

Aspek Keberlanjutan Dalam Konsep Arsitektur Biomimikri, Biomorfik Dan Arsitektur Ekologis



Muhammad Dwi Utomo ^{a,1}, Moh. Yusuf ^{a,2}, Puteri Fitriaty ^{b,3}, Andi Jiba Rifai Bassaleng ^{b,4}

^a Prodi Pascasarjana S2 Arsitektur, Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

¹ dwiutomo@untad.ac.id *; ² mohyusuf@untad.ac.id ; ³ puteri_fitriaty@yahoo.com , ⁴ jibaandi@yahoo.com

Submitted: January 05, 2025 | Revised: February 09, 2025 | Accepted: March 05, 2025

ABSTRACT

This study explores the relationship between biomimicry, biomorphic, and ecological architecture, and aims to determine whether biomimicry and biomorphics can be categorized into ecological architecture. Biomimicry architecture mimics nature's shapes, systems, and mechanisms to create efficient and sustainable designs, while biomorphic architecture focuses more on nature-inspired organic aesthetics and forms. This study uses a descriptive-comparative approach, analyzing the basic principles of the three architectural approaches based on the theory developed by Frick (2007) about the principles of ecological architecture. The results show that biomimicry architecture is very much in line with the principles of ecological architecture, especially in terms of energy efficiency and sustainability, with a high average score. In contrast, biomorphic architecture is more aesthetically oriented and tends to meet sustainability criteria less, although it still contributes positively to the experience of the space. The study concludes that biomimicry architecture can be classified as part of ecological architecture, while biomorphic is more complementary in aesthetic aspects.

Keywords: Ecological Architecture, Biomimicry, Biomorphic, Principles of Ecological Architecture.

This is an Open-Access article distributed under the CC-BY-SA license



PENDAHULUAN

Arsitektur ekologis telah lama dikenal sebagai pendekatan desain yang menempatkan keberlanjutan lingkungan sebagai prioritas utama. Prinsip-prinsip arsitektur ekologi merupakan langkah-langkah dalam membuat konsep dengan tujuan menghasilkan perencanaan berbasis kelestarian alam sekitar. Arsitektur ekologis pada hakikatnya merupakan arsitektur kemanusiaan yang menitik beratkan keselarasan antara manusia, lingkungan binaan dan alam sekitar [1]. sementara pendekatan arsitektur biomimikri dan biomorfik muncul dengan inovasi baru yang juga berakar pada alam. Pendekatan biomimikri berusaha meniru proses dan mekanisme alam kedalam desain bangunan, sementara pendekatan biomorfik lebih cenderung meniru bentuk-bentuk alam untuk menciptakan ruang yang fungsional dan estetik. Meskipun kedua metode ini mendapatkan inspirasi dari alam, perlu kajian mendalam terkait hubungannya dengan arsitektur ekologis. Hal tersebut sejalan dengan pendapat tentang biomimikri, yang kurang dipahami sepenuhnya, memiliki ambiguitas yang dapat menjadikannya tidak konsisten dengan hasil bioinklusif. Jika tidak ingin salah menafsirkan “sifat baru biomimikri”, maka perlu pemahaman biomimikri secara etis dan menyeluruh [2],

Pertanyaan dari penelitian ini adalah apakah arsitektur biomimikri dan biomorfik termasuk dalam konsep arsitektur ekologis, atau apakah keduanya merupakan pendekatan independen yang berbeda untuk mencapai tujuan yang berbeda? Penelitian ini akan menyelidiki apakah

prinsip biomimikri dan biomorfik sejalan dengan prinsip dasar arsitektur ekologis dalam konteks keberlanjutan lingkungan melalui studi teoritis dan komparatif.

