

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini disusun berdasarkan teori arsitektur bioklimatik yang dikemukakan oleh Victor Olgyay (1963) melalui karyanya yang berjudul *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Konsep utama dalam teori ini menempatkan selubung bangunan atau fasad tidak lagi dipandang sekadar sebagai partisi visual, melainkan berfungsi aktif sebagai sebuah filter adaptif atau penyaring yang menengahi iklim luar bangunan dengan kebutuhan kenyamanan fisiologis manusia di dalam bangunan. Asumsi dasar dari Olgyay (1963) adalah bahwa arsitektur tidak boleh melawan iklim, melainkan meresponsnya secara terukur. Jika fasad gagal memoderasi radiasi matahari secara efektif, keseimbangan termal dan visual akan rusak sehingga memicu respons reaktif dari pengguna. Dalam ruang lingkup sains arsitektur, teori ini menggeser paradigma desain dari sekadar membangun ruang tertutup menjadi proses kalibrasi selubung bangunan yang terukur, menjembatani ilmu iklim, fisiologi atau kenyamanan indrawi manusia, dan rekayasa desain fisik. Teori ini menjadi landasan bahwa setiap elemen fasad harus dikalibrasi ulang agar selaras dengan data iklim lokal.

Menurun dari teori di atas, penelitian ini menggunakan teori desain berkelanjutan dan tata cahaya alami atau *daylighting*, yang secara komprehensif diulas oleh Lechner (2015). Teori ini menjelaskan mekanisme masuknya cahaya sebagai gelombang elektromagnetik yang membawa iluminasi sekaligus panas. Teori ini menjelaskan mekanisme masuknya cahaya sebagai gelombang elektromagnetik yang membawa iluminasi sekaligus panas. Lechner (2015) menggarisbawahi bahwa pemanfaatan pencahayaan alami bukan sekadar memasukkan cahaya matahari sebanyak-banyaknya ke dalam ruangan, melainkan sebuah proses menyeimbangkan antara iluminasi yang cukup dan penghindaran silau (*glare*). Konsep ini secara langsung menjawab

persoalan empiris di lapangan, bahwa masuknya cahaya matahari dengan intensitas terlalu tinggi bukanlah indikator pencahayaan alami yang baik, melainkan kegagalan distribusi cahaya yang berujung pada silau absolut. Kegagalan ini menciptakan paradoks pencahayaan, di mana keberlimpahan cahaya alami justru mematikan fungsinya sendiri karena pengguna terpaksa menggunakan penghalang cahaya berupa tirai dan beralih ke pencahayaan buatan berupa lampu yang bermuara pada pemborosan konsumsi energi listrik.

Untuk menghubungkan teori-teori di atas dengan landasan yuridis-formal di Indonesia, penelitian ini menjembatannya melalui Teori Evaluasi Kinerja Bangunan (*Building Performance Evaluation/BPE*) yang dikembangkan oleh Preiser & Vischer (2005). Preiser mendefinisikan BPE sebagai kerangka kerja untuk mengevaluasi sejauh mana sebuah lingkungan binaan dapat berfungsi memenuhi kebutuhan spesifik penggunanya. Teori ini bertindak sebagai benang merah yang mengonversi definisi legal-normatif sebuah bangunan menjadi parameter teknis yang dapat diukur secara empiris. BPE mengikat teori arsitektur bioklimatik ke dalam ranah kepatuhan regulasi (*regulatory compliance*).

2.1.1 Bangunan Gedung

Secara hukum, eksistensi arsitektur di Indonesia tidak sekadar dipandang sebagai wujud fisik struktural, melainkan diatur secara ketat melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung serta regulasi teknis turunannya, yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Dalam hierarki hukum tersebut, sebuah bangunan gedung didefinisikan sebagai wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, dan mutlak diwajibkan memenuhi standar "Keandalan Bangunan Gedung" yang mencakup aspek keselamatan, kesehatan, kemudahan, dan kenyamanan. Dalam Peraturan

Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, persyaratan kenyamanan bangunan gedung secara eksplisit mendiktekan keharusan adanya "kenyamanan pandangan" serta sistem pencahayaan yang memadai untuk menunjang produktivitas penggunaannya. Regulasi ini juga menyebutkan beberapa definisi bangunan gedung berdasarkan fungsinya sebagai berikut.

2.1.1.1 Bangunan Gedung Cagar Budaya

Bangunan gedung cagar budaya adalah bangunan gedung yang secara legal telah diresmikan dan dilindungi statusnya sebagai peninggalan cagar budaya sesuai dengan regulasi dan perundang-undangan yang berlaku di bidang tersebut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung).

2.1.1.2 Bangunan Gedung Fungsi Khusus

Bangunan gedung fungsi khusus adalah fasilitas yang memiliki peran berskala nasional dengan tuntutan kerahasiaan dan keamanan operasional yang sangat ketat, atau bangunan yang aktivitas penyelenggaraannya membawa potensi bahaya serta risiko tinggi bagi keselamatan masyarakat dan lingkungan di sekitarnya (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung).

2.1.1.3 Bangunan Gedung Hijau

Bangunan gedung hijau adalah bangunan gedung yang tidak hanya patuh pada standar teknis, tetapi juga mampu membuktikan kinerja efisiensi yang terukur secara nyata dalam hal penghematan energi, air, maupun sumber daya lainnya dengan

mengimplementasikan prinsip keberlanjutan di seluruh fase penyelenggaraannya (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung).

2.1.1.4 Bangunan Gedung Hunian Hijau Masyarakat

Bangunan gedung hunian hijau masyarakat adalah bangunan gedung yang merujuk pada sekumpulan rumah tinggal tunggal berspesifikasi sederhana yang saling terintegrasi dalam sebuah kesatuan area administratif atau lingkungan tematik tertentu, serta dibangun dengan memenuhi pedoman rencana kerja hunian hijau (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung).

2.1.1.5 Bangunan Gedung Negara

Bangunan gedung negara adalah aset properti berstatus milik pemerintah pusat maupun daerah yang difungsikan untuk mendukung kegiatan kedinasan, di mana proses pembangunannya didanai oleh instrumen anggaran resmi negara (APBN/APBD) maupun dari sumber perolehan lain yang sah secara hukum (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung). Berdasarkan regulasi yang sama pada Pasal 128 dijelaskan bahwa, bangunan gedung negara dikelompokkan menjadi bangunan gedung kantor, rumah negara, dan bangunan gedung negara lainnya (bangunan gedung pendidikan, bangunan gedung pendidikan dan pelatihan, bangunan gedung pelayanan kesehatan, bangunan gedung parkir, bangunan gedung perdagangan, dan bangunan gedung peribadatan).

Berdasarkan tinjauan mengenai berbagai klasifikasi bangunan gedung di atas, objek studi yang digunakan dalam penelitian ini—yakni Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H., Fakultas Hukum Universitas Diponegoro—secara spesifik masuk ke dalam kategori Bangunan Gedung Negara. Sebagai fasilitas akademik yang berada di bawah naungan instansi perguruan tinggi negeri, penyelenggaraan dan operasional gedung tersebut harus mematuhi regulasi pengelolaan aset negara sekaligus memenuhi kewajiban standar "Keandalan Bangunan Gedung", salah satunya kenyamanan visual.

2.1.2 Standar Kenyamanan Visual

Secara konseptual, kenyamanan visual didefinisikan sebagai respons subjektif individu terhadap kuantitas dan kualitas iluminasi di dalam suatu ruangan. Kondisi ini berpengaruh langsung pada kapasitas pengguna untuk melakukan aktivitas visual secara optimal tanpa memicu kelelahan mata (*visual fatigue*) maupun indikasi ketidaknyamanan lainnya (Al-Shetwi dkk., 2021; Avcı & Memikoğlu, 2021). Dalam praktiknya, standar pemenuhan kenyamanan visual dievaluasi melalui serangkaian parameter terukur yang komprehensif, meliputi tingkat iluminasi (*illuminance*), distribusi cahaya, probabilitas terjadinya silau (*glare*), hingga aspek kualitas cahaya yang mencakup temperatur warna (*color temperature*) dan renderasi warna (*color rendering*) (Golmohammadi dkk., 2020). Standardisasi parameter-parameter tersebut diimplementasikan guna merealisasikan lingkungan binaan (*built environment*) yang secara aktif mendukung kesehatan, produktivitas, serta kesejahteraan penggunanya (Tamamm dkk., 2023).

Tingkat pencahayaan (*illuminance*) adalah salah satu faktor utama dalam menentukan kenyamanan visual. Tingkat pencahayaan yang terlalu rendah dapat menyebabkan kelelahan mata, sedangkan pencahayaan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan silau dan ketidaknyamanan visual (Al-Shetwi dkk., 2021; J. Zhang dkk., 2022).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan optimal untuk kenyamanan visual bervariasi tergantung pada aktivitas, seperti 300-500 lux untuk membaca. Akan tetapi, bagi pengguna ruang yang memiliki gangguan penglihatan, dibutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi pada rentang 300–750 lux (Avci & Memikoğlu, 2021; Karyono dkk., 2022).

Menurut SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, nilai ambang batas bawah untuk rata-rata tingkat pencahayaan beserta renderasi warna pada gedung perkantoran dan lembaga pendidikan yang direkomendasikan wajib memenuhi ketentuan baku yang tertera pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Tingkat Pencahayaan dan Renderasi Warna

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ($E_{rata-rata}$) Minimum (lux)	Renderasi Warna Minimum
Perkantoran		
Ruang resepsionis	300	80
Ruang direktur	350	80
Ruang kerja	350	80
Ruang komputer	150	80
Ruang rapat	300	80
Ruang gambar	750	90
Gudang arsip	150	80
Ruang arsip aktif	350	80
Ruang tangga darurat	100	80
Ruang parkir	100	80
Lembaga Pendidikan		
Ruang kelas	350	80
Ruang perpustakaan	350	80
Laboratorium	500	90

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ($E_{rata-rata}$) Minimum (lux)	Renderasi Warna Minimum
Ruang praktik komputer	500	80
Ruang laboratorium bahasa	300	80
Ruang guru	300	80
Ruang olahraga	300	80
Ruang gambar	750	80
Ruang auditorium	300	80
Lobby	100	80
Tangga	100	80
Kantin	200	80

(Sumber: SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan)

Merujuk pada **Tabel 2.1** di atas, SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan menetapkan dua indikator esensial dalam mengevaluasi kinerja tata cahaya bangunan, yakni tingkat pencahayaan yang diukur di atas bidang kerja dan renderasi warna. Menurut SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, tingkat pencahayaan (iluminasi) didefinisikan sebagai besaran fluks cahaya yang jatuh atau mengenai suatu bidang permukaan kerja ruang, yang diukur dalam satuan Lux (lumen per meter persegi). Metrik ini menjadi tolok ukur kuantitas ketersediaan cahaya untuk memfasilitasi pengguna dalam melakukan tugas visualnya. Sementara itu, renderasi warna (*Color Rendering Index/CRI*) merupakan parameter kualitatif yang mengukur kemampuan suatu sumber cahaya dalam menampilkan warna asli dari objek yang diteranginya secara akurat dan natural, sebagaimana apabila objek tersebut disinari oleh sumber cahaya

referensi (cahaya matahari alami). Pemenuhan nilai minimum pada kedua parameter operasional ini menjadi syarat mutlak untuk mencegah terjadinya distorsi visual, mengurangi tingkat kelelahan mata (*visual fatigue*), serta menjamin kenyamanan pengguna selama beraktivitas di dalam ruang.

2.1.3 Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung

Pembahasan mengenai sistem pencahayaan dalam arsitektur berakar pada teori kenyamanan visual (*visual comfort theory*). (Szokolay, 2008) dalam bukunya *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design* memaparkan bahwa kenyamanan visual adalah kondisi psikofisiologis di mana mata manusia dapat melihat objek dan ruang sekitarnya dengan jelas, tanpa mengalami kelelahan akibat kekurangan cahaya (*under-illumination*) atau tekanan akibat cahaya berlebih (*glare*). Di Indonesia, kenyamanan visual menjadi salah satu kewajiban standar "Keandalan Bangunan Gedung" yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Secara spesifik, terdapat standar sistem pencahayaan yang menjadi tolak ukur dalam penelitian ini, yaitu SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Pada standar tersebut, tingkat pencahayaan (iluminasi) didefinisikan sebagai besaran fluks cahaya yang jatuh atau mengenai suatu bidang permukaan kerja ruang, yang diukur dalam satuan Lux (lumen per meter persegi). Metrik ini menjadi tolok ukur kuantitas ketersediaan cahaya untuk memfasilitasi pengguna dalam melakukan tugas visualnya. Menurut SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, terdapat dua sumber pencahayaan, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan.

