

## Optimalisasi Redesain Fasad melalui Shading Device dalam upaya Peningkatan Kenyamanan Visual Bangunan Pendidikan

*OPTIMIZING FACADE DESIGN WITH SHADING DEVICES TO ENHANCE EDUCATIONAL VISUAL COMFORT*

Fakhri Ryan Ghiffari<sup>1)\*</sup> , Iqbal Wirayuda<sup>1)</sup> , Muhammad Ismail Hasan<sup>1)</sup> , Previari Umi Pramesti<sup>1)</sup> 

<sup>1</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, [hasan@lecturer.undip.ac.id](mailto:hasan@lecturer.undip.ac.id)

\*email korespondensi: [hasan@lecturer.undip.ac.id](mailto:hasan@lecturer.undip.ac.id)

### Abstrak

Pencahayaan alami merupakan elemen penting dalam mendukung efisiensi energi dan kenyamanan visual pada bangunan pendidikan. Gedung Departemen Komputer Universitas Diponegoro menjadi objek studi untuk menganalisis kualitas pencahayaan alami dan optimalisasi desain fasade melalui penerapan *shading device*. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi intensitas pencahayaan alami pada ruang kelas dan laboratorium dengan mengacu pada standar SNI 03-6575-2001 serta mengusulkan desain *shading* yang dapat meningkatkan kenyamanan visual tanpa mengurangi efisiensi energi. Penelitian ini secara kuantitatif menggunakan pemodelan 3D bangunan eksisting menggunakan *Sketch Up*, kemudian dilakukan simulasi pencahayaan dengan *Velux Daylight Visualizer* untuk mengetahui sebaran cahaya alami dan potensi silau. Selanjutnya, simulasi desain *shading* dilakukan menggunakan aplikasi *EDGE* untuk menentukan tipe dan dimensi *shading* yang optimal berdasarkan potensi efisiensi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencahayaan alami pada kondisi eksisting melebihi standar kenyamanan visual, yang berpotensi menyebabkan silau dan menurunkan kualitas aktivitas belajar. Setelah dilakukan desain ulang menggunakan *shading device* tipe *eggcrate* dengan *overhang* sepanjang 1 meter, intensitas cahaya turun mendekati standar ideal, yaitu 250 lux untuk ruang kelas dan 350–500 lux untuk laboratorium. Selain itu, efisiensi energi meningkat hingga 15%. Simulasi ulang dengan *Velux* menunjukkan peningkatan signifikan dalam distribusi cahaya alami yang lebih merata dan nyaman. Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi desain fasad dengan *shading device* yang tepat mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih nyaman dan efisien secara energi.

**Kata kunci:** Redesain; perangkat peneduh; simulasi; kenyamanan visual; *Velux Daylight Visualizer*

## Abstract

*Natural lighting is a crucial element in supporting energy efficiency and visual comfort in educational buildings. The Computer Department Building at Diponegoro University is the subject of this study, which aims to analyze the quality of natural lighting and optimize façade design through the application of shading devices. This research aims to evaluate the intensity of natural lighting in classrooms and laboratories based on the SNI 03-6575-2001 standard and to propose shading designs that enhance visual comfort without reducing energy efficiency. This research employs a quantitative approach by involves 3D modeling of the existing building using SketchUp, followed by lighting simulations using Velux Daylight Visualizer to analyze the distribution of natural light and the potential for glare. Subsequently, shading design simulations were conducted using the EDGE application to determine the optimal type and dimensions of shading based on potential energy savings. The results show that natural lighting in the existing condition exceeds visual comfort standards, potentially causing glare and reducing the quality of learning activities. After redesigning using an eggcrate-type shading device with a 1-meter overhang, light intensity decreased to levels closer to the ideal standard, which is 250 lux for classrooms and 350–500 lux for laboratories. Additionally, energy efficiency increased by up to 15%. A follow-up simulation using Velux indicated a significant improvement in the uniformity and quality of natural light. This study confirms that integrating façade design with appropriate shading devices can create a more comfortable and energy-efficient learning environment.*

**Keywords:** Redesign; shading device; simulation; visual comfort; Velux Daylight Visualizer

*Article history: Received 13 May 2025, Accepted 27 May 2025, Available online 31 May 2025*

## 1 PENDAHULUAN

Pencahayaan alami di gedung pendidikan memberikan berbagai keuntungan, terutama dalam hal efisiensi energi. Dengan memanfaatkan cahaya matahari secara optimal, kebutuhan akan pencahayaan buatan dapat berkurang hingga 15%, tergantung pada desain jendela dan sistem integrasi cahaya (Atthailah et al., 2024). Hal ini berdampak langsung pada penghematan biaya operasional, terutama jika dikombinasikan dengan teknologi lampu LED. Beberapa studi menunjukkan bahwa integrasi ini dapat menurunkan konsumsi listrik hingga 65%, menjadikannya solusi yang ramah lingkungan dan ekonomis bagi institusi pendidikan (Miranda et al., 2024).