Penelitian *literatur review* ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dan batasan mengenai hubungan konseptual antara arsitektur biomimikri, biomorfik, dan ekologis. penelitian ini juga dapat membantu peneliti & profesional arsitektur dalam memilih strategi desain yang paling sesuai terkait isu keberlanjutan dalam perancangan arsitektur dan lingkungan binaan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Metode deskriptif komparatif dalam penelitian ini akan digunakan untuk menganalisis konsep dan penerapan arsitektur ekologis, biomorfik, dan biomimikri, dengan tujuan memahami sejauh mana masing-masing pendekatan memenuhi prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan. Proses penelitian dimulai dengan *systematic literature review* untuk mengumpulkan artikel ilmiah, jurnal, dan publikasi yang relevan dari berbagai sumber, seperti Google Scholar dan ScienceDirect. Pencarian literatur akan difokuskan pada kata kunci seperti "*ecological architecture*," "*biomorphic architecture*," dan "*biomimicry in architecture*." Setiap artikel diseleksi berdasarkan kriteria relevansi, konteks penerapan, dan tahun publikasi untuk memastikan data yang digunakan terkini dan sesuai dengan konteks penelitian.

Setelah literatur terkumpul, dilakukan analisis konten untuk mengekstraksi data terkait prinsip-prinsip utama yang menjadi fokus penelitian, Data dari setiap literatur dicatat dalam tabel komparatif untuk memudahkan identifikasi persamaan dan perbedaan konsep serta pendekatan yang diterapkan dalam masing-masing jenis arsitektur.

Tahap terakhir adalah analisis perbandingan. Data yang telah dikategorikan dianalisis untuk menemukan pola-pola yang menggambarkan kelebihan dan kekurangan dari pendekatan biomorfik, dan biomimikri dalam hubungannya dengan konsep arsitektur ekologis. Dengan membandingkan prinsip-prinsip arsitektur dalam masing-masing pendekatan, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sintesis temuan yang menunjukkan tingkat keterikatan antara konsep ekologis, biomorfik, dan biomimikri.

Penelitian ini akan menggunakan beberapa kriteria untuk mengevaluasi arsitektur biomimikri dan biomorfik kaitanya dengan arsitektur ekologis. Kriteria yang digunakan diambil dari prinsip-prinsip ekologis Berdasarkan Teori milik Frick (2007), Widigdo (2008) dan Metallinaou (2006) tentang Arsitektur Ekologis.

Arsitektur Biomimikri

Biomimikri secara etimologi terbagi atas dua kata, yaitu Bio (kehidupan/mahluk hidup) dan Mimikri (meniru/penyesuaian). Janine Benyus mendefinisikan Biomimikri merupakan cabang ilmu yang menggali gagasan & proses yang terbentuk di alam, kemudian meniru gagasan serta proses tersebut untuk membantu meminimalisir permasalahan yang dihadapi manusia [3]. Arsitektur Biomimikri dapat diartikan sebagai seni/ilmu merancang bangunan dengan cara meniru organisme atau makhluk hidup. gagasan dan proses yang ditiru dari alam kemudian digunakan menjadi ide utama untuk menyelesaikan kendala-kendala teknis yang dihadapi saat merancang sebuah bangunan atau lingkungan binaan.

Arsitektur Biomimikri dalam perkembangannya dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu pertama tingkat organisme, kedua tingkat interaksi, dan ketiga tingkat ekosistem [3]. Biomimikri tingkat pertama organisme, konsep bangunan meniru alam hanya pada bagian organisme tersebut. Pada Biomimikri tingkat kedua interaksi, konsep bangunan meniru organisme dan proses interaksi alami yang terjadi pada organisme tersebut. Pada Biomimikri tingkat ketiga ekosistem, konsep bangunan meniru secara menyeluruh terkait organisme, siklus kehidupan serta proses alami yang terjadi dalam ekosistem yang terbentuk di alam.

Janine Benyus menjelaskan dalam "*Biomimicry Resource Handbook*" pada bagian "*Principles of life*" prinsip-prinsip desain yang berasal dari biomimikri sejati, dapat dijabarkan menjadi enam kategori dengan uraian prinsip sebagai berikut.

