

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini disusun untuk memberikan landasan teoretis dan konseptual yang relevan dengan penelitian. Bab ini menguraikan definisi, prinsip, dan studi terdahulu yang berkaitan dengan efisiensi energi bangunan, Redesain Pasif Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga: Pendekatan Peningkatan Pencahayaan Alami melalui Kajian Desain Teknis dan Simulasi DIALux evo.

2.1 Konsumsi Energi pada Bangunan

Sektor bangunan merupakan salah satu sektor yang paling kritis dalam penggunaan energi global. Sebagaimana dipaparkan oleh Zhao & Magoulès (2012), performa energi dalam bangunan dipengaruhi oleh berbagai faktor determinan yang saling terkait, mulai dari kondisi cuaca luar, karakteristik struktur bangunan, hingga pengoperasian komponen sub-level di dalamnya. Secara teknis, konsumsi energi ini merupakan hasil dari interaksi kompleks antara desain fisik gedung dengan kebutuhan fungsional penggunanya.

Lebih lanjut, Zhao & Magoulès (2012) menjelaskan bahwa sistem pencahayaan dan sistem tata udara (*HVAC*) merupakan dua komponen sub-level utama yang memberikan kontribusi terbesar terhadap beban energi total bangunan. Ketidakefisienan pada salah satu sistem ini, terutama dalam pemanfaatan sumber daya alami, akan menyebabkan lonjakan konsumsi energi yang masif. Hal ini diperparah oleh karakteristik bangunan yang tidak adaptif terhadap iklim lokal, sehingga ketergantungan terhadap energi fosil melalui penggunaan lampu elektrik dan pendingin ruang menjadi tidak terhindarkan.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, Zhao & Magoulès (2012) menekankan bahwa memprediksi dan mengelola konsumsi energi bangunan merupakan tantangan yang sangat kompleks karena melibatkan variabel perilaku penghuni (*occupancy behavior*) yang dinamis. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan desain pasif yang terintegrasi untuk meminimalkan beban energi sejak tahap perancangan. Melalui optimasi pada selubung bangunan dan sistem pencahayaan alami, sebuah gedung dapat mencapai performa energi yang lebih baik, mengurangi emisi karbon, sekaligus menekan biaya operasional tanpa mengurangi kenyamanan bagi para penggunanya.

2.1.1 Krisis Energi Global dan Sektor Bangunan

Krisis energi global telah menjadi isu sentral yang memicu perhatian serius terhadap efisiensi penggunaan sumber daya di berbagai sektor. Di tengah meningkatnya permintaan energi dunia, sektor bangunan muncul sebagai salah satu kontributor terbesar dalam konsumsi energi total. Sebagaimana dijelaskan oleh Zhao & Magoulès (2012), sektor bangunan secara global bertanggung jawab atas hampir 40% dari total konsumsi energi dan menjadi sumber utama emisi karbon dioksida CO₂. Fenomena ini menempatkan bangunan sebagai target utama dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan konservasi energi global.

Lebih mendalam lagi, Yuan dkk. (2022) menekankan bahwa tingginya konsumsi energi pada bangunan, khususnya bangunan publik, dipengaruhi secara signifikan oleh fungsi gedung dan intensitas aktivitas di dalamnya. Konsumsi energi ini tidak bersifat statis, melainkan hasil dari interaksi kompleks antara faktor lingkungan eksternal dan karakteristik teknis bangunan. Zhao & Magoulès (2012) mengidentifikasi bahwa komponen sub-level seperti sistem tata udara (HVAC) dan sistem pencahayaan adalah beban energi yang paling dominan dalam operasional gedung sehari-hari.

Permasalahan krisis energi ini diperparah oleh kegagalan integrasi strategi desain pasif pada bangunan modern, yang mengakibatkan tingginya ketergantungan pada energi listrik. Yuan dkk. (2022) mengungkapkan bahwa faktor-faktor seperti desain selubung bangunan, orientasi, serta rasio bukaan sangat menentukan seberapa besar energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kenyamanan pengguna. Oleh karena itu, di tengah eskalasi biaya energi dan dampak lingkungan yang kian nyata, pemahaman mendalam mengenai pola konsumsi energi pada bangunan menjadi landasan krusial dalam merumuskan strategi redesain yang lebih berkelanjutan.

2.1.2 Prinsip Dasar Desain Pasif (*Passive Design*)

Sebagai respon terhadap krisis energi global, prinsip desain pasif menjadi strategi fundamental dalam arsitektur berkelanjutan. Menurut Asyraf & Andrea (2024), desain pasif adalah sebuah pendekatan perancangan yang mengandalkan elemen-elemen arsitektural dan pemanfaatan iklim lingkungan sekitar untuk menciptakan kenyamanan bagi pengguna bangunan tanpa bergantung sepenuhnya pada perangkat mekanis yang boros energi. Tujuan utama dari strategi ini adalah untuk meminimalkan beban operasional bangunan, khususnya pada aspek pencahayaan dan penghawaan.

Asyraf & Andrea (2024) menekankan bahwa implementasi desain pasif sangat bergantung pada pemahaman terhadap selubung bangunan (*building envelope*). Selubung bangunan berfungsi sebagai filter yang mengatur interaksi antara kondisi iklim eksternal dengan kebutuhan ruang internal. Strategi ini meliputi beberapa aspek kunci, antara lain:

1. Orientasi Bangunan: Mengatur posisi massa bangunan untuk meminimalkan perolehan panas matahari namun memaksimalkan penetrasi cahaya alami.
2. Penataan Massa dan Ruang: Mengorganisir tata letak denah guna memastikan setiap ruang fungsional mendapatkan akses terhadap sumber daya alami secara adekuat.
3. Bukaan dan Fasad: Penggunaan elemen seperti jendela, *shading device*, dan material kaca yang tepat untuk mengontrol distribusi cahaya dan udara.

Lebih lanjut, Asyraf & Andrea (2024) menjelaskan bahwa keberhasilan desain pasif secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan. Dengan memanfaatkan pencahayaan alami matahari secara optimal, kebutuhan akan pencahayaan buatan di siang hari dapat dikurangi secara drastis, yang pada akhirnya menurunkan total emisi karbon bangunan. Dalam konteks iklim tropis seperti Indonesia, penerapan prinsip ini memerlukan ketelitian dalam mengelola radiasi matahari agar manfaat pencahayaan alami tidak berdampak negatif pada peningkatan suhu ruang (beban termal).

2.2 Pencahayaan Alami (*Daylighting*) dalam Desain Bangunan

2.1.1 Definisi dan Manfaat Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami (*daylighting*) didefinisikan sebagai praktik menempatkan bukaan atau jendela dan permukaan reflektif lainnya secara strategis agar cahaya matahari (baik cahaya langsung maupun tidak langsung) dapat menyediakan pencahayaan internal yang efektif ke dalam bangunan. Menurut Atamewan (2022), pencahayaan alami dalam ruang arsitektur bukan sekadar elemen estetika, melainkan instrumen vital yang memenuhi kebutuhan mental dan fisik manusia sekaligus mengurangi konsumsi energi fosil secara signifikan.

