



---

# Integrasi Ekosistem Alami dalam Desain Arsitektur untuk Mendukung Keanekaragaman Hayati

Elis Sri Rahayu<sup>1</sup>, Auliani Noor Faizah<sup>2</sup>

Prodi Arsitektur, Universitas Palangka Raya

---

## Info Artikel

### Histori Artikel:

Tanggal diterima, 23/05/2024  
Tanggal Revisi 25/05/2024  
Tanggal Revisi 27/05/2024  
Tanggal Publikasi 31/05/2024

Bagian ini diisi oleh Tim  
Jurnal ALIBI

---

## ABSTRAK

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur merupakan pendekatan inovatif yang bertujuan untuk mendukung dan meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Pendekatan ini menggabungkan prinsip-prinsip ekologi dan arsitektur untuk menciptakan ruang yang tidak hanya fungsional dan estetis, tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan. Artikel ini mengulas berbagai strategi dan metode untuk mengintegrasikan ekosistem alami dalam desain arsitektur, termasuk penggunaan vegetasi lokal, atap hijau, dinding hidup, dan taman vertikal. Selain itu, artikel ini membahas manfaat ekologis dan sosial dari pendekatan ini, seperti pengurangan efek urban heat island, peningkatan kualitas udara, penyediaan habitat bagi flora dan fauna, serta peningkatan kualitas hidup manusia. Melalui studi kasus Bosco Verticale di Milan, artikel ini menunjukkan bagaimana integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur dapat menjadi solusi efektif untuk tantangan lingkungan perkotaan, sekaligus mendorong keberlanjutan dan kesejahteraan komunitas. Dengan demikian, pendekatan ini diharapkan dapat menjadi bagian integral dari praktik arsitektur masa depan, yang berfokus pada harmoni antara manusia dan alam.

**Kata Kunci :** Ekosistem, Ekologi, *Urban Heat Island*, Flora dan Fauna

---

## Corresponding Author:

Nama Author :  
Elis Sri Rahayu  
Auliani Noor Faizah

Email:  
chedzliz@gmail.com

---

## Abstract

*The integration of natural ecosystems in architectural design is an innovative approach that aims to support and enhance biodiversity in urban environments. This approach combines ecological and architectural principles to create spaces that are not only functional and aesthetic, but also sustainable and environmentally friendly. This article reviews various strategies and methods for integrating natural ecosystems in architectural design, including the use of local vegetation, green roofs, living walls, and vertical gardens. In addition, this article discusses the ecological and social benefits of this approach, such as reducing the urban heat island effect, improving air quality, providing habitat for flora and fauna,*

*and improving the quality of human life. Through a case study of Bosco Verticale in Milan, this article shows how the integration of natural ecosystems in architectural design can be an effective solution to urban environmental challenges, while promoting sustainability and community well-being. Thus, it is hoped that this approach can become an integral part of future architectural practice, which focuses on harmony between humans and nature.*

---

**Keywords :** *Ecosystem, Ecology, Urban Heat Island, Flora and Fauna*

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan kota-kota besar sering kali disertai dengan penurunan kualitas udara [1], meningkatnya suhu permukaan [2], hilangnya habitat alami [3], dan berkurangnya keanekaragaman hayati [4]. Fenomena ini menimbulkan tantangan besar bagi keberlanjutan lingkungan perkotaan dan kesejahteraan penghuninya. Dalam konteks ini, integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur muncul sebagai pendekatan inovatif dan berkelanjutan [5] yang menawarkan solusi untuk mengatasi tantangan tersebut.

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur bertujuan untuk mendukung dan meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Pendekatan ini menggabungkan prinsip-prinsip ekologi dan arsitektur untuk menciptakan ruang yang tidak hanya fungsional dan estetis, tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan [6]. Melalui penggunaan elemen alami seperti vegetasi lokal, atap hijau, dinding hidup, dan taman vertikal, arsitektur modern dapat menciptakan lingkungan yang mendukung keberlanjutan ekosistem dan meningkatkan kualitas hidup manusia [7].

Manfaat ekologis dari integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur sangat luas. Salah satu manfaat utamanya adalah pengurangan efek *urban heat island* (UHI) karena ruang hijau dapat menurunkan suhu lokal melalui proses evapotranspirasi dan peningkatan albedo permukaan [8]. Selain itu, vegetasi dalam desain arsitektur dapat meningkatkan kualitas udara dengan menyerap polutan dan menghasilkan oksigen. Ruang hijau juga menyediakan habitat bagi flora dan fauna, membantu konservasi keanekaragaman hayati di tengah lingkungan perkotaan yang padat [9].

Selain manfaat ekologis, integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur juga memberikan dampak sosial yang signifikan. Ruang terbuka hijau dapat meningkatkan interaksi sosial dan komunitas, memberikan tempat bagi kegiatan rekreasi, dan mendukung kesehatan fisik dan mental penduduk kota. Dengan demikian, integrasi ini tidak hanya berfokus pada aspek lingkungan, tetapi juga berperan dalam memperbaiki kualitas hidup manusia.