- a. Berekolusi dalam bertahan hidup (*Progressive*). Secara berkala menerima masukan dan menyebarkan informasi guna memastikan kinerja bekerja optimal serta bertahan lama.

- b. Beradaptasi terkait perubahan kondisi (*Enterpreneurial*). Langkah yang diambil dinamis sejalan dengan perubahan yang terjadi.
- c. Selaras dengan lokalitas serta responsif (*Native*). Menyesuaikan serta mengintegrasikan konsep untuk menyatu dengan lingkungan sekitarnya
- d. Integrasi antara pembangunan dan pertumbuhan (*Holistic*). Mengoptimalkan secara menyeluruh terkait strategi mengelola pembangunan dan pertumbuhan
- e. Efisiensi sumber daya, material dan energi (*Smart*). Selektif dan konservatif dalam mengambil keputusan penggunaan sumber daya dan peluang yang ada disekitar.
- f. Meminimalisir bahan kimia, ramah lingkungan (*Clean*). Berhati-hati dalam menggunakan bahan kimia untuk mendukung proses kehidupan

Tirulah alam dengan pendekatan biomimikri, Dalam masyarakat yang terbiasa mendominasi atau memperbaiki alam, peniruan penuh hormat ini merupakan sebuah revolusi nyata. Revolusi biomimikri membuka era dimana bukan atas apa yang dapat kita ambil dari alam, namun pada apa yang dapat kita pelajari darinya. Biomimikri mengidentifikasi apa yang berhasil di alam, yang terpenting, yang bertahan lama serta apa yang ada di sekitar kita adalah contoh untuk bertahan hidup. Semakin dekat dunia kita dengan alam, semakin besar kemungkinan kita untuk hidup lebih lama di bumi ini dimana kita tidak boleh lupa bahwa kita bukanlah satu-satunya penghuninya [4].



Gambar. 1. Ilustrasi Pusat Seni Singapura yang di inspirasi dari alam [14]

Pendekatan konsep desain arsitektur biomimikri pada gambar 1, adalah Desain Pusat Seni Singapura, yang umum dikenal sebagai Teater Esplanade. Mengambil bentuk dari selubung berduri yang melindungi buah Durian, fasad kinetik gedung ini disinkronkan dengan pergerakan matahari untuk melindungi interiornya dari panas tropis sekaligus memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam bangunan. Keputusan untuk menggunakan pendekatan Biomimikri diambil setelah desain awal dikritik karena mengandung terlalu banyak kaca. Desainnya juga dikritik karena tidak peka terhadap iklim tropis Singapura. Untuk menciptakan bangunan yang merespon lingkungan dan budayanya namun tetap terlihat modern. maka analogi biologi dari buah durian dengan fasad kinetik menjadi pilihan untuk responsif terhadap iklim tropis, Penerapan fasad kinetik terbukti dapat mengurangi konsumsi energi sebesar 30% dan pencahayaan buatan sebesar 55% [5].

Arsitektur Biomorfik

Biomorphic berasal dari dua suku kata yaitu Bios (kehidupan/mahluk hidup) dan Morphology (bentuk/system). Arsitektur biomorfik merupakan konsep desain arsitektural yang menerapkan ide, gagasan yang berasal dari kehidupan organik, bisa berasal dari bentuk, sistem maupun pergerakan. Penggunaan konsep desain biomorfik sangat berhubungan erat dengan visual/tampilan bentuk yang dihasilkan dalam sebuah perancangan.

Arsitektur biomorfik adalah salah satu tema dalam konsep arsitektur yang memiliki prinsip utama yaitu kepedulian terhadap lingkungan, di mana konsep ini lahir dari pemikiran tentang pentingnya alam dan sebisa mungkin berorientasi pada lingkungan, termasuk iklim. Ide dasar dalam desain Arsitektur biomorfik adalah bagaimana perancang dapat mengkolaborasikan hubungan manusia dan alam, yang dapat diwujudkan pada bentuk, material, struktur serta mekanismenya [6].