Manfaat penggunaan pencahayaan alami mencakup spektrum yang luas, mulai dari aspek ekonomi hingga kesejahteraan pengguna. Atamewan (2022) menjelaskan bahwa integrasi cahaya alami yang tepat dapat memberikan keuntungan berupa:

1. Efisiensi Energi: Mengurangi ketergantungan pada lampu elektrik di siang hari, yang secara otomatis menurunkan biaya operasional bangunan.
2. Kesehatan dan Kesejahteraan: Mencegah pemborosan listrik serta meminimalisir dampak negatif pencahayaan buatan terhadap ritme sirkadian manusia.

Dalam konteks bangunan pendidikan, manfaat pencahayaan alami menjadi jauh lebih spesifik. Emara dkk. (2024) menekankan bahwa kualitas cahaya alami berhubungan langsung dengan pengalaman psikologis dan fisiologis mahasiswa. Pencahayaan alami yang cukup dan merata terbukti dapat meningkatkan kepuasan pengguna, memperbaiki suasana hati (*mood*), serta meningkatkan konsentrasi dan performa akademik. Sebaliknya, kurangnya akses terhadap cahaya alami dapat memicu kelelahan mata (*eyestrain*), sakit kepala, hingga penurunan motivasi belajar.

Oleh karena itu, pencahayaan alami dianggap sebagai faktor desain yang krusial untuk menciptakan lingkungan belajar yang sehat, produktif, dan berkelanjutan (Emara dkk., 2024).

2.2.2 Komponen Pencahayaan Alami

Cahaya alami yang masuk ke dalam interior bangunan dan mencapai bidang kerja merupakan hasil akumulasi dari beberapa sumber cahaya yang berbeda. Menurut Atamewan (2022), terdapat tiga komponen utama yang membentuk total pencahayaan alami di dalam sebuah ruang, yaitu:

1. Komponen Langit (*Sky Component*): Merupakan cahaya yang diterima langsung dari kubah langit ke titik ukur di dalam ruangan melalui bukaan (jendela atau *skylight*). Besarnya komponen ini sangat dipengaruhi oleh luas bukaan, posisi bukaan, dan kondisi kecerahan langit pada saat itu.
2. Komponen Pantulan Luar (*Externally Reflected Component*): Merupakan cahaya matahari yang terlebih dahulu mengenai permukaan di luar bangunan (seperti dinding gedung tetangga, vegetasi, atau permukaan tanah) sebelum akhirnya terpantul masuk ke dalam ruangan melalui jendela.
3. Komponen Pantulan Dalam (*Internally Reflected Component*): Merupakan cahaya yang telah masuk ke dalam ruangan kemudian mengalami pemantulan berulang kali pada permukaan interior ruangan (seperti dinding, lantai, dan plafon) sebelum mencapai

bidang kerja. Komponen ini sangat dipengaruhi oleh nilai reflektansi (daya pantul) dari material dan warna yang digunakan pada interior bangunan.

4. Ketiga komponen ini secara bersama-sama menentukan tingkat iluminansi (Lux) di dalam ruangan. Dalam perancangan ruang pendidikan yang dalam (*deep-plan*), seperti pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga, optimasi terhadap komponen pantulan dalam dan komponen langit melalui bukaan atas (*top lighting*) menjadi sangat krusial untuk memastikan cahaya dapat menjangkau area tengah gedung yang jauh dari jendela samping.

2.1.3 Parameter Kuantitas dan Kualitas Pencahayaan

Keberhasilan sebuah sistem pencahayaan alami di dalam ruang tidak hanya diukur dari seberapa terang ruangan tersebut, tetapi juga dari aspek kenyamanan visual dan distribusi cahayanya. Berdasarkan SNI 6197:2020 dan diperkuat oleh studi dari Prasertseree & Tuaycharoen (2025), terdapat beberapa parameter utama dalam menilai kinerja pencahayaan alami:

1. Iluminansi (Illuminance - Lux)

Iluminansi adalah kuantitas cahaya yang jatuh pada suatu luas permukaan tertentu. Satuan yang digunakan adalah Lux (lumen/m^2). Dalam konteks pendidikan, iluminansi merupakan parameter kuantitas yang paling krusial untuk memastikan bahwa aktivitas visual seperti membaca dan menggambar dapat dilakukan tanpa hambatan. Tingkat iluminansi yang tidak memadai dapat menyebabkan kelelahan mata dan penurunan konsentrasi mahasiswa (Emara dkk., 2024).

2. Keseragaman (Uniformity)

Keseragaman merupakan parameter kualitas yang menunjukkan seberapa merata distribusi cahaya tersebar di seluruh permukaan bidang kerja. Nilai keseragaman dinyatakan dalam rasio Uniformity (U_o), yaitu perbandingan antara iluminansi minimum dengan iluminansi rata-rata. Menurut Prasertseree & Tuaycharoen (2025), tingkat keseragaman yang tinggi sangat penting pada ruang kelas untuk menghindari adanya kontras yang terlalu tajam antara area yang sangat terang (dekat jendela) dengan area yang sangat gelap (tengah ruangan), sehingga menciptakan lingkungan belajar yang ergonomis.

3. Silau (Glare)

Silau adalah gangguan visual yang disebabkan oleh adanya kecerahan berlebihan dalam bidang pandang yang jauh melampaui tingkat adaptasi mata. Sebagaimana dijelaskan oleh Atamewan (2022), meskipun pencahayaan alami dioptimalkan untuk penghematan energi, pengendalian terhadap silau harus tetap diperhatikan melalui strategi desain buatan atau elemen peneduh (shading devices). Hal ini bertujuan agar cahaya matahari yang masuk tetap memberikan manfaat fungsional tanpa menimbulkan ketidaknyamanan visual bagi pengguna.

2.2.4 Standar Pencahayaan Alami (SNI 6197:2020)

Dalam konteks regulasi di Indonesia, kualitas pencahayaan pada bangunan gedung harus memenuhi ambang batas tertentu agar dapat dikategorikan sebagai bangunan yang hemat energi namun tetap nyaman. Berdasarkan dokumen SNI 6197:2020, tingkat pencahayaan (iluminansi) diukur dalam satuan Lux pada bidang kerja dengan ketinggian sekitar 0,75 meter dari lantai. Berikut adalah standar tingkat pencahayaan yang dipersyaratkan untuk fungsi ruang yang terdapat pada objek studi:

Table 1. Standar nilai lux pada bangunan Pendidikan.

Fungsi Ruangan (Relevan dengan Gedung Kampus)	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Minimum (Lux)	Renderasi Warna Minimum
Ruang kelas	350	80
Ruang baca perpustakaan	350	90
Ruang praktek komputer	500	80
Ruang guru/Kantor	300	80
Lobby	100	80
Koridor/Tangga	100	80
Ruang laboratorium bahasa.	300	80
Ruang olahraga	300	80
Ruang gambar	750	80
Ruang Auditorium	300	80
Kantin	200	80

Penerapan standar SNI 6197:2020 ini menjadi acuan utama dalam simulasi DIALux evo pada penelitian ini. Jika hasil simulasi menunjukkan angka di bawah standar tersebut, maka diperlukan intervensi desain pasif untuk meningkatkan penetrasi cahaya matahari ke dalam ruangan.

