

Strategi Penerapan Prinsip Arsitektur Bioklimatik Pada Iklim Tropis Terhadap Kenyamanan Termal Dan Efisiensi Energi Bangunan

Nabila Permatasari

Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia

nabilapermatasari893@gmail.com

Alamat: Jl. Walisongo No.3-5, Tambakaji, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50185

Korespondensi penulis: nabilapermatasari893@gmail.com

Abstract. *Global climate change has become a serious challenge that affects various aspects of life, including the field of architecture, especially in tropical climates. Increasing environmental temperatures and changing weather patterns have a significant impact on the thermal comfort and energy efficiency of buildings. This article aims to explain strategies for applying bioclimatic architectural principles as design solutions that are responsive to local climate conditions. Through systematic literature analysis, it was found that architectural design that considers climatic factors can increase comfort for occupants and reduce dependence on artificial lighting and lighting systems. This article also discusses various strategies for applying bioclimatic principles, such as the placement of the building's core orientation, window openings, balconies, transitional spaces, wall design, landscape relationships, passive shading, and heat insulation on the floor, where the application of these strategies can help create a more beautiful building. sustainable and energy efficient. Therefore, the application of bioclimatic architecture is very important to create buildings that can adapt well and efficiently in tropical areas.*

Keywords: *Architecture, Bioclimatic, Tropical, Thermal Comfort, and Energy Efficiency.*

Abstrak. Perubahan iklim global telah menjadi tantangan serius yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan termasuk dalam bidang arsitektur khususnya di daerah beriklim tropis. Peningkatan suhu lingkungan dan perubahan pola cuaca berdampak signifikan terhadap kenyamanan termal dan efisiensi energi bangunan. Artikel ini bertujuan untuk menjelaskan strategi penerapan prinsip arsitektur bioklimatik sebagai solusi desain yang responsif terhadap kondisi iklim lokal. Melalui analisis literatur sistematis, ditemukan bahwa desain arsitektur yang mempertimbangkan faktor-faktor iklim dapat meningkatkan kenyamanan bagi penghuni serta mengurangi ketergantungan pada sistem pendinginan dan pencahayaan buatan. Artikel ini juga membahas berbagai strategi penerapan prinsip bioklimatik, seperti penempatan core orientasi bangunan, bukaan jendela, balkon, ruang transisional, desain dinding, hubungan lanskap, alat bayang pasif, dan penyekat panas pada lantai dimana dengan menerapkan strategi tersebut dapat membantu menciptakan bangunan yang lebih berkelanjutan dan hemat energi. Oleh karena itu, penerapan arsitektur bioklimatik sangat penting untuk menciptakan bangunan yang dapat beradaptasi dengan baik dan efisien di daerah tropis.

Kata kunci: Arsitektur, Bioklimatik, Tropis, Kenyamanan Termal, dan Efisiensi Energi.

1. LATAR BELAKANG

Perubahan iklim global merupakan tantangan serius yang sangat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan termasuk perkembangan arsitektur, khususnya di daerah tropis. Fenomena ini ditandai dengan meningkatnya suhu, perubahan pola curah hujan, dan frekuensi bencana alam yang semakin tinggi. Kenaikan suhu akibat perubahan iklim membawa dampak besar pada kenyamanan, aktivitas, dan produktivitas manusia sebagai penghuni dan pengguna bangunan. Selain itu dampak dari perubahan iklim ini secara tidak langsung mempengaruhi desain dan konstruksi bangunan yang ada, sehingga mendorong

kebutuhan akan solusi inovatif untuk dapat menciptakan desain dan konstruksi bangunan yang lebih ramah iklim.

Salah satu masalah utama yang dihadapi dalam arsitektur terutama dalam desain dan konstruksi bangunan di daerah tropis adalah ketidakmampuan banyak bangunan untuk memberikan kenyamanan termal dan Defisiensi energi yang optimal. Banyak bangunan modern masih bergantung pada sistem pendinginan dan penerangan buatan. Ketergantungan ini tidak hanya meningkatkan konsumsi energi, tetapi juga mengurangi kenyamanan bagi pengguna bangunan. Menurut Karyono (2000), ada tiga syarat yang harus dipenuhi oleh suatu bangunan yang baik: (1) Bangunan tersebut harus merupakan produk dari seni; (2) bangunan harus mampu menghadirkan kenyamanan fisik dan psikologis bagi penghuninya; dan (3) bangunan harus dirancang dengan efisiensi energi yang tinggi. Desain arsitektur yang mampu memberikan kenyamanan dan hemat energi merupakan upaya untuk menyeimbangkan kebutuhan hidup manusia dengan konservasi lingkungan (Karyono, 2000).

Terjadinya fenomena dan dampak yang timbul akibat perubahan iklim global menumbuhkan kesadaran akan pentingnya desain arsitektur yang berbasis dan selaras dengan kondisi dan karakteristik iklim setempat. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian arsitektur yang sesuai untuk daerah beriklim tropis, yaitu dengan menerapkan prinsip desain Arsitektur Bioklimatik. Dengan fokus pada lingkungan iklim setempat, Arsitektur Bioklimatik dapat memberikan perspektif baru bagi arsitek dalam mencari solusi desain yang tepat. Pendekatan ini hadir sebagai alternatif dalam merancang dan menata bangunan, baik dalam skala tunggal maupun kawasan, untuk menjawab berbagai permasalahan yang muncul dalam iklim mikro di lingkungan tersebut.

Terdapat empat alasan mengapa penting untuk menggunakan prinsip desain arsitektur bioklimatik: (1) Perubahan variabel iklim yang terjadi membuat manusia perlu beradaptasi terhadap kondisi iklim yang ada; (2) Peluang beradaptasi dengan iklim yang ada dengan menerapkan metode bangunan yang lebih efektif, yaitu pendingin pasif; (3) Pendingin udara menjadi salah satu faktor perubahan iklim dimana jumlah bahan bakar yang dikonsumsi tidak seimbang dengan jumlah bahan bakar yang tersedia; (4) Penting untuk menciptakan strategi pendekatan sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan lingkungan (Hyde, 2012b).