Artikel ini mengulas berbagai strategi dan metode untuk mengintegrasikan ekosistem alami dalam desain arsitektur, serta manfaat ekologis dan sosial dari pendekatan ini. Melalui studi kasus dan penelitian terkini, artikel ini menunjukkan bagaimana integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur dapat menjadi solusi efektif untuk tantangan lingkungan perkotaan, sekaligus mendorong keberlanjutan dan kesejahteraan komunitas. Dengan memahami dan menerapkan konsep ini, diharapkan praktik arsitektur masa depan dapat semakin berfokus pada harmoni antara manusia dan alam, menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih berkelanjutan dan layak huni.

## KAJIAN PUSTAKA

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur telah menjadi fokus utama dalam upaya untuk menciptakan lingkungan binaan yang lebih berkelanjutan dan mendukung keanekaragaman hayati. Pendekatan ini melibatkan penggunaan elemen-elemen alam dalam perencanaan dan pembangunan gedung serta ruang publik, dengan tujuan untuk menciptakan sinergi antara manusia dan alam. Kajian literatur ini akan mengulas berbagai penelitian dan teori yang mendukung konsep ini, serta manfaat yang dihasilkannya.

Integrasi ekosistem alami dalam arsitektur merujuk pada penerapan prinsip-prinsip ekologi dalam desain bangunan dan tata ruang. Menurut McHarg dalam bukunya *Design with Nature* [10], konsep ini menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan dalam setiap tahap perencanaan dan pembangunan, mulai dari pemilihan lokasi hingga desain akhir. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan memaksimalkan manfaat ekosistem bagi penghuni dan lingkungan sekitarnya. Integrasi ekosistem alami dapat meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Menurut Beatley [11] ruang hijau seperti taman atap, dinding hijau, dan taman vertikal dapat menyediakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna. Penelitian oleh Aronson et al. [12] menunjukkan bahwa peningkatan keanekaragaman hayati di kota-kota dapat membantu menjaga ekosistem yang sehat dan seimbang, serta meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim.

Ruang hijau dan vegetasi dapat membantu dalam manajemen air hujan. Menurut studi oleh Ellis [13] tanaman dan tanah dalam ruang terbuka dapat menyerap air hujan, mengurangi limpasan permukaan yang dapat menyebabkan banjir. Selain itu, ruang hijau berfungsi sebagai penyaring alami, membersihkan air hujan dari polutan sebelum mencapai sistem perairan kota.

### Manfaat Sosial dan Kesehatan

#### Kesehatan Mental dan Fisik

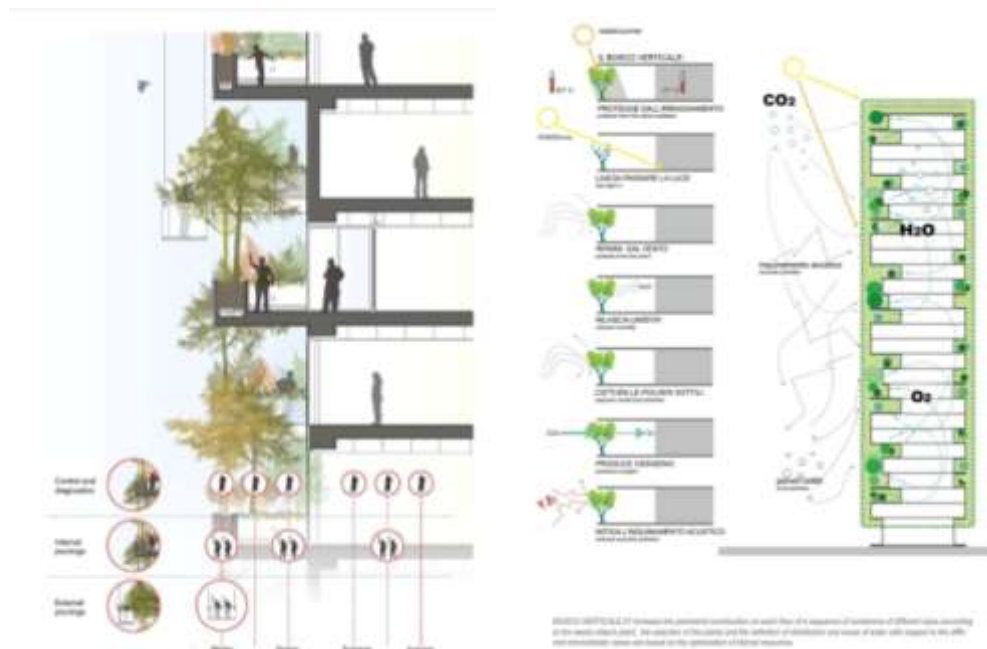
Akses ke ruang hijau dan elemen alam dalam lingkungan binaan dapat meningkatkan kesehatan mental dan fisik. Ulrich [14] menemukan bahwa paparan alam dapat mengurangi stres dan mempercepat pemulihan dari penyakit. Selain itu, penelitian oleh Hartig et al. [15] menunjukkan bahwa keberadaan ruang hijau dapat meningkatkan aktivitas fisik dan mengurangi risiko penyakit kronis. Ruang terbuka yang dirancang dengan baik dapat mendorong interaksi sosial dan memperkuat ikatan komunitas. Gehl [16] menekankan pentingnya ruang publik yang mendukung pertemuan dan aktivitas sosial untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang hidup dan inklusif.

