

STUDI PENERAPAN KONSEP BIOFILIK DALAM DESAIN BANGUNAN

Afkar Garbiya Lidinillah^{1*}

¹ Universitas Komputer Indonesia, Jl. Dipati Ukur No.112-116, Lebakgede, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini mengkaji konsep-konsep desain biofilik dalam arsitektur, dengan fokus pada integrasi elemen-elemen alami seperti vegetasi, fitur air, pencahayaan alami, serta pola, tekstur, dan material yang terinspirasi oleh alam. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mendalami bagaimana penerapan prinsip-prinsip biofilik dapat meningkatkan kualitas estetika, kenyamanan, dan kesehatan ruang, serta mendukung kesejahteraan penghuninya. Melalui pendekatan biofilik, desain arsitektur tidak hanya berfokus pada fungsi ruang, tetapi juga berupaya menciptakan lingkungan yang lebih harmonis dan ramah terhadap alam. Metode penelitian ini menggunakan tinjauan pustaka dan studi kasus yang relevan dengan penerapan desain biofilik dalam berbagai proyek arsitektur. Studi kasus dipilih berdasarkan penerapan elemen-elemen alami yang signifikan dalam desain bangunan. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi dampak penerapan elemen-elemen tersebut terhadap fungsi bangunan, pengurangan dampak lingkungan, serta peningkatan kenyamanan penghuninya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain biofilik tidak hanya memperbaiki kualitas estetika dan fungsi ruang, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap kesejahteraan fisik, psikologis, dan emosional penghuninya. Integrasi elemen-elemen alami dalam desain arsitektur terbukti meningkatkan efisiensi energi, kualitas udara, serta kenyamanan termal dengan cara mengoptimalkan hubungan antara bangunan dan lingkungan sekitar. Selain itu, penerapan desain biofilik berkontribusi pada pengurangan jejak karbon bangunan dan mendukung prinsip keberlanjutan. Secara keseluruhan, hasil studi ini menegaskan pentingnya penerapan desain biofilik dalam arsitektur untuk menciptakan lingkungan binaan yang lebih sehat, nyaman, dan berkelanjutan.

ARTICLE INFO

*Corresponding Author

Afkar Garbiya Lidinillah
Universitas Komputer Indonesia
+6285790415717
afkargarbiyal064@gmail.com

Kata Kunci:

desain biofilik, elemen alam, keberlanjutan lingkungan, desain arsitektur, kesejahteraan

STUDY ON THE APPLICATION OF BIOPHILIC CONCEPTS IN BUILDING DESIGN

Abstract

This study examines the concepts of biophilic design in architecture, with a focus on the integration of natural elements such as vegetation, water features, natural lighting, as well as patterns, textures, and materials inspired by nature. The primary objective of this research is to explore how the application of biophilic principles can enhance the aesthetic quality, comfort, and health of spaces, while also supporting the well-being of their occupants. Through a biophilic approach, architectural design not only emphasizes spatial function but also aims to create a more harmonious and nature-friendly environment. The research method involves a literature review and case studies relevant to the application of biophilic design in various architectural projects. Case studies were selected based on the significant incorporation of natural elements in building design. The analysis assesses the impact of these elements on building functionality, environmental impact reduction, and the improvement of occupant comfort. The findings suggest that biophilic design not only enhances the aesthetic and functional quality of spaces but also positively affects the physical, psychological, and emotional well-being of occupants. The integration of natural elements in architectural design has been shown to improve energy efficiency, air quality, and thermal comfort by optimizing the relationship between the building and its surrounding environment. Furthermore, the application of biophilic design contributes to the reduction of the building's carbon footprint and supports sustainability principles. Overall, the results of this study emphasize the importance of incorporating biophilic design in architecture to create healthier, more comfortable, and sustainable built environments.

Keywords:

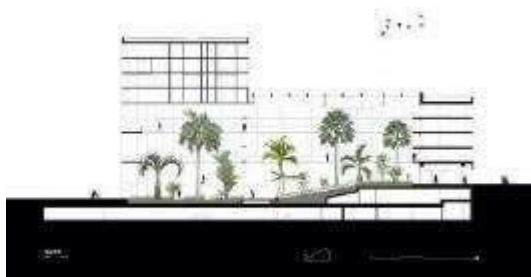
biophilic design, natural elements, environmental sustainability, architectural design, well-being

Pengantar

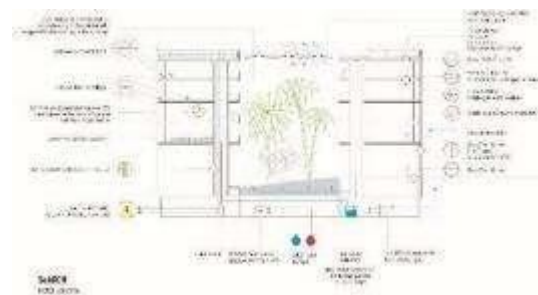
Hubungan antara arsitektur dan alam saling terkait dengan berbagai dampak, baik positif maupun negatif, yang mempengaruhi desain dan pembangunan sejak zaman klasik hingga modern. Hal ini menunjukkan bagaimana bangunan dibangun dengan mempertimbangkan faktor alam, seperti iklim, sumber daya air, serta potensi alam dan buatan di sekitarnya, untuk memenuhi kebutuhan manusia dan lingkungannya [1]. Paradigma ini terus berkembang hingga era modern, dengan berbagai inovasi yang memungkinkan manusia untuk hidup berdampingan dengan alam sebagai solusi terhadap permasalahan yang timbul akibat aktivitas manusia. Hal ini mendorong arsitek dan perencana kota untuk memperhatikan faktor ekologis dalam perencanaan pembangunan, baik pada skala mikro maupun makro [2]. Saat ini, semakin banyak perhatian diberikan terhadap menurunnya kualitas alam yang disebabkan oleh proses pembangunan yang dilakukan secara masif untuk memenuhi kebutuhan manusia [3]. Proses pembangunan ini diketahui berdampak pada penurunan 40% energi dan peningkatan emisi karbondioksida [4]. Dalam menghadapi tantangan ini, muncul solusi berupa konsep dan prinsip pembangunan yang memperhatikan berbagai dampak serta masalah yang mungkin timbul, dengan melakukan analisis yang melibatkan teknologi dan masyarakat sekitar sebagai bentuk penanggulangan, demi mencapai keberlanjutan dan kualitas lingkungan yang lebih baik [5]. Konsep-konsep ini terintegrasi dengan pemanfaatan alam untuk mendukung kehidupan manusia, seperti udara segar, sinar matahari, dan pepohonan, yang berkontribusi pada kesejahteraan hidup. Konsep ini menjadi dasar bagi desain biofilik [6].