Selain efisiensi energi, pencahayaan alami juga berkontribusi besar terhadap kenyamanan dan kesehatan visual penghuni bangunan. Cahaya alami yang tersebar merata dapat mengurangi silau, menciptakan lingkungan belajar yang lebih nyaman dan mendukung fokus pengguna. Strategi desain seperti penggunaan perangkat peneduh dan penyesuaian rasio jendela terhadap dinding dinilai efektif dalam mengatur pencahayaan (Shih, 2024). Di sisi lain, paparan cahaya alami juga mendukung ritme sirkadian tubuh, yang penting bagi kesejahteraan psikologis dan fisiologis (Çelik et al., 2025). Lingkungan belajar yang terang dan alami juga

meningkatkan interaksi visual antara siswa dan guru, menciptakan suasana kelas yang lebih produktif dan sehat (Yalçın Koçak et al., 2025).

Di iklim tropis seperti Indonesia, *shading device* merupakan strategi desain pasif yang signifikan untuk meningkatkan kenyamanan visual dan efisiensi energi. Alat ini mengurangi cahaya matahari langsung, silau, dan panas berlebih, sehingga menurunkan beban pendinginan dan konsumsi energi. Desain yang tepat dapat menciptakan kondisi termal dan pencahayaan yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa *shading device* efektif meningkatkan kenyamanan dan menghemat energi, terutama pada bangunan dengan banyak kaca (Bazazzadeh et al., 2021).

Desain bukaan seperti jendela sangat mempengaruhi kualitas pencahayaan alami dalam bangunan. Penempatan jendela di sisi utara dan selatan memberi pencahayaan yang merata, sementara sisi barat memerlukan *shading device* untuk menghindari silau. Pemilihan ukuran dan material kaca yang tepat, serta integrasi dengan *shading device*, dapat menciptakan pencahayaan alami yang efisien dan nyaman (Rahmah & Jurizat, 2022). Simulasi pencahayaan sejak tahap perencanaan diperlukan untuk memastikan pencahayaan sesuai kebutuhan pengguna.

Simulasi *Velux Daylight Visualizer* menjadi alat penting dalam memvalidasi hasil perencanaan desain bangunan yang melibatkan fasad dan strategi pencahayaan alami yang diterapkan pada bangunan pendidikan. *Velux Daylight Visualizer* dapat menganalisa bagaimana perangkat peneduh dan penataan bukaan jendela mempengaruhi distribusi cahaya alami dan pengendalian panas dalam ruang (Othman et al., 2022). *Velux Daylight Visualizer* menyediakan data yang akurat terkait visual intensitas cahaya yang masuk ke dalam bangunan sepanjang hari yang memungkinkan perancang untuk mengoptimalkan desain agar mengurangi kebutuhan akan pencahayaan buatan dan mengontrol suhu ruangan (Fakıba Dedeoğlu & Yalçın, 2025). Hasil simulasi ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja termal dan pencahayaan alami dalam desain, serta memberikan gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh perubahan desain terhadap kenyamanan visual dan efisiensi energi (Verma & Gopalakrishnan, 2021). Selain itu, dengan memanfaatkan *Velux Daylight Visualizer*, pengaruh faktor eksternal seperti orientasi bangunan dan kondisi cuaca juga dapat diperhitungkan, memberikan hasil yang lebih realistis dan aplikatif pada kondisi dunia nyata (Hajji et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas dan laboratorium di Gedung Departemen Komputer Universitas Diponegoro dengan menggunakan simulasi *VELUX Daylight Visualizer*, yang kemudian dibandingkan dengan standar SNI 03-6575-2001. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi desain *shading device* yang paling optimal guna meningkatkan pencahayaan alami di kedua

ruang tersebut, sehingga dapat memenuhi standar kenyamanan visual serta mendukung efisiensi energi secara keseluruhan.

