

Optimasi Fasad Bangunan untuk Efisiensi Energi Berdasarkan Analisis OTTV pada Ruang Dosen Politeknik Negeri Sriwijaya

Nurlatifah Fajriaty Ronyta*, Ricky Ravsyah Alhafez, Karina, Ria Dwi Putri, Doni Sastra

Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang-30131, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

fasad bangunan, efisiensi energi, OTTV, teduhan, arsitektur tropis.

***Correspondence email:**

nurlatifah.fajriaty.ronyta@polsri.ac.id

Submitted: 27 Februari 2026

Revised: 29 Mei 2026

Accepted: 19 Juli 2026

Published: 01 Agustus 2026

ABSTRAK

Optimasi fasad bangunan memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi bangunan, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas radiasi matahari tinggi. Bangunan institusi pendidikan, seperti Ruang Dosen Program Studi D-IV Arsitektur Bangunan Gedung Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Keramasan, merupakan salah satu tipe bangunan dengan kebutuhan energi tinggi untuk kenyamanan termal dan pencahayaan. Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya strategi desain fasad yang mampu menekan beban pendinginan tanpa mengurangi kenyamanan termal dan visual pengguna, serta memenuhi standar efisiensi energi melalui perhitungan Overall Thermal Transfer Value (OTTV). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengoptimalkan desain fasad bangunan berdasarkan nilai OTTV sesuai SNI 03-6389-2011 dan Permen ESDM No. 02 Tahun 2021. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tahapan survei lapangan, pengumpulan data fisik bangunan, pemodelan termal, serta simulasi optimasi fasad melalui kombinasi elemen peneduh dan kaca low-e menggunakan aplikasi *SketchUp 3D* untuk pemodelan bangunan dan *Velux Daylight Visualizer* untuk simulasi pencahayaannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain fasad eksisting memiliki nilai OTTV sebesar 43,21 W/m², melebihi batas maksimum 35 W/m². Setelah dilakukan optimasi dengan penerapan *horizontal shading device* dan penggunaan kaca low-e, nilai OTTV menurun menjadi 32,87 W/m², memenuhi standar efisiensi energi. Penelitian ini menghasilkan rekomendasi desain fasad yang efisien energi serta dapat dijadikan acuan perancangan bangunan pendidikan di iklim tropis lembab. Luaran penelitian diharapkan menjadi dasar pengembangan desain arsitektur berkelanjutan di lingkungan kampus.

ABSTRACT

Keywords:

building facade, energy efficiency, OTTV, shading, tropical architecture

Building facade optimization plays an essential role in improving the energy efficiency of buildings, particularly in tropical regions such as Indonesia, which experience high solar radiation intensity. Educational institution buildings, such as the Lecturer Room of the D-IV Building Architecture Program at Politeknik Negeri Sriwijaya, Keramasan Campus, represent one of the building types with high energy demand for thermal comfort and lighting. The urgency of this research lies in the need for façade design strategies that can reduce cooling loads without compromising thermal and visual comfort, while also complying with energy efficiency standards through the calculation of the Overall Thermal Transfer Value (OTTV). This study aims to examine and optimize the building facade design based on OTTV values in accordance with SNI 03-6389-2011 and the Ministry of Energy and Mineral Resources Regulation (Permen ESDM) No. 02/2021. The research employs a quantitative approach consisting of field surveys, physical data collection of the building, thermal modeling, and simulation of façade optimization through the combination of shading devices and low-e glass. The results show that the existing façade design has an OTTV value of 43.21 W/m², exceeding the maximum limit of 35 W/m². After optimization through the application of horizontal shading devices and the use of low-e glass, the OTTV value decreased to 32.87 W/m², meeting the energy efficiency standard. This research provides recommendations for energy-efficient facade design and serves as a reference for designing educational buildings in hot-humid tropical climates. The findings are expected to contribute to the development of sustainable architectural design practices within campus environments.

PENDAHULUAN

Fasad bangunan sebagai elemen pembungkus memiliki peran penting dalam mengendalikan perpindahan panas dari luar ke dalam ruang (Okeil, 2010; Szokolay, 2014). Oleh karena itu, desain fasad yang tepat akan membantu

menekan beban pendinginan tanpa mengorbankan kenyamanan termal pengguna (Al-Tamimi & Fadzil, 2011; Attia, Gratia, De Herde, & Hensen, 2012).

