

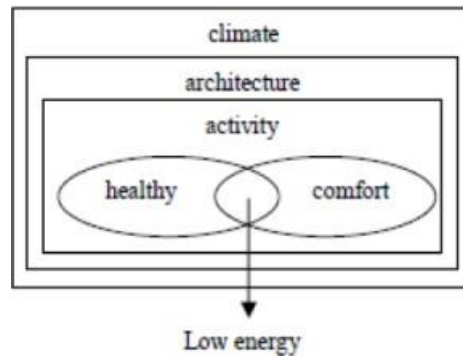
BAB II TINJAUAN

PUSTAKA

2.1. Arsitektur Bioklimatik

Bioklimatik berasal dari bahasa asing yaitu Bioclimatology. Menurut Kenneth Yeang (1994) *“Bioclimatology is the study of the relationship between climate and life, particularly the effect of climate on the health of activity of living things”*. Yang artinya Bioklimatik adalah Ilmu yang mempelajari hubungan antara iklim dan kehidupan terutama efek dari iklim pada kesehatan dan aktivitas manusia. Dalam konteks perancangan bangunan, lebih lanjut menjelaskan bahwa bangunan bioklimatik merupakan bangunan yang konfigurasi fisiknya disusun berdasarkan penerapan teknik-teknik hemat energi yang bersumber dari data iklim setempat dan informasi meteorologis, sehingga menghasilkan bangunan yang mampu berinteraksi secara dinamis dengan lingkungannya, baik dalam proses pembentukan, operasional, maupun penampilan arsitekturalnya. Yeang (1994).

Arsitektur Bioklimatik merupakan salah satu cabang ilmu dari Arsitektur Ekologis (Frick & Suskiyanto, 2010) . Prinsip yang mendasari pendekatan arsitektur ini adalah serangkaian cara dan strategi perancangan kawasan maupun bangunan yang secara aktif merespons kondisi iklim pada tapak, baik pada skala iklim makro maupun iklim mikro (Handoko et al., 2019). Selain itu, pendekatan ini juga berorientasi pada pencapaian kenyamanan termal yang optimal bagi pengguna bangunan.



Gambar 2. 1 Arsitektur Bioklimatik sebagai Pendekatan Arsitektur Desain

Krisdianto et al (2011) mendeskripsikan arsitektur bioklimatik sebagai suatu pendekatan sinergis dalam perancangan arsitektural yang berorientasi pada iklim, dengan mengintegrasikan kajian psikologi manusia, klimatologi, dan fisika bangunan ke dalam kerangka arsitektur regional. Sejalan dengan hal tersebut, Lapithis, (2018) menegaskan bahwa arsitektur bioklimatik merujuk pada perancangan bangunan beserta ruang-ruangnya mencakup ruang dalam, ruang luar, dan lingkungan binaan yang didasarkan pada karakteristik iklim lokal, dengan tujuan mewujudkan kenyamanan termal dan kenyamanan visual melalui pemanfaatan energi surya serta sumber daya alam lainnya. Elemen fundamental dari desain bioklimatik adalah *passive solar system* yang diintegrasikan ke dalam bangunan, dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam berupa matahari, air, angin, udara, vegetasi, dan tanah untuk keperluan pemanasan, pendinginan, serta pencahayaan bangunan (Lapithis, 2018). Lebih lanjut, Almusaed (2011) menjelaskan bahwa arsitektur bioklimatik mengombinasikan prinsip keberlanjutan (*sustainability*), kepekaan terhadap lingkungan, penghargaan terhadap alam, dan pendekatan organik dalam menghasilkan solusi desain yang bersumber dari persyaratan fungsional serta karakteristik tapak, konteks lingkungan, iklim mikro setempat, dan topografi kawasan.

Dalam karyanya yang berjudul *Biophilic and Bioclimatic Architecture: Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture*, Almusaed membagi

pengaruh energi dalam arsitektur bioklimatik ke dalam dua dimensi utama, yaitu:

1. Energi dalam kaitannya dengan suasana ruang
2. Energi dalam kaitannya dengan konsepsi arsitektur.

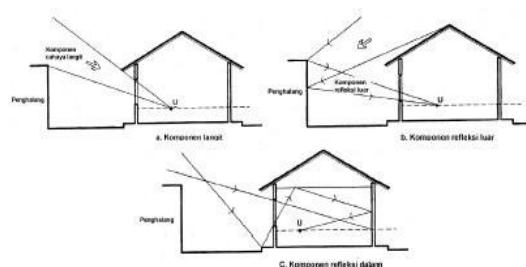
Menurut (Tumimomor & Poli, 2011) menyatakan bahwa arsitektur bioklimatik mulai berkembang sejak dekade 1990-an sebagai manifestasi arsitektur modern yang secara inheren dipengaruhi oleh kondisi iklim. Pendekatan ini juga dipandang sebagai kelanjutan dari semangat arsitektur Frank Lloyd Wright, yang dikenal dengan prinsip keterhubungan antara bangunan, alam, dan lingkungan (Tumimomor & Poli, 2011; Jones, 2026). Prinsip tersebut tidak hanya menitikberatkan pada efisiensi fungsional, tetapi juga pada pencapaian ketenangan, keselarasan, kearifan, dan kekuatan bangunan yang selaras dengan karakter lingkungannya (Tumimomor & Poli, 2011). Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, arsitektur bioklimatik dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan perancangan yang mengarahkan arsitek untuk menyelesaikan permasalahan desain dengan memperhatikan secara seksama relasi antara bentuk arsitektural dan kondisi iklim kawasan tempat bangunan berdiri, yang pada akhirnya akan tercermin dalam ekspresi arsitektur yang ditampilkan oleh bangunan tersebut.

