3. Kajian pencahayaan alami difokuskan pada analisis tingkat pencahayaan (lux) serta potensi silau sebagai indikator kenyamanan visual. Simulasi dilakukan pada waktu krusial matahari yaitu rentang tanggal 21 Maret (Matahari berada di garis katulistiwa), 21 Juni (matahari berada di gari balik utara), dan 22 Desember (Matahari berada di garis balik selatan) di waktu pukul 06.00 hingga 18.00 WIB, yang merepresentasikan periode durasi pencahayaan alami dalam satu hari kemudian hasil simulasi dibandingkan dengan standar SNI 03-6575-2001.
4. Intervensi desain yang diterapkan terbatas pada penambahan dan pengaturan elemen *shading device* pada bukaan eksisting, tanpa melakukan perubahan terhadap dimensi jendela, bentuk bukaan, rasio jendela terhadap dinding (WWR), maupun sistem struktural bangunan.
5. Konstruksi model digital disusun berdasarkan data kondisi eksisting yang mencakup orientasi fasad, konfigurasi ruang, serta detail bukaan. Seluruh parameter dimensi dan material dalam simulasi mengacu sepenuhnya pada data teknis formal yang tercantum dalam dokumen gambar kerja (*Detail Engineering Design*).
6. Berdasarkan batasan operasional dan efisiensi durasi penelitian, pengambilan data primer secara langsung di lapangan (*in-situ*), seperti pengukuran ulang dimensi fisik kamar secara manual serta pengukuran nilai iluminasi (*lux*) eksisting menggunakan *lux meter,* tidak dilakukan dalam penelitian ini.
7. Simulasi dibatasi pada model bangunan secara mandiri tanpa memasukkan faktor eksternal seperti vegetasi (pohon), bangunan sekitar, atau elemen penghalang lainnya. Hal ini bertujuan agar hasil simulasi merepresentasikan performa pencahayaan alami dan efektivitas desain *shading* secara murni tanpa hambatan dari lingkungan sekitar.

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1. Implementasi Pencahayaan Alami pada Bangunan Hunian

Pemanfaatan pencahayaan alami menjadi salah satu komponen penting dalam penerapan konsep bangunan berkelanjutan pada hunian karena dapat meningkatkan kualitas kenyamanan visual sekaligus memberikan dampak positif terhadap kesehatan serta produktivitas penghuni (Science, n.d.). Penerapannya dapat dilakukan melalui pengaturan orientasi bangunan, optimalisasi bukaan, serta sistem peneduh untuk mendistribusikan cahaya secara lebih merata (Mateen et al., 2024) . Selain meningkatkan efisiensi energi, pencahayaan alami juga berkontribusi terhadap kesejahteraan penghuni. Namun, implementasinya perlu memperhatikan keseimbangan antara cahaya dan panas matahari agar tetap nyaman secara visual dan termal (Fischl & Johansson, 2025).

2.1.1. Pendekatan Strategis terhadap Desain Pencahayaan Alami

Optimalisasi pencahayaan alami pada bangunan di wilayah tropis memerlukan strategi perancangan yang mampu menyeimbangkan antara pemanfaatan cahaya matahari dan pengendalian potensi silau. Pendekatan ini bertujuan meningkatkan kenyamanan visual sekaligus mendukung efisiensi energi. Berikut beberapa strategi yang dapat diterapkan.

- **Penyesuaian Orientasi dan Analisis paparan matahari :** Memahami orientasi fasad bangunan terhadap jalur pergerakan matahari menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan pengendalian cahaya. Analisis ini membantu mengidentifikasi waktu dan area dengan potensi silau tertinggi sehingga intervensi desain dapat lebih tepat sasaran (Jamala et al., 2023).
- **Optimalisasi bukaan eksisting :** Meskipun penelitian tidak mengubah ukuran atau rasio bukaan, evaluasi terhadap performa bukaan eksisting dilakukan untuk mengetahui distribusi cahaya alami di dalam ruang serta potensi ketidakseimbangan iluminas (Dewi, 2022).

