EVALUASI KINERJA SELUBUNG BANGUNAN GEDUNG AGAPE UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA

Christian Nindyaputra Octarino¹, Henry Feriadi²

^{1,2} Program Studi Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana

Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No 5-25 Yogyakarta

Penulis korespondensi: Christian Nindyaputra Octarino, christian.octarino@staff.ukdw.ac.id

Naskah diajukan pada: 04 Maret 2021

Naskah revisi akhir diterima pada: 12 Juli 2021

Abstrak

Di tengah fenomena perubahan iklim dan pemanasan global, arsitektur sudah semestinya turut berperan dalam menjaga lingkungan dengan menghadirkan desain-desain bangunan yang memiliki performa tinggi, yang dapat memberikan kenyamanan optimal bagi penghuninya tanpa mengorbankan kualitas lingkungan di sekitarnya. Karakter iklim Indonesia yang merupakan iklim tropis menyebabkan tingginya temperatur lingkungan, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan bagi penghuni bangunan. Upaya dalam meningkatkan kenyamanan tentu akan membutuhkan konsumsi energi yang tinggi, sehingga perlu dipikirkan strategi konservasi energi agar bangunan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai bagian dari kompleks Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, Gedung Agape adalah gedung dengan fungsi perkantoran yang menggunakan sistem pendingin udara. Setelah digunakan selama 12 tahun, Gedung ini memiliki evaluasi kenyamanan termal yang cukup baik oleh para penghuninya. Namun demikian, diyakini Gedung Agape masih memiliki potensi penghematan energi yang cukup besar melalui kinerja selubung bangunannya. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana kinerja selubung bangunan Gedung Agape UKDW dalam fungsinya mereduksi panas dari lingkungan serta menentukan strategi apa saja yang dapat diterapkan untuk menekan nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) dalam upaya mendukung konservasi energi pada bangunan. Standar Nasional Indonesia tentang konservasi energi Gedung menetapkan nilai OTTV maksimal sebesar 35 W/m². Berdasarkan hasil perhitungan dengan *worksheet*, didapatkan nilai OTTV Gedung Agape sebesar 49,06 35 W/m², cukup jauh dari standar SNI. Beberapa strategi untuk menekan nilai OTTV dicoba disimulasikan melalui modifikasi material bukaan dan penyesuaian *window to wall ratio*, sehingga pada akhirnya dapat mencapai 34,86 W/m².

Kata-kata Kunci: Selubung Bangunan, OTTV, Konservasi Energi

EVALUATION OF BUILDING ENVELOPE PERFORMANCE ON AGAPE BUILDING UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA

Abstract

In response to the worldwide issue about climate change and global warming, architecture should play a role to protecting the environment by presenting high performance building designs. This kind of building can provide optimal comfort for its occupants without sacrificing the quality of the surrounding environment. The character of Indonesia's tropical climate, causes high

environmental temperatures, thus potentially causing discomfort for building occupants. The effort to increase comfort will certainly require high energy consumption, so it is necessary to consider about energy conservation strategies to minimize negative impact on the environment. As a part of Universitas Kristen Duta Wacana area, Agape is an office building that uses air conditioning system. After being used for 12 years, this building has a satisfactory evaluation about the thermal comfort from the occupants. However, it is believed that the building still has considerable potential of energy saving through the performance of the building envelope. This study aims to evaluate performance of Agape Building's envelope in term of heat transfer reduction and determine strategies that can be applied to reduce the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) value to support energy conservation. Indonesian National Standards (SNI) about building's energy conservation determine a maximum OTTV value of 35 W/m². Based on calculation, the OTTV value of Agape Building was obtained 49,06 W/m², has not been able to reach the SNI standard. Several strategies to reduce the OTTV value have been simulated by modifying the opening material and adjusting the window to wall ratio, so that in the end the OTTV value could meet the standards, 34,86 W/m².