Prinsip-prinsip yang menjadi dasar pada arsitektur biomorfik yaitu prinsip bentuk, prinsip struktur dan material serta berkelanjutan. Bentuk yang tercipta dalam arsitektur biomorfik

M. Dwi Utomo (Aspek keberlanjutan dalam konsep arsitektur)

Sebagian besar melalui analogi atau metafora dari bentuk-bentuk yang dijumpai di alam. Bentuk dari alam terkesan lebih dinamis serta jauh dari bentuk geometris. Arsitektur biomorfik dalam perkembangannya saat ini menunjukkan bahwa keterikatan alam dan manusia kaitannya dengan karya arsitektur tidak hanya difokuskan melalui aspek estetika/visual semata. Namun, sekarang telah terintegrasi dengan prinsip arsitektur yang ramah lingkungan. Berbeda pada abad ke 18 hingga awal abad ke 19 yang mana implementasi arsitektur biomorfik masih tergantung dengan keaslian alam sehingga rancangan arsitektur yang dihasilkan terkesan radikal atau masih tersirat secara eksplisit [7]



Gambar. 2. interior dari gedung Administrasi Johnson [15]

Arsitektur biomorfik yang terinspirasi dari metafora pohon terlihat pada karya arsitek Wright pada desain interior dari gedung Administrasi Johnson gambar 2. Wright menggunakan kolom penyangga dengan alas pada bagian bawah sangat tipis serta berbentuk lingkaran pada bagian atasnya yang disebut *dendriforms*, artinya membentuk pohon. Rangkaian kolom *dendriform* pada ruangan dan membentuk pattern melingkar pada langit-langit. Kemudian diselipkan material transparan sebagai skylight. Penggunaan tabung kaca yang terletak di langit-langit memungkinkan pencahayaan alami masuk dan menyebar keseluruh ruang kantor dibawahnya.

Kemudian pengaruh alam juga dapat dilihat pada ilustrasi gambar 3 yaitu Planetarium L'Hemisferic yang dirancang oleh arsitek Santiago Calatrava pada tahun 1998. Bangunan ini terletak di daerah dengan fungsi kawasan Pendidikan seperti Musesum Sains dan Palacio de las Artes. Rancangan planetarium ini terinspirasi oleh organ mata yang di filosofikan Mata sebagai pengetahuan.



Gambar. 3. Rancangan planetarium L'Hemisferic terinspirasi oleh organ mata [16]

Arsitektur Ekologis

Konsep arsitektur ekologis memfokuskan pada prinsip pembangunan, kesehatan manusia, lingkungan serta pengelolaan ke dalam empat unsur, yaitu bumi, air, api, dan udara, dengan mempertahankan integritas hubungan ekologis lingkungan [8].

Sementara menurut Cowan dan Ryn (1996) [9], menguraikan bahwa prinsip dalam desain arsitektur ekologis terbagi menjadi 5 (lima) bagian sebagai berikut:

- a. *Solution Grows from Place*, Mencari jawaban atas keseluruhan masalah pada desain yang berasal di lingkungan sekitar untuk menjadi objek arsitektur terbangun. Prinsipnya