Dengan demikian, penerapan prinsip arsitektur bioklimatik pada bangunan di daerah tropis sangat relevan, karena pendekatan ini menawarkan solusi yang dapat membantu mengatasi tantangan yang ada. Artikel ini bertujuan untuk memahami, mendeskripsikan, dan menjelaskan bagaimana strategi penerapan prinsip arsitektur bioklimatik dalam mengoptimalkan kinerja bangunan di kawasan beriklim tropis. Dengan melakukan analisis

terhadap prinsip-prinsip arsitektur bioklimatik diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman dan penerapan arsitektur bioklimatik di kawasan tropis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Analisis Literatur Sistematis (*Systematic Literature Analysis*) untuk memahami dasar teoritis arsitektur bioklimatik. Metode ini bertujuan untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan menganalisis informasi ilmiah yang relevan, sehingga dapat ditemukan fakta dan bukti terkait topik yang dibahas. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat mengidentifikasi berbagai sumber informasi mengenai penerapan prinsip-prinsip arsitektur bioklimatik, serta memahami perspektif dan temuan sebelumnya. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan prinsip arsitektur bioklimatik terhadap kinerja bangunan di daerah beriklim tropis. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai efektivitas strategi arsitektur bioklimatik dalam meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi bangunan, serta berkontribusi pada pengembangan arsitektur yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap kondisi iklim setempat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Arsitektur dan Iklim

Arsitektur dan iklim merupakan satu kesatuan yang penting dalam membangun sebuah konsep arsitektur bioklimatik. Konsep ini mengedepankan integrasi antara desain arsitektur dan kondisi iklim, sehingga arsitek harus mempertimbangkan iklim sebagai faktor utama yang tidak dapat dipisahkan dari proses perancangan. Penggunaan prinsip arsitektur bioklimatik bertujuan untuk mencapai kenyamanan ruang dan bangunan dengan memperhatikan iklim sekitar. Menurut Olgyay (1963), desain arsitektur yang responsif terhadap iklim dipengaruhi oleh empat bidang utama yang saling berinteraksi, yaitu klimatologi, biologi, teknologi, dan arsitektur itu sendiri. Dalam konteks ini manusia berperan sebagai seorang arsitek yang merancang rumah untuk memenuhi kebutuhan biologisnya. Arsitektur yang responsif terhadap iklim memerlukan penyesuaian desain yang selaras dengan kondisi iklim di suatu daerah, sehingga menciptakan ruang yang nyaman bagi penghuninya.

Diketahui bahwa iklim memiliki dampak signifikan terhadap arsitektur di seluruh dunia dan di semua periode waktu. Hubungan antara iklim di dalam dan di luar ruangan sangat bergantung pada desain arsitektur dan struktur bangunan. Desain

bangunan yang tepat dapat mengatur iklim dalam ruangan yang dapat memenuhi kebutuhan kenyamanan manusia. Olgyay (1963) juga mengidentifikasi enam faktor desain yang selaras dengan penerapan arsitektur berbasis iklim, yaitu: pemilihan lokasi, orientasi terhadap matahari, perencanaan shading, bentuk rumah dan bangunan, pengelolaan sirkulasi udara (angin dan ventilasi), serta pengaturan suhu ruangan. Semua elemen ini bekerja bersama untuk menciptakan balanced shelter dalam desain arsitektur (Olgyay, 2015).

Iklim Tropis

Iklim menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi manusia, bangunan, dan lingkungan di seluruh dunia. Di antara berbagai jenis iklim, iklim tropis merupakan salah satu yang khas. Berdasarkan pembagian geografis, wilayah beriklim tropis menerima sekitar 40% sinar dan panas matahari secara vertikal sepanjang siang hari. Hal itu dipengaruhi oleh letak geografis iklim tropis yang berada di wilayah antara 23,5 ° LS dan 23,5 °LU yang dibatasi oleh garis The topic of Capricorn dan The Tropic of Cancer. Ciri khas utama dari daerah yang beriklim tropis meliputi intensitas sinar matahari yang tinggi sehingga radiasi termal pada bangunan terasa signifikan.

Iklim tropis dapat dibagi menjadi dua kategori utama: iklim tropis basah (*Warm Humid Climate Zones*) dan iklim tropis kering (*Hot-Dry/Arid Climate Zones*). Negara-negara beriklim tropis kering ditandai dengan karakteristik yaitu ingginya radiasi matahari, curah hujan yang minim, perbedaan suhu udara yang ekstrem, dan kelembaban yang berada di bawah 50%, yang sebagian besar merupakan kawasan gurun atau sabana. Sebaliknya, negara-negara dengan iklim tropis basah memiliki tingkat kelembaban dan curah hujan yang tinggi, serta variasi suhu udara rata-rata yang berkisar antara 20 hingga 30 derajat celsius, dengan banyaknya kawasan hutan hijau.

Indonesia adalah salah satu negara kepulauan di dunia yang terletak di kawasan tropis. Iklim tropis memiliki banyak karakteristik musim yang berbeda begitu juga dengan karakteristik iklim tropis di Negara Indonesia. Karakteristik iklim tropis di Negara Indonesia ditandai dengan musim hujan dan musim kemarau yang dipengaruhi oleh sistem monsun serta pergerakan angin yang kompleks. Karakteristik iklim tropis, yang ditandai dengan suhu yang hangat dan kelembaban yang tinggi, menciptakan tantangan dan peluang bagi perancang bangunan.

Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang iklim tropis sangat penting agar para arsitek dapat merespons tantangan dan masalah yang ada dalam desain

bangunan. Dengan memahami karakteristik iklim ini, arsitek dapat merancang bangunan yang tidak hanya nyaman dan efisien, tetapi juga berkelanjutan dan responsif terhadap kondisi lingkungan setempat. Hal ini menjadi kunci dalam menciptakan ruang yang harmonis antara manusia dan alam, serta mendukung kualitas hidup yang lebih baik bagi penghuninya.

Arsitektur Bioklimatik

Bioklimatik berasal dari istilah "bioclimatology," yaitu ilmu yang mempelajari hubungan antara iklim dan manusia. Dalam konteks arsitektur, bioklimatik berarti seni merancang bangunan yang hemat energi dengan mempertimbangkan iklim setempat (Yeang, 1994 dalam (Megawati & Akromusyuhada, 2019)). Yeang (1994) memaparkan bahwa "*Bioclimatology is the study of the relationship between climate and life, particularly the effect of climate on the health of activity of living things*". Desain bioklimatik mengintegrasikan keberlanjutan, kesadaran lingkungan, dan karakteristik alami dari tapak bangunan, serta mempertimbangkan iklim mikro dan topografi. Tujuan utama arsitektur bioklimatik adalah memperhatikan sinergi antara bangunan dan iklim untuk dapat memaksimalkan manfaat yang ada di lingkungan dan meminimalkan risiko buruk yang mungkin muncul.