Terdapat tiga elemen utama dalam konsep desain biofilik yang berfokus pada kesejahteraan hidup melalui hubungan antara alam dan lingkungan binaan. Elemen-elemen tersebut mencakup: (1) penggabungan alam, yang mencakup elemen-elemen seperti air, udara, cahaya, vegetasi, hewan, taman, iklim, dan musim; (2) inspirasi alam, yang melibatkan elemen bentuk dua dan tiga dimensi, pola, geometri, mekanisme, gambar, material, tekstur, dan warna; serta (3) interaksi alam, yang mencakup prospek dan perlindungan, kompleksitas dan keteraturan, daya tarik, hubungan dengan tempat, dan hubungan dengan ruang [7]. Prinsip-prinsip desain biofilik bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan fisik, emosional, dan kognitif manusia, melalui karakteristik lingkungan, bentuk alami, pola alamiah, ruang dan cahaya, serta hubungan yang berkelanjutan antara alam dan manusia [8].

Konsep desain biofilik juga memiliki tujuan terapeutik, yaitu untuk menyembuhkan dan memulihkan kondisi manusia dengan memanfaatkan elemen alamiah seperti pencahayaan dan vegetasi, serta elemen buatan yang merepresentasikan alam, seperti lukisan. Dampak positif dari desain biofilik terhadap kesejahteraan manusia terlihat pada contoh seperti yang tercermin dalam Gambar 1 dan 2, yang menunjukkan sebuah hotel di Amsterdam yang menerapkan konsep ini. Karena terletak di area perkotaan yang padat, bangunan tersebut mengintegrasikan ruang terbuka hijau di dalam bangunan sebagai koneksi visual utama. Tujuannya adalah untuk menciptakan lingkungan yang sehat secara psikologis dengan mengatur suhu, kelembapan, penghawaan, dan mengurangi penggunaan energi yang berlebihan [9]. Implementasi konsep alam pada ruang dalam ini merupakan respons terhadap dampak dari pembangunan yang masif. Penggunaan desain biofilik menjadi solusi utama untuk memastikan integrasi antara bangunan dan lingkungan, sekaligus menjaga dan merencanakan pembangunan yang berkelanjutan [10]. Oleh karena itu, penting untuk terus mengembangkan aplikasi konsep desain biofilik dengan tiga elemen utama, yaitu penggabungan alam, inspirasi alam, dan interaksi alam, yang dapat diintegrasikan dalam satu konsep desain yang mendukung perencanaan bangunan yang lebih efektif dan berkelanjutan.



Gambar 1. Ruang terbuka hijau di dalam bangunan hotel Jakarta di Amsterdam sebagai koneksi visual.
Sumber: www.archdaily.com



Gambar 2. Dampak penggunaan fitur alam pada penggunaannya dan sistem bangunan yang berkelanjutan.
Sumber: www.archdaily.com

Pencarian Studi Literatur

1. Faktor Pencetus Munculnya Ide mengenai Biofilik

Konsep biofilia pertama kali diperkenalkan oleh Erich Fromm, seorang psikolog dan filsuf Jerman, dalam bukunya *The Anatomy of Human Destructiveness* (1973) [11]. Fromm menggambarkan biofilia sebagai "cinta terhadap kehidupan dan makhluk hidup." Namun, ide ini menjadi lebih dikenal dan dikembangkan lebih lanjut dalam konteks arsitektur dan desain oleh Edward O. Wilson, seorang ahli biologi dan ekolog asal Amerika Serikat. Wilson mempopulerkan istilah ini melalui bukunya *Biophilia* (1984), di mana ia menjelaskan bahwa manusia memiliki kecenderungan bawaan untuk terhubung dengan alam dan makhluk hidup lainnya [12]. Ia mengaitkan konsep biofilia dengan hubungan evolusioner manusia dengan alam, yang berpengaruh pada kesejahteraan fisik dan psikologis kita.

Dalam dunia arsitektur dan desain, konsep desain biofilik kemudian dikembangkan oleh para pemikir seperti Stephen R. Kellert. Kellert, seorang profesor di Yale University, memimpin upaya untuk menerjemahkan prinsip biofilia menjadi panduan praktis dalam menciptakan ruang-ruang binaan yang terinspirasi dari alam. Ia menjelaskan konsep ini

secara rinci dalam bukunya *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life* (2008), yang memberikan dasar teoritis dan aplikasi praktis untuk desain biofilik [13].

Dengan kontribusi dari Fromm, Wilson, dan Kellert, desain biofilik kini menjadi pendekatan penting dalam upaya menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan. Dalam konteks perkembangan urbanisasi yang pesat, tantangan besar muncul dalam mempertahankan keseimbangan antara lingkungan binaan dan alam. Pertumbuhan pembangunan yang masif, ditambah tingginya penggunaan energi dalam proses konstruksi, berdampak signifikan terhadap penurunan kualitas lingkungan [12]. Dampak ini mencakup peningkatan emisi karbon, polusi udara, dan penurunan kualitas ekosistem secara keseluruhan. Isu utama yang dihadapi adalah bagaimana menciptakan lingkungan yang tidak hanya mendukung keberlanjutan ekologis, tetapi juga mampu meningkatkan kesejahteraan penghuninya, baik secara fisik maupun psikologis.

Desain biofilik muncul sebagai pendekatan yang menjanjikan, dengan tujuan mengintegrasikan elemen-elemen alam, seperti vegetasi, pencahayaan alami, dan sistem penghawaan alami, ke dalam lingkungan binaan. Konsep ini menawarkan potensi tidak hanya untuk memperbaiki estetika ruang, tetapi juga untuk menciptakan ruang yang lebih sehat, mendukung keseimbangan ekologi, dan ramah lingkungan. Desain biofilik memungkinkan penghuninya merasakan manfaat dari keberadaan elemen-elemen alam yang terbukti mampu menurunkan tingkat stres, meningkatkan produktivitas, serta memperbaiki kualitas udara dalam ruangan [13].

Isu mengenai desain biofilik muncul seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan ekologis dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh perkembangan urbanisasi yang tidak terkendali. Dalam konteks ini, desain biofilik menjadi solusi untuk meminimalkan dampak negatif pembangunan terhadap lingkungan, sekaligus meningkatkan kualitas hidup penghuninya. Selain itu, meningkatnya bukti ilmiah mengenai hubungan antara alam dan kesehatan mental manusia semakin mendorong adopsi prinsip biofilik dalam desain bangunan dan ruang publik.