2.2. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merupakan sistem pencahayaan yang bersumber dari radiasi sinar matahari dan diteruskan ke dalam ruang interior bangunan melalui elemen bukaan, seperti jendela, *skylight*, maupun reflektor. Secara fungsional, penerapan pencahayaan alami bertujuan untuk meminimalkan ketergantungan terhadap sistem pencahayaan buatan berbasis energi listrik, sehingga secara langsung berkontribusi terhadap reduksi konsumsi energi bangunan secara signifikan (Rahadian et al., 2021). Lebih dari sekadar

pertimbangan efisiensi energi, pencahayaan alami juga memiliki keterkaitan yang substansial dengan aspek psikologis dan kesehatan penghuni, mencakup pengaturan ritme sirkadian serta peningkatan produktivitas kerja (Aziz et al., 2025). Keberhasilan suatu sistem pencahayaan alami pada dasarnya ditentukan oleh kemampuan rancangan dalam mendistribusikan cahaya secara merata ke seluruh area ruang tanpa menimbulkan efek kesilauan (*glare*) maupun akumulasi panas berlebih (*heat gain*) (Rahmayanti et al., 2024).

Berdasarkan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI), suatu sistem pencahayaan alami pada siang hari dapat dikategorikan baik apabila memenuhi dua kriteria utama: pertama, pada rentang waktu pukul 08.00 hingga 16.00 waktu setempat terdapat intensitas cahaya yang memadai yang masuk ke dalam ruangan; dan kedua, distribusi cahaya di dalam ruang berlangsung secara merata dan tidak menimbulkan efek silau yang dapat mengganggu kenyamanan visual penghuni. Dalam upaya mengoptimalkan pemanfaatan cahaya alami, diperlukan perencanaan yang cermat agar perolehan cahaya dapat dimaksimalkan dengan memperhatikan faktor-faktor pencahayaan alami siang hari secara komprehensif.



Gambar 2.2 Tiga komponen cahaya langit sampai pada suatu titik di bidang kerja

Faktor pencahayaan alami siang hari didefinisikan sebagai rasio antara tingkat pencahayaan pada suatu titik di bidang tertentu dalam ruangan terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di area terbuka, yang sekaligus merupakan ukuran kinerja elemen lubang cahaya pada ruangan yang bersangkutan (Larasati, 2021). Sesuai dengan ketentuan SNI, faktor pencahayaan alami siang hari terdiri atas tiga komponen utama, yaitu: (1) *Sky Component* (SC), yakni komponen pencahayaan yang diperoleh secara langsung dari cahaya langit; (2) *Externally Reflected Component* (ERC), yakni komponen pencahayaan yang bersumber dari pantulan objek-objek yang berada di sekitar bangunan; dan (3) *Internally Reflected Component* (IRC), yakni komponen pencahayaan yang dihasilkan dari pemantulan permukaan-permukaan interior di dalam ruangan.

Strategi pencahayaan alami secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam dua sistem utama, yaitu pencahayaan samping (*side-lighting*) dan pencahayaan atas (*top-lighting*) (Vidiyanti, 2000; Nurhaiza & Lisa, 2016). Sistem pencahayaan samping umumnya memanfaatkan elemen jendela atau *glass block* yang ditempatkan pada bidang dinding bangunan, sedangkan sistem pencahayaan atas mengoptimalkan elemen arsitektural seperti *skylight*, atrium, atau *clerestory window* sebagai media masuknya cahaya.

Salah satu teknik lanjutan dalam arsitektur bioklimatik adalah penggunaan *double skin facade*, yaitu Sistem ini mengadopsi konsep selubung bangunan berlapis ganda, yakni dua lapisan kulit fasad yang dipisahkan oleh suatu rongga udara (*air cavity*) di antara keduanya (Dewi et al., 2013). Lapisan terluar pada umumnya disusun dari material kaca atau panel yang bersifat transparan, sementara lapisan bagian dalam difungsikan sebagai komponen selubung termal primer yang melindungi ruang interior bangunan. Rongga udara yang terbentuk di antara kedua lapisan tersebut berperan sebagai zona penyangga termal (*thermal buffer zone*), yang secara

pasif mampu menghambat dan mereduksi laju perpindahan panas dari kondisi lingkungan eksternal menuju ruang dalam bangunan.

Dalam kerangka evaluasi kinerja pencahayaan, terdapat parameter teknis yang krusial, yaitu *Daylight Factor* (DF), yang didefinisikan sebagai rasio antara tingkat pencahayaan di dalam ruang terhadap tingkat pencahayaan di luar ruang pada kondisi langit tertentu. Pemanfaatan pencahayaan alami dalam proses perancangan bangunan merupakan strategi pasif yang sangat penting dalam mewujudkan efisiensi energi secara berkelanjutan (Eleyan et al., 2021).

2.1.1. Standar Pencahayaan

Standar pencahayaan di Indonesia, seperti yang diatur dalam SNI, menetapkan tingkat iluminasi minimum berdasarkan fungsi ruang.

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Perkantoran	
Ruang Direktur	350
Ruang Kerja	350
Ruang Komputer	350
Ruang Rapat	300
Ruang Gambar	750
Ruang Arsip	150
Ruang Arsip aktif	300

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Lembaga Pendidikan	
Ruang Kelas	350
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang Gambar	750
Kantin	200

Sumber : SNI 03-2000, Konservasi Energi Sistem
Pencahayaan Pada Bangunan Gedung

2.1.2. Orientasi Fasad

Orientasi fasad didefinisikan sebagai arah hadapan suatu bangunan yang mengacu pada delapan penjuru mata angin, meliputi utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut (Permatasari, 2024). Dalam konteks perancangan bangunan yang responsif terhadap iklim, orientasi fasad menempati kedudukan sebagai salah satu variabel paling fundamental, mengingat orientasi tersebut secara langsung menentukan besaran dan rentang waktu suatu permukaan bangunan terpapar radiasi matahari.