## 2 METODE PENELITIAN

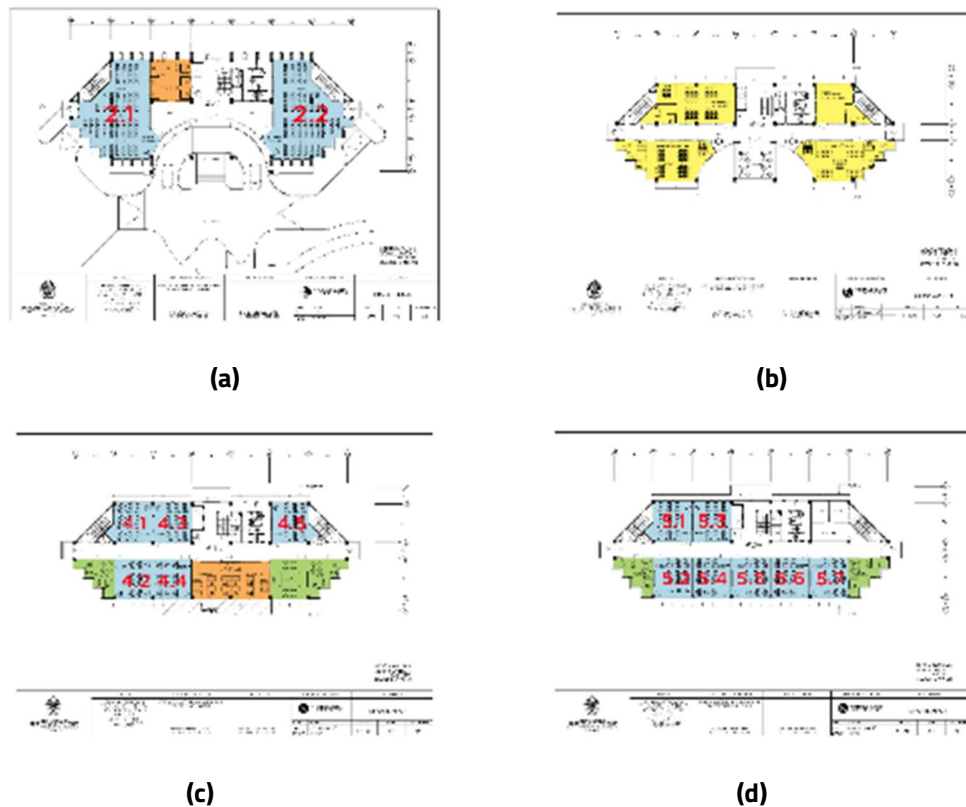
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi-eksperimen dengan membandingkan kondisi eksisting dan kondisi setelah redesain fasade secara simulatif. Objek penelitian adalah ruang kelas dan laboratorium di Gedung Departemen Komputer Universitas Diponegoro. Pemodelan 3D bangunan eksisting dibuat menggunakan *Sketch Up*, kemudian disimulasikan di *VELUX Daylight Visualizer* untuk memperoleh data pencahayaan alami aktual. Hasil simulasi digunakan untuk mengidentifikasi masalah pencahayaan seperti kurangnya pencahayaan alami atau potensi silau. Selanjutnya, aplikasi *EDGE* versi 2.1 digunakan untuk mengevaluasi berbagai desain dan ukuran *shading device* guna menemukan desain paling optimal dalam meningkatkan efisiensi energi. Desain optimal yang dihasilkan kemudian divalidasi kembali melalui simulasi *VELUX* untuk memastikan efektivitasnya terhadap kenyamanan visual tanpa mengurangi kualitas pencahayaan alami. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah desain *shading device*, sedangkan variabel tetap meliputi orientasi bangunan, dimensi ruang, lokasi studi, dan waktu simulasi (pukul 09.00, 12.00, dan 15.00). Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil simulasi pencahayaan (lux) dan efisiensi energi (persentase) berdasarkan standar SNI 03-6575-2001.



Bagan 1. Alur Penelitian

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung Departemen Komputer Universitas Diponegoro memiliki 14 ruang kelas yang tersebar di lantai 2, 4, dan 5, serta 4 laboratorium di lantai 2. Lantai 2 memiliki 2 ruang kelas dan beberapa laboratorium, lantai 4 memiliki 5 ruang kelas, dan lantai 5 memiliki 7 ruang kelas.

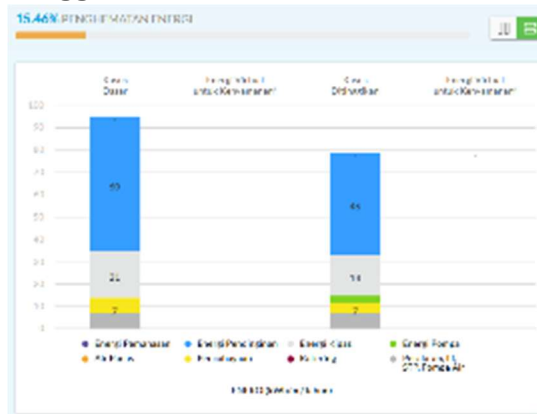


**Gambar 1. Denah Gedung Departemen Teknik Komputer Universitas Diponegoro (a) lantai 2 (b) lantai 3 (c) lantai 4 (d) lantai 5**

Hasil simulasi pencahayaan alami pada bangunan eksisting menunjukkan bahwa sebagian besar ruang, khususnya ruang kelas dari lantai 2 hingga 5, mengalami kelebihan pencahayaan dibandingkan standar SNI 03-6575-2001 sebesar 250 lux. Pada pukul 09.00 dan 12.00, intensitas cahaya di beberapa titik pada ruang-ruang tersebut bahkan mencapai lebih dari 1400 hingga 1900 lux, yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan visual akibat silau dan panas berlebih. Fenomena *overlighting* juga terjadi di beberapa laboratorium, seperti Laboratorium *Software* dan Laboratorium Jaringan, yang mencatat nilai di atas standar 500 lux pada pukul 12.00. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar area pembelajaran memiliki pencahayaan alami yang berlebihan terutama saat matahari berada di posisi tertinggi. Dengan dominasi pencahayaan yang melampaui kebutuhan, intervensi desain seperti penerapan *shading device* menjadi krusial untuk mengurangi intensitas cahaya masuk. Strategi ini penting untuk meningkatkan kenyamanan visual pengguna ruang sekaligus menghindari pemborosan energi akibat kebutuhan pendinginan tambahan.

## Simulasi Dimensi *Sun Shading* Menggunakan EDGE

Sebelum melakukan simulasi untuk menentukan dimensi *shading device*, perlu dilakukan simulasi eksisting bangunan dengan memasukkan data-data yang sudah didapat melalui DED (*detailed engineering design*) dan survei. Simulasi ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar efisiensi energi pada bangunan tersebut. Berikut merupakan hasil simulasi efisiensi energi pada bangunan eksisting menggunakan *EDGE*.