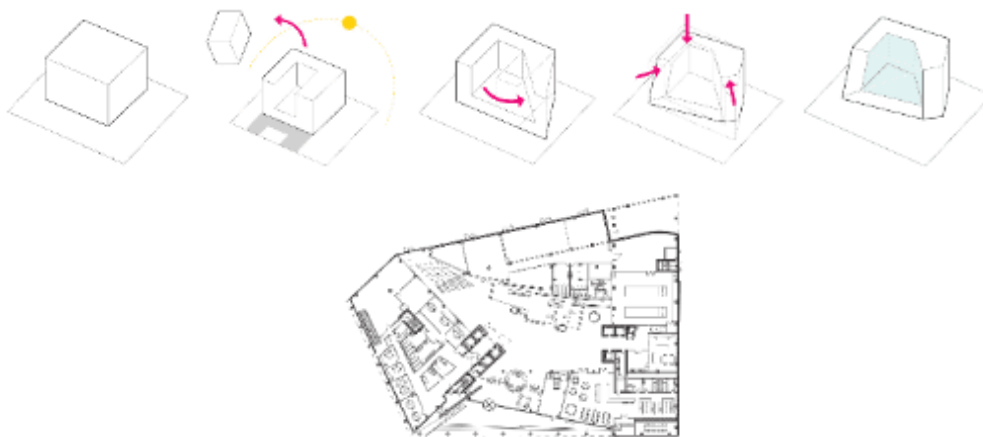
Namun, implementasi desain biofilik menghadapi tantangan yang signifikan, terutama dalam menyesuaikan dengan dinamika perubahan lingkungan alam yang cepat. Dengan berkembangnya kebutuhan dan kondisi urban yang terus berubah, integrasi prinsip biofilik dalam lingkungan binaan membutuhkan adaptasi dan pengembangan lebih lanjut agar tetap relevan dan efektif. Implementasi konsep ini terus mengalami perkembangan, beriringan dengan prinsip-prinsip biofilik lainnya yang berfokus pada keberlanjutan dan adaptasi terhadap perubahan iklim serta tantangan lingkungan lainnya.

2. Studi Kasus

Dari beberapa studi kasus, memperlihatkan bahwa penerapan konsep desain biofilik pada bangunan menunjukkan bahwa konsep ini dapat meningkatkan produktivitas, kesejahteraan psikologis dan fisiologis, serta kesehatan pengguna, sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan [9]. Lingkungan alam terus berkembang, pembangunan massif dilakukan sehingga perubahan lingkunganpun terjadi. Begitupun dengan perencanaan dalam perancangan desain biofilik yang diaplikasikan terus berkembang.

2.1 The Edge, Amsterdam, Belanda

The Edge adalah gedung perkantoran karya arsitek Ron Bakker, dari PLP Architecture yang dianggap sebagai salah satu bangunan paling ramah lingkungan di dunia. Selain menggunakan teknologi hijau, bangunan ini juga mengintegrasikan elemen alam seperti ruang terbuka hijau, pencahayaan alami, dan vegetasi yang mendukung kesehatan psikologis penghuni. Dinding hijau dan atap tanaman membantu menciptakan ruang yang sejuk dan nyaman, mengurangi stres, serta meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan. Bagaimana gagasan bentuk digubah melalui bentuk masa kotak yang disubstraktif dan memperhitungkan perjalanan matahari sampai memperoleh bentuk seperti pada gambar 3a. Gambar 3b, 3c dan 3d adalah tampak eksterior dan interior dari bangunan.



3a. Gagasan Ide Bentuk yang Memperhatikan Faktor Klimatik



3b. Tampak ekterior.



3c. Interior bangunan.



3d. Interior bangunan

Gambar 3. The Edge
Sumber: plparchitecture.com

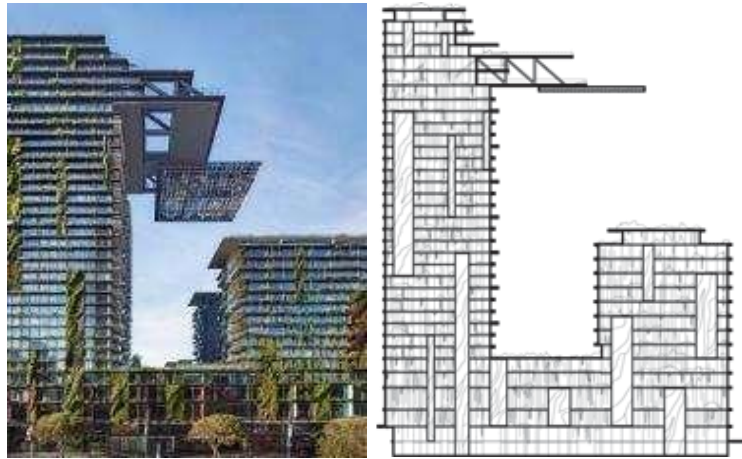
Konsep-konsep biofilik yang diterapkan oleh The Edge dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penerapan Konsep Biofilik pada The Edge

Pencahayaam Alami	Vegetasi dan Ruang Hijau
Salah satu aspek penting dalam desain biofilik adalah pencahayaan alami. The Edge dirancang dengan jendela besar dan sistem kaca cerdas yang memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam bangunan secara maksimal. Pencahayaan alami tidak hanya mengurangi kebutuhan akan penerangan buatan tetapi juga membantu mengatur ritme biologis tubuh manusia, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan penghuni.	The Edge mengintegrasikan banyak elemen hijau, baik di dalam maupun di luar bangunan. Beberapa area dalam bangunan dilengkapi dengan tanaman indoor, yang tidak hanya mempercantik ruang tetapi juga meningkatkan kualitas udara dan memberi efek menenangkan bagi penghuni. Tanaman ini juga membantu menyerap polutan dan meningkatkan kelembapan udara, menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan menyegarkan.
Sirkulasi Udara dan Penghawaan Alami	Penggunaan Material Alam dan Berkelanjutan
Sistem ventilasi yang efisien digunakan di The Edge untuk memastikan kualitas udara yang optimal. Desain bangunan ini memungkinkan sirkulasi udara alami yang baik, membantu menjaga suhu ruangan tetap nyaman dan mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara yang berlebihan. Penghawaan alami berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan penghuni dan menciptakan atmosfer yang lebih sehat dan segar.	Bangunan ini menggunakan material yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti kayu dan batu alami, untuk mendekatkan penghuni dengan elemen-elemen alam. Material ini juga memberikan kesan hangat dan alami yang berkontribusi pada suasana yang lebih nyaman dan menyatu dengan alam. Selain itu, penggunaan material berkelanjutan membantu mengurangi dampak lingkungan dari bangunan.
Desain Ruang yang Fleksibel dan Terhubung dengan Alam	Teknologi dan Sistem Smart Building
The Edge dirancang untuk memaksimalkan hubungan antara penghuni dan alam di sekitar mereka. Banyak ruang kantor dilengkapi dengan pemandangan luar yang hijau, dan ruang terbuka yang menghubungkan penghuni dengan alam sekitar. Misalnya, ada area teras di atap yang berfungsi sebagai ruang sosial dengan pemandangan hijau, memberikan penghuni kesempatan untuk bersantai dan menikmati udara segar.	The Edge juga memanfaatkan teknologi canggih untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi. Sistem sensor otomatis mengatur pencahayaan dan suhu sesuai kebutuhan penghuni, memastikan kenyamanan maksimal tanpa pemborosan energi. Dengan demikian, bangunan ini tidak hanya mengutamakan elemen alam, tetapi juga menggunakan teknologi untuk menciptakan lingkungan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.
Koneksi dengan Alam Melalui Visual	
Selain elemen hijau fisik, The Edge juga menerapkan desain interior yang menginspirasi alam, seperti pola-pola alami dalam furnitur dan dekorasi. Penggunaan elemen desain yang terinspirasi oleh alam dapat meningkatkan <i>mood</i> penghuni dan menciptakan suasana yang lebih positif dan menyegarkan.	