2.1.3.1 Sumber Pencahayaan

a. Pencahayaan Alami

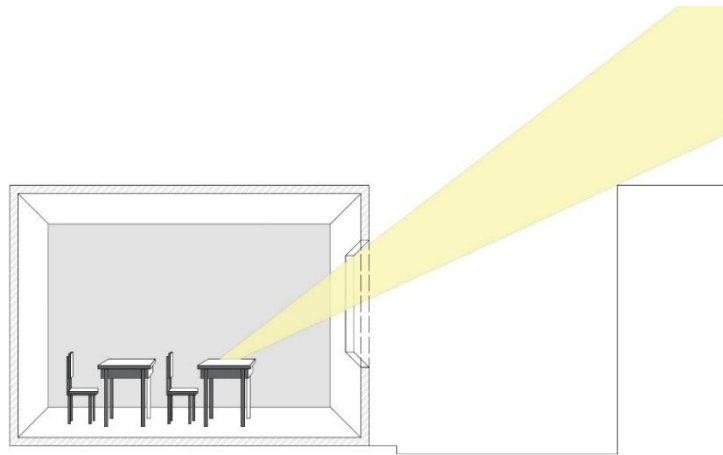
Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang bersumber dari alam, yaitu cahaya matahari (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan). Dalam standar yang sama juga disebutkan bahwa pencahayaan alami yang baik adalah cukupnya pencahayaan yang masuk ke dalam ruangan pada rentang waktu 08.00 hingga 16.00 waktu setempat. Pencahayaan alami juga dikatakan baik apabila distribusi pencahayaan di dalam ruangan merata dan tidak menciptakan kontras yang mengganggu.

Komponen Pencahayaan Alami

Faktor pencahayaan alami di dalam ruang tidak berdiri sendiri, melainkan rasio antara tingkat pencahayaan titik di dalam ruang terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka (Standar Nasional Indonesia 03-2396 Tahun 2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung). Faktor ini dibentuk oleh tiga komponen utama berikut:

1)Komponen Langit

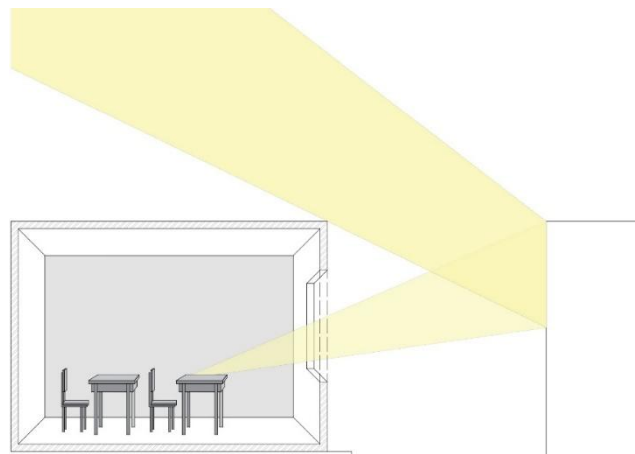
Komponen langit atau faktor langit (f_l) merupakan komponen pencahayaan langsung dari cahaya matahari (Standar Nasional Indonesia 03-2396 Tahun 2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung), seperti yang terlihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Komponen Langit

2) Komponen Refleksi Luar

Komponen refleksi luar atau faktor refleksi luar (frl) merupakan komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi cahaya matahari terhadap benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan (Standar Nasional Indonesia 03-2396 Tahun 2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung), seperti yang terlihat pada **Gambar 2.2**.

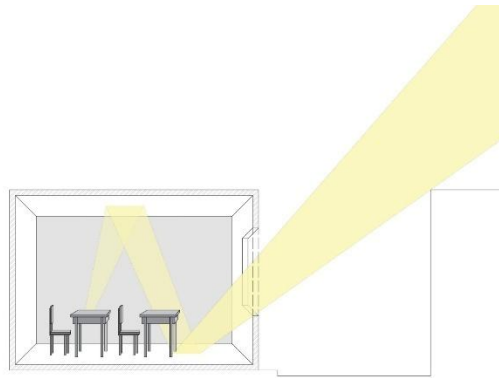


Gambar 2.2 Komponen Refleksi Luar

3) Komponen Refleksi Dalam

Komponen refleksi dalam atau faktor refleksi dalam (frd) merupakan komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi

cahaya matahari terhadap permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi cahaya matahari terhadap benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya matahari langsung (Standar Nasional Indonesia 03-2396 Tahun 2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung), seperti yang terlihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Komponen Refleksi Dalam

b. Pencahayaan Buatan

Sistem pencahayaan yang efektif dalam sebuah bangunan harus mengintegrasikan pemanfaatan cahaya alami secara optimal untuk menciptakan kenyamanan visual bagi penghuni sekaligus mendukung upaya konservasi energi. Perancangan pencahayaan alami wajib mempertimbangkan kondisi langit dan orientasi lubang cahaya agar tingkat iluminansi yang dihasilkan sesuai dengan fungsi ruangan tanpa menimbulkan silau yang berlebihan. Apabila cahaya alami tidak mencukupi, sistem pencahayaan buatan digunakan sebagai penunjang dengan tetap memperhatikan batasan daya pencahayaan maksimum agar penggunaan energi tetap efisien. Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang bersumber dari cahaya buatan manusia, seperti

lampu listrik (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan).

Komponen Pencahayaan Buatan

Berdasarkan (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan), pencahayaan buatan terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara sistemik, yaitu:

1) Lampu

Lampu merupakan sumber cahaya buatan yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi cahaya tampak untuk menerangi ruangan (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan).

2) Balas (*Ballast/Driver*)

Balas merupakan komponen listrik yang dipasang pada lampu luah (seperti lampu neon atau HID) untuk membatasi arus listrik dan memberikan tegangan awal yang diperlukan untuk menyalakan lampu (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan).

3) Luminer

Luminer merupakan rumah atau wadah lampu yang dirancang untuk memposisikan lampu, menghubungkannya ke sumber daya, serta mendistribusikan atau menyaring cahaya yang dihasilkan (SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan).

4) Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan perangkat pengatur operasional pencahayaan, seperti sakelar manual, sensor cahaya matahari (*daylight sensor*), atau sensor gerak (*occupancy sensor*), yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik sesuai kebutuhan.

Penelitian ini secara khusus membatasi ruang lingkup kajian pada optimasi sistem pencahayaan alami (*daylighting*) melalui penerapan strategi desain pasif pada selubung bangunan. Fokus utama diletakkan pada modifikasi elemen fasad, seperti konfigurasi peranti peneduh (*shading device*), guna mencapai kenyamanan visual tanpa menyentuh aspek pencahayaan buatan (*artificial lighting*). Sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan, evaluasi ini tidak mencakup analisis beban termal, akustik, maupun penggunaan energi listrik untuk lampu, melainkan menitikberatkan pada efektivitas masuknya cahaya siang hari sesuai dengan pedoman tata cara perancangan yang berlaku. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa solusi desain yang dihasilkan merupakan intervensi arsitektural yang fundamental dan berkelanjutan dalam merespons cahaya matahari secara pasif.

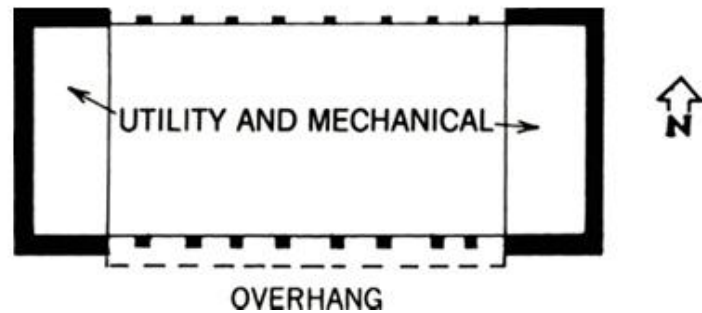
Menurut Lechner (2015) pencahayaan terbaik dan berkelanjutan dicapai melalui pendekatan desain yang diklasifikasikan dalam tiga tingkatan, yaitu geometri pencahayaan dan warna, pencahayaan alami, dan pencahayaan listrik atau buatan. Untuk meningkatkan dan mempersiapkan desain pencahayaan alami, terdapat beberapa strategi tingkat pertama atau strategi geometri pencahayaan dan warna yang dapat diterapkan dalam bangunan.

2.1.3.2 Strategi Geometri Pencahayaan dan Warna

a. Orientasi

Berdasarkan literatur *Heating, Cooling, Lighting* oleh Lechner (2015), orientasi terbaik untuk pencahayaan alami yang dipilih adalah orientasi yang mengarah ke selatan dan utara karena mendapatkan sinar matahari paling konsisten sepanjang hari dan tahun. Peletakan perangkat peneduh juga jauh lebih efektif di sisi selatan dan utara dibanding orientasi lainnya, seperti pada **Gambar 2.4**. Sedangkan orientasi timur dan barat merupakan orientasi yang terburuk karena

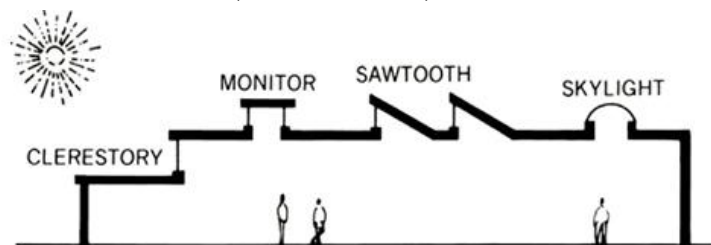
menerima sinar matahari maksimum dari sudut rendah sehingga menciptakan permasalahan silau dan bayangan kontras.



Gambar 2.4 Strategi Orientasi Bangunan
(Sumber: Lechner, 2015)

b. Buka an Atap

Bukaan atap seperti pada **Gambar 2.5** menawarkan dua keuntungan, yaitu apabila pencahayaan alami dari jendela terbatas pada area perimeter sekitar 4,5 meter, bukaan atap memungkinkan penerangan yang cukup seragam di area interior yang sangat luas. Kedua, bukaan atap dapat memasukkan lebih banyak cahaya dibandingkan bukaan vertikal. Namun intensitas cahaya yang lebih besar ini juga menjadi permasalahan penting karena dapat menyebabkan silau. Oleh karena itu, penggunaan kaca vertikal di atap dalam bentuk jendela *clerestory*, monitor, atau *sawtooth* dinilai lebih efektif (Lechner, 2015).



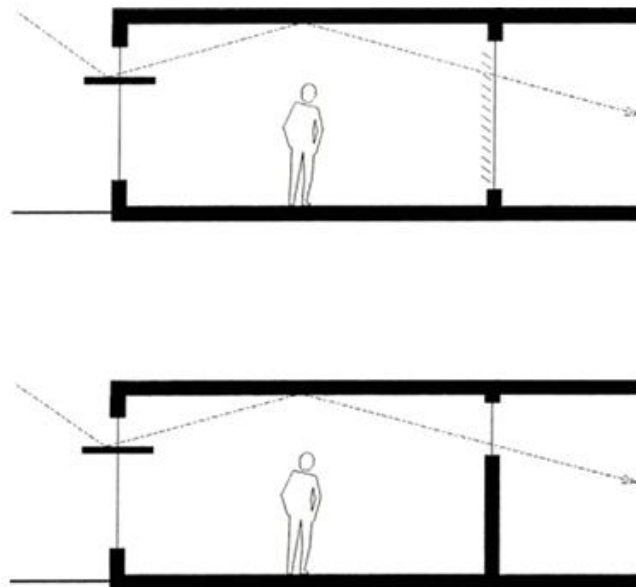
Gambar 2.5 Strategi Buka an Atap
(Sumber: Lechner, 2015)

c. Bentuk

Bentuk bangunan menentukan berapa banyak jendela yang dapat ditempatkan pada setiap orientasi, berapa banyak bukaan atap atau *clerestory* yang dapat ditempatkan di atap, dan berapa banyak luas lantai yang akan mendapat akses ke pencahayaan alami (Lechner, 2015).

d. Perencanaan Ruang

Perencanaan ruang bersifat *open space* sangat menguntungkan untuk pencahayaan tambahan, yang membawa cahaya lebih jauh ke dalam interior. Partisi kaca dapat memberikan privasi akustik tanpa menghalangi cahaya. Apabila privasi visual juga dibutuhkan, dapat menggunakan *venetian blinds* atau material *translucent* lainnya. Sebagai alternatif, partisi dapat menggunakan kaca hanya di atas ketinggian mata, seperti pada **Gambar 2.6**.