Keywords: *Building Envelope, OTTV, Energy Conservation*

1. Pendahuluan

Performa dari sebuah bangunan merupakan salah satu tolok ukur keberhasilan dari suatu desain arsitektur. Di tengah fenomena perubahan iklim yang menjadi bencana global, sudah seharusnya arsitektur dapat berperan dalam menghadirkan bangunan dengan performa tinggi agar dapat turut serta menjaga keberlanjutan lingkungan. Menurut *Energy Policy Act of 2005* di Amerika Serikat, *high performance building* berarti integrasi dan optimalisasi aspek-aspek kesinambungan sebuah gedung, termasuk efisiensi penggunaan energi, ketahanan gedung, siklus hidup gedung, dan produktivitas penghuninya. *Cost efficiency* dan *sustainability* menjadi bagian penting dalam atribut performa bangunan (*Energy Independence & Security Act of 2007*). Fakta lain yang menunjukkan bahwa sector bangunan menyumbang konsumsi energi sampai dengan 40% dari total konsumsi energi di seluruh dunia, semakin memperkuat kebutuhan akan bangunan dengan performa tinggi terutama dalam aspek konservasi energi.

Di negara dengan iklim tropis seperti Indonesia, upaya konservasi energi menjadi suatu tantangan bagi arsitek dalam mendesain bangunan. Bangunan-bangunan yang berlokasi di daerah dengan iklim tropis cenderung kesulitan mencapai standar kenyamanan termal, mengingat variable yang berpengaruh pada kondisi termal seperti suhu udara, kelembaban relatif, radiasi dan kecepatan udara kurang mendukung (Santoso, 2012). Dengan tingginya intensitas radiasi matahari yang sampai pada permukaan bangunan, maka sulit untuk selalu mengandalkan pendekatan desain pasif berupa ventilasi alami untuk mencapai kenyamanan termal di dalam bangunan (Satwiko, 2009). Penghawaan buatan masih menjadi salah satu solusi utama yang diterapkan dalam mencapai kenyamanan di dalam bangunan. Walaupun demikian, upaya dalam konservasi energi tetap dapat dijalankan dengan mengoptimalkan kinerja selubung bangunan dalam menekan perpindahan panas (*heat transfer*) yang masuk ke dalam bangunan. Secara garis besar, perpindahan panas yang terjadi pada selubung bangunan dapat dibedakan menjadi tiga cara:

- Konduksi melalui bidang solid
- Konduksi melalui bidang transparan
- Transmisi radiasi dari bidang transparan

Besarnya panas yang masuk ke dalam bangunan akan berpengaruh pada beban pendinginan yang harus ditanggung oleh sistem penghawaan, yang secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap konsumsi energi bangunan (Vijayalaxmi, 2010). Pada kasus ini akan menitikberatkan bagaimana upaya konservasi energi dapat dilakukan melalui desain selubung bangunan. Kolaborasi antara desain pasif dan aktif sangat diperlukan untuk mewujudnya gedung yang ramah lingkungan terutama dalam kaitannya efisiensi dan konservasi energi (Dimas et al., 2011). Selain itu, arsitektur di daerah tropis sudah seharusnya dapat menjadi media yang mampu memodifikasi iklim luar yang tidak nyaman, sehingga nyaman bagi penghuni di ruang dalam (Karyono, 2016).

Kinerja dari selubung bangunan dapat dinyatakan dengan sebuah nilai indikator yang disebut OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*). OTTV sendiri merupakan sebuah nilai yang menunjukkan seberapa besar perpindahan panas dari luar ke dalam bangunan melalui selubung bangunan, dan telah menjadi standar tolok ukur kinerja selubung bangunan di berbagai negara (Sheng et al., 2020). Semakin kecil nilai OTTV maka semakin kecil pula perpindahan panas yang terjadi ke dalam bangunan. Nilai OTTV sangat dipengaruhi oleh elemen-elemen pembentuk selubung bangunan, di antaranya desain bukaan pada bangunan dan spesifikasi material yang digunakan pada *fasad*. Menurut SNI 03-6389-2011, nilai OTTV dapat dicari melalui persamaan berikut:

$$OTTV = \alpha [U_w (1-WWR) TD_{ek}] + (U_f * WWR * \Delta T) + (SC * WWR * SF)$$