2.2 One Central Park, Sydney, Australia

One Central Park karya Jean Nouvel (Ateliers) dari Paris yang dibangun tahun 2014 adalah sebuah kompleks perumahan dan komersial yang menonjol dengan penggunaan desain biofilik. Bangunan ini memiliki taman vertikal yang sangat besar di sisi fasadnya (Gambar 4a) yang dapat menyaring udara dan menyediakan ruang hijau di tengah kota. Selain itu, penggunaan cahaya alami dan penghawaan yang baik menjadi bagian dari desain untuk menciptakan suasana yang menyegarkan bagi penghuninya. Ada banyak ruang terbuka hijau di dalam bangunan yang memberi penghuni kesempatan untuk bersentuhan langsung dengan alam (Gambar 4b).



4a. Tampak dan Potongan
Sumber: www.skyscrapercenter.com



4b. Denah dan suasana eksterior dan interior yang bersentuhan dengan alam.
Sumber: www.oculus.info

Gambar 4. One Central Park

Konsep-konsep biofilik yang diterapkan oleh One Central Park dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Penerapan Konsep Biofilik pada One Central Park

Vegetasi Vertikal	Penggunaan Elemen Alam dalam Desain Interior
Salah satu fitur paling mencolok dari One Central Park adalah penggunaan taman vertikal yang melimpah di fasad bangunan. Bangunan ini dilengkapi dengan lebih dari 35.000 tanaman yang terdiri dari pohon, tanaman merambat, dan vegetasi lainnya yang tumbuh di balkon setiap lantai. Taman vertikal ini tidak hanya mempercantik tampilan bangunan tetapi juga memberikan banyak manfaat ekologis. Tanaman ini membantu menyaring udara, mengurangi polusi, memberikan kesejukan, serta meningkatkan kelembapan udara. Selain itu, taman ini berfungsi sebagai habitat bagi fauna lokal, seperti burung dan serangga, sehingga meningkatkan biodiversitas di kawasan perkotaan.	Di dalam bangunan, konsep biofilik juga diterapkan melalui penggunaan elemen alam seperti material alami, pencahayaan alami, dan ventilasi alami. Dinding-dinding interior bangunan menggunakan material alami seperti kayu, serta ada banyak ruang terbuka hijau di dalam bangunan yang memberi penghuni kesempatan untuk bersentuhan langsung dengan alam. Pencahayaan alami dimaksimalkan melalui jendela besar yang memungkinkan cahaya matahari masuk ke dalam, menciptakan suasana yang lebih terang dan menyenangkan.
Sirkulasi Udara dan Ventilasi Alami	Hubungan Visual dengan Alam
Desain One Central Park mengutamakan ventilasi alami yang baik untuk memastikan kualitas udara di dalam bangunan tetap optimal. Sistem ventilasi ini memungkinkan udara segar mengalir dengan lancar ke seluruh bagian bangunan, menciptakan iklim mikro yang nyaman bagi penghuni. Hal ini mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara mekanis dan membantu menjaga suhu ruangan yang nyaman secara alami.	One Central Park dirancang untuk memaksimalkan hubungan visual dengan alam. Setiap unit apartemen dilengkapi dengan balkon yang menghadap ke taman vertikal atau pemandangan kota yang hijau. Jendela besar memungkinkan penghuni menikmati pemandangan alam secara langsung, yang dapat memberikan efek menenangkan dan mengurangi stres. Dengan demikian, penghuni dapat merasakan kedekatan dengan alam meskipun berada di tengah kota metropolitan.
Penggunaan Air sebagai Elemen Desain	Sistem Energi Berkelanjutan
Konsep biofilik pada One Central Park juga melibatkan elemen air, yang sering kali digunakan untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan memberikan efek menenangkan. Salah satu fitur penting adalah air terjun dan kolam air di area publik dan ruang terbuka. Suara aliran air dapat menciptakan suasana yang lebih tenang dan menenangkan, sekaligus meningkatkan kesejahteraan mental penghuninya.	Bangunan ini juga menerapkan prinsip keberlanjutan dengan menggunakan energi terbarukan dan teknologi efisiensi energi. Sistem pengumpulan air hujan digunakan untuk menyiram taman dan tanaman vertikal, serta untuk keperluan non-potable lainnya. Solar panels dipasang di atap untuk menghasilkan energi dari sumber daya alam, mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi jejak karbon bangunan.

Ruang Terbuka Hijau di Sekitar Bangunan	Desain yang Meningkatkan Kesejahteraan Penghuni
Selain taman vertikal di fasad bangunan, One Central Park juga mengintegrasikan taman terbuka di sekitarnya, menciptakan ruang hijau yang dapat dinikmati oleh penghuninya dan masyarakat sekitar. Taman ini dirancang dengan berbagai jenis tanaman, area tempat duduk, serta jalur pejalan kaki yang memungkinkan orang untuk menikmati alam sambil beraktivitas.	Semua elemen desain biofilik yang diterapkan dalam One Central Park bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup penghuninya. Penelitian menunjukkan bahwa berada dalam lingkungan yang menggabungkan elemen-elemen alam dapat mengurangi stres, meningkatkan fokus dan produktivitas, serta memperbaiki kesehatan fisik dan mental penghuni. One Central Park menciptakan lingkungan yang mendukung kesejahteraan fisik dan psikologis penghuninya dengan memanfaatkan prinsip desain biofilik ini

2.3 Singapore's Gardens by the Bay, Singapura

Gardens by the Bay (Gambar 5) dirancang oleh Grant Associates adalah contoh dari penerapan desain biofilik pada ruang publik. Kompleks taman ini mengintegrasikan unsur alam dalam berbagai bentuk, seperti tanaman tropis yang melimpah, sistem penghijauan vertikal, dan elemen-elemen air. Konsep ini tidak hanya memperindah ruang, tetapi juga menciptakan lingkungan yang berkelanjutan dan mendukung kesejahteraan pengunjung.



