

**TESIS**

**Evaluasi Bangunan Menara Phinisi Universitas Negeri  
Makassar dari Tinjauan Arsitektur Ekologis**

*Evaluation of the Phinisi Tower Building at Makassar State University from an  
Ecological Architecture Perspective*

**ARIANI ANWAR**

**D042211004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**TESIS**

**Evaluasi Bangunan Menara Phinisi Universitas Negeri  
Makassar dari Tinjauan Arsitektur Ekologis**

*Evaluation of the Phinisi Tower Building at Makassar State University from an  
Ecological Architecture Perspective*



**Disusun Oleh:**

**ARIANI ANWAR**

**D042211004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**EVALUASI BANGUNAN MENARA PHINISI UNIVERSITAS  
NEGERI MAKASSAR DARI TINJAUAN ARSITEKTUR  
EKOLOGIS**

Tesis

Diajukan Sebagai Prasyarat Memperoleh Gelar (S-2)

Program Studi

Teknik Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

**ARIANI ANWAR**

**D042211004**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**TESIS**

**EVALUASI BANGUNAN MENARA PHINISI UNIVERSITAS NEGERI  
MAKASSAR DARI TINJAUAN ARSITEKTUR EKOLOGIS**

**ARIANI ANWAR**

**D042211004**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Arsitektur Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

pada tanggal 22 Januari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



**Dr. Ir. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT.**

NIP. 19690407 199603 1 003

Pembimbing Pendamping



**Dr. Ir. Svahriana Syam, ST., MT.**

NIP. 19751124 200604 2 032

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT**

IP. 19730926 200012 1002

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Arsitektur



**Dr. Eng. Ir. Hj. Asniawatv, ST., MT**

NIP. 19710925 199903 2001



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ariani Anwar

Nomor Mahasiswa : D042211004

Program Studi : S2 Arsitektur

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “EVALUASI BANGUNAN MENARA PHINISI UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR DARI TINJAUAN ARSITEKTUR EKOLOGIS” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT. dan Dr. Syahriana Syam, ST., MT. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal International Society For the Study of Vernacular Settlements (ISVS e-journal, Vol.10, issue 10, No. 19, Halaman 301-323, dan DOI <https://doi.org/10.61275/ISVSej-202310-10-19>). sebagai artikel dengan judul “EVALUATION OF THE PHINISI TOWER BUILDING AT MAKASSAR STATE UNIVERSITY FROM AN ECOLOGICAL ARCHITECTURE PERSPECTIVE”. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 22 Januari 2024

Yang menyatakan,



Ariani Anwar



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur syukur penulis panjatkan atas berkat rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga Penulis dapat menyusun sebuah karya ilmiah yang berjudul “**Evaluasi Bangunan Menara Phinisi Universitas Negeri Makassar dari Tinjauan Arsitektur Ekologis**”.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini. Namun keberhasilan dalam menyelesaikan penulisan tesis ini tidak terlepas dari semua pihak yang senang tiasa ikhlas telah membantu memberikan bimbingan, dukungan dan dorongan. Dalam penulisan ini, tidak lupa penulis untuk mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing serta mengarahkan sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Selesainya laporan penelitian tesis ini, sepenuhnya tidak lepas dari bimbingan, arahan dan dukungan dari kedua dosen pembimbing **Dr. Ir. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT** dan **Dr. Syahriana Syam, ST., MT** dalam kesempatan ini saya ingin megucapkan terima kasih sepenuh hati kepada mereka.

Demikian pula, **Ir. Ria Wikantari Rosalia, M.Arch., Ph.D**, **Dr. Abdul Mufti Radja, ST., MT., Ph.D**, serta **Dr. Ir. Hartawan, MT.**, selaku dosen penguji dengan para penguji yang telah memberikan masukan, tanggapan, dan waktunya dalam proses penyempurnaan laporan tesis ini.

Kepada **Prof. DR. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli ST., MT., ASEAN Eng.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan bagi saya dalam menimba ilmu di Universitas Hasanuddin

**Dr. Eng. Hj. Asniawaty, ST., MT.**, selaku Ketua Departemen Magister Arsitektur dan Ketua Departemen Arsitektur Universitas Hasanuddin **Dr. Ir. H. Syarif, ST., MT.** dengan kepedulian dan dedikasi mereka terhadap saya nyelesaian studi arsitektur.



Para Guru Besar, Dosen dan staf pada Program Arsitektur Universitas Hasanuddin yang telah berbagi ilmu pengetahuan, motivasi dan diskusi dalam disiplin ilmu mereka masing-masing.

**Andi Nurkia Agparb, S.T., MT** Kepala Bidang Perencanaan dan Kerjasama dan Bapak Hasdin selaku narasumber utama penelitian ini. Seluruh staf dan pengelola Gedung Pusat Pelayanan Akademik (GPPA) Menara Phinisi UNM, partisipan kuesioner dan mahasiswa Universitas Negeri Makassar yang telah membantu dalam pengambilan data, tanpa mereka penyelesaian laporan ini tidak berjalan.

**Usman Faharuddin S.T, MT** selaku dosen almamater saya, di Universitas Muslim Indonesia yang membantu dalam pengambilan data dan rekan-rekan saya di Universitas Muslim Indonesia yang memberikan dukungan sepenuhnya.

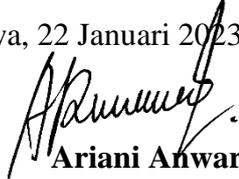
Seluruh teman – teman magister Arsitektur Universitas Hasanuddin yang sama-sama berjuang dan memotivasi saya dalam penyelesaian karya tulis ini.

Kepada kedua orang tua kandung saya yang Ayahanda **Anwar