Permasalahan yang muncul pada bangunan eksisting, khususnya pada Ruang Dosen Program Studi D-IV Arsitektur Bangunan Gedung Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Keramasan, adalah tingginya suhu ruang di mana suhu rata-rata ruang siang hari mencapai $\pm 30\text{--}32^\circ\text{C}$ serta penggunaan AC rata-rata 8–10 jam/hari yang merupakan jenis pendingin udara yang intensif. Diperlukan evaluasi efisiensi termal melalui metode *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) agar dapat diketahui sejauh mana fasad berkontribusi terhadap beban pendinginan dan bagaimana strategi desain dapat mengoptimalkannya (Badan Standardisasi Nasional, 2020; Hien, Liping, Chandra, Pandey, & Xiaolin, 2005). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja termal fasad eksisting berdasarkan nilai OTTV, mengidentifikasi parameter desain fasad yang paling berpengaruh terhadap efisiensi energi (Al-Obaidi, Ismail, & Abdul Rahman, 2014; Zain-Ahmed, Sopian, Othman, Sayigh, & Surendran, 2002), serta mengembangkan alternatif desain fasad yang optimal secara termal dan sesuai dengan standar efisiensi energi nasional (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Penelitian ini difokuskan pada optimasi fasad berdasarkan nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV). Analisis pencahayaan alami dan *glare* digunakan sebagai data pendukung untuk memastikan bahwa strategi fasad yang direkomendasikan tidak hanya menurunkan beban panas, tetapi juga tetap mempertimbangkan kenyamanan visual ruang.

Efisiensi energi didefinisikan sebagai upaya untuk menurunkan konsumsi energi bangunan tanpa mengurangi tingkat kenyamanan dan fungsi ruang yang dilayani (Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout, 2008; Szokolay, 2014). Dalam konteks arsitektur tropis, pencapaian efisiensi energi dapat dilakukan melalui penerapan strategi desain pasif, termasuk pengaturan orientasi bangunan, pemanfaatan ventilasi alami, penggunaan material dengan sifat insulasi termal yang baik, serta perancangan fasad yang adaptif terhadap iklim setempat (Al-Obaidi et al., 2014; Givoni, 1998).

Dalam perancangan bangunan hemat energi, fasad tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika, tetapi juga sebagai komponen utama yang memengaruhi perpindahan panas, pencahayaan alami, dan kebutuhan energi pendinginan. Bentuk bangunan dan konfigurasi fasad berpengaruh terhadap potensi efisiensi energi karena menentukan penerimaan radiasi matahari dan distribusi panas pada selubung bangunan (Okeil, 2010). Selain itu, rasio bukaan terhadap dinding, jenis kaca, orientasi fasad, dan penggunaan perangkat peneduh merupakan parameter penting yang memengaruhi kinerja energi bangunan berkaca (Poirazis, Blomsterberg, & Wall, 2008). Pada bangunan di iklim tropis lembab, penerapan elemen peneduh dapat membantu menurunkan temperatur ruang dan meningkatkan kenyamanan termal pengguna (Al-Tamimi & Fadzil, 2011). Strategi fasad seperti penggunaan kaca dengan performa termal lebih baik dan sistem peneduh juga dapat mengurangi panas matahari yang masuk ke ruang serta menekan beban pendinginan bangunan (Hien et al., 2005). Pengendalian desain dan kontrol perangkat peneduh juga penting karena dapat memengaruhi kebutuhan energi pendinginan dan pencahayaan secara bersamaan (Tzempelikos & Athienitis, 2007). Oleh karena itu, optimasi fasad melalui kombinasi *horizontal shading device* dan kaca *low-e* menjadi relevan untuk menurunkan nilai OTTV sekaligus menjaga kenyamanan visual ruang.

Penerapan prinsip bangunan ramah lingkungan juga menjadi bagian penting dalam perancangan gedung yang efisien energi. Rancangan bangunan yang memperhatikan efisiensi pencahayaan, ventilasi, penggunaan energi, dan kenyamanan pengguna dapat mendukung pencapaian konsep bangunan berkelanjutan (Suryan et al., 2024). Selain itu, penerapan konsep *green construction* pada pembangunan gedung menunjukkan bahwa pengendalian dampak lingkungan perlu diperhatikan sejak tahap perencanaan hingga pelaksanaan konstruksi (Suripto et al., 2022). Oleh karena itu, optimasi fasad melalui pengendalian panas matahari dan pencahayaan alami menjadi salah satu strategi yang relevan untuk mendukung efisiensi energi dan prinsip bangunan ramah lingkungan.

