



Perbandingan Perhitungan OTTV dan ETTV Gedung Komersial - Kantor

Tubagus A. Dimas, Dian Fitria, Thesa Junus D.

Green Building Engineers, Divisi *Sustainability*, PT Asdi Swasatya

Abstrak

Besar panas yang masuk ke dalam gedung melalui proses konduksi dan radiasi bergantung dari desain selubung bangunan tersebut. Di Indonesia, formula yang dapat memperhitungkan nilai perpindahan panas dari luar ke dalam gedung adalah OTTV atau Overall Thermal Transfer Value yang dibakukan dalam SNI 6389:2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Gedung. Sementara, Singapura memiliki formula tersendiri dalam menghitung perpindahan panas tersebut yang dikenal dengan ETTV atau Envelope Thermal Transfer Value. Mengingat kondisi iklim Singapura tidak berbeda jauh dengan Indonesia, maka artikel ini mencoba membandingkan kedua formula tersebut terhadap sebuah gedung yang sama. Perhitungan OTTV dilakukan dengan dua cara melalui $\Delta T5$ dan $\Delta T8$ sehingga terdapat 3 perbandingan yaitu $OTTV_{\Delta T5}$; $OTTV_{\Delta T8}$; ETTV. Masing-masing formula dihitung melalui variasi: 3 kondisi nilai U_f , 5 kondisi WWR dan 11 kondisi SC. Dari setiap variasi dapat dilihat perbandingan bobot beban panas dari konduksi masif (Q_w); konduksi transparan (Q_{f1}) dan radiasi transparan (Q_{f2}). Sementara dari setiap variasi dapat dilihat optimalisasi antara WWR maksimum dan nilai SC optimum serta sebaliknya pada setiap kondisi U_f . Berdasarkan studi yang dilakukan, proporsi beban konduksi masif pada ETTV membesar dibanding dengan beban konduksi masif pada OTTV. Sementara proporsi beban konduksi transparan pada ETTV mengecil dibanding beban konduksi transparan pada OTTV. Hasil studi juga menunjukkan OTTV $\Delta T 8$ membutuhkan kriteria spesifikasi kaca dan rentang nilai WWR yang lebih ketat dibanding pada perhitungan ETTV.



Latar Belakang OTTV dan ETTV

Kolaborasi antara desain pasif dan aktif sangat diperlukan untuk mewujudnya gedung yang ramah lingkungan terutama dalam kaitannya efisiensi energi. Pada konteks daerah tropis seperti Indonesia, sistem pengondisian udara untuk sistem pendingin merupakan salah satu komponen yang cukup signifikan terkait konsumsi energi gedung. Sementara, beban pendinginan tidak hanya ditentukan oleh beban panas internal saja. Beban panas eksternal yang berasal dari selubung bangunan dianggap memiliki peran yang signifikan dalam menentukan beban pendinginan. Tentunya dalam memperhitungkan beban panas dari selubung bangunan sangat erat kaitannya dengan orientasi gedung dan spesifikasi material yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa optimalisasi desain pasif pada fasad sangat dibutuhkan.

Pada tahun 1975, OTTV atau Overall Thermal Transfer Value tersebut pertama diajukan oleh *American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE) yang dibakukan dalam ASHRAE Standard 90-75 dan 90-80A. Pada tahun 1979, Singapura merupakan negara pertama yang mengadopsi formula OTTV tersebut dan menyusunnya dengan melakukan berbagai adaptasi kondisi iklim setempat. Sementara, Indonesia, Malaysia, Thailand dan Filipina menjadikan formulasi OTTV yang dilakukan Singapura sebagai acuan untuk menyusun standar energi gedung di negara masing-masing. Untuk Indonesia, standar terkait formula OTTV yang dibakukan dalam SNI 6389:2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. OTTV merupakan suatu nilai perpindahan panas dari luar ke dalam melalui selubung bangunan. Semakin rendah nilai OTTV dari suatu bangunan, berarti semakin rendah pula beban panas yang masuk ke dalam bangunan sehingga mengakibatkan rendahnya beban sistem pendinginan.