**Gambar 2. Hasil Efisiensi Energi Bangunan Eksisting menggunakan EDGE**

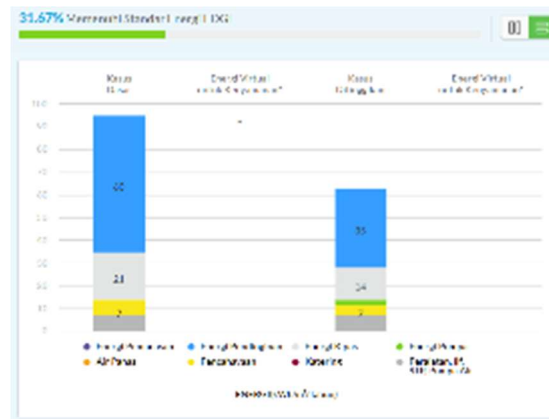
Studi bentuk *shading device* disimulasikan menggunakan *EDGE App Building*, terdapat tiga tipe *shading device* yang disimulasikan menggunakan *software* diantaranya adalah horizontal, vertikal, dan *eggcrate*. Proses studi akan membandingkan ketiga *shading device* tersebut dengan kedalaman yang sama yaitu 1 meter. Tabel 1 berikut merupakan perbandingan hasil simulasi ketiga *shading device* tersebut.

**TABEL 1. DATA HASIL SIMULASI SHADING DEVICE**

| Faktor/tipe                       | Horizontal | Vertikal | Eggcrate |
|-----------------------------------|------------|----------|----------|
| Nilai AASF                        | 0,41       | 0,18     | 0,59     |
| Peningkatan Efisiensi Energi      | 10%        | 5%       | 15%      |
| Penurunan penggunaan energi akhir | 13,33%     | 5,85%    | 10,17%   |
| Penghematan biaya utilitas        | 73,06%     | 52,6%    | 125,5%   |

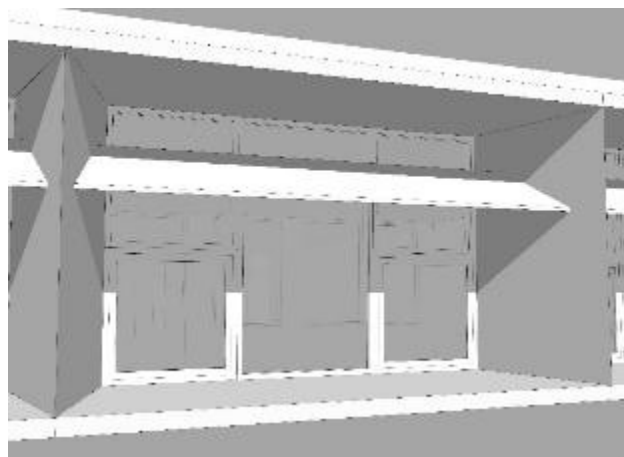
Hasil simulasi dengan *EDGE* menunjukkan bahwa penggunaan *shading device* tipe *eggcrate* dengan *overhang* 1 meter menghasilkan nilai AASF 0,59 dan meningkatkan efisiensi energi sebesar 15%, karena bayangan terbentuk secara vertikal dan horizontal sehingga mengurangi intensitas cahaya yang masuk secara signifikan. Sehingga desain *shading device* yang terpilih

adalah *shading device* tipe *eggcrate*. Berikut merupakan hasil simulasi efisiensi energi dengan menggunakan *shading device* menggunakan *eggcrate*:



**Gambar 3. Hasil Efisiensi Energi Bangunan Redesain menggunakan EDGE**

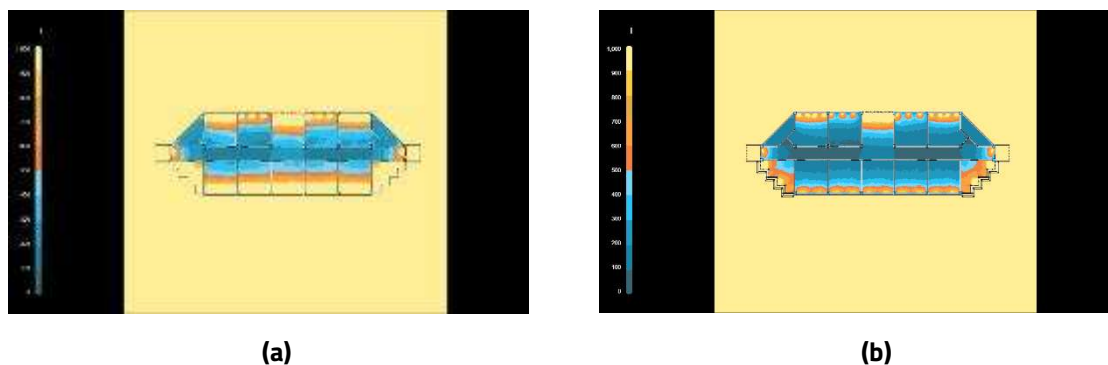
Setelah penambahan *shading device* tipe *eggcrate*, terjadi penurunan penggunaan energi akhir dari 23.117,89 kWh/bulan menjadi 20.037,46 kWh/bulan atau sebesar 13,33% dibandingkan bangunan eksisting. Sementara itu, biaya utilitas meningkat dari Rp6.091.000 menjadi Rp10.541.000 per bulan, dengan kenaikan sebesar 73,06% dibandingkan sebelumnya. Data ini dimodelkan dalam bentuk 3D menggunakan *SketchUp*, dengan desain fasad mengikuti hasil simulasi *EDGE* serta penambahan kisi-kisi untuk mengoptimalkan bayangan dan mengurangi intensitas cahaya masuk. Gambar 4 berikut merupakan hasil pemodelan *shading device eggcrate*.