2.1.5 Faktor yang Memengaruhi Pencahayaan Alami

Penerimaan cahaya matahari ke dalam ruang tidak terjadi secara seragam, melainkan dipengaruhi oleh berbagai variabel desain arsitektural. Menurut Atamewan (2022) dan Prasertseree & Tuaycharoen (2025), terdapat beberapa faktor utama yang menentukan efektivitas pencahayaan alami dalam sebuah bangunan:

1. Geometri Bangunan dan Kedalaman Ruang

Geometri bangunan, terutama rasio antara ketinggian plafon dan kedalaman ruangan, sangat memengaruhi seberapa jauh cahaya alami dapat berpenetrasi ke dalam interior. Pada bangunan dengan denah yang dalam (*deep-plan building*), area yang jauh dari jendela (zona inti) seringkali tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup. Hal inilah yang mendasari perlunya strategi penataan ulang *layout* denah dan penggunaan *void* untuk membawa cahaya dari atap menuju lantai-lantai di bawahnya.

2. Karakteristik Bukaan (Jendela dan *Skylight*)



Gambar 1. Jendela dan Skylight

Sumber : Archdaily.com, 2023

Ukuran, posisi, dan orientasi bukaan menentukan kuantitas cahaya yang masuk. Bukaan yang ditempatkan lebih tinggi pada dinding (seperti *clerestory window*) atau bukaan dari atap (*top lighting/skylight*) memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam mendistribusikan cahaya secara merata ke seluruh ruangan dibandingkan dengan

jendela samping standar. Prasertseree & Tuaycharoen (2025) menyebutkan bahwa modifikasi pada karakteristik jendela dan penggunaan langit-langit transparan dapat secara signifikan meningkatkan level iluminansi di area interior.

3. Reflektansi Material Interior



Gambar 2 Material Interior

Sumber : Archdaily.com, 2023

Warna dan tekstur permukaan interior (dinding, lantai, dan langit-langit) memengaruhi komponen pantulan dalam (*Internally Reflected Component*). Material dengan warna terang memiliki nilai reflektansi yang tinggi, sehingga mampu memantulkan cahaya lebih jauh ke dalam ruangan. Dalam simulasi menggunakan DIALux evo, pengaturan nilai reflektansi material menjadi variabel krusial untuk mendapatkan hasil perhitungan Lux yang akurat.

4. Orientasi Bangunan dan Lingkungan Sekitar

Posisi bangunan terhadap lintasan matahari menentukan durasi dan intensitas cahaya yang diterima. Selain itu, hambatan eksternal seperti gedung tetangga atau vegetasi juga memengaruhi komponen pantulan luar yang masuk ke dalam ruang.

2.2 Strategi Redesain Spasial dan Elemen Bukaannya

2.2.1 Optimalisasi Rasio Bukaannya (*Window-to-Wall Ratio / WWR*)



Gambar 3 Window-to-Wall Ratio / WWR

Sumber : Archdaily.com, 2021

Salah satu strategi pasif utama dalam mengendalikan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan adalah pengaturan proporsi bukaan pada selubung bangunan, atau yang dikenal dengan istilah *Window-to-Wall Ratio* (WWR). WWR didefinisikan sebagai rasio persentase luas area bukaan kaca (*glazing*) terhadap luas total dinding eksterior pada orientasi tertentu. Parameter ini memiliki dampak signifikan terhadap keseimbangan antara pencahayaan alami yang cukup dan perolehan panas matahari (*solar heat gain*).

Dalam konteks efisiensi energi dan kenyamanan visual, penentuan WWR yang tepat menjadi krusial. Alwetaishi (2019) dalam studinya menekankan bahwa peningkatan WWR memang berbanding lurus dengan peningkatan tingkat pencahayaan (*illuminance*) dalam ruang, namun jika rasio ini terlalu besar tanpa diimbangi dengan *shading device* yang tepat, hal tersebut akan memicu peningkatan beban pendinginan (*cooling load*) dan risiko silau (*glare*) yang mengganggu aktivitas visual pengguna. Oleh karena itu, strategi redesain pada Gedung Terpadu ini tidak hanya sekadar memperluas bukaan, tetapi mencari titik optimal rasio bukaan tersebut.

Terkait standar di iklim tropis, SNI 6389:2011 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung merekomendasikan adanya pembatasan luasan kaca untuk meminimalkan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*). Sejalan dengan hal tersebut, Goia

(2016) menyatakan bahwa untuk iklim yang membutuhkan pendinginan dominan, rentang WWR yang optimal berada di kisaran 30% hingga 45%, di mana pada rentang tersebut keseimbangan antara pencahayaan alami dan efisiensi termal dapat tercapai paling efektif.

Pada studi ini, analisis WWR diterapkan untuk mengevaluasi apakah bukaan eksisting yang cenderung masif atau terlalu kecil di area tertentu menjadi penyebab ketidakmerataan cahaya. Strategi redesain kemudian difokuskan untuk menyesuaikan WWR pada fasad perimeter dan *courtyard* (void) agar cahaya dapat terdistribusi lebih dalam (*daylight penetration*) tanpa mengorbankan kenyamanan termal.

2.2.2 Tipologi Bangunan Berdenah Dalam (*Deep-Plan Building*)

Bangunan dengan denah dalam (*deep-plan building*) dicirikan oleh rasio luas lantai yang besar terhadap luas fasad, di mana jarak antara inti bangunan dengan dinding terluar cukup jauh. Karakteristik ini sering ditemukan pada bangunan publik modern dan fasilitas pendidikan untuk memaksimalkan efisiensi lahan. Namun, menurut Atamewan (2022), tipologi ini menghadapi tantangan besar dalam hal distribusi pencahayaan alami dan penghawaan.

Masalah utama pada bangunan berdenah dalam adalah terbentuknya "zona gelap" di area pusat atau interior gedung. Cahaya matahari yang masuk melalui jendela samping (*side-lighting*) memiliki keterbatasan jarak penetrasi, yang umumnya hanya efektif menjangkau area sejauh 1,5 hingga 2 kali ketinggian jendela. Akibatnya, area di tengah gedung tetap gelap meskipun hari masih siang, sehingga memaksa penggunaan pencahayaan buatan secara permanen (Prasertseree & Tuaycharoen, 2025).

Selain itu, keberadaan sekat antar ruang atau fenomena "ruang dalam ruang" semakin memperparah isolasi cahaya di area interior. Sebagaimana dijelaskan oleh Abdollahi Rizi dkk. (2023), kegagalan desain dalam mengatasi kedalaman denah ini tidak hanya berdampak pada tingginya konsumsi energi untuk lampu elektrik, tetapi juga menurunkan kualitas kenyamanan visual pengguna di zona inti bangunan. Oleh karena itu, pada bangunan berdenah dalam, strategi pencahayaan dari samping harus dikombinasikan dengan strategi pencahayaan dari atas (*top-lighting*) dan rekayasa spasial untuk memastikan distribusi cahaya yang merata hingga ke pusat bangunan.