Pergeseran posisi matahari yang diakibatkan oleh gerak semunya sepanjang hari menyebabkan setiap orientasi fasad menerima intensitas cahaya dan sudut datang radiasi yang berbeda-beda pada setiap periode waktu (Mustakima et al., 2025). Implikasi dari kondisi ini adalah bahwa dua bidang fasad pada satu bangunan yang sama dapat memiliki karakteristik pencahayaan

alami yang sangat kontras satu sama lain, meskipun keduanya berada dalam lingkungan fisik yang sepenuhnya identik.

Fasad bangunan yang berorientasi ke arah tenggara dan timur laut cenderung mendapatkan paparan cahaya matahari langsung secara optimal pada rentang waktu pagi hingga menjelang siang hari (Wulan Suci & Rahmawati Syamsiyah, 2025). Paparan cahaya pada periode waktu tersebut pada umumnya menghasilkan intensitas yang lebih moderat dengan sudut datang yang relatif tinggi, sehingga pengendaliannya dapat dilakukan secara lebih mudah melalui perangkat peneduh horizontal, seperti *overhang* maupun kisi-kisi fasad. Karakteristik tersebut menjadikan orientasi tenggara dan timur laut relatif lebih menguntungkan dari perspektif kenyamanan visual maupun termal, khususnya pada kawasan beriklim tropis lembab seperti Kota Semarang.

Sebaliknya, fasad yang berorientasi ke arah barat laut dan barat daya akan menerima paparan cahaya matahari langsung pada periode sore hari dengan sudut datang yang rendah dari arah barat. Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan intensitas cahaya yang tinggi sekaligus menimbulkan risiko kesilauan (*glare*) apabila tidak dilengkapi dengan elemen pengendali cahaya yang sesuai, seperti penerapan *shading device* pada bidang fasad (Do et al., 2025). Paparan sore hari dengan sudut datang yang hampir horizontal ini pada dasarnya lebih sulit dikendalikan secara pasif dibandingkan dengan paparan pada pagi hari, karena geometri cahaya yang mendekati bidang horizontal membuat perangkat peneduh *overhang* konvensional menjadi kurang efektif. Oleh karena itu, diperlukan elemen peneduh vertikal (*fins*) atau kombinasi antara elemen horizontal dan vertikal secara terpadu dalam bentuk *egg-crate shading*.

2.1.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pencahayaan Alami

1. Terang Langit / Kondisi langit

Kecerahan langit merupakan sumber cahaya primer yang dijadikan acuan dalam penetapan persyaratan pencahayaan alami pada bangunan gedung (SNI 03-2396-2001). Dalam kerangka analisis pencahayaan alami, langit tidak dikonseptualisasikan sebagai sumber cahaya yang seragam dan statis, melainkan sebagai sumber cahaya yang bersifat dinamis dan berfluktuasi sesuai dengan kondisi atmosfer, persentase tutupan awan, posisi matahari, serta karakteristik musim yang berlaku di suatu wilayah tertentu.

Berdasarkan hasil kajian terdahulu, nilai iluminasi di dalam ruang mengalami perubahan yang signifikan bergantung pada kondisi langit yang berlaku, dengan selisih nilai yang cukup substansial antara kondisi langit cerah dan variasi musim yang berbeda (Sudan et al., 2015). Temuan ini mengindikasikan bahwa evaluasi pencahayaan alami tidak dapat didasarkan semata-mata pada satu kondisi langit tertentu, melainkan harus mempertimbangkan keragaman kondisi langit yang terjadi sepanjang siklus tahunan.

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) Secara umum mengklasifikasikan kondisi langit ke dalam tiga kategori utama yang digunakan sebagai acuan dalam analisis pencahayaan alami, yaitu:

- Langit Cerah (*Clear Sky*)

kondisi langit tanpa tutupan awan dengan dominasi cahaya matahari langsung (*direct sunlight*). Distribusi luminansi langit pada kondisi ini tidak merata dan sangat dipengaruhi oleh posisi matahari, sehingga menghasilkan

kontras cahaya yang tinggi di dalam ruang dan berpotensi menimbulkan efek kesilauan (*glare*).

- Langit Mendung (*Overcast Sky*)

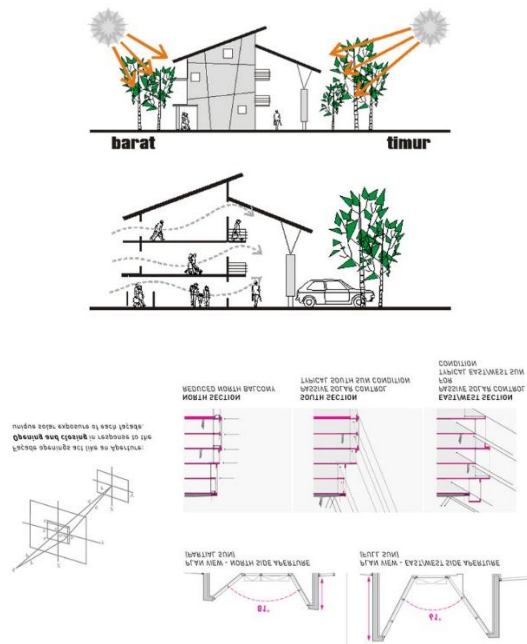
kondisi langit dengan tutupan awan penuh yang mendifusikan cahaya matahari secara merata ke seluruh kubah langit. Kondisi ini menghasilkan distribusi cahaya yang lebih homogen dan merupakan kondisi referensi standar dalam perhitungan *Daylight Factor* (DF) berdasarkan ketentuan SNI maupun standar internasional.