**Gambar 4. Model Shading Device Eggcrate**

## Simulasi Hasil Redesain Menggunakan Velux Daylight Visualizer

Intensitas cahaya yang masuk pada bangunan sudah mendekati standar kenyamanan visual meskipun beberapa ruang masih belum sesuai dengan standar. Pengaplikasian *shading device* dengan bentuk *eggcrate* memberikan kenyamanan visual bagi pengguna pada area yang memiliki intensitas cahaya tinggi. Berikut merupakan hasil simulasi sebelum dan sesudah penambahan *shading device* tipe *eggcrate*:



**Gambar 5. Hasil Simulasi Lantai 5 pada Pukul 12.00 (a) Sebelum Penambahan *Shading Device* (b) Setelah Penambahan *Shading Device***

Berdasarkan gambar di atas, intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan mengalami penurunan yang digambarkan dengan berkurangnya area yang berwarna oranye tua hingga oranye tua dan didominasi dengan warna biru tua hingga biru muda. Hal tersebut menunjukkan rata-rata intensitas cahaya yang masuk sudah berada di bawah 500 lux, yang dimana intensitas cahaya yang masuk pada hampir semua ruang mendekati standar.

## 4 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pencahayaan alami pada ruang kelas dan laboratorium di Gedung Departemen Komputer Universitas Diponegoro secara umum melebihi standar kenyamanan visual berdasarkan SNI 03-6575-2001. Kondisi ini menyebabkan potensi silau yang dapat mengganggu aktivitas belajar mengajar. Melalui simulasi *Velux Daylight Visualizer* dan perancangan *shading device* tipe *eggcrate* menggunakan aplikasi *EDGE*, intensitas pencahayaan alami berhasil dikendalikan lebih mendekati standar kenyamanan visual. Redesain dengan *shading device* juga terbukti meningkatkan efisiensi energi hingga 15%, menjadikan strategi ini efektif secara visual dan energi.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, objek studi terbatas pada ruang kelas dan laboratorium di Gedung Departemen Komputer, sehingga hasil belum tentu mewakili kondisi bangunan pendidikan lain dengan orientasi, bentuk, atau fungsi ruang yang berbeda. Kedua, simulasi pencahayaan alami dilakukan menggunakan *Velux Daylight Visualizer* yang memiliki keterbatasan dalam memperhitungkan faktor-faktor dinamis seperti

reflektansi material aktual dan aktivitas penghuni. Ketiga, formulasi desain *shading device* hanya menggunakan aplikasi *EDGE* yang berfokus pada analisis efisiensi energi, sehingga aspek estetika arsitektural dan konstruktabilitas belum dianalisis secara mendalam.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi lebih detail terkait penggunaan jenis *shading device* lain seperti *horizontal louvers*, *vertical fins*, atau *dynamic shading systems* guna membandingkan efektivitasnya terhadap kenyamanan visual dan efisiensi energi. Selain itu, analisis lebih lanjut terhadap dampak pencahayaan terhadap suhu ruangan serta integrasi dengan sistem pencahayaan buatan adaptif juga dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kinerja keseluruhan bangunan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Universitas Diponegoro (UNDIP) atas segala bentuk dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak terkait di lingkungan UNDIP yang telah menyediakan gambar *Detail Engineering Design* (DED) dari bangunan yang menjadi objek studi, sehingga sangat membantu dalam proses pemodelan serta simulasi pencahayaan alami yang dilakukan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atthailah, A., Mangkuto, R. A., Subramaniam, S., & Yuliarto, B. (2024). Daylighting design validation and optimisation of tropical school classrooms with asymmetrical bilateral opening typology. *Indoor and Built Environment*, 33(3), 551–570. <https://doi.org/10.1177/1420326X231204513>
- Bazazzadeh, H., Świt-Jankowska, B., Fazeli, N., Nadolny, A., Najjar, B. S. A., Safaei, S. S. H., & Mahdavinejad, M. (2021). Efficient *shading device* as an important part of daylightophil architecture; a designerly framework of high-performance architecture for an office building in Tehran. *Energies*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/en14248272>
- Çelik, M., Didikoğlu, A., & Kazanasmaz, T. (2025). Optimizing lighting design in educational settings for enhanced cognitive performance: A literature review. *Energy and Buildings*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.115180>
- Fakıbaşa Dedeoğlu, E., & Yalçın, M. (2025). A Proposal for the Improvement of Daylight Integration and Distribution in the Educational Interior Space Through a (Pro-Sun) Ceiling