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur besarnya panas yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung, terutama melalui bidang fasad yang terdiri atas dinding masif dan bukaan kaca. Berdasarkan SNI 03-6389 (Badan Standardisasi Nasional, 2011), nilai OTTV maksimum untuk bangunan non-residensial di Indonesia adalah 35 W/m^2 . Rumus perhitungan OTTV untuk setiap bidang fasad adalah sebagai berikut:

$$\text{OTTV}_i = \alpha \times U_w \times (1 - \text{WWR}) \times \text{TDeq} + U_f \times \text{WWR} \times \Delta T + \text{SC} \times \text{WWR} \times \text{SF}$$

Keterangan: OTTV_i adalah nilai OTTV pada bidang fasad ke- i (W/m^2), α adalah absorptansi radiasi matahari pada permukaan dinding, U_w adalah transmitansi termal dinding ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$), WWR adalah *Window to Wall Ratio* atau rasio luas jendela terhadap luas dinding, TDeq adalah beda temperatur ekuivalen, U_f adalah transmitansi termal kaca ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$), ΔT adalah beda temperatur udara luar dan dalam, SC adalah *Shading Coefficient* atau koefisien peneduh kaca, dan SF adalah *Solar Factor* atau faktor radiasi matahari. Apabila bidang fasad yang dianalisis terdiri atas lebih dari satu orientasi, maka nilai OTTV total dihitung sebagai nilai rata-rata tertimbang berdasarkan luas masing-masing bidang fasad dengan rumus:

$$\text{OTTV} = \Sigma(A_i \times \text{OTTV}_i) / \Sigma A_i$$

Keterangan: A_i adalah luas bidang fasad ke- i (m^2), sedangkan OTTV _{i} adalah nilai OTTV pada masing-masing bidang fasad. Rumus tersebut digunakan untuk menghitung nilai OTTV fasad eksisting dan membandingkannya dengan skenario perbaikan fasad berupa kombinasi *horizontal shading device* dan kaca *low-e*. Komponen utama yang memengaruhi nilai OTTV meliputi transmitansi termal dinding (U_w), rasio luas jendela terhadap dinding (WWR), transmitansi termal kaca, koefisien peneduh (SC), dan faktor radiasi matahari. Strategi desain fasad untuk menurunkan nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) mencakup pemilihan orientasi bangunan, pengaturan rasio dan posisi bukaan, penggunaan kaca *low-emissivity* (*low-e*), pemilihan material berreflektansi tinggi, serta penerapan *external shading devices* (Al-Obaidi et al., 2014; Al-Tamimi & Fadzil, 2011; Badan Standardisasi Nasional, 2020). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan *horizontal shading* pada fasad berorientasi barat mampu mengurangi beban panas surya dan menurunkan nilai OTTV hingga sekitar 20% (Hien et al., 2005; Zain-Ahmed et al., 2002). Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengevaluasi kondisi fasad eksisting dan memberikan rekomendasi optimasi fasad melalui kombinasi elemen peneduh dan kaca *low-e* pada Ruang Dosen Program Studi D-IV Arsitektur Bangunan Gedung, Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Keramasan.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitik melalui perhitungan OTTV dan pemodelan pencahayaan sebagai analisis pendukung. Lokasi studi adalah ruang dosen Program Studi D-IV Arsitektur Bangunan Gedung di Kampus Keramasan Politeknik Negeri Sriwijaya. Berikut tahapan penelitian:

1. Survei lapangan: pengukuran dimensi, orientasi bangunan, dan data material fasad.
2. Perhitungan OTTV eksisting: menggunakan data lapangan dan rumus SNI 03-6389-2011.
3. Evaluasi skenario perbaikan fasad dilakukan melalui kombinasi penggunaan *horizontal shading device* dan kaca *low-e*.
4. Analisis hasil: membandingkan nilai OTTV kondisi eksisting dan skenario perbaikan fasad untuk menilai pemenuhan batas maksimum OTTV.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan OTTV meliputi luas dinding, luas bukaan kaca, Window to Wall Ratio (WWR), nilai transmitansi termal dinding dan kaca, koefisien shading, faktor radiasi matahari, absorptansi permukaan, serta orientasi fasad. Nilai OTTV eksisting kemudian dibandingkan dengan skenario perbaikan fasad berupa kombinasi *horizontal shading device* dan penggunaan kaca *low-e*. Perhitungan OTTV dilakukan berdasarkan data fisik fasad, karakteristik material, rasio luas bukaan terhadap dinding, orientasi bangunan, serta parameter termal yang digunakan dalam penelitian. Nilai OTTV kondisi eksisting kemudian dibandingkan dengan nilai OTTV setelah penerapan skenario perbaikan berupa kombinasi *horizontal shading device* dan kaca *low-e*.