Arsitektur bioklimatik mulai berkembang sejak tahun 1990-an sebagai bagian dari arsitektur modern yang dipengaruhi oleh iklim. Menurut Ingrid, arsitektur bioklimatik mencerminkan kembali karya Frank Lloyd Wright, yang dikenal dengan pendekatannya terhadap alam dan lingkungan. Prinsip utama dari Lloyd Wright adalah bahwa seni membangun tidak hanya berfokus pada efisiensi, tetapi juga pada ketenangan, keselarasan, kebijaksanaan, serta kekuatan bangunan yang sesuai dengan fungsinya (Ingrid A.G Tumimomor & Hanny Poli, 2011). Konsep ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Olgyay pada periode 1950-1960-an, yang mengintegrasikan fisiologi manusia, klimatologi, dan fisika bangunan untuk menciptakan desain bioklimatik yang berkelanjutan (Hyde, 2012a).

Secara historis, arsitektur bioklimatik merupakan evolusi dari "arsitektur vernakular," yang berbasis pada empirisme dan mengacu pada aturan leluhur tentang bangunan yang sesuai dengan lingkungan setempat. Arsitektur vernakular adalah jenis arsitektur tradisional yang mencerminkan keselarasan dengan alam dan sosial di tempat bangunan tersebut didirikan. Ketiadaan teknologi modern seperti pendingin udara dan pencahayaan buatan pada masa lalu mendorong arsitektur bioklimatik untuk

mengoptimalkan efisiensi bangunan dengan memanfaatkan bahan-bahan local (Cruz et al, 2011 dalam (Habash, 2022)).

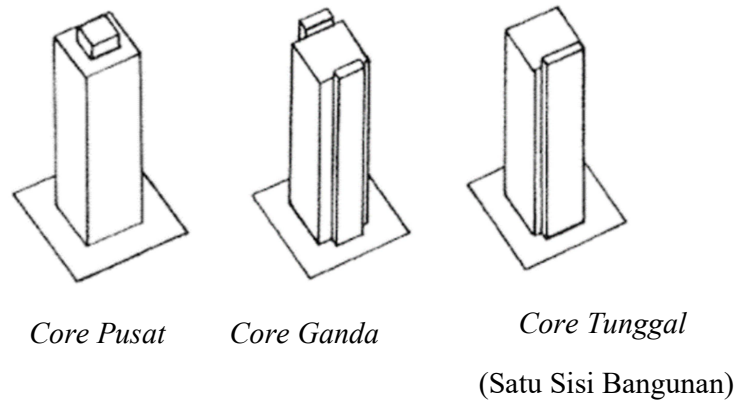
Dengan demikian, arsitektur bioklimatik dapat didefinisikan sebagai pendekatan desain yang mengutamakan keseimbangan antara arsitektur dan iklim. Desain bioklimatik bertujuan menciptakan kenyamanan termal dan visual dengan mengoptimalkan energi matahari serta memanfaatkan sumber daya alam lainnya. Konsep ini berfokus pada penggunaan sistem tenaga surya pasif yang mengandalkan elemen alami seperti matahari, air, angin, udara, tanaman, dan tanah untuk memenuhi kebutuhan pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan. Dalam penerapannya, desain bioklimatik memperhatikan tiga aspek utama: interaksi antara makhluk hidup, kondisi iklim, serta bentuk dan material bangunan.

Oleh karena itu, penerapan prinsip bioklimatik dalam arsitektur sangat penting karena dapat mengurangi penggunaan energi selama pengoperasian bangunan. Tujuan utamanya adalah mengurangi ketergantungan pada sumber energi tidak terbarukan sekaligus memastikan kenyamanan termal bagi penghuni. Melalui arsitektur bioklimatik banyak hal yang dapat dipelajari dan diterapkan dengan baik terkait energi, lingkungan, dan siklus hidup bangunan, sehingga menciptakan ruang yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap kebutuhan manusia.

Strategi Penerapan Prinsip Arsitektur Bioklimatik Pada Bangunan Di Daerah Beriklim Tropis (Ken Yeang 1994)

Menurut (Yeang,1994) arsitektur bioklimatik adalah ilmu yang mempelajari bagaimana hubungan antara kehidupan dan iklim, khususnya mempelajari bagaimana sebuah iklim dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan aktivitasnya sehari-hari. Dalam konteks ini, prinsip-prinsip desain arsitektur bioklimatik berfungsi sebagai panduan untuk menciptakan bangunan yang responsif terhadap kondisi iklim setempat. Kenneth Yeang mengemukakan sembilan strategi penerapan desain yang sangat relevan, antara lain: 1) Penempatan Core, 2) Penentuan Orientasi, 3) Penempatan Bukaannya Jendela, 4) Penggunaan Balkon, 5) Penentuan Ruang Transisional, 6) Desain Dinding, 7) Hubungan Lanskap, 8) Penggunaan Alat Bayang Pasif, 9) Penyekat Panas Pada Lantai. Dengan mengintegrasikan semua prinsip ini, arsitektur bioklimatik tidak hanya berfokus pada aspek estetika, tetapi juga berupaya menciptakan lingkungan yang nyaman dan hemat energi, khususnya di daerah tropis. Oleh karena itu, pemahaman dan penerapan prinsip-prinsip ini sangat penting dalam merancang bangunan yang tidak

hanya ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kualitas hidup penghuninya. Penjelasan lebih lanjut mengenai sembilan prinsip tersebut sebagai berikut:



Gambar 1. Penempatan Core

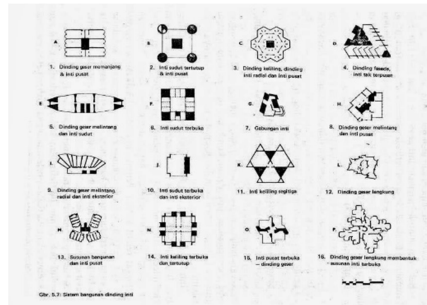
(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Penempatan Core

Posisi service core dalam perancangan bangunan tingkat tinggi sangatlah krusial, bukan hanya sebagai elemen struktural tetapi juga berperan penting dalam menciptakan kenyamanan termal. Core yang sering kali diidentifikasi sebagai pusat layanan atau inti bangunan biasanya mencakup elemen-elemen sirkulasi vertikal seperti tangga, lift, serta jalur layanan (ducting dan instalasi mekanis-elektrikal). Core sendiri tidak hanya berfungsi sebagai komponen struktural namun juga mempengaruhi kenyamanan termal secara signifikan. Di daerah tropis yang memiliki suhu dan kelembaban tinggi, penempatan core yang strategis dapat membantu menjaga suhu internal tetap stabil, sehingga mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara buatan.

