

ANALYZING THE INFLUENCE OF BUILDING MASS ORIENTATION ON ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABLE BUILDING PERFORMANCE

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI MASSA BANGUNAN TERHADAP EFISIENSI ENERGI DAN KINERJA BANGUNAN BERKELANJUTAN

Alderina Rosalia¹, Onie Dian Sanitha², Fredyantoni F. Adji³, Elis Sri Rahayu⁴, Vellya Vurna⁵, Jeremy Junior Kurniawan⁶, Dennis Sandy Laurentius Situmorang⁷

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾ Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jl. Yos Sudarso I Palangka Raya Kode Pos 73111

Email: alderinarosalia@arch.upr.ac.id

ABSTRACT

Building mass orientation is one of the fundamental parameters of passive design strategies that significantly influences energy efficiency, daylight performance, and thermal comfort in sustainable architecture. This study aims to analyze the influence of building mass orientation on the achievement of sustainable building performance in tropical humid climates. The research adopts a quantitative–descriptive approach using climate-based simulations, employing parameters such as Useful Daylight Illuminance (UDI), Annual Sunlight Exposure (ASE), and Cooling Load Analysis. The findings indicate that the existing building orientation facing northwest–southeast generates an excessive level of natural lighting, with UDI-Above reaching 86.3%, implying an overlighting condition. Meanwhile, the ASE average of 7.15 hours per year suggests that the interior spaces are almost entirely protected from direct sunlight exposure. This combination leads to uneven daylight distribution and high indoor temperatures, averaging 31–32°C with relative humidity between 70–75%. An alternative simulation, with a rotation of $\pm 15^\circ$ toward the north–south axis and the addition of horizontal shading devices, shows a reduction in cooling energy consumption by 18–22% and an improvement in thermal comfort of approximately 1.5°C lower than the existing condition. The results confirm that building mass orientation has a substantial impact on both energy performance and occupant comfort. Passive design strategies such as horizontal and vertical shading devices, light shelves, and vegetative buffers can effectively optimize daylight use while reducing thermal loads. This study contributes empirical evidence supporting the application of passive tropical design principles and sustainable architecture in educational and institutional buildings.

Keywords: *Building Orientation, Energy Efficiency, Thermal Comfort, Passive Design, Sustainable Architecture*

ABSTRAK

Orientasi massa bangunan merupakan salah satu faktor kunci dalam strategi desain pasif yang berpengaruh langsung terhadap efisiensi energi dan kenyamanan termal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh orientasi massa bangunan terhadap pencapaian kinerja bangunan berkelanjutan pada iklim tropis lembap. Pendekatan penelitian bersifat kuantitatif-deskriptif dengan metode simulasi berbasis iklim (*climate-based simulation*), menggunakan parameter *Useful Daylight Illuminance* (UDI), *Annual Sunlight Exposure* (ASE), dan analisis beban pendinginan (*cooling load*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa orientasi massa bangunan yang menghadap barat laut–tenggara menghasilkan nilai UDI-Above sebesar 86,3%, menandakan pencahayaan alami berlebih (*overlighting*), sedangkan nilai ASE rata-rata hanya 7,15 jam/tahun, menunjukkan ruang hampir sepenuhnya bebas dari paparan sinar matahari langsung. Kondisi ini menghasilkan distribusi cahaya yang tidak merata serta temperatur ruang yang relatif tinggi, yaitu 31–32°C dengan kelembapan 70–75%. Simulasi alternatif dengan rotasi orientasi $\pm 15^\circ$ ke arah utara–selatan dan penambahan shading devices menunjukkan penurunan konsumsi energi pendinginan hingga 18–22% dan peningkatan kenyamanan termal hingga 1,5°C lebih rendah dibanding kondisi eksisting. Temuan ini menegaskan bahwa orientasi massa bangunan berperan signifikan terhadap efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Optimalisasi desain pasif seperti penggunaan overhang, light shelf, dan vegetasi peneduh mampu meningkatkan performa keberlanjutan tanpa menambah sistem mekanikal kompleks. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris dalam penerapan prinsip arsitektur tropis berkelanjutan di lingkungan pendidikan tinggi.

