



ANALISIS TRANSFER PANAS MENYELURUH PADA SELUBUNG BANGUNAN DI DAERAH TROPIS

Annisa Dwi Hariyanti¹, Erni Setyowati², Gagoek Hardiman³

Universitas Diponegoro

E-mail: annisadwihariyanti@students.undip.ac.id, ernisetyowati@lecturer.undip.ac.id,

gagoekhardiman@lecturer.undip.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

22 Agustus 2022

Direvisi:

11 September 2022

Disetujui terbit:

7 Oktober 2022

Diterbitkan:

Cetak:

29 November 2022

Online

15 November 2022

Abstract: The creation of architectural works in tropical climates must be appropriate and responsive to the climate. In its application, it is expected to comply with the criteria for green building design requirements in SNI 03-6389-2011 and Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing Number: 21 of 2021 concerning Green Building Performance Assessment, namely that the overall heat transfer value of the building envelope does not exceed 35 W/m². The choice of material used in the building envelope affects the amount of heat transfer value in a building. The building envelope of the Polytechnic of Furniture Industry and Wood Processing Campus Education Building on all four sides are dominated by Asahimas green stopsol reflective glass material with a glass thickness of 8 mm and conwood material in several parts. The amount of heat transfer value is analyzed using quantitative research methods with the calculation of OTTV (Overall Thermal Transfer Value). From the analysis, it is known that the overall OTTV value of the building is 54,94 W/m², so it does not meet the criteria for green building design requirements. It is necessary to make retrofit design efforts to reduce the OTTV value in order to achieve OTTV value as mentioned in the SNI 03-6389-2011 and Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing Number: 21 of 2021.

Keyword: Heat Transfer, Building Envelope, Tropical Climate

Abstrak: Pembuatan karya arsitektur di iklim tropis harus tepat dan responsif terhadap iklim. Dalam penerapannya diharapkan sesuai dengan kriteria persyaratan perancangan bangunan hijau pada SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, yaitu bahwa nilai transfer panas menyeluruh pada selubung bangunan tidak melebihi 35 W/m². Pemilihan jenis material yang digunakan pada selubung bangunan berpengaruh terhadap nilai transfer panas pada suatu bangunan. Selubung bangunan Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu pada keempat sisinya didominasi material kaca *reflektif stopsol green Asahimas* dengan ketebalan kaca 8 mm dan material *conwood* di beberapa bagian. Untuk mengetahui besarnya nilai transfer panas dilakukan analisa menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan perhitungan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*). Dari hasil analisa diketahui bahwa nilai OTTV keseluruhan bangunan sebesar 54,94 W/m², sehingga tidak memenuhi kriteria persyaratan perancangan bangunan hijau. Perlu dilakukan upaya retrofit desain untuk menurunkan nilai OTTV tersebut agar mencapai nilai OTTV sesuai SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021.

Kata Kunci: Transfer Panas, Selubung Bangunan, Iklim Tropis

PENDAHULUAN

Menurut Mc. Lam (1986) dalam membuat karya arsitektur harus dapat memberikan kenyamanan, memenuhi kebutuhan pengguna, dapat meminimalkan biaya energi bangunan, dapat mengoptimalkan kesan arsitektur pada publik, serta dapat meminimalkan biaya konstruksi saat pembangunan (Idham, 2016).

Indonesia yang memiliki iklim tropis ditandai dengan kelembaban udara sekitar 90%, rata-rata curah hujan 2.000-3.000 mm per tahun, dan rata-rata suhu udara sepanjang tahun mencapai 37°C di musim panas (Szokolay, 2007). Oleh sebab itu, dalam

penerapannya suatu bangunan harus dapat responsif terhadap iklim setempat.

Kriteria persyaratan perancangan bangunan hijau pada SNI 03-6389-2011 (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011) dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, yaitu bahwa nilai transfer panas yang terjadi tidak melebihi dari 35 Watt/m² (PUPR, 2021). Besarnya nilai transfer panas yang terjadi pada bangunan tergantung dari pemilihan jenis material yang digunakan (Frick et al., 2007).

Penelitian ini mengevaluasi nilai transfer panas pada selubung bangunan Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu

dengan perhitungan OTTV (Overall Thermal Transfer Value), apakah telah memenuhi kriteria persyaratan pada SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021, serta memberikan retrofit desain sebagai upaya untuk memenuhi kriteria persyaratan dengan tepat.

TINJAUAN PUSTAKA

Transfer panas terjadi karena adanya perbedaan suhu antar benda. Menurut Szokolay (Wubbels et al., 2012), seperti halnya Hukum Termodinamika, air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang rendah, sehingga pada transfer panas ini terjadi pada benda atau ruang yang memiliki suhu tinggi ke suhu rendah. Prosesnya melalui 3 (tiga) cara, yaitu:

1. Konduksi, terjadi melalui kontak langsung antara dua benda padat yang memiliki kemampuan mengalirkan panas dan mempengaruhi besarnya panas yang dihantarkan.
2. Konveksi, terjadi melalui media penghantar yang berupa zat cair atau gas (fluida).
3. Radiasi, terjadi melalui gelombang elektromagnet antara dua atau lebih suatu objek pada suhu yang berbeda dan dipisahkan oleh ruang. Panas matahari yang mengenai selubung bangunan akan dipantulkan dan diserap.

OTTV (Overall Thermal Transfer Value) adalah nilai transfer panas dari luar ke dalam bangunan melalui selubung bangunan sebagai kriteria yang telah ditetapkan pada perancangan bangunan hijau (Pramesti et al., 2021). Dalam SNI 6389:2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung, nilai OTTV ditentukan oleh nilai konduksi yang terjadi melalui bidang tidak tembus cahaya, nilai konduksi yang terjadi melalui kaca, dan nilai radiasi panas yang masuk melalui kaca. Nilai OTTV dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Setyowati, 2015)

$$OTTV = \alpha (U_w \times (1 - WWR) \times TDEK) + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- OTTV = nilai transfer panas selubung bangunan orientasi tertentu (W/m²)
- α = absorbtansi radiasi matahari
- U_w = transmitansi termal dinding tidak tembus cahaya (Watt/m² K)
- WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh selubung bangunan orientasi tertentu
- TDEK = beda temperature ekuivalen (K)
- SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi
- SF = faktor radiasi matahari (W/m²)
- U_f = transmitansi termal fenestrasi (W/m² K)
- ΔT = beda temperatur antara bagian luar dan bagian dalam (5K)

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

$$\dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

- A_{o_i} = luas keseluruhan selubung bangunan pada orientasi tertentu (m²)
- OTTV = nilai transfer panas selubung bangunan orientasi tertentu (W/m²)

Selubung bangunan adalah elemen terluar dari bangunan yang terdiri dari material tidak tembus cahaya dan dapat tembus cahaya (Utari, 2018). Persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 03-6389-2011 adalah diberlakukan untuk komponen dinding dan atap pada bangunan yang mempunyai sistem tata udara dan nilai transfer panas tidak melebihi 35 Watt/m² (Nasional, 2011). Transfer panas melalui selubung bangunan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perolehan panas ruang dalam suatu bangunan dan efisiensi energi pada bangunan (Albab, 2019).

Pengurangan perolehan panas matahari dapat diantisipasi dengan penentuan orientasi massa bangunan, penentuan ukuran bidang tembus cahaya, pemilihan material yang digunakan, serta penggunaan elemen peneduh pada selubung bangunan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian kuantitatif dilakukan dengan pengumpulan data pada objek penelitian, penafsiran terhadap data yang diperoleh, dan dipaparkan hasilnya (Arikunto, 2006). Metode penelitian dengan pendekatan kuantitatif merupakan metode untuk menguji teori tertentu dengan meneliti hubungan antar variable yang diukur dengan instrument penelitian, sehingga data yang diperoleh berupa angka dan dianalisis berdasar prosedur statistik (Creswell, 2019).

Dari hasil pengukuran di lapangan serta tinjauan pustaka mengenai transfer panas dan perhitungan OTTV pada selubung bangunan, maka dilakukan analisa apakah Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu telah memenuhi kriteria persyaratan dalam SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021, yaitu tidak melebihi dari 35 W/m².

Penelitian dilakukan di Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, pada lantai dasar, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 di keempat sisi massa bangunan dengan orientasi menghadap ke arah Timur Laut, Tenggara, Barat Daya, dan Barat Laut. Dalam penelitian ini instrument yang digunakan adalah:

1. *Thermohyrometer HTC-2*, alat ukur suhu udara di dalam dan luar ruangan.
2. *Surface thermometer*, alat ukur temperatur bidang kaca pada sisi dalam dan luar ruangan.
3. *Meteran*, alat ukur obyek penelitian.
4. *Laptop*, media pencatatan dan pengolahan data.
5. *Handphone*, alat dokumentasi penelitian.

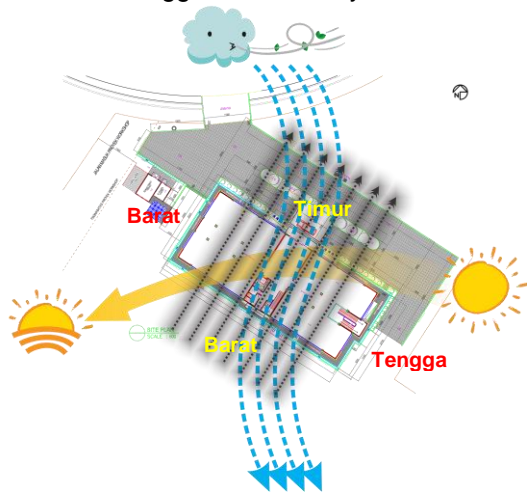
Pengumpulan data menghasilkan data primer berupa data ukuran bangunan, data orientasi bangunan, data material yang digunakan pada selubung bangunan, data suhu udara dalam dan luar ruangan, serta data temperatur bidang kaca sisi

dalam dan luar ruangan. Dalam mengukur suhu udara dan temperatur bidang kaca dilakukan secara langsung di lapangan dengan interval pengukuran setiap 2 (dua) jam sekali, yaitu jam 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, dan 18:00 WIB.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

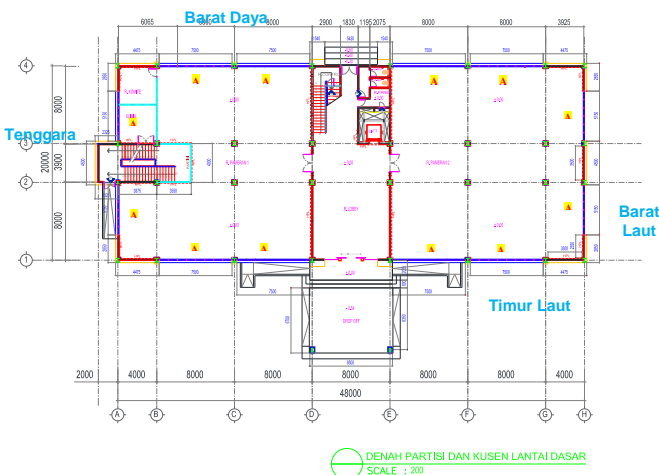
Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu merupakan salah satu sekolah Vokasi milik Kementerian Perindustrian Republik Indonesia yang berada di Kawasan Industri Kendal.

Lokasi yang hanya berjarak ± 4 km dari tepi pantai dengan ketinggian ± 3 mdpl, menyebabkan temperatur udara di sekeliling bangunan berkisar antara 24°-32° C dengan kelembaban udara sebesar 65%. Bangunan ini menghadap ke 4 (empat) arah mata angin, yaitu Timur Laut sebagai orientasi utama, serta Tenggara, Barat Daya, dan Barat Laut.

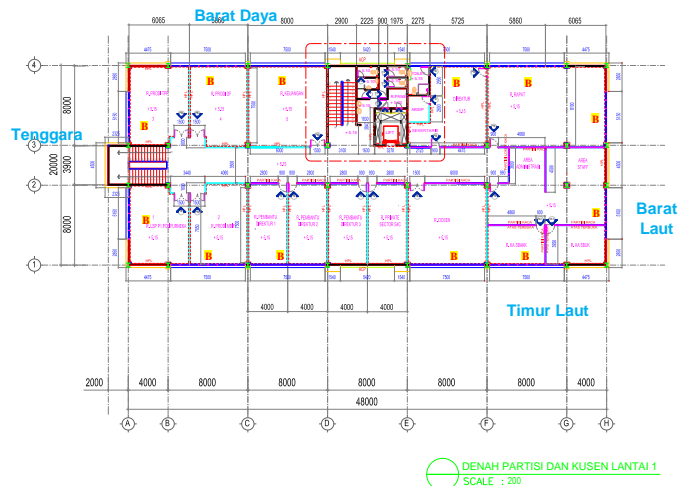


Gambar 1. Orientasi obyek penelitian (Sumber: Dok. Kampus Politeknik)

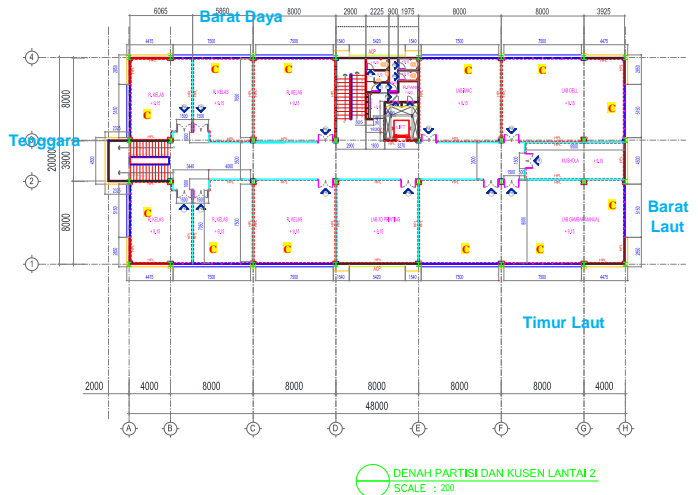
Bangunan terdiri dari Lantai Dasar meliputi lobby, showroom dan klinik dokter; Lantai 1 meliputi ruang pimpinan, ruang akademik, ruang program studi, ruang keuangan, dan administrasi pegawai; Lantai 2 meliputi ruang kelas, ruang laboratorium komputer, ruang laboratorium gambar, dan ruang pengelola; serta Lantai 3 meliputi musholla, ruang kelas, perpustakaan, dan ruang server.



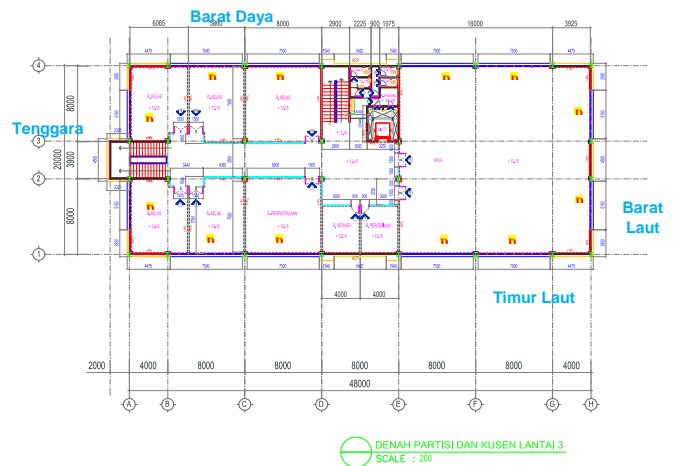
Gambar 2. Denah dan titik penelitian Lantai Dasar (Sumber: Dok. Kampus Politeknik)



Gambar 3. Denah dan titik penelitian Lantai 1 (Sumber: Dok. Kampus Politeknik)



Gambar 4. Denah dan titik penelitian Lantai 2 (Sumber: Dok. Kampus Politeknik)



Gambar 5. Denah dan titik penelitian Lantai 3 (Sumber: Dok. Kampus Politeknik)

Pada keempat sisi massa bangunan didominasi penggunaan material kaca *reflektif stopsol green Asahimas* dengan ketebalan kaca 8mm pada selubung bangunan. Selain itu, material *conwood* digunakan di beberapa sisi di bagian terluar dari bangunan. Dari keseluruhan sisi bangunan ini tidak

memiliki *sun shading*, sehingga radiasi panas matahari dapat langsung masuk ke dalam ruangan, hal tersebut yang mempengaruhi peningkatan suhu



Gambar 6. Tampak Utama Objek Penelitian Orientasi Menghadap Timur Laut (Sumber: Dok. Pribadi)



Gambar 7. Tampak Belakang Objek Penelitian Orientasi Menghadap Barat Daya (Sumber: Dok. Pribadi)

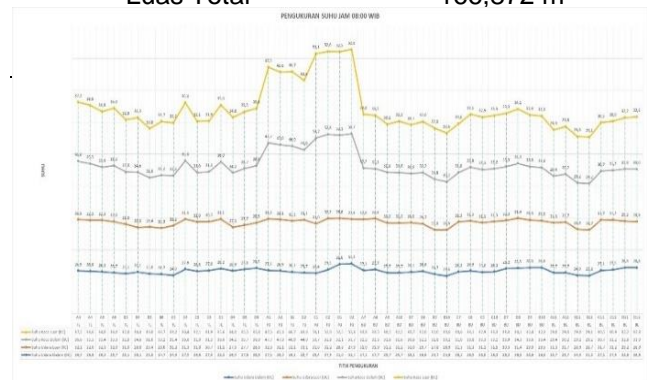


Gambar 8. Tampak Samping Objek Penelitian Orientasi Menghadap Tenggara dan Barat Laut (Sumber: Dok. Pribadi)

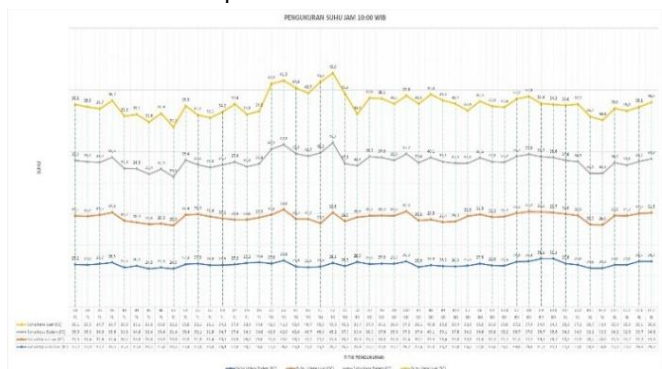
Berdasarkan pengamatan dan pengukuran di lapangan, diperoleh data dari hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengukuran Selubung Bangunan

No.	Detail	Nilai
1.	Timur Laut	
	▪ Luas Kaca	358,8 m ²
	▪ Luas Conwood	294,782 m ²
	▪ Luas Total	653,582 m ²
	▪ <i>WWR</i>	
	= 358,8 : 653,582	0,55
2.	Tenggara	
	▪ Luas Kaca	123,188 m ²
	▪ Luas Conwood	119,758 m ²
	▪ Luas Total	242,946 m ²
	▪ <i>WWR</i>	
	= 123,188 : 242,946	0,51
3.	Barat Daya	
	▪ Luas Kaca	358,8 m ²
	▪ Luas Conwood	294,782 m ²
	▪ Luas Total	653,582 m ²
	▪ <i>WWR</i>	
	= 358,8 : 653,582	0,55
4.	Barat Laut	
	▪ Luas Kaca	123,188 m ²
	▪ Luas Conwood	43,684 m ²
	▪ Luas Total	166,872 m ²



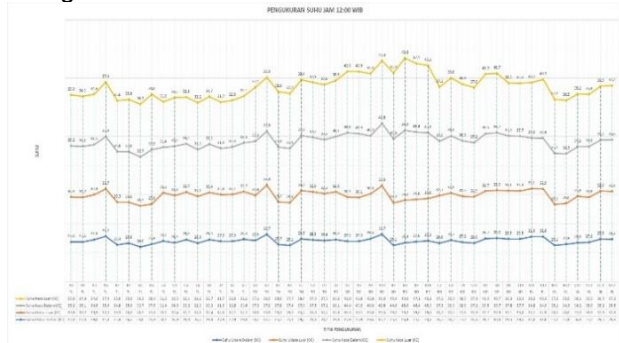
Grafik 1. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 08:00 WIB



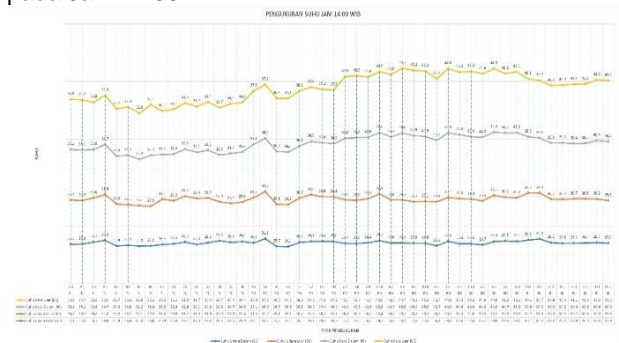
Grafik 2. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 10:00 WIB

Dapat dilihat pada Grafik 1. dan Grafik 2., hasil pengukuran suhu pada jam 08:00 WIB dan jam 10:00

WIB suhu ruangan tertinggi dan suhu kaca tertinggi terdapat pada bagian Tenggara. Posisi tersebut tepat saat matahari terbit dan pada lantai teratas, sehingga mendapatkan radiasi panas lebih besar. Pada jam 08:00 WIB suhu ruangan tertinggi sebesar 31,3°C dan suhu kaca tertinggi sebesar 53,7°C. Sedangkan suhu ruangan terendah berada pada bagian Barat Laut sebesar 23,8°C dan suhu kaca terendah sebesar 29,2°C. Pada jam 10:00 WIB suhu ruangan tertinggi sebesar 29,8 °C dan suhu kaca tertinggi sebesar 45,2 °C. Suhu ruangan dan kaca lebih rendah dibandingkan pada jam sebelumnya karena mendapatkan penghawaan buatan di dalam ruangan.



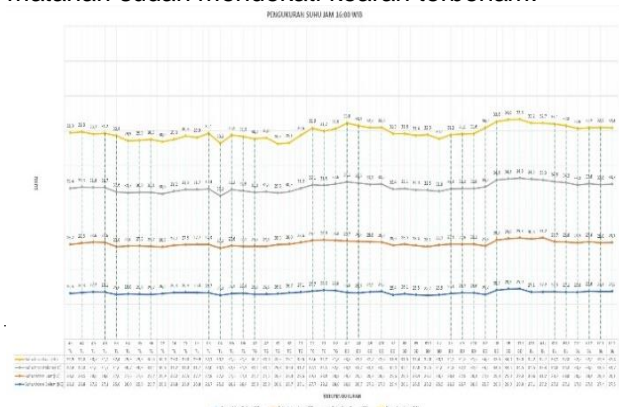
Grafik 3. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 12:00 WIB



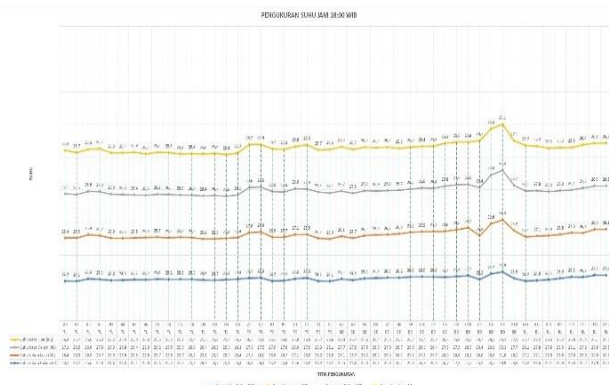
Grafik 4. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 14:00 WIB

Grafik 3. menunjukkan hasil pengukuran suhu pada jam 12:00 WIB relatif tinggi di semua sisi karena matahari tepat berada di atas bangunan. Suhu ruangan tertinggi sebesar 32,7 °C berada di Barat Daya dan suhu kaca tertinggi sebesar 49,6 °C. Suhu ruangan terendah sebesar 24 °C di Timur Laut dan suhu kaca terendah sebesar 31,4 °C.

Hasil pengukuran suhu jam 14:00 WIB dapat dilihat pada Grafik 4. yaitu Barat Daya memiliki suhu ruangan tertinggi sebesar 30,8 °C dan suhu kaca tertinggi sebesar 46,6 °C. Suhu mulai turun karena matahari sudah mendekati kearah terbenam.



Grafik 5. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 16:00 WIB



Grafik 6. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Suhu Kaca pada Jam 18:00 WIB

Pada jam 16:00 WIB dalam Grafik 5. suhu ruangan dan kaca relatif konstan, hanya mengalami sedikit penurunan. Suhu ruangan tertinggi pada bagian Barat Daya sebesar 29 °C dan suhu kaca tertinggi sebesar 34, 8 °C di Barat Laut.

Suhu ruangan pada jam 18:00 WIB dalam Grafik 6. di seluruh sisi bangunan konstan, karena pada jam 18:00 WIB matahari telah terbenam, sehingga suhu ruangan dan kaca semakin lama semakin turun.

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan perpindahan panas yang terjadi pada selubung bangunan dengan menggunakan rumus OTTV.

Adapun langkah-langkah sebelum melakukan perhitungan OTTV adalah: (Setyowati, 2015)

1. Menentukan Luas Selubung Bangunan dan Perbandingan antara Luas Jendela dengan Luas Selubung Bangunan (WWR).
2. Menentukan Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari (α).
3. Menentukan Nilai Transmittansi Termal Selubung Bangunan, baik yang tidak tembus cahaya maupun yang tembus cahaya (U_w dan U_f).
4. Menentukan Koefisien Peneduh dari Sistem Fenestrasi (SC).
5. Menentukan Nilai Faktor Radiasi Matahari (SF).
6. Menentukan Nilai Beda Temperatur Ekuivalen (TD_{Ek}).
7. Menghitung Nilai OTTV di setiap orientasi bangunan.
8. Menghitung Nilai OTTV keseluruhan.
9. Memeriksa kembali apakah Nilai OTTV sudah sesuai dengan SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, yaitu tidak lebih dari 35 Watt/m².

Dari Tabel 1. diketahui nilai WWR (*Window Wall Ratio*) selubung bangunan Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu adalah 0,55 untuk Timur Laut, 0,51 untuk Tenggara, 0,55 untuk Barat Daya, 0,74 untuk Barat Laut.

Dalam menentukan nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk dinding tidak tembus cahaya,

yang pada bangunan ini berupa *conwood*/lapisan kayu dengan permukaan halus adalah sebesar 0,78. Besar nilai α dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 9. Nilai absorbtansi radiasi matahari (α) untuk dinding luar dan atap tidak transparan (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011)

Bahan Dinding Luar	α
Beton Berat ¹⁾ untuk bangunan nuklir	0,91
Bata Merah	0,89
Bituminous Felt	0,88
Batu Sabak	0,87
Beton Ringan	0,86
Aspal Jalan Setapak	0,82
Kayu Permukaan Halus	0,78
Beton Expos	0,61
Ubin Putih	0,58
Bata Kuning Tua	0,56
Atap Putih	0,50
Cat Alumunium	0,40
Kerikil	0,29
Seng Putih	0,26
Bata Glazur Putih	0,25
Lembaran Alumunium yang Dikilapkan	0,12

Untuk menentukan nilai transmitansi termal selubung bangunan, baik yang tidak tembus cahaya maupun kaca (U_w dan U_f), dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Tidak tembus cahaya

$$U_w = \frac{1}{R} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

U_w = transmitansi termal dinding tidak tembus cahaya ($W/m^2 K$)

R = resistansi termal material dinding tidak tembus cahaya

2. Kaca

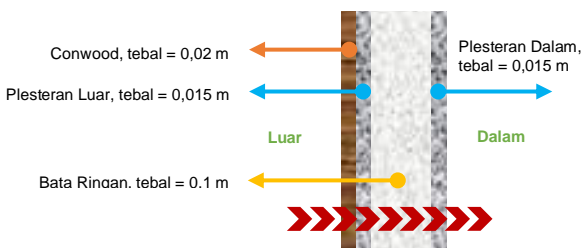
$$R = \frac{t}{K} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

t = tebal bahan (m)

k = nilai konduktivitas termal bahan ($W/m.K$)

Dinding tidak tembus cahaya pada bangunan ini terdiri dari beberapa lapisan sebagai berikut:



Gambar 7. Lapisan dinding tidak tembus cahaya (Sumber: Dok. Pribadi)

Untuk nilai konduktivitas termal bahan dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 10. Nilai konduktivitas termal bahan bangunan (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011)

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m^3)	k ($W/m.K$)
1	Beton	24400	1,488
2	Beton Ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	-	1,154
5	Plesteran pasir semen	1568	0,533
6	Kaca lembaran	2512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu Keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fiberglass	32	0,035
13	Paduan aluminium	2672	211
14	Tembaga	8784	385
15	Baja	7840	47,6
16	Granit	2640	2,927
17	Marmar/batako/terazo/keramik/mozaik	2640	1,298
18	Bata Ringan	650	0,14

Dari data tersebut diperoleh nilai resistansi termal (R) material dinding tidak tembus cahaya sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai resistansi termal

No.	Komponen	t (m)	k ($W/m.K$)	R
1	Conwood/Kayu Lapis	0,02	0,148	0,14
2	Plesteran 1	0,015	0,533	0,03
3	Bata Ringan	0,1	0,14	0,71
4	Plesteran 2	0,015	0,533	0,03
Total R				0,91

Sehingga nilai transmitansi termal selubung bangunan yang tidak tembus cahaya (U_w) adalah: $U_w = 1/R = 1/0,91 = 1,10 W/m^2K$.

Sedangkan untuk menentukan nilai transmitansi termal kaca (U_f) dengan menggunakan *LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) Windows & Daylighting Software*, sehingga diketahui nilai $U_f = 5,736 W/m^2K$.

Tabel 12. Nilai transmitansi termal

Ufactor	SC	SHGC	Pet. Ht. Gain	T_{vis}	K_{eff}	Layer 1 K_{eff}
W/m^2K			W/m^2		$W/m.K$	$W/m.K$
5.736	0.400	0.348	293	0.285	N/A	1.000

Koefisien peneduh dari system fenestrasi (SC) pada bangunan ini dapat dilihat pada Tabel 13., dengan nilai SC = 0,40.

Beda temperatur ekuivalen (TD_{EK}) dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya yaitu tipe, massa, serta densitas konstruksi; intensitas radiasi serta lama penyinaran; lokasi serta orientasi bangunan; dan kondisi perancangan. Untuk nilai TD_{EK} dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 13. Beda temperatur ekuivalen (TD_{EK}) untuk material tidak tembus cahaya (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011)

Berat/satuan luas (kg/m ²)	TD_{EK}
Kurang dari 125	15
126 ~ 195	12
lebih dari 195	10

Pada Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu, dalam menentukan TD_{EK} material tidak tembus cahaya adalah dengan menghitung berat material yang digunakan per m², yaitu sebagai berikut:

Tabel 14. Perhitungan berat material per m²

No.	Komponen	t (m)	Densitas (Kg/m ³)	Berat (Kg/m ²)
1	Conwood/ Kayu Lapis	0,02	528	10,56
2	Plesteran 1	0,015	1568	23,52
3	Bata Ringan	0,1	650	65,00
4	Plesteran 2	0,015	1568	23,52
Total Berat per m ²				122,60

Dari perhitungan di atas diketahui berat keseluruhan material tidak tembus cahaya yang digunakan adalah sebesar 122,60 Kg/m², sehingga nilai beda temperature ekuivalen (TD_{EK}) sesuai dengan Table 14. adalah sebesar 15.

Berdasarkan perhitungan di atas, maka diketahui variable-variabel OTTV berdasarkan orientasi bangunan, yaitu:

Tabel 15. Nilai variable-variabel OTTV

No.	Orientasi Bangunan	α	U_w	WWR	TD_{EK}
1	Timur Laut	0,78	1,10	0,55	15
2	Tenggara	0,78	1,10	0,51	15
3	Barat Daya	0,78	1,10	0,55	15
4	Barat Laut	0,78	1,10	0,74	15

No.	Orientasi Bangunan	SC	SF	U_f	ΔT
1	Timur Laut	0,4	113	5,763	5
2	Tenggara	0,4	97	5,763	5

3	Barat Daya	0,4	176	5,763	5
4	Barat Laut	0,4	211	5,763	5

Setelah diketahui nilai variable-variabel tersebut diatas, maka dapat dihitung nilai konduksi yang terjadi melalui dinding pada orientasi tertentu, nilai konduksi yang terjadi melalui kaca, serta nilai radiasi panas yang terjadi melalui kaca sebagai berikut:

Tabel 16. Perhitungan konduksi yang terjadi melalui dinding

No.	Orientasi Bangunan	α	U_w	WWR	TD_{EK}
1	Timur Laut	0,78	1,10	0,55	15
2	Tenggara	0,78	1,10	0,51	15
3	Barat Daya	0,78	1,10	0,55	15
4	Barat Laut	0,78	1,10	0,74	15

No.	Orientasi Bangunan	$\alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TDEK]$
1	Timur Laut	5,81
2	Tenggara	6,33
3	Barat Daya	5,81
4	Barat Laut	3,36

Tabel 17. Perhitungan konduksi yang terjadi melalui kaca

No.	Orientasi Bangunan	U_f	WWR	ΔT
1	Timur Laut	5,763	0,55	5
2	Tenggara	5,763	0,51	5
3	Barat Daya	5,763	0,55	5
4	Barat Laut	5,763	0,74	5

No.	Orientasi Bangunan	$U_f \times WWR \times \Delta T$
1	Timur Laut	15,85
2	Tenggara	14,70
3	Barat Daya	15,85
4	Barat Laut	21,32

Tabel 18. Perhitungan radiasi panas yang terjadi melalui kaca

No.	Orientasi Bangunan	SC	WWR	SF
1	Timur Laut	0,4	0,55	113
2	Tenggara	0,4	0,51	97
3	Barat Daya	0,4	0,55	176
4	Barat Laut	0,4	0,74	211

No.	Orientasi Bangunan	$U_f \times WWR \times \Delta T$
1	Timur Laut	24,86
2	Tenggara	19,79
3	Barat Daya	38,72
4	Barat Laut	62,46

Sehingga nilai OTTV pada bangunan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Masing-masing orientasi bangunan} \\ OTTV = \alpha (U_w \times (1 - WWR) \times TDEk) + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF)$$

Tabel 19. Perhitungan OTTV

No.	Orientasi Bangunan	Konduk- si melalui dinding	Konduk- si melalui kaca	Radiasi panas melalui kaca
1	Timur Laut	5,81	15,85	24,86
2	Tenggara	6,33	14,70	19,79
3	Barat Daya	5,81	15,85	38,72
4	Barat Laut	3,36	21,32	62,46

No.	Orientasi Bangunan	OTTV
1	Timur Laut	46,52
2	Tenggara	40,81
3	Barat Daya	60,38
4	Barat Laut	87,14

$$2. \text{ Keseluruhan selubung bangunan} \\ (A_{OTL} \times OTTV_1) + (A_{OTG} \times OTTV_2) + (A_{OBD} \times OTTV_2) + (A_{OBL} \times OTTV_1)$$

$$OTTV = \frac{A_{OTL} + A_{OTG} + A_{OBD} + A_{OBL}}{A_{OTL} + A_{OTG} + A_{OBD} + A_{OBL}}$$

$$OTTV = \frac{(653,582 \times 46,52) + (242,946 \times 40,81) + (653,582 \times 60,38) + (166,872 \times 87,14)}{653,582 + 242,946 + 653,582 + 166,872}$$

$$OTTV = \frac{94.326,079}{1.716,982} = 54,94 \text{ W/m}^2$$

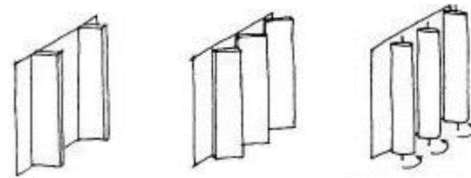
Dari hasil analisa di atas dapat diketahui bahwa nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) keseluruhan pada Gedung Pendidikan Kampus Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu adalah sebesar 54,94 W/m², dengan masing-masing orientasi bangunan memiliki nilai OTTV sebesar 46,52 W/m² untuk Timur Laut, 40,81 W/m² untuk Tenggara, 60,38 W/m² untuk Barat Daya, dan 87,14 W/m² untuk Barat Laut.

Dengan nilai OTTV yang melebihi kriteria persyaratan SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021, maka penambahan *sun shading* pada selubung bangunan sangat diperlukan pada untuk menurunkan nilai OTTV tersebut. Pemberian *sun shading* merupakan langkah pertama untuk mencapai kenyamanan *thermal* suatu bangunan (Ramadona, 2017).

Selain untuk mengurangi transfer panas matahari langsung masuk ke dalam ruangan, pemberian *sun shading* pada selubung bangunan dapat berfungsi sebagai pembentuk elemen estetika sebuah bangunan (Lechner, 2008).

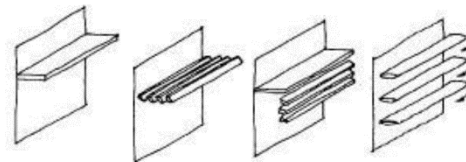
Menurut Watson (1993), terdapat 3 (tiga) jenis *sun shading* yang dapat diterapkan untuk mengurangi nilai transfer panas pada selubung bangunan (Nurul Imam et al., 2019), yaitu:

1. *Vertical shading*, terdiri dari *vertical perpendicular fins*, *vertical angled fins*, dan *adjustable vertical fins*.



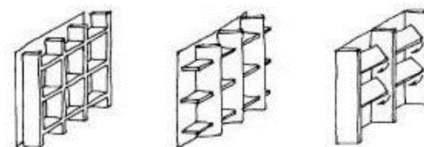
Gambar 8. Jenis *vertical shading* (Lechner, 2008)

2. *Horizontal shading*, terdiri dari *solid overhang*, *overhang parallel*, *louvered overhang perpendicular*, dan *horizontal louvers*.



Gambar 9. Jenis *horizontal shading* (Lechner, 2008)

3. *Eggcrate shading*, terdiri dari *fixed eggcrate*, *angled eggcrate*, dan *adjustable eggcrate*.



Gambar 10. Jenis *eggcrate shading* (Lechner, 2008)

Sun shading sangat diperlukan dengan elemen *horizontal* sangat efektif untuk menahan matahari tinggi, dan *vertical* untuk matahari rendah (Lippsmeier, 1994).

KESIMPULAN

Berdasarkan kriteria persyaratan perancangan bangunan hijau pada SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, yaitu bahwa nilai transfer panas yang terjadi tidak melebihi 35 W/m², maka dapat disimpulkan bahwa Gedung Pendidikan Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu tidak memenuhi persyaratan karena nilai OTTV keseluruhan selubung bangunan sebesar 54,94 W/m².

Pada penelitian selanjutnya perlu diberikan retrofit desain untuk menurunkan nilai OTTV keseluruhan selubung bangunan agar dapat mencapai nilai di bawah kriteria persyaratan SNI 03-6389-2011 dan Permen PUPR RI Nomor: 21 Tahun 2021.

Sebagai langkah tindak lanjut yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan bayangan dan filter cahaya atau panas matahari dengan menambahkan *sun shading* pada selubung bangunan, baik *vertical shading*, *horizontal shading*, maupun *egg crate shading*. Selain itu, dapat dilakukan dengan cara mengganti jenis kaca yang digunakan agar radiasi panas matahari tidak dapat masuk ke dalam bangunan.

Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2018, 40–47.

Wubbels, T., Brok, P. Den, Tartwijk, J. Van, & Levy, J. (2012). Introduction to. *Interpersonal Relationships in Education*, 1–15. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-939-8_1

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Erni Setyowati, M.T. dan Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. Gagoek Hardiman atas bimbingan, *support*, saran, dan arahnya selama proses penyusunan jurnal ini. Selain itu, terima kasih penulis sampaikan kepada pihak Kampus Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu atas ijin yang telah diberikan untuk melakukan survey serta pengambilan data sebagai bahan penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bumi Aksara.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). *SNI 6389:2011, tentang Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung*. 1–60.
- Creswell, J. W. (2019). *Research Design (IV)*. Pustaka Pelajar.
- Frick, H., Ardiyanto, A., & Darmawan, A. (2007). *Ilmu Fisika Bangunan, Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembapan, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi, dan Kebakaran* (9th ed.). PT Kanisius.
- Idham, N. C. (2016). *Arsitektur dan Kenyamanan Termal* (A. Prabawati (ed.); 1st ed.). ANDI Yogyakarta.
- Lechner, N. (2008). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (3rd ed.). Wiley.
- Lipsmeier, G. (1994). *Bangunan Tropis* (P. W. Indarto (ed.); 1st ed.). Erlangga.
- Nurul Imam, M., Gandarum, D. N., & Lahji, K. (2019). Inovasi Desain Peneduh untuk Bangunan Kantor Bertipologi Highrise di Jakarta. *Prosiding Seminar Intelektual Muda #2, September*, 226–233. <https://id.pinterest.com/pin/35163268337865432>
- Pramesti, P. U., Ramandhika, M., Hasan, M. I., & Werdiningsih, H. (2021). The influence of building envelope design in energy efficiency: OTTV calculation of multi storey building. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012075>
- PUPR. (2021). *Lampiran Permen PUPR No. 21 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*.
- Ramadona. (2017). Peran Penangkal Matahari dalam Mengatasi Silau Pada Dinding Kaca Bangunan Tinggi di Iklim Tropis Lembap. *Jurnal I D E A L O G Jurnal Desain Interior & Desain Produk*, 2(1), 80–92. <https://doi.org/2477 - 0566>
- Setyowati, E. (2015). *Buku Fisika Bangunan 2* (2nd ed.). CV. Tiga Media Pratama. https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=
- Szokolay, S. V. (2007). *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. Wiley.
- Utari, R. P. (2018). Analisa Nilai Overall Thermal Transfer (OTTV) sebagai Konservasi Energi Selubung pada Bangunan Berdasarkan SNI 03-6389-2011. *Seminar*