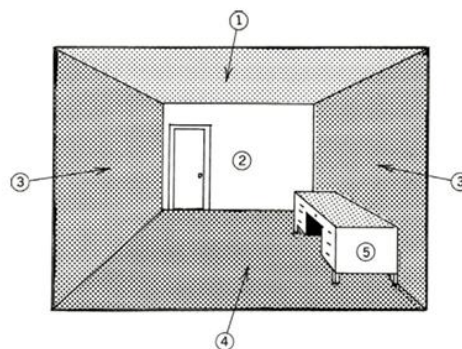


Gambar 2.6 Strategi Perencanaan Ruang
(Sumber: Lechner, 2015)

e. Warna

Menurut Lechner (2015), Penggunaan warna terang di dalam maupun luar bangunan untuk memantulkan lebih banyak cahaya ke dalam bangunan dan memperdalam masuknya cahaya ke dalam bangunan. Atap berwarna terang dapat meningkatkan cahaya yang dikumpulkan oleh jendela *clerestory*. Dinding eksterior berwarna putih atau terang juga meningkatkan pencahayaan alami. Fasad berwarna terang sangat penting di daerah perkotaan untuk meningkatkan ketersediaan pencahayaan alami di lantai bawah. Interior berwarna terang tidak hanya akan memantulkan cahaya lebih jauh ke dalam bangunan tetapi juga menyebarkannya untuk mengurangi bayangan gelap, silau, dan rasio kecerahan yang berlebihan. Langit-langit harus memiliki nilai faktor reflektif setinggi mungkin, sedangkan lantai dan furnitur kecil adalah elemen dengan nilai reflektif yang kurang dominan. Berikut urutan kepentingan permukaan pemantul cahaya dari yang paling penting beserta ilustrasi pada **Gambar 2.7**.

- 1) langit-langit,
- 2) dinding belakang,
- 3) dinding samping,
- 4) lantai, dan
- 5) furnitur kecil.



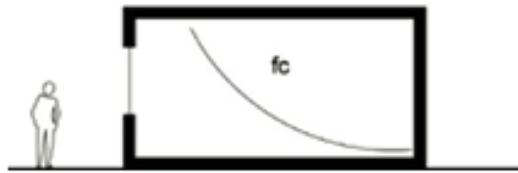
Gambar 2.7 Urutan Kepentingan Permukaan Pantul Cahaya
(Sumber: Lechner, 2015)

f. Pemandangan dan Pencahayaan Alami

Lechner (2015) menyarankan penggunaan bukaan terpisah untuk pemandangan dan pencahayaan alami. Penggunaan jendela tinggi, jendela *clerestory*, maupun *skylight* sangat baik untuk pencahayaan alami. Material jendela tinggi menggunakan kaca bening dengan *spectrally selective* untuk memaksimalkan cahaya alami yang dikumpulkan. Sedangkan, penggunaan jendela rendah setinggi mata untuk pemandangan, menggunakan material yang lebih fleksibel dan dapat dirancang untuk mengurangi transmisi cahaya guna mengontrol panas dan silau.

Strategi geometri dan warna merupakan fondasi tingkat pertama yang paling mendasar dalam merancang pencahayaan alami yang berkelanjutan. Secara geometris, orientasi bukaan ke arah utara dan selatan adalah yang paling ideal karena menerima pancaran sinar matahari yang konsisten sepanjang hari dan tahun. Sebaliknya, orientasi timur dan barat merupakan yang terburuk karena rawan terhadap paparan maksimal sinar matahari bersudut rendah yang secara langsung menciptakan masalah silau. Untuk memaksimalkan geometri tersebut, penggunaan warna terang sangat esensial untuk memantulkan cahaya agar masuk lebih dalam ke ruangan. Nilai reflektansi tertinggi wajib diprioritaskan secara berurutan pada elemen langit-langit, dinding belakang, dinding samping, hingga lantai. Interior yang berwarna terang akan menyebarkan cahaya secara merata, sehingga efektif mengurangi bayangan gelap, silau, dan rasio kecerahan yang berlebihan di dalam ruang.

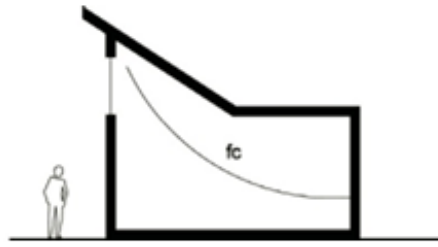
2.1.3.3 Strategi Dasar Jendela



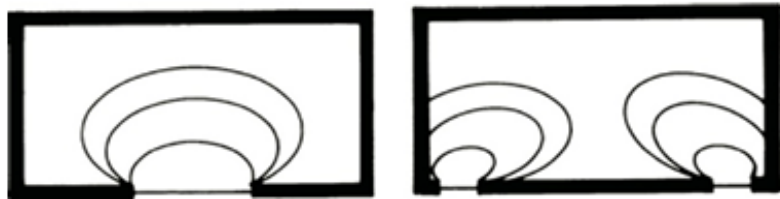
Gambar 2.8 Strategi Dasar Jendela
(Sumber: Lechner, 2015)

Pencahayaan dengan intensitas yang paling terang berada tepat di dalam jendela dan dengan cepat menurun hingga tingkat yang tidak memadai, seperti yang terilustrasikan pada **Gambar 2.8**. Bukaan dinding seringkali menjadi sumber silau langsung, dan sinar matahari langsung yang masuk melalui jendela menciptakan rasio kecerahan yang berlebihan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan beberapa strategi berikut:

- a. Pemasangan jendela di dinding bagian atas, tersebar luas, dan memiliki luasan yang optimal. Penetrasi cahaya alami ke dalam ruangan akan meningkat seiring dengan ketinggian pemasangan jendela, seperti pada **Gambar 2.9**. Oleh karena itu, peninggian langit-langit diperlukan agar jendela dapat dipasang lebih tinggi. Cahaya alami akan terdistribusi lebih merata di dalam ruangan jika jendela horizontal daripada vertikal dan jika jendela tersebut tersebar dibanding terkonsentrasi, seperti pada **Gambar 2.10**. Luas jendela sebagai persentase dari luas lantai umumnya tidak boleh melebihi 20% karena dapat menyebabkan panas berlebih atau *overheating*.

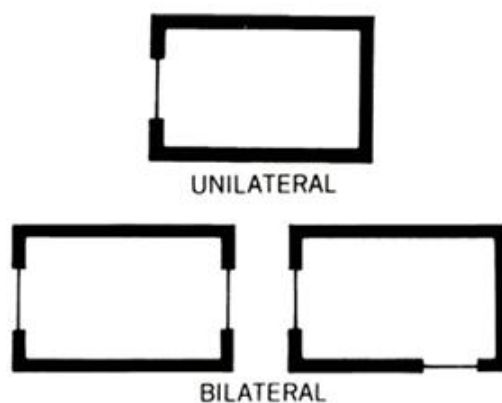


Gambar 2.9 Pemasangan Jendela di Dinding Atas
(Sumber: Lechner, 2015)



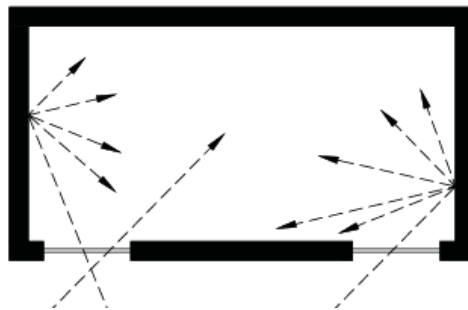
Gambar 2.10 Pemasangan Jendela Terpusat dan Tersebar
(Sumber: Lechner, 2015)

- b. Apabila memungkinkan, jendela dapat dipasang di lebih dari satu dinding. Penggunaan pencahayaan bilateral (jendela di dua dinding) dibanding pencahayaan unilateral (jendela di satu dinding) untuk distribusi cahaya yang jauh lebih baik dan mengurangi silau, seperti pada **Gambar 2.11**.

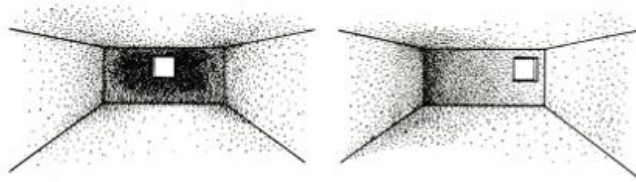


Gambar 2.11 Pemasangan Jendela Unilateral dan Bilateral
(Sumber: Lechner, 2015)

- c. Apabila memungkinkan, jendela dapat dipasang berdekatan dengan dinding interior. Dinding interior yang berdekatan dengan jendela bertindak sebagai reflektor dengan kecerahan rendah untuk mengurangi arah cahaya siang hari yang terlalu kuat, seperti pada **Gambar 2.12**. Intensitas silau juga berkurang karena rasio kecerahan yang berkurang antara jendela dan dinding sekitarnya akibat pantulan dari dinding samping, seperti pada **Gambar 2.13**.

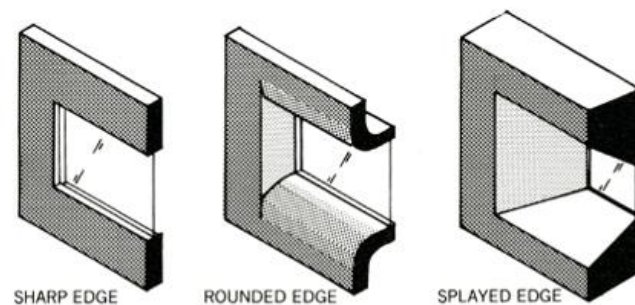


Gambar 2.12 Pemasangan Jendela Berdekatan dengan Dinding
(Sumber: Lechner, 2015)



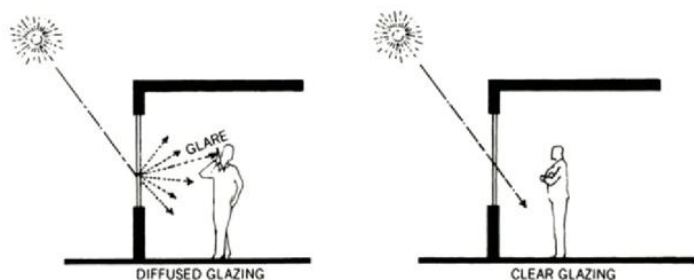
Gambar 2.13 Intensitas Pantulan Cahaya dari Dinding
(Sumber: Lechner, 2015)

- d. Dinding dibuat melebar untuk mengurangi kontras antara jendela dan dinding. Jendela menghasilkan lebih sedikit silau ketika dinding di sebelahnya tidak gelap dibandingkan dengan jendela. Tepi yang melebar atau membulat menciptakan transisi kecerahan yang lebih nyaman bagi mata, seperti pada **Gambar 2.14**.



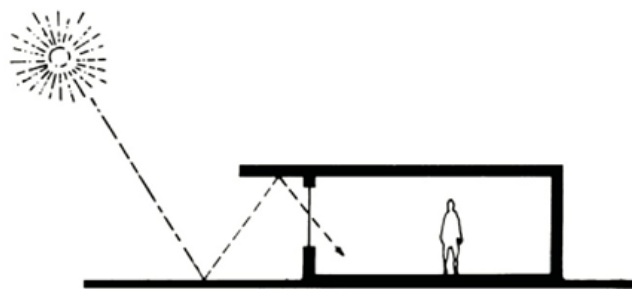
Gambar 2.14 Jenis Tepian Jendela
(Sumber: Lechner, 2015)

- e. Penyaringan cahaya matahari menggunakan pepohonan atau perangkat peneduh, seperti kaca *translucent*. Namun, kaca *translucent* yang sangat tipis dapat memperburuk masalah silau langsung. Meskipun menyebarkan sinar matahari langsung, kaca tersebut seringkali menjadi sumber cahaya yang terlalu terang, seperti pada **Gambar 2.15**.



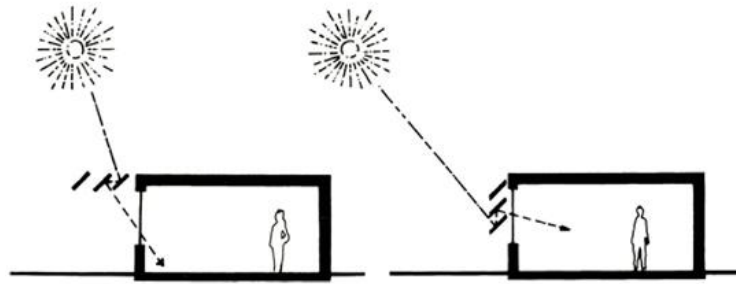
Gambar 2.15 Penyaringan Cahaya dengan *Diffused* dan *Clear Glazing*
(Sumber: Lechner, 2015)

- f. Pengaplikasian elemen peneduh pada jendela untuk mengontrol intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan, mengurangi silau, dan meratakan gradien cahaya di seluruh ruangan. Penggunaan elemen peneduh horizontal dengan dimensi yang besar dan kokoh perlu dilengkapi dengan cat putih pada sisi bawahnya untuk memantulkan cahaya tanah, seperti pada **Gambar 2.16**.