- Langit Sebagian Berawan (*Intermediate/Partly Cloud Sky*)

kondisi peralihan antara langit cerah dan mendung yang paling umum dijumpai di kawasan beriklim tropis lembap seperti Indonesia, dengan karakteristik fluktuasi iluminansi yang tinggi dan sulit diprediksi secara deterministik.

2. Lubang Cahaya

Lubang cahaya merupakan elemen bukaan pada selubung bangunan yang berfungsi sebagai media transmisi cahaya alami ke dalam ruang interior. Bukaan ini dapat berbentuk jendela, pintu kaca, *skylight*, maupun elemen transparan lainnya yang terdapat pada bidang dinding atau atap bangunan. Secara konseptual, lubang cahaya mencakup keseluruhan area bukaan yang memungkinkan cahaya menembus masuk ke dalam ruang, tanpa mempertimbangkan apakah cahaya yang diperoleh tersebut telah terdistribusi secara optimal pada seluruh bidang kerja (SNI 03-2396-2001).



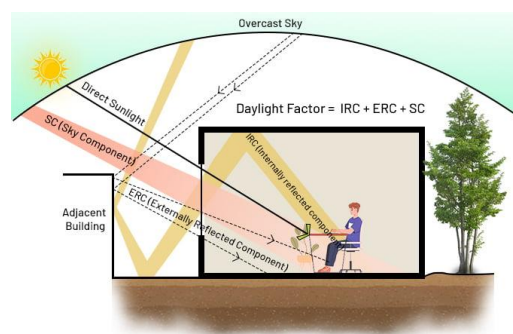
Gambar 2.3

Meskipun demikian, tidak seluruh area lubang cahaya memberikan kontribusi yang efektif terhadap pencahayaan alami di dalam ruang. Oleh karena itu, dikenal konsep *lubang cahaya efektif*, yaitu bagian dari bidang lubang cahaya yang memiliki pandangan langsung ke arah langit dari titik ukur yang telah ditetapkan (SNI 03-2396-2001). Dengan kata lain, lubang cahaya efektif hanya mencakup porsi bukaan yang memiliki pandangan tak terhalang (*unobstructed view*) ke arah langit, sehingga memungkinkan cahaya difus (*sky component*) masuk secara langsung ke dalam ruang tanpa terhalang oleh elemen bangunan, struktur di sekitarnya, maupun vegetasi yang berada di luar bangunan.

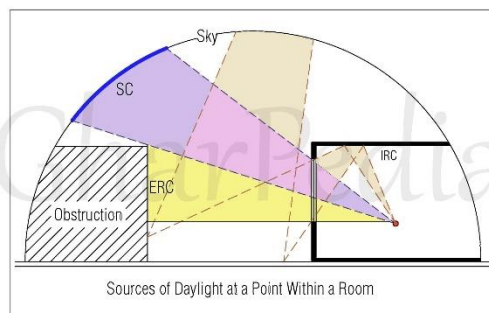
Perbedaan antara lubang cahaya dan lubang cahaya efektif menjadi krusial dalam konteks evaluasi pencahayaan alami, mengingat luas lubang cahaya efektif senantiasa berbeda dan

pada umumnya lebih kecil dibandingkan luas total lubang cahaya (SNI 03-2396-2001). Faktor yang dapat mereduksi luas lubang cahaya efektif antara lain meliputi keberadaan perangkat peneduh (*shading device*), bangunan-bangunan di sekitar tapak, vegetasi atau pohon, dan posisi titik ukur yang digunakan.

3. Komponen Langit



The Components of Daylighting



Gambar 2.4

Komponen langit (*Sky Component/SC*) merupakan kontribusi cahaya yang bersumber langsung dari kubah langit dan memasuki ruang melalui bukaan tanpa melalui proses pemantulan terlebih dahulu (SNI 03-2396-2001). Komponen ini merupakan unsur yang paling dominan dalam sistem

pencahayaannya alami, karena nilainya secara langsung bergantung pada luas lubang cahaya efektif serta sudut pandang bebas ke arah langit dari titik ukur yang digunakan. Semakin luas area langit yang dapat tertangkap dari titik ukur melalui bukaan, semakin tinggi pula nilai komponen langit yang diterima oleh ruang tersebut.

4. Elemen Fasad

Fasad bangunan tidak semata-mata berfungsi sebagai selubung estetika, melainkan juga berperan sebagai filter utama yang mengendalikan kuantitas dan kualitas cahaya alami yang memasuki ruang interior. Komponen-komponen fasad yang mencakup dimensi bukaan, konfigurasi geometri fasad, jenis material yang digunakan, serta perangkat peneduh (*shading devices*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai iluminasi dan pola distribusi pencahayaan alami di dalam ruang (Zakarian, 2017). Dengan demikian, perancangan elemen fasad tidak dapat dilepaskan dari strategi pencahayaan alami secara menyeluruh.

Dimensi dan proporsi bukaan yang dinyatakan dalam *Window-to-Wall Ratio* (WWR) secara langsung menentukan kuantitas cahaya yang dapat memasuki ruang (Purwoko & Purwanto, 2022). Semakin besar rasio luas bukaan terhadap luas total bidang fasad, semakin tinggi potensi perolehan cahaya alami, namun sekaligus semakin besar pula risiko kesilauan (*glare*) dan akumulasi panas (*solar heat gain*) yang berlebihan, terutama pada fasad yang berorientasi ke arah barat dan timur di kawasan beriklim tropis (Purwoko & Purwanto, 2022). Konfigurasi geometri bukaan, kedalaman ambang (*reveal depth*), serta profil permukaan fasad turut mempengaruhi sudut dan arah

masuknya cahaya ke dalam ruang. Bukaan dengan ambang yang dalam, sebagai contoh, secara inheren berfungsi sebagai elemen peneduh parsial yang mereduksi paparan cahaya matahari langsung tanpa harus mengurangi luas bukaan secara keseluruhan.

