penggunaan double glass tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Alamanda Tower meningkat menjadi 40,49%.

Parameter 2 : Window-to-Wall Ratio

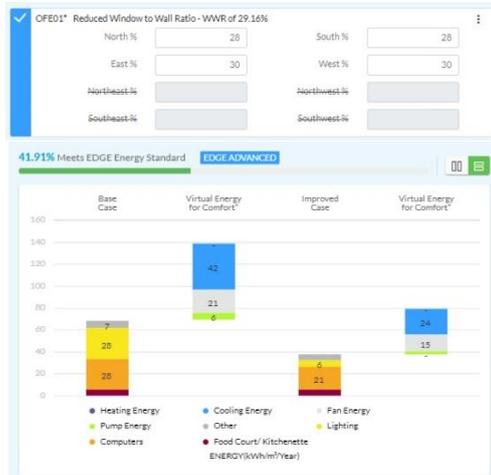


Gambar 18 Dimensi Denah Alamanda Tower

Tampak (Per Lantai)	WWR
	Barat: 42/135x100%= 30%
	Utara: 17/60x100%= 28%
	Selatan: 42/135x100%= 30%
	Timur:

	27/90x100%= 28%
--	--------------------

Tabel 1 Tabel Asumsi WWR Alamanda Tower



Gambar 19 Saving Energy Alamanda Tower menjadi 41,91%

Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa pengurangan *window-to-wall ratio* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Alamanda Tower menurun menjadi 41,91%.

Parameter 3 : External Shading Devices



Gambar 20 Saving Energy Alamanda Tower menjadi 43,60%

Alamanda Tower tidak memiliki shading devices tambahan. Namun, jika ditambahkan *shading devices* dengan AASF sebesar 0.58 sesuai standar EDGE, penghematan energi bangunan ini akan meningkat menjadi 43,60%.

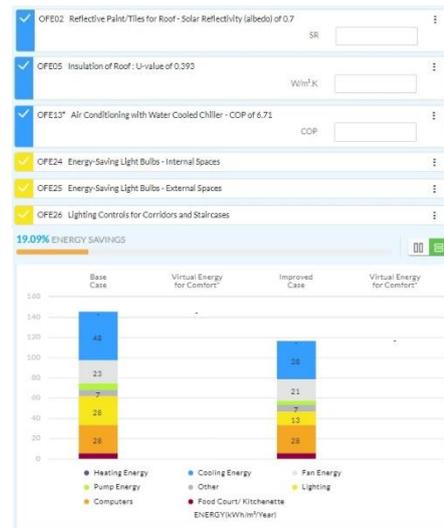
c. Menara BCA

Aspek Green Building

- Luas Bangunan : ±100.000 m²
- Orientasi Utama : Timur
- Jumlah Lantai : 56
- Basement : 5
- Floor-to-floor Height : 3,8 m
- Building Depth : 21 m

Energy Efficiencies Measures

Bangunan ini menggunakan sistem AC Water Cooled Chiller. Menara BCA juga menggunakan lampu LED yang lebih hemat energi. Untuk lebih menghemat energi, atap pada bangunan ini ditambahkan insulasi dan juga menggunakan material dengan albedo yang rendah.



Gambar 21 Saving Energy Menara BCA 19,09%

Parameter 1 : Penggunaan Material Kaca

Gedung ini menggunakan kaca *double glass* dengan material *low-E laminated* 6mm dan gap udara sebesar 12mm dengan detail U-factor dan SHGC sebagai berikut.