Gambar 5. Garden by the Bay
 Sumber: www.befreetour.com dan www.idntimes.com

Konsep-konsep biofilik yang diterapkan oleh Gardens by the Bay dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Penerapan Konsep Biofilik pada Garden by the Bay

Integrasi Elemen Alami dalam Struktur Buatan	Efisiensi dan Keberlanjutan
<i>Supertree Grove</i>: Struktur vertikal ikonik ini menyerupai pohon raksasa dan dilengkapi dengan tanaman merambat dan epifit. Selain menjadi elemen estetika, Supertree juga memiliki fungsi ekologis, seperti mengumpulkan energi surya, menangkap air hujan, dan mendukung habitat burung serta serangga. <i>Domes Futuristik (Flower Dome dan Cloud Forest)</i>: Kedua kubah ini menampilkan ekosistem mikro yang mencerminkan berbagai iklim di dunia, dari mediterania hingga hutan tropis basah, memungkinkan pengunjung merasakan keanekaragaman hayati tanpa meninggalkan kota.	Gardens by the Bay tidak hanya mempromosikan keindahan alam, tetapi juga menanamkan praktik keberlanjutan. Misalnya, sistem pendinginan kubah menggunakan teknologi hemat energi yang memanfaatkan air laut untuk mengatur suhu interior. Limbah taman diubah menjadi energi melalui fasilitas pembakaran biomassa, yang kemudian digunakan untuk memberi daya pada taman.
Peningkatan Koneksi dengan Alam	Edukasi dan Kesadaran Lingkungan
Desain taman mengundang pengunjung untuk menjelajahi berbagai lanskap alam, mulai dari taman yang penuh bunga, kebun spesifik daerah (<i>Heritage Gardens</i>), hingga jalan setapak hijau yang mendorong pengalaman multisensori. Elemen air, seperti danau buatan dan air terjun dalam <i>Cloud Forest</i>, memberikan ketenangan dan membantu mendinginkan lingkungan sekitar secara alami.	Gardens by the Bay dirancang untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya konservasi alam. Fasilitas seperti <i>Cloud Forest</i> menunjukkan dampak perubahan iklim dan pentingnya melindungi ekosistem global.
Reintegrasi Alam ke Kehidupan Perkotaan	
Dengan lokasinya yang strategis di tengah kawasan Marina Bay, Gardens by the Bay berfungsi sebagai oase hijau di tengah hiruk-pikuk kota. Ini menciptakan ruang bagi penduduk dan wisatawan untuk merasakan relaksasi, berolahraga, atau sekadar menikmati suasana alam.	

3. Kriteria Rancangan yang Menggunakan Konsep Biofilik

Desain biofilik merupakan pendekatan yang mengintegrasikan elemen-elemen alami ke dalam lingkungan binaan untuk mendukung kesejahteraan manusia serta keberlanjutan ekologi. Kriteria perancangan berbasis konsep biofilik berlandaskan pada tiga elemen utama, yaitu koneksi langsung dengan alam, koneksi tidak langsung dengan alam, dan kondisi spasial yang mendukung biofilia [13].

- Koneksi Langsung dengan Alam

Kriteria ini melibatkan kehadiran elemen-elemen alami secara fisik dalam desain, seperti vegetasi, air, cahaya alami, serta keberadaan fauna. Implementasinya meliputi taman dalam bangunan, dinding hijau, atau kolam yang menciptakan pengalaman multisensori, seperti aroma dan suara dari elemen-elemen tersebut [14]. Gambar 6. menunjukan visual dekorasi interior berupa pemandangan alam pada bidang vertikal yang terhubung dengan fungsi ruang lainnya.



Gambar 6. Dekorasi gambar pemandangan alam pada bidang vertikal di Rumah Sakit Erasmus MC, Belgia.
Sumber: arqa.com



Gambar 7. Pengolahan bidang horizontal pada bangunan retail Pizza Liberty milik Apple di Itali
Sumber: www.archdaily.com

- Koneksi Tidak Langsung dengan Alam

Elemen ini mencakup representasi alam melalui material alami, pola organik, atau penggunaan teknologi untuk meniru sistem ekologi. Contoh implementasinya termasuk penggunaan material kayu atau batu alami, seni bertema alam, serta pencahayaan yang menyerupai siklus matahari untuk menjaga ritme sirkadian [15]. Prinsip penggabungan alam dengan konsep respons terhadap cuaca diterapkan pada bidang horizontal yang transparan, yang berfungsi sebagai potensi pemandangan. Hal ini memungkinkan pengguna merasakan pengalaman ruang alam sambil terhindar dari dampak buruk kondisi cuaca. Upaya ini menerapkan prinsip interaksi alam dengan konsep prospek dan perlindungan, serta prinsip inspirasi alam melalui bentuk dua dan tiga dimensi. Seperti yang terlihat pada Gambar 7, pengolahan bidang horizontal ini dirancang untuk memfasilitasi masuknya pencahayaan ke dalam bangunan, sehingga memberikan pengalaman ruang yang menarik bagi pengguna.

- Kondisi Spasial yang Mendukung Biofilia

Faktor-faktor spasial seperti bentuk ruang, skala, dan persepsi kedalaman dirancang untuk menciptakan rasa nyaman. Elemen seperti ruang terbuka, orientasi visual yang luas (view), serta integrasi ruang interior dan eksterior menjadi bagian penting dalam menciptakan pengalaman biofilik [16]. Prinsip elemen dua dimensi dan tiga dimensi yang terinspirasi oleh alam pada rancangan atap menjadikan sistem struktur bagian dari elemen arsitektur. Hal ini merupakan upaya untuk berinteraksi dengan alam melalui konsep prospek dan perlindungan, serta penggabungan elemen pemandangan dan vegetasi. Seperti yang terlihat pada Gambar 8, pengelolaan bentuk alam berupa kontur dan karakter tumbuhan diterapkan pada sistem struktur sebagai elemen arsitektur.

Prinsip kompleksitas dan keteraturan sebagai bentuk interaksi dengan alam diterapkan pada rancangan bentuk atap sebagai sistem struktur yang juga berfungsi sebagai elemen dekoratif arsitektur. Ini merupakan upaya untuk mengadopsi inspirasi alam melalui konsep mekanisme dan penggabungan dengan elemen vegetasi. Seperti yang terlihat pada Gambar 9, pengolahan bentuk, detail, pola, geometri, dan material disusun dengan sistem yang teratur, menciptakan pengalaman ruang yang kaya. Komponen-komponen dari berbagai sistem yang saling terintegrasi ini menyatukan lingkungan binaan dengan lingkungan alam secara harmonis. Prinsip pola dan geometri yang terinspirasi dari alam diterapkan pada rancangan sistem struktur ruang ibadah, menjadikannya elemen dekorasi arsitektur. Ini merupakan upaya interaksi dengan alam melalui konsep kompleksitas dan keteraturan, yang terhubung dengan konsep vegetasi sebagai bagian dari penggabungan alam. Seperti yang terlihat pada Gambar 10, pengolahan bentuk alam pada sistem struktur, di mana elemen tumbuhan diterapkan sebagai bagian dari struktur arsitektur.