- Design with Curved Surfaces. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3).  
<https://doi.org/10.3390/su17031096>
- Hajji, A. M., Satria, S. Y., & Alfianto, I. (2024). The Analysis of Natural Lighting-based Visual Comfort for Classrooms Building by Using Velux Daylight Visualizer. In T. Cionita (Ed.), *E3S Web of Conferences* (Vol. 576). EDP Sciences.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457605002>
- Miranda, D. T., Barreto, D., & Flores-Colen, I. (2024). An Evaluation of the Luminous Performance of a School Environment Integrating Artificial Lighting and Daylight. *Sustainability (Switzerland)*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/su16041426>
- Othman, M. A., Ahmad, N. A., Haron, S. N., & Jaafar, A. S. (2022). THE ASSESMENT OF SIGNIFICANT PASSIVE DAYLIGHTING STRATEGIES IN EDUCATIONAL STUDIO (ES) OF UNIVERSITY BUILDINGS. *Malaysian Construction Research Journal*, 16(2), 29–44.  
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129775984&partnerID=40&md5=0afc3caa942f8404f73357404c07b966>
- Rahmah, L., & Jurizat, A. (2022). The effect of window orientation on the amount of light in the inner space over year using DIALux Evo application simulation. In D. Koerniawan & R. F. Aditra (Eds.), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1058, Issue 1). Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1058/1/012001>
- Shih, R. R. L. (2024). Impact of *shading devices* on daylight performance using simulation analysis. *Pollack Periodica*. <https://doi.org/10.1556/606.2024.01163>
- Verma, T., & Gopalakrishnan, P. (2021). Daylighting Evaluation and Retrofit Strategies: A Simulation-Based Approach to Optimise the Artificial Lighting Consumption. In A. Chakrabarti, R. Poovaiah, P. Bokil, & V. Kant (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies* (Vol. 222, pp. 903–915). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0119-4\\_73](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0119-4_73)
- Yalçın Koçak, N. S., Tastemir, I. A., Koymen, E., & Yasa, E. (2025). Daylight and Energy Performance Relationship of Classrooms and Office Spaces: Comparative Study of Istanbul Ticaret University Kucukyali Campus Building. In U. Berardi (Ed.), *Lecture Notes in Civil Engineering: Vol. 555 LNCE* (pp. 332–343). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-8317-5\\_49](https://doi.org/10.1007/978-981-97-8317-5_49)

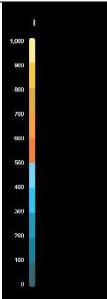
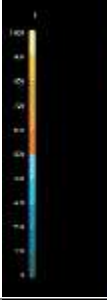
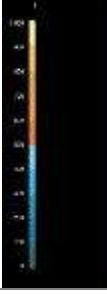
## Kutipan Artikel

Fakhri Ryan Ghiffari, Iqbal Wirayuda, Muhammad Ismail Hasan, Previari Umi Pramesti (2025), *Optimalisasi Redesain Fasad melalui Shading Device dalam upaya Peningkatan Kenyamanan Visual Bangunan Pendidikan*, JTD, Vol: 01, No: 01, Hal: 14-29: Mei. DOI: <http://doi.org/10.51170/jtd.v1i1.99>

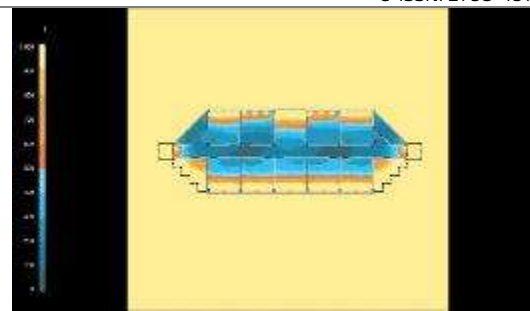
## LAMPIRAN

**TABEL 1. DATA HASIL SIMULASI BANGUNAN EKSISTING**

Pukul 09.00

| Lantai | Ruang                                           | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux                                                                        |
|--------|-------------------------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2      | 2.1                                             | 250       | 389,1             |   |
| 2      | 2.2                                             | 250       | 330               |                                                                                      |
| 3      | Laboratorium Jaringan dan Keamanan Komputer     | 350-500   | 585,7             |  |
| 3      | Laboratorium Multimedia                         | 350-500   | 466,9             |                                                                                      |
| 3      | Laboratorium <i>Software</i>                    | 350-500   | 874,7             |                                                                                      |
| 3      | Laboratorium <i>Embedded</i> , IOT dan Robotika | 350-500   | 248,3             |                                                                                      |
| 4      | 4.1                                             | 250       | 516,6             |  |
| 4      | 4.2                                             | 250       | 615,4             |                                                                                      |
| 4      | 4.3                                             | 250       | 349,9             |                                                                                      |
| 4      | 4.4                                             | 250       | 633,4             |                                                                                      |
| 4      | 4.5                                             | 250       | 506               |                                                                                      |
| 5      | 5.1                                             | 250       | 520               |  |
| 5      | 5.2                                             | 250       | 612,2             |                                                                                      |
| 5      | 5.3                                             | 250       | 359,4             |                                                                                      |
| 5      | 5.4                                             | 250       | 650               |                                                                                      |

|   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
| 5 | 5.5 | 250 | 656 |
| 5 | 5.6 | 250 | 636 |
| 5 | 5.7 | 250 | 658 |



## Pukul 12.00

| Lantai | Ruang                                           | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux |
|--------|-------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------|
| 2      | 2.1                                             | 250       | 493,9             |               |
| 2      | 2.2                                             | 250       | 546,4             |               |
| 3      | Laboratorium Jaringan dan Keamanan Komputer     | 350-500   | 756               |               |
| 3      | Laboratorium Multimedia                         | 350-500   | 617,1             |               |
| 3      | Laboratorium <i>Software</i>                    | 350-500   | 1132,57           |               |
| 3      | Laboratorium <i>Embedded</i> , IOT dan Robotika | 350-500   | 312               |               |
| 4      | 4.1                                             | 250       | 643,5             |               |
| 4      | 4.2                                             | 250       | 812,5             |               |
| 4      | 4.3                                             | 250       | 456,5             |               |
| 4      | 4.4                                             | 250       | 802,1             |               |
| 4      | 4.5                                             | 250       | 674,5             |               |
| 5      | 5.1                                             | 250       | 691,9             |               |
| 5      | 5.2                                             | 250       | 818,5             |               |
| 5      | 5.3                                             | 250       | 466,2             |               |
| 5      | 5.4                                             | 250       | 837,5             |               |
| 5      | 5.5                                             | 250       | 852,8             |               |
| 5      | 5.6                                             | 250       | 835,8             |               |
| 5      | 5.7                                             | 250       | 840,3             |               |