OTTV memiliki tiga komponen utama yang diperhitungkan yaitu: beban panas konduksi dari area fasad masif (Qw) yaitu dengan formula: $\alpha [U_w (1-WWR) TD_{ek}]$; beban panas konduksi dari area fasad transparan (Qf1) yaitu dengan formula: $(U_f * WWR * \Delta T)$; dan beban panas radiasi dari area fasad transparan (Qf2) yaitu dengan formula $(SC * WWR * SF)$. Sehingga peformulaan OTTV adalah sebagai berikut (SNI 6389, 2011):

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

Sementara, OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dengan lebih dari satu jenis material dinding, berikut persamaan yang digunakan:

$$OTTV = [\alpha_1 \{U_{w1} A_1 / \Sigma A (1-WWR) TD_{ek} + \alpha_2 \{U_{w2} A_2 / \Sigma A (1-WWR) TD_{ek}\} + \dots + \alpha_n \{U_{wn} A_n / \Sigma A (1-WWR) TD_{ek}\}] + (U_f WWR \Delta T) + (SC WWR SF)$$

Sehingga, OTTV untuk fasad seluruh bangunan, berikut persamaan yang digunakan.

$$OTTV = [(A_{01} OTTV_{01}) + (A_{02} OTTV_{02}) + \dots + (A_{0i} OTTV_{0i})] / A_{01} + A_{02} + A_{0i}$$

Keterangan:

- α : absortans radiasi matahari, tergantung pada material dan warna dinding eksterior
- U_w : transmitans termal dinding tidak tembus cahaya (W/m²K)
- WWR : perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orienasi tersebut
- TD_{ek} : beda temperature ekuivalen (K) ($1\Delta T_5$ untuk dinding dengan berat jenis ≤ 125)
- SF : faktor radiasi matahari (W/m²). Tergantung orientasi fasad. Lihat SNI 6389:2011
- SC : koefisien peneduh dari sistem fenetrasi. Spesifikasi dari manufaktur
- U_f : transmitans termal fenetrasi (W/m²K)
- ΔT : beda temperatur antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 8K)
- A_1 : area dinding dengan material 1
- ΣA : $A_1 + A_2 + A_3$
- A_{0i} : luas dinding pada bagian dinding luar i (m²), termasuk semua dinding masif dan jendela yang terdapat pada bagian tersebut
- $OTTV_i$: nilai OTTV pada bagian dinding i (W/m²)

Sejak tahun 1979 *Singapore Building and Construction Authority* (BCA) mengadopsi formula OTTV untuk perhitungan beban panas dari fasad gedung yang menggunakan sistem pengkondisian udara dan memiliki fungsi non residensial. Selanjutnya, pada tahun 2000 Singapore BCA dan *National University of Singapore* melakukan studi bersama untuk menyusun formula baru yang dianggap dapat lebih akurat menghitung kinerja transfer panas dari selubung bangunan. Formula baru tersebut diberi nama ETTV atau *Envelope Thermal Transfer Value*. Secara garis besar, komponen ETTV sama dengan komponen yang ada dalam formula OTTV yang juga memperhitungkan beban panas konduksi dari permukaan masif fasad serta beban panas konduksi dan radiasi dari permukaan transparan fasad.

Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai ETTV

$$ETTV = 12 (1-WWR) U_w + 3.4 WWR U_f + 211 WWR CF SC$$

ETTV untuk fasad seluruh bangunan, berikut persamaan yang digunakan.

$$ETTV = [(A_{01} ETTV_{01}) + (A_{02} ETTV_{02}) + \dots + (A_{0i} ETTV_{0i})] / A_{01} + A_{02} + A_{0i}$$

Keterangan:

- CF = faktor koreksi untuk beban matahari

Pada awalnya SNI 03-6389-2000 menetapkan nilai maksimal OTTV yaitu 45 W/m², namun pada tahun 2011 SNI 03-6389-2011 merubah nilai maksimal OTTV menjadi 35 W/m². Sementara sejak tahun 2008 BCA menetapkan nilai maksimal ETTV 50 W/m².