HASIL

Survei lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi fisik fasad dan karakteristik awal objek penelitian. Lokasi penelitian berada pada Gedung Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Keramasan, Jalan Mayor Jenderal Satibi Darwis, Keramasan, Kecamatan Kertapati, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Bangunan memiliki orientasi utama ke arah barat dan selatan dengan Window to Wall Ratio sebesar 45%. Material dinding berupa bata plester, sedangkan bukaan menggunakan kaca polos 6 mm tanpa *horizontal shading device*. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai OTTV fasad eksisting adalah 43,21 W/m². Nilai tersebut melebihi batas maksimum 35 W/m² dan selanjutnya digunakan sebagai dasar perbandingan dengan skenario perbaikan fasad.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Evaluasi OTTV Fasad Eksisting dan Skenario Perbaikan Fasad

Kondisi Fasad	Strategi Desain	Nilai OTTV (W/m ²)	Keterangan
Eksisting	Kaca polos 6 mm tanpa <i>horizontal shading device</i>	43,21	Belum memenuhi standar maksimum 35 W/m ²
Skenario perbaikan	Kombinasi <i>horizontal shading device</i> dan kaca <i>low-e</i> 6 mm	32,87	Memenuhi standar maksimum 35 W/m ²

Sumber: Hasil analisis, 2025.

Berdasarkan Tabel 1, nilai OTTV fasad eksisting sebesar 43,21 W/m² masih melebihi batas maksimum 35 W/m². Setelah diterapkan skenario perbaikan berupa kombinasi *horizontal shading device* dan kaca *low-e* 6 mm, nilai OTTV menurun dari 43,21 W/m² menjadi 32,87 W/m². Penurunan sebesar 10,34 W/m² atau sekitar 23,93% menunjukkan bahwa skenario tersebut mampu memenuhi batas maksimum OTTV sebesar 35 W/m². Dengan demikian, skenario perbaikan tersebut dapat dinyatakan memenuhi standar efisiensi energi selubung bangunan.



Gambar 1. Tampak Depan Gedung D1 Kampus Keramasan Politeknik Negeri Sriwijaya
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Penelitian dilakukan pada Ruang Dosen Program Studi D-IV Arsitektur Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya Kampus Keramasan. Analisis utama difokuskan pada nilai OTTV fasad, sedangkan pengukuran dan pemodelan pencahayaan digunakan sebagai analisis pendukung untuk menggambarkan distribusi cahaya di dalam ruang. Objek penelitian terletak di lantai 2 pada bagian belakang bangunan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Interior Ruang Dosen Kampus Keramasan Politeknik Negeri Sriwijaya
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Berdasarkan Gambar 2, kaca yang digunakan pada bangunan belum dilengkapi elemen peneduh luar yang memadai untuk mengurangi potensi silau dan panas ruang. Penelitian ini mengevaluasi kondisi fasad eksisting dan menguji satu skenario perbaikan berupa penggunaan horizontal shading device dengan overhang 0,8 m dan kaca low-e 6 mm.

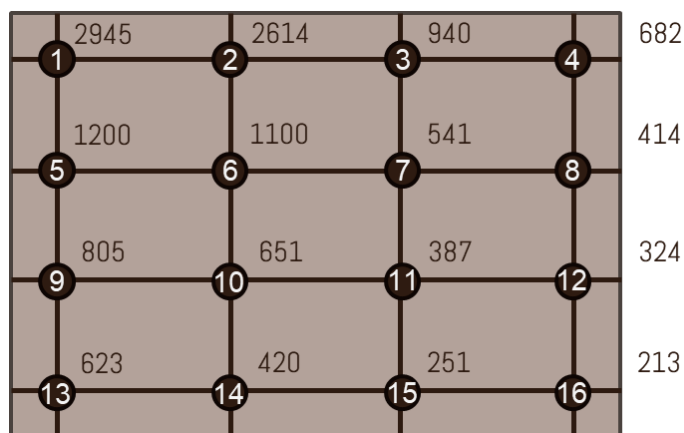
Pembahasan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa fasad eksisting memiliki nilai OTTV sebesar $43,21 \text{ W/m}^2$, sehingga belum memenuhi batas maksimum 35 W/m^2 . Nilai tersebut menunjukkan bahwa fasad eksisting masih memberikan kontribusi panas yang cukup besar terhadap ruang, terutama karena penggunaan kaca polos 6 mm tanpa elemen peneduh luar. Kondisi ini memperkuat perlunya strategi optimasi fasad untuk mengurangi perpindahan panas radiasi matahari ke dalam bangunan.