Ada berbagai strategi desain yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan ekosistem alami dalam arsitektur. Menurut Newman [17] strategi ini meliputi penggunaan taman atap, dinding hijau, dan sistem pengelolaan air hujan yang ramah lingkungan. Selain itu, penggunaan material alami dan berkelanjutan dalam konstruksi bangunan juga dapat mendukung prinsip-prinsip ekologi. Banyak proyek arsitektur modern yang berhasil mengintegrasikan ekosistem alami dalam desainnya. Misalnya, Bosco Verticale di Milan, Italia, adalah contoh menara apartemen yang dilengkapi dengan ribuan tanaman, yang tidak hanya meningkatkan keanekaragaman hayati tetapi juga membantu mengurangi polusi udara dan menyediakan isolasi termal bagi bangunan [18].



**Gambar 1** Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy [19]

Bosco Verticale, yang berarti "Hutan Vertikal" dalam bahasa Italia, adalah sebuah proyek arsitektur yang terdiri dari dua menara hunian di distrik Porta Nuova di Milan, Italia. Proyek ini dirancang oleh arsitek Stefano Boeri dan diresmikan pada tahun 2014. Bosco Verticale terkenal karena integrasi ekosistem alami secara vertikal, dimana fasad bangunan ditanami dengan lebih dari 900 pohon, 5.000 semak, dan 11.000 tanaman bunga.



**Gambar 2** Potongan tiap lantai yang menyesuaikan Kebutuhan tanaman, Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy [19]

Bosco Verticale memberikan berbagai manfaat ekologis yang signifikan, baik bagi penghuni bangunan maupun lingkungan sekitarnya. Berikut adalah beberapa manfaat utama:

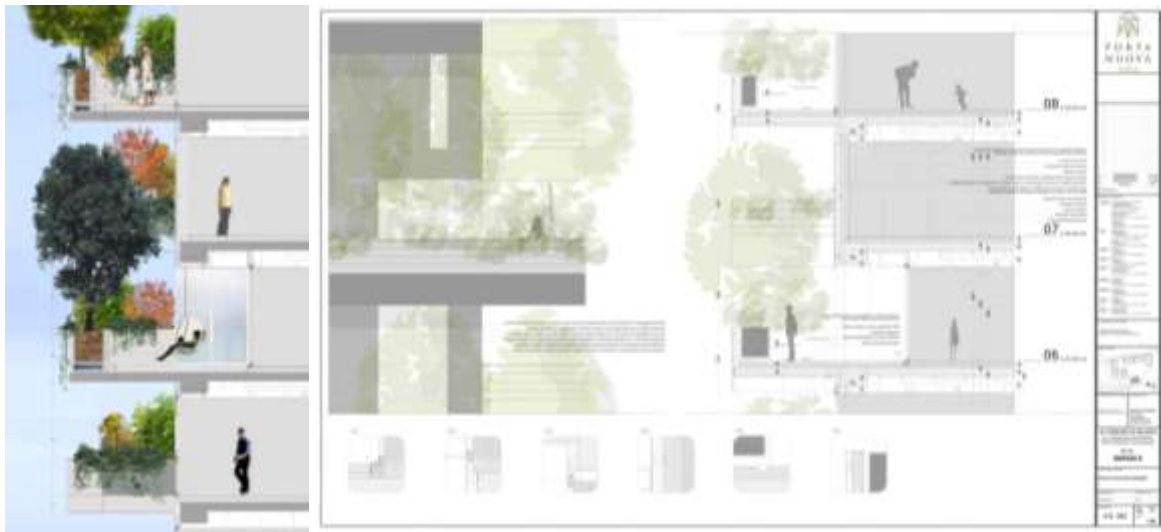
### 1) Peningkatan Keanekaragaman Hayati

Salah satu tujuan utama Bosco Verticale adalah untuk meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Vegetasi yang ditanam di menara ini menciptakan habitat bagi berbagai spesies burung dan serangga, yang biasanya sulit ditemukan di kawasan perkotaan. Hal ini membantu memelihara ekosistem yang lebih seimbang dan mendukung spesies lokal.