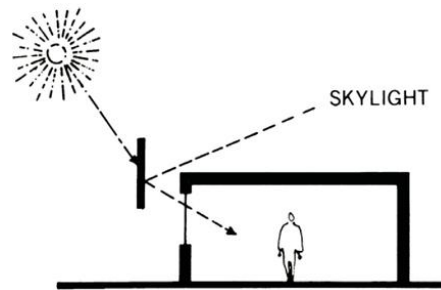


Gambar 2.16 Pemasangan Elemen Peneduh Horizontal
(Sumber: Lechner, 2015)

Elemen peneduh berkisi-kisi dan berwarna terang juga dapat mengurangi rasio kecerahan antara elemen penedug dan langit. Kisi-kisi pada bidang vertikal atau horizontal yang dicat dengan warna terang bermanfaat karena menghalangi sinar matahari langsung namun memantulkan sinar matahari yang tersebar, seperti pada **Gambar 2.17**. Panel vertikal di depan jendela dapat menghalangi sinar matahari langsung sekaligus memantulkan cahaya langit yang tersebar ke dalam jendela, seperti pada **Gambar 2.18**.



Gambar 2.18 Pemasangan Elemen Peneduh Kisi-Kisi Vertikal dan Horizontal
(Sumber: Lechner, 2015)



Gambar 2.17 Pemasangan Elemen Peneduh Panel Vertikal
(Sumber: Lechner, 2015)

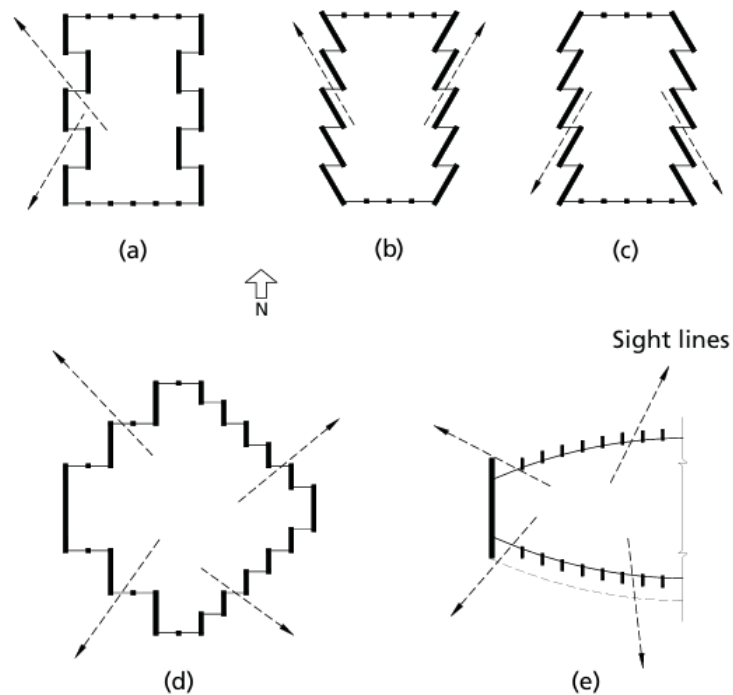
Berdasarkan literatur, strategi dasar perancangan jendela yang efektif harus memisahkan fungsi bukaan untuk pemandangan dan bukaan khusus untuk pencahayaan alami. Untuk mengoptimalkan masuknya cahaya siang hari, jendela idealnya diletakkan pada posisi dinding bagian atas (seperti *clerestory*) dengan konfigurasi penyebaran melebar secara horizontal, bukan bukaan vertikal yang terkonsentrasi. Penempatan posisi jendela yang lebih tinggi ini secara signifikan akan meningkatkan penetrasi kedalaman cahaya, sehingga cahaya alami dapat terdistribusi lebih merata ke seluruh ruangan dan mencegah terjadinya kontras ekstrem atau silau langsung di area yang berdekatan dengan bukaan dinding.

Kesimpulan dari strategi dasar jendela ini menjadi parameter evaluasi primer sekaligus landasan intervensi spasial untuk redesain fasad Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro. Mengingat permasalahan empiris utama pada ruang-ruang di gedung tersebut adalah penetrasi cahaya matahari yang terlampau besar hingga menyilaukan mata dan memicu penutupan tirai secara permanen, redesain harus membongkar ulang konfigurasi jendela eksistingnya. Intervensi yang diusulkan dapat berupa pemecahan bukaan kaca raksasa menjadi bukaan-bukaan horizontal yang tersebar, menerapkan spesifikasi kaca yang berbeda untuk area pandang (*view*) dan area masuknya cahaya di bagian atas, serta mengkalibrasi ulang *Window-to-Wall Ratio* (WWR) ruang kelas agar proporsinya tidak memicu *over-illumination*. Strategi ini akan divalidasi melalui simulasi untuk memastikan cahaya yang masuk menjadi difus, merata, dan aman bagi produktivitas visual pengguna bangunan.

2.1.3.4 Elemen Peneduh Eksterior

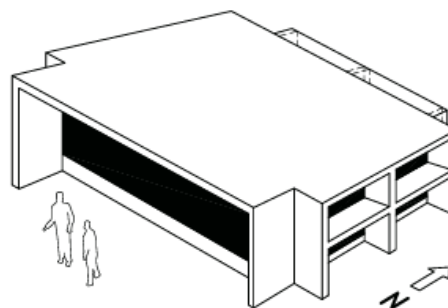
Orientasi berperan sangat besar dalam hal peneduh, di mana setiap peneduh membutuhkan strategi peneduh yang spesifik. Jendela yang menghadap timur dan barat menimbulkan masalah yang sulit karena sudut ketinggian matahari yang rendah di pagi dan sore hari. Solusi terbaik sejauh ini adalah menghindari penggunaan jendela timur dan terutama jendela barat sebisa mungkin. Solusi terbaik berikutnya adalah membuat jendela pada fasad timur dan barat menghadap utara atau selatan, seperti yang ditunjukkan pada denah di **Gambar 2.19**. Apabila kedua metode tersebut tidak memungkinkan, maka dapat meminimalkan ketinggian jendela dan menggunakan elemen peneduh horizontal. Namun, perlu dipahami dan dipertimbangkan bahwa jika

perangkat peneduh di sisi timur dan barat sangat efektif, maka perangkat tersebut akan sangat membatasi pandangan.



Gambar 2.19 Pemasangan Jendela Arah Utara atau Selatan
(Sumber: Lechner, 2015)

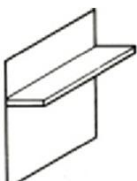
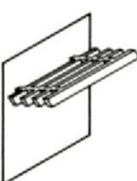
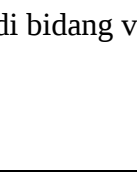
Dalam beberapa kasus, kombinasi elemen vertikal dan horizontal dapat digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20. Kombinasi ini dapat diaplikasikan ketika elemen-elemen ini berdekatan, sistem tersebut disebut *eggcrate*.

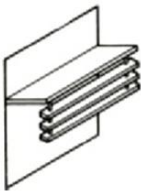
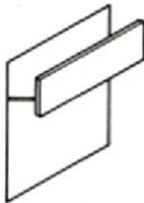
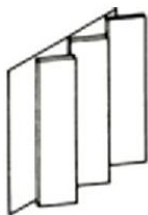


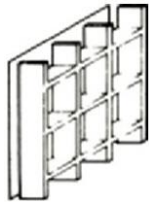
Gambar 2.20 Pemasangan Elemen Peneduh *Eggcrate*
(Sumber: Lechner, 2015)

Tujuan utama dari penggunaan elemen peneduh adalah menghalangi sinar matahari pada sudut tertentu, terdapat beberapa jenis perangkat peneduh lain yang memiliki efektifitas yang sama. Berikut beberapa contoh dari perangkat peneduh beserta peruntukan orientasi terbaiknya pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Elemen Peneduh

No	Elemen Peneduh	Orientasi	Keterangan
1	Horizontal 	Utara, Selatan (Timur & Barat kurang optimal)	Sangat efektif memblokir matahari bersudut tinggi di Utara & Selatan. Kurang tangguh untuk matahari sudut rendah di Timur/Barat kecuali ukurannya sangat dalam.
2	Kisi-kisi horizontal di bidang horizontal 	Utara, Selatan	Ideal untuk Utara dan Selatan karena menghalangi penetrasi matahari sudut tinggi namun tetap mengizinkan pergerakan udara panas ke atas.
3	Kisi-kisi horizontal di bidang vertikal 	Utara, Selatan	Sangat optimal untuk menghalau silau dari langit atas pada fasad

No	Elemen Peneduh	Orientasi	Keterangan
			Utara dan Selatan tanpa memerlukan kanopi yang terlalu panjang.
4	Panel vertikal 	Utara, Selatan	Bekerja menyerupai kanopi pendek untuk menghalangi matahari bersudut tinggi di Utara dan Selatan.
5	Sirip vertikal (<i>Vertical fin</i>) 	Utara, Selatan (sebagai pelengkap)	Karena Utara dan Selatan serupa di ekuator, sirip ini bisa digunakan di keduanya untuk menghalau matahari pagi/sore yang datang dari sudut menyamping, meski bukan peneduh utama.
6	Sirip vertikal miring 	Timur, Barat	Sangat krusial untuk menghalangi matahari bersudut rendah yang menyilaukan di pagi (Timur) dan sore (Barat) hari.

No	Elemen Peneduh	Orientasi	Keterangan
7	Kisi-kisi kotak bersilang <i>(Eggcrate)</i> 	Timur, Barat	Peneduh paling komprehensif untuk Timur dan Barat di iklim tropis. Kombinasi horizontal dan vertikalnya efektif memblokir pergerakan matahari yang ekstrem dari pagi hingga sore.

(Sumber: Lechner, 2015)

Desain elemen peneduh eksterior tidak bisa diterapkan secara universal, melainkan sangat bergantung pada orientasi fasad bangunan terhadap lintasan matahari. Fasad yang menghadap timur dan barat memiliki tantangan paling sulit karena harus mengatasi silau dari sudut matahari yang rendah pada pagi dan sore hari. Untuk mengatasi hal ini, fasad timur dan barat idealnya memasang jendela menghadap utara dan selatan, atau menggunakan elemen peneduh eksternal jenis sirip vertikal miring maupun kombinasi *eggcrate* yang terbukti paling komprehensif di iklim tropis. Sebaliknya, fasad yang menghadap utara dan selatan lebih tangguh menghadapi matahari bersudut tinggi, sehingga elemen peneduh horizontal atau kisi-kisi horizontal sudah sangat efektif untuk digunakan.

Kesimpulan ini menjadi landasan taktis dalam proses redesain fasad Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas

Hukum Universitas Diponegoro. Identifikasi orientasi setiap sisi muka gedung akan menjadi langkah krusial pertama. Jika terdapat ruangan pada fasad timur atau barat yang mengalami silau ekstrem, maka intervensi redesainnya harus difokuskan pada penerapan perangkat vertikal atau *eggcrate*, bukan memaksakan penggunaan elemen peneduh horizontal biasa yang dipastikan akan gagal memblokir penetrasi matahari bersudut rendah.

2.1.4 Studi Simulasi

(Hensen & Lamberts, 2011) dalam buku *Building Performance Simulation for Design and Operation*, mendefinisikan simulasi kinerja bangunan sebagai replikasi komputasional matematis dari fenomena fisik nyata ke dalam sebuah model virtual. Secara teoretis, simulasi berfungsi sebagai laboratorium digital yang menjembatani antara variabel independen dengan variabel dependen. Melalui pendekatan *Building Performance Simulation*, fenomena kegagalan fasad eksisting—seperti intensitas cahaya matahari yang terlampau besar—dapat didekonstruksi ke dalam angka-angka terukur tanpa harus membangun *mock-up* berskala 1:1 di lapangan. Asumsi dasar dari teori ini adalah, jika input data iklim, geometri bangunan, dan spesifikasi material kaca dimasukkan secara presisi ke dalam *engine* kalkulasi, maka sistem perangkat lunak akan mampu merepresentasikan prediksi iluminasi yang sangat mendekati kondisi aslinya.

Dalam ilmu fisika bangunan yang lebih spesifik, studi ini bertumpu pada Teori Pemodelan Tata Cahaya Komputasional (*Computational Daylighting Modeling*), yang dielaborasi secara komprehensif oleh Reinhart (2014) dalam *Daylighting Handbook*. Reinhart (2014) menjelaskan bahwa simulasi pencahayaan bekerja berdasarkan algoritma *ray-tracing* (pelacakan sinar) atau *radiosity* (radiositas). Algoritma ini menyimulasikan pergerakan partikel cahaya matahari (foton) saat

menembus kaca bukaan jendela, memantul pada elemen peneduh, dan terdistribusi ke furnitur di dalam ruangan.

