

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 OTTV dalam Konteks Iklim Tropis

Perhitungan Total Thermal Transfer Value (OTTV), yang menunjukkan jumlah panas yang masuk ke dalam bangunan melalui dinding dan jendela, sangat penting saat membangun bangunan hemat energi dalam lingkungan tropis seperti Salatiga. Nilai OTTV dipengaruhi oleh parameter utama yaitu *U-value* (U_w), yang menunjukkan kemampuan hantaran panas material, serta *Solar Heat Gain Coefficient* (SHGC), yang mengindikasikan seberapa besar radiasi matahari yang menembus kaca (Puspitasari, 2014).

Semakin rendah nilai U_w , semakin baik material dalam menghambat perpindahan panas, sehingga membantu menjaga suhu dalam ruangan tetap stabil. Pada wilayah tropis dengan suhu luar relatif tinggi, penggunaan material ber- U_w rendah, seperti panel isolasi vakum (VIPs), terbukti efektif dalam menurunkan beban panas dari luar ke dalam bangunan (Haripram & Dewi, 2023). Selain itu, nilai SHGC yang rendah mengindikasikan kemampuan kaca dalam membatasi radiasi matahari yang masuk, sehingga dapat mengurangi beban pendinginan secara signifikan pada bangunan tropis. SHGC sering dikaitkan dengan *Shading Coefficient* (SC), yang menggambarkan seberapa efektif elemen peneduh dalam mengurangi penetrasi panas matahari ke dalam bangunan (Ratnasari & Asharhani, 2023).

Perhitungan Total Thermal Transfer Value (OTTV) mencakup beberapa parameter utama, yaitu nilai *U-value* (U_w), *Solar Heat Gain Coefficient* (SHGC), rasio jendela terhadap dinding (*Window to Wall Ratio*/WWR), serta perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar bangunan. Di wilayah tropis seperti Salatiga, tingginya intensitas radiasi matahari meningkatkan beban pendinginan pada bangunan. Oleh karena itu, pengendalian parameter OTTV menjadi krusial untuk meminimalkan perpindahan panas, hal ini sejalan dengan ketentuan SNI

03-6389-2020 yang menetapkan batas maksimum OTTV sebesar 35 W/m^2 guna mendorong efisiensi energi bangunan (Puspitasari, 2014).

Merespons kondisi iklim tersebut, strategi desain bangunan diarahkan pada pemilihan material dengan nilai U_w dan SHGC yang rendah serta perancangan fasad yang memperhitungkan WWR dan elemen peneduh. Pendekatan ini bertujuan mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan secara pasif, yang mengurangi jumlah energi yang diperlukan untuk mendinginkannya. Dengan demikian, perhitungan OTTV tidak hanya menjadi alat teknis, tetapi juga bagian penting dari prinsip arsitektur berkelanjutan yang mendorong efisiensi energi sejak tahap perancangan (Puspitasari, 2014).

2.2 Fasad Bangunan

Menurut (Pramesti et al., 2021), fasad adalah komponen arsitektur utama yang memiliki peran penting dalam merepresentasikan fungsi serta identitas bangunan. Di wilayah beriklim tropis lembap seperti Indonesia, fasad berperan sebagai lapisan bangunan yang paling sering terpapar radiasi matahari, selain atap. Faktor-faktor lingkungan lain seperti kelembaban udara dan kecepatan angin juga turut mempengaruhi kinerja termal fasad.

Dengan demikian, fasad tidak hanya bertindak sebagai permukaan pelindung dua dimensi, tetapi juga sebagai zona transisi yang mendukung interaksi antara ruang interior dan lingkungan eksterior (Pramesti et al., 2021). Oleh karena itu, besarnya jumlah panas yang masuk ke dalam struktur melalui elemen fasad seperti dinding dan jendela diukur menggunakan parameter *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV), yang berperan dalam menentukan tingkat konsumsi energi dan kebutuhan sistem pendingin. Perancangan fasad pada bangunan bertingkat menjadi aspek krusial dalam upaya meningkatkan efisiensi energi.

2.2.1 Studi Terdahulu Mengenai Fasad Bangunan

Penelitian oleh (Octafiansyah et al., 2023) pada fasad Gedung ITB Ahmad Dahlan Karawaci menunjukkan bahwa penggunaan kaca secara dominan, terutama pada sisi timur, menghasilkan nilai OTTV yang tinggi sebesar $64,97 \text{ W/m}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa kaca tanpa perlindungan

tambahan meningkatkan aliran panas yang masuk ke dalam bangunan. Untuk menurunkan nilai OTTV, disarankan penggunaan material yang lebih efisien seperti panel insulatif, kaca *Low-E*, serta elemen pelindung seperti kisi aluminium dan parapet beton berwarna terang.