2.2.3 Strategi Pencahayaan dari Samping (*Side-Lighting*)

Pencahayaan dari samping merupakan metode paling umum dalam arsitektur, di mana cahaya matahari dimasukkan melalui bukaan pada dinding vertikal atau jendela. Menurut

Prasertseree & Tuaycharoen (2025), efektivitas pencahayaan samping sangat bergantung pada karakteristik jendela, termasuk luas bukaan, ketinggian lubang cahaya, dan jenis material kaca yang digunakan.

Dalam perancangan bangunan pendidikan, *side-lighting* memiliki keterbatasan utama, yaitu distribusi cahaya yang tidak merata. Area di dekat jendela akan menerima iluminansi yang sangat tinggi, sementara intensitasnya akan menurun secara drastis seiring dengan bertambahnya kedalaman ruang. Oleh karena itu, strategi untuk mengoptimalkan pencahayaan samping pada gedung yang dalam adalah dengan memperbesar rasio bukaan jendela (*Window-to-Wall Ratio*) dan menempatkan bukaan setinggi mungkin pada dinding untuk memperjauh jangkauan pantulan cahaya ke arah plafon (Atamewan, 2022).

2.2.4 Strategi Pencahayaan dari Atas (*Top-Lighting*)

Pencahayaan dari atas (*top-lighting*) dianggap sebagai solusi paling efektif untuk mendistribusikan cahaya secara merata pada bangunan berdenah luas atau *deep-plan building*. Berbeda dengan jendela samping, cahaya dari atas tidak terhalang oleh bangunan sekitar dan memiliki intensitas yang lebih konsisten sepanjang hari.

1. Skylight



Gambar 4 Skylight

Sumber : Archdaily.com, 2025

Skylight adalah elemen bukaan transparan atau translusen yang ditempatkan pada atap bangunan. Menurut Atamewan (2022), penggunaan *roof-light* atau *skylight* mampu memberikan tingkat pencahayaan yang jauh lebih tinggi dibandingkan jendela samping dengan luas bukaan yang sama. Pada gedung UIN, penambahan *skylight* di lantai 4 berfungsi sebagai sumber cahaya utama yang menangkap radiasi matahari dari posisi zenit (puncak langit).

2. Void



Gambar 6 Void

Sumber : Arsitag.com, 2020

Sebagai Saluran Cahaya (*Lightwell*) Strategi *top-lighting* tidak akan efektif pada bangunan bertingkat banyak jika tidak dikombinasikan dengan rekayasa spasial berupa Void. Void berfungsi sebagai "sumur cahaya" (*lightwell*) yang meneruskan cahaya matahari dari *skylight* di lantai teratas menuju lantai-lantai di bawahnya. Sebagaimana dijelaskan oleh Abdollahi Rizi dkk. (2023), integrasi antara *skylight* dan *void* menciptakan sistem distribusi vertikal yang memungkinkan area tengah gedung yang semula gelap menjadi terang secara alami.

2.2.5 Organisasi Ruang dan Layout Denah

Redesain pencahayaan yang efektif seringkali memerlukan perubahan pada tata letak ruang interior. Strategi ini melibatkan pengaturan kembali posisi dinding penyekat dan fungsi ruang untuk meminimalkan hambatan aliran cahaya. Pada penelitian ini, strategi "ruang dalam ruang" diubah dengan menata ulang denah agar area yang membutuhkan ketelitian visual tinggi diletakkan di dekat sumber cahaya (jendela atau void), sementara area sirkulasi atau fungsi pendukung dapat diletakkan di area dengan intensitas cahaya yang lebih rendah (Prasertseree & Tuaycharoen, 2025).

2.2.6 Perubahan Bentuk Atap dan Fasad

Selubung bangunan (*building envelope*), yang terdiri dari atap dan fasad, merupakan elemen pertahanan pertama dalam mengontrol kualitas lingkungan interior. Menurut Abdollahi Rizi dkk. (2023), modifikasi pada selubung bangunan sangat krusial dalam mengoptimalkan performa pencahayaan alami sekaligus menjaga efisiensi energi bangunan.

1. Perubahan Bentuk Atap

Bentuk atap memengaruhi cara bangunan menangkap cahaya matahari dari posisi tertinggi (zenit). Dalam redesain ini, perubahan bentuk atap dilakukan untuk mengakomodasi penempatan *skylight*. Sebagaimana dijelaskan oleh Atamewan (2022), geometri atap yang dirancang untuk menangkap cahaya atas (*top-lighting*) dapat memberikan iluminansi yang lebih stabil dan merata ke area pusat gedung dibandingkan hanya mengandalkan bukaan dinding. Modifikasi ini memungkinkan atap berfungsi bukan hanya sebagai pelindung cuaca, tetapi juga sebagai kolektor cahaya alami vertikal yang efisien.

2. Modifikasi Fasad

Fasad bangunan berfungsi sebagai antarmuka antara kondisi luar ruangan dan ruang dalam. Menurut Prasertseree & Tuaycharoen (2025), karakteristik jendela pada fasad, seperti ukuran (*window-to-wall ratio*) dan posisi bukaan, sangat menentukan kedalaman penetrasi cahaya samping. Pada Gedung Terpadu UIN, modifikasi fasad dilakukan dengan memperluas area bukaan kaca dan menata ulang posisi jendela agar dapat meminimalisir penghalang fisik bagi cahaya matahari. Selain itu, desain fasad yang adaptif juga berperan penting dalam mencegah masuknya panas berlebih (*heat gain*) yang dapat memicu penggunaan energi pendingin ruang secara berlebihan.

2.2.7 Penerapan Alat Peneduh Eksternal (*External Shading Device*)

Selain rasio bukaan dan spesifikasi material kaca, pengendalian cahaya alami pada iklim tropis lembap sangat bergantung pada geometri alat peneduh eksternal atau tritisan (*overhang*). Strategi ini berfungsi ganda: sebagai penghalang radiasi matahari langsung (*direct sunlight*) yang membawa panas, sekaligus sebagai pemantul cahaya (*light shelf*) untuk mendistribusikan cahaya difus ke bagian dalam ruang.

Efektivitas tritisan dalam mereduksi beban pendinginan dijelaskan secara komprehensif oleh Lechner (2015), yang menyatakan bahwa pembayangan eksternal (*exterior shading*) jauh lebih efisien dibandingkan pembayangan internal (seperti tirai), karena panas matahari dicegat sebelum menembus selubung bangunan. Dalam konteks pencahayaan alami, Lechner juga menekankan bahwa tritisan horizontal sangat efektif untuk fasad yang menghadap Utara dan Selatan—seperti orientasi dominan pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga ini—karena mampu memblokir sudut jatuh matahari yang tinggi di siang hari namun tetap memasukkan cahaya langit (*skylight*).

Lebih lanjut mengenai kenyamanan visual, Szokolay (2008) dalam prinsip desain bioklimatiknya menguraikan bahwa tanpa adanya proteksi tritisan yang memadai, bukaan kaca yang besar berpotensi menimbulkan silau (*glare*) akibat kontras yang ekstrem antara area dekat jendela dan area tengah ruang. Oleh karena itu, kedalaman tritisan (*projection factor*) harus dihitung berdasarkan sudut profil matahari (*solar profile angle*) setempat agar fungsi peneduhan menjadi optimal sepanjang tahun.