α	: absortan radiasi matahari, tergantung pada material dan warna dinding eksterior
U_w	: transmitans termal dinding tidak tembus cahaya (W/m ² K)
WWR	: perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orienasi tersebut
TD_{ek}	: beda temperature ekuivalen (K)
SF	: faktor radiasi matahari (W/m ²). Tergantung orientasi fasad. Lihat SNI 6389:2011
SC	: koefisien peneduh dari sistem fenetrasi. Spesifikasi dari manufaktur
U_f	: transmitans termal fenetrasi (W/m ² K)
ΔT	: beda temperatur antara bagian luar dan bagian dalam
A_1	: area dinding dengan material 1
$\sum A$	: $A_1 + A_2 + A_3$
A_{oi}	: luas dinding pada bagian dinding luar i (m ²), termasuk semua dinding masif dan jendela yang terdapat pada bagian tersebut
OTTV _i	: nilai OTTV pada bagian dinding i (W/m ²)

Di Indonesia, nilai OTTV yang ditetapkan adalah sebesar 35 W/m² (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Berdasarkan persamaan untuk mencari nilai OTTV tersebut, dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang akan berpengaruh pada OTTV adalah nilai konduktivitas termal material, luasan bidang dari tiap material, baik solid maupun transparan (penentu dari *window to wall ratio*), orientasi fasad, yang menentukan *solar factor* (SF), tipe *shading*, yang ikut menentukan *shading coefficient* (SC), serta perbedaan temperatur udara ruang luar dan dalam.

Gedung AGAPE merupakan salah satu bangunan berlantai tujuh (5 lantai perkantoran dan 2 lantai basement untuk parkir kendaraan) yang ada pada kompleks kampus Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta. Gedung ini memiliki fasad pada empat orientasi dengan luas permukaan yang relatif sama pada setiap sisinya. Fungsi Gedung ini antara lain sebagai kantor fakultas, laboratorium komputer, dan beberapa ruang kelas untuk perkuliahan. Dengan fungsi dominan perkantoran, gedung ini memiliki tingkat konsumsi energi yang cukup tinggi baik untuk mendukung kenyamanan penghuni dengan pemakaian penghawaan buatan (AC) di hampir seluruh ruangan yang ada, maupun energi dari pemakaian sejumlah peralatan komputer dan elektronik. Sistem penghawaan buatan (AC) mengkonsumsi energi hingga 70% dari total energi Gedung diikuti oleh sistem pencahayaan sebesar 10-25%, sehingga perlu adanya optimasi sistem penghawaan pada bangunan sebagai langkah konservasi energi (Sandra Loekita, 2006). Dari aspek operasional, efisiensi energi tentu akan sangat memberikan dampak positif terhadap pengelolaan bangunan, selain itu peningkatan kenyamanan

lingkungan kerja juga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas penghuninya (Hudedmani et al., 2018). Gedung Agape sendiri menggunakan sistem AC split untuk penghawaan ruangnya, sehingga dinilai dapat lebih efisien digunakan sesuai dengan kebutuhan dari masing-masing penghuni ruang. Namun demikian, Gedung ini diyakini masih memiliki potensi penghematan energi melalui kinerja selubung bangunannya. Studi ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kinerja selubung bangunan dari Gedung Agape dalam kaitannya dengan performa bangunan dalam upaya konservasi energi. Meminimalkan perpindahan panas ke dalam bangunan merupakan salah satu strategi utama untuk bangunan di daerah dengan iklim tropis basah, sehingga performa selubung bangunan akan menjadi elemen penting dalam strategi desain (Handoko & Ikaputra, 2019). Kinerja selubung bangunan akan dinilai dari besaran nilai OTTV dari selubung bangunan, dengan mengidentifikasi elemen-elemen pembentuknya. Elemen yang memiliki pengaruh pada nilai OTTV bangunan di antaranya adalah desain *sun-shading* dan luasan bukaan pada fasad (Riniardi et al., 2019). Hasil dari studi ini juga sekaligus bertujuan untuk memberikan berbagai alternatif strategi yang dapat diterapkan untuk mengurangi nilai OTTV.

2. Metode

Evaluasi kinerja selubung bangunan dilakukan dengan menghitung nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada bangunan. Kalkulasi nilai OTTV bangunan didapatkan melalui lembar kerja (*worksheet*) yang diterbitkan oleh *International Finance Corporation* (IFC) berbasis Standar Nasional Indonesia yang sudah digunakan oleh Tim Ahli Bangunan Gedung (TABG) beberapa daerah di Indonesia salah satunya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam Panduan Penggunaan Bangunan Gedung Hijau (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2012). Data-data yang menjadi input pada lembar kerja tersebut didapatkan melalui proses observasi yang meliputi pengamatan dan pendataan secara langsung terkait elemen selubung bangunan. Penggunaan *worksheet* perhitungan OTTV membutuhkan data-data terkait selubung bangunan yang meliputi:

- Jenis material selubung bangunan yang berupa permukaan solid, beserta luasannya
- Jenis material selubung bangunan yang berupa permukaan transparan, beserta luasan serta spesifikasi nilai konduktivitas termalnya (*U-value*)
- Jenis dan dimensi peneduh (*shading*) yang ada pada selubung bangunan

Gambar 1. Siteplan Gedung Agape UKDW
Sumber: Dokumen Perencanaan Gedung

Data-data tersebut mencakup keseluruhan orientasi bangunan, sehingga nilai yang diperoleh sudah mewakili keseluruhan bagian fasad dari bangunan. Setelah data observasi terkumpul, Gedung Agape terlebih dulu dimodelkan dalam model tiga dimensi (gambar 1), untuk mempermudah proses selanjutnya yaitu identifikasi luasan bidang dari tiap material pembentuk selubung bangunan.

Gambar 2. Tampak Depan Gedung Agape (Kiri); Model 3 Dimensi Dari Gedung Agape (Kanan)
Sumber: Penulis, 2020

Data yang didapatkan dari observasi dan permodelan bangunan digunakan sebagai input dalam kalkulasi OTTV menggunakan *worksheet* kalkulasi OTTV. Adapun alur pengisian lembar kerja kalkulasi OTTV dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 3. Alur Pengisian Lembar Kerja OTTV
Sumber: Penulis, 2020

3. Hasil dan Pembahasan

Melalui proses identifikasi dan observasi, didapatkan hasil bahwa material pembentuk selubung bangunan Gedung Agape UKDW terdiri dari:

- Dinding bata plaster ketebalan 150 mm ($U\text{-value} = 2,6 \text{ W/m}^2$)
- Jendela kaca *clear* standar ketebalan 6 mm ($U\text{-value} = 5,8 \text{ W/m}^2$)
- Elemen tritisan beton bertulang ketebalan 120 mm ($U\text{-value} = 1,8 \text{ W/m}^2$)

Berdasarkan hasil tersebut, maka data input untuk lembar kerja OTTV adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi dinding eksterior

Dinding eksterior pada Gedung Agape sebagian besar merupakan dinding batu bata dengan lapisan plester di kedua sisinya. Ketebalan dinding 150 mm, yang terdiri dari batu bata dengan ketebalan 110 mm, lalu plester setebal 20 mm di kedua sisi dinding. Nilai konduktivitas termal (*U-value*) untuk keseluruhan material dinding adalah sebesar $2,6 \text{ W/m}^2$. Dalam hal ini elemen tritisan berupa beton bertulang dapat diabaikan karena menjadi satu dengan struktur balkon yang berupa material batu bata.

2. Spesifikasi sistem fenestrasi eksterior

Sistem fenestrasi adalah komponen tembus cahaya yang terdapat pada selubung bangunan. Pada Gedung Agape seluruh komponen tembus cahaya berupa jendela yang menggunakan material kaca. Spesifikasi kaca yang digunakan adalah kaca *clear single* dengan ketebalan 6 mm. Adapun untuk komponen sistem fenestrasi ini perlu mengetahui nilai *U-value* dan juga SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*). Untuk kaca *clear single* diketahui nilai *U-value* = 5.8 W/m^2 , dan nilai SHGC = 0.8. Sistem fenestrasi ini kemudian dibedakan menjadi bukaan dengan peneduh dan tidak ada peneduh.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem Fenestrasi Pada Gedung Agape

No	Kode Tipe Konstruksi Sistem Fenestrasi	Material Kaca	SHGC	U Value ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Peneduh Luar	Kode Spesifikasi Peneduh Luar	SC total SC x Scef
Utara	1	F1	Single clear	0.8	yes	SH1	0.65
	2	F2	Single clear	0.8	yes	SH2	0.63
	3	F3	Single clear	0.8	no		0.93
Timur	1	F1	Single clear	0.8	yes	SH1	0.64
	2	F2	Single clear	0.8	yes	SH2	0.51
Selatan	1	F1	Single clear	0.8	yes	SH1	0.65
	2	F2	Single clear	0.8	no		0.93
Barat	1	F1	Single clear	0.8	yes	SV1	0.48
	2	F2	Single clear	0.8	no		0.93