Pada core ganda, salah satu strategi yang efektif adalah dengan meletakkan core pada sisi timur dan barat bangunan. Penempatan ini berfungsi sebagai zona buffer yang dapat menghalangi sinar matahari langsung dan mengurangi panas yang masuk ke dalam ruangan. Dengan cara ini, core tidak hanya melindungi ruang interior dari panas eksternal, tetapi juga menciptakan lingkungan yang nyaman tanpa perlu menggunakan pendingin udara secara berlebihan. Dengan strategi tersebut suhu di dalam ruangan tetap stabil meskipun cuaca panas, menjadikan bangunan lebih ramah lingkungan dan

efisien dalam penggunaan energi. Dengan penerapan strategi ini, desain bangunan tidak hanya berfokus pada estetika, tetapi juga pada kenyamanan dan keberlanjutan.



Gambar 2. Macam-macam Struktur Core

(Sumber: Google_Schueller, 1989)

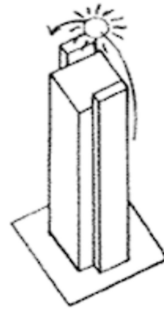
Pada gambar diatas menunjukkan berbagai contoh bentuk core pada bangunan, Penempatan core dalam bangunan tinggi sangat penting dan posisi idealnya adalah di pusat (titik berat) bangunan yang berfungsi sebagai struktur utama. Dengan menempatkan core di titik berat, efisiensi dalam memenuhi kebutuhan utilitas ruangan dapat meningkat sekaligus memperkuat sistem struktur keseluruhan. Core dapat dikelompokkan berdasarkan kuantitas, bentuk, dan penempatan, baik itu berbentuk terbuka atau tertutup, serta bisa terdiri dari satu atau lebih core sesuai dengan desain bangunan.

Setiap jenis penempatan core memiliki karakteristik yang berbeda terutama pada bangunan di iklim tropis. Misalnya, core yang terletak di tengah seperti yang terlihat pada gambar A, B, C, dan H, sangat efektif untuk mengatur sirkulasi vertikal seperti tangga, lift, dan ruang mekanis. Posisi ini juga melindungi ruang inti dari paparan langsung sinar matahari, sehingga membantu mengurangi beban panas dan menjaga suhu di dalam gedung tetap stabil sehingga dapat mengurangi kebutuhan pendinginan tambahan (AC).

Di sisi lain, core yang diletakkan di luar atau di sudut bangunan, seperti pada gambar F, J, N, dan O, menawarkan keuntungan tersendiri. Penempatan core diluar sering digunakan untuk menciptakan ruang interior yang lebih terbuka dan memaksimalkan pemandangan luar. Dalam konteks iklim tropis, core di sudut dapat berfungsi sebagai pelindung termal dengan menahan radiasi matahari langsung terutama pada sisi timur dan barat. Selain itu, posisi ini juga mendukung ventilasi silang yang memaksimalkan sirkulasi udara dan menciptakan kenyamanan termal di dalam

bangunan. Dengan demikian, pemilihan dan penempatan core yang tepat sangat berkontribusi pada kenyamanan dan efisiensi energi dalam desain bangunan.

Penentuan Orientasi

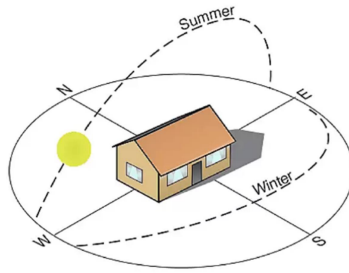


Gambar 3. Menentukan Arah Orientasi

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Menurut Kenneth Yeang, penentuan orientasi bangunan adalah salah satu aspek krusial dalam desain arsitektur bioklimatik. Hal ini sangat penting, terutama bagi bangunan bertingkat tinggi yang terpapar langsung oleh panas dan sinar matahari. Orientasi yang tepat tidak hanya berpengaruh pada kenyamanan termal di dalam bangunan, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Dengan mengatur orientasi bangunan, kita dapat meminimalkan dampak panas matahari langsung dan memaksimalkan ventilasi alami. Ini menjadikan orientasi sebagai elemen penting dalam menciptakan bangunan yang tidak hanya estetik tetapi juga ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan energi.

Dalam konteks bangunan tropis, di mana cuaca cenderung panas dan lembab sepanjang tahun maka penempatan dan orientasi yang ideal adalah memanjang ke arah timur dan barat dengan bukaan yang menghadap ke utara dan selatan. Dengan memahami jalur pergerakan matahari sepanjang tahun, desain bangunan dapat dioptimalkan untuk mengurangi paparan langsung sinar matahari pada dinding atau jendela yang menghadap ke barat dan timur. Orientasi yang menghindari dinding utama atau jendela besar di sisi barat sangat efektif dalam mengurangi panas berlebih pada sore hari, saat sinar matahari paling kuat. Untuk itu, permukaan pada sisi timur dan barat sebaiknya dibuat lebih kecil agar dampak panas dapat diminimalkan.

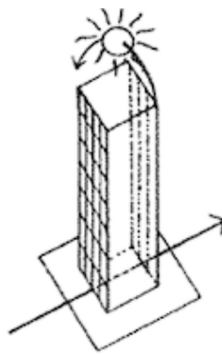


Gambar 4. Ilustrasi Arah Orientasi Bangunan

(Sumber: Google)

Sebaliknya, pada sisi utara dan selatan penempatan untuk jendela besar atau area terbuka lebih ideal karena sinar matahari di kedua sisi ini lebih stabil dan tidak seintensif sisi timur atau barat. Dengan orientasi yang tepat, bangunan dapat memanfaatkan angin dari arah dominan sehingga memungkinkan angin sejuk masuk dan mengeluarkan udara panas yang dapat menciptakan kenyamanan termal tanpa bergantung pada sistem pendingin buatan. Desain ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan bagi penghuninya, tetapi juga berkontribusi pada penghematan energi dan pengurangan jejak karbon serta menjadikan bangunan lebih ramah lingkungan.

Penempatan Bukaan Jendela



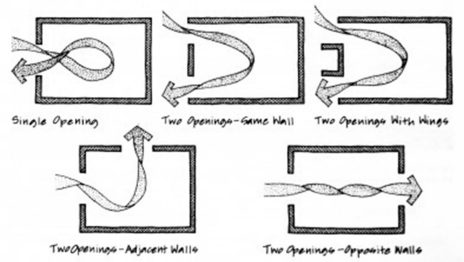
Gambar 5. Arah Bukaan Jendela

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Yeang mengemukakan bahwa jendela yang menghadap utara dan selatan merupakan pilihan terbaik untuk mendapatkan orientasi pandangan dan penghawaan yang optimal. Di daerah tropis yang panas dan lembab, jendela tidak hanya berfungsi sebagai akses cahaya tetapi juga sebagai jalur masuk dan keluar udara untuk memastikan aliran udara yang optimal. Penempatan bukaan jendela sangat penting dalam mengatur ventilasi dan pencahayaan alami, sekaligus mengurangi panas berlebih. Salah satu strategi yang efektif adalah penerapan ventilasi silang (cross ventilation) di

mana bukaan ditempatkan secara berhadapan atau pada posisi strategis untuk memaksimalkan pergerakan angin alami melalui ruang-ruang dalam bangunan.

