

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sektor bangunan komersial dan institusional berkontribusi sekitar 30-40% dari total konsumsi energi global (Atam & Helsen, 2016; Dincer dkk., 2024). Di Eropa, sektor bangunan menyumbang lebih dari 40% dari total energi yang digunakan (Torgal dan Jalali, 2011, sebagaimana dikutip dalam Rajagopalan, 2019). Di negara berkembang, konsumsi energi sektor bangunan mencapai lebih dari 60% dari total konsumsi energi sektor bangunan global dan angka ini terus meningkat (Semikashev dkk., 2024). Tingginya konsumsi energi secara global dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti penggunaan sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) yang menyumbang sekitar 50% dari konsumsi energi bangunan dan menjadi salah satu pendorong utama peningkatan permintaan energi (Atam & Helsen, 2016; Dincer dkk., 2024). Pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan peningkatan permintaan akan kenyamanan di dalam bangunan turut mendorong peningkatan konsumsi energi (Rajagopalan, 2019). Selain itu, energi juga digunakan untuk kebutuhan operasional seperti pemanasan, pendinginan, penerangan, dan peralatan elektronik, yang secara kolektif menyumbang hingga 70% dari total konsumsi energi bangunan (Chakraborty, 2017). Konsumsi energi yang tinggi di sektor bangunan berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca mencapai sekitar 36% dari total emisi global (Rajagopalan, 2019). Peningkatan konsumsi energi di negara berkembang sering kali disertai dengan transisi ke teknologi yang lebih modern dan efisien energi, meskipun dalam pengembangannya tetap diikuti dengan tantangan biaya dan tekanan eksternal (Semikashev dkk., 2024).

Sebagai respon dari urgensi pembangunan berkelanjutan dan efisiensi energi, penerapan konsep *green building* saat ini telah menjadi paradigma utama dalam sektor konstruksi. Pendekatan ini difokuskan pada upaya mereduksi tingkat konsumsi energi, air, dan material, sekaligus menekan dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup pengguna bangunan (Doan dkk., 2023; El Ashmawy dkk., 2024; Liu dkk., 2022). Perancangan *green building* ditujukan untuk mengurangi tingkat konsumsi energi melalui pengintegrasian teknologi energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin, serta penerapan desain yang mengoptimalkan ventilasi alami maupun pencahayaan (Du, 2024; El Ashmawy dkk., 2024). *Green building* secara langsung mendukung capaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), yaitu SDG 7 (*Affordable and Clean Energy*), SDG 11 (*Sustainable Cities and Communities*), dan SDG 13 (*Climate Action*) melalui langkah reduksi emisi karbon serta peningkatan efisiensi energi (Alawneh dkk., 2018, 2019; Wen dkk., 2020). Sebagai salah satu strategi peningkatan efisiensi energi, konsep desain adaptif diimplementasikan melalui penyesuaian rancangan bangunan terhadap kondisi iklim lokal guna mengoptimalkan pencapaian efisiensi energi (Chen, 2020; Du, 2024). Meskipun demikian, keberhasilan implementasinya tetap memerlukan dukungan kebijakan yang kuat, intensif finansial, serta peningkatan kesadaran publik (Liu dkk., 2022). Melalui penyelesaian tantangan-tantangan tersebut, *green building* berpotensi menjadi katalisator utama dalam pembangunan berkelanjutan.

Tingkat konsumsi energi listrik untuk kebutuhan pencahayaan pada bangunan sekitar 15-50%, yang persentasenya dipengaruhi oleh tipologi bangunan serta sistem pencahayaan yang diimplementasikan (Benger dkk., 2025; Carletti dkk., 2017). Pada bangunan universitas, akumulasi penggunaan energi oleh sistem pencahayaan dan tata udara mampu mencapai 60% dari keseluruhan konsumsi energi (L. Zhang dkk., 2020). Sedangkan dalam skala global, sektor bangunan mengalokasikan sekitar 15-20% dari total penggunaan listriknya secara khusus untuk elemen pencahayaan (Pompei dkk., 2022).