Lingkup Studi

Studi yang dilakukan oleh penulis adalah untuk memberikan gambaran seberapa ketat persyaratan baik OTTV maupun ETTV terkait dengan nilai SC dan Uf yang harus dipenuhi pada WWR tertentu untuk gedung perkantoran. Fokus terletak pada nilai SC dan Uf kaca dikarenakan area transparan memiliki kontribusi yang cukup signifikan dibanding area masif dalam menentukan beban panas dari fasad. Untuk itu, artikel ini mengambil studi kasus dari sebuah gedung yang telah terbangun dan dipandang cukup dapat mewakili gedung perkantoran. Selain berlantai banyak, gedung ini juga memiliki bentuk lantai tipikal seperti gedung-gedung bertingkat pada umumnya. Berikut adalah dat gedung yang dimaksud:

| | |
|---------------------------|--|
| Lokasi | : Jalan Sudirman, Jakarta Pusat |
| Fungsi Gedung | : Kantor Sewa |
| GFA | : 64.621 m ² (37 Lantai, 4 Basement, 1 Semi Basement, 5 Podium) |
| Orientasi | : Timur Laut, Barat Laut, Tenggara, dan Barat Daya |
| Lantai yang dihitung | : 37 Lantai |
| Floor to Floor | : Lantai 37 : 4.2 meter Lantai 9-36 : 4.1 meter Lantai 8 : 5 meter Lantai 2-7 (Parkir) : <i>Unconditioned</i> Lantai 1 : 8.4 meter |
| | Dengan rata-rata tinggi spandrel 1.3 meter dan vision 2.9 meter untuk kantor. |
| Rata-rata keliling lantai | : ± 171 meter, dengan |
| | Rata-rata lebar sisi Timur Laut : ± 50 meter |
| | Rata-rata lebar sisi Barat Laut : ± 33 meter |
| | Rata-rata lebar sisi Tenggara : ± 38 meter |
| | Rata-rata lebar sisi Barat Daya : ± 50 meter |

Spesifikasi material masif:

| Jenis Material | Spesifikasi | Letak |
|--|--|------------|
| Spandrel. Film udara luar + Kaca Sunergy 8mm + Cavity 50mm + GRC 6mm + Glass Wool + Gypsum 10mm + Film udara dalam | $U_w = 0.53$ $TD_{ek} = 15^{\circ}\text{C}$ | Semua sisi |
| Dinding Bata. Film udara luar + Bata Plester + Film udara dalam | $U_w = 2.86$ $TD_{ek} = 10^{\circ}\text{C}$ | Tenggara |

Tabel 1. Jenis Material Fasad yang Digunakan

Sedangkan parameter desain selubung bangunan yang akan direkayasa adalah spesifikasi material transparan atau kaca yaitu SC, Uf, dan WWR. Artikel ini membuat 165 variasi kombinasi sebagai berikut:

| | |
|------------------|---|
| Nilai SC | : 0.22-0.32 dengan selisih 0.01 |
| Nilai Uf | : 1.7, 1.9, dan 2.1 |
| | Nilai SC dan Nilai U menggunakan spesifikasi kaca yang memiliki kinerja tinggi untuk efisiensi energi. |
| Nilai WWR | : 60%-80% dengan selisih 5% |
| | Nilai WWR merupakan nilai yang diambil berdasarkan pengalaman PT Asdi Swasatya untuk perkantoran berlantai banyak. |
| Nilai ΔT | : Delta T5 dan 8K |
| | Terdapat beberapa pendapat apakah nilai ini harus mengacu pada SNI yaitu Delta T5 atau mengacu pada standar perencanaan, yang umumnya 8K) |