Material fasad menentukan proporsi cahaya yang diteruskan, dipantulkan, atau diserap oleh selubung bangunan. Karakteristik optis material seperti nilai transmitansi cahaya tampak (*Visible Light Transmittance/VLT*) pada material kaca, serta nilai reflektansi pada material dinding masif secara langsung mempengaruhi kuantitas dan kualitas cahaya yang memasuki ruang interior. Penggunaan kaca dengan nilai VLT rendah, seperti kaca berwarna atau *coated glass*, mampu mereduksi potensi kesilauan, namun secara bersamaan juga menurunkan tingkat iluminansi interior secara keseluruhan (Pawawoi & Vegi, 2020).

Perangkat peneduh (*shading devices*) seperti *overhang*, kisi-kisi horizontal, *fins* vertikal, maupun kombinasi keduanya berfungsi mengendalikan penetrasi cahaya matahari langsung ke dalam ruang tanpa sepenuhnya menghalangi masuknya cahaya difus dari langit. Perancangan perangkat peneduh yang tepat dapat mengoptimalkan perolehan pencahayaan alami sekaligus mencegah terjadinya kesilauan dan akumulasi panas berlebih. Hal ini dibuktikan melalui penelitian eksplorasi desain fasad pada Lapangan Bulutangkis Bumi Pancasona KBP Bandung, yang menunjukkan bahwa setiap varian desain fasad yang diuji menghasilkan nilai iluminasi yang berbeda-beda, bergantung pada kebutuhan spesifik bangunan dan karakteristik aktivitas yang berlangsung di dalamnya (Ali & Mandala, 2020).

2.3. Simulasi DIALux Evo

Pencahayaan merupakan salah satu komponen krusial dalam perencanaan bangunan yang mencakup dimensi estetika, kenyamanan visual, sekaligus efisiensi energi. Sistem pencahayaan yang dirancang secara optimal terbukti mampu meningkatkan produktivitas penghuni, menciptakan kondisi kenyamanan yang memadai, serta mendukung aspek keamanan lingkungan binaan (Wiraguna, 2025). Dalam proses perencanaannya, terdapat sejumlah parameter teknis yang harus dipertimbangkan secara komprehensif, meliputi intensitas cahaya, pola distribusi cahaya, serta tingkat efisiensi energi yang digunakan. Perkembangan teknologi informasi dan komputasi telah mendorong hadirnya berbagai perangkat lunak simulasi pencahayaan yang dirancang untuk membantu arsitek dan insinyur dalam merancang sistem pencahayaan secara lebih terukur dan akurat (Nixie & Adiguna, 2024). Salah satu perangkat lunak yang paling banyak dimanfaatkan dalam praktik perancangan adalah DIALux, sebuah aplikasi berbasis komputasi yang dikembangkan oleh DIAL GmbH dan dapat diakses secara gratis, yang difungsikan untuk melakukan perhitungan serta simulasi pencahayaan pada bangunan, baik pada ruang interior maupun eksterior (Kusuma et al., 2024).

DIALux memungkinkan penggunaanya untuk melaksanakan simulasi pencahayaan dengan memanfaatkan data fotometrik dalam format IES maupun LDT dari berbagai produsen luminasi (Aziz et al., 2025; Kusuma et al., 2024). Melalui perangkat lunak ini, perancang dapat menghasilkan data analisis yang komprehensif, mencakup informasi mengenai penyebaran, jangkauan, kontur, serta kuat pencahayaan pada suatu ruang. Data tersebut selanjutnya dapat dikomparasikan dengan standar pencahayaan alami yang berlaku guna mengevaluasi kesesuaian rancangan ruang ditinjau dari aspek orientasi, ukuran, bentuk, dan dimensi bukaan yang digunakan. Di samping itu, perangkat lunak ini juga menyediakan fitur

visualisasi tiga dimensi (*3D rendering*) dari rancangan pencahayaan yang dihasilkan, sehingga dapat menjadi instrumen pendukung yang efektif dalam proses pengambilan keputusan desain.

Sejumlah penelitian telah memanfaatkan DIALux sebagai instrumen analisis kinerja pencahayaan pada berbagai tipologi bangunan. Penelitian yang dilakukan oleh (Zulfa Aqsha Pashalenko, 2023) mengungkapkan adanya perbedaan hasil antara pengukuran lapangan menggunakan *envirometer* dengan hasil simulasi yang diperoleh melalui perangkat lunak DIALux. Perbedaan tersebut diidentifikasi dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain kondisi fisik bangunan, kondisi cuaca pada saat pengukuran berlangsung, serta variabel-variabel lain yang turut berperan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Rahmayanti et al., 2024a). menunjukkan bahwa simulasi menggunakan DIALux Evo mampu memvisualisasikan sistem pencahayaan pada kondisi eksisting maupun kondisi pascaredesain secara akurat dan representatif.

2.4. Karakteristik Iklim Tropis

Iklim tropis lembap yang mendominasi sebagian besar wilayah kepulauan Indonesia pada dasarnya ditentukan oleh posisi geografisnya yang terletak di sekitar garis ekuator. Ciri khas utama dari tipologi iklim ini adalah intensitas radiasi matahari yang tinggi dan berlangsung secara konsisten sepanjang tahun, kondisi yang pada gilirannya menyebabkan suhu udara rata-rata harian senantiasa berada pada kisaran yang relatif tinggi, yakni antara 24°C hingga 32°C (Dilla et al., 2022). Di samping suhu udara yang panas, kelembapan udara relatif (*Relative Humidity*) di kawasan tropis juga mencapai nilai yang sangat tinggi, kerap kali melampaui angka 80%. Kondisi tersebut menjadi salah satu tantangan fundamental dalam perancangan arsitektur, mengingat tingkat kelembapan yang ekstrem secara fisiologis menghambat proses evaporasi keringat dari permukaan kulit

tubuh manusia, sehingga pencapaian ambang batas kenyamanan termal menjadi sulit terwujud tanpa dukungan pergerakan udara yang efektif dan terencana.