Untuk mengeksekusi kerangka teori pemodelan tersebut ke dalam praktik penelitian empiris, disiplin arsitektur menggunakan berbagai varian perangkat lunak komputasi. Pemilihan instrumen ini didasarkan pada presisi kalkulasi fotometrik dan integrasinya dengan alur kerja perancangan. Berikut adalah macam-macam *software* utama yang secara saintifik diakui dan diaplikasikan dalam studi tata cahaya bangunan gedung:

2.1.4.1 DIALux Evo

DIALux Evo merupakan instrumen kalkulasi pencahayaan standar industri arsitektur global yang menggunakan kombinasi algoritma radiositas dan pelacakan sinar untuk mengevaluasi ruang tertutup (DIAL GmbH, 2023). Perangkat lunak ini memiliki tingkat presisi tinggi yang diakui serta terkalibrasi langsung oleh regulasi tata cahaya internasional untuk ruang kerja, yaitu standar EN 12464-1 (DIAL GmbH, 2023). Aplikasi ini dilengkapi dengan antarmuka yang sangat intuitif serta mampu memvisualisasikan gradasi *false-color* iluminansi dengan sangat jelas untuk mendeteksi titik spesifik jatuhnya silau (DIAL GmbH, 2023). Perangkat ini menuntut spesifikasi perangkat keras (hardware) yang sangat tinggi, terutama pada *Video RAM* dan GPU untuk menyelesaikan kalkulasi pemantulan pada geometri bangunan yang kompleks (DIAL GmbH, 2023).

2.1.4.2 Autodesk Revit (Insight/Lighting Analysis)

Perangkat lunak ini mewakili metodologi *Building Information Modeling* (BIM), di mana seluruh parameter kalkulasi disimulasikan secara terintegrasi di dalam satu model 3D arsitektural utuh (Autodesk Inc., 2023). Keunggulan

utamanya adalah efisiensi waktu kerja, karena elemen bangunan tidak perlu diekspor berulang kali ke aplikasi eksternal (Autodesk Inc., 2023). Revit terkalibrasi secara presisi untuk otomatis merilis data metrik standar sertifikasi keberlanjutan LEED v4, yang secara instan menghitung rasio *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) dan metrik paparan silau *Annual Sunlight Exposure* (ASE) (Autodesk Inc., 2023; Wicaksono & Kusuma, 2023). Dari kacamata peneliti sains murni, mesin kalkulasinya bertindak selayaknya *black box*, di mana pengguna tidak diberikan kebebasan untuk memodifikasi parameter *bounces* algoritma cahaya sedetail aplikasi *open-source* (Reinhart (2014).

2.1.4.3 Rhinoceros 3D (Ladybug & Honeybee / Radiance)

Perangkat lunak ini menggunakan pendekatan pemodelan algoritmik parametrik yang dihubungkan dengan antarmuka *engine* Radiance (Ladybug Tools LLC, 2023). Radiance diakui oleh komunitas sains global sebagai mesin perhitungan *ray-tracing* yang paling saintifik dan valid di dunia akademik (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2023; Reinhart, 2014).

Aplikasi ini bersifat *open-source* dan menawarkan tingkat kustomisasi yang tidak terbatas dalam melakukan analisis fasad generatif secara parametrik untuk menguji metrik simulasi berbasis iklim (Ladybug Tools LLC, 2023). *Software* ini memiliki kurva pembelajaran (*learning curve*) yang sangat curam bagi praktisi pemula (Ladybug Tools LLC, 2023). Operasionalnya wajib menggunakan skrip pemrograman visual berbasis *node* (melalui modul Grasshopper), alih-alih menggunakan antarmuka pemodelan berbasis klik secara konvensional (Ladybug Tools LLC, 2023).

Berdasarkan komparasi teoretis dan teknis dari berbagai instrumen simulasi di atas, penelitian ini menetapkan penggunaan perangkat lunak DIALux Evo versi 14 sebagai instrumen analisis komputasi utama. Keputusan ini didasarkan pada keselarasan yang kuat antara kapabilitas spesifik perangkat lunak dengan urgensi rumusan masalah penelitian. DIALux Evo memiliki algoritma kalkulasi fotometrik yang terkalibrasi langsung dengan standar tata cahaya ruang kerja global (seperti EN 12464-1), sehingga memastikan setiap keluaran data iluminansi memiliki validitas saintifik yang tinggi dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademis.

Secara spesifik, kapabilitas visualisasi *false-color* iluminansi pada versi 13.2 menjadi alasan teknis yang paling krusial. Fitur ini memungkinkan pelacakan dan pemetaan yang sangat presisi terhadap titik-titik penyebaran silau absolut (*over-illumination*) yang jatuh menimpa bidang kerja akibat kegagalan fasad eksisting. Selain itu, keandalan *engine* radiositas dan pelacakan sinarnya (*ray-tracing*) dalam menyimulasikan interaksi cahaya alami terhadap modifikasi elemen peneduh (*shading device*) dan nilai transmisi material kaca menjadikan DIALux Evo 14 sebagai laboratorium digital yang paling optimal dan efisien. Instrumen ini dinilai sangat mumpuni untuk memvalidasi secara kuantitatif apakah strategi desain pasif yang diusulkan nantinya benar-benar mampu mengeliminasi silau, mengurangi penutupan tirai, dan pada akhirnya menekan pemborosan penyalan lampu di siang hari.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, redesain Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro tidak dilakukan melalui justifikasi visual semata, melainkan melalui simulasi terukur untuk mengembalikan harmoni antara kontrol iluminasi eksterior dan pemenuhan hak kenyamanan visual bagi civitas akademika di dalamnya.

2.2 Critical Review

Penerapan teori-teori kenyamanan visual berbasis metrik dinamis ini telah divalidasi oleh berbagai studi terdahulu yang relevan dalam konteks iklim tropis, berikut dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 *Critical Review*

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
1	Analisis Pencahayaan Menggunakan DIALux Evo pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon (Heriadi dkk., 2026)	Analisis tingkat pencahayaan alami dan buatan di ruang-ruang kuliah Gedung Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon untuk dievaluasi kesesuaiannya terhadap standar kenyamanan visual SNI 03-6575-2001.	Kuantitatif deskriptif. Pengukuran intensitas eksisting di lapangan menggunakan lux meter, yang kemudian dijadikan dasar komparasi untuk simulasi <i>software</i> DIALux Evo. Simulasi pencahayaan alami secara spesifik diuji pada tiga titik waktu (08:00, 12:00, dan 16:00) menggunakan kondisi model langit <i>average sky</i> .	a. Kinerja pencahayaan alami terbukti sangat fluktuatif terhadap waktu; sebagian besar ruangan gagal memenuhi standar SNI pada pagi (08:00) dan sore hari (16:00), namun seketika memuncak hingga rata-rata melampaui 1000 lux pada tengah hari (12:00). b. Kondisi pencahayaan buatan di seluruh lantai rata-rata hanya berkisar antara 71 lux hingga 151 lux, jauh di bawah standar minimum SNI (250 lux) sehingga gagal mengkompensasi redupnya cahaya alami di sore hari.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
2	Analisis Sistem Pencahayaan Pada Gedung Fakultas Pertanian Universitas Pattimura Ambon (Rumfot dkk., 2026)	Analisis kesesuaian sistem pencahayaan alami dan buatan di Gedung Fakultas Pertanian Universitas Pattimura terhadap standar kenyamanan visual SNI 6197:2020.	Kuantitatif deskriptif. Mengkombinasikan pengukuran intensitas cahaya langsung dengan lux meter di lapangan dan pemodelan simulasi menggunakan <i>software</i> DIALux Evo.	a. Intensitas pencahayaan di lapangan tergolong sangat rendah, dengan ruang kelas hanya mencapai maksimal 120 lux dari standar ideal yang seharusnya berada di angka 350 lux. b. Keberadaan rintangan eksternal seperti pepohonan di sekitar area tapak bangunan terbukti menghalangi jalur masuknya cahaya matahari. Akibatnya, ruangan yang letaknya terhalang pohon tetap terasa gelap di siang hari meskipun ukuran jendela/bukaannya sudah cukup memadai. c. Keberhasilan distribusi cahaya tidak hanya dihitung dari luas lantai, melainkan juga harus memperhitungkan volume ruang (Indeks Ruangan) yang mencakup panjang, lebar, dan tinggi efektif plafon.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
3	Pencahayaan Alami Pada Ruang Baca Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta, Depok (Adzanti & Nurwidyaningrum, 2025)	Evaluasi efektivitas distribusi pencahayaan alami pada ruang baca Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) untuk mencapai standar kenyamanan visual SNI 6197:2020.	Kuantitatif deskriptif berbasis simulasi menggunakan <i>software</i> DIALux Evo 13.0. Pemodelan tidak hanya menguji jam harian, tetapi secara spesifik dievaluasi pada tiga kondisi waktu astronomis tahunan: <i>Equinox</i> (21 Maret), <i>Solstice</i> Juni (21 Juni), dan <i>Solstice</i> Desember (22 Desember) pada pukul 09.00, 12.00, dan 16.00 WIB.	a. Kinerja pencahayaan terbukti sangat bergantung pada orientasi bukaan dan posisi matahari sepanjang hari maupun tahun. Area yang menghadap timur menerima intensitas cahaya berlebih hingga menyentuh angka 2000 lux yang memicu silau ekstrem, sementara area yang menghadap barat justru konsisten gelap (di bawah 100 lux). b. Karakteristik material interior turut menentukan jangkauan cahaya; dinding putih (reflektansi 100%) dan plafon (reflektansi 80%) membantu pemantulan, namun lantai abu-abu gelap (reflektansi 30%) justru menyerap cahaya yang jatuh sehingga gagal dipantulkan kembali.
4	Analisis Perencanaan	Analisis perencanaan	Kuantitatif deskriptif melalui pengukuran	a. Pencahayaan alami pada ruang di area tengah gedung terbukti defisit ekstrem

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Pencahayaan Alami dan Buatan Gedung Fakultas Teknik dengan Dialux (Aziz dkk., 2025)	intensitas pencahayaan alami dan buatan di lantai 1 Gedung Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum.	lapangan (lux meter) yang divalidasi silang dengan simulasi software DIALux.	(jauh di bawah standar SNI) akibat letaknya yang terhalang dari sumber cahaya luar dan dimensi bukaan yang kurang memadai. b. Kelemahan desain pasif, seperti orientasi bangunan yang kurang optimal dan minimnya area bukaan, menuntut intervensi pencahayaan buatan tambahan (lampu LED) agar standar kenyamanan visual dapat tercapai.
5	Simulasi DIALux Evo; Evaluasi Kinerja Pencahayaan Alami Studio Arsitektur Undana Kupang (Mata dkk., 2025)	Evaluasi kinerja pencahayaan alami pada ruang studio arsitektur (Studio Utama, Studio 1, Studio 2, dan Ruang Asistensi) di Gedung Studio Arsitektur	Metode kuantitatif deskriptif melalui simulasi komputer menggunakan <i>software</i> DIALux Evo. Pemodelan menyertakan geometri ruang aktual dan parameter material (kaca <i>float glass</i> , serta cat dan lantai keramik	a. Kinerja pencahayaan alami di seluruh ruang studio tidak optimal dan gagal memenuhi standar SNI 03-2396-2001 untuk kenyamanan visual studio arsitektur (iluminansi 500 lux dan <i>Daylight Factor</i> 5%). Nilai <i>Daylight Factor</i> yang tercapai sangat rendah, hanya berkisar antara 0.9% hingga 2%.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
		Lantai 3 Universitas Nusa Cendana (UNDANA), Kupang.	berwarna putih) yang dievaluasi pada lima waktu berbeda (08.00, 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 WITA).	b. Distribusi cahaya sangat tidak merata akibat konfigurasi bukaan jendela yang hanya berada pada satu sisi bangunan. Area di dekat jendela mengalami intensitas berlebih yang menyilaukan (hingga 2500 lux di siang hari), sementara area tengah dan belakang sangat gelap. c. Permukaan interior berwarna putih (reflektansi tinggi) ternyata tidak cukup efektif menyebarkan cahaya jika tidak didukung oleh luasan dan posisi bukaan yang memadai.
6	Pemanfaatan Desain Generatif untuk Optimalisasi Pencahayaan Alami dan	Pemanfaatan desain generatif untuk mengoptimalkan keseimbangan antara pencahayaan alami dan ventilasi silang	Optimasi multi-objektif (algoritma NSGA-II) menggunakan model parametrik. Simulasi pencahayaan dieksekusi dengan <i>software</i>	a. Konfigurasi desain yang seimbang terbukti mampu menghasilkan <i>Daylight Autonomy</i> (DA) sebesar 88% dan <i>Useful Daylight Illuminance</i> (UDI) 78%, sekaligus menekan luasan area yang