- **Penggunaan Elemen Peneduh Tambahan (Shading Device) :** Penambahan perangkat peneduh eksternal diterapkan sebagai strategi utama untuk mengurangi radiasi langsung, mengendalikan silau, dan memperbaiki distribusi cahaya tanpa menghilangkan manfaat pencahayaan alami (Bacha & Bourbia, 2025).
- **Pendekatan Adaptif melalui Shading yang Dapat Diatur :** Perangkat peneduh dirancang agar dapat disesuaikan posisinya, memungkinkan penghuni mengontrol intensitas cahaya sesuai waktu dan kebutuhan aktivitas, sehingga kenyamanan visual lebih terjaga (Loyola et al., 2021).
- **Pemilihan Material yang Tepat dan Ekonomis :** Pemilihan material shading yang tepat mempengaruhi respons bangunan terhadap paparan sinar matahari. Pemilihan material yang efisien dari segi ekonomis, tahan terhadap beban panas, dan membantu pengendalian intensitas pencahayaan alami menjadi strategi penting untuk mendukung kenyamanan visual sekaligus kemudahan perawatan pada ruang hunian (Al et al., 2025).
- **Optimalisasi Distribusi Cahaya Alami dalam Ruang :** Strategi difokuskan pada pemerataan tingkat iluminasi dari area dekat bukaan hingga bagian terdalam ruang guna mengurangi kontras berlebih antara zona terang dan gelap (Jia et al., 2023).
- **Simulasi dan Analisis Berbasis Perangkat Lunak :** Simulasi pencahayaan alami menggunakan perangkat lunak seperti Autodesk Revit digunakan untuk mengevaluasi performa tingkat iluminasi dan potensi silau dalam berbagai kondisi paparan matahari, sehingga efektivitas intervensi desain dapat dianalisis sebelum diterapkan pada bangunan (Al-rudainy et al., 2024).

2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami dalam bangunan dipengaruhi oleh berbagai aspek teknis yang berkaitan dengan perancangan bangunan dan kondisi lingkungan sekitarnya. Faktor-faktor tersebut mencakup orientasi bangunan terhadap arah datangnya matahari, ukuran serta bentuk bukaan, keberadaan elemen peneduh pada fasad, penggunaan material yang bersifat reflektif. Aspek-aspek ini menentukan besarnya

intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang, serta kualitas pencahayaan yang dihasilkan, termasuk kemungkinan terjadinya silau. Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor-faktor tersebut menjadi dasar penting dalam merancang strategi pengendalian pencahayaan alami yang efektif. Adapun beberapa faktor utama yang mempengaruhi pencahayaan alami antara lain sebagai berikut :

- **Orientasi Bangunan :** Orientasi bangunan berpengaruh terhadap jumlah dan arah masuknya cahaya matahari sepanjang hari. Pada iklim tropis, bangunan yang berorientasi utara–selatan umumnya memperoleh distribusi pencahayaan alami yang lebih merata serta dapat mengurangi paparan panas matahari secara berlebih. Kondisi ini dapat meningkatkan kualitas pencahayaan sekaligus mendukung kenyamanan termal di dalam ruang. (Mahfudha et al., 2024)

- **Desain Bukaan :** Posisi, ukuran, dan proporsi bukaan terhadap dinding menentukan tingkat pencahayaan yang diterima. Rasio jendela terhadap dinding (WWR) sekitar 30% umumnya mampu memberikan pencahayaan yang cukup tanpa menimbulkan silau berlebih (Asfour, 2020). Selain itu, pemilihan material kaca dan penggunaan elemen pelindung seperti kisi atau light shelf juga mempengaruhi kualitas pencahayaan di dalam ruang.

- **Material Reflektif :** Penggunaan material interior dengan tingkat reflektansi tinggi dapat membantu memaksimalkan pemanfaatan cahaya alami di dalam ruang. Permukaan seperti dinding berwarna terang atau plafon putih mampu memantulkan cahaya sehingga penyebarannya menjadi lebih merata ke area yang lebih luas. Kondisi ini dapat meningkatkan efektivitas distribusi pencahayaan alami sekaligus membantu mengurangi ketergantungan terhadap pencahayaan buatan (Reflectance, 2024).

- **Peneduh dan Kontrol Cahaya :** Elemen pengendali cahaya seperti kanopi, *louvers*, atau sistem shading berfungsi mengatur intensitas dan arah masuknya cahaya matahari ke dalam ruang. Desain shading yang menyesuaikan dengan kondisi iklim dapat membantu memperoleh

pencahayaan alami yang optimal tanpa menimbulkan panas berlebih maupun silau (Luca et al., 2022).

2.1.3. Pemanfaatan Pencahayaan Alami terhadap Bangunan Hunian

- Pencahayaan alami pada bangunan hunian merupakan salah satu pendekatan penting dalam perancangan bangunan berkelanjutan. Cahaya matahari yang masuk melalui bukaan seperti jendela, ventilasi, maupun elemen fasad lainnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber penerangan utama pada siang hari. Dengan pemanfaatan pencahayaan alami yang optimal, kebutuhan terhadap pencahayaan buatan dapat dikurangi sehingga berkontribusi pada efisiensi energi bangunan (Mohammad et al., 2023).

- Selain itu, pencahayaan alami juga berperan dalam meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruang. Distribusi cahaya yang baik dapat menciptakan kenyamanan visual bagi penghuni serta mendukung aktivitas yang dilakukan di dalam ruang. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa pencahayaan alami yang cukup dapat memberikan dampak positif terhadap kesehatan dan produktivitas penghuni bangunan (Ashrafian & Moazzen, 2019).

- Namun, pemanfaatan pencahayaan alami perlu dirancang secara tepat agar tidak menimbulkan permasalahan seperti silau atau panas berlebih akibat radiasi matahari. Oleh karena itu, perancangan bangunan perlu mempertimbangkan aspek orientasi bangunan, ukuran dan posisi bukaan, serta penggunaan elemen peneduh seperti shading device agar pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruang tetap optimal dan nyaman bagi penghuni. (Kalaimathy et al., 2025)

2.2. Konsep Kenyamanan visual dan Distribusi Pencahayaan

Kenyamanan visual merupakan kondisi ketika pencahayaan dalam ruang mampu mendukung aktivitas penghuni tanpa menimbulkan silau, kontras berlebihan, atau ketegangan pada mata. Tingkat kenyamanan ini sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang masuk serta bagaimana cahaya tersebut tersebar di

dalam ruang (Shi et al., 2022) . Distribusi pencahayaan mengacu pada penyebaran iluminasi dari area dekat bukaan hingga bagian terdalam ruangan. Distribusi yang baik ditandai dengan tingkat pencahayaan yang relatif merata sehingga tidak terjadi perbedaan terang–gelap yang ekstrem. Dengan demikian, kenyamanan visual dan distribusi pencahayaan saling berkaitan, di mana pengendalian dan pemerataan cahaya alami menjadi faktor penting dalam menciptakan kualitas ruang yang nyaman dan fungsional (Kwong, 2020).

2.2.1. Parameter Kenyamanan Visual

Kenyamanan visual dalam ruang ditentukan oleh beberapa parameter kuantitatif dan kualitatif yang berkaitan dengan intensitas serta distribusi cahaya. Parameter-parameter ini digunakan untuk mengevaluasi apakah kondisi pencahayaan alami telah memenuhi kebutuhan aktivitas penghuni tanpa menimbulkan gangguan visual. Evaluasi kenyamanan visual difokuskan pada tingkat iluminasi, pemerataan distribusi cahaya, kontras pencahayaan, dan potensi silau.

- **Tingkat Iluminasi (Lux) :** Besarnya intensitas cahaya yang diterima pada suatu bidang kerja, yang diukur dalam satuan lux. Nilai iluminasi menunjukkan apakah pencahayaan dalam ruang telah mencukupi untuk mendukung aktivitas seperti membaca, belajar, atau bekerja. Tingkat iluminasi yang terlalu rendah dapat menyebabkan kelelahan mata, sedangkan intensitas yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan silau dan ketidaknyamanan visual (Pernice et al., n.d.) .
- **Pemerataan Distribusi Cahaya :** Pemerataan distribusi cahaya mengacu pada keseragaman penyebaran cahaya alami di dalam ruang. Distribusi yang baik ditandai dengan perbedaan iluminasi yang tidak terlalu ekstrem antara area dekat bukaan dan bagian terdalam ruang. Ketidakseimbangan distribusi dapat menyebabkan area tertentu terlalu terang sementara area lain terlalu gelap, sehingga menurunkan kualitas visual ruang (Kang et al., 2023).

- **Kontras Pencahayaan :** Perbedaan tingkat terang antara dua area dalam ruang. Kontras yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketegangan mata karena mata harus terus menyesuaikan diri terhadap perbedaan intensitas cahaya. Oleh karena itu, pengendalian kontras menjadi penting untuk menjaga kenyamanan visual, terutama pada ruang hunian yang digunakan untuk aktivitas dalam waktu lama (Yan et al., 2025).

- **Silau (Glare) :** Kondisi ketidaknyamanan visual akibat cahaya yang terlalu terang atau radiasi langsung yang masuk ke dalam ruang. Silau biasanya terjadi ketika intensitas cahaya di dekat bukaan jauh lebih tinggi dibandingkan area sekitarnya. Dalam desain pencahayaan alami, pengendalian silau dapat dilakukan melalui penggunaan shading device atau elemen peneduh lainnya untuk menyaring dan mengatur masuknya cahaya matahari (Bian et al., 2020).

2.2.2. Standar Pencahayaan Alami untuk Ruang Hunian

Standar kebutuhan tingkat pencahayaan di Indonesia mengacu pada **Badan Standardisasi Nasional (BSN)** melalui **SNI 03-6575-2001** tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung. Meskipun standar ini difokuskan pada pencahayaan buatan, nilai iluminasi (lux) yang ditetapkan juga digunakan sebagai acuan evaluasi pencahayaan alami dalam ruang. Kebutuhan tingkat pencahayaan untuk beberapa aktivitas adalah sebagai berikut:

- **Belajar / aktivitas membaca dan menulis:** ± **250–300 lux**, pada bidang kerja. Tingkat ini dianggap cukup untuk mendukung konsentrasi tanpa menyebabkan kelelahan mata.
- **Ruang tidur / istirahat:** ± **120–150 lux**, intensitas yang lebih rendah dinilai sesuai untuk menciptakan suasana nyaman dan relaks.
- **Aktivitas umum dalam kamar hunian:** ± **150–250 lux**, tergantung jenis kegiatan yang dilakukan.

Standar ini menjadi tolok ukur untuk menilai apakah distribusi pencahayaan alami telah memenuhi kebutuhan visual penghuni, khususnya untuk aktivitas belajar dan membaca pada siang hari tanpa bantuan pencahayaan buatan.

2.3. Silau Sebagai Permasalahan Utama pada Bangunan Hunian

Silau dapat menurunkan kenyamanan, mengganggu konsentrasi, bahkan mempengaruhi kemampuan melihat secara jelas. Dalam konteks pencahayaan alami, silau sering terjadi karena radiasi matahari langsung yang masuk melalui bukaan tanpa pengendalian yang memadai (Faraji et al., 2023).

2.3.1. Penyebab Silau Akibat Intensitas Cahaya Berlebih

Silau akibat intensitas cahaya yang berlebihan merupakan salah satu permasalahan utama dalam pemanfaatan pencahayaan alami pada bangunan. Berdasarkan berbagai penelitian mengenai daylighting dan kenyamanan visual, silau tidak hanya disebabkan oleh tingginya tingkat iluminasi, tetapi juga oleh perbedaan kontras yang ekstrem dalam bidang pandang pengguna ruang (Xue et al., 2022).

Tingginya luminansi pada area dekat bukaan sering kali menimbulkan perbedaan terang yang signifikan dibandingkan bagian terdalam ruang. Kondisi ini menyebabkan mata harus terus beradaptasi terhadap perubahan intensitas cahaya, sehingga memicu ketidaknyamanan visual (*discomfort glare*). Selain itu, masuknya radiasi matahari langsung tanpa penyaringan melalui elemen peneduh dapat meningkatkan intensitas cahaya secara drastis pada bidang kerja, bahkan melampaui kebutuhan standar aktivitas visual (Kristanto et al., 2024).

Faktor lain yang turut mempengaruhi adalah rasio bukaan yang besar tanpa pengendalian yang memadai. Bukaan berukuran besar memang berpotensi meningkatkan pencahayaan alami, namun tanpa perancangan shading yang tepat justru dapat memperbesar risiko silau akibat kontras tinggi antara area terang dan gelap. Ketidakseimbangan distribusi cahaya dalam ruang juga memperkuat terjadinya silau, terutama pada ruang dengan kedalaman besar di mana zona dekat

jendela menjadi sangat terang sementara bagian dalam relatif gelap (Ruggiero et al., 2021).

Dalam konteks iklim tropis, sudut datang matahari yang tinggi serta radiasi yang intens sepanjang tahun semakin meningkatkan potensi terjadinya silau apabila tidak dikendalikan melalui strategi desain pasif. Oleh karena itu, pengendalian intensitas dan distribusi cahaya alami menjadi aspek penting dalam perancangan untuk memastikan tercapainya kenyamanan visual pada ruang hunian (Mousavi et al., 2021).

2.3.2. Pengaruh Ketidakmerataan Cahaya terhadap Kenyamanan Visual

Ketidakmerataan cahaya dalam ruang terjadi ketika distribusi pencahayaan alami tidak merata, sehingga terdapat perbedaan intensitas yang signifikan antara area dekat bukaan dan bagian terdalam ruangan. Kondisi ini menyebabkan kontras terang–gelap yang tinggi, yang berpotensi menimbulkan silau pada zona tertentu serta kekurangan pencahayaan pada area lainnya (Ali & Saeed, 2024).

Pengaruhnya terhadap penghuni adalah munculnya kelelahan mata dan penurunan konsentrasi karena mata harus terus beradaptasi terhadap perubahan intensitas cahaya. Dalam ruang hunian seperti asrama mahasiswa, kondisi ini dapat mengganggu kenyamanan saat belajar, membaca, maupun beristirahat. Oleh karena itu, pemerataan distribusi cahaya menjadi faktor penting dalam menciptakan lingkungan visual yang nyaman dan mendukung aktivitas sehari-hari (Khajeh et al., 2023).

Berdasarkan kajian teori terkait pencahayaan alami, shading device, dan kenyamanan visual, dapat diketahui bahwa pencahayaan alami dalam ruang tidak hanya dipengaruhi oleh besaran iluminasi, tetapi juga oleh distribusi cahaya dan potensi silau yang ditimbulkan. Oleh karena itu, diperlukan kajian terhadap penelitian terdahulu untuk memahami perkembangan studi terkait serta mengidentifikasi celah penelitian yang masih belum terjawab.

2.4. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengendalian pencahayaan alami dan penggunaan *shading device* di wilayah tropis telah banyak dilakukan untuk mengatasi tantangan radiasi matahari yang ekstrem . Fokus utama dari penelitian-penelitian tersebut adalah menyeimbangkan antara masuknya cahaya alami untuk mengurangi beban energi listrik dengan pengendalian silau (*glare*) yang dapat mengganggu aktivitas visual penghuni(Le-thanh et al., 2021) .

Berikut adalah matriks sintesis penelitian terdahulu yang memiliki kaitan dengan penggunaan sistem peneduh dan optimasi pencahayaan di iklim tropis:

Tabel 2. 1 Matrix Penelitian Terdahulu

Peneliti & Tahun	Objek & Lokasi	Metode & Fokus	Temuan Utama	Celah (Gap) Penelitian
(Mousavi et al., 2021)	*Home Office* (Malaysia)	Retrofit interior dengan *adjustable internal shading*.	Peneduh internal dinamis mereduksi iluminasi berlebih hingga 86% dan mengubah silau dari intolerabel menjadi imperseptibel.	Fokus pada intervensi internal untuk ruang kerja rumah, bukan fasad eksternal asrama.
(Mahfudha et al., 2024)	Asrama (Aceh, Indonesia)	Evaluasi kenyamanan termal berdasarkan orientasi bangunan.	Orientasi jendela ke Timur dan Barat menyebabkan beban panas tinggi pada kamar asrama.	Fokus utama pada kenyamanan termal, belum mendalami solusi fasad untuk kenyamanan visual (silau).

(Kustianingrum et al., 2016)	Gedung Kuliah (Pangkep, Indonesia)	Simulasi *shading* horizontal dan *light shelf* pada sisi bangunan.	*Shading* horizontal paling efektif untuk ruang berorientasi Timur-Barat guna mereduksi intensitas cahaya berlebih.	Objek penelitian adalah gedung kuliah, yang memiliki pola okupansi berbeda dengan asrama mahasiswa.
(Kristanto et al., 2024)	Kantor (Surabaya, Indonesia)	Penggunaan *Vertical Greenery System* (tanaman) sebagai peneduh.	Tanaman dapat mereduksi luminansi sebesar 54.3% - 56.1% dan meningkatkan kenyamanan visual.	Menggunakan sistem biotik (tanaman), bukan sistem mekanikal/arsitektural yang dapat diatur pengguna.
(Jamala et al., 2023)	Kantor (Makassar, Indonesia)	Analisis model fasad (diagonal, vertikal, horizontal) terhadap distribusi cahaya.	Model peneduh horizontal efektif menghalangi radiasi sudut tinggi dan mendistribusikan cahaya lebih merata.	Meninjau sistem peneduh statis pada bangunan kantor, belum menyentuh aspek adaptabilitas pada asrama.

Berdasarkan matriks penelitian terdahulu di atas, ditemukan beberapa celah penelitian (*research gap*) yang menjadi landasan kuat dilakukannya penelitian ini:

1. **Keterbatasan Studi pada Tipologi Asrama:** Sebagian besar penelitian peneduh di Indonesia dilakukan pada gedung perkantoran atau ruang kelas. Asrama mahasiswa memiliki karakteristik unik di mana ruangan berfungsi ganda sebagai tempat istirahat (butuh iluminasi rendah) dan tempat belajar (butuh iluminasi tinggi/stabil), sehingga memerlukan solusi fasad yang lebih fleksibel .

2. **Kebutuhan Desain yang Adaptif (*Adjustable*):** Banyak referensi di iklim tropis masih berfokus pada sistem peneduh statis (*fixed*). Padahal, posisi matahari di Semarang yang dinamis memerlukan peneduh yang dapat diatur (*adjustable*) agar penghuni dapat menyesuaikan penetrasi cahaya sesuai dengan waktu dan jenis aktivitas.

3. **Spesifikasi Orientasi Fasad:** Penelitian ini mengisi celah dengan mengevaluasi secara spesifik fasad Barat Laut dan Barat Daya pada Gedung A Rusunawa Undip yang rentan terhadap silau sore hari, menggunakan simulasi diurnal penuh (06.00-18.00) pada tiga tanggal krusial pergerakan matahari (21 Maret, 21 Juni, 22 Desember).

4. **Integrasi Desain Berbasis Referensi Eksisting:** Penelitian ini tidak hanya mengusulkan desain baru, tetapi melakukan *improvement* berdasarkan **overhang lantai 4** eksisting bangunan yang terbukti secara fungsional mampu mereduksi cahaya langsung, namun dikembangkan menjadi sistem **adjustable horizontal visor** yang lebih modern dan efektif (Yüceer, 2010).

2.4.1 Konsep dan Fungsi Shading Device

Secara konseptual shading device dirancang untuk menyaring radiasi langsung, mengurangi intensitas berlebih, serta membantu mendistribusikan cahaya alami secara lebih merata di dalam ruang. Dalam iklim tropis, shading device berperan penting untuk menekan potensi silau dan panas berlebih tanpa menghilangkan

manfaat pencahayaan alami. Dengan demikian, fungsi utamanya tidak hanya sebagai pelindung dari sinar matahari, tetapi juga sebagai bagian dari strategi desain pasif untuk meningkatkan kenyamanan visual dan efisiensi energi (De Luca et al., 2022).

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Shading Device

Kinerja shading device dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu orientasi bangunan, sudut datang matahari, serta bentuk dan konfigurasi elemen peneduh (Ngo et al., 2015; Ruggiero et al., 2021). Orientasi fasad menentukan tingkat paparan radiasi matahari sepanjang hari, sementara sudut matahari mempengaruhi panjang bayangan dan efektivitas peneduhan. Selain itu, bentuk peneduh baik horizontal, vertikal, maupun kombinasi serta jarak dan sudut pemasangannya akan menentukan seberapa besar cahaya yang dapat difilter atau diteruskan ke dalam ruang. Perancangan yang tidak tepat dapat mengurangi pencahayaan alami secara berlebihan atau justru tidak efektif dalam mengurangi silau (Ashrafian & Moazzen, 2019).

2.4.3 Shading Device Adaptif (Adjustable Shading)

Shading device adaptif merupakan konsep peneduh yang dapat diatur atau disesuaikan oleh pengguna untuk merespons perubahan posisi dan intensitas matahari sepanjang hari. Sistem ini memungkinkan kontrol yang lebih fleksibel terhadap cahaya alami, sehingga penghuni dapat menyesuaikan tingkat pencahayaan sesuai kebutuhan aktivitas. Pendekatan ini dinilai lebih responsif dibandingkan sistem peneduh statis karena mampu menyeimbangkan antara kebutuhan cahaya, pengurangan silau, dan pengendalian panas secara dinamis (Dolníková et al., 2025).

2.4.4 Pengaruh Shading terhadap Pengurangan Silau

Penerapan shading device berpengaruh langsung terhadap pola distribusi cahaya alami dalam ruang. Dengan menyaring radiasi langsung, shading dapat mengurangi perbedaan intensitas yang ekstrim antara area dekat bukaan dan bagian terdalam ruang. Hal ini membantu menciptakan distribusi cahaya yang lebih merata

serta menurunkan potensi terjadinya silau. Selain meningkatkan kenyamanan visual, pengendalian distribusi cahaya melalui shading juga mendukung kualitas ruang yang lebih stabil dan kondusif untuk aktivitas belajar maupun beristirahat pada bangunan hunian mahasiswa (Wijaya et al., 2024).

2.5. Simulasi Pencahayaan Alami sebagai Metode Evaluasi Desain

Melalui bantuan perangkat lunak, simulasi memungkinkan perhitungan tingkat iluminasi, potensi silau, serta pola penyebaran cahaya berdasarkan orientasi bangunan, ukuran bukaan, dan elemen peneduh yang dirancang. Pendekatan ini membantu perancang menilai efektivitas strategi desain, seperti penggunaan shading device, secara kuantitatif dan objektif sehingga keputusan desain dapat dilakukan secara lebih akurat dan terukur .

2.5.1. Konsep Simulasi dalam Analisis Daylighting

Analisis daylighting merupakan metode evaluasi berbasis model digital untuk menilai performa pencahayaan alami pada suatu ruang. Melalui perangkat lunak simulasi, kondisi pencahayaan dapat diprediksi berdasarkan orientasi bangunan, ukuran dan posisi bukaan, serta elemen peneduh yang digunakan (Z A Kiliç and A Köknel Yener, 2021). Pendekatan ini memungkinkan evaluasi tingkat iluminasi dan kenyamanan visual secara kuantitatif tanpa harus melakukan pengukuran langsung di lapangan, sehingga efektif digunakan pada tahap perancangan maupun pengembangan desain.

2.5.2. Parameter Analisis dalam Simulasi

Dalam simulasi pencahayaan alami, beberapa parameter utama digunakan untuk menilai kualitas visual ruang, yaitu:

- **Iluminasi (lux)**: Mengukur tingkat intensitas cahaya yang diterima pada bidang kerja di dalam ruang dan dibandingkan dengan standar kebutuhan aktivitas.
- **Distribusi cahaya**: Menganalisis pemerataan penyebaran cahaya untuk menghindari perbedaan intensitas yang terlalu tinggi antara area terang dan gelap.

- **Potensi silau**: Mengevaluasi kemungkinan terjadinya silau akibat cahaya langsung atau kontras berlebih yang dapat mengganggu kenyamanan visual penghuni.

Parameter-parameter ini menjadi dasar dalam menentukan efektivitas desain shading device terhadap peningkatan kualitas pencahayaan alami.

2.5.3. Keterbatasan Simulasi Berbasis Model Gambar Kerja

Simulasi yang disusun berdasarkan model gambar kerja memiliki keterbatasan karena tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi aktual di lapangan. Hasil analisis sangat bergantung pada akurasi data geometris, material, serta asumsi reflektansi yang digunakan dalam model. Selain itu, faktor dinamis seperti perubahan cuaca, kondisi lingkungan sekitar, dan perilaku penghuni tidak dapat sepenuhnya terakomodasi. Oleh karena itu, hasil simulasi perlu dipahami sebagai pendekatan prediktif yang mendukung pengambilan keputusan desain, bukan sebagai representasi kondisi nyata secara absolut (Escudie et al., 2021).