Gambar 8. pengelolaan bentuk alam berupa kontur dan karakter tumbuhan diterapkan pada sistem struktur sebagai elemen arsitektur pada bangunan Metropol Parasol di Seville, Spain.
Sumber: www.designboom.com



Gambar 9. Pengolahan bentuk atap dengan berbagai sistem yang terintegrasi sebagai bentuk pengalaman ruang pada bangunan stasiun Kings'Cross di United Kingdom.
Sumber: www.mcslan.co.uk



Gambar 10. Pengolahan sistem struktur sebagai elemen arsitektur dengan pengolahan pola dan bentuk yang berorientasi pada prinsip golden ratio di Agri Chapel, Jepang.
Sumber: www.archdaily.com

Dalam praktiknya, kriteria ini diterapkan dengan mempertimbangkan konteks lokal, kebutuhan pengguna, serta kemampuan untuk mendukung keberlanjutan ekosistem. Desain yang mengadopsi prinsip-prinsip biofilik terbukti mampu meningkatkan produktivitas, menurunkan stres, serta memperbaiki kualitas udara dan kenyamanan termal dalam ruangan [17].

- Ruang Yang Hidup Dengan Elemen Alam

Prinsip hubungan dengan tempat sebagai bentuk interaksi dengan alam diterapkan dalam pengolahan wajah bangunan, yang mendefinisikan keterhubungan antara tempat dan alam. Ini merupakan upaya untuk mengadopsi inspirasi alam melalui konsep mekanisme serta penggabungan elemen pemandangan, sebagai respons terhadap konteks sosial, budaya, dan lanskap. Seperti terlihat pada Gambar 11, pengolahan garis dan bidang dengan perbedaan antara elemen padat dan transparan pada wajah bangunan dipengaruhi oleh konteks sosial dan budaya, yang pada gilirannya mempengaruhi kenyamanan aktivitas penggunanya. Prinsip penggabungan alam dengan konsep pencahayaan alami melalui penggunaan pola tertentu memberikan dampak positif bagi pengguna, menciptakan pengalaman yang menarik dan meningkatkan produktivitas. Hal ini merupakan upaya menerapkan prinsip interaksi alam dengan konsep prospek dan perlindungan, yang terhubung dengan inspirasi alam melalui bentuk dua dimensi dan tiga dimensi, seperti terlihat pada Gambar 12. Gambar tersebut menunjukkan pengolahan bidang horizontal dengan bukaan yang memiliki pola tertentu, yang berfungsi sebagai sumber pencahayaan alami pada bangunan.



Gambar 11. Pengolahan garis dan bidang yang dipengaruhi oleh aspek lokalitas setempat pada bangunan Museum Sejarah Ningbo di Jepang.

Sumber: www.archdaily.com



Gambar 12. Pengolahan pola pencahayaan alami pada bidang horizontal dalam hunian Sun Rain Room di Inggris Raya.

Sumber: www.archdaily.com

- Daya Tarik Terhadap Pengalaman Ruang

Prinsip daya tarik terhadap pengalaman ruang pada fasilitas pedestrian diterapkan melalui berbagai pengaturan sistem sirkulasi yang merespons kondisi lingkungan setempat. Hal ini merupakan upaya untuk mengadopsi inspirasi alam dengan konsep pola dan geometri serta penggabungan elemen pemandangan, seperti terlihat pada Gambar 13, menunjukkan fasilitas pedestrian mencakup massa yang menggantung dengan pengaturan akses ketinggian dan sirkulasi yang berkelok, serta dibatasi oleh bidang vertikal yang berfungsi sebagai pemisah antara vegetasi dan sirkulasi.

- Interaksi Alam Terhadap Ruang

Prinsip penggabungan alam dengan konsep air pada fasilitas lanskap diterapkan pada ruang dalam yang dibatasi oleh bidang vertikal dan horizontal yang transparan. Hal ini merupakan upaya untuk mengintegrasikan prinsip interaksi alam dengan konsep hubungan ruang serta prospek dan perlindungan, didukung oleh prinsip inspirasi alam melalui bentuk dua dimensi dan tiga dimensi, seperti terlihat pada Gambar 14, terdapat ruang publik yang dirancang seperti amfiteater dengan pemandangan fasilitas kolam air mancur, yang merupakan bentuk pengolahan akses pintu masuk ke bangunan.



Gambar 13. Pengalaman ruang dengan massa yang menggantung pada fasilitas pedestrian di Museum Seni Los Angeles County, Amerika Serikat.

Sumber: en.wikipedia.org



Gambar 14. Pengolahan lanskap dengan fitur air sebagai akses dan potensi pemandangan pada bangunan retail Pizza Liberty milik Apple di Itali

Sumber: inhabitat.com

Prinsip penggabungan alam dengan konsep daya tarik terhadap hewan diterapkan pada bidang vertikal di wajah bangunan melalui dekorasi yang terhubung dengan lingkungan alam sekitar. Hal ini merupakan upaya untuk menerapkan prinsip interaksi alam dengan konsep hubungan terhadap tempat, serta prospek dan perlindungan, yang terhubung dengan inspirasi alam melalui bentuk dua dimensi dan tiga dimensi. Seperti yang terlihat pada Gambar 15, pengolahan bidang ini dirancang untuk menarik perhatian dan memberikan nilai alam yang realistis. Vegetasi berperan penting dalam

pengolahan bidang tersebut, sehingga membentuk ekosistem fitur alam yang saling berhubungan. Prinsip penggabungan alam dengan konsep penghawaan diterapkan pada bidang vertikal melalui pengolahan sistem bukaan untuk memungkinkan masuknya udara alami ke dalam bangunan. Hal ini merupakan upaya untuk menerapkan prinsip interaksi alam dengan konsep prospek dan perlindungan, serta bentuk dua dan tiga dimensi. Seperti yang terlihat pada Gambar 16, sistem bukaan pada bidang vertikal dilengkapi dengan mekanisme buka-tutup untuk mengatur penghawaan.