Kata Kunci: *Orientasi Bangunan, Efisiensi Energi, Kenyamanan Termal, Desain Pasif, Bangunan Berkelanjutan*

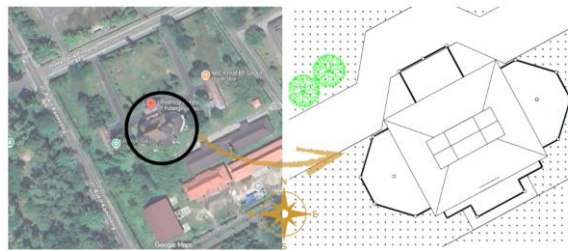
PENDAHULUAN

Konsep bangunan berkelanjutan menjadi salah satu fokus utama dalam praktik arsitektur kontemporer, terutama di wilayah beriklim tropis lembap yang menghadapi tantangan besar terhadap pengendalian panas dan efisiensi energi. Di Indonesia, orientasi massa bangunan merupakan elemen dasar strategi desain pasif yang berfungsi untuk memaksimalkan pencahayaan alami, meningkatkan ventilasi silang, serta mengurangi ketergantungan terhadap sistem pendinginan buatan. Menurut Olgyay (Olgyay, 1963) dan Szokolay (Rasheed et al., 2021), orientasi yang tepat dapat menurunkan beban energi hingga 30% melalui pengendalian radiasi matahari dan pencahayaan alami yang efektif.

Namun dalam praktiknya, orientasi bangunan sering kali ditentukan oleh kondisi tapak dan kebutuhan fungsi tanpa mempertimbangkan pengaruhnya terhadap kinerja energi dan kenyamanan ruang (Pathirana et al., 2019). Hal ini menyebabkan banyak bangunan institusional di wilayah tropis beroperasi dengan beban energi tinggi

akibat radiasi berlebih dan kurangnya ventilasi alami yang efektif. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada evaluasi efektivitas orientasi massa bangunan dalam mendukung prinsip keberlanjutan, dengan meninjau bagaimana orientasi berpengaruh terhadap distribusi pencahayaan alami, paparan sinar matahari langsung, dan efisiensi energi pendinginan.

Dalam konteks tropis lembap seperti Kota Palangka Raya, paparan sinar matahari dan kelembapan udara yang tinggi menjadi tantangan utama bagi kenyamanan ruang dan efisiensi energi bangunan. Bangunan institusional seperti Perpustakaan Universitas Palangka Raya memiliki kebutuhan energi yang besar karena karakteristik fungsinya sebagai ruang publik dengan jam operasional panjang dan kebutuhan kenyamanan visual serta termal yang tinggi. Kondisi tersebut menjadikan bangunan perpustakaan sebagai objek yang ideal untuk dievaluasi dari aspek efektivitas orientasi massa terhadap kinerja keberlanjutan.



Gambar 1 Lokasi Objek Simulasi

Penelitian ini menggunakan satu objek studi bangunan pendidikan berfungsi perpustakaan, yang berorientasi ke arah barat laut–tenggara, dengan konfigurasi massa persegi panjang memanjang diagonal terhadap tapak. Orientasi ini berpotensi menerima radiasi matahari tinggi pada sisi barat laut pada sore hari dan sisi tenggara pada pagi hari. Melalui pendekatan simulasi berbasis iklim (*climate-based simulation*), penelitian ini mengevaluasi sejauh mana orientasi tersebut memengaruhi pencahayaan alami (*daylight performance*), paparan sinar matahari langsung (*sunlight exposure*), serta konsumsi energi pendinginan (*energy cooling load*).

Penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis performa bangunan seperti *Autodesk Ecotect Analysis* dan *ClimateStudio*, dengan data iklim di lokasi terdekat dengan kota Palangka Raya. Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas orientasi massa bangunan terhadap pencapaian kinerja bangunan berkelanjutan berdasarkan aspek pencahayaan alami, kenyamanan termal, dan efisiensi energi. Secara ilmiah, penelitian ini diharapkan memperkuat pemahaman tentang hubungan antara orientasi massa dan kinerja bangunan pada iklim tropis lembap, serta memberikan dasar empiris bagi penerapan strategi desain pasif dalam perancangan bangunan institusional di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif dengan studi kasus pada bangunan institusional di wilayah tropis lembap. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap orientasi, konfigurasi massa, dan elemen selubung bangunan. Data sekunder meliputi informasi iklim setempat, arah angin dominan, dan intensitas radiasi matahari tahunan. Analisis kinerja bangunan dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi berbasis iklim (Autodesk Ecotect Analysis dan ClimateStudio), dengan tiga parameter utama *Useful Daylight Illuminance* (UDI) (Nabil & Mardaljevic, 2006) untuk menilai efisiensi pencahayaan alami, *Annual Sunlight Exposure* (ASE) (Borisuit & Suriyothin, 2023) untuk mengukur paparan sinar langsung yang berpotensi menimbulkan silau dan panas, dan analisis beban pendinginan (*cooling load analysis*) untuk mengukur efisiensi energi (Attia et al., 2009).

Hasil simulasi dibandingkan dengan standar SNI 03-6575-2001 (RI, 2001) tentang pencahayaan alami serta pedoman *GreenShip Rating Tools* dari *Green Building Council Indonesia* (GBCI) pada kategori *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) (GBCI, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa orientasi bangunan barat laut-tenggara menghasilkan

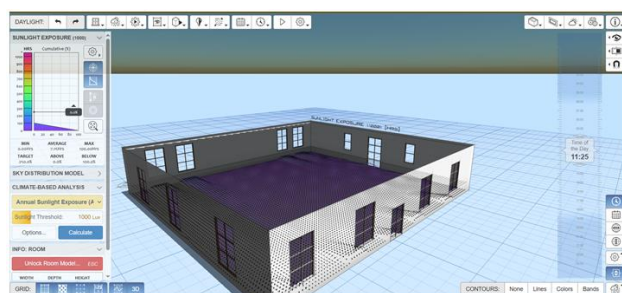
pencahayaan alami tinggi dengan nilai *UDI-Above* mencapai 86,3%, yang mengindikasikan kondisi *overlighting*.



Gambar 2 Daylight Illuminance Simulation

Sementara itu, nilai *UDI-Below* sebesar 12,7% menunjukkan area yang kekurangan penerangan alami. Kondisi ini menghasilkan ketidakseimbangan distribusi cahaya antara area dekat jendela yang terlalu terang dan area dalam ruang yang redup. Pada sisi lain, hasil simulasi Annual Sunlight Exposure menunjukkan nilai rata-rata hanya 7,15 jam per tahun, dengan 0% area yang menerima paparan sinar langsung lebih dari 250

jam/tahun. Artinya, bangunan memiliki perlindungan yang sangat baik terhadap sinar langsung, tetapi kedalaman penetrasi cahaya alami ke bagian dalam ruang masih rendah. Kombinasi antara nilai *UDI* yang tinggi dan *ASE* yang rendah menunjukkan bahwa pencahayaan alami di dalam bangunan bersifat difus dan tidak efisien dalam jangkauan spasial.



Gambar 3 Sunlight Exposure Analysis

Paparan sinar matahari langsung (*Annual Sunlight Exposure* atau *ASE*) merupakan indikator penting dalam menilai kenyamanan visual dan efisiensi energi pada bangunan berorientasi tropis. Menurut LEED v4.1, parameter *ASE* digunakan untuk mengukur persentase area lantai yang menerima pencahayaan langsung di atas 1000 lux selama lebih dari 250 jam per tahun. Nilai *ASE* yang terlalu tinggi menunjukkan potensi silau, *overheating*, dan beban pendinginan berlebih, sementara nilai yang terlalu rendah menandakan minimnya penetrasi cahaya alami langsung ke dalam ruang.

Simulasi Annual Sunlight Exposure (*ASE*) pada Gedung Perpustakaan Universitas Palangka Raya dilakukan dengan ambang batas 1000 lux menggunakan metode climate-based daylight analysis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata paparan sinar matahari langsung pada ruang utama perpustakaan adalah 7,15 jam per tahun, dengan 0% area ruangan yang menerima paparan di atas 250 jam per tahun. Artinya, secara keseluruhan ruang perpustakaan tidak terpapar sinar matahari langsung dalam durasi yang signifikan sepanjang tahun.