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Ventilasi Silang pada Ruang Kelas Berkelanjutan (Chamela & Hidayat, 2025)	pada ruang kelas berkelanjutan di iklim tropis.	DIALux/Radiance/Ladybug, sedangkan aliran udara (CFD) disimulasikan dengan OpenFOAM. Variabel yang diuji meliputi WWR (<i>Window-to-Wall Ratio</i>), orientasi, kedalaman <i>overhang</i> , posisi bukaan, dan reflektansi material interior.	terpapar panas berlebih (<i>overheating</i>) hingga tersisa 14%. b. Rasio bukaan jendela terhadap dinding (WWR) yang paling ideal untuk meredam silau dan panas di ruang kelas tropis adalah di kisaran 30-40%. c. Selain besaran jendela, variabel paling kuat yang menentukan suksesnya distribusi cahaya alami adalah nilai persentase reflektansi (pantulan) dari material interior.
7	Optimalisasi Pencahayaan Alami dan Buatan Pada Ruang Studio DPU PR Boyolali	Optimalisasi pencahayaan alami agar terdistribusi merata tanpa memicu silau (<i>glare</i>) yang mengganggu produktivitas kerja,	Pendekatan <i>Research Based Design</i> melalui metode gabungan antara observasi dan pengukuran langsung di lapangan, yang dilanjutkan dengan pengujian skenario	a. Kenyamanan visual yang optimal dan bebas silau di ruang kerja menuntut solusi desain yang komprehensif antara penyesuaian arsitektur pasif dan pencahayaan aktif. b. Masalah silau dari cahaya alami berhasil diredam dengan mengendalikan rasio

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	(Damayanti & Setiawan, 2025)	serta optimalisasi pencahayaan buatan sebagai sistem pendukung pada ruang studio DPU PR Boyolali.	menggunakan simulasi <i>software</i> DIALux Evo.	bukaan dinding (WWR) di angka 30%, mengaplikasikan tirai kisi-kisi (<i>louvre</i>), serta menggunakan spesifikasi kaca khusus penahan panas matahari (<i>double solar control glass</i>). c. Optimalisasi pencahayaan buatan untuk mengkompensasi area yang kurang cahaya dilakukan melalui penambahan jumlah armada menjadi 4 unit, mengubah tata letak posisi lampu, serta menaikkan spesifikasi arus cahaya ke 1900 lumen.
8	Analisis Pencahayaan Ruang Kelas Kampus ITB-MG Lantai-3, Grobogan Menggunakan	Analisis kualitas pencahayaan alami pada ruang kelas lantai 3 Kampus ITB-MG Grobogan.	Observasi dan simulasi menggunakan <i>software</i> DIALux Evo, dengan komparasi terhadap acuan SNI 6197-2020.	a. Intensitas cahaya di dalam ruang kelas sering terlampau ekstrem hingga menyentuh angka 3080 lux, yang artinya sangat melampaui batas standar SNI dan memicu silau. b. Cuaca dan pergantian musim sangat memengaruhi stabilitas cahaya; terbukti

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Simulasi DIALux Evo (Hartanto & Nurhasan, 2025)			dari intensitas yang anjlok menjadi 1393 lux pada saat musim hujan (bulan Desember).
9	Analisis Optimalisasi Pencahayaan Alami Pada Perpustakaan Kantor Titip Jepang, Yogyakarta (Laila & Suharyani, 2025)	Evaluasi dan optimalisasi masalah kelebihan cahaya alami (<i>over-illumination</i>) dan silau pada ruang perpustakaan akibat penggunaan fasad bangunan yang didominasi oleh material kaca.	Kuantitatif deskriptif. Pengukuran intensitas cahaya langsung menggunakan lux meter pada 9 titik ukur di tiga waktu berbeda (09.00, 12.00, 15.00). Data divalidasi dengan standar SNI 03-6197-2000, lalu diintervensi menggunakan 3 skenario simulasi redesain di <i>software</i> DIALux Evo.	a. Fasad kaca yang sangat lebar dan menghadap langsung ke arah pergerakan matahari menyebabkan cahaya masuk tidak terkontrol (rata-rata eksisting mencapai 1.414 lux, padahal standar perpustakaan hanya 300 lux). b. Solusi pertama dengan cara mengecilkan ukuran bukaan jendela sebesar 20% ternyata tidak cukup untuk menurunkan cahaya ke batas yang nyaman. c. Cahaya yang menyilaukan baru bisa dikendalikan secara optimal dan memenuhi standar SNI melalui solusi gabungan (skenario berlapis), yaitu: penambahan

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
				<i>shading</i> (kisi-kisi kayu), penanaman vegetasi sebagai penyaring luar, dan pemasangan tirai <i>roller blind</i> khusus untuk menahan sudut cahaya sore yang miring dari arah barat.
10	Optimalisasi Pencahayaan Alami dan Buatan pada Laboratorium Komputer Menggunakan Simulasi Dialux (Mutmainnah, dkk., 2025)	Evaluasi dan optimalisasi sistem pencahayaan alami dan buatan pada Laboratorium Komputer Arsitektur Bangunan Gedung Universitas Negeri Gorontalo.	<i>Simulated-validated lighting performance assessment</i> , yaitu membandingkan hasil simulasi DIALux dengan pengukuran lapangan (lux meter) untuk memvalidasi deviasi.	a. Meskipun desain bukaan jendela secara teori ideal (simulasi awal 59,8% area mencapai ≥ 300 lux), hasil lapangan bisa jauh lebih rendah (110-210 lux) akibat faktor eksternal seperti <i>shading</i> dari vegetasi padat di depan fasad. b. <i>Shading</i> yang tidak terkontrol menyebabkan distribusi cahaya menjadi timpang, memicu kontras tinggi yang dapat menyebabkan <i>visual fatigue</i> bagi pengguna layar komputer. c. Simulasi pencahayaan buatan menggunakan LED 50W 6500K terbukti

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
				mampu menstabilkan dan meratakan iluminansi hingga melampaui 500 lux.
11	Evaluasi Kinerja Pencahayaan Alami Berdasarkan Kriteria <i>Green Building</i> Menggunakan <i>Building Information Modelling</i> (BIM) (Resmaindra dkk., 2025)	Evaluasi perbandingan kinerja pencahayaan alami dan efisiensi energi antara fasad kaca konvensional (DGU <i>Reflective</i>) dengan kaca <i>Laminated Clear</i> yang dilapisi <i>Low-Emissivity (Low-E)</i> pada bangunan perkantoran.	Kuantitatif berbasis simulasi <i>Building Information Modeling</i> (BIM). Geometri dimodelkan di Autodesk Revit, kinerja cahaya dievaluasi di DIALux secara spesifik pada waktu <i>Equinox</i> (pukul 09.00, 12.00, 17.00), serta konsumsi energi disimulasikan melalui Autodesk Insight.	a. Penggunaan kaca DGU <i>Reflective</i> eksisting menahan terlalu banyak cahaya, menyebabkan area inti/tengah bangunan tetap gelap (hanya 5-75 lux) dan gagal memenuhi standar SNI maupun <i>GreenShip</i>. b. Penggantian dengan material kaca berlapis <i>Low-E</i> terbukti efektif, cahaya yang masuk meningkat drastis hingga menyentuh rata-rata 412-435 lux dan merata hingga ke tengah ruangan. c. Kaca <i>Low-E</i> tidak hanya menyelamatkan kenyamanan visual, tetapi lapisan film logamnya sukses memantulkan radiasi inframerah dari luar, sehingga konsumsi

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
				energi tahunan bangunan (EUI) untuk pendingin ruangan (AC) ikut menurun.
12	Optimalisasi Efek Warna Permukaan Dinding pada Ruang Terhadap Kualitas Pencahayaan Ruang Kelas di Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta (Kristiawan dkk., 2024)	Evaluasi pencahayaan alami dan buatan di Ruang Studio A.6.2 UKDW serta simulasi optimalisasi menggunakan pengubahan warna cat dinding untuk memanipulasi tingkat reflektivitas cahaya.	Kuantitatif deskriptif. Pengukuran manual intensitas cahaya eksisting menggunakan lux meter, dilanjutkan dengan simulasi komparasi perubahan warna cat interior (putih, merah, biru) dan peningkatan daya lampu untuk mencapai standar kenyamanan 250 lux.	a. Kondisi pencahayaan eksisting ruang studio berada di bawah standar kenyamanan visual, di mana cahaya alami hanya mencapai 157 lux dan buatan 186 lux. b. Warna material sangat memengaruhi pantulan cahaya, simulasi cat dinding berwarna putih terbukti menghasilkan reflektivitas cahaya paling tinggi, menyumbang kenaikan 8-9 lux lebih terang dibanding eksisting lapangan, dan jauh mengungguli performa cat berwarna merah maupun biru. c. Rekomendasi paling efisien adalah menggabungkan strategi pasif (cat putih) dan aktif (peningkatan daya lampu ke 20-25 Watt) untuk menutup defisit lux.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
13	Studi Pencahayaan pada Ruang Studio Komputer Arsitektur untuk Mengetahui Tingkat Kenyamanan Visual dalam Ruang (Kusuma dkk., 2024)	Evaluasi tingkat kenyamanan visual dari penggabungan sistem pencahayaan alami dan buatan di ruang studio komputer arsitektur, yaitu Ruang Komputer A.6.3 Universitas Kristen Duta Wacana.	Kuantitatif deskriptif. Pengukuran dilakukan langsung di lapangan menggunakan lux meter pada 4 titik ukur di tiga waktu berbeda (pagi, siang, sore). Hasil lapangan kemudian diuji coba dengan simulasi rekomendasi menggunakan <i>software</i> DIALux Evo untuk mengejar standar SNI 6197:2020.	a. Kondisi pencahayaan eksisting (baik alami maupun buatan) di ruang studio komputer gagal mencapai standar kenyamanan SNI (300-500 lux). b. Penggunaan lampu lama berdaya besar (37.5 W) terbukti tidak efisien karena <i>luminous efficiency</i>-nya rendah (hanya 62 lm/W). Penggantian dengan lampu berdaya lebih kecil (18 W) yang memiliki efisiensi lumen tinggi (147 lm/W) justru memberikan iluminasi yang lebih terang dan optimal di atas meja kerja. c. Optimalisasi pencahayaan terbaik di ruang dengan aktivitas visual berat dicapai melalui integrasi cahaya alami dan buatan (<i>hybrid lighting</i>), sehingga target 500-700 lux pada bidang kerja komputer dapat stabil terpenuhi

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
14	Evaluasi dan Optimalisasi Kualitas Pencahayaan di Studio A.6.5 Universitas Kristen Duta Wacana menggunakan Simulasi DIALux Evo (Raymond dkk., 2024)	Evaluasi dan optimalisasi kualitas pencahayaan alami dan buatan pada ruang kelas/studio arsitektur A.6.5 Gedung Agape UKDW, dengan fokus pada strategi peningkatan tata cahaya buatan tanpa mengubah kondisi arsitektural eksisting.	Pengukuran intensitas cahaya langsung di lapangan menggunakan lux meter yang dipadukan dengan pemodelan simulasi DIALux Evo, lalu dikomparasi dengan standar SNI 6197:2020 dan parameter Greenship	a. Pencahayaan alami eksisting di beberapa titik ruangan masih gagal memenuhi standar kenyamanan visual karena berada di bawah 300 lux. b. Karena batasan studi tidak mengubah desain arsitektur ruangan (bukaan/jendela), solusi optimalisasi sepenuhnya bergantung pada simulasi spesifikasi lampu baru yang akhirnya mampu meratakan distribusi cahaya di angka 300-500 lux.
15	Optimalisasi Desain Pencahayaan Alami Ruang	Evaluasi kenyamanan visual dari pencahayaan alami pada ruang	Simulasi dan analisis deskriptif kuantitatif menggunakan software DIALux Evo 9.1.	a. Rata-rata intensitas pencahayaan di dalam ruang kuliah melampaui standar kenyamanan visual SNI (250-300 lux),

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Kelas dengan Analisis DIALUX EVO (Ariestadi dkk., 2023)	kelas Gedung Kuliah Bersama (GKB) Universitas Negeri Malang yang didominasi material fasad kaca (<i>curtain wall</i>).	Pemodelan menggunakan data <i>As Built Drawing</i> untuk menentukan input material, faktor refleksi elemen interior, dan nilai transmisi cahaya pada kaca.	bahkan melesat hingga lebih dari 900 lux pada siang hari. b. Penggunaan curtain wall transparan penuh memicu tingkat pencahayaan yang sangat tidak merata. Area di dekat kaca mengalami silau (<i>glare</i>) yang ekstrem, sedangkan area terdalam ruangan justru kekurangan cahaya dan berada di bawah standar. c. Faktor desain fasad yang paling menentukan optimalisasi cahaya alami adalah orientasi bangunan, dominasi kaca transparan, dan minimnya <i>shading device</i> horizontal.
16	Optimasi Secondary Skin untuk Kualitas Pencahayaan	Evaluasi penerapan <i>secondary skin</i> (vertikal vs horizontal) untuk	Simulasi pembayangan menggunakan <i>software</i> DIALux Evo. Evaluasi dilakukan pada pagi (10:00)	a. Buka kaca yang terlampaui luas tanpa peneduh (<i>shading device</i>) justru merugikan karena menyebabkan intensitas cahaya ekstrem (di atas 1000 lux), memicu