Hasil Perhitungan dan Pembahasan

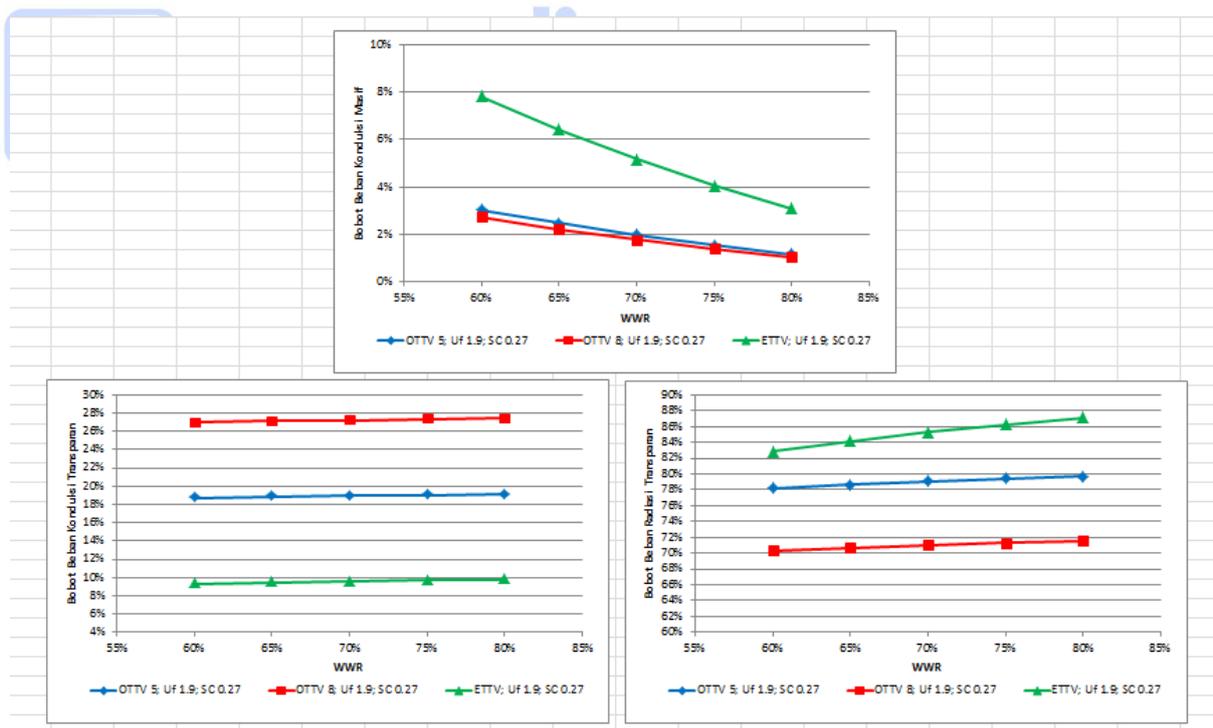
Jika membandingkan per komponen, formula konduksi masif pada OTTV dan ETTV terlihat bahwa ETTV tidak menggunakan variabel α dan TD_{ek} dan menggantinya dengan konstanta angka 12. Begitu pula dengan formula konduksi transparan pada ETTV yang tidak menggunakan variabel ΔT namun menggantinya dengan konstanta angka 3.4. Sementara formula radiasi transparan pada ETTV tidak lagi memperhitungkan SF yang bergantung pada orientasi fasad. Pada formula radiasi ini juga



digunakan konstanta berupa angka 211 dan variabel CF yang nilainya bergantung pada arah orientasi gedung dan sudut kemiringan fasad yang rentang kemiringannya 70° - 120° dari bidang horizontal. Perbedaan formula tersebut tentunya memberikan pengaruh terhadap pembobotan beban panas di setiap komponen perhitungannya.

Berdasarkan hasil studi, terdapat perbedaan komposisi dalam berkontribusi terhadap besarnya panas yang berasal dari fasad. Secara garis besar, terdapat perbedaan bobot beban panas dari ketiga komponen baik OTTV maupun ETTV. Dari seluruh perhitungan yang dilakukan, bobot persentase beban panas yang ingin disajikan penulis adalah perbandingan antara OTTV ΔT 5 dengan ETTV dan perbandingan OTTV ΔT 8 dengan ETTV. Untuk perbandingan OTTV ΔT 5 dengan ETTV menghasilkan bahwa bobot beban panas konduksi masif OTTV ΔT 5 berkisar antara 0.37 s.d. 0.40 bobot beban panas konduksi masif ETTV; bobot beban panas konduksi transparan OTTV ΔT 5 berkisar antara 1.91 s.d. 2.05 bobot beban panas konduksi transparan ETTV; dan bobot beban panas radiasi transparan OTTV ΔT 5 berkisar antara 0.89 s.d. 0.96 bobot beban panas radiasi transparan ETTV.