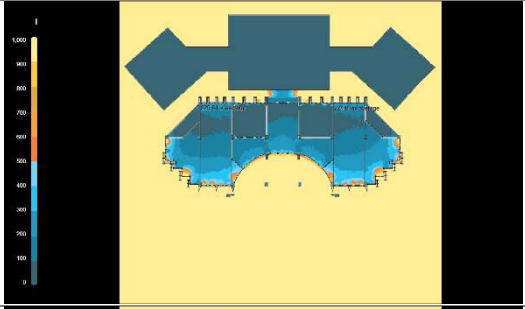
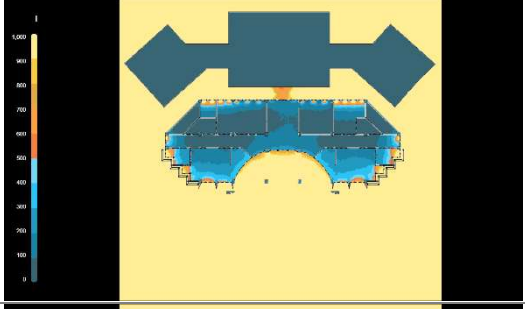
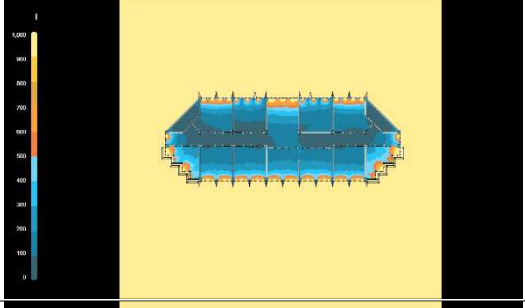
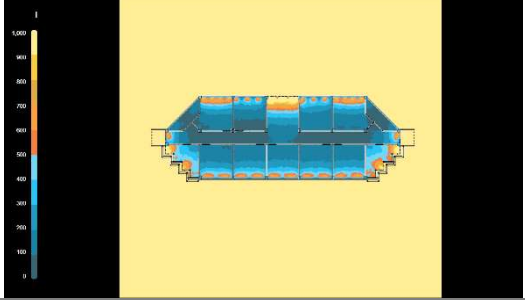
## Pukul 15.00

| Lantai | Ruang                                           | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux |
|--------|-------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------|
| 2      | 2.1                                             | 250       | 301,6             |               |
| 2      | 2.2                                             | 250       | 330               |               |
| 3      | Laboratorium Jaringan dan Keamanan Komputer     | 350-500   | 472,4             |               |
| 3      | Laboratorium Multimedia                         | 350-500   | 363,3             |               |
| 3      | Laboratorium <i>Software</i>                    | 350-500   | 699,4             |               |
| 3      | Laboratorium <i>Embedded</i> , IOT dan Robotika | 350-500   | 195,8             |               |
| 4      | 4.1                                             | 250       | 411,3             |               |
| 4      | 4.2                                             | 250       | 503               |               |
| 4      | 4.3                                             | 250       | 285,1             |               |
| 4      | 4.4                                             | 250       | 496,4             |               |
| 4      | 4.5                                             | 250       | 407,3             |               |
| 5      | 5.1                                             | 250       | 418,2             |               |
| 5      | 5.2                                             | 250       | 488               |               |
| 5      | 5.3                                             | 250       | 286,9             |               |
| 5      | 5.4                                             | 250       | 512,6             |               |
| 5      | 5.5                                             | 250       | 540,3             |               |
| 5      | 5.6                                             | 250       | 509,9             |               |
| 5      | 5.7                                             | 250       | 529               |               |

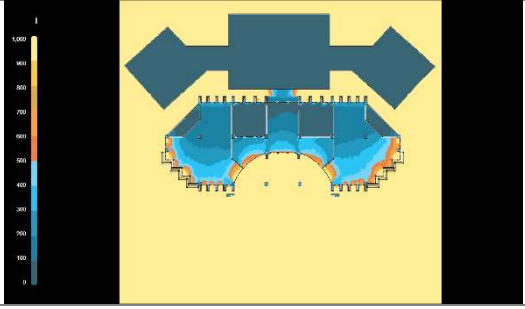
**TABEL 2. DATA HASIL SIMULASI PENAMBAHAN SHADING DEVICE**

**Pukul 09.00**

| Lantai | Ruang | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux |
|--------|-------|-----------|-------------------|---------------|
| 2      | 2.1   | 250       | 229,8             |               |