### 2) Pengurangan Polusi Udara

Tanaman di Bosco Verticale memainkan peran penting dalam menyerap polutan udara dan menghasilkan oksigen. Melalui proses fotosintesis, tanaman menyerap karbon dioksida dan memproduksi oksigen, yang membantu meningkatkan kualitas udara di sekitar bangunan. Selain

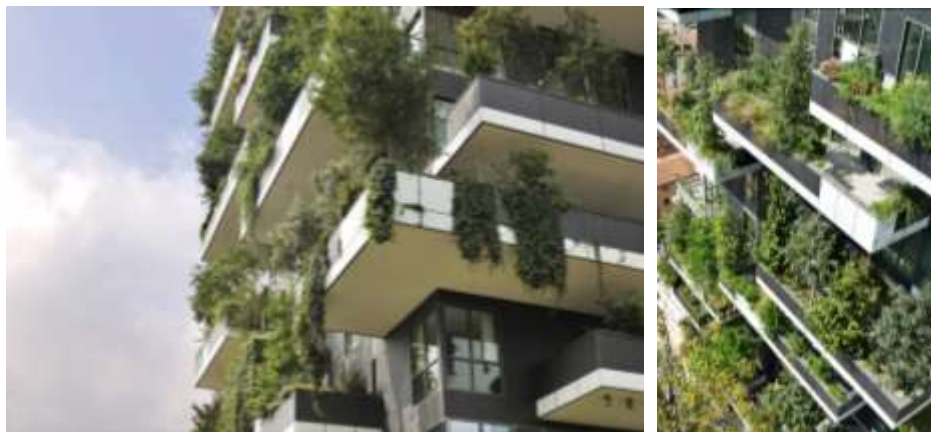
itu, tanaman juga dapat menangkap partikel debu dan polutan lainnya, mengurangi dampak buruk polusi udara terhadap kesehatan manusia.



Gambar 3 Detail Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy [19]

### 3) Isolasi Termal

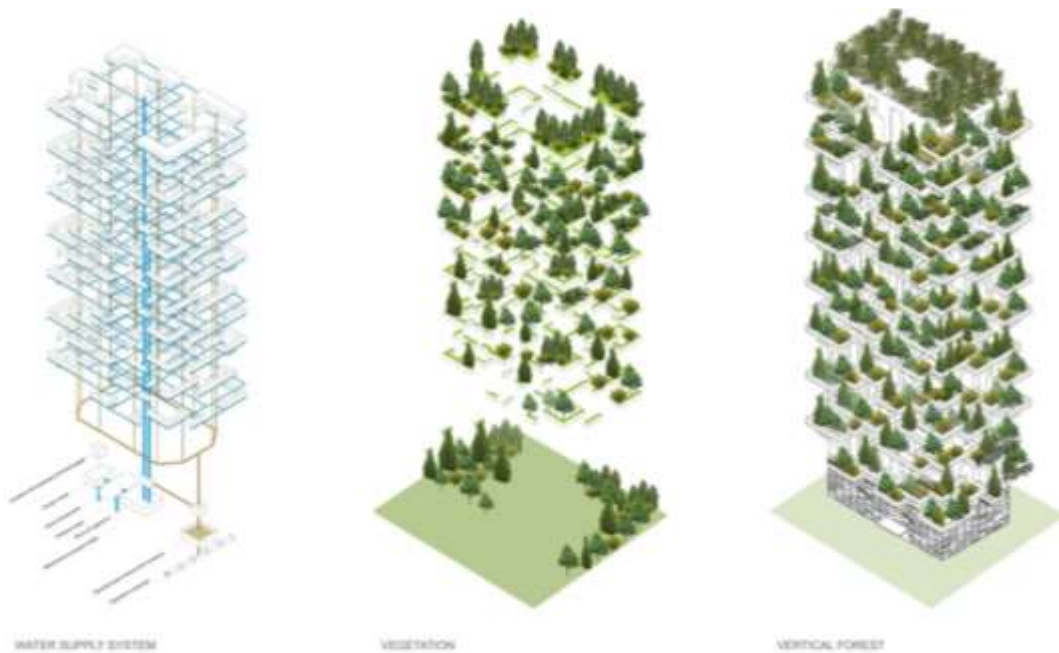
Vegetasi pada fasad bangunan menyediakan isolasi termal alami, yang membantu mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan dan pendinginan. Tanaman dapat menyerap sinar matahari dan mencegah panas berlebih masuk ke dalam bangunan pada musim panas, sementara pada musim dingin, mereka membantu menjaga kehangatan di dalam bangunan. Efek ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga mengurangi emisi karbon dari sistem HVAC (pemanas, ventilasi, dan pendingin udara).



Gambar 4 Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy [19]

### 4) Manajemen Air Hujan

Tanaman dan media tanam yang digunakan dalam Bosco Verticale juga berfungsi untuk mengelola air hujan. Sistem irigasi yang canggih mengumpulkan air hujan dan menggunakannya untuk menyiram tanaman, mengurangi limpasan air yang dapat menyebabkan banjir di kawasan perkotaan. Selain itu, vegetasi membantu menyaring air hujan dari polutan sebelum kembali ke sistem air tanah.