Dalam konteks ini, penggunaan kaca dengan sistem Metrical Bioclimatic Window (MBW) untuk jendela sangat relevan di zaman sekarang. Sistem ini dirancang khusus untuk mengatur kondisi termal ruangan yang berfungsi sebagai elemen ventilasi, perlindungan dari sinar matahari, penerangan alami, serta memberikan area visualisasi dan kebebasan pribadi. Dengan menerapkan kaca MBW pencahayaan dalam ruangan dapat dimaksimalkan, dan udara malam hari menjadi lebih sejuk.

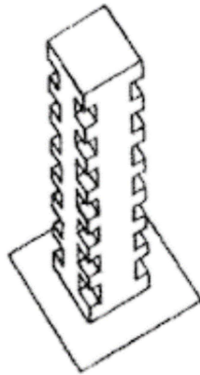


Gambar 6. Ilustrasi Cross Ventilation

(Sumber: Google)

Pada gambar diatas, berbagai bentuk ventilasi ini mendorong udara dari bukaan di satu sisi bangunan ke yang lain. Ventilasi angin merupakan metode pendinginan dan ventilasi pasif yang paling sederhana, umum, dan terjangkau. Bentuk ventilasi ini mendorong udara dari satu bukaan di sisi bangunan ke sisi lainnya sehingga menciptakan aliran udara yang nyaman. Keberhasilan ventilasi angin ditentukan oleh kenyamanan termal yang tinggi dan ketersediaan udara segar serta dapat meminimalkan penggunaan energi untuk sistem pendinginan dan ventilasi HVAC aktif. Seperti yang diungkapkan, *“Wind ventilation also delivers on all three drivers of ventilation: maintaining minimum air quality, removing heat and other pollutants and facilitating air movement to enhance thermal comfort”*.

Dengan demikian, penempatan bukaan jendela yang tepat dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas udara dalam ruangan dan mendukung keberlanjutan energi. Dengan mengoptimalkan ventilasi alami, bangunan dapat secara signifikan mengurangi konsumsi energi terutama untuk pendingin udara buatan. Penerapan prinsip ini sejalan dengan gagasan Yeang tentang desain yang harmonis dengan ekosistem dan iklim setempat yang menjadikan bangunan tersebut sebagai bagian dari solusi ekologis yang lebih luas dan tidak hanya bergantung pada teknologi konvensional.



Gambar 7. Penggunaan Balkon

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Penggunaan Balkon

Balkon berfungsi sebagai elemen transisi yang efektif antara ruang dalam dan luar yang membantu meminimalkan paparan panas langsung pada dinding dan jendela. Dengan adanya balkon, fasad bangunan mendapatkan perlindungan tambahan dari sinar matahari terutama pada sisi yang terpapar intensitas tinggi seperti sisi timur dan barat. Hal ini tidak hanya mengurangi panas berlebih yang masuk ke dalam bangunan tetapi juga mengurangi beban kerja sistem pendingin buatan sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, penggunaan balkon dapat memberikan tampilan yang lebih rapi dan luas pada bangunan, menjadikannya lebih menarik secara visual.

Di daerah tropis, balkon juga berperan penting dalam meningkatkan ventilasi silang dengan memungkinkan sirkulasi udara yang lebih baik di sekitar bangunan. Ruang semi-terbuka ini berfungsi sebagai zona buffer yang membantu mendinginkan udara sebelum memasuki interior, sehingga meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan. Dengan adanya balkon, udara panas dapat dialihkan keluar sementara udara segar dapat masuk, menciptakan suasana yang nyaman. Fenomena ini dikenal sebagai prinsip stack effect, dimana perbedaan tekanan udara antara dalam dan luar bangunan memungkinkan aliran udara yang optimal.

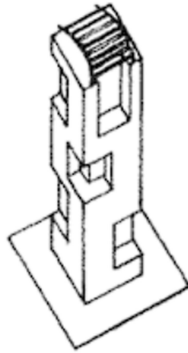


Gambar 8. *Ilustrasi Balkon*

(Sumber: Pinterest)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa, balkon tidak hanya berfungsi sebagai ruang transisi tetapi juga sebagai lahan untuk menanam tanaman alami maupun buatan yang dapat berperan sebagai peneduh pasif. Vegetasi di balkon mampu menyerap sebagian panas matahari sehingga membantu menurunkan suhu udara sebelum masuk ke dalam bangunan. Dengan menerapkan teknik continuous planting spiraling up, tanaman dapat mengubah panas matahari menjadi udara yang lebih sejuk melalui aliran angin yang melewati balkon. Hal ini menciptakan lingkungan mikro yang lebih sehat dan nyaman bagi penghuni.

Dengan demikian, penggunaan balkon tidak hanya sebagai fitur estetika, tetapi juga sebagai solusi praktis dalam meningkatkan kenyamanan termal dan mendukung penciptaan ruang yang lebih sehat dan hemat energi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip desain berkelanjutan dan efisiensi energi bangunan di iklim tropis. Dengan menggabungkan balkon dan vegetasi, bangunan dapat berinteraksi secara harmonis dengan lingkungan sekitarnya sehingga dapat menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk dan nyaman serta memberikan manfaat jangka panjang bagi penghuni dan ekosistem.



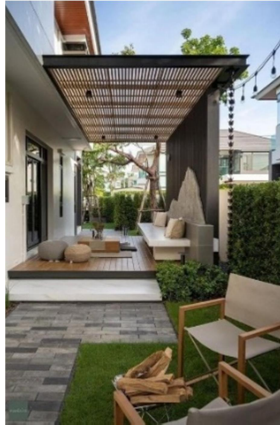
Gambar 9. Penentuan Ruang Transional

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Penentuan Ruang Transional

Menurut Yeang, ruang transisional adalah elemen penting dalam desain bangunan, berfungsi sebagai perantara antara ruang dalam dan luar. Ruang ini dapat berupa teras, koridor terbuka, atrium, atau sky garden, yang semuanya berfungsi sebagai zona penyangga. Dengan adanya ruang transisional ini, perubahan suhu yang drastis dapat diminimalkan sehingga mencegah panas atau kelembaban dari lingkungan luar langsung memasuki bagian dalam bangunan. Fungsi ruang transisional tidak hanya meningkatkan kenyamanan termal tetapi juga menciptakan pengalaman ruang yang lebih menarik bagi penghuni. Dengan mengintegrasikan elemen-elemen alami dan terbuka, ruang-ruang ini dapat mengoptimalkan sirkulasi udara dan pencahayaan alami sehingga menjadikan bangunan lebih efisien dan ramah lingkungan.