Sementara, perbandingan OTTV ΔT 8 dengan ETTV menghasilkan bahwa bobot beban panas konduksi masif OTTV ΔT 8 berkisar antara 0.32 s.d. 0.36 bobot beban panas konduksi masif ETTV; bobot beban panas konduksi transparan OTTV ΔT 8 berkisar antara 2.66 s.d. 3.01 bobot beban panas konduksi transparan ETTV; dan bobot beban panas radiasi transparan OTTV ΔT 8 berkisar antara 0.78 s.d. 0.88 bobot beban panas radiasi transparan ETTV. Profile kedua perbandingan tersebut dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1. Perbandingan Bobot Beban Panas antara OTTV ΔT 5; OTTV ΔT 8 dan ETTV pada kondisi Uf 1.9 dan SC 0.27 (atas: bobot beban konduksi masif; kiri bawah: bobot beban konduksi transparan; kanan bawah: bobot beban radiasi transparan)

Pembahasan selanjutnya adalah menganalisa hasil perhitungan 495 variasi kombinasi SC, Uf, dan WWR. Variasi perhitungan dilakukan dengan variabel yang sesuai dengan data gedung dan tentunya untuk pemenuhan nilai OTTV maksimum sebesar 35 watt/m^2 dan nilai ETTV maksimum sebesar 50 watt/m^2 . Tiga warna berbeda menunjukkan perbedaan sebagai berikut: warna biru merupakan perhitungan OTTV dengan ΔT 5 yang hasilnya lebih dari 35 watt/m^2 , warna merah merupakan

perhitungan OTTV dengan ΔT 8 yang hasilnya lebih dari 35 watt/m² dan warna hijau merupakan perhitungan ETTV yang hasilnya lebih dari 50 watt/m². Pada hasil perhitungan variasi ini, pembahasan akan dilakukan di setiap kondisi Uf 1.7; 1.9; dan 2.1.

| OTTV, Delta T 5 | | | | | | OTTV, Delta T 8 | | | | | | ETTV | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Uf 1.7 | WWR | | | | | Uf 1.7 | WWR | | | | | Uf 1.7 | WWR | | | | |
| SC | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | SC | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | SC | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.75 | 0.8 |
| 0.22 | 25.41 | 27.33 | 29.26 | 31.28 | 33.11 | 0.22 | 28.47 | 30.65 | 32.83 | 35.01 | 37.13 | 0.22 | 34.86 | 37.09 | 39.31 | 41.54 | 43.76 |
| 0.23 | 26.29 | 28.29 | 30.29 | 32.26 | 34.28 | 0.23 | 29.53 | 31.60 | 33.86 | 36.11 | 38.36 | 0.23 | 36.14 | 38.47 | 40.8 | 43.14 | 45.47 |
| 0.24 | 27.17 | 29.24 | 31.31 | 33.39 | 35.46 | 0.24 | 30.23 | 32.56 | 34.88 | 37.21 | 39.54 | 0.24 | 37.42 | 39.86 | 42.3 | 44.74 | 47.17 |
| 0.25 | 28.05 | 30.20 | 32.34 | 34.43 | 36.63 | 0.25 | 31.11 | 33.51 | 35.91 | 38.21 | 40.71 | 0.25 | 38.7 | 41.24 | 43.79 | 46.33 | 48.88 |
| 0.26 | 28.93 | 31.15 | 33.37 | 35.53 | 37.81 | 0.26 | 31.99 | 34.47 | 36.94 | 39.41 | 41.83 | 0.26 | 39.97 | 42.63 | 45.28 | 47.93 | 50.58 |
| 0.27 | 31.58 | 32.11 | 34.40 | 36.63 | 38.93 | 0.27 | 32.88 | 35.42 | 37.91 | 40.52 | 43.06 | 0.27 | 41.25 | 44.01 | 46.77 | 49.53 | 52.29 |
| 0.28 | 30.70 | 33.06 | 35.43 | 37.79 | 40.16 | 0.28 | 33.76 | 36.38 | 39.00 | 41.62 | 44.24 | 0.28 | 42.53 | 45.4 | 48.26 | 51.13 | 53.93 |
| 0.29 | 31.58 | 34.06 | 36.45 | 38.83 | 41.33 | 0.29 | 34.64 | 37.33 | 40.02 | 42.72 | 45.51 | 0.29 | 43.81 | 46.78 | 48.76 | 52.73 | 55.7 |
| 0.30 | 32.46 | 34.37 | 37.45 | 39.93 | 42.51 | 0.30 | 35.52 | 38.23 | 41.05 | 43.82 | 46.59 | 0.30 | 45.09 | 48.17 | 51.25 | 54.33 | 57.41 |
| 0.31 | 33.34 | 35.32 | 38.51 | 41.10 | 43.68 | 0.31 | 36.40 | 39.24 | 42.08 | 44.92 | 47.76 | 0.31 | 46.37 | 49.55 | 52.74 | 55.32 | 58.43 |
| 0.32 | 34.22 | 36.88 | 39.54 | 42.20 | 44.86 | 0.32 | 37.28 | 40.19 | 43.11 | 46.02 | 48.94 | 0.32 | 47.65 | 50.94 | 54.23 | 57.52 | 60.82 |