Sumber: Analisis Penulis, 2020

Tabel 1 menunjukkan detail data yang diinputkan pada lembar kerja OTTV terkait dengan system fenestrasi pada bangunan. Data tersebut menunjukkan bahwa hampir semua orientasi bangunan terdapat dua jenis bukaan, yang dilengkapi dengan peneduh dan tanpa peneduh (kecuali pada sisi timur seluruhnya memiliki peneduh). *Shading* pada Gedung Agape didominasi oleh semacam struktur balkon yang terdapat di lantai atasnya. Jenis *shading* ini dapat menurunkan nilai *shading coefficient* dari bukaan sekitar 30%, yaitu dari 0,93 menjadi 0,65. Pada sisi barat terdapat *shading* dengan tipe *sun-louvre*, dengan tujuan meningkatkan hambatan panas yang masuk ke dalam bangunan dari sisi barat. Pada lembar kerja tidak ada pilihan jenis *shading* dengan tipe *sun-louvre*, maka dari itu penulis menggunakan tipe *shading* vertical yang disusun rapat sehingga membentuk karakteristik menyerupai *sun-louvre*.

3. Spesifikasi elemen peneduh (*shading*)

Di dalam lembar kerja OTTV menyediakan tiga pilihan jenis peneduh/*shading*, yaitu *shading* horizontal, vertikal, dan *shading egg-crate* (kombinasi). Untuk Gedung Agape sendiri seluruh *shading* yang ada berupa *shading* horizontal yang berupa balkon. Data yang perlu diinput adalah Panjang *shading* (P), tinggi *shading* (H), dan sudut kemiringan. Detail untuk *shading*

Gedung Agape dapat dilihat pada gambar 4. Sebagai tambahan, khusus pada sisi barat Gedung memiliki tambahan *shading* berupa *sun-louvre* untuk dapat meredam radiasi panas yang sampai ke permukaan kulit bangunan.

Gambar 4. Detail *Shading* Balkon Gedung Agape
Sumber: Penulis, 2020

Setelah melakukan input terkait 3 aspek di atas maka akan didapatkan hasil untuk tingkat konduktivitas termal pada setiap orientasi fasad bangunan. Data yang ditampilkan adalah tingkat panas yang masuk ke dalam bangunan baik melalui proses konduksi dinding dan jendela, dan juga melalui proses radiasi material kaca, sesuai dengan persamaan yang ditetapkan oleh SNI dalam perhitungan OTTV bangunan Gedung.

Tabel 1 menunjukkan komparasi tingkat perpindahan panas yang terjadi pada tiap sisi fasad bangunan. Dari keempat orientasi bangunan, sisi timur memiliki bukaan paling banyak, dengan nilai *window to wall ratio* (WWR) sebesar 37%, sedangkan sisi utara dan barat memiliki proporsi bukaan relatif sama sebesar 24%. Pada aspek perpindahan panas melalui konduksi dinding, dapat diketahui kalau keempat orientasi memiliki angka yang relatif sama satu dengan yang lain, yaitu pada kisaran 11.000 W/m². Untuk perpindahan panas melalui konduksi pada bukaan, terlihat bahwa sisi Timur memiliki angka tertinggi. Hal ini berbanding lurus dengan nilai WWR sisi timur yang paling besar dibandingkan sisi yang lain. Sedangkan aspek ketiga yaitu perpindahan panas melalui radiasi bukaan, sisi timur dan barat memiliki angka tertinggi, yaitu sekitar 20.000 W/m². Hal ini sudah dapat diprediksikan, mengingat sisi timur dan barat mendapatkan intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi. Sisi utara memiliki perpindahan panas paling minim, lalu diikuti oleh fasad sisi selatan. Pada bagian akhir lembar kerja OTTV, dapat dilihat juga pada tabel 2 kalkulasi total dari setiap orientasi fasad, sehingga diperoleh nilai akhir OTTV dari bangunan.