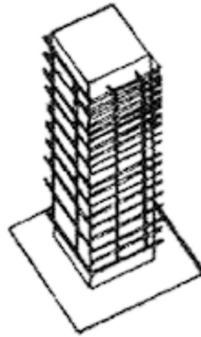
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa, implementasi ruang transisional pada bangunan di daerah tropis sangat efektif dalam menyaring udara panas sebelum masuk ke dalam ruangan sehingga menjaga suhu tetap sejuk secara alami. Penempatan teras di sisi yang terpapar panas tinggi dapat dilengkapi dengan panel anti panas merupakan strategi cerdas untuk mengurangi masuknya sinar matahari ke dalam ruangan. Penggunaan teras sebagai zona transisional ini mendukung aliran udara yang lebih baik, meningkatkan ventilasi alami, dan mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin buatan.



Gambar 10. *Ilustrasi Teras Sebagai Ruang Transional*

(Sumber: Google)

Selain itu, penambahan vegetasi seperti taman vertikal atau area hijau terbuka dapat berfungsi sebagai peneduh alami sekaligus meningkatkan kualitas udara di sekitar bangunan. Keberadaan ruang transisional ini tidak hanya menciptakan pengalaman ruang yang lebih nyaman bagi penghuni tetapi juga berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi dan memperkuat hubungan antara bangunan dan lingkungan sekitarnya. Dengan pendekatan ini, arsitektur dapat lebih harmonis dengan iklim tropis dengan menghasilkan ruang yang lebih berkelanjutan dan menyenangkan untuk dihuni.



Gambar 11. *Desain Pada Dinding*

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Desain Dinding

Desain pada dinding pada dasarnya adalah berfungsi sebagai lapisan yang mempercantik sekaligus melapisi permukaan luar bangunan. Desain dinding berfungsi sebagai elemen kunci untuk mengatur aliran panas, kelembaban, dan pencahayaan alami, sekaligus menjaga efisiensi energi. Dinding harus dirancang untuk menahan

berbagai kondisi cuaca; pada musim panas dinding perlu menghalangi panas matahari, sementara pada musim dingin dinding harus mampu menahan dinginnya suhu. Pada iklim tropis yang panas dan lembab, dinding tidak hanya berfungsi sebagai penutup, tetapi juga harus dirancang untuk meminimalkan penyerapan dan pelepasan panas. Untuk daerah beriklim tropis dinding luar sebaiknya dapat digerakkan untuk mengoptimalkan cross ventilation, sehingga menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan. Penggunaan material dinding dengan isolasi termal yang baik sangat penting untuk mengurangi efek radiasi matahari dan mencegah masuknya panas berlebih ke interior. Contoh material yang efektif adalah batu bata berlubang, beton ringan, atau panel dengan ventilasi, yang memungkinkan dinding berfungsi sebagai penyeimbang suhu alami.



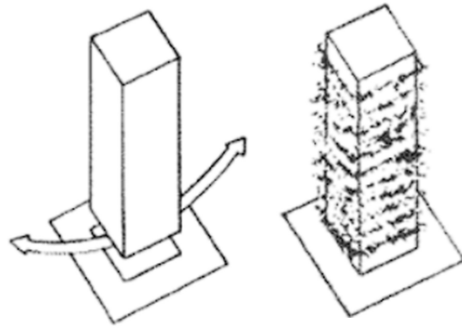
Gambar 12. *Ilustrasi Bata Ekspos pada Dinding*

(Sumber: Pinterest)

Desain dinding dengan bata ekspos di atas memungkinkan aliran udara alami masuk dan keluar bangunan, yang mendukung sirkulasi udara dan membantu menjaga suhu dalam ruangan tetap sejuk. Desain dinding yang baik juga harus mempertimbangkan elemen pembayangan pasif, seperti sirip penahan sinar matahari atau kisi-kisi, yang dapat mengurangi radiasi matahari langsung. Bukaan pada dinding tersebut berfungsi sebagai pengurang panas alami sebelum mencapai ruang interior dan juga cahaya alami dapat masuk melalui bukaan ini sehingga memberikan penerangan yang cukup pada siang hari.

Secara estetika, dinding bata ekspos menambahkan tekstur dan karakter yang alami, sejalan dengan konsep arsitektur bioklimatik yang memanfaatkan material alami dan pola ventilasi terbuka. Dengan pendekatan ini, dinding tidak hanya berfungsi

sebagai batas fisik, tetapi juga berperan aktif dalam menciptakan aliran udara yang nyaman dan pencahayaan alami di dalam ruangan.



Gambar 13. Hubungan Lanskap

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Hubungan Lanskap

Hubungan lanskap dengan bangunan di daerah beriklim tropis berperan penting dalam kenyamanan termal bangunan. Menurut Yeang, lantai dasar bangunan tropis idealnya dirancang terbuka ke arah luar dan memanfaatkan ventilasi alami. Hubungan antara lantai dasar dan jalan memiliki peran penting dalam menciptakan sirkulasi udara yang optimal. Kenneth Yeang juga menekankan bahwa penerapan atrium pada lantai dasar dapat memberikan manfaat ganda. Selain mengurangi kepadatan dan aktivitas jalan di luar bangunan, atrium menciptakan **ruang hijau** yang dapat diisi dengan vegetasi dan lanskap. Kehadiran elemen tumbuhan di dalam dan sekitar bangunan tidak hanya meningkatkan nilai estetika, tetapi juga memberikan manfaat ekologis yang penting. Vegetasi berfungsi sebagai peneduh alami yang efektif untuk membantu menurunkan suhu, meningkatkan kualitas udara, dan menciptakan lingkungan yang lebih nyaman serta sehat bagi para penghuni.

Vegetasi yang ditempatkan di atrium atau area terbuka lainnya berperan penting dalam penyerapan CO₂ dan pelepasan oksigen, yang mendukung kualitas udara dan kesehatan lingkungan. Kehadiran tanaman juga menciptakan iklim mikro yang lebih sejuk dan nyaman, yang berfungsi sebagai peneduh dan pengatur suhu sehingga membuat bangunan lebih sejuk dan mengurangi efek panas berlebih yang umum terjadi di iklim tropis. Menurut Yeang, konsep integrasi elemen biotik seperti tanaman dengan elemen abiotik bangunan mencerminkan hubungan harmonis antara arsitektur dan alam

yang menjadikan bangunan bukan hanya sebagai ruang hunian tetapi juga bagian dari ekosistem yang lebih luas.