Optimasi fasad melalui kombinasi *horizontal shading device* dan kaca low-e 6 mm mampu menurunkan nilai OTTV menjadi $32,87 \text{ W/m}^2$. Penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan elemen peneduh luar dan material kaca dengan performa termal lebih baik efektif dalam mengendalikan panas yang masuk melalui bukaan. Dengan demikian, kombinasi *horizontal shading device* dan kaca low-e dapat direkomendasikan sebagai strategi desain fasad yang lebih sesuai untuk ruang dosen pada bangunan pendidikan di iklim tropis lembap. Penurunan OTTV sebesar 23,93% menunjukkan bahwa kombinasi elemen peneduh luar dan kaca dengan performa termal yang lebih baik dapat mengurangi perpindahan panas melalui fasad. Hasil ini sejalan dengan penelitian Al-Tamimi dan Fadzil (2011) yang menunjukkan peran perangkat peneduh dalam mengurangi paparan panas pada bangunan tropis, serta Hien et al. (2005)

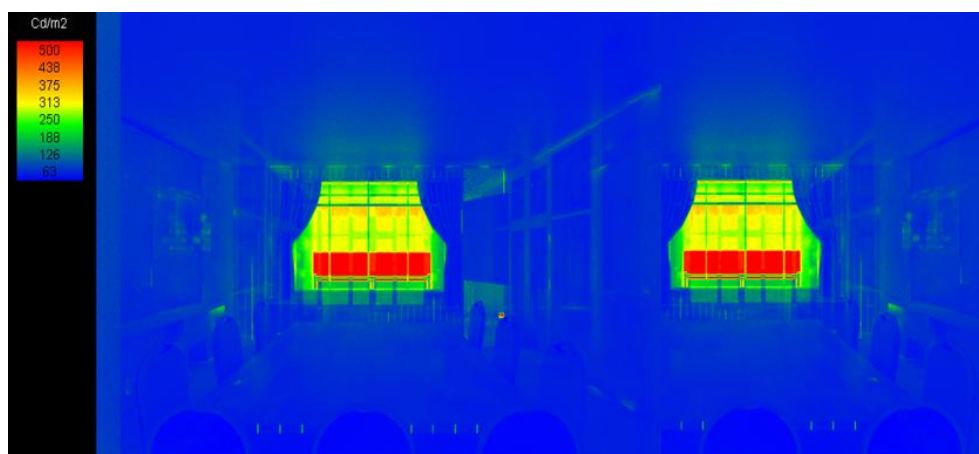
yang menjelaskan bahwa perbaikan sistem kaca dan fasad dapat meningkatkan kinerja termal bangunan. Namun, hasil penelitian ini terbatas pada objek dan skenario desain yang dianalisis.

Selain aspek termal, hasil pengukuran pencahayaan alami menunjukkan bahwa distribusi cahaya pada ruang belum merata dan masih terdapat area dengan intensitas cahaya tinggi di sekitar bukaan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Temuan ini digunakan sebagai data pendukung untuk menilai bahwa strategi horizontal shading tidak hanya berfungsi menurunkan nilai OTTV, tetapi juga membantu mengendalikan cahaya langsung yang berpotensi menimbulkan silau.