Gambar 5 Detail Sistem Pengairan dan Vegetasi di Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy [19]

Namun demikian, Implementasi integrasi ekosistem alami seperti di Bosco Verticale menghadapi berbagai tantangan seperti investasi awal yang besar untuk penanaman dan instalasi sistem irigasi serta struktur pendukung tanaman. Selain itu, pemeliharaan rutin diperlukan untuk memastikan kesehatan tanaman dan fungsi ekosistem yang optimal. Biaya perawatan ini bisa menjadi kendala bagi konsep serupa. Selain itu pemilihan teknologi dan material yang tepat sangat penting untuk keberhasilan proyek seperti Bosco Verticale. Misalnya, sistem irigasi otomatis yang digunakan harus efisien dan andal, serta material yang digunakan untuk mendukung tanaman harus kuat dan tahan lama. Kemajuan dalam teknologi hijau dan material berkelanjutan dapat membantu mengatasi tantangan ini.



Gambar 6 Maintenance - Bosco Verticale / Boeri Studio, Milan, Italy[19]

Bosco Verticale membuka peluang besar bagi pengembangan lebih lanjut dalam integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur seperti :

### 1) Replikasi dan Skalabilitas

Konsep hutan vertikal dapat direplikasi di berbagai kota lain di seluruh dunia, khususnya di daerah yang menghadapi masalah polusi udara dan kekurangan ruang hijau. Skalabilitas

proyek ini memungkinkan penerapan dalam skala yang lebih besar, baik dalam bangunan residensial maupun komersial.

### 2) Peningkatan Kesadaran dan Kebijakan

Keberhasilan proyek ini juga membantu meningkatkan kesadaran masyarakat dan pembuat kebijakan tentang pentingnya integrasi ekosistem alami dalam perencanaan kota. Hal ini dapat mendorong lebih banyak investasi dalam proyek-proyek berkelanjutan dan mendorong peraturan yang mendukung pembangunan hijau.

### 3) Inovasi dalam Desain Arsitektur

Bosco Verticale menjadi inspirasi bagi arsitek dan desainer untuk mengeksplorasi inovasi lebih lanjut dalam integrasi ekosistem alami. Inovasi ini tidak hanya terbatas pada vegetasi tetapi juga mencakup elemen lain seperti penggunaan material daur ulang, teknologi energi terbarukan, dan sistem pengelolaan sumber daya yang lebih efisien.

Salah satu tantangan utama dalam mengintegrasikan ekosistem alami dalam arsitektur adalah biaya awal yang tinggi dan kebutuhan akan perawatan yang berkelanjutan. Meskipun manfaat jangka panjangnya signifikan, biaya implementasi sering kali menjadi penghalang bagi banyak proyek. Namun, ada juga peluang besar untuk inovasi dan perkembangan teknologi dalam bidang ini. Penggunaan teknologi hijau dan material berkelanjutan dapat membantu mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi. Selain itu, meningkatnya kesadaran publik tentang pentingnya keberlanjutan dapat mendorong lebih banyak investasi dalam proyek-proyek yang mendukung integrasi ekosistem alami.

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur menawarkan berbagai manfaat ekologis dan sosial yang signifikan. Pendekatan ini tidak hanya membantu menjaga keanekaragaman hayati dan mengelola air hujan, tetapi juga meningkatkan kesehatan mental dan fisik, serta memperkuat interaksi sosial. Meskipun ada tantangan yang perlu diatasi, peluang untuk inovasi dan perkembangan teknologi menjadikan konsep ini sebagai bagian penting dari arsitektur masa depan. Penelitian dan implementasi lebih lanjut diperlukan untuk memastikan bahwa manfaat ini dapat dioptimalkan bagi masyarakat dan lingkungan.

### Keanekaragaman Hayati dalam Integrasi Ekosistem Alami dalam Desain Arsitektur

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur memainkan peran penting dalam meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Keanekaragaman hayati, yang mencakup berbagai spesies flora dan fauna serta ekosistem tempat mereka hidup, adalah komponen vital dalam menjaga keseimbangan ekologi dan mendukung keberlanjutan. Pendekatan ini menggabungkan prinsip-prinsip ekologi dengan arsitektur untuk menciptakan ruang yang tidak hanya memenuhi fungsi dan estetika, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia.

### Strategi Integrasi Ekosistem Alami

Memanfaatkan tanaman asli daerah dalam desain lanskap dan bangunan membantu menciptakan habitat yang cocok untuk spesies lokal. Tanaman ini biasanya lebih tahan terhadap kondisi lingkungan setempat dan memerlukan perawatan yang lebih sedikit [20]. Selain itu menghubungkan ruang terbuka dengan jalur hijau dapat mendukung pergerakan dan penyebaran spesies, sehingga meningkatkan keanekaragaman hayati.