Secara klimatologis, kawasan beriklim tropis lembap juga dicirikan oleh curah hujan yang tinggi serta fluktuasi suhu harian yang relatif rendah, dalam artian perbedaan suhu antara siang dan malam hari tidak setajam yang dijumpai pada tipologi iklim gurun. Intensitas curah hujan yang tinggi menuntut penerapan strategi desain bangunan yang mengakomodasi kemiringan atap yang curam disertai sistem drainase yang andal (Mumtazah, 2023). Selain itu, kondisi langit di kawasan tropis pada umumnya didominasi oleh tutupan awan (*overcast sky*), yang menyebabkan cahaya matahari yang mencapai permukaan bumi bersifat difus dan terdistribusi secara merata, meskipun tetap membawa muatan panas laten yang signifikan. Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut, strategi arsitektur yang diterapkan di kawasan beriklim tropis cenderung mengutamakan dua pendekatan utama, yaitu perlindungan terhadap paparan radiasi matahari langsung serta optimalisasi ventilasi silang (*cross ventilation*) sebagai upaya mereduksi tingkat kelembapan di dalam ruang.

Karakteristik angin di kawasan tropis pada umumnya memiliki kecepatan yang tergolong rendah hingga sedang, kecuali pada periode musim tertentu yang ditandai oleh perubahan pola angin regional. Dalam kerangka perancangan arsitektur bioklimatik, pemahaman yang mendalam mengenai arah dan kecepatan angin lokal merupakan faktor yang sangat krusial, khususnya dalam menentukan tata letak massa bangunan serta penempatan elemen bukaan secara strategis. Aliran udara yang kontinu di dalam bangunan tidak hanya berperan sebagai mekanisme pendinginan pasif bagi struktur bangunan secara keseluruhan, tetapi juga berfungsi sebagai media pembuangan udara lembap dari ruang interior. Dengan demikian, pemahaman yang komprehensif terhadap parameter-parameter

iklim setempat yang meliputi suhu tinggi, kelembapan ekstrem, intensitas radiasi yang kuat, serta curah hujan yang lebat menjadi prasyarat mutlak bagi perancang dalam merumuskan strategi selubung bangunan yang optimal, guna mewujudkan efisiensi energi sekaligus kenyamanan bagi penghuni secara berkelanjutan.

2.5. Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik

Berikut adalah penerapan prinsip desain arsitektur bioklimatik :

1. Desain pada Dinding

Dalam konteks perancangan elemen dinding, penggunaan membran sebagai penghubung antara bangunan dan lingkungan sekitarnya dapat difungsikan sebagai lapisan pelindung (*protective skin*) bangunan terhadap kondisi iklim eksternal. Material bangunan yang digunakan pada komponen dinding merupakan salah satu variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan insulasi termal bangunan secara keseluruhan.

2. Penempatan Bukaannya

Posisi bukaan jendela pada bangunan sebaiknya diorientasikan ke arah utara dan selatan, mengingat orientasi tersebut memberikan perolehan cahaya yang lebih merata sekaligus meminimalkan paparan radiasi matahari langsung. Di samping pertimbangan kinerja termal, aspek orientasi pandangan (*view orientation*) juga merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penentuan posisi bukaan. Pada bidang fasad yang tidak terpapar langsung oleh matahari, penggunaan *curtain wall* dapat dipertimbangkan sebagai solusi yang mengakomodasi nilai estetika sekaligus fungsional.

3. Penyekat Panas

Penerapan sistem insulasi termal yang memadai pada selubung bangunan berperan penting dalam meminimalkan laju pertukaran panas antara udara panas dari lingkungan eksternal dan udara dingin yang berasal dari ruang interior. Efektivitas insulasi termal pada lapisan kulit bangunan secara langsung berkontribusi terhadap reduksi beban pendinginan dan peningkatan efisiensi energi bangunan.

4. Menggunakan Alat Pembayang Pasif

Pembayangan terhadap paparan sinar matahari merupakan strategi esensial dalam mereduksi intensitas radiasi matahari pada bidang dinding yang menghadap langsung ke arah matahari. Pada kawasan beriklim tropis, bidang fasad yang paling rentan terhadap paparan radiasi langsung adalah sisi timur dan barat bangunan, sehingga penerapan perangkat pembayang pasif pada kedua orientasi tersebut menjadi sangat krusial.

5. Hubungan terhadap Landscape

Lantai dasar bangunan di kawasan tropis idealnya dirancang secara lebih terbuka dengan memaksimalkan pemanfaatan sistem ventilasi alami, mengingat keterkaitan lantai dasar dengan jalur sirkulasi di sekitarnya juga merupakan aspek yang tidak dapat diabaikan. Lebih lanjut, kehadiran elemen atrium pada ruang interior di lantai dasar terbukti mampu menciptakan efek pendinginan alami yang berkontribusi terhadap penurunan suhu ruang secara keseluruhan.

6. Pengadaan Ruang Transisional

Yeang (1994) menjelaskan bahwa ruang transisional berfungsi sebagai zona perantara yang menghubungkan ruang luar dan ruang

dalam bangunan. Ruang ini berperan sebagai ruang udara yang mampu memfasilitasi pergerakan angin menuju ruang interior secara lebih efektif. Dari sisi penempatan, ruang transisional dapat diposisikan di bagian tengah maupun di sepanjang sisi perimeter bangunan sesuai dengan kebutuhan perancangan.