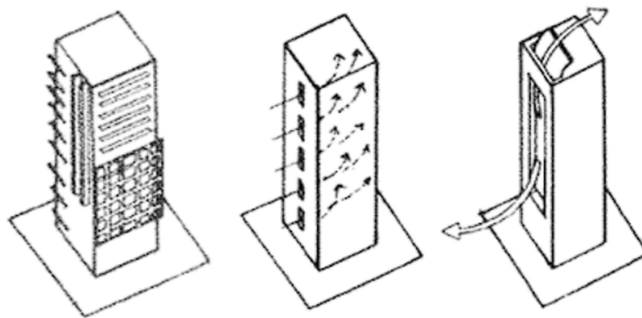


Gambar 14. *Ilustrasi Atrium dengan Vegetasi*

(Sumber: Pinterest)

Dari segi estetika, atrium yang dipenuhi vegetasi dapat menciptakan suasana segar dan alami, memberikan kesan ruang terbuka hijau yang mampu mengurangi stres sekaligus meningkatkan produktivitas dan kenyamanan mental penghuninya. Dengan demikian, desain lanskap yang dipadukan dengan ventilasi alami dan ruang atrium tidak hanya menghasilkan lingkungan yang nyaman dan estetis tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa arsitektur dapat selaras dengan alam, menciptakan ruang yang mendukung kesejahteraan penghuninya.

Penggunaan Alat Bayang Pasif



Gambar 15. *Alat Pembayang Pasif*

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Pembayang sinar matahari adalah teknik memanfaatkan dinding bangunan untuk menghalau dan membiaskan sinar matahari langsung. Dengan posisi dinding yang strategis, sinar matahari dapat dikendalikan untuk menciptakan bayangan yang nyaman dan melindungi area tertentu dari paparan berlebih. Dalam arsitektur bioklimatik, penggunaan alat bayang pasif menurut Kenneth Yeang berperan penting untuk mengendalikan paparan sinar matahari dan mengurangi panas yang masuk ke bangunan di iklim tropis. Penggunaan alat bayang pasif seperti kanopi, louvers, brise-soleil, dan tirai vertikal dirancang untuk meminimalkan radiasi langsung matahari tanpa menghalangi aliran udara dan cahaya alami. Alat ini biasanya dipasang di sisi timur dan barat, dirancang untuk meminimalkan radiasi langsung tanpa menghalangi aliran udara dan cahaya alami.

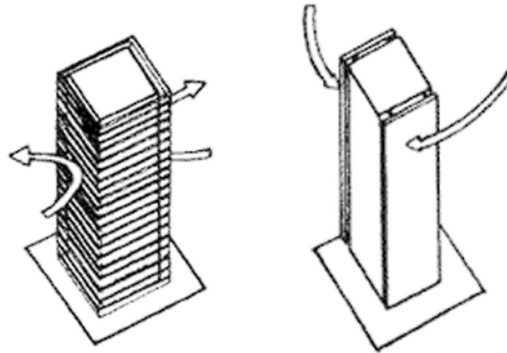
Seperti louvers yang dapat diterapkan pada secondary skin bangunan atau sebagai lapisan tambahan pada fasad yang penempatannya dapat disesuaikan untuk mengontrol intensitas cahaya yang masuk sepanjang hari. Dengan cara ini maka ruangan tetap terang tanpa memerlukan pencahayaan buatan yang berlebihan. Selain itu, alat bayang ini mendukung ventilasi silang dengan tidak menghambat aliran udara, menciptakan lingkungan yang lebih sejuk dan sehat bagi penghuninya.



Gambar 16. *Ilustrasi Louvers dengan Vegetasi Screen*

(Sumber: Pinterest)

Alat bayang pasif juga dapat berupa vegetatif screen, yaitu penanaman tanaman di sekitar bangunan yang berfungsi sebagai filter sinar matahari. Seperti pada gambar diatas, kombinasi penggunaan louvers dengan vegetatif screen ini tidak hanya memaksimalkan fungsi bayangan, tetapi juga menambah nilai estetika pada bangunan. Penerapan vegetative screen juga dapat meningkatkan kinerja isolasi panas, mengurangi transfer panas melalui permukaan bangunan, dan meningkatkan aliran udara yang lebih baik melalui louvers. Tanaman yang terdapat di vegetative screen tidak hanya mempercantik tampilan, tetapi juga dapat melakukan fotosintesis yang membantu menyerap CO₂ dan polusi, dan dapat melepaskan O₂, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sehat bagi penghuni.



Gambar 17. *Penyekat Panas Pada Lantai*

(Sumber: Yeang 1994, 2022)

Penyekat Panas Pada Lantai

Kenneth Yeang mengklaim bahwa isolator panas yang tinggi dapat diatasi dengan penggunaan secondary skin (kulit kedua) pada bangunan. Dengan menerapkan lapisan tambahan ini, pertukaran panas antara sinar matahari dan udara dingin di dalam bangunan dapat diminimalkan, menciptakan kenyamanan termal yang lebih baik. Karakteristik thermal insulation dibagi menjadi lima kategori utama berdasarkan komposisinya, yaitu: 1) Serpihan (*Flake*), 2) Berserabut (*Fibrous*), 3) Butiran-butiran (*Granular*), 4) Sel (*Cellular*), dan 5) Memantulkan (*Reflective*). Setiap jenis isolator memiliki keunggulan tersendiri dalam mengendalikan suhu dan mengurangi konsumsi energi. Misalnya, material reflektif dapat memantulkan sinar matahari sementara material berserabut menawarkan kemampuan penyerapan suara yang baik. Dengan

memahami karakteristik ini, arsitek dapat merancang bangunan yang lebih efisien dan nyaman, sekaligus mengurangi dampak lingkungan.



Gambar 18. *Ilustrasi Penyekat Panas*

(Sumber: Pinterest)

Pada gambar diatas penyekat panas berfungsi untuk mengurangi transfer panas matahari ke dalam bangunan. Penggunaan secondary skin menjadi salah satu solusi efektif dalam hal ini karena dapat menyerap serta memantulkan panas dan cahaya matahari. Dengan desain secondary skin yang mencakup elemen solid dan void memiliki fungsinya masing-masing. Elemen solid (tertutup) berfungsi untuk mengurangi masuknya panas dan sinar matahari ke dalam ruangan, sehingga peletakannya dapat disesuaikan dengan area yang tidak memerlukan intensitas cahaya tinggi. Sebaliknya, bagian void (terbuka) yang dirancang untuk menerima pencahayaan dan penghawaan yang berasal dari luar gedung. Peletakan void dapat disesuaikan dengan kebutuhan ruangan yang memerlukan pencahayaan dan ventilasi yang lebih baik.