Relevansi penggunaan tritisan di Indonesia juga diatur dalam SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Standar ini merekomendasikan penggunaan peneduh untuk menghindari masuknya sinar matahari langsung ke bidang kerja, yang dapat mengganggu aktivitas visual pengguna, khususnya di ruang kelas yang membutuhkan fokus visual tinggi. Berdasarkan landasan teori tersebut, strategi redesain pada fasad bangunan ini mengintegrasikan perpanjangan plat lantai (*cantilever slab*) dan penambahan sirip horizontal sebagai elemen *passive shading* utama.

2.2.8 Efektivitas *Shading Device* terhadap Kinerja Termal dan Visual

Penggunaan *shading device* atau alat peneduh pada fasad bangunan memiliki dampak ganda yang signifikan, yaitu sebagai pengendali perolehan panas matahari (*solar heat gain*) dan sebagai mekanisme kontrol kualitas cahaya alami. Dalam konteks bangunan pendidikan di iklim tropis, integrasi elemen ini menjadi krusial untuk mencegah terjadinya akumulasi panas berlebih akibat radiasi langsung.

Terkait efisiensi energi, Palmero-Marrero dan Oliveira (2010) dalam penelitiannya mengenai efek *louver shading devices* menyimpulkan bahwa pengaplikasian peneduh eksternal yang dirancang sesuai sudut matahari setempat dapat menurunkan konsumsi energi bangunan secara signifikan, terutama beban pendinginan (*cooling load*). Studi mereka menegaskan bahwa peneduh eksternal bekerja jauh lebih efektif dalam memblokir radiasi matahari sebelum menyentuh permukaan kaca, dibandingkan dengan peneduh internal (tirai) yang membiarkan panas masuk terlebih dahulu ke dalam ruang.

Senada dengan hal tersebut, Kim et al. (2012) melakukan studi komparatif mengenai keuntungan peneduh eksternal dan menemukan bahwa kinerja termal bangunan sangat dipengaruhi oleh geometri peneduh. Peneduh eksternal tidak hanya mereduksi suhu udara dalam ruang, tetapi juga menurunkan *Mean Radiant Temperature* (MRT), yang berdampak langsung pada sensasi kenyamanan termal pengguna ruang. Hal ini menjadi dasar

pertimbangan dalam redesain fasad Gedung Terpadu, di mana strategi *passive cooling* diutamakan sebelum penggunaan sistem mekanis.

Dari segi kenyamanan visual, keberadaan *shading device* berfungsi untuk meningkatkan uniformitas cahaya. Phillips (2004) dalam bukunya *Daylighting: Natural Light in Architecture* menjelaskan bahwa tantangan utama pencahayaan alami bukan sekadar memasukkan cahaya sebanyak-banyaknya, melainkan mengendalikannya. Tanpa *shading device* yang tepat, intensitas cahaya di area perimeter dekat jendela akan sangat tinggi (menyebabkan *glare*), sementara area tengah tetap gelap. Penggunaan elemen peneduh, seperti *light shelf* atau sirip horizontal, membantu memantulkan cahaya ke plafon dan mendistribusikannya lebih jauh ke dalam ruangan (*deep plan*), sehingga tercipta keseimbangan visual yang mendukung produktivitas belajar mahasiswa.

2.3 Tinjauan Kinerja Termal Bangunan

Kinerja termal bangunan didefinisikan sebagai kemampuan bangunan untuk mempertahankan kondisi suhu interior yang nyaman bagi penghuninya dengan meminimalkan perolehan panas eksternal, terutama di iklim tropis lembap seperti Indonesia. Szokolay (2008) menyatakan bahwa tujuan utama perancangan pasif di daerah tropis adalah perlindungan terhadap radiasi matahari (*solar radiation control*). Hal ini dikarenakan radiasi matahari merupakan penyumbang terbesar beban panas (*heat gain*) yang masuk melalui selubung bangunan (*building envelope*), khususnya melalui bukaan transparan atau jendela.

2.3.1 Definisi dan Prinsip Perpindahan Panas

Perpindahan panas ke dalam bangunan terjadi melalui tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam konteks redesain fasad dan atap (*skylight*), mekanisme radiasi dan konduksi menjadi fokus utama.

1. Radiasi: Perpindahan panas gelombang elektromagnetik langsung dari matahari yang menembus kaca.
2. Konduksi: Perambatan panas melalui material padat (dinding, kusen, atau kaca) akibat perbedaan suhu luar dan dalam.

Menurut Lechner (2015), memahami mekanisme ini krusial karena strategi pengendaliannya berbeda. Panas radiasi ditangani dengan pembayangan (*shading*) dan reflektivitas kaca, sedangkan panas konduksi ditangani dengan pemilihan material yang memiliki resistansi termal tinggi (*isolator*).

2.3.2 Konektivitas Kinerja Termal dan Pencahayaan Alami

Aspek termal dan pencahayaan alami memiliki hubungan interdependensi yang kompleks atau sering disebut sebagai *conflicting criteria*. Upaya peningkatan intensitas cahaya (*daylight availability*) dengan memperluas bukaan kaca sering kali berbanding lurus dengan peningkatan intrusi panas matahari.

Lau et al. (2016) dalam studinya mengenai konfigurasi *glazing* di iklim tropis menjelaskan bahwa radiasi matahari terdiri dari spektrum cahaya tampak (*visible light*) dan spektrum inframerah pembawa panas. Tantangan arsitekturalnya adalah memisahkan kedua spektrum tersebut: memaksimalkan masuknya cahaya tampak untuk visual, namun memblokir inframerah untuk kenyamanan termal. Kegagalan dalam menyeimbangkan hal ini akan memicu efek rumah kaca, di mana ruangan terang namun memiliki suhu operasional yang tinggi, yang pada akhirnya meningkatkan beban pendinginan (*cooling load*) AC secara signifikan (Palmero-Marrero & Oliveira, 2010).

2.4 Konsumsi Pencahayaan pada Bangunan Pendidikan

Bangunan pendidikan memiliki karakteristik konsumsi energi yang unik karena durasi operasional yang panjang dan kebutuhan standar pencahayaan yang sangat tinggi di setiap ruang fungsionalnya. Menurut Emara dkk. (2024), pencahayaan bukan sekadar elemen pelengkap, melainkan faktor lingkungan utama yang memengaruhi pengalaman belajar mahasiswa di pendidikan tinggi.

2.4.1 Dampak Visual dan Psikologis pada Mahasiswa

Kualitas pencahayaan dalam ruang kelas dan studio arsitektur berpengaruh langsung pada kesehatan fisiologis dan kondisi psikologis mahasiswa. Pencahayaan alami yang cukup terbukti dapat meningkatkan suasana hati (*mood*), konsentrasi, dan performa akademik. Sebaliknya, menurut Prasertseree & Tuaycharoen (2025), pencahayaan yang buruk atau terlalu bergantung pada lampu elektrik dapat memicu kelelahan mata (*eyestrain*), sakit kepala, serta penurunan motivasi belajar dalam jangka panjang. Oleh karena itu, optimalisasi cahaya matahari melalui redesain pasif menjadi solusi untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih sehat.