- bermanfaat dalam pengembangan potensi dan sumber daya yang tersedia, serta mengatasi permasalahan pada desain yang erat hubungannya dengan lingkungan sekitar.
- Ecological Accounting Informs Design*, bermanfaat dalam mengurangi dampak buruk bagi lingkungan melalui perhitungan dan pertimbangan data-data ekologis. Sehingga rancangan desain yang dihasilkan efektif dalam mengurangi, kemungkinan dampak buruk yang timbul bagi lingkungan sekitar.
 - Design with Nature*, Rancangan arsitektur dapat melestarikan setiap unsur-unsur dari ekosistem sehingga tidak mencemari lingkungan. Prinsip yang dipergunakan telah diperhitungkan secara tepat berdasarkan karakter lingkungan yang mau diubah atau dikembangkan.
 - Everyone is a Designer*, Perencanaan yang menyeluruh perlu melibatkan multi disiplin ilmu pengetahuan, berkerjasama dengan tujuan memperbaiki lingkungan. setiap pihak yang terlibat akan menjadikan hasil rancangan yang baik.
 - Make Nature Visible*, dalam arsitektur ekologis diharapkan terbentuknya proses siklus, yaitu proses yang dilewati secara alami serta membantu mengurangi limbah yang dihasilkan.

Prinsip ekologis Berdasarkan Teori yang dikembangkan Frick (2007), Widigdo (2008) dan Metallinaou (2006) tentang konsep Arsitektur Ekologis [10] . Berdasarkan pendapat para ahli tersebut, konsep arsitektur ekologis mengarah pada prinsip-prinsip sebagai berikut:

- Memelihara/menjaga sumber daya alam.
- Mengelola tanah, air dan udara secara maksimal
- Mengaplikasikan sistem-sistem bangunan yang hemat energi
- Menggunakan dan memanfaatkan material lokal
- Mengurangi dampak negatif pada alam
- Meningkatkan penyerapan gas buang
- Menerapkan teknologi yang mengedepankan nilai-nilai ekologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel. 1 memberikan gambaran perbandingan antara ketiga pendekatan tersebut, di tinjau berdasarkan konsep gagasan, perkembangan dan sejarah, serta tujuan utamanya.

Table 1. Konsep, Sejarah perkembangan dan Tujuan

Aspek	Konsep Arsitektur		
	<i>Biomimikri</i>	<i>Biomorfik</i>	<i>Ekologis</i>
Konsep Gagasan	Meniru bentuk, proses, dan sistem alam untuk memecahkan masalah desain dan arsitektur secara efisien.	Menggunakan bentuk organik dan natural dari alam sebagai inspirasi estetika dan fungsi bangunan.	Mengintegrasikan bangunan dengan alam secara menyeluruh, untuk meminimalkan dampak lingkungan dan memperbaiki ekosistem.
Perkembangan & Sejarah	Dikenal sejak akhir abad ke-20. Dipopulerkan oleh Janine Benyus melalui konsep biomimikri di berbagai bidang, termasuk arsitektur.	Diperkenalkan sejak era arsitektur modern (abad ke-20) oleh arsitek seperti Antoni Gaudí dan Santiago calatrava.	Berasal dari gerakan arsitektur hijau dan desain berkelanjutan di akhir abad ke-20, berevolusi atas respons krisis lingkungan.
Tujuan Gerakan arsitektur	Mengoptimalkan efisiensi energi, mengurangi limbah, dan menciptakan solusi desain berkelanjutan yang terinspirasi oleh alam.	Menciptakan bangunan yang estetis, organik, dan mencerminkan keindahan alam melalui desain bentuk-bentuk alami.	Mewujudkan keberlanjutan total dengan mengurangi jejak ekologis bangunan, memperbaiki kualitas lingkungan, dan meningkatkan kesejahteraan pengguna.

Sumber: Analisis penulis, 2024

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang perbedaan antara arsitektur biomimikri, biomorfik, dan ekologis, penting untuk melihat arsitektur ekologis dari sudut pandangnya sendiri. Arsitektur ekologis berfokus pada keberlanjutan dan kolaborasi dengan alam, baik dalam hal efisiensi energi, penggunaan material ramah lingkungan, maupun pengelolaan sumber daya seperti energi dan air. Tabel. 2 menunjukkan analisis perbandingan dari ketiga pendekatan tersebut berdasarkan prinsip arsitektur ekologis, Skala penilaian dari 1 hingga 5, di mana: 1 = Tidak Sesuai, 2 = Kurang relevan, 3 = Cukup relevan, 4 = relevan dan 5 = Sangat relevan.