Pemanfaatan cahaya alami melalui pendekatan strategi desain pasif—meliputi perancangan fasad, ventilasi alami, serta pengendalian radiasi matahari—mampu mereduksi kebergantungan terhadap sistem pencahayaan buatan, yang berdampak pada efisiensi konsumsi energi hingga mencapai 90% pada kasus-kasus tertentu (Tapia-Maureira & Moreno, 2018). Di samping itu, integrasi pencahayaan alami berpotensi mengoptimalkan tingkat kenyamanan visual pengguna ruang sekaligus meminimalisasi risiko silau (*glare*) (Idrus & Latif, 2025). Terdapat empat strategi yang menjadi pendekatan utama dalam implementasi desain pasif, yaitu penyelarasan orientasi massa bangunan guna mengoptimalkan tingkat penetrasi cahaya alami (Asyrafi & Andrea, 2024; Tapia-Maureira & Moreno, 2018). Pengaplikasian material reflektif, lapisan insulasi, serta konfigurasi bukaan jendela untuk mengontrol transmisi cahaya maupun panas (Saleem dkk., 2024; Tapia-Maureira & Moreno, 2018). Pemanfaatan elemen desain adaptif, seperti peranti peneduh (*shading device*) dan penghawaan alami guna mengeskalisasi efisiensi energi serta kenyamanan termal (Chadalavada dkk., 2025). Selain itu, penggunaan pemodelan komputasional berbasis simulasi guna memaksimalkan performa strategi pencahayaan alami, sebagaimana yang diimplementasikan pada tipologi ruang kelas di kawasan beriklim tropis (Idrus & Latif, 2025). Pengintegrasian strategi pasif secara komprehensif mampu menurunkan beban energi yang dialokasikan untuk sistem pencahayaan dan tata udara, mereduksi temperatur ruang dalam (suhu internal) pada rentang 2,5–3°C, serta menekan total konsumsi energi hingga 29% pada wilayah beriklim panas dan lembap (Chadalavada dkk., 2025; Tapia-Maureira & Moreno, 2018).

Indonesia dihadapkan pada tantangan perancangan arsitektur yang kompleks, khususnya terkait upaya mengoptimalkan pemanfaatan pencahayaan alami tanpa memicu eskalasi beban termal akibat radiasi panas dan risiko silau (*glare*). Secara geografis, wilayah Indonesia memang menerima keuntungan berupa paparan radiasi matahari yang melimpah sepanjang tahun, menjadikannya potensi utama untuk penerapan strategi pencahayaan pasif. Meskipun demikian, intensitas penyinaran yang terlampau

tinggi tersebut kerap kali menjadi paradoks dalam desain—alih-alih memberikan kenyamanan—kondisi ini justru sering memicu terjadinya gangguan visual berupa silau serta distribusi iluminasi yang tidak merata pada tata ruang dalam (Hasan dkk., 2025; Samodra dkk., 2020) sehingga penetrasi sinar matahari langsung membawa dampak berupa radiasi termal yang secara signifikan memicu eskalasi suhu internal ruangan (*overheating*). Tingkat kerentanan tertinggi terhadap akumulasi beban termal ini teridentifikasi pada bidang fasad yang berorientasi ke arah timur dan barat, mengingat kedua sisi tersebut paling terekspos oleh sudut jatuh radiasi matahari yang rendah (Abd Salam dkk., 2024; Shi Nii dkk., 2023).