| Uf 1.9 | | | | | | Uf 1.9 | | | | | | Uf 1.9 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SC | WWR | | | | | SC | WWR | | | | | SC | WWR | | | | |
| 0.22 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.22 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.22 | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.75 | 0.8 |
| 26.01 | 27.96 | 29.96 | 31.93 | 33.91 | 35.91 | 29.43 | 31.69 | 33.95 | 36.21 | 38.47 | 40.71 | 35.27 | 37.53 | 39.79 | 42.05 | 44.31 | 46.57 |
| 26.89 | 28.94 | 30.99 | 33.03 | 35.08 | 37.13 | 30.31 | 32.64 | 34.98 | 37.31 | 39.64 | 41.97 | 36.55 | 38.91 | 41.28 | 43.65 | 46.01 | 48.38 |
| 27.77 | 29.89 | 32.01 | 34.14 | 36.26 | 38.38 | 31.19 | 33.60 | 36.00 | 38.41 | 40.82 | 43.23 | 37.82 | 40.3 | 42.77 | 45.25 | 47.72 | 50.19 |
| 28.65 | 30.85 | 33.04 | 35.24 | 37.43 | 39.61 | 32.07 | 34.55 | 37.03 | 39.51 | 41.99 | 44.47 | 39.1 | 41.68 | 44.26 | 46.84 | 49.42 | 51.99 |
| 29.53 | 31.80 | 34.07 | 36.34 | 38.61 | 40.88 | 32.95 | 35.51 | 38.03 | 40.61 | 43.17 | 45.72 | 40.38 | 43.07 | 45.76 | 48.44 | 51.13 | 53.81 |
| 30.42 | 32.76 | 35.10 | 37.44 | 39.78 | 42.13 | 33.84 | 36.46 | 39.06 | 41.72 | 44.34 | 46.94 | 41.66 | 44.45 | 47.25 | 50.04 | 52.83 | 55.53 |
| 31.30 | 33.71 | 36.13 | 38.54 | 40.96 | 43.38 | 34.72 | 37.42 | 39.03 | 42.82 | 45.52 | 48.17 | 42.94 | 45.84 | 48.74 | 51.64 | 54.54 | 57.44 |
| 32.18 | 34.67 | 37.15 | 39.64 | 42.13 | 44.63 | 35.60 | 38.37 | 41.4 | 43.92 | 46.63 | 49.41 | 44.22 | 47.23 | 50.23 | 53.24 | 56.24 | 59.24 |
| 33.06 | 35.62 | 38.18 | 40.74 | 43.31 | 45.88 | 36.48 | 39.33 | 42.11 | 45.02 | 47.81 | 50.61 | 45.5 | 48.61 | 51.72 | 54.84 | 57.95 | 61.06 |
| 33.94 | 36.57 | 39.21 | 41.85 | 44.48 | 47.13 | 37.36 | 40.28 | 43.20 | 46.12 | 49.04 | 51.86 | 46.78 | 50 | 53.22 | 56.43 | 59.65 | 62.86 |
| 34.82 | 37.53 | 40.24 | 42.95 | 45.66 | 48.38 | 38.24 | 41.23 | 44.23 | 47.22 | 50.22 | 53.06 | 48.06 | 51.38 | 54.71 | 58.03 | 61.36 | 64.66 |