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Alami. Studi Kasus Gedung Fakultas Seni dan Desain Universitas Negeri Surabaya (Fahrezi & Widiastuti, 2023)	mengatasi masalah silau (<i>glare</i>) dan mengoptimalkan distribusi cahaya alami pada fasad gedung kampus yang didominasi kaca.	dan siang hari (14:00) dengan membandingkan model eksisting dan model redesain (penambahan panel ACP) terhadap standar SNI 6197-2011.	silau, dan mengganggu kenyamanan visual. b. <i>Secondary skin</i> berorientasi vertikal terbukti paling optimal karena mampu mereduksi <i>glare</i> sekaligus mendistribusikan cahaya secara merata di dalam ruang (mendekati standar SNI). c. Sebaliknya, <i>secondary skin</i> berorientasi horizontal memblokir cahaya terlalu ekstrem, sehingga membuat beberapa ruangan di bagian dalam menjadi terlalu gelap dan tetap membutuhkan lampu.
17	Analisis Pencahayaan Alami dan Campuran Ruang Kelas 409, 502, 505 Gedung	Evaluasi dan optimalisasi pencahayaan alami dan buatan pada ruang kelas 409, 502, 505 Gedung	Kuantitatif melalui pengamatan dan pengukuran lapangan menggunakan lux meter, dilanjutkan dengan simulasi skenario	a. Kondisi pencahayaan eksisting (alami dan buatan) di ruang kelas sangat minim dan gagal memenuhi standar 350 lux (hanya berkisar antara 47 hingga 120 lux). b. Optimalisasi pencahayaan alami yang sukses tidak hanya dilakukan dengan

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Utama Universitas PGRI Semarang (Mahendra dkk., 2022a)	Utama Universitas PGRI Semarang untuk mencapai standar SNI 6197-2020 (350 lux).	optimalisasi menggunakan <i>software</i> DIALux.	memperbanyak atau memperlebar jendela, tetapi dengan strategi arsitektural berupa menaikkan elevasi bawah jendela menjadi 150 cm dari lantai. c. Posisi bukaan yang lebih tinggi ini terbukti mampu memasukkan cahaya secara lebih efisien hingga melampaui target SNI (mencapai 365-389 lux), sekaligus menjaga agar kegiatan belajar mengajar tetap terfokus (mengurangi distraksi visual dari luar pada <i>eye-level</i> mahasiswa saat duduk).
18	Efektivitas Pencahayaan Pada Ruang Baca dan Ruang Perkuliahan di Gedung Bung Hatta Program	Efektivitas pencahayaan alami dan buatan pada ruang baca dan ruang perkuliahan (lantai 6, 7, dan 8) di	Kuantitatif deskriptif melalui komparasi pengukuran manual menggunakan lux meter dengan simulasi <i>software</i> DIALux Evo 8.2. Evaluasi	a. Kondisi eksisting belum memenuhi standar kenyamanan SNI 6197:2011 (ruang baca 300 lux, ruang kelas 350 lux); saat tidak terkena cahaya matahari nilainya terlalu rendah, namun saat terekspos cahaya alami

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
	Pascasarjana UNJ Menggunakan Software DIALux Evo 8.2 (Mardiana dkk., 2020)	Gedung Bung Hatta Program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta.	menggunakan skenario redesain, termasuk penambahan titik lampu dan modifikasi reflektansi material dinding.	langsung justru melampaui batas dan menimbulkan silau kesilauan ekstrem. b. Optimalisasi pencahayaan paling efektif dicapai melalui kombinasi penambahan titik lampu dan penggantian cat dinding interior dengan material yang memiliki persentase tingkat pemantulan (reflektansi) lebih tinggi, yaitu dinaikkan dari 78% menjadi 90%.
19	Peningkatan Efisiensi Sistem Pencahayaan Dan Pendingin Gedung Bertingkat Berbasis <i>Green Building</i> (Sunarwanto, 2020)	Evaluasi dan peningkatan efisiensi energi pada sistem pencahayaan dan pendingin di gedung perkuliahan 5 lantai dengan pendekatan <i>Green Building</i> .	Kuantitatif melalui simulasi komputer. Pemodelan pencahayaan (alami dan buatan) disimulasikan menggunakan <i>software</i> DIALux, sedangkan sistem pendingin menggunakan DACCS. Kelayakan efisiensi dihitung	a. Pemanfaatan cahaya alami terbukti optimal mendistribusikan iluminasi 350 lux (standar ruang kelas) pada area yang berada di dekat bukaan jendela. b. Waktu paling efektif untuk mengandalkan cahaya alami di dalam gedung kuliah adalah selama 5 jam, terhitung mulai pukul 09.00 hingga 14.00.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
			menggunakan metode pengeluaran <i>Life Cycle Cost</i> (LCC).	c. Penggabungan strategi desain pasif (cahaya alami) dengan desain aktif (penggantian spesifikasi lampu TL 36W menjadi LED 18W berlumen tinggi) terbukti mampu memangkas konsumsi energi listrik pencahayaan gedung hingga 30%.
20	Optimalisasi Pencahayaan Alami pada Ruang Perpustakaan Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang (Adi, 2019)	Evaluasi dan optimalisasi pencahayaan alami untuk mengejar standar SNI dan Greenship GBCI pada ruang perpustakaan Fakultas Ushuluddin dan Humaniora UIN	Kuantitatif melalui pemodelan dan simulasi menggunakan <i>software</i> DIALux Evo.	a. Kondisi pencahayaan alami eksisting belum mencapai standar. Optimalisasi dilakukan dengan memperluas area bukaan dan mengatur ulang tata letak perabot (<i>furniture</i>) interior. b. Penerapan elemen <i>shading</i> horizontal terbukti efektif menekan efek silau (<i>glare</i>) bagi pengguna, meskipun konsekuensinya intensitas cahaya alami yang masuk menjadi sedikit berkurang.

No	Referensi	Fokus Studi	Metode Pendekatan	Temuan Kunci
		Walisongo Semarang.		c. Optimalisasi pencahayaan alami yang baik pada kenyataannya tidak selalu menghasilkan intensitas cahaya yang tinggi secara absolut, melainkan berorientasi pada keseimbangan kenyamanan visual.

Berdasarkan *critical review* yang telah dilakukan, ditemukan teori-teori relevan dengan penelitian ini. Bukaannya fasad kaca yang terlampaui luas tanpa desain sistem peneduh (*shading device*) yang dikalkulasi dengan baik justru merugikan kenyamanan visual akibat silau (Heriadi dkk., 2026). Membiarkan cahaya masuk sebanyak-banyaknya lewat fasad kaca justru menjadi bumerang karena membuat ruang menjadi silau dan panas (Ariestadi dkk., 2023). Sebagai solusinya, pembatasan *Window-to-Wall Ratio* (WWR) sebesar 30-40% serta penggunaan kaca *double solar control* merupakan pendekatan desain selubung bangunan yang sangat presisi (Mahendra dkk., 2022; Mata dkk., 2025). Terdapat tarik-ulur (*trade-off*) yang nyata antara mengejar cahaya terang dan menjaga ruangan tetap sejuk, sehingga pelebaran jendela harus didukung dengan strategi *shading* agar tidak memicu *overheating* di dalam ruang kelas (Resmaindra dkk., 2025). Teknik pemasangan dan orientasi *secondary skin* sangat krusial, di mana elemen vertikal lebih disarankan untuk menjaga keseimbangan masuknya cahaya (Adzanti & Nurwidyaningrum, 2025). Apabila satu metode belum berhasil, penerapan metode "skenario berlapis" dengan elemen *shading* tambahan dapat langsung dikombinasikan (Ariestadi dkk., 2023). Untuk ruangan dengan kedalaman yang besar, bukaan samping tidak cukup sehingga diperlukan intervensi pasif lain seperti penerapan *light shelf*, peninggian elevasi bawah jendela (*sill height*), hingga bukaan *clerestory* (*high-level window*) untuk mendistribusikan cahaya lebih merata tanpa menyilaukan mata mahasiswa (Mata dkk., 2025; Sunarwanto, 2020). Perencana juga dapat mengadaptasi material kaca *Low-E* untuk merespons aspek fisik bangunan secara bertanggung jawab dalam menghadapi dilema antara mengejar terang dan menahan panas (Mardiana dkk., 2020).

Akurasi simulasi pencahayaan sangat bergantung pada penetapan parameter teknis yang presisi di dalam *software*, seperti koefisien reflektansi material dinding, lantai, serta tingkat transmitansi kaca (Rumfot dkk., 2026). Distribusi cahaya alami sangat dipengaruhi oleh tingkat reflektansi elemen interior tersebut (Hartanto & Nurhasan, 2025). Penetapan angka reflektansi material dinding (terutama warna terang seperti putih) wajib diperhatikan

untuk memantulkan sisa cahaya sedalam mungkin ke area belakang ruangan jika intervensi desain fasad dirasa menyerap terlalu banyak cahaya (Adi, 2019). Selain karakteristik material, tata letak elemen interior seperti perabot juga sangat mempengaruhi hambatan distribusi cahaya, di mana peneduh horizontal seringkali wajib diaplikasikan untuk meredam silau meskipun harus mengorbankan sebagian nilai intensitas cahaya (Kusuma dkk., 2024). Lebih lanjut, kinerja pencahayaan alami di ruangan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan luar (Kristiawan dkk., 2024). Seluruh elemen bayangan dari konteks tapak (seperti keberadaan pohon besar atau bangunan tinggi di sebelahnya) wajib dimasukkan ke dalam area simulasi agar hasil kalkulasi cahaya benar-benar akurat sesuai dengan kondisi nyata di lapangan (Kristiawan dkk., 2024).

Evaluasi kinerja pencahayaan alami tidak boleh hanya dipaku pada satu kondisi cuaca atau satu titik waktu (Chamela & Hidayat, 2025; Laila & Suharyani, 2025). Parameter pengujian mutlak harus mencakup variasi jam kritis serta parameter langit tertentu untuk meratakan fluktuasi ekstrem, yang dipadukan dengan pengujian waktu *Equinox* dan *Solstice* untuk membuktikan elemen pembayang mampu merespons perubahan sudut matahari sepanjang tahun (Laila & Suharyani, 2025; Raymond dkk., 2024). Pendekatan redesain fasad yang fundamental ini krusial agar ruang kelas tidak selamanya bergantung pada lampu buatan akibat desain pasif yang buruk (Damayanti & Setiawan, 2025). Namun, untuk ruangan komputasi berat, tingginya angka lux saja tidak cukup sehingga konsep pencahayaan hibrida (*hybrid lighting*) yang diintegrasikan dengan *daylight sensor* dan lampu hemat energi menjadi solusi andal (Aziz dkk., 2025; Mata dkk., 2025; Mutmainnah, dkk., 2025). Pada akhirnya, redesain selubung bangunan yang sukses dengan mengandalkan cahaya alami di jam puncak akan berkontribusi pada penurunan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebagai perwujudan *green building* (Fahrezi & Widiastuti, 2023).

Sesuai dengan ruang lingkup penelitian yang berfokus pada pencahayaan alami pada rentang waktu 08.00-16.00 WIB, teori yang paling relevan untuk dieksekusi adalah modifikasi elemen fasad dengan memperhitungkan WWR (Mahendra dkk., 2022; Mata dkk., 2025; Resmaindra dkk., 2025), skenario *shading device* berlapis dan vertikal (Heriadi dkk., 2026; Adzanti & Nurwidyaningrum, 2025; Ariestadi dkk., 2023), pengaturan elevasi *clerestory* (Sunarwanto, 2020), serta parameter material kaca Low-E dan pantulan cat dinding putih (Rumfot dkk., 2026; Hartanto & Nurhasan, 2025; Mardiana dkk., 2020; Adi, 2019). Terdapat beberapa teori yang dikesampingkan yang harus dikesampingkan karena keterbatasan penelitian, seperti pengukuran waktu ekstrem *Equinox* dan *Solstice* karena periode waktu penelitian yang terbatas, serta teori yang membahas integrasi pencahayaan buatan (*artificial lighting*), sistem kelistrikan hibrida, efisiensi lumen lampu, dan *daylight sensor*, karena hal tersebut berada di luar batasan studi fisika bangunan pada penelitian ini.

Rangkaian tinjauan pustaka ini menegaskan bahwa keberhasilan sebuah bangunan gedung dalam menjalankan fungsinya sangat bergantung pada kemampuannya merespons iklim secara pasif melalui selubung bangunan yang terukur. Berpijak pada *Grand Theory* Arsitektur Bioklimatik, fasad diposisikan sebagai filter adaptif yang harus menjembatani dinamika iklim luar dengan kebutuhan kenyamanan fisiologis manusia di dalam ruang. Secara yuridis, pemenuhan aspek kenyamanan visual ini bukan sekadar preferensi desain, melainkan mandat konstitusional dalam standar "Keandalan Bangunan Gedung" sebagaimana diatur Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung.