1	2											
		<table border="1"> <tr> <td>Ufactor</td> <td>SC</td> <td>SHGC</td> </tr> <tr> <td>W/m2-K</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.340</td> <td>0.306</td> <td>0.266</td> </tr> </table>	Ufactor	SC	SHGC	W/m2-K			1.340	0.306	0.266	
Ufactor	SC	SHGC										
W/m2-K												
1.340	0.306	0.266										

Gambar 22 Detail Material Kaca pada Menara BCA

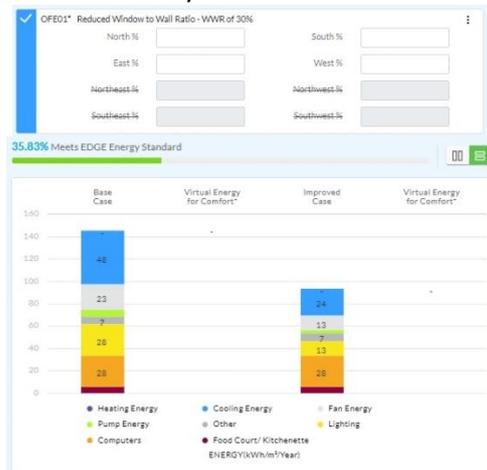


Gambar 23 Saving Energy Menara BCA menjadi 34,07%

Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa penggunaan *double glass* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Menara BCA meningkat menjadi 34,07%.

Parameter 2 : Window-to-Wall Ratio

Menara ini meminimalisir penggunaan kaca pada bagian Timur dan Barat. WWR dari menara ini sesuai dengan standar EDGE yaitu sebesar 30%

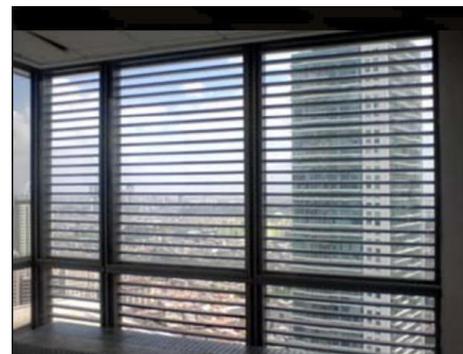


Gambar 24 Saving Energy Menara BCA menjadi 35,83%

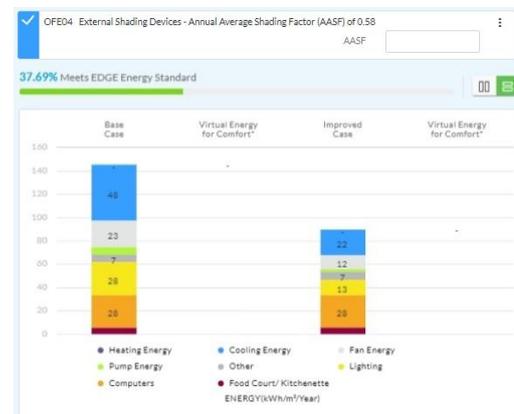
Setelah memasukan upaya-upaya efisiensi energi berupa pengurangan *window-to-wall ratio* tersebut ke dalam EDGE, didapatkan hasil bahwa penghematan energi Menara BCA meningkat menjadi 35,83%.

Parameter 3 : External Shading Devices

Pada sisi Timur dan Barat, menara ini tidak menggunakan *double glass low-E*. Hal ini dilakukan sebagai bentuk penghematan material dan biaya, karena kaca *low-E* harganya mahal. Untuk menghalangi radiasi matahari yang masuk, maka dipasang shading devices pada bagian Timur dan Barat bangunan. *Sun shading* ini berbentuk panel LED yang dapat dinyalakan pada malam hari sehingga bangunan tampak menarik.



Gambar 25 Sun Shading pada Menara BCA



Gambar 26 Saving Energy Menara BCA menjadi 37,69%

4. PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN EDGE

Parameter 1 : Penggunaan Material Kaca

No.	Bangunan	Saving	Saving	Kenaikan
-----	----------	--------	--------	----------

		<i>Energy Awal</i>	<i>Energy Akhir</i>	(%)
1.	Gedung Kementerian PU	37,52	51,95	14,43
2.	Alamanda Tower	22,87	40,49	17,62
3.	Menara BCA	19,09	34,07	14,98

Tabel 2 Tabel Penghematan Energi Parameter 1

Parameter 2 : Window-to-Wall Ratio

No.	Bangunan	<i>Saving Energy Awal</i>	<i>Saving Energy Akhir</i>	Kenaikan (%)
1.	Gedung Kementerian PU	51,95	53,51	1.56
2.	Alamanda Tower	40,49	41,91	1.42
3.	Menara BCA	34,07	35,83	1.76