| Uf 2.1 | | | | | | Uf 2.1 | | | | | | Uf 2.1 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SC | WWR | | | | | SC | WWR | | | | | SC | WWR | | | | |
| 0.22 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.22 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.22 | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.75 | 0.8 |
| 26.61 | 28.63 | 30.66 | 32.68 | 34.71 | 36.73 | 30.33 | 32.73 | 35.07 | 37.41 | 39.75 | 42.09 | 35.68 | 37.97 | 40.26 | 42.56 | 44.85 | 47.14 |
| 27.49 | 29.59 | 31.69 | 33.78 | 35.88 | 37.97 | 31.27 | 33.68 | 36.10 | 38.51 | 40.92 | 43.26 | 36.95 | 39.35 | 41.75 | 44.16 | 46.56 | 48.96 |
| 28.37 | 30.54 | 32.71 | 34.89 | 37.06 | 39.25 | 32.15 | 34.64 | 37.12 | 39.61 | 42.10 | 44.44 | 38.23 | 40.74 | 43.25 | 45.76 | 48.26 | 50.76 |
| 29.25 | 31.50 | 33.74 | 35.93 | 38.23 | 40.52 | 33.03 | 35.59 | 38.15 | 40.11 | 43.27 | 45.61 | 39.51 | 42.13 | 44.74 | 47.35 | 49.97 | 52.58 |
| 30.13 | 32.45 | 34.77 | 37.03 | 39.41 | 41.79 | 33.91 | 36.55 | 39.18 | 41.81 | 44.45 | 47.09 | 40.79 | 43.51 | 46.23 | 48.95 | 51.67 | 54.39 |
| 31.02 | 33.32 | 35.80 | 38.19 | 40.58 | 42.87 | 34.80 | 37.50 | 40.21 | 42.92 | 45.62 | 48.37 | 42.07 | 44.9 | 47.72 | 50.55 | 53.38 | 56.21 |
| 31.90 | 34.36 | 36.83 | 39.23 | 41.76 | 44.05 | 35.68 | 38.46 | 41.24 | 44.02 | 46.80 | 49.49 | 43.35 | 46.28 | 49.22 | 52.15 | 55.08 | 57.91 |
| 32.78 | 35.32 | 37.83 | 40.33 | 42.93 | 45.31 | 36.56 | 39.41 | 42.26 | 45.12 | 47.97 | 50.72 | 44.63 | 47.67 | 50.71 | 53.74 | 56.77 | 59.8 |
| 33.66 | 36.27 | 38.88 | 41.45 | 44.11 | 46.57 | 37.44 | 40.37 | 43.29 | 46.22 | 49.15 | 51.97 | 45.91 | 49.05 | 52.2 | 55.35 | 58.43 | 61.56 |
| 34.54 | 37.22 | 39.91 | 42.60 | 45.28 | 47.83 | 38.32 | 41.32 | 44.32 | 47.32 | 50.32 | 53.17 | 47.18 | 50.44 | 53.69 | 56.94 | 60.2 | 63.46 |
| 35.42 | 38.18 | 40.94 | 43.70 | 46.46 | 49.09 | 39.20 | 42.27 | 45.35 | 48.42 | 51.50 | 54.37 | 48.46 | 51.82 | 55.18 | 58.54 | 61.9 | 65.26 |

Tabel 2. Tabel 495 Variasi Perhitungan OTTV & ETTV

Berikut adalah tabel yang memperlihatkan kondisi tersebut

| Kondisi | OTTV ΔT 5 | | OTTV ΔT 8 | | ETTV | |
|---------|-------------------|----------|-------------------|----------|----------|----------|
| | SC Maks. | WWR Opt. | SC Maks. | WWR Opt. | SC Maks. | WWR Opt. |
| Uf 1.7 | 0.31 | 60% | 0.27 | 60% | 0.32 | 60% |
| Uf 1.9 | 0.32 | 60% | 0.28 | 60% | 0.32 | 60% |
| Uf 2.1 | 0.32 | 60% | 0.29 | 60% | 0.32 | 60% |