Tabel 2. Penilaian kesesuaian Prinsip arsitektur ekologis berdasarkan Frick (2007) tentang Arsitektur Ekologis. Dengan arsitektur biomimikri & biomorfik

Prinsip Ekologis	Konsep Arsitektur			
	<i>Biomimikri</i>	<i>Skor</i>	<i>Biomorfik</i>	<i>Skor</i>
Memelihara sumber daya alam	Meniru mekanisme alam untuk efisiensi sumber daya, misalnya strategi penyesuaian lingkungan.	5	Lebih fokus pada estetika daripada mempertimbangkan kelestarian sumber daya alam.	2
Mengelola tanah, air, dan udara	Menerapkan strategi alam untuk manajemen sumber daya seperti ventilasi alami dan pengelolaan air hujan.	5	Biasanya tidak mengintegrasikan pengelolaan air, tanah, atau udara secara eksplisit.	2
Menggunakan sistem-sistem bangunan yang hemat energi	Meniru sistem alami yang efisien dalam penggunaan energi seperti ventilasi atau sistem pendingin alami.	5	Fokus pada estetika, tapi juga dalam beberapa desain mempertimbangkan seperti ventilasi & pencahayaan alami	4
Menggunakan material lokal	Kadang-kadang menggunakan material lokal dengan inspirasi dari proses alami dan keberlanjutan.	4	Tidak selalu mengutamakan penggunaan material lokal; lebih pada bentuk estetika.	2
Meminimalkan dampak negatif pada alam	Cenderung meminimalkan dampak lingkungan melalui pendekatan desain yang meniru ekosistem.	5	Tidak selalu fokus pada meminimalkan dampak lingkungan, tergantung pada tujuan desain.	3
Meningkatkan penyerapan gas buang	Menerapkan teknologi hijau seperti tanaman atau integrasi ekologi untuk menyerap gas buang.	4	Tidak secara langsung berfokus pada teknologi untuk penyerapan gas buang.	2
Menggunakan teknologi yang mempertimbangkan nilai-nilai ekologi	Menggabungkan teknologi berbasis ekologi untuk menjaga keseimbangan lingkungan.	5	Teknologi lebih diarahkan pada ekspresi bentuk, bukan pada pertimbangan nilai-nilai ekologis.	2

Sumber: Analisis penulis, 2024

Arsitektur Biomimikri: Secara konsisten mendapat skor tinggi (rata-rata 4,7) dalam hampir semua aspek arsitektur ekologis. Ini menunjukkan bahwa biomimikri sangat sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dan ramah lingkungan. Sedangkan **Arsitektur Biomorfik:** Mendapat skor lebih rendah (rata-rata 2,4), menunjukkan bahwa meskipun bentuk-bentuknya terinspirasi dari alam, arsitektur biomorfik cenderung tidak menekankan pada aspek ekologis atau keberlanjutan, melainkan lebih kepada estetika.

Biomimikri dan biomorfik merupakan dua pendekatan arsitektur yang berakar pada inspirasi alam, namun dengan fokus yang berbeda. Biomimikri berupaya menerapkan prinsip-prinsip dan mekanisme yang telah teruji oleh alam untuk menciptakan desain yang efisien dan berkelanjutan, seperti meniru cara organisme mengatur suhu atau mengolah air, sehingga menghasilkan solusi yang tidak hanya inovatif tetapi juga fungsional. Sementara itu, biomorfik lebih berorientasi pada bentuk dan estetika, menciptakan struktur yang menyerupai elemen alami, seperti kurva dan tekstur yang organik, dengan tujuan menciptakan pengalaman visual yang menenangkan dan harmonis. Meskipun keduanya mengedepankan hubungan dengan alam, biomimikri lebih menekankan efisiensi dan keberlanjutan, sedangkan biomorfik lebih fokus pada keindahan dan pengalaman ruang.