Strategi selanjutnya adalah penggunaan atap hijau. Terdapat dua jenis utama atap hijau, yaitu ekstensif dan intensif [21]. Atap hijau ekstensif memiliki lapisan tanah yang tipis dan tanaman yang

tahan kering, sementara atap hijau intensif memiliki lapisan tanah yang lebih tebal dan dapat menampung tanaman yang lebih beragam. Atap hijau tidak hanya menyediakan habitat tambahan bagi burung, serangga, dan tumbuhan, tetapi juga membantu mengurangi suhu permukaan dan meningkatkan kualitas udara. Selanjutnya adalah dinding hidup yang juga dapat berupa panel tanaman yang ditempelkan pada dinding bangunan atau sistem hidroponik yang lebih kompleks. Dinding hidup menyediakan habitat vertikal yang unik, yang dapat mendukung berbagai spesies serangga dan burung serta meningkatkan estetika dan kualitas udara [22].

Selain Dinding hidup, ada pula taman vertikal. Taman vertikal menggunakan ruang vertikal untuk menanam tanaman, yang sangat efektif di area perkotaan dengan ruang horizontal yang terbatas. Taman vertikal memungkinkan penggunaan berbagai jenis tanaman, yang mendukung biodiversitas dan menyediakan habitat bagi spesies yang berbeda [23].

### **Manfaat Keanekaragaman Hayati**

Tanaman melalui proses evapotranspirasi membantu menurunkan suhu udara, mengurangi efek *Urban Heat Island* yang umum terjadi di kota-kota besar [24]. Tanaman menyerap polutan seperti ozon, nitrogen dioksida, dan partikel debu, yang membantu membersihkan udara dan meningkatkan kesehatan lingkungan perkotaan. Integrasi ekosistem alami dalam arsitektur menyediakan habitat yang diperlukan untuk keberlangsungan berbagai spesies tanaman dan hewan, termasuk spesies endemik dan langka yang mungkin terancam puna. Paparan alam dan keanekaragaman hayati terbukti memiliki efek positif pada kesehatan mental dan kesejahteraan manusia, mengurangi stres dan meningkatkan perasaan bahagia [25].

## **PEMBAHASAN**

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur adalah konsep yang bertujuan menciptakan lingkungan binaan yang harmonis dengan alam. Hal ini dicapai dengan memasukkan elemen-elemen alami seperti vegetasi, air, dan material ramah lingkungan dalam desain bangunan dan ruang publik. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan serta meningkatkan kualitas hidup penghuni dan masyarakat sekitar.

### **Studi Kasus Bosco Verticale**

Bosco Verticale, yang berarti "Hutan Vertikal" dalam bahasa Italia, adalah contoh konkret dari penerapan konsep ini. Proyek ini terdiri dari dua menara apartemen yang terletak di distrik Porta Nuova, Milan, Italia. Menara-menara ini dirancang oleh arsitek Stefano Boeri dan dilengkapi dengan ribuan tanaman yang menjadikannya sebagai hutan vertikal di tengah kota. Bosco Verticale menawarkan banyak manfaat ekologis dan sosial yang relevan untuk dikaji lebih dalam.

Manfaat ekologis dari Bosco Verticale dapat dilihat dari beberapa aspek utama:

#### **1) Peningkatan Keanekaragaman Hayati**

Penanaman berbagai jenis tanaman pada fasad bangunan menyediakan habitat bagi spesies burung, serangga, dan hewan kecil lainnya. Ini tidak hanya mendukung keanekaragaman hayati tetapi juga membantu menciptakan ekosistem yang seimbang di lingkungan perkotaan. Penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati yang tinggi dapat meningkatkan ketahanan lingkungan terhadap perubahan iklim dan gangguan lainnya.

#### **2) Pengurangan Polusi Udara**

Tanaman memiliki kemampuan untuk menyerap karbon dioksida dan polutan lainnya melalui proses fotosintesis. Dengan ribuan tanaman yang menutupi fasad Bosco Verticale, bangunan ini berfungsi sebagai filter udara alami yang membantu mengurangi polusi dan



meningkatkan kualitas udara di sekitarnya. Hal ini berdampak positif pada kesehatan penghuni dan masyarakat sekitar.

### 3) Isolasi Termal

Vegetasi pada fasad bangunan menyediakan isolasi termal alami, yang membantu mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan dan pemanasan. Pada musim panas, tanaman menyerap panas matahari dan mengurangi suhu di dalam bangunan, sementara pada musim dingin, mereka membantu menjaga kehangatan di dalam bangunan. Efisiensi energi yang meningkat ini mengurangi emisi karbon dan biaya energi.

### 4) Manajemen Air Hujan

Sistem irigasi dan penanaman yang digunakan di Bosco Verticale juga membantu dalam manajemen air hujan. Tanaman dan media tanam mampu menyerap air hujan, mengurangi limpasan permukaan yang dapat menyebabkan banjir. Selain itu, air yang diserap oleh tanaman kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui transpirasi, membantu menjaga keseimbangan kelembaban di lingkungan sekitar.