Pencahayaan ruang edukasi di Indonesia diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), yang menetapkan tingkat pencahayaan minimum untuk memastikan kenyamanan visual dan mendukung proses belajar-mengajar. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, ditetapkan tingkat pencahayaan minimum untuk lembaga pendidikan secara spesifik untuk ruang kelas senilai 350 lux, ruang praktik komputer senilai 500 lux, ruang guru senilai 300 lux, dan seterusnya. Tercatat, hanya 28% dari total ruang kelas di Indonesia yang secara aktual telah memenuhi kualifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) (Idrus dkk., 2020). Selain itu, aspek rancangan bangunan—yang mencakup parameter orientasi massa, rasio luas bukaan terhadap luas dinding (*Window-to-Wall Ratio*/WWR), serta dimensi kedalaman teritisan (*overhang*)—berimplikasi langsung terhadap pola distribusi pencahayaan alami di dalam ruang. Sebagai acuan kuantitatif, pencapaian tingkat iluminasi alami yang optimal mensyaratkan nilai ambang batas bawah WWR sebesar 14,9% (Tegar Ramadhan & Hariyadi, 2025). Kondisi iluminasi yang tidak terdistribusi secara merata yang ditandai dengan rasio keseragaman pencahayaan (*illuminance uniformity*)  $< 0,6$  berpotensi memicu ketidaknyamanan visual bagi pengguna ruang (Hangga dkk., 2022).

Sistem pencahayaan alami memiliki dampak signifikan terhadap fokus dan produktivitas kenyamanan visual serta kesejahteraan psikologis mahasiswa dan dosen. Pencapaian kualitas pencahayaan alami yang optimal memiliki korelasi langsung terhadap eskalasi konsentrasi dan produktivitas. Sebagai representasi, paparan pencahayaan dengan karakteristik spektrum yang mereplikasi cahaya matahari—khususnya yang memuat komponen dominan spektrum kuning-merah—terbukti mampu meningkatkan atensi serta konsentrasi secara lebih efektif apabila dibandingkan dengan sistem pencahayaan buatan konvensional, seperti lampu pendar (*fluorescent*) (Gherasim dkk., 2025). Tercapainya distribusi pencahayaan alami yang homogen di dalam ruang kelas juga berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan kenyamanan visual (Maurya dkk., 2024). Selain itu, pencahayaan alami meningkatkan suasana hati, mengurangi stres, dan meningkatkan interaksi sosial di ruang belajar. Hal ini juga mengurangi gejala psikologis seperti sakit kepala dan kelelahan (Emara dkk., 2024).

Penelitian ini berlokasi di Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro. Berdasarkan hasil identifikasi langsung di lapangan, pemetaan terhadap kondisi faktual objek studi menunjukkan serangkaian parameter arsitektural eksisting yang berimplikasi langsung terhadap kinerja pencahayaan visual bangunan. Secara spesifik, orientasi massa bangunan didominasi oleh bidang fasad utama yang menghadap ke arah timur, sehingga menerima distribusi cahaya yang tinggi di pagi hari dibandingkan siang atau sore hari. Hal ini dapat menyebabkan masalah seperti silau dan tingkat pencahayaan yang berlebihan di area tertentu, terutama jika tidak ada elemen *shading* yang memadai. Terkait dengan konfigurasi selubung bangunan, proporsi luasan bukaan transparan terhadap total luas dinding penutup, yang dikuantifikasi melalui nilai *Window-to-Wall Ratio* (WWR), tercatat sebesar 17,4%. Sementara itu, bidang bukaan tersebut telah dilengkapi dengan elemen peneduh (*shading device*) horizontal yang memiliki dimensi proyeksi sejauh 110 cm.

Berdasarkan hasil wawancara awal dengan pengguna gedung, ditemukan bahwa mahasiswa selalu menggunakan lampu (*artificial lighting*) sepanjang hari. Hal tersebut selaras dengan observasi lapangan yang telah dilakukan, bahwa ruangan dalam menggunakan lampu (*artificial lighting*) dan tirai untuk memblokir cahaya matahari langsung ke dalam ruangan. Sebagai dampak dari tingginya intensitas silau (*glare*), pengguna ruang merespon kondisi ketidaknyamanan visual tersebut dengan menutup jendela menggunakan tirai secara penuh. Konfigurasi elemen peneduh internal yang tertutup ini secara langsung menghambat penetrasi cahaya alami ke dalam ruang, yang pada akhirnya berimplikasi pada kebergantungan mutlak terhadap sistem pencahayaan buatan (*artificial lighting*) secara terus-menerus sepanjang hari. Oleh karena itu, kinerja fasad bangunan eksisting perlu dievaluasi melalui metode empiris di lapangan yang dikalibrasi dengan simulasi perangkat lunak untuk menakar kesesuaian rancangan terhadap parameter kelayakan bangunan akademik berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.