Tabel 2. Summary Kalkulasi OTTV Gedung Agape UKDW

Orientasi Fasad	WWR	Transfer panas pada selubung bangunan (W)			Total (W)	Area Fasad (m ²)	OTTV (W/m ²)
		Konduksi Dinding	Konduksi Bukaan	Radiasi Bukaan			
Utara	24%	11,129.70	4,567.21	13,561.70	29,258.61	657.90	44.47
Timur	37%	10,722.97	8,276.31	20,094.31	39,093.59	778.60	50.21
Selatan	31%	10,893.43	6,029.97	15,596.53	32,519.93	671.50	48.43
Barat	24%	12,653.51	4,942.47	19,724.85	37,320.83	708.90	52.65

Total	45,399.61	23,815.96	68,977.39	138,192.96	2,816.90	49.06
--------------	-----------	-----------	-----------	------------	----------	--------------

Sumber: Analisis Penulis, 2020

Gambar 5. Komparasi OTTV Tiap Orientasi Fasad Gedung Agape UKDW
Sumber: Analisis Penulis, 2020

Berdasarkan kalkulasi dari tiap nilai tingkat panas yang masuk di seluruh orientasi, maka didapatkan hasil OTTV untuk Gedung Agape adalah 49,06 W/m². Sisi barat menyumbang nilai terbesar yang mencapai 52 W/m², sedangkan sisi utara merupakan orientasi dengan sumbangan panas paling kecil, yaitu 44 W/m² (gambar 5). Nilai OTTV pada sisi Barat sebenarnya sudah terbantu dengan adanya *sun louvre* yang menjadi elemen *shading device* pada bukaan. Jika tidak ada elemen tersebut dapat dipastikan sisi barat akan menyumbang radiasi panas yang lebih besar lagi. Berdasarkan hasil ini, dapat diketahui bahwa nilai OTTV Gedung Agape masih belum dapat mencapai target yang ditetapkan oleh SNI yang menetapkan nilai maksimal OTTV 35 W/m². Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.38/2012 tentang bangunan Gedung hijau memiliki acuan nilai OTTV yang berbeda dan cenderung lebih ringan yaitu 45 W/m², namun hasil yang didapatkan juga masih belum dapat mencapai batas yang ditentukan. Hal ini akan cukup berpengaruh pada konsumsi energi Gedung dikarenakan beban pendinginan yang cukup besar.

Berdasarkan hasil kalkulasi tersebut, perlu ada strategi peningkatan performa dari selubung bangunan untuk dapat menekan perpindahan panas yang terjadi, sekaligus menurunkan angka OTTV selubung bangunan. Jika ditinjau dari hasil perhitungan pada gambar 4, penyumbang panas terbesar secara berurutan (dari yang paling tinggi) adalah melalui radiasi pada bukaan, konduksi dinding, dan terakhir konduksi pada bukaan. Oleh karena itu perlu ditentukan beberapa strategi untuk dapat meningkatkan kinerja dari selubung bangunan pada Gedung Agape, yaitu strategi terkait modifikasi material dan penyesuaian angka *window to wall ratio* (WWR).

Merespon radiasi bukaan yang menyumbang panas terbesar dalam perpindahan panas ke dalam bangunan, maka dilakukan simulasi nilai OTTV dengan modifikasi material bukaan dengan menggunakan kaca spesifikasi *Low Emissivity* (Low-E) yang memiliki tingkat hantaran panas yang lebih kecil dibandingkan kaca konvensional. Adapun material kaca yang semula berupa kaca clear 6 mm dengan nilai *U-value* sebesar 5,8 W/m², diganti menjadi material kaca dengan spesifikasi nilai SC = 0,65 dan *U-value* sebesar 4,1 W/m². Simulasi dalam modifikasi material bukaan kaca dilakukan dalam tiga alternatif: pertama pada sisi barat saja, kedua sisi barat dan timur, lalu yang ketiga diterapkan pada seluruh sisi bangunan (tabel 3).

Tabel 3. Hubungan Modifikasi Material Kaca Low E Terhadap Nilai OTTV Gedung AGAPE

Modifikasi Material Kaca Low E	Nilai OTTV (W/m ²)
Sisi Barat	46,43
Sisi Barat dan Timur	43,42
Seluruh sisi bangunan	39,20

Sumber: Analisis Penulis, 2020

Modifikasi material kaca yang dilakukan hanya pada sisi barat saja baru dapat menurunkan nilai OTTV menjadi $46,43 \text{ W/m}^2$, sedangkan jika perubahan dilakukan pada sisi barat dan timur angka OTTV turun menjadi $43,42 \text{ W/m}^2$. Angka ini belum mencapai standar yang ditetapkan oleh SNI, namun sudah memenuhi standar dari Pergub DKI sebesar 45 W/m^2 . Pada alternatif ketiga, modifikasi dilakukan pada seluruh sisi bangunan, dan didapatkan angka OTTV sebesar $39,20 \text{ W/m}^2$. Angka ini sudah dapat dikatakan cukup baik, namun belum bisa mencapai standar nilai OTTV dari SNI.