Selain itu, penelitian oleh (Nasution et al., 2024) menyoroti bahwa pemilihan material fasad yang sesuai berkontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi pada bangunan bertingkat. Material dengan tingkat konduktivitas termal yang rendah, seperti panel komposit yang memiliki insulasi serta kaca dengan lapisan film reflektif, mampu membatasi aliran kalor yang merambat dari lingkungan luar menuju ke dalam bangunan. Hal ini berdampak positif terhadap peningkatan kenyamanan termal di dalam ruangan. Selain itu, aspek lingkungan dan kesehatan penghuni juga perlu diperhatikan dalam proses pemilihan material, guna menjamin keberlanjutan dan kenyamanan jangka panjang.

2.2.2 Strategi Merancang Fasad Bangunan

Perancangan ulang fasad bangunan menjadi salah satu pendekatan kunci dalam mengoptimalkan performa termal bangunan, mengingat tingginya nilai OTTV menunjukkan tingginya transfer panas dari lingkungan luar menuju ruang dalam. Dengan menurunkan nilai OTTV, beban termal yang harus ditangani oleh sistem HVAC dapat ditekan, sehingga konsumsi energi bangunan menjadi lebih efisien dan berkelanjutan. Upaya tersebut dapat diwujudkan melalui penerapan strategi desain arsitektural yang meliputi:

1. Bentuk dan Orientasi Bangunan

Dalam konteks desain pasif, bentuk dan orientasi bangunan memegang peranan krusial dalam mengendalikan intensitas radiasi panas matahari, terutama di kawasan tropis seperti Salatiga. Berdasarkan temuan (Notodipuro & Mandala, 2022), pengaturan orientasi bangunan yang sesuai mampu menurunkan beban energi pendinginan hingga 20%, terutama pada sisi bangunan yang terpapar langsung sinar matahari dari arah timur dan barat.

Selain itu, bentuk bangunan yang dirancang memanjang dengan perbandingan rasio 1:3 terbukti lebih efisien dalam mendukung ventilasi silang serta mengurangi penumpukan panas dibandingkan dengan bentuk kompak berasio 1:1. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya perencanaan bentuk dan orientasi bangunan secara matang sejak awal proses desain guna menciptakan performa termal yang optimal sekaligus efisiensi energi pada bangunan di iklim tropis (Notodipuro & Mandala, 2022).

2. Ketebalan Bangunannya

Dalam perancangan bangunan bertingkat, ketebalan atau massa bangunan memainkan peran krusial dalam penurunan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*), yang merupakan parameter utama dalam mengukur efisiensi termal suatu bangunan. Studi oleh (Pramesti et al., 2021) mengindikasikan bahwa modifikasi desain fasad, seperti pengurangan perbandingan antara luas jendela dengan luas dinding (*window-to-wall ratio*), dapat mengurangi OTTV secara signifikan, dari 124,40 W/m² menjadi 27,73 W/m², dengan penerapan material kaca yang lebih efisien dan penambahan elemen shading. Selain itu, penelitian (Mukhtar et al., 2023) menemukan bahwa variasi geometri bangunan dan perbandingan antara luas jendela dan dinding mempengaruhi konsumsi energi pendinginan. Semakin rendah rasio tersebut, semakin rendah nilai OTTV, maka semakin sedikit kebutuhan energi untuk sistem pendinginan bangunan.

3. Window to Wall Ratio (WWR)

Rasio jendela terhadap dinding (WWR) sangat mempengaruhi OTTV. Menurut (Wibawa & Hutama, 2019), pengurangan luas jendela dapat menurunkan nilai OTTV secara signifikan, namun tetap harus memperhatikan pencahayaan alami dan sirkulasi udara.

4. Pemilihan Material

Pemanfaatan material dengan performa termal baik, seperti kaca Stopsol, terbukti dapat menurunkan nilai OTTV sesuai standar SNI 6389 tahun 2020 (Utama & Setyowati, 2022). Kaca dengan *Shading Coefficient* (SC), *Solar Factor* (SF), dan nilai U yang rendah, serta warna cerah dan ketebalan yang tepat, efektif dalam menghambat panas masuk ke dalam bangunan.