## Manfaat Sosial dan Kesehatan

Manfaat sosial dan kesehatan dari Bosco Verticale juga sangat signifikan seperti kesehatan mental dan fisik. Akses ke elemen alami seperti tanaman dapat meningkatkan kesejahteraan mental dan fisik. Studi menunjukkan bahwa lingkungan yang hijau dapat mengurangi tingkat stres, mempercepat pemulihan dari penyakit, dan mendorong aktivitas fisik. Penghuni Bosco Verticale dapat menikmati lingkungan yang lebih sehat dan lebih nyaman. Selain itu Interaksi Sosial Ruang terbuka hijau di sekitar Bosco Verticale mendorong interaksi sosial dan memperkuat ikatan komunitas. Desain yang inklusif dan ramah lingkungan ini menyediakan tempat bagi penghuni untuk berkumpul, berinteraksi, dan menikmati alam, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas hidup mereka.

## Tantangan Implementasi

Implementasi integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur tidak terlepas dari tantangan, antara lain:

- 1) **Biaya Awal dan Perawatan.** Proyek seperti Bosco Verticale membutuhkan investasi awal yang signifikan untuk penanaman dan instalasi sistem irigasi. Selain itu, pemeliharaan rutin diperlukan untuk memastikan kesehatan tanaman dan fungsi ekosistem yang optimal. Biaya perawatan yang tinggi bisa menjadi kendala bagi adopsi konsep serupa dalam skala yang lebih luas.
- 2) **Teknologi dan Material.** Pemilihan teknologi dan material yang tepat sangat penting untuk keberhasilan proyek. Misalnya, sistem irigasi otomatis harus efisien dan andal, serta material yang digunakan harus kuat dan tahan lama. Kemajuan dalam teknologi hijau dan material berkelanjutan dapat membantu mengatasi tantangan ini.

Meskipun ada tantangan, peluang untuk inovasi dan pengembangan di masa depan juga sangat besar. Konsep hutan vertikal dapat direplikasi di berbagai kota di dunia, terutama di daerah yang menghadapi masalah polusi udara dan kekurangan ruang hijau. Proyek seperti Bosco Verticale dapat diadaptasi untuk berbagai jenis bangunan, baik residensial maupun komersial, dalam skala yang lebih besar. Keberhasilan proyek Bosco Verticale membantu meningkatkan kesadaran publik dan pembuat kebijakan tentang pentingnya integrasi ekosistem alami dalam perencanaan kota. Ini dapat mendorong lebih banyak investasi dalam proyek-proyek berkelanjutan dan mendorong peraturan yang mendukung pembangunan hijau.

### Inovasi dalam Desain Arsitektur

Bosco Verticale menginspirasi arsitek dan desainer untuk mengeksplorasi inovasi lebih lanjut dalam integrasi ekosistem alami. Inovasi ini dapat mencakup penggunaan material daur ulang, teknologi energi terbarukan, dan sistem pengelolaan sumber daya yang lebih efisien, memperkuat konsep arsitektur berkelanjutan.

### KESIMPULAN

Integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur adalah pendekatan inovatif yang menggabungkan prinsip-prinsip ekologi dengan arsitektur untuk menciptakan ruang yang fungsional, estetis, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Pendekatan ini menggunakan berbagai strategi seperti vegetasi lokal, atap hijau, dinding hidup, dan taman vertikal untuk meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Manfaat yang dihasilkan mencakup pengurangan efek urban heat island, peningkatan kualitas udara, penyediaan habitat bagi flora dan fauna, serta peningkatan kualitas hidup manusia. Melalui Bosco Verticale di Milan, terbukti bahwa integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur tidak hanya mengatasi tantangan lingkungan perkotaan, tetapi juga mendorong keberlanjutan dan kesejahteraan komunitas. Bosco Verticale di Milan adalah contoh sukses dari integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur modern. Proyek ini menunjukkan bagaimana elemen alami dapat digunakan untuk meningkatkan keanekaragaman hayati, mengurangi polusi udara, menyediakan isolasi termal, dan mengelola air hujan. Meskipun menghadapi tantangan biaya dan perawatan, peluang untuk replikasi dan inovasi di masa depan sangat besar. Dengan meningkatnya kesadaran dan dukungan kebijakan, integrasi ekosistem alami berpotensi menjadi bagian penting dari arsitektur berkelanjutan di seluruh dunia.