Gambar 6. Tipikal Jendela Pada Gedung Agape (Kiri); Elemen *Sun-Shading* Pada Sisi Barat (Kanan)

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

Jika strategi penggantian material bukaan masih belum mencapai target, upaya berikutnya adalah menyesuaikan nilai WWR dengan cara mengurangi luasan bukaan pada bangunan. Pengurangan luasan bukaan jendela dinilai cukup efektif dalam menurunkan nilai OTTV bangunan (Wibawa & Utama, 2019). Penyesuaian nilai WWR melalui pengurangan luasan bukaan dilakukan secara menyeluruh untuk semua sisi selubung bangunan. Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi dan komparasi hasil kalkulasi OTTV antara kondisi baseline dan kondisi setelah dilakukan modifikasi. Melalui beberapa kali simulasi kalkulasi, didapatkan hasil bahwa untuk memenuhi standar OTTV dari SNI maka WWR pada bangunan perlu dikurangi dari awalnya 29% menjadi sekitar 23,5%. Pada angka ini nilai OTTV yang didapatkan adalah $34,86 \text{ W/m}^2$. Namun tentunya hasil ini perlu disesuaikan lebih lanjut dengan fungsi-fungsi ruang di dalamnya agar tetap dapat dipersepsikan nyaman secara visual.

Tabel 4. Kompilasi Nilai OTTV Gedung AGAPE Antara Kondisi Baseline (Eksisting) Dan Kondisi Setelah Dimodifikasi

Orientasi Fasad	Area Fasad (m ²)	Nilai OTTV (W/m ²)				
		Baseline	Low-E sisi Barat	Low-E Barat+Timur	Low-E seluruh sisi	Low-E + WWR
Utara	657.90	44.47	44.47	44.47	36.23	34.32
Timur	778.60	50.21	50.21	39.32	39.32	32.17
Selatan	671.50	48.43	48.43	48.43	38.80	35.30
Barat	708.90	52.65	42.22	42.22	42.22	38.04
Total	2816.90	49.06	46.43	43.42	39.20	34.89

Sumber: Analisis Penulis, 2020

Gambar 7. Grafik Perubahan Nilai OTTV Pada Tiap Orientasi Bangunan Berdasarkan Modifikasi Material Bukaan Dan WWR
Sumber: Analisis Penulis, 2020

Gambar 7 menunjukkan komparasi angka OTTV pada tiap orientasi bangunan. Dapat diketahui bahwa strategi penggantian bukaan kaca menjadi kaca Low-E memiliki dampak yang cukup signifikan, terutama setelah diimplementasikan pada seluruh orientasi bangunan. Strategi pengurangan WWR dilakukan sebagai upaya tambahan untuk mencapai standar OTTV yang disyaratkan. Pada kasus ini, WWR dikurangi $\pm 5\%$, agar pengaruh terhadap pada kualitas visual di dalam ruang masih dapat terjaga.

Gambar 8. Grafik Pengurangan Nilai OTTV Pada Strategi Pemakaian Low-E Glass Dan Penyesuaian WWR
Sumber: Analisis Penulis, 2020