|   |                                                 |         |       |                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 2.2                                             | 250     | 224,6 |    |
| 3 | Laboratorium Jaringan dan Keamanan Komputer     | 350-500 | 286   |    |
| 3 | Laboratorium Multimedia                         | 350-500 | 309,5 |                                                                                      |
| 3 | Laboratorium <i>Software</i>                    | 350-500 | 449,6 |                                                                                      |
| 3 | Laboratorium <i>Embedded</i> , IOT dan Robotika | 350-500 | 328,5 |                                                                                      |
| 4 | 4.1                                             | 250     | 208,8 |   |
| 4 | 4.2                                             | 250     | 259,8 |                                                                                      |
| 4 | 4.3                                             | 250     | 142,4 |                                                                                      |
| 4 | 4.4                                             | 250     | 257,2 |                                                                                      |
| 4 | 4.5                                             | 250     | 204,6 |                                                                                      |
| 5 | 5.1                                             | 250     | 234,5 |  |
| 5 | 5.2                                             | 250     | 244,5 |                                                                                      |
| 5 | 5.3                                             | 250     | 147,6 |                                                                                      |
| 5 | 5.4                                             | 250     | 255,2 |                                                                                      |
| 5 | 5.5                                             | 250     | 263,7 |                                                                                      |
| 5 | 5.6                                             | 250     | 249,8 |                                                                                      |
| 5 | 5.7                                             | 250     | 262,2 |                                                                                      |

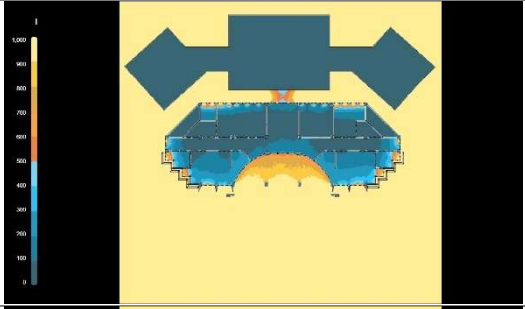
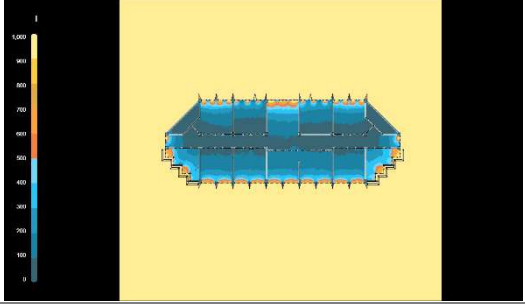
## Pukul 12.00

| Lantai | Ruang                                       | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux                                                                        |
|--------|---------------------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2      | 2.1                                         | 250       | 232               |  |
| 2      | 2.2                                         | 250       | 269               |                                                                                      |
| 3      | Laboratorium Jaringan dan Keamanan Komputer | 350-500   | 371,2             |                                                                                      |

|   |                                                    |         |       |  |
|---|----------------------------------------------------|---------|-------|--|
| 3 | Laboratorium Multimedia                            | 350-500 | 403,5 |  |
| 3 | Laboratorium <i>Software</i>                       | 350-500 | 418,5 |  |
| 3 | Laboratorium <i>Embedded</i> ,<br>IOT dan Robotika | 350-500 | 419,5 |  |
| 4 | 4.1                                                | 250     | 267,8 |  |
| 4 | 4.2                                                | 250     | 274,1 |  |
| 4 | 4.3                                                | 250     | 252,4 |  |
| 4 | 4.4                                                | 250     | 267,5 |  |
| 4 | 4.5                                                | 250     | 221,6 |  |
| 5 | 5.1                                                | 250     | 315,6 |  |
| 5 | 5.2                                                | 250     | 315   |  |
| 5 | 5.3                                                | 250     | 261   |  |
| 5 | 5.4                                                | 250     | 327,7 |  |
| 5 | 5.5                                                | 250     | 323,3 |  |
| 5 | 5.6                                                | 250     | 325,9 |  |
| 5 | 5.7                                                | 250     | 340,2 |  |

## Pukul 15.00

| Lantai | Ruang                                          | SNI (lux) | Hasil Velux (lux) | Diagram Velux |
|--------|------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------|
| 2      | 2.1                                            | 250       | 144,6             |               |
| 2      | 2.2                                            | 250       | 167,9             |               |
| 3      | Laboratorium Jaringan dan<br>Keamanan Komputer | 350-500   | 231,7             |               |
| 3      | Laboratorium Multimedia                        | 350-500   | 249,4             |               |
| 3      | Laboratorium <i>Software</i>                   | 350-500   | 356               |               |

|          |                                                    |         |       |                                                                                     |
|----------|----------------------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3</b> | Laboratorium <i>Embedded</i> ,<br>IOT dan Robotika | 350-500 | 259,2 |   |
| <b>4</b> | 4.1                                                | 250     | 166,7 |   |
| <b>4</b> | 4.2                                                | 250     | 207,5 |                                                                                     |
| <b>4</b> | 4.3                                                | 250     | 115,5 |                                                                                     |
| <b>4</b> | 4.4                                                | 250     | 207,6 |                                                                                     |
| <b>4</b> | 4.5                                                | 250     | 166,1 |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.1                                                | 250     | 185,8 |  |
| <b>5</b> | 5.2                                                | 250     | 199,6 |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.3                                                | 250     | 114,3 |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.4                                                | 250     | 196,3 |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.5                                                | 250     | 209   |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.6                                                | 250     | 201   |                                                                                     |
| <b>5</b> | 5.7                                                | 250     | 212,8 |                                                                                     |