2.4.2 Urgensi Efisiensi Energi Pencahayaan

Gedung pendidikan seringkali mengalami pemborosan energi akibat penggunaan lampu elektrik di siang hari, terutama pada area interior yang tidak terjangkau cahaya jendela. Sebagaimana dijelaskan dalam studi Asyrafi & Andrea (2024), pengurangan konsumsi energi

pencahayaan dapat dicapai secara signifikan dengan memaksimalkan otonomi cahaya alami (*daylight autonomy*). Dengan redesain yang tepat, durasi penggunaan lampu buatan dapat ditekan, yang pada akhirnya menurunkan beban biaya operasional gedung kampus dan emisi karbon secara keseluruhan.

2.4.3 Standar Iluminasi untuk Aktivitas Akademik

Untuk menjamin kenyamanan visual yang setara di seluruh area pendidikan, penggunaan standar nasional menjadi kewajiban. Dalam penelitian ini, evaluasi hasil simulasi merujuk pada SNI 6197:2020 yang menetapkan ambang batas iluminansi berdasarkan tingkat ketelitian aktivitas. Sebagai contoh, ruang kelas dan kantor membutuhkan tingkat pencahayaan minimal 250-300 Lux, sedangkan area dengan tingkat ketelitian lebih tinggi seperti laboratorium memerlukan hingga 500 Lux. Kepatuhan terhadap standar ini memastikan bahwa penghematan energi melalui desain pasif tidak mengorbankan fungsionalitas ruang belajar.

2.5 Metode Analisis Kinerja Bangunan: Simulasi DIALux evo

2.5.1 Definisi dan Peran Simulasi Digital dalam Arsitektur

Simulasi digital dalam arsitektur didefinisikan sebagai penggunaan model berbasis komputer untuk merepresentasikan dan memprediksi perilaku fisik sebuah bangunan terhadap lingkungan sekitarnya. Menurut Kieu dkk. (2024), simulasi digital telah menjadi instrumen esensial dalam proses desain berkelanjutan, karena memungkinkan arsitek untuk mengevaluasi kinerja bangunan secara kuantitatif sebelum dilakukan konstruksi fisik atau perubahan pada bangunan eksisting.

Peran utama simulasi digital, khususnya dalam studi pencahayaan, adalah sebagai media validasi atas keputusan desain. Sebagaimana dijelaskan oleh Prasertseree & Tuaycharoen (2025), pengujian performa pencahayaan alami melalui simulasi digital memberikan hasil yang jauh lebih efektif dibandingkan perhitungan manual atau observasi lapangan yang memakan waktu lama. Hal ini dikarenakan perangkat lunak simulasi mampu mengolah variabel yang dinamis, seperti pergerakan matahari tahunan dan data cuaca spesifik lokasi, untuk menghasilkan visualisasi distribusi cahaya yang akurat.

Lebih lanjut, peran simulasi digital mencakup optimalisasi efisiensi energi. Dengan memprediksi seberapa besar ketersediaan cahaya matahari di dalam ruang, simulasi membantu peneliti menentukan strategi redesain yang paling tepat untuk meminimalkan ketergantungan pada pencahayaan buatan (Kieu dkk., 2024). Dalam konteks penelitian ini, simulasi digital

berperan sebagai alat uji untuk membandingkan kondisi pencahayaan pada Gedung Terpadu UIN sebelum dan sesudah dilakukan redesain (penambahan *skylight* dan *void*).

2.5.2 Pengenalan Perangkat Lunak DIALux evo

DIALux evo adalah salah satu perangkat lunak desain pencahayaan paling terkemuka di dunia yang dikembangkan oleh DIAL GmbH. Dalam riset arsitektur, perangkat lunak ini berfungsi sebagai instrumen kalkulasi yang presisi untuk mensimulasikan pencahayaan alami (*daylighting*) dan pencahayaan buatan (*artificial lighting*). Menurut Kieu dkk. (2024), DIALux evo memungkinkan integrasi data fotometrik yang kompleks dengan geometri bangunan tiga dimensi, sehingga mampu menghasilkan prediksi distribusi cahaya yang mendekati kondisi nyata di lapangan.

Kelebihan utama DIALux evo dibandingkan perangkat lunak simulasi lainnya adalah penggunaan metode *ray-tracing* dan *radiosity* untuk menghitung interaksi cahaya matahari dengan permukaan material bangunan. Sebagaimana dijelaskan oleh Prasertseree & Tuaycharoen (2025), perangkat lunak ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mensimulasikan elemen desain pasif seperti jendela samping, *light shelves*, hingga sistem *top-lighting* (seperti *skylight* dan *void*). Hal ini menjadikannya alat yang sangat valid untuk mengevaluasi apakah sebuah strategi redesain telah memenuhi standar iluminansi yang ditetapkan, seperti SNI 6197:2020.

Selain itu, DIALux evo mampu menghasilkan output data kuantitatif dan visual yang komprehensif. Perangkat lunak ini tidak hanya memberikan angka rata-rata Lux, tetapi juga menyajikan visualisasi warna semu (*pseudo colors*) dan pemetaan garis kontur (*isolines*) yang memudahkan peneliti untuk mengidentifikasi area-area kritis di dalam ruangan yang masih kekurangan cahaya matahari (Kieu dkk., 2024). Dengan demikian, penggunaan DIALux evo dalam penelitian ini menjadi landasan kuat untuk membuktikan efektivitas penambahan *void* dan *skylight* pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga secara ilmiah.

2.5.3 Karakteristik dan Keunggulan DIALux evo

Dalam studi pencahayaan arsitektural modern, penggunaan metode komputasi atau simulasi menjadi standar untuk memprediksi kinerja cahaya sebelum bangunan dikonstruksi. Salah satu perangkat lunak yang paling banyak digunakan secara global adalah DIALux evo. Berbeda dengan pendahulunya (DIALux 4) yang berbasis ruang tunggal, DIALux evo dikembangkan dengan pendekatan *whole building*, memungkinkan pengguna untuk

mensimulasikan interaksi cahaya antar ruang, termasuk pengaruh lingkungan eksterior dan vegetasi terhadap pencahayaan interior.

Kelebihan utama DIALux evo terletak pada mesin kalkulasinya (*calculation engine*) yang menggunakan metode *Radiosity* dan *Ray-tracing* secara terintegrasi. Menurut Mangkuto (2016), metode ini mampu menghitung pantulan cahaya difus antar permukaan (*inter-reflection*) dengan akurasi tinggi, sehingga sangat relevan untuk analisis pencahayaan alami (*daylighting*) di mana kontribusi cahaya pantul dari lantai, dinding, dan plafon sangat dominan.

Selain itu, Acosta et al. (2015) dalam studi komparasi *software* pencahayaan menyatakan bahwa DIALux evo memiliki keunggulan dalam visualisasi fotorealistik dan kemampuan untuk menghasilkan berbagai metrik standar secara otomatis, seperti *Average Illuminance* (Av), *Uniformity* (U) dan *Daylight Factor* (DF), yang sesuai dengan standar internasional CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) maupun SNI.