Secara keseluruhan, integrasi ekosistem alami dalam desain arsitektur adalah pendekatan yang efektif dan diperlukan untuk meningkatkan keanekaragaman hayati di lingkungan perkotaan. Pendekatan ini tidak hanya mengatasi masalah lingkungan seperti urban heat island dan polusi udara, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan kualitas hidup yang lebih baik bagi penduduk kota. Oleh karena itu, strategi ini harus menjadi bagian integral dari praktik arsitektur masa depan, yang berfokus pada harmoni antara manusia dan alam. Pendekatan ini diharapkan menjadi bagian integral dari praktik arsitektur masa depan, dengan fokus pada harmoni antara manusia dan alam.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Indrayani and S. Asfiati, "Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu-Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan," *J. Permukiman*, vol. 13, no. 1, pp. 13–20, 2018.
- [2] F. C. Arie, "Sebaran temperatur permukaan lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di kota malang," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*, 2012, pp. 23–34.
- [3] Y. Liem and R. R. Mahagarmitha, "Habitat perkotaan di Kota Kupang," *ATRIUM J. Arsit.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2019.
- [4] C. Kusmana, "Makalah utama: keanekaragaman hayati (biodiversitas) sebagai elemen kunci ekosistem kota hijau," *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, vol. 1, no. 8, pp. 1747–1755, 2015.
- [5] E. L. Mayona, "Konsep ecological city dalam kerangka konsep ekologi kota dan kota berkelanjutan," *J. Planol.*, vol. 18, no. 2, pp. 226–241, 2021.
- [6] V. F. L. Gaol, "ARSITEKTUR DAN KEINDAHAN: MENJEMBATANI ANTARA ESTETIKA DAN FUNGSI," *WriteBox*, vol. 1, no. 3, 2024.
- [7] M. F. Adha, "Perancangan Pusat Urban Farming Kota Banda Aceh." Uin Ar-Raniry Banda Aceh, 2023.
- [8] F. Nucifera and S. T. Astuti, "Identifikasi local climate zone dan sebaran spasial land surface temperature di Kota Semarang tahun 2019," *Geo Media Maj. Ilm. dan Inf. Kegeografian*, vol.

- 19, no. 1, pp. 54–65, 2021.
- [9] A. Y. Helmi, K. M. Harianto, and B. G. Dimmera, “PEMANFAATAN RUANG TERBUKA HIJAU DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LINGKUNGAN KABUPATEN BENGKAYANG.”
- [10] I. L. McHarg, “Design with nature,” 1969.
- [11] T. Beatley, *Handbook of biophilic city planning & design*. Island Press, 2016.
- [12] M. F. J. Aronson *et al.*, “Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management,” *Front. Ecol. Environ.*, vol. 15, no. 4, pp. 189–196, 2017.
- [13] J. B. Ellis, “Sustainable surface water management and green infrastructure in UK urban catchment planning,” *J. Environ. Plan. Manag.*, vol. 56, no. 1, pp. 24–41, 2013.
- [14] J. Knippers, U. Schmid, and T. Speck, *Biomimetics for architecture: learning from nature*. Birkhäuser, 2019.
- [15] T. Hartig, G. W. Evans, L. D. Jamner, D. S. Davis, and T. Gärling, “Tracking restoration in natural and urban field settings,” *J. Environ. Psychol.*, vol. 23, no. 2, pp. 109–123, 2003.
- [16] J. Gehl, *Cities for people*. Island press, 2013.
- [17] P. Newman, “Biophilic urbanism: a case study on Singapore,” *Aust. Plan.*, vol. 51, no. 1, pp. 47–65, 2014.
- [18] Y. Liu, “Analysis of the vertical forest of milan in terms of high-rise architecture and biodiversity,” *Highlights Art Des.*, vol. 3, no. 2, pp. 47–52, 2023.
- [19] ArchDaily, “Bosco Verticale / Boeri Studio.” <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti> (accessed Mar. 01, 2024).
- [20] H. P. Utomo, “Re-Desain Alun-Alun Bojonegoro Sebagai Ruang Terbuka Publik Dengan Pendekatan Sustainable Urban Landscape.” Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [21] D. Apriyanti and E. Prianto, “Analisa Ekonomi Potensi Penghematan Energi Melalui Penerapan Green Roof (Studi Kasus Gedung Produksi J PT. Phapros Semarang),” in *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi*, 2018, vol. 1, no. 1.
- [22] A. H. Tanjung, C. S. Imani, D. P. Kurna, F. A. Fahrezi, and T. A. Oktaviana, “Vertical Garden Solusi Lahan Ketersediaan Lahan Sempit di Desa Genengan, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar,” in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat & CSR Ke-3 Fakultas Pertanian UNS*, 2023, vol. 3, no. 1, pp. 1–7.
- [23] I. T. Desiliyarni, D. Msi, Y. Astuti, and I. F. Fauzy, *Vertikultur; Teknik Bertanam di Lahan Sempit*. AgroMedia, 2003.
- [24] S. Sukawi, “Mendinginkan Kota Semarang,” *J. Jur. Arsit.*, 2006.
- [25] L. D. Anggraini, *Pengenalan Desain Biofilik*. CV Jejak (Jejak Publisher), 2023.