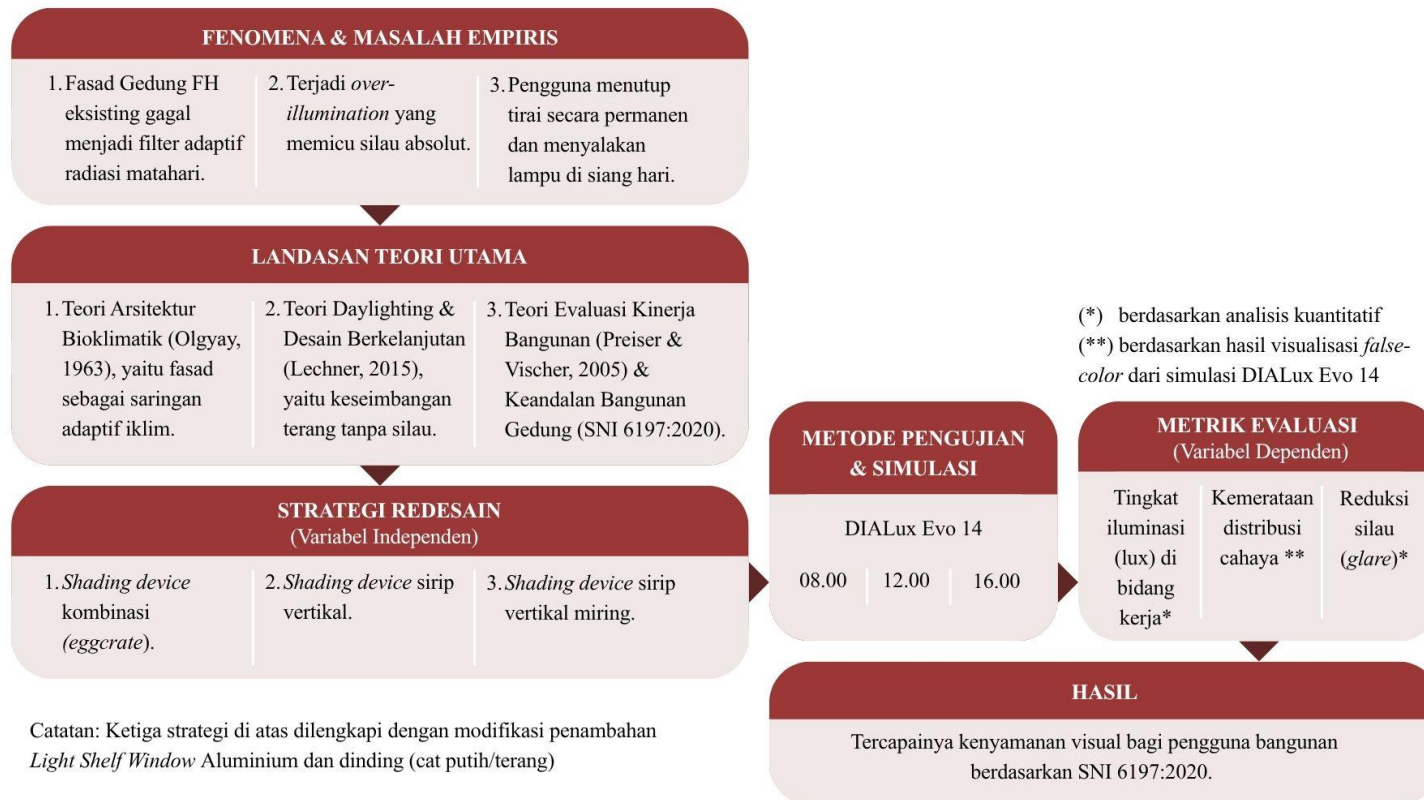
Implementasi teori-teori tersebut untuk redesain Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro menjadi krusial karena objek ini diklasifikasikan sebagai Bangunan Gedung Negara yang wajib memenuhi standar kenyamanan pandangan dan produktivitas. Masalah empiris berupa

keberlimpahan cahaya alami yang menyilaukan dan pemborosan energi listrik di siang hari merupakan indikator nyata kegagalan desain pasif eksisting dalam memoderasi radiasi matahari. Oleh karena itu, penelitian ini membatasi ruang lingkupnya secara eksklusif pada optimasi pencahayaan alami melalui modifikasi konfigurasi elemen peneduh (*shading device*) kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring.

Seluruh parameter desain pasif tersebut akan divalidasi secara saintifik melalui studi simulasi menggunakan perangkat lunak DIALux Evo versi 14. Penggunaan instrumen ini memungkinkan dekonstruksi masalah visual di lapangan ke dalam metrik iluminansi yang presisi, sehingga solusi redesain yang dihasilkan tidak hanya bersifat estetis, tetapi teruji secara kuantitatif mampu mengembalikan harmoni antara kontrol cahaya eksterior dan pemenuhan standar kenyamanan visual bagi civitas akademika Fakultas Hukum Universitas Diponegoro.

2.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, berikut adalah kerangka pemikiran untuk penelitian redesain Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro dalam **Bagan 2.1**.



Bagan 2.1 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran pada **Bagan 2.1** di atas disusun dari regulasi dan teori makro menuju ke evaluasi parameter mikro secara komputasional. Hubungan antara landasan teoretis dan variabel-variabel penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.3.1 Hubungan Masalah Empiris dengan Teori Evaluasi Kinerja Bangunan (BPE) dan Arsitektur Bioklimatik

Penelitian ini diawali oleh kegagalan fasad eksisting Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro dalam menjalankan fungsinya sebagai filter radiasi matahari, yang berujung pada silau ekstrem dan tertutupnya fungsi jendela. Berdasarkan Teori Evaluasi Kinerja Bangunan (BPE), fenomena ini merupakan wujud pelanggaran terhadap standar "Keandalan Bangunan Gedung" spesifik pada aspek "kenyamanan pandangan" yang diamanatkan oleh Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Untuk memulihkan keandalan bangunan tersebut, masalah ini dibedah menggunakan Teori Arsitektur Bioklimatik (Victor Olgyay, 1963), yang mengharuskan setiap elemen fasad untuk dikalibrasi ulang secara terukur—bukan sekadar elemen visual—agar selaras dengan data iklim lokal.

2.3.2 Keterkaitan Variabel Independen terhadap Variabel Dependen

Dalam kerangka teori desain berkelanjutan dan *daylighting* (Lechner, 2015), masuknya sinar matahari membawa iluminasi sekaligus panas, sehingga arsitektur harus mencapai keseimbangan antara memasukkan cahaya dan menahan silau. Untuk mencapai keseimbangan pada variabel dependen berupa tingkat iluminasi, pemerataan distribusi, dan bebas silau, penelitian ini melakukan intervensi langsung pada variabel independen yang berfokus mutlak pada strategi desain pasif selubung bangunan.

2.3.3 Evaluasi Hubungan Melalui Teori Simulasi Kinerja Bangunan

Sesuai dengan batasan penelitian, kajian tidak mengintervensi aspek pencahayaan buatan dan kondisi cuaca ekstrem seperti *Equinox* atau *Solstice*. Untuk membuktikan hipotesis bahwa manipulasi variabel-variabel desain pasif tersebut mampu menyelesaikan masalah kenyamanan visual, hubungan kedua belah pihak diuji secara presisi dalam laboratorium digital menggunakan perangkat lunak DIALux Evo versi 14. Teori ini meyakini bahwa algoritma *ray-tracing* dan *radiosity* pada *software* tersebut mampu menerjemahkan konfigurasi geometri bukaan, spesifikasi kaca, dan persentase reflektansi dinding menjadi peta gradasi iluminasi (*false-color*) yang dapat dievaluasi secara eksak terhadap ambang batas standar (seperti rentang minimum 350 lux untuk ruang kelas menurut SNI 6197:2020). Fokus simulasi dibatasi pada performa cahaya alamiah pada jam fungsional akademik, yakni pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 WIB.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dibangun atas dasar urgensi untuk menyelesaikan kegagalan fungsi adaptif fasad eksisting Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro, yang saat ini memicu fenomena over-illumination dan pemborosan energi listrik di siang hari. Berlandaskan pada Teori Arsitektur Bioklimatik, Teori Daylighting, dan Teori Evaluasi Kinerja Bangunan (BPE), penelitian ini merumuskan intervensi fisik berupa strategi desain pasif—seperti konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring—sebagai variabel independen. Efektivitas dari strategi redesain tersebut kemudian diuji secara kuantitatif menggunakan metode simulasi komputasional melalui perangkat lunak DIALux Evo 14. Simulasi ini bertindak sebagai jembatan untuk mengukur dampaknya terhadap variabel dependen, yakni tingkat iluminasi, pemerataan distribusi cahaya, dan tingkat reduksi silau (*glare*). Secara keseluruhan, alur pemikiran ini memastikan bahwa setiap keputusan desain arsitektural didasarkan pada justifikasi saintifik

yang terukur, dengan tujuan akhir mengembalikan keandalan bangunan dalam memfasilitasi kenyamanan visual pengguna sekaligus merealisasikan prinsip konservasi energi.

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, perumusan hipotesis penelitian ini ditarik garis lurus dari intervensi fisik (Variabel Independen) menuju pada terukurnya performa pencahayaan (Variabel Dependen) untuk memecahkan masalah *over-illumination*. Berikut adalah rumusan hipotesis penelitian yang terukur secara kuantitatif dan komprehensif dengan kerangka pemikiran di atas:

2.4.1 Hipotesis Utama

Penerapan strategi redesain desain pasif pada selubung bangunan yang mencakup konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring secara signifikan akan mampu mengeliminasi kondisi *over-illumination* dan mengembalikan kinerja fasad eksisting Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro sehingga memenuhi standar kenyamanan visual (SNI 6197:2020) pada rentang waktu operasional akademik, yaitu pada pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 WIB.

2.4.2 Hipotesis Khusus

Untuk mendukung hipotesis utama dan memecahnya menjadi indikator yang lebih spesifik agar dapat dievaluasi secara kuantitatif melalui simulasi DIALux Evo 14.

2.4.2.1 Hipotesis 1

Optimalisasi konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) kombinasi (*eggcrate*) yang dikombinasikan dengan penggunaan spesifikasi kaca *Low-E/Transmitansi* tertentu

terbukti secara kuantitatif akan mampu menurunkan intensitas cahaya berlebih, sehingga tingkat iluminasi (lux) yang jatuh pada bidang kerja berada pada rentang batas standar kenyamanan SNI 6197:2020, memutus kebergantungan pada penggunaan lampu buatan di siang hari.

2.4.2.2 Hipotesis 2

Penerapan dan konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) sirip vertikal yang dikombinasikan dengan penggunaan spesifikasi kaca *Low-E/Transmitansi* tertentu terbukti secara kuantitatif akan mampu menurunkan intensitas cahaya berlebih, sehingga tingkat iluminasi (lux) yang jatuh pada bidang kerja berada pada rentang batas standar kenyamanan SNI 6197:2020, memutus kebergantungan pada penggunaan lampu buatan di siang hari.

2.4.2.3 Hipotesis 3

Penerapan dan konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) sirip vertikal miring yang dikombinasikan dengan penggunaan spesifikasi kaca *Low-E/Transmitansi* tertentu terbukti secara kuantitatif akan mampu menurunkan intensitas cahaya berlebih, sehingga tingkat iluminasi (lux) yang jatuh pada bidang kerja berada pada rentang batas standar kenyamanan SNI 6197:2020, memutus kebergantungan pada penggunaan lampu buatan di siang hari.

Rumusan hipotesis-hipotesis di atas menempatkan simulasi komputasi sebagai instrumen laboratorium pembuktian, di mana klaim keberhasilan redesign dapat langsung dijustifikasi oleh angka iluminansi, persentase pemerataan, dan metrik silau yang dihasilkan oleh perangkat lunak.

Hipotesis penelitian ini diformulasikan sebagai landasan prediksi saintifik yang terukur, menegaskan bahwa penyelesaian masalah *over-illumination* dan silau pada ruang kelas di Gedung Prof. Dr. Satjipto Rahardjo, S.H. Fakultas Hukum Universitas Diponegoro mutlak membutuhkan intervensi arsitektur pasif pada selubung bangunannya. Melalui rumusan hipotesis utama dan penjabaran hipotesis khususnya, penelitian ini memproyeksikan bahwa kalibrasi ulang secara terukur pada variabel fasad eksisting—seperti konfigurasi elemen peneduh eksterior (*shading device*) kombinasi (*eggcrate*), sirip vertikal, dan sirip vertikal miring—akan secara signifikan mereduksi intensitas cahaya berlebih dan meratakan distribusinya di area bidang kerja. Hipotesis-hipotesis ini secara tegas mengunci arah metodologi penelitian, dengan memosisikan perangkat simulasi komputasional sebagai instrumen pembuktian empiris untuk menguji validitas setiap usulan redesain. Dengan demikian, hipotesis ini memastikan bahwa penyelesaian masalah arsitektural yang ditawarkan benar-benar berlandaskan pada data kuantitatif yang mampu memenuhi standar kenyamanan visual SNI 6197 Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.