Berdasarkan uraian prinsip-prinsip tersebut, dapat disimpulkan bahwa pendekatan arsitektur bioklimatik menuntut perhatian yang seksama terhadap sejumlah prinsip perancangan, baik yang bersifat umum maupun yang merupakan respons spesifik terhadap kondisi iklim setempat. Penerapan prinsip-prinsip tersebut secara terpadu memungkinkan pengendalian iklim mikro tapak secara arsitektural, sehingga menghasilkan kondisi lingkungan termal yang lebih nyaman dan kondusif bagi pengguna bangunan.

2.6. Shading Device

Perangkat peneduh (*shading device*) merupakan elemen arsitektural yang dirancang secara spesifik untuk mengendalikan kuantitas radiasi matahari yang memasuki ruang interior bangunan melalui elemen bukaan transparan, seperti jendela dan bidang kaca.

Penerapan perangkat peneduh yang tepat secara signifikan berkontribusi terhadap reduksi perolehan panas puncak bangunan (*peak heat gain*), penurunan beban pendinginan, serta peningkatan kualitas pencahayaan alami pada ruang interior (Imam, 2019).

(Wibawa & Utama, 2019) menjelaskan bahwa pemasangan elemen peneduh eksternal pada fasad bangunan, khususnya pada area fenestrasi bukaan, merupakan salah satu strategi yang paling umum diadopsi dalam upaya memberikan perlindungan terhadap paparan radiasi matahari. Efektivitas rancangan perangkat peneduh tersebut pada dasarnya sangat bergantung pada

orientasi fasad bangunan terhadap posisi matahari (LATIFAH & RAHADIAN, 2020). Dalam konteks hemisfer utara, fasad selatan bangunan idealnya berorientasi ke arah khatulistiwa, dan prinsip serupa berlaku secara timbal balik pada hemisfer selatan. Orientasi fasad juga turut memengaruhi nilai faktor matahari (*sun factor/SF*), yang besarnya bervariasi pada setiap kawasan bergantung pada letak astronomis wilayah yang bersangkutan.

Sebagai contoh, pada wilayah Jakarta dan sekitarnya, nilai SF tertinggi dijumpai pada orientasi barat, sedangkan nilai SF terendah terdapat pada orientasi selatan. Kondisi ini mengimplikasikan bahwa penerapan *overhang* sederhana terbukti sangat efektif dalam menaungi jendela yang berorientasi ke selatan, terutama ketika sudut elevasi matahari berada pada posisi yang tinggi. Lebih lanjut, menurut (Gratia & De Herde, 2007), mengemukakan bahwa perangkat peneduh eksternal merupakan solusi penangkal radiasi matahari yang paling efektif pada sistem *Double Skin Façade* (DSF), terutama apabila diintegrasikan ke dalam rongga udara yang terbentuk di antara kedua lapisan fasad.

Menurut (Kirimtat et al., 2016) mendefinisikan perangkat peneduh sebagai komponen bangunan yang memiliki kapabilitas dalam mereduksi perolehan panas berlebih, meningkatkan efisiensi energi bangunan, serta mendukung tercapainya kenyamanan termal bagi penghuni. Dalam kajian tersebut, dikemukakan pula beberapa tipologi perangkat peneduh yang dapat diaplikasikan untuk mengendalikan penetrasi cahaya matahari langsung beserta beban panas yang membawanya ke dalam bangunan, antara lain sebagai berikut::

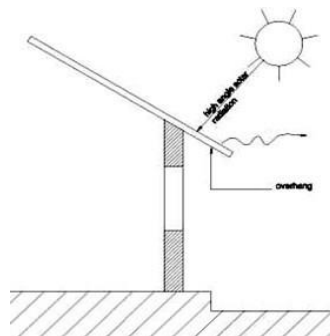
1. Shading device tetap (fixed shading device)

Perangkat peneduh tetap dapat dipasang pada sisi interior maupun eksterior jendela bangunan. Dalam konteks penerapannya pada bagian eksterior, perangkat peneduh jenis ini berfungsi sebagai

pengendali penetrasi radiasi matahari sekaligus instrumen penghematan energi bangunan. Implementasi perangkat peneduh tetap secara umum berkontribusi terhadap penurunan beban termal, peningkatan kenyamanan visual, serta reduksi potensi kesilauan (*glare*) di dalam ruang. Beberapa jenis perangkat peneduh tetap yang umum diaplikasikan dalam perancangan bangunan adalah sebagai berikut:

a. *Overhang*

Overhang merupakan komponen arsitektural horizontal yang menjorok keluar di atas bidang jendela dan berfungsi sebagai elemen peneduh pada bangunan. Dimensi *overhang* yang optimal ditentukan berdasarkan karakteristik pergerakan matahari pada lokasi bangunan yang bersangkutan. Penerapan *overhang* pada bangunan yang lazim dijumpai pada tipologi rumah tinggal sederhana secara efektif berfungsi menghambat penetrasi cahaya matahari langsung ke dalam ruang interior.

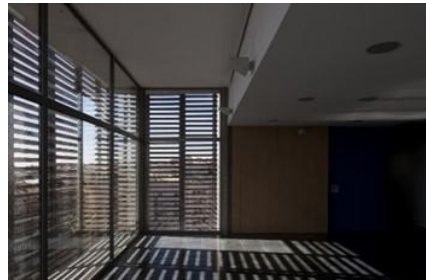


b. Louvers

Selain *overhang*, penggunaan *louvers* atau kisi-kisi juga merupakan salah satu solusi perangkat peneduh yang

memberikan manfaat signifikan. *Louvers* adalah elemen kisi-kisi yang dapat dikonfigurasi dan diorientasikan sesuai kebutuhan guna mengendalikan intensitas cahaya matahari dan beban panas yang memasuki bangunan. Berdasarkan arah pemasangannya, *louvers* dapat diklasifikasikan ke dalam dua jenis utama, yaitu horizontal dan vertikal.