Gambar 15. Pengolahan bidang vertikal dengan terdapat dekorasi fitur alam pada wajah bangunan Sekolah Dasar Mellor di Inggris Raya.
Sumber: swarch.co.uk



Gambar 16. Pengolahan bidang vertikal dengan sistem bukaan sebagai masuknya penghawaan alami pada bangunan di Mountain Restoran dan Bar, China.
Sumber: www.archdaily.com

Prinsip pengintegrasian elemen alam melalui kehadiran vegetasi pada bangunan diterapkan sebagai respons terhadap kondisi lingkungan sekitar dengan beragam metode. Pendekatan ini bertujuan untuk mengimplementasikan prinsip interaksi alam dengan keterkaitan terhadap tempat, sekaligus mengadopsi inspirasi alam melalui material, tekstur, dan warna. Sebagai contoh, pada Gambar 17, terlihat penggunaan vegetasi yang ditempatkan pada bidang vertikal eksterior. Penerapan ini tidak hanya merespons konteks lingkungan setempat tetapi juga berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi bangunan serta peningkatan kualitas lingkungan.

Prinsip pengintegrasian alam melalui optimalisasi pemandangan diterapkan dengan mengolah orientasi ruang dalam agar terhubung dengan lingkungan alami. Hal ini merupakan manifestasi dari prinsip interaksi alam dengan tempat serta inspirasi dari bentuk dua dan tiga dimensi. Contohnya, seperti terlihat pada Gambar 18, orientasi bangunan diarahkan untuk memanfaatkan potensi pemandangan alam, didukung oleh elemen vertikal dan horizontal yang transparan. Elemen-elemen ini berfungsi sebagai akses visual yang memungkinkan pengguna menikmati keindahan pemandangan secara langsung, sekaligus menciptakan harmoni antara ruang dalam dan lingkungan alam.



Gambar 17. Penyajian vegetasi pada bidang vertikal di Bosco Verticale Apartement, Itali.
Sumber: www.archdaily.com



Gambar 18. Pengolahan orientasi bangunan yang terhubung dengan potensi pemandangan pada Museum Seni Chichu di Jepang.
Sumber: avauntmagazine.com

Prinsip integrasi alam dengan desain arsitektur mencakup penerapan vegetasi di area eksterior sebagai respons terhadap kondisi iklim lingkungan setempat. Penyajian vegetasi ini mencerminkan interaksi antara elemen alami dan konsep keterkaitan dengan tempat, serta penerapan inspirasi alam melalui material, tekstur, dan warna. Sebagai contoh, pada Gambar 19, vegetasi di area teras kamar hunian memberikan nuansa warna yang selaras dengan iklim. Selain itu, keberadaan vegetasi berkontribusi pada penghematan energi bangunan dengan memberikan isolasi alami.

Prinsip penggunaan material, tekstur, dan warna yang terinspirasi dari alam diterapkan pada elemen vertikal maupun horizontal bangunan. Hal ini bertujuan untuk menciptakan harmoni antara desain arsitektur dan konteks pemandangan lingkungan setempat. Pada Gambar 20, penggunaan bahan alami pada elemen bangunan tidak hanya memperkuat estetika fasad tetapi juga memberikan respons kontekstual terhadap perubahan iklim di wilayah tersebut.

Pendekatan ini berdampak signifikan pada lingkungan sekitar dan pengalaman pengguna. Kesannya yang alami dihasilkan melalui pemilihan material dengan warna dan tekstur yang beragam, termasuk tekstur kasar yang tidak dirapikan untuk menggantikan bahan konvensional demi keberlanjutan. Selain itu, penggunaan bahan alami yang fleksibel memungkinkan terciptanya bentuk bangunan yang organik dan selaras dengan alam. Prinsip ini tidak hanya estetis tetapi juga memperkuat keberlanjutan dan efisiensi energi dalam desain bangunan.



Gambar 19. Penyajian vegetasi pada wajah bangunan Bosco Verticale Apartement di Itali.
Sumber: www.archdaily.com



Gambar 20. Penyajian material, tekstur dan warna dengan orientasi konteks pemandangan lingkungan setempat yang dipengaruhi oleh iklim dan cuaca di Panyaden International School, Thailand.
Sumber: www.archdaily.com

Kesimpulan

Untuk mengadopsi konsep biofilik secara efektif, arsitek perlu menyikapi hal: 1) Mengutamakan Keberlanjutan: Arsitek harus memastikan bahwa elemen biofilik tidak hanya estetis tetapi juga mendukung keberlanjutan. Contohnya adalah menggunakan material ramah lingkungan, menciptakan ruang hijau yang mendukung keanekaragaman hayati, atau merancang bangunan yang hemat energi melalui ventilasi alami; 2) Memahami Konteks Lokal: Desain biofilik perlu disesuaikan dengan iklim, budaya, dan kebutuhan masyarakat setempat. Misalnya, desain taman vertikal mungkin lebih relevan di daerah perkotaan yang padat, sementara ruang terbuka hijau lebih cocok untuk wilayah pinggiran; 3) Memanfaatkan Teknologi: Inovasi teknologi, seperti sistem pencahayaan pintar atau pengelolaan air hujan, dapat digunakan untuk memperkuat elemen biofilik dan meningkatkan efisiensi bangunan; 4) Memberikan Fokus pada Pengguna: Desain biofilik harus menciptakan ruang yang nyaman, fungsional, dan mendukung interaksi sosial. Pendekatan ini dapat mencakup desain ruang kerja yang terhubung dengan alam atau ruang publik yang menarik pengunjung untuk bersantai dan bersosialisasi.

Desain biofilik bukan sekadar tren, tetapi pendekatan holistik yang menyelaraskan kebutuhan manusia dengan keberlanjutan lingkungan. Para arsitek memiliki tanggung jawab untuk mengintegrasikan prinsip ini dengan inovasi dan kreativitas mereka, menciptakan ruang yang tidak hanya indah secara visual tetapi juga mendukung kesehatan, kesejahteraan, dan harmoni antara manusia dan alam.