2.5.4 Alasan Pemilihan DIALux evo Dibandingkan Perangkat Lunak Lain

Pemilihan DIALux evo sebagai alat simulasi utama dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan komparatif terhadap perangkat lunak sejenis seperti Velux Daylight Visualizer, Ecotect Analysis, atau Relux:

DIALux telah melalui berbagai uji validasi empiris. Studi oleh Maamari et al. (2006) yang membandingkan hasil simulasi komputer dengan pengukuran lapangan menyimpulkan bahwa DIALux memiliki tingkat deviasi yang rendah (di bawah 10-15% dalam kondisi langit standar), menjadikannya alat yang dapat diandalkan (*reliable*) untuk penelitian akademis.

Integrasi Model BIM (IFC): Salah satu keterbatasan *software* lama seperti Ecotect (yang kini sudah *discontinued*) adalah sulitnya mengimpor geometri kompleks. DIALux evo mendukung impor file IFC (*Industry Foundation Classes*) dari Revit atau SketchUp dengan sangat baik, meminimalkan kesalahan geometri saat pemodelan ulang.

Fleksibilitas Data Cuaca: DIALux evo memungkinkan penggunaan file iklim spesifik lokasi, sehingga perhitungan *daylighting* tidak hanya berdasarkan langit statis (*CIE Standard Overcast Sky*), tetapi juga kondisi dinamis matahari sesuai koordinat lintang/bujur lokasi penelitian (Yogyakarta/Semarang).

Efisiensi Waktu: Dibandingkan dengan *engine* simulasi murni seperti Radiance yang berbasis teks/kode dan kompleks, DIALux evo menawarkan antarmuka grafis (*User Interface*) yang lebih intuitif tanpa mengorbankan akurasi perhitungannya.

2.5.5 Keterbatasan DIALux evo

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, DIALux evo tetap memiliki keterbatasan yang perlu diantisipasi dalam penelitian. Perangkat lunak ini cenderung membutuhkan spesifikasi perangkat keras (*hardware*) yang tinggi, terutama RAM dan GPU, saat melakukan kalkulasi pada gedung bertingkat banyak dengan geometri rumit. Selain itu, DIALux evo lebih berfokus pada kinerja visual (Lux/Candela) dan kurang mendalam dalam analisis beban panas (*thermal load*) jika dibandingkan dengan *software* simulasi energi terpadu seperti EnergyPlus atau IES-VE. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, fokus analisis dibatasi pada kinerja pencahayaan (Illuminansi dan Uniformitas), sedangkan aspek termal dianalisis secara kualitatif berdasarkan spesifikasi material.

2.5.6 Parameter Input Simulasi

Akurasi hasil simulasi pada perangkat lunak DIALux evo sangat ditentukan oleh ketepatan parameter input yang dimasukkan ke dalam model. Berdasarkan studi oleh Prasertseree & Tuaycharoen (2025) dan Kieu dkk. (2024), terdapat tiga parameter utama yang harus disesuaikan dengan kondisi riil objek studi agar hasil simulasi memiliki tingkat validitas yang tinggi:

1. Data Lokasi dan Kondisi Langit (*Weather Data*)

Simulasi dilakukan dengan menetapkan koordinat geografis lokasi Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga di Yogyakarta. Data cuaca yang digunakan mencakup profil lintasan matahari tahunan untuk menentukan sudut datang sinar matahari. Dalam simulasi ini, kondisi langit yang digunakan merujuk pada profil langit rata-rata di wilayah tropis guna mendapatkan gambaran intensitas cahaya pada kondisi paling kritis.

2. Geometri dan Detail Arsitektural

Model tiga dimensi (3D) dibangun secara presisi mencakup elemen-elemen yang memengaruhi distribusi cahaya, seperti dimensi ruangan, ketebalan dinding, serta penempatan elemen redesain berupa *skylight* dan *void*. Kieu dkk. (2024) menekankan bahwa detail geometri pada bukaan jendela dan lubang cahaya vertikal sangat menentukan keakuratan perhitungan distribusi cahaya pada area interior yang dalam (*deep-plan*).

3. Karakteristik Material dan Reflektansi

Setiap permukaan di dalam DIALux evo (lantai, dinding, dan plafon) diberikan nilai reflektansi yang sesuai dengan material asli atau rencana redesain. Nilai reflektansi

menentukan seberapa banyak cahaya yang dipantulkan kembali ke dalam ruang (Komponen Pantulan Dalam). Menurut Prasertseree & Tuaycharoen (2025), pemilihan warna terang pada dinding dan penggunaan material kaca dengan transmisi cahaya yang tepat pada *skylight* dapat secara signifikan meningkatkan level iluminansi tanpa menambah beban panas matahari.

4. Bidang Kerja (*Workplane*)

Sesuai dengan SNI 6197:2020, perhitungan iluminansi difokuskan pada bidang kerja dengan ketinggian 0,75 meter di atas lantai. Parameter ini memastikan bahwa analisis Lux yang dihasilkan relevan dengan aktivitas utama pengguna gedung, yaitu mahasiswa yang melakukan kegiatan membaca dan menulis di atas meja.

2.5.4 Output dan Analisis Hasil Simulasi

Setelah proses kalkulasi selesai, DIALux evo menghasilkan output data yang bersifat kuantitatif (angka) dan kualitatif (visual). Menurut Kieu dkk. (2024), integrasi kedua jenis data ini sangat penting untuk memberikan interpretasi yang menyeluruh terhadap performa pencahayaan sebuah ruang. Bentuk analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Visualisasi Warna Semu (*Pseudo Colors*)

Visualisasi ini menampilkan distribusi intensitas cahaya melalui gradasi warna pada model 3D. Warna merah atau kuning biasanya menunjukkan area dengan iluminansi tinggi, sedangkan warna biru atau ungu menunjukkan area yang minim cahaya. Visualisasi ini sangat efektif untuk mengidentifikasi "zona gelap" secara cepat pada bangunan berdenah dalam (*deep-plan*) sebelum dan sesudah redesain.

2. Pemetaan Garis Kontur (*Isolines*)

Isolines adalah garis-garis kontur yang menghubungkan titik-titik dengan nilai Lux yang sama pada permukaan bidang kerja. Pemetaan ini membantu dalam melihat jangkauan penetrasi cahaya matahari dari jendela samping maupun dari skylight. Perubahan kerapatan dan pola garis isolines setelah penambahan void menjadi indikator keberhasilan distribusi cahaya secara vertikal.

3. Laporan Nilai Iluminansi (*Summary Report*)

Data kuantitatif utama yang dihasilkan adalah nilai rata-rata (E rata-rata), minimum (E minimal), dan maksimum (E maksimum) dari tingkat pencahayaan (Lux). Data ini kemudian dikomparasikan secara langsung dengan standar SNI 6197:2020. Peningkatan nilai Lux rata-

rata pada area yang sebelumnya di bawah standar menjadi bukti efektivitas redesain pasif yang diterapkan.