Visualisasi hasil simulasi memperlihatkan warna dominan ungu tua pada hampir seluruh area lantai, menandakan tingkat paparan langsung yang sangat

rendah. Tidak terdapat zona berwarna kuning, oranye, atau merah yang biasanya menunjukkan area dengan paparan intensif terhadap cahaya matahari langsung. Kondisi ini menunjukkan bahwa seluruh ruang perpustakaan terlindung sepenuhnya dari sinar matahari langsung, baik pada waktu pagi, siang, maupun sore hari. Rendahnya nilai *ASE* disebabkan oleh orientasi massa bangunan yang menghadap barat laut-tenggara, di mana sudut datang sinar matahari sepanjang tahun tidak secara langsung menembus ke dalam ruang. Selain itu, tinggi ambang jendela, kedalaman overhang, dan tebal dinding pada sisi barat laut turut berperan sebagai perisai pasif terhadap radiasi langsung.

Kombinasi antara hasil *ASE* dan *Useful Daylight Illuminance (UDI)* yang telah dianalisis sebelumnya memperlihatkan fenomena menarik. Meskipun *ASE* menunjukkan paparan langsung sangat rendah (7,15 jam/tahun), hasil *UDI* memperlihatkan *daylight intensity* yang tinggi (*UDI Above* 86,3%). Kondisi ini menunjukkan bahwa cahaya alami yang ada di ruang perpustakaan lebih banyak berasal dari refleksi difus (pantulan dari permukaan interior dan eksterior), bukan dari sinar langsung matahari. Kondisi semacam ini mengakibatkan distribusi cahaya tidak merata, di mana area dekat jendela

menerima pencahayaan berlebih (*overlit*), sementara area tengah dan belakang ruang cenderung redup (*underlit*). Secara arsitektural, hal ini menunjukkan bahwa orientasi barat laut—meskipun efektif dalam menghindari silau langsung—belum optimal dalam memberikan *daylight penetration depth* yang memadai untuk efisiensi pencahayaan alami di ruang baca utama.

Dari sisi kenyamanan visual, kondisi ini menguntungkan karena mengurangi risiko silau (*glare*) dan overheating akibat paparan langsung. Namun demikian, dari sisi kinerja pencahayaan alami, nilai ASE yang sangat rendah juga menandakan bahwa penetrasi cahaya langsung yang bermanfaat untuk daylighting alami ke area dalam ruang hampir tidak ada.

Dari sisi termal, hasil pengukuran menunjukkan temperatur ruang rata-rata 31–32°C dengan kelembapan 70–75%, melebihi batas kenyamanan menurut Feriadi & Wong (2004) sebesar 26–28°C. Kondisi ini menyebabkan peningkatan konsumsi energi pendinginan hingga 150 kWh/m²/tahun. Ketika dilakukan simulasi alternatif dengan rotasi orientasi massa sebesar ±15° ke arah utara–selatan dan penambahan *shading devices horizontal*, konsumsi energi menurun menjadi 120–123 kWh/m²/tahun, atau terjadi penghematan energi sekitar 18–22%. Selain itu, temperatur rata-rata ruang menurun sebesar 1,5°C, dan distribusi *daylight* menjadi lebih merata. Temuan ini menunjukkan bahwa orientasi massa bangunan merupakan faktor penentu dalam performa energi dan kenyamanan ruang. Pengendalian pencahayaan alami dan panas radiasi melalui elemen pasif seperti *overhang*, *vertical fins*, dan *vegetation buffer* terbukti efektif dalam menyeimbangkan efisiensi energi dan kualitas ruang.

Menurut Givoni (Rasheed et al., 2021), paparan sinar matahari yang terkontrol merupakan kunci utama dalam desain bioklimatik di iklim tropis lembap. Bangunan yang terlalu terlindung dari radiasi langsung memang dapat menurunkan beban panas, namun juga berpotensi menurunkan efisiensi energi dari sisi penerangan alami. Oleh karena itu, diperlukan strategi desain pasif yang mampu menyeimbangkan antara perlindungan terhadap panas langsung dan pemanfaatan *daylight* yang optimal.