KESIMPULAN

Hasil menunjukkan bahwa arsitektur biomimikri secara umum dapat di kelompokkan sebagai bagian dari arsitektur ekologis. Pendekatan berfokus pada penerapan prinsip-prinsip dan mekanisme alami untuk menciptakan desain yang efisien dan berkelanjutan. Dengan meniru cara organisme hidup beradaptasi dan berfungsi dalam ekosistem mereka, Biomimikri juga bertujuan untuk memberikan solusi inovatif dan berkelanjutan terhadap permasalahan teknik dengan mempelajari mode dan sistem biologis yang ditemukan di alam. Oleh karena itu, biomimikri memiliki potensi besar untuk memberikan manfaat bagi rekayasa struktur dan proses desain yang berkelanjutan [11].

sementara arsitektur biomorfik, meskipun terinspirasi oleh bentuk dan proses alami, tidak selalu memenuhi kriteria yang sama dalam hal keberlanjutan dan efisiensi energi yang diutamakan oleh arsitektur ekologis. Pendekatan biomorfik lebih menekankan pada estetika visual dan pengalaman ruang, struktur dan material baru untuk memfasilitasi bentuk metafora yang dihasilkan dari alam. fokus prinsip keberlanjutan dalam desain biomorfik kurang dijadikan kriteria dalam desain membuat pendekatan ini kurang relevan dalam konteks arsitektur ekologis. Meskipun biomorfik dapat berkontribusi pada pengalaman pengguna yang positif, perannya dalam mencapai tujuan keberlanjutan tidak sekuat biomimikri.

Arsitektur biomimikri dapat dikelompokkan kedalam arsitektur ekologis berdasarkan prinsip pengembangannya, sedangkan biomorfik dapat dianggap sebagai pelengkap yang lebih berorientasi pada aspek estetika. Dalam konteks arsitektur berkelanjutan, kedua pendekatan masih terus berkembang menyesuaikan dengan perkembangan dan kebutuhannya. Sejalan dengan pendapat [12] bahwa Penggunaan konsep Biomimikri dapat membawa kita untuk lebih memahami betapa pentingnya dan menariknya merujuk alam pada perancangan suatu proyek arsitektur, hubungan dengan alam sangatlah penting dan dapat dimulai dengan transfer ilmu pengetahuan dari biologi ke disiplin ilmu lain untuk keberlanjutan.

Penelitian ini hanya berfokus kajian literatur tentang prinsip dan perkembangan arsitektur biomimikri dan biomorfik kemudian dikaitkan dengan prinsip ekologis berdasarkan teori yang dikemukakan Frick (2007), Widigdo (2008) dan [13]. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi lebih detail yang disertai contoh desain terbangun terkait penilaian konsep arsitektur ekologis pada bangunan yang mengadopsi konsep arsitektur biomimikri & arsitektur biomorfik.

PENGAKUAN

Saya mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan penulis, teman-teman, dan seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Saya mengucapkan terimakasih atas dukungan, kritik dan saran atas penelitian ini. Penelitian ini dibatasi oleh waktu pada program pasca sarjana arsitektur universitas tadulako dan keterbatasan peneliti dalam mengumpulkan kajian terkait, sehingga masih banyak terdapat kekurangan dalam penyajian dan pengolahan data, diharapkan dapat disempurnakan pada penelitian sejenis di waktu yang akan datang.