4. Analisis Keseragaman (Uniformity Analysis)

DIALux evo secara otomatis menghitung nilai keseragaman (U_0) yang merupakan rasio antara (E_{min}) dan (E_{avg}). Sebagaimana ditekankan oleh Prasertseree & Tuaycharoen (2025), analisis ini digunakan untuk memastikan bahwa penambahan bukaan tidak hanya meningkatkan kecerahan di satu titik saja, tetapi juga menciptakan distribusi cahaya yang merata di seluruh ruang kelas atau kantor, sehingga meminimalisir kontras visual yang ekstrem.

2.6 Studi Kasus dan Penelitian Terdahulu (*State of the Art*)

Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memvalidasi pendekatan metodologis dan konseptual penelitian, serta menegaskan orisinalitas riset (*novelty*) mengenai redesain pasif Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga.

Studi terdahulu berfungsi sebagai acuan dan perbandingan untuk memposisikan penelitian ini di antara penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Peninjauan terhadap hasil riset terdahulu membantu dalam memvalidasi metodologi simulasi yang digunakan serta memperkuat argumen mengenai urgensi redesain pencahayaan pada bangunan pendidikan.

2.6.1 Tinjauan Penelitian Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan topik optimasi pencahayaan alami dan efisiensi energi pada bangunan adalah sebagai berikut:

1. Strategi Desain Pasif dan Efisiensi Energi Atamewan (2022)

Menekankan bahwa integrasi pencahayaan alami melalui bukaan strategis (seperti *roof-light*) sangat efektif untuk menekan konsumsi energi fosil dan biaya operasional. Sejalan dengan itu, Asyraf & Andrea (2024) menjelaskan bahwa optimasi selubung bangunan (*building envelope*) merupakan langkah fundamental dalam desain pasif untuk meningkatkan efisiensi energi tanpa mengorbankan kenyamanan termal dan visual penghuni.

2. Dampak Pencahayaan pada Fasilitas Pendidikan

Studi yang dilakukan oleh Emara dkk. (2024) memberikan landasan mengenai aspek kemanusiaan, di mana ketersediaan cahaya alami di ruang kelas berpengaruh signifikan

terhadap suasana hati (*mood*), kesehatan mental, dan performa akademik mahasiswa. Penelitian terbaru oleh Prasertseree & Tuaycharoen (2025) memperdalam hal ini dengan menguji modifikasi pada langit-langit transparan dan karakteristik jendela untuk mendapatkan distribusi cahaya yang seragam di ruang belajar.

3. Validasi Simulasi Digital dengan DIALux evo

Dalam aspek metodologi, Kieu dkk. (2024) membuktikan efektivitas penggunaan perangkat lunak simulasi (DIALux) untuk memprediksi potensi penghematan energi melalui perubahan elemen bukaan pada fasad. Hasil simulasi digital ini diakui memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga valid digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan desain dalam arsitektur.

4. Prediksi Konsumsi Energi Bangunan Zhao & Magoulès (2012)

Memberikan perspektif mengenai kompleksitas prediksi energi dalam bangunan. Penelitian mereka menekankan bahwa sistem pencahayaan adalah salah satu sub-level yang paling berpengaruh terhadap beban energi total, sehingga intervensi pada sistem pencahayaan alami merupakan strategi yang sangat tepat untuk mencapai efisiensi energi global.

2.6.2 Tabel Ringkasan Studi Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Utama	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Atamewan (2022)	<i>Appraisal of Day-lighting in Sustainable Housing Development</i>	Tinjauan Literatur & Observasi	Penggunaan <i>roof-light</i> dan shading efektif meningkatkan efisiensi energi dan kesehatan mental.	Fokus pada bangunan hunian, sementara penelitian ini pada gedung pendidikan (kampus).
2	Emara dkk. (2024)	<i>Lighting impact on architecture student experience</i>	Survei Lapangan & Kuesioner	Ketersediaan cahaya alami secara signifikan meningkatkan kepuasan, <i>mood</i> , dan performa akademik mahasiswa.	Menggunakan metode subjektif (kuesioner), sedangkan penelitian ini menggunakan simulasi digital kuantitatif.

3	Prasertseree & Tuaycharoen (2025)	<i>The Effect of Curved Light Shelves on Daylighting in Classrooms</i>	Simulasi DIALux evo	Modifikasi plafon transparan dan <i>light shelves</i> meningkatkan iluminansi dan keseragaman di ruang kelas.	Fokus pada elemen <i>light shelves</i> , sementara penelitian ini fokus pada kombinasi Void dan Skylight.
4	Kieu dkk. (2024)	<i>The Energy Saving Potential in an Office Building</i>	Simulasi DIALux	Modifikasi elemen fasad (louver) mampu menurunkan beban energi pencahayaan secara signifikan.	Fokus pada elemen fasad luar, sedangkan penelitian ini lebih pada redesain spasial (denah) dan interior (void).
5	Asyrafî & Andrea (2024)	<i>Passive Design Strategy for Optimizing Energy Efficiency</i>	Simulasi Kinerja Bangunan	Strategi desain pasif pada selubung bangunan vertikal krusial untuk efisiensi energi di iklim tropis.	Fokus pada bangunan hunian vertikal (apartemen/rusun), sementara objek ini adalah gedung universitas.
6	Zhao & Magoulès (2012)	<i>A review on the prediction of building energy consumption</i>	Tinjauan Model Prediksi	Sistem pencahayaan adalah sub-komponen utama yang menentukan akurasi prediksi beban energi gedung.	Merupakan studi literatur global, sedangkan penelitian ini adalah studi kasus spesifik di Yogyakarta.

Tabel 2. Ringkasan Studi Terdahulu

2.6.3 Kesenjangan Penelitian dan Orisinalitas (*Novelty*)

Berdasarkan tinjauan terhadap berbagai studi terdahulu, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang menjadi titik masuk bagi penelitian ini. Sebagian besar

penelitian mengenai optimasi pencahayaan alami berfokus pada bangunan hunian vertikal atau perkantoran dengan modifikasi elemen luar seperti *louver* atau *light shelves* (Kieu dkk., 2024; Prasertseree & Tuaycharoen, 2025). Masih sedikit penelitian yang secara spesifik membahas solusi untuk bangunan pendidikan berdenah dalam (*deep-plan building*) yang memiliki kendala "ruang dalam ruang" yang ekstrem.

Orisinalitas atau kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada:

1. Tipologi dan Lokasi Penelitian:

Penelitian ini mengambil lokus spesifik pada Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga yang memiliki karakteristik denah sangat dalam dan lebar, sehingga menciptakan tantangan distribusi cahaya yang unik di iklim tropis Yogyakarta.

2. Kombinasi Strategi Redesain:

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang fokus pada satu elemen (misalnya hanya jendela), penelitian ini mengintegrasikan strategi redesain spasial (perubahan denah/organisasi ruang) dengan strategi bukaan vertikal (kombinasi *Skylight* dan *Void*) untuk menarik cahaya ke lantai-lantai bawah.

3. Metode Evaluasi:

Menggunakan simulasi DIALux evo untuk membuktikan secara kuantitatif bagaimana perubahan organisasi ruang dapat meningkatkan nilai iluminansi (Lux) dan keseragaman (*uniformity*) di area yang sebelumnya terisolasi dari cahaya matahari.