Tabel 3. Optimalisasi Nilai WWR saat Nilai SC Maksimum

| Kondisi | OTTV ΔT 5 | | OTTV ΔT 8 | | ETTV | |
|---------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|---------|-----------|
| | SC Opt. | WWR Maks. | SC Opt. | WWR Maks. | SC Opt. | WWR Maks. |
| Uf 1.7 | 0.22 | 80% | 0.24 | 65% | 0.25 | 80% |
| Uf 1.9 | 0.22 | 80% | 0.23 | 70% | 0.25 | 80% |
| Uf 2.1 | 0.23 | 80% | 0.24 | 70% | 0.25 | 80% |

Tabel 4. Optimalisasi Nilai SC saat Nilai WWR Maksimum

Pemilihan batas nilai Uf dan WWR pada studi kasus ini didasarkan pada pengalaman dan pengamatan penulis dari proyek-proyek gedung ramah lingkungan yang telah ditangani. Nilai WWR untuk gedung kantor umumnya lebih besar dari 50% dan tidak lebih daripada 85%. Sedangkan pertimbangan batas nilai Uf yang dipilih didasarkan pada spesifikasi kaca yang memiliki kinerja tinggi untuk efisiensi energi serta pemenuhan OTTV maksimum sebesar 35 watt/m² sekaligus ETTV maksimum sebesar 50 watt/m².



Pada tabel 4 diperlihatkan bahwa SC maksimum yang digunakan pada ketiga kondisi menunjukkan bahwa OTTV ΔT 5 dan ETTV tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sementara pada tabel 5, WWR maksimum yang dicapai untuk OTTV ΔT 5 dan ETTV adalah 80% dengan sedikit perbedaan pada nilai SC. Perbedaan signifikan justru terlihat pada nilai OTTV ΔT 8 yang menunjukkan bahwa SC maksimum adalah 0.29 dengan WWR 60% sedangkan WWR maksimum yang didapat adalah 70% dengan nilai SC 0.24.

Kesimpulan

Berdasarkan studi yang dilakukan, urutan peringkat beban dari yang terbesar hingga terkecil pada OTTV dan ETTV adalah sebagai berikut: radiasi transparan, konduksi transparan dan konduksi masif. Namun pada perhitungan ETTV, beban konduksi masif proporsinya membesar dibanding dengan beban konduksi masif pada OTTV. Sementara proporsi beban konduksi transparan pada perhitungan ETTV mengecil dibanding beban konduksi transparan pada perhitungan OTTV. Hal ini berlaku untuk kedua jenis perhitungan baik OTTV ΔT 5 dan OTTV ΔT 8.

Untuk optimalisasi antara nilai SC dan WWR antara perhitungan OTTV ΔT 5 dengan ETTV dapat dikatakan setara. Sementara, perbandingan untuk optimalisasi nilai SC dan WWR antara perhitungan OTTV ΔT 8 dan ETTV terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil studi menunjukkan bahwa perhitungan OTTV ΔT 8 membutuhkan kriteria spesifikasi kaca dan rentang nilai WWR yang lebih ketat dibanding pada perhitungan ETTV.



PT asdi Swasatya
W E C A R E

Building and Construction Authority. (n.d.). *Code on Envelope Thermal Performance for Buildings*. Retrieved from <https://www.bca.gov.sg/.../others/retv.pdf> Building and Construction Authority

Loekita, L., & Priatman, J. (2015). OTTV (SNI 03-6389-2011) and ETTV (BCA 2008) Calculation for Various Building's Shapes, Orientation, Envelope Building Materials: Comparison and Analysis. *Civil Engineering Dimension*, 108-116.

SNI. (2011). *SNI 6389-2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Vijayalaxmi, J. (2010). Concept of Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency. *International Journal of Thermal & Environmental Engineering*, 75-80.