Kondisi faktual pada Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro menunjukkan adanya kesenjangan yang esensial terhadap pemenuhan kondisi ideal, khususnya terkait pemanfaatan pencahayaan alami. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, tingkat pencahayaan minimum untuk ruang pendidikan idealnya dipertahankan pada angka 350-500 lux, sedangkan data yang didapat dari pengukuran kondisi faktual eksisting menunjukkan memiliki tingkat pencahayaan >5.000 lux di sisi timur pada pagi hari dan 3.000-5000 lux di sisi barat pada sore hari. Ketersediaan elemen peneduh (*shading device*) horizontal eksisting dengan proyeksi sejauh 110 cm terbukti belum memadai untuk mereduksi intensitas radiasi matahari langsung secara efektif. Sebagai akibatnya, intervensi pengguna ruang yang menutup tirai secara penuh untuk memblokir total penetrasi cahaya alami, menciptakan kondisi anomali di mana bukaan jendela yang seharusnya memfasilitasi efisiensi energi justru memaksa

kebergantungan mutlak pengguna terhadap operasional sistem pencahayaan buatan (*artificial lighting*) secara terus-menerus di siang hari. Intervensi ini secara aktual membatalkan potensi pencahayaan pasif dari selubung bangunan, menjadikan ruangan gagal mencapai pemerataan iluminasi sesuai Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.

Meninjau ketidaksesuaian antara perancangan fasad dan respon fungsional penggunaannya, terdapat celah penelitian terkait optimalisasi desain selubung bangunan secara spesifik pada fasilitas akademik eksisting berorientasi timur di iklim tropis. Sehingga penelitian ini akan menganalisis performa pencahayaan alami pada bangunan eksisting secara terukur. Selanjutnya, berbagai konfigurasi elemen peneduh fasad diuji secara iteratif guna merumuskan desain baru yang paling optimal dalam mendistribusikan cahaya masuk dan mereduksi silau.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan fenomena pada latar belakang di atas, terdapat kesenjangan antara potensi pemanfaatan pencahayaan alami dengan kondisi faktual operasional bangunan Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro. Kondisi eksisting bangunan yang berorientasi ke arah timur serta elemen peneduh yang belum optimal terbukti memicu gangguan visual berupa silau (*glare*) ekstrem, khususnya pada waktu pagi dan sore hari. Respons adaptif pengguna ruang yang menutup tirai secara penuh dan bergantung pada sistem pencahayaan buatan justru menciptakan inefisiensi konsumsi energi, sebuah kondisi yang berkontradiksi dengan prinsip bangunan berkelanjutan.

## **1.3 Pertanyaan Penelitian**

Berlandaskan urgensi untuk menyelesaikan polemik antara pemenuhan kenyamanan visual dan pencapaian efisiensi energi melalui intervensi desain pasif, maka pertanyaan dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Bagaimana performa pencahayaan alami pada ruang akademik eksisting di Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. jika dievaluasi berdasarkan standar tingkat iluminansi dan kenyamanan visual Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan?
2. Bagaimana komparasi efektivitas antara skenario redesain *shading device* tipe kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring dalam mengoptimalkan pencahayaan alami serta mereduksi potensi silau (*glare*) pada gedung tersebut?
3. Seberapa besar peningkatan kinerja pencahayaan alami pada gedung tersebut setelah dilakukan redesain fasad berdasarkan hasil simulasi?