Komparasi strategi modifikasi fasad untuk mereduksi Nilai OTTV Gedung ditunjukkan dalam Gambar 8. Pengurangan Nilai OTTV keseluruhan sebesar 20,38 % dapat diperoleh dengan mengganti kaca jendela dengan Low-E glass (Nilai OTTV = 39,2 W/m²), dan reduksi ini bisa dilihat terjadi pada kesemua orientasi fasad. Sedangkan potensi pengurangan yang lebih efektif sebesar 28,88% dapat dicapai dengan kombinasi strategi pemakaian Low-E glass dan pengurangan WWR (Nilai OTTV = 34,89 W/m²).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja selubung bangunan Gedung Agape UKDW Yogyakarta, didapatkan hasil bahwa nilai OTTV bangunan adalah 49,06 W/m² yang mana masih belum dapat mencapai standar nilai yang ditetapkan oleh SNI yaitu 35 W/m². Hal ini menunjukkan kinerja selubung bangunan masih belum optimal dalam menekan tingkat perpindahan panas yang masuk ke dalam bangunan. Selain itu, kinerja selubung bangunan yang tidak optimal dinilai akan berdampak terhadap konsumsi energi bangunan dan juga kenyamanan penghuni. Beberapa strategi disimulasikan untuk dapat mencapai nilai OTTV yang optimal, yaitu dengan mengganti material bukaan dengan kaca *Low-E* dan juga mengurangi WWR. Kedua strategi ini dinilai paling memungkinkan dilakukan pada bangunan eksisting, karena tidak membutuhkan perubahan signifikan pada desain dan struktur bangunan. Penggantian material kaca dapat menurunkan nilai OTTV dengan cukup signifikan, namun untuk mencapai nilai optimal perlu ditambahkan dengan pengurangan WWR $\pm 5\%$. Dari simulasi yang dilakukan terkait penerapan strategi untuk meningkatkan kinerja selubung bangunan,

Studi ini masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu penggunaan lembar kerja yang memiliki keterbatasan pilihan material maupun jenis peneduh (*shading*). Dalam proses kalkulasi penulis menggunakan pilihan yang paling mendekati dengan kondisi eksisting bangunan. Sebagai tindak lanjut, diperlukan kajian mengenai dampak dari nilai OTTV terhadap konsumsi energi bangunan, serta kenyamanan yang dirasakan oleh penghuni bangunan. Metode yang dapat dikembangkan sebagai tindak lanjut dari studi ini salah satunya adalah metode simulasi dengan menggunakan *software*. Sefaira merupakan alternatif *software* yang dapat digunakan untuk simulasi energi karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik (Rabbani, 2019).

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) dan juga Fakultas Arsitektur dan Desain Universitas Kristen Duta Wacana yang telah mendukung proses penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

6. Daftar Acuan

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 03-6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Dimas, T. A., Fitria, D., & D, T. J. (2011). *Perbandingan Perhitungan OTTV dan ETTV Gedung Komersial - Kantor*. Sustainability Division: PT Asdi Swasatya.
- Handoko, J. P. S., & Ikaputra, I. (2019). Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik Pada Iklim Tropis. *Langkau Betang: Jurnal Arsitektur*, 6(2), 87. <https://doi.org/10.26418/langkau.v6i2.34791>
- Hudedmani, M. G., Kataraki, R., Jocy, R., Vaddatti, S., & Maliyavar, M. (2018). Energy Conservation in Office Environment. *International Journal of Advanced Science and Engineering*, 5(1), 833. <https://doi.org/10.29294/ijase.5.1.2018.833-839>
- Karyono, T. H. (2016). Arsitektur Tropis dan Bangunan Hemat Energi. *Jurnal KALANG, Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Tarumanagara*, 1(1), 1–9.
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. (2012). *Selubung bangunan. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta*, 1(38), 44.
- Rabbani, B.A. (2019). Comparative Study of Energy Consumption between OTTV and Sefaira in a House. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 248(1)
- Riniardi, K., Priyomarsono, N. W., & Rilatupa, J. (2019). Re-designing facade of kadin tower building (application of retrofit programme with OTTV).

- IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012028>
- Sandra Loekita. (2006). Analisis Konservasi Energi Melalui Selubung Bangunan. *Civil Engineering Dimension*, 8(2), 93–98.
- Santoso, E. I. (2012). Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab. *Indonesian Green Technology Journal*, 1(1), 13–19.
- Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Penerbit Andi.
- Sheng, W., Zhang, L., & Ridley, I. (2020). The impact of minimum OTTV legislation on building energy consumption. *Energy Policy*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111075>
- Vijayalaxmi, J. (2010). Concept of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*, 1(2), 75–80. <https://doi.org/10.5383/ijtee.01.02.003>
- Wibawa, B. A., & Hutama, A. N. (2019). Optimalisasi Buka-an Dan Kenyamanan Ruang Melalui Analisis Ottv Dan Sun Shading. *MODUL*, 19(2), 68. <https://doi.org/10.14710/Mdl.19.2.2019.68-77>