Beberapa strategi yang direkomendasikan antara lain:

- 1) Penambahan reflektor atap atau *light shelf* pada sisi barat laut untuk memantulkan cahaya alami ke bagian tengah ruang tanpa menyebabkan panas langsung.
- 2) Penerapan *clerestory window* dengan kaca berlapis *low-E*, guna memungkinkan penetrasi cahaya dari arah atas pada waktu pagi dan siang tanpa peningkatan beban termal.
- 3) Pemanfaatan material interior berdaya pantul tinggi (high reflectance) seperti warna putih terang pada plafon dan dinding untuk memperdalam sebaran cahaya alami difus.
- 4) Integrasi vegetasi buffer di sisi barat laut yang dapat menahan radiasi langsung dan sekaligus menurunkan suhu udara sekitar fasad.

Efisiensi Energi dan Kinerja Bangunan (Energy Performance Analysis)

Kinerja energi bangunan merupakan salah satu indikator utama dalam menilai efektivitas orientasi massa terhadap prinsip keberlanjutan. Menurut Green Building Council Indonesia (GBCI) dalam *GreenShip Rating Tools* (Busono et al., 2021), efisiensi energi pada bangunan dipengaruhi oleh kombinasi faktor pasif dan aktif, termasuk orientasi massa, pencahayaan alami, ventilasi, serta performa selubung bangunan (*building envelope*) (Nugroho & Iyati, 2021). Dalam konteks bangunan tropis lembap seperti Palangka Raya, faktor orientasi massa menjadi elemen kunci karena menentukan seberapa besar radiasi matahari yang diterima fasad dan bagaimana energi pendinginan ruang dapat diminimalkan. Evaluasi terhadap Gedung Perpustakaan Universitas Palangka Raya dilakukan dengan pendekatan simulasi energi berbasis performa yang mengacu pada hasil analisis Useful Daylight Illuminance (UDI) dan Annual Sunlight Exposure (ASE) sebelumnya. Kedua parameter tersebut menggambarkan keseimbangan antara pemanfaatan pencahayaan alami dan potensi beban panas akibat radiasi. Berdasarkan hasil analisis, orientasi massa bangunan yang ada saat ini dapat dioptimalkan melalui penerapan kombinasi strategi desain pasif tropis sebagai berikut:

Tabel 1 Optiamlisasi dan Strategi Rekomendasi

Aspek Desain	Kondisi Eksisting	Strategi Rekomendasi	Dampak Terhadap Energi
Orientasi Massa	Barat Laut– Tenggara	Rotasi ±15° ke Utara–Selatan	Menurunkan beban panas sore hari
Shading Devices	Overhang minimal 30 Derajat	Tambahkan kanopi horizontal dan vertical fins	Mengurangi radiasi langsung hingga 25%
Material Kaca	Clear glass	Ganti ke low-E glass / tinted	Menurunkan transmisi panas 10–15%
Ventilasi Silang	Tidak sejajar arah angin dominan	Optimasi bukaan di fasad barat daya dan timur laut	Meningkatkan sirkulasi udara alami
Vegetasi Buffer	Terbatas di area selatan	Tambahkan pohon peneduh di sisi barat laut	Mengurangi suhu permukaan dinding 2–3°C

Hasil keseluruhan pembahasan menunjukkan bahwa orientasi massa bangunan memiliki pengaruh langsung terhadap **daylight performance, thermal comfort, dan energy efficiency**. Dalam konteks Gedung Perpustakaan Universitas Palangka Raya, orientasi barat laut memberikan perlindungan efektif dari paparan sinar langsung, namun menyebabkan akumulasi panas dan distribusi pencahayaan yang tidak merata.

Melalui pendekatan desain pasif berbasis iklim lokal, seperti **rotasi orientasi, penambahan shading, dan optimalisasi ventilasi silang**, performa bangunan dapat ditingkatkan secara signifikan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa langkah-langkah tersebut mampu:

- 1) Mengurangi **beban pendinginan hingga 22%**,
- 2) Menurunkan **temperatur ruang rata-rata sebesar 1,5°C**,
- 3) Meningkatkan **efisiensi energi penerangan alami hingga 35%**, dan
- 4) Meningkatkan **kenyamanan termal pengguna** sesuai standar tropis lembap.