DEKLARASI PENULIS

- | | |
|-----------------------------|--|
| Kontribusi Penulis | : Para penulis memberikan kontribusi yang signifikan dalam konsepsi dan desain penelitian. Para penulis bertanggung jawab atas analisis data, interpretasi, dan diskusi hasil. Para penulis membaca dan menyetujui naskah akhir. |
| Pernyataan Pendanaan | : Tidak ada penulis yang menerima pendanaan atau hibah dari institusi atau badan pendanaan manapun untuk penelitian ini. |
| Konflik Kepentingan | : Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan. |
| Informasi Tambahan | : Tidak ada informasi tambahan untuk makalah ini |

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Firly, Wiwik, and I. Suparno, "PENERAPAN EKOLOGI ARSITEKTUR Pada Pengembangan Kawasan Desa Wisata Dukuh Kajongan Kota Tegal," 2019.

-
- [2] F. Mathews, "Towards a deeper philosophy of biomimicry," *Organ Environ*, vol. 24, no. 4, pp. 364–387, Dec. 2011, doi: 10.1177/1086026611425689.
 - [3] S. Fatima Almatisha, R. Ayu Puspitarini, P. Studi Arsitektur, F. Teknik Sipil dan Perencanaan, and U. Trisakti, *Prosiding Seminar Intelektual Muda #2, Peningkatan Kualitas Hidup dan Peradaban Dalam Konteks IPTEKSEN*. 2019.
 - [4] J. M. Benyus, "Fiche de lecture BIOMIMETISME QUAND LA NATURE INSPIRE DES INNOVATIONS DURABLES."
 - [5] Gehan. A. N. Radwan and N. Osama, "Biomimicry, an Approach, for Energy Effecient Building Skin Design," *Procedia Environ Sci*, vol. 34, pp. 178–189, 2016, doi: 10.1016/j.proenv.2016.04.017.
 - [6] N. Asyifa, Y. Firzal, and G. Faisal, "Kajian Biomorphic Architecture dalam Perancangan Oceanarium Pekanbaru," *ARSITEKTURA*, vol. 18, no. 2, p. 277, Nov. 2020, doi: 10.20961/arst.v18i2.42634.
 - [7] Sari and sholeh, "PERKEMBANGAN ARSITEKTUR BIOMORFIK HINGGA INTEGRASINYA TERHADAP PRINSIP ARSITEKTUR HIJAU," vol. 13, p. 2022, 2022.
 - [8] H. (-) Frick, *Dasar-dasar arsitektur ekologis konsep pembangunan berkelanjutan dan ramah lingkungan*, Seri Eko-Arsitektur. Yogyakarta: Kanisius, 2007.
 - [9] B. S. Limenta, "Strategi Pengembangan Arboretum Berbasis Arsitektur Ekologis di Hutan Pinus Pracimantoro Wonogiri," *ARSITEKTURA*, vol. 19, no. 1, p. 107, May 2021, doi: 10.20961/arst.v19i1.45448.
 - [10] A. D. Utami, S. Yuliani, and U. Mustaqimah, "PENERAPAN ARSITEKTUR EKOLOGIS," 2017.
 - [11] E. Jamei and Z. Vrcelj, "Biomimicry and the built environment, learning from nature's solutions," Aug. 02, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/app11167514.
 - [12] Y. Benyoucef and A. Razin, "BIOMIMICRY ARCHITECTURE, FROM THE INSPIRATION BY NATURE TO THE INNOVATION OF THE SAHARAN ARCHITECTURE," *Architecture and Engineering*, vol. 3, no. 4, pp. 3–12, Dec. 2018, doi: 10.23968/2500-0055-2018-3-4-3-12.
 - [13] V. A. Metallinou, "Ecological propriety and architecture," in *WIT Transactions on the Built Environment*, 2006, pp. 15–22. doi: 10.2495/ARC060021.
 - [14] <https://www.learnbiomimicry.com/blog/top-10-biomimicry-examples-architecture>
 - [15] <https://designwanted.com/johnson-wax-headquarters-frank-lloyd-wright/>
 - [16] <https://www.idesignarch.com/lhemisferic-an-eye-catching-architectural-masterpiece-in-valencia/>
-