Daftar Pustaka

Buku dan Jurnal

- [1] N. Amiroh and S. P. Martana, "Penerapan Tanaman Aromatik Melalui Pendekatan Arsitektur Biofilik dalam Mengatasi Urban Stres," pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.32315/ti.11.g001>
- [2] W. Zhong, T. Schröder, and J. Bekkering, "Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review," *Front. Archit. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 114–141, 2022, doi: 10.1016/j.foar.2021.07.006.
- [3] M. Leach, I. Scoones, and A. Stirling, *Dynamic Sustainabilities*. 2010. doi: 10.4324/9781849775069.
- [4] E. and I. E. A. UN, *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*. 2017. [Online]. Available: www.globalabc.org
- [5] D. A. Suhamad and S. P. Martana, "Sustainable Building Materials," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 879, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012146.
- [6] D. Bagus Mitreka Satata, D. Ayusa Cendana, and Harijono, "Kesejahteraan Psikologi (Psychological Wellbeing) Ditinjau Dari Teknik Desain Arsitektur Ruang Psychological Wellbeing Assessed From Spatial Architecture Design Techniques," *J. Ilm. Teknol. FST Undana*, vol. 14, no. 2, pp. 16–21, 2020.
- [7] L. Sancho-Chavarria, F. Beck, and E. Mata-Montero, "An expert study on hierarchy comparison methods applied to biological taxonomies curation," *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 6, pp. 1–26, 2020, doi: 10.7717/peerj-cs.277.
- [8] Stephen R. Kellert, "Dimensions, elements and attributes of biophilic design," *Biophilic Des. theory, Sci. Pract. bringing Build. to life*, no. November, pp. 3–19, 2015.
- [9] L. D. Anggraini, *Pengenalan Desain Biofilik*, no. August. 2023.
- [10] M. Awada et al., "Ten questions concerning the impact of environmental stress on office workers," *Build. Environ.*, vol. 229, 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109964.
- [11] E. Fromm, *The Anatomy of Human Destructiveness*. Holt, Rinehart and Winston, 1973.
- [12] E. O. Wilson, *Biophilia*. Harvard University Press, 1984.
- [13] S. R. Kellert, J. Heerwagen, and M. Mador, *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*. Wiley, 2008.
- [14] N. Salingaros, "Biophilia and Healing Environments," *The Future of Architectural Design*, pp. 1–12, 2015
- [15] T. Beatley, *Biophilic Cities: Integrating Nature Into Urban Design and Planning*. Island Press, 2011
- [16] R. Ryan et al., "Nature connectedness and biophilic design," *Frontiers in Psychology*, vol. 6, pp. 1–12, 2015.
- [17] C. A. Kellert, "Nature and Healing: The Biophilic Approach," *Journal of Environmental Psychology*, vol. 22, no. 4, pp. 213–219, 2008.

Website

- [1] M. F. González, "Hotel Jakarta / SeARCH," ArchDaily, 30 July 2018. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/899081/hotel-jakarta-search/5b5b68a0f197cca1c4000123-hotel-jakarta-search-longitudinal-section>.
- [2] M. F. González, "Hotel Jakarta / SeARCH," ArchDaily, 30 July 2018. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/899081/hotel-jakarta-search/5b5b68b2f197cc3bcf000073-hotel-jakarta-search-sustainability-scheme>.
- [3] PLP Architecture, "The Edge Amsterdam, The Netherlands," PLP Architecture, [Online]. Available: <https://plparchitecture.com/the-edge/>.
- [4] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, "One Central Park, Sydney," Council on Tall Buildings and Urban Habitat, [Online]. Available: <https://www.oculus.info/projects/one-central-park>.
- [5] S. Wood, "One Central Park," Oculus, [Online]. Available: <https://www.oculus.info/projects/one-central-park>.
- [6] befreetour, "5 Hal Seputar Gardens By The Bay Yang Perlu Diketahui," CV Korina Tour Indonesia, 27 12 2018. [Online]. Available: <https://www.befreetour.com/id/read/5-hal-seputar-gardens-by-the-bay-yang-perlu-diketahui>.
- [7] Z. Febryan, "10 Fakta Gardens by the Bay, Taman Terindah di Singapura," IDN Times, 25 August 2023. [Online]. Available: <https://www.idntimes.com/travel/destination/zaffy-febryan/gardens-by-the-bay-c1c2>.
- [8] EGM Architects, "Erasmus MC," ARQA, 27 December 2019. [Online]. Available: <https://arqa.com/en/architecture/erasmus-mc.html>.
- [9] P. Pintos, "Apple Piazza Liberty / Foster + Partners," ArchDaily, 15 March 2022. [Online]. Available: https://www.archdaily.com/978489/apple-piazza-liberty-foster-plus-partners/622f89225950fa0166112b91-apple-piazza-liberty-foster-plus-partners-photo?next_project=no.
- [10] J. db., "j. mayer h. architects: metropol parasol now complete," designboom, 25 March 2011. [Online]. Available: <https://www.designboom.com/architecture/j-mayer-h-architects-metropol-parasol-now-complete/>.
- [11] John McAslan + Partners, "King's Cross Station," John McAslan + Partners, [Online]. Available: <https://www.mcaslan.co.uk/work/kings-cross-station>.
- [12] ArchDaily, "Agri Chapel / Yu Momoeda Architecture Office," ArchDaily, 6 December 2017. [Online]. Available: https://www.archdaily.com/884875/agri-chapel-yu-momoeda-architecture-office?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.
- [13] ArchDaily, "Ningbo Historic Museum / Wang Shu, Amateur Architecture Studio," ArchDaily, 22 February 2009. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/14623/ningbo-historic-museum-wang-shu-architect/500f332a28ba0d0cc7002079-ningbo-historic-museum-wang-shu-architect-image>.
- [14] F. Castro, "Sun Rain Room / Tonkin Liu," ArchDaily, 5 July 2020. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/885283/sun-rain-room-tonkin-liu-architects/5a2f6c7fb22e38ea3400007f-sun-rain-room-tonkin-liu-architects-photo>.
- [15] Wikipedia, "Levitated Mass," Wikipedia, 27 September 2024. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Levitated_Mass.
- [16] L. Wang, "Dramatic fountain and plaza define Foster + Partners' newest Apple Store in Milan," INHABITAT, 7 July 2018. [Online]. Available: <https://inhabitat.com/dramatic-fountain-and-plaza-define-foster-partners-newest-apple-store-in-milan/>.
- [17] SWA, "Mellor Primary School," SWA, [Online]. Available: https://swarch.co.uk/wp-content/uploads/2017/02/Sarah-Wigglesworth-Architects_Mellor_HabWallFin_3600-1170x781.jpg.
- [18] H. Shuangyu, "Mountain Restaurant & Bar / ZJJZ," ArchDaily, 29 August 2019. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/923792/mountain-restaurant-and-bar-zjjz/5d65513f284dd13e11000066-mountain-restaurant-and-bar-zjjz-photo>.
- [19] ArchDaily, "Bosco Verticale / Boeri Studio," ArchDaily, 23 November 2015. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c1ee58ece4d730003a3-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-photo>.
- [20] P. Jodidio, "Chichu Art Museum," Avaunt Media Ltd, [Online]. Available: <https://avauntmagazine.com/chichu-art-museum/>.
- [21] ArchDaily, "Bosco Verticale / Boeri Studio," ArchDaily, 23 November 2015. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7be7e58ece8c420003ab-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-photo>.
- [22] ArchDaily, "Panyaden School / 24H > architecture," ArchDaily, 27 June 2011. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/145859/panyaden-school-24h-architecture/50317ad228ba0d1830000072-panyaden-school-24h-architecture-photo>.