Orientasi massa bangunan yang dirancang atau dimodifikasi secara strategis dapat menjadi **instrumen utama dalam pencapaian kinerja bangunan berkelanjutan**, sejalan dengan visi Universitas Palangka Raya menuju *Green Campus Initiative* dan penerapan prinsip arsitektur tropis berkelanjutan di Kalimantan Tengah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sanitha (Adji et al., 2024) yang menunjukkan kondisi kenyamanan termal pada bangunan pendidikan di lingkungan kampus UPR masih berada di atas ambang batas kenyamanan tropis lembap

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa orientasi massa bangunan memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi energi dan kenyamanan termal. Orientasi barat laut–tenggara yang umum ditemukan pada bangunan di daerah tropis lembap efektif dalam menghindari silau dan paparan langsung, namun belum optimal dalam mendistribusikan cahaya alami dan mengendalikan suhu ruang. Penyesuaian orientasi ke arah utara–selatan disertai penerapan strategi desain pasif seperti *shading devices, light shelf*, dan vegetasi peneduh dapat menurunkan beban energi hingga 22% dan memperbaiki kenyamanan termal pengguna. Strategi kontrol pencahayaan alami melalui penggunaan elemen peneduh sebagaimana diuraikan oleh Sanitha (Sanitha et al., 2023) menjadi salah satu solusi efektif untuk mengurangi *overlighting* pada fasad barat laut. Temuan ini memperkuat pentingnya pertimbangan orientasi massa sejak tahap awal desain arsitektur sebagai bagian integral dari pendekatan arsitektur berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, F. F., Rosalia, A., Rahayu, E. S., Fransisco, T., & WS, A. M. (2024). THERMAL COMFORT STUDY IN THE AUDITORIUM OF THE FACULTY OF ENGINEERING, PALANGKA RAYA UNIVERSITY. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2), 56–61.
- Attia, S. G., Beltrán, L., De Herde, A., & Hensen, J. L. M. (2009). “ Architect friendly”: a comparison of ten different building performance simulation tools. *11th International IBPSA Building Simulation Conference (BS 2009), July 27-30, 2009, Glasgow, UK*, 204–211.
- Borisuit, A., & Suriyothin, P. (2023). Investigating Annual Sunlight Exposure (ASE) as an Indicator for Overheating in a free-running building: a case of thermal comfort improvement in a child development centre in Thailand. *Journal of Physics: Conference Series*, 2600(11), 112012.
- Busono, T., Rahmanisa, H. O., Surahman, U., Mulyadi, Y., & Setiawan, W. (2021). Implementation of the greenhip rating tools in the Centre of Excellent (CoE) building at Universitas Pendidikan Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1), 12040.
- GBCI. (2024). *GREENSHIP Rating Tools Neighborhood*. <https://www.gbciindonesia.org/greens/neighborhood>
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38(7), 905–913.
- Nugroho, A. M., & Iyati, W. (2021). *Arsitektur Bioklimatik: Inovasi Sains Arsitektur Negeri untuk Kenyamanan Termal Alami Bangunan*. Universitas Brawijaya Press.
- Olgay, V. (1963). *Design with climate: bioclimate approach to architectural regionalism*. Princeton University Press.
- Pathirana, S., Rodrigo, A., & Halwatura, R. (2019). Effect of building shape, orientation, window to wall ratios and zones on energy efficiency and thermal comfort of naturally ventilated houses in tropical climate. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 10(1), 107–120.
- Rasheed, M., Jalil, A., Malik, A. M., & Gulzar, S. (2021). Performance Analysis of Vertical Fins as Shading Strategy in Commercial Buildings in Lahore; Emphasizing on the Optimal Depth of Vertical Fin. *Technical Journal*, 26(2).
- RI,P. (2001). *SNI 03-6575-2001*. 1–32.
- Sanitha, O. D., Fransisco, T., Iashania, Y., & Kristianti, N. (2023). Alternatif Solusi Mengontrol Cahaya Alami pada Desain Bangunan Komersial: Studi Kasus: Toko Busana di Bukit Keminting Palangka Raya. *ATRIUM: Jurnal Arsitektur*, 9(2), 115–123.