Dengan mengintegrasikan elemen kulit bangunan ini serta mempertimbangkan orientasi dan sirkulasi udara, arsitektur bioklimatik dapat menciptakan bangunan yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip keberlanjutan yang menjadi fokus Kenneth Yeang dalam desain bangunan tropis yaitu dapat menciptakan ruang yang nyaman dan efisien bagi penghuninya.

Dengan demikian prinsip-prinsip desain arsitektur bioklimatik Menurut Kenneth Yeang (1994), adalah menekankan dan mengajarkan pentingnya hubungan harmonis antara bangunan dan lingkungan sekitarnya, khususnya di daerah beriklim tropis. Setiap elemen dalam prinsip arsitektur bioklimatik seperti penempatan core, orientasi bangunan, bukaan jendela, balkon, ruang transisional, desain dinding, hubungan

lanskap, alat bayang pasif, dan penyekat panas dapat berkontribusi untuk menciptakan bangunan yang nyaman secara termal, hemat energi, dan ramah lingkungan.

Strategi penerapan prinsip-prinsip elemen arsitektur bioklimatik di iklim tropis dapat dilihat dalam kemampuan bangunan untuk memanfaatkan ventilasi dan pencahayaan alami sehingga mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin buatan dan dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan. Selain itu, integrasi lanskap dan vegetasi dalam memperkuat hubungan ekologis antara bangunan dan lingkungannya dapat bermanfaat untuk memperbaiki kualitas udara, dan menciptakan iklim mikro yang lebih sehat. Dengan penerapan desain berkelanjutan ini, bangunan tropis dapat mengurangi jejak karbon, meningkatkan kualitas hidup penghuninya, dan mendukung keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang.

Dengan demikian, strategi penerapan prinsip arsitektur bioklimatik tersebut dapat menciptakan bangunan cerdas berkelanjutan dan ramah lingkungan. Manfaat lain dari strategi tersebut adalah dapat menciptakan kenyamanan termal yang optimal bagi penghuninya sehingga menjamin terciptanya lingkungan hidup yang baik dan sehat bagi penghuninya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari strategi penerapan prinsip arsitektur bioklimatik menunjukkan bahwa sembilan elemen penting yang saling berkontribusi dapat menciptakan bangunan yang tidak hanya nyaman, tetapi juga efisien dan ramah lingkungan. Dengan memperhatikan penempatan core yang tepat, orientasi bangunan, bukaan jendela, balkon, desain dinding, ruang transional, hubungan lanskap, alat pembayang pasif dan penyekat panas pada lantai dapat dapat menciptakan bangunan yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup penghuninya dengan menghasilkan ruangan yang sejuk, segar, dan nyaman. Selain itu, arsitektur bioklimatik dapat memanfaatkan sumber daya alami seperti matahari dan angin yang dapat membantu mengurangi kebutuhan energi bangunan. Dengan menggabungkan semua elemen ini, arsitektur bioklimatik dapat menjadi bagian dari solusi untuk tantangan arsitektur dan lingkungan yang semakin meningkat di masa mendatang.

5. SARAN

Saran saya agar penerapan prinsip arsitektur bioklimatik di daerah beriklim tropis tidak hanya menjadi teori tetapi juga dapat diimplementasikan secara nyata dalam praktik desain bangunan. Penting bagi seorang arsitek untuk secara aktif mempertimbangkan faktor-faktor iklim lokal, seperti orientasi bangunan dan penggunaan vegetasi dalam menciptakan kenyamanan termal yang optimal tanpa bergantung pada sistem pendingin buatan. Selain itu, penggunaan material yang efisien dan penggunaan sistem energi terbarukan seperti panel surya dapat menjadi prioritas dalam mendesain. Edukasi dan kesadaran tentang pentingnya arsitektur berkelanjutan juga harus ditingkatkan di kalangan profesional dan masyarakat umum. Dengan langkah-langkah ini, kita tidak hanya dapat meningkatkan kualitas hidup penghuni tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan di tengah tantangan perubahan iklim global.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahri, M. F., & Satwikasari, A. F. (2023). Kajian konsep arsitektur bioklimatik pada bangunan Punggol Waterway Terrace, Singapura. *Agora: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 20(2), 192–203. <https://doi.org/10.25105/Agora.V20i2.13681>
- Habash, R. (2022). Building as an energy system. In *Sustainability and health in intelligent buildings* (pp. 59–94). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98826-1.00003-X>
- Hildayanti, A., & Wasilah. (2022). Pendekatan arsitektur bioklimatik sebagai bentuk adaptasi bangunan terhadap iklim. *Nature: National Academic Journal of Architecture*, 9(1), 29–41. <https://doi.org/10.24252/Nature.V9i1a3>
- Hyde, R. (2012a). Bioclimatic housing: Innovative design for warm climates. *Bioclimatic housing innovative designs for warm climates*. Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849770569>
- Hyde, R. (2012b). *Bioclimatic housing: Innovative designs for warm climates*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849770569>
- Inggrid, A. G. T., & Poli, H. (2011). Arsitektur bioklimatik. *Media Matrasain*, 8(1), 104–117. <https://doi.org/10.35793/Matrasain.V8i1.311>
- Karyono, T. H. (2000). Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta, Indonesia. *Building and Environment*, 35(1), 77–90. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(98\)00066-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(98)00066-3)
- Kurnia, Y., & Purwantiasning, A. W. (2022). Kajian konsep arsitektur bioklimatik pada bangunan hunian vertikal (Studi kasus Kampung Admiralty Singapura). *Prosiding Semnastek*, November, 1–10. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/Semnastek/article/view/14696>

- Maharani, M. R., & Prianto, E. (2021). Penerapan prinsip bioklimatik pada bangunan rumah tinggal. *Jurnal Arsitektur Kolaborasi*, 1(2), 28–35. <https://doi.org/10.54325/Kolaborasi.V1i2.10>
- Megawati, L. A., & Akromusyuhada, A. (2019). Bioclimatic architecture approach to energy efficient school building concepts. *Arsitektura*, 17(1), 77. <https://doi.org/10.20961/Arst.V17i1.24376>
- Olgay, V. (2015). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400873685>
- Suwarno, N., & Mada, U. G. (2020). Usaha arsitek membantu keseimbangan alam dengan unsur buatan. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 13. <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/Komposisi/article/view/3400>