Penggunaan warna terang dan finishing permukaan yang memantulkan cahaya (*reflective coating*) pada fasad bangunan dapat mengurangi penyerapan panas dari sinar matahari. Permukaan dengan warna cerah memiliki albedo tinggi, sehingga membantu menjaga suhu permukaan tetap rendah dan mengurangi beban pendinginan dalam bangunan (Irfandi, 2021).

2.2.3 EDGE pada Fasad Bangunan

Dalam rangka meningkatkan efisiensi energi pada bangunan, salah satu metode yang bisa digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan penerapan sistem sertifikasi EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*). EDGE, yang dikembangkan oleh *International Finance Corporation* (IFC), merupakan standar bangunan hijau internasional yang bertujuan mendorong terwujudnya efisiensi minimal 20% dalam penggunaan energi, air, dan energi yang terkandung dalam material bangunan (IFC, 2021). Pendekatan ini menyediakan panduan untuk desain fasad, antara lain melalui optimalisasi penggunaan material yang lebih efisien, peningkatan kinerja ventilasi alami, serta pengurangan beban pendinginan dengan pengaturan bukaan dan sistem shading yang lebih tepat.

Dalam konteks bangunan perkantoran seperti Gedung DPRD Kota Salatiga, penerapan prinsip-prinsip EDGE dinilai sangat tepat guna mendukung efisiensi energi serta meningkatkan kenyamanan termal di dalam ruangan. Beberapa strategi utama yang dapat diimplementasikan meliputi optimalisasi proporsi bukaan untuk memaksimalkan

pencahayaan alami, pemilihan material fasad dengan tingkat reflektansi tinggi, serta penerapan desain ventilasi silang yang efektif. Hasil evaluasi awal terhadap kinerja fasad Gedung DPRD Kota Salatiga mengindikasikan adanya peluang peningkatan efisiensi melalui penyesuaian rasio jendela terhadap dinding (*Window-to-Wall Ratio/WWR*) dan pemanfaatan material fasad berinsulasi guna menurunkan nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) bangunan.

Sejumlah penelitian, seperti yang dilakukan oleh (Aini & Tarigan, 2023) pada Gedung PKN STAN, membuktikan bahwa penerapan prinsip EDGE mampu secara signifikan menurunkan konsumsi energi dan air pada bangunan institusi pendidikan, dan pendekatan serupa memiliki potensi untuk diadaptasi pada bangunan perkantoran milik pemerintah. Selaras dengan temuan tersebut, studi oleh (Perdana et al., n.d.) di Graha Amarilis juga menunjukkan bahwa penerapan sistem EDGE dapat meningkatkan kinerja energi bangunan hingga lebih dari 20% dibandingkan dengan bangunan konvensional. Oleh karena itu, penerapan konsep EDGE dalam perancangan dan evaluasi fasad Gedung DPRD Kota Salatiga diharapkan dapat mendukung pencapaian kenyamanan termal dan efisiensi energi, sekaligus berkontribusi terhadap tercapainya standar bangunan hijau yang berkelanjutan.

2.3 OTTV Berdasarkan SNI 6389 Tahun 2020

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) adalah metode untuk menghitung besar panas yang diteruskan ke dalam bangunan melalui elemen selubungnya. Konsep ini awalnya dikembangkan di negara-negara beriklim panas guna mengevaluasi efisiensi termal bangunan berdasarkan desain fasad (Amelyana et al., 2021).

Di Indonesia, standar perhitungan OTTV diatur dalam SNI 6389 Tahun 2020, yang menetapkan ketentuan maksimum OTTV sebesar 35 W/m² diterapkan pada bangunan di iklim tropis (Amelyana et al., 2021). Rumus berikut digunakan untuk menghitung nilai OTTV pada elemen dinding luar bangunan:

$$OTTV = \alpha [(U_w \times (1 - WWR) \times T_{Dek}] + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T)$$

Keterangan:

- OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m^2)
- α = Absortansi radiasi matahari
- U_w = Transmittansi termal dinding tidak tembus cahaya ($W/m^2.K$)
- WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan
- T_{Dek} = Beda temperature ekuivalen (K)
- SF = Faktor radiasi matahari (W/m^2)
- SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
- U_f = Beda temperature perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K)

Nilai OTTV oleh seluruh permukaan dinding bagian luar gedung dapat dicari dengan perhitungan:

$$OTTV = \frac{((A_{o1} \times OTTV_1) + (A_{o2} \times OTTV_2) + \dots + (A_{ot} \times OTTV_t))}{(A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{ot})}$$

Keterangan:

- A_{oi} = Luas dinding pada bagian dinding luar ke-i (m^2)
- $OTTV_i$ = Harga perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding ke-i ($Watt/m^2$)
- t = Jumlah total bagian dinding luar

Jika nilai OTTV yang dihitung melebihi batas $35 W/m^2$, maka fasad bangunan yang ada dapat disesuaikan atau dimodifikasi, misalnya dengan menambahkan elemen pelindung seperti shading eksternal maupun internal (Amelyana et al., 2021).

2.3.1 Absorbtansi Termal (α)

Tabel berikut menunjukkan nilai daya serap panas (α) untuk berbagai jenis permukaan dinding yang tidak tembus cahaya:

Tabel 2. 1 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari pada Permukaan Dinding Luar dan Atap Tidak Tembus Cahaya

Bahan Dinding Luar	Absorptansi (α)
Beton berat	0,91
Bata merah	0,89
<i>Bituminous felt</i>	0,88
Batu sabak	0,87
Beton ringan	0,86
Aspal jalan setapak	0,82
Kayu permukaan halus	0,78
Beton ekpos	0,61
Ubin putih	0,58
Bata kuning tua	0,56
Atap putih	0,50
Cat aluminium	0,40
Kerikil	0,29
Seng putih	0,26
Bata gelazur putih	0,25
Lembaran aluminium yang dikilapkan	0,12

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional 2020)

Tabel 2. 2 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari untuk Permukaan Cat pada Dinding Luar dan Atap Tidak Tembus Cahaya

Warna Permukaan	Absorptansi (α)
Hitam merata	0,95
Pernis hitam	0,92
Abu abu tua	0,91
Pernis biru tua	0,91

Cat minyak hitam	0,90
Coklat tua	0,88
Abu abu / biru tua	0,88
Biru / hijau tua	0,88
Coklat medium	0,84
Pernis hijau	0,79
Hijau medium	0,59
Kuning medium	0,58
Hijau / biru medium	0,57
Hijau muda	0,47
Putih semi kilap	0,30
Putih kilap	0,25
Perak	0,25
Pernis putih	0,21

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional, 2020)

2.3.2 Transmittansi Termal (U)

Transmittansi termal adalah koefisien yang menyatakan laju perpindahan panas dari udara di satu sisi material ke udara di sisi lainnya.

1. Resistansi Termal Bahan (R_k)

Nilai resistivitas termal material, disimbolkan sebagai R_k , merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk menahan aliran panas secara konduksi. Nilai ini bergantung pada ketebalan material dan konduktivitas termalnya, serta digunakan secara luas dalam analisis termal bangunan untuk menghitung total hambatan termal dari elemen selubung seperti dinding, atap, dan lantai. Secara matematis, resistansi termal bahan dirumuskan sebagai:

$$R_K = \frac{T}{K}$$

Keterangan:

T = Tebal bahan (m)

k = Nilai konduktifitas (W/m.K)

Tabel 2. 3 Nilai Densitas dan Konduktivitas Termal pada Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	Densitas (Kg/m ³)	K (W/m.K)
Beton	2400	1,448
Beton ringan	960	0,303
Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
Plesteran pasir semen	1837	0,533
Kaca lembaran	2512	1,053
Papan gypsum	880	0,170
Kayu lunak	608	0,125
Kayu keras	702	0,138
Kayu lapis	528	0,148
<i>Glasswool</i>	32	0,035
<i>Fiberglass</i>	32	0,035
Paduan aluminium	2672	211
Tembaga	8784	385
Baja	7840	47,6
Granit	2640	2,927
Marmer / Batako / Terazo / Keramik / Mozaik	2640	1,298

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, 2020)

2. Resistansi Lapisan Udara Luar (R_{UL})

Data nilai R_{UL} disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 4 Nilai Resistansi Termal Bahan Bangunan

Jenis Permukaan		Resistansi Termal R (m ² .k/Watt)
Permukaan dalam (R _{UP})	Emisivitas tinggi ¹⁾	0,120
	Emisivitas rendah ²⁾	0,299
Permukaan luar (R _{UL})	Emisivitas tinggi	0,044

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, 2020)

Keterangan:

- Emisivitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif)
- Emisivitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti aluminium foil

3. Resistansi Termal Rongga Udara (R_{RU})

Tabel 2. 5 Nilai Resistansi Lapisan Rongga Udara

No.	Jenis Celah Udara		Resistansi (m ² K/W)		
			5mm	10mm	100mm
1.	R_{RU} untuk Dinding Rongga udara vertikal (aliran panas secara horizontal)				
	1. Emisivitas tinggi		0,110	0,148	0,160
	2. Emisivitas rendah		0,250	0,578	0,606
2.	R_{RU} untuk Atap Rongga udara horizontal/miring (aliran panas kebawah)				
	1. Emisivitas tinggi	Rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,174
		Rongga udara dengan kemiringan 22 ½ °	0,110	0,148	0,165
		Rongga udara dengan kemiringan 45 °	0,110	0,148	0,158

	2. Emisivitas rendah	Rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423
		Rongga udara dengan kemiringan $22\frac{1}{2}^{\circ}$	0,250	0,571	1,095
		Rongga udara dengan kemiringan 45°	0,250	0,570	0,768
3.	Rru untuk Loteng				
	1. Emisivitas tinggi		0,458		
	2. Emisivitas rendah		1,358		

2.3.3 Faktor Radiasi Matahari (SF, W/m²)

Besarnya nilai Faktor Radiasi Matahari (SF, W/m²) untuk tiap arah orientasi dapat ditemukan pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Faktor Radiasi Matahari untuk Berbagai Orientasi

Orientasi	T Timur	TGR Tenggara	S Selatan	BD Barat Daya
	177	138	111	155
Orientasi	B Barat	BL Barat Laut	U Utara	TL Timur Laut
	205	191	156	170

Nilai *mean* orientasi keseluruhan SF = 147

2.3.4 Koefisien Peneduh (SC)

Secara umum, nilai koefisien peneduh pada tiap sistem fenestrasi dihitung melalui suatu proses perhitungan tertentu:

$$SC = SC_k \times SC_{eff}$$

Keterangan:

SC_k = Koefisien kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan *solar control* (kaca film) yang ada pada kaca

SC_{eff} = Koefisien peneduh peralatan peneduh matahari

2.3.5 Window to Wall Ratio (WWR)

Window to Wall Ratio (WWR) adalah rasio antara luas bukaan jendela dan luas dinding pada bidang yang sama. WWR yang tinggi meningkatkan penyerapan panas dan beban pendinginan, sehingga mempengaruhi konsumsi energi bangunan. Pengaturan WWR penting untuk efisiensi energi, dengan pengurangan WWR tetap mempertahankan pencahayaan alami. Peraturan Gubernur DKI Jakarta menetapkan batas WWR 30–70%, sementara standar global merekomendasikan 25–50%. Semakin besar WWR, semakin tinggi konsumsi energi ruang.

2.3.6 Beda Temperatur Ekuivalen (TD_{EK})

TD_{EK} adalah selisih suhu antara dalam dan luar bangunan akibat radiasi matahari dan suhu udara luar yang menyebabkan terjadinya aliran panas ekuivalen melalui elemen dinding atau atap. Beda temperatur ekuivalen (TD_{EK}) dipengaruhi oleh:

1. Orientasi dan lokasi bangunan
2. Kondisi perancangan bangunan
3. Massa, densitas, dan tipe konstruksi bangunan
4. Intensitas radiasi dan lama penyinaran

Tabel 2. 7 Beda Temperatur Equivalen untuk Dinding

Berat/Satuan Luas (kg/m^2)	TD_{EK}
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
Lebih dari 195	10

2.3.7 Temperatur Luar dan Dalam (ΔT)

Beda temperatur luar dan dalam, yang disimbolkan dengan ΔT , merupakan selisih suhu antara lingkungan luar bangunan dengan suhu ruang dalam. Parameter ini menjadi salah satu komponen perhitungan yang paling penting untuk laju perpindahan panas secara konduksi melalui elemen bangunan seperti dinding, atap, dan jendela. Semakin besar nilai ΔT , semakin besar pula potensi aliran panas dari luar ke dalam bangunan, yang pada akhirnya memengaruhi kebutuhan energi untuk sistem pendinginan atau pemanasan ruangan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6389-2011 terkait efisiensi energi pada selubung bangunan, nilai standar ΔT yang digunakan untuk keperluan analisis termal adalah sebesar 5°C . Nilai ini dianggap representatif untuk kondisi iklim tropis di Indonesia dan digunakan sebagai acuan dalam evaluasi kinerja termal bangunan serta dalam proses perancangan bangunan hemat energi.