Tabel 3 Tabel Penghematan Energi Parameter 2

Parameter 3 : External Shading Devices

No.	Bangunan	<i>Saving Energy Awal</i>	<i>Saving Energy Akhir</i>	Kenaikan (%)
1.	Gedung Kementerian PU	53,51	59,24	5.73
2.	Alamanda Tower	41,91	43,60	1.69
3.	Menara BCA	35,83	37,69	1.86

Tabel 4 Tabel Penghematan Energi Parameter 3

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa kenaikan penghematan energi parameter 1 paling tinggi berkisar antara 14,43%-17,62%. Kemudian parameter 3 ada di urutan kedua dengan penghematan energi berkisar antara 1,69%-5,73%. Lalu di urutan terakhir terdapat parameter 2 dengan penghematan energi berkisar antara 1,42%-1,76%.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fasad bangunan mempengaruhi penghematan energi dari suatu bangunan. Dari komponen-komponen fasad yang sudah disimulasikan, pemilihan material kaca sangat tinggi perannya dalam membuat

sebuah bangunan gedung hijau yang hemat energi.

Double glazing dengan material *low-E* sudah seharusnya dipakai pada gedung-gedung pencakar langit di Indonesia agar dapat berkontribusi dalam mengurangi emisi gas karbon di bumi.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2016). Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 38 Tahun 2012 Volume 1 Selubung Bangunan. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (2020). Alamanda Office Tower. Retrieved from The Skyscraper Center Global Tall Building Database of the CTBUH: skyscrapercenter.com/building/alamanda-office-tower/15389

Departemen Rating Development. (2012). Ringkasan Kriteria dan Tolok Ukur Greenship. Jakarta: Green Building Council Indonesia.

Green Building Council Indonesia. (2017). Achievement of Green Building Council Indonesia 2016-2017. Jakarta: Green Building Council Indonesia.

Green Building Council Indonesia. (2020). Tentang GBC Indonesia. Retrieved from Green Building Council Indonesia: <http://gbcindonesia.org/>

Hutapea, E. (2019). Hemat Rp 4 Miliar Setahun, Alamanda Tower Berpredikat “Green Building”. Retrieved from Kompas.com: <https://properti.kompas.com/read/2019/02/25/164854921/hemat-rp-4-miliar-setahun-alamanda-tower-berpredikat-green-building>

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). Terapkan Green Building, Kementerian PUPR Turut Kontribusi pada Pengurangan Gas Rumah Kaca. Retrieved from PU-net: <https://www.pu.go.id/berita/view/16762/terapkan-green-building-kementerian-pupr-turut-kontribusi-pada-pengurangan-gas-rumah-kaca>

- Sertifikasi Bangunan Hijau. (2017). Sertifikasi Greenship. Retrieved from P.T. Sertifikasi Bangunan Hijau: <https://sertifikasibangunanhijau.com/sbh/>
- Siregar, Z. (2018). Konservasi Energi dan Efisiensi Energi, Apa Bedanya? Retrieved from Indonesia Environment and Energy Center: <https://environment-indonesia.com/konservasi-energi/>
- Utami, S. S., Fela, R. F., Yanti, R. J., & Avoressi, D. D. (2018). Menulusur Jejak Implementasi Konsep Bangunan Hijau dan Pintar di Kampus Biru. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Widiastuti, S. E. (2017). Model Green Building di Indonesia Berbasis Konsep Kualitas DMAIC Six Sigma. Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan Smart City, 141-166.
- Wikipedia. (2019). Fasad. Retrieved from Wikipedia Esiklopedia Bebas: <https://id.wikipedia.org/wiki/Fasad>
- Zulmar, H. (2012). Definisi Green Building. Retrieved from the hell: <http://helmizulmar.blogspot.com/2012/06/definisi-greenbuilding-adalah-bangunan.html>