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini dilaksanakan dengan sasaran utama untuk mengevaluasi kinerja eksisting serta merumuskan intervensi desain arsitektural yang dapat mengatasi permasalahan iluminasi ruang. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini dijabarkan dalam tiga poin berikut:

1. Mengevaluasi performa pencahayaan alami pada kondisi eksisting ruang akademik di Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan guna mendapatkan data dasar (*baseline*) terkait intensitas cahaya dan sebaran silau.
2. Menguji dan merumuskan strategi redesain elemen peneduh (*shading device*) yang paling efektif, antara tipe kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring sebagai upaya pasif untuk mengoptimalkan penetrasi cahaya dan mencegah *over-illumination*.
3. Mengukur dan memvalidasi tingkat peningkatan kinerja pencahayaan alami pada ruang akademik setelah diterapkannya skenario redesain terpilih, melalui pembuktian kuantitatif simulasi DIALux Evo 14.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang komprehensif, baik dari tinjauan pengembangan keilmuan arsitektur maupun penerapan empiris di lapangan. Adapun manfaat dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

### 1.5.1 Manfaat Akademis

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur dan wawasan di bidang fisika bangunan, khususnya terkait optimalisasi strategi desain pasif dan pencahayaan alami pada tipologi bangunan pendidikan di iklim tropis.
2. Memberikan landasan empiris mengenai korelasi antara konfigurasi elemen selubung bangunan, seperti jenis dan dimensi elemen peneduh dan WWR terhadap parameter metrik pencahayaan alami dan pencegahan silau (*glare*).
3. Menjadi referensi akademis yang menegaskan kontribusi intervensi perancangan fasad dalam mendukung implementasi konsep *green building* dan pencapaian target efisiensi energi (SDGs).

### 1.5.2 Manfaat Praktis

1. Menghasilkan rekomendasi redesain yang mampu menciptakan kondisi ruang akademik yang ideal secara visual, bebas dari silau yang mengganggu, sehingga berimplikasi langsung pada peningkatan kenyamanan, atensi, dan produktivitas kegiatan belajar mengajar.
2. Memberikan rekomendasi solusi arsitektural sebagai dasar pertimbangan dalam melakukan renovasi atau perbaikan elemen fasad gedung. Implementasi ini diharapkan dapat menekan beban operasional gedung melalui efisiensi konsumsi energi dari pengurangan penggunaan sistem pencahayaan buatan di siang hari.

3. Menjadi rujukan dan panduan evaluatif bagi arsitek maupun perancang bangunan dalam merumuskan strategi penanganan fasad yang rentan terhadap paparan radiasi matahari, khususnya pada orientasi bangunan yang menghadap ke arah timur.

### 1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Agar pembahasan lebih terarah, mendalam, dan sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan, maka penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada ruang akademik eksisting di Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro yang secara langsung terdampak oleh orientasi fasad menghadap ke timur.
2. Mengingat adanya batasan aksesibilitas dan prosedur administratif perizinan pada area privat atau administratif, maka pengambilan data primer dan pengukuran lapangan dibatasi secara eksklusif pada Ruang Kelas, Laboratorium Litigasi, Laboratorium Komputer, dan Laboratorium Non-Litigasi.
3. Pengambilan data di lapangan dilakukan pada rentang waktu jam operasional akademik yang paling terdampak oleh cahaya matahari bersudut rendah, yakni pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 WIB.
4. Kajian utama dibatasi pada ranah fisika bangunan, secara spesifik pada aspek pencahayaan alami.
5. Upaya optimalisasi difokuskan pada penerapan strategi desain pasif (*passive design strategy*) pada selubung bangunan.
6. Intervensi desain arsitektural dibatasi pada modifikasi elemen fasad yaitu konfigurasi *shading device* tanpa mengubah sistem struktur utama maupun tata ruang dalam secara masif.
7. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak DIALux Evo 14.