Kisi-kisi tetap berfungsi menghalangi sebagian radiasi matahari selama periode pemanasan, dan untuk mengoptimalkan fungsi pemantul cahaya, permukaan atas kisi-kisi disarankan menggunakan warna terang agar cahaya matahari dapat dipantulkan lebih jauh ke arah interior ruangan.



Kisi-kisi horizontal merupakan komponen horizontal yang dipasang pada sisi eksterior bidang kaca bangunan. Kedalaman optimal kisi-kisi horizontal ditentukan berdasarkan jarak antarsusunan kisi-kisi yang digunakan. Di samping fungsinya dalam mereduksi beban radiasi panas matahari, permukaan kisi-kisi horizontal juga disarankan menggunakan warna cerah agar mampu memantulkan cahaya alami hingga menjangkau area ruang yang paling dalam.



Adapun kisi-kisi vertikal berfungsi ganda, yakni sebagai elemen peneduh sekaligus penahan angin, serta berkontribusi terhadap peningkatan kualitas insulasi termal kaca selama periode panas. *Fins* vertikal yang dipasang secara tegak lurus terhadap bidang dinding mampu menciptakan efek bayangan sudut pada permukaan fasad, sehingga menghasilkan naungan yang efektif terhadap paparan radiasi matahari langsung.

c. Egg- crate

Perangkat peneduh tipe *egg-crate* merupakan kombinasi sinergis antara elemen peneduh vertikal dan horizontal yang terintegrasi dalam satu sistem. Konfigurasi tersebut memungkinkan perangkat ini berfungsi mereduksi intensitas radiasi matahari dari berbagai arah secara bersamaan. Penerapan *egg-crate* sebagai sistem peneduh dinilai sangat efisien dan optimal, khususnya pada kawasan yang memiliki karakteristik iklim panas.



2. Moveable shading device

Perangkat peneduh yang dapat digerakkan (*moveable shading device*) memiliki keunggulan komparatif dibandingkan tipe tetap, yakni kemampuannya dalam menyesuaikan tingkat transmisi cahaya secara fleksibel sesuai dengan kondisi iklim yang berlaku. Perangkat ini mampu mengatur perolehan cahaya matahari pada periode musim dingin, sekaligus membatasi paparan radiasi berlebih pada periode musim panas. Jenis perangkat peneduh ini banyak diaplikasikan pada bangunan perkantoran bertingkat tinggi yang menggunakan sistem selubung kaca dan umumnya dipasang pada sisi interior bangunan. Terdapat beberapa varian *moveable shading device* yang umum digunakan, antara lain *venetian blind*, tirai vertikal, dan *roller shade*, yang kesemuanya berfungsi untuk mencegah dan mengendalikan penetrasi cahaya serta radiasi matahari yang tidak diinginkan ke dalam ruang interior.

a. Venetian blind

Venetian blind merupakan salah satu varian *moveable shading* yang paling banyak diterapkan pada bangunan komersial. Perangkat peneduh ini terbukti efektif dalam memberikan kenyamanan termal, kenyamanan visual, serta privasi bagi pengguna bangunan. Secara konstruktif, *venetian blind* terdiri dari susunan kisi-kisi horizontal yang sudut kemiringannya dapat diatur sesuai kebutuhan. Sudut kemiringan kisi-kisi dan sudut datang radiasi matahari merupakan dua parameter utama yang menentukan kinerja *venetian blind*. Di samping itu, nilai transmitansi, absorptansi, dan reflektansi *venetian blind* yang diintegrasikan dengan jendela dipengaruhi oleh rotasi sudut, bentuk, ukuran, konfigurasi, serta warna bilah tirai yang

digunakan. Standar dimensi lebar tirai yang umum digunakan adalah 2,5 cm, dengan jarak antarbilah sebesar 2,2 cm, dan dipasang pada jarak 2,5 cm dari permukaan kaca.



b. Tirai vertikal

Tirai vertikal merupakan jenis perangkat peneduh yang paling luas penggunaannya, baik pada bangunan komersial maupun residensial. Sebagaimana halnya dengan *venetian blind*, tirai vertikal mampu mengendalikan kondisi pemanasan dan pendinginan di dalam ruang, sekaligus mempertahankan kualitas pandangan (*view*) dari interior ke eksterior bangunan dengan cukup optimal. Bilah tirai vertikal dapat diproduksi dari berbagai jenis material, antara lain kain, kayu, plastik, maupun logam, bergantung pada kebutuhan estetika dan fungsional bangunan.

c. *Roller shade*

Roller shade merupakan jenis perangkat peneduh yang terbuat dari material kain atau bahan tekstil yang dikaitkan pada tabung berbahan logam atau plastik sebagai mekanisme penggulung. Perangkat ini berfungsi untuk mengendalikan intensitas cahaya, menjaga privasi, serta mengatur tampilan visual ruangan. Secara operasional, *roller shade* dapat ditarik atau digulung sesuai dengan kebutuhan tingkat pencahayaan yang diinginkan di dalam ruang pada waktu tertentu.

2.7. Kebijakan Peraturan

Pada penelitian ini menggunakan kebijakan sebagai berikut :

1. Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021 tentang penilaian kinerja bangunan hijau. Ini adalah regulasi induk yang mengatur implementasi konsep bangunan hijau di Indonesia. Peraturan ini mencakup persyaratan teknis untuk konservasi energi, konservasi air, kualitas udara dalam ruang, dan manajemen lingkungan.
2. SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan, standar ini mengatur kriteria perancangan pencahayaan, termasuk rekomendasi tingkat iluminasi (lux) berdasarkan fungsi ruang. Standar ini mendorong pemanfaatan cahaya alami siang hari sebagai strategi penghematan energi.
3. SNI 03-2396-2001 tentang Tata cara perancangan pencahayaan alami siang hari pada bangunan gedung.