Gambar 3. Hasil pengambilan data berdasarkan titik pengukuran pencahayaan ruang (dalam satuan lux)
(Sumber: Ilustrasi penulis, 2025)

Hasil pemodelan pencahayaan menggunakan Velux Daylight Visualizer dilakukan untuk melihat sebaran intensitas cahaya dan potensi glare pada ruang dosen. Pemodelan ini digunakan sebagai data pendukung terhadap analisis OTTV, karena strategi optimasi fasad tidak hanya diarahkan untuk menurunkan panas radiasi matahari, tetapi juga untuk mengendalikan cahaya langsung yang masuk melalui bukaan. Hasil pemodelan pencahayaan ruang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pemodelan distribusi luminans ruang dalam satuan cd/m^2
(Sumber: Ilustrasi penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 4, area di sekitar bukaan memiliki intensitas cahaya lebih tinggi dibandingkan area lain di dalam ruang. Kondisi ini menunjukkan adanya konsentrasi luminans yang lebih tinggi pada area bukaan dibandingkan bagian lain di dalam ruang. Perbedaan tersebut mengindikasikan potensi ketidaknyamanan visual akibat masuknya cahaya langsung melalui bidang kaca. Hasil ini digunakan sebagai analisis pendukung dan bukan sebagai pengukuran kuantitatif tingkat glare. Temuan tersebut memperkuat bahwa penggunaan kaca polos tanpa elemen peneduh luar belum optimal dalam mengendalikan kenyamanan visual ruang. Oleh karena itu, penerapan *horizontal shading device* dan kaca *low-e* dinilai relevan karena tidak hanya menurunkan panas melalui nilai OTTV, tetapi juga membantu mengurangi potensi ketidaknyamanan visual akibat silau pada ruang dosen.

SIMPULAN

Fasad eksisting ruang dosen memiliki nilai OTTV sebesar 43,21 W/m² sehingga belum memenuhi batas maksimum 35 W/m². Penerapan satu skenario perbaikan berupa kombinasi horizontal shading device dengan overhang 0,8 m dan kaca low-e 6 mm menurunkan nilai OTTV menjadi 32,87 W/m². Penurunan sebesar 10,34 W/m² atau 23,93% menunjukkan bahwa skenario tersebut mampu meningkatkan kinerja termal fasad hingga memenuhi batas maksimum OTTV. Hasil pemodelan pencahayaan menunjukkan adanya konsentrasi luminans yang lebih tinggi di sekitar bukaan, sehingga penggunaan elemen peneduh relevan sebagai upaya mengendalikan cahaya langsung. Hasil penelitian ini berlaku pada objek dan skenario desain yang dianalisis, sehingga penelitian selanjutnya dapat menguji variasi desain fasad lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Obaidi, K. M., Ismail, M., & Abdul Rahman, A. M. (2014). Passive cooling techniques through reflective and radiative roofs in tropical houses in Southeast Asia: A literature review. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.06.002>
- Al-Tamimi, N. A., & Fadzil, S. F. S. (2011). The Potential of Shading Devices for Temperature Reduction in High-Rise Residential Buildings in the Tropics. *Procedia Engineering*, 21, 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2015>
- Attia, S., Grati, E., De Herde, A., & Hensen, J. L. M. (2012). Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. *Energy and Buildings*, 49, 2–15. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.028>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung (SNI 03-6389-2011)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung (SNI 6389:2020)*. Jakarta.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Canada: Wiley.
- Hien, W. N., Liping, W., Chandra, A. N., Pandey, A. R., & Xiaolin, W. (2005). Effects of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore. *Energy and Buildings*, 37(6), 563–572.
- Okeil, A. (2010). A holistic approach to energy efficient building forms. *Energy and Buildings*, 42(9), 1437–1444. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.03.013>
- Poirazis, H., Blomsterberg, Å., & Wall, M. (2008). Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. *Energy and Buildings*, 40(7), 1161–1170. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.10.011>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
- Szokolay, V. S. (2014). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design (3rd ed.)* (3rd Edition). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315852409>
- Suryan, V., Amalia, D., Martadinata, M. I., Septiani, V., Nurfitri, M. A., Silitonga, E., & Chandra, P. W. A. (2024). Eco airport design: Rancangan gedung terminal ramah lingkungan pada bandar udara. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 759–773. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.583>
- Suripto, S., Abdi, M. H., & Manurung, E. H. (2022). Evaluasi penerapan green construction proyek pembangunan gedung rektorat Kampus UII. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 134–143. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.106>
- Tzempelikos, A., & Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar Energy*, 81(3), 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.015>
- Zain-Ahmed, A., Sopian, K., Othman, M. Y. H., Sayigh, A. A. M., & Surendran, P. N. (2002). Daylighting as a passive solar design strategy in tropical buildings: a case study of Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 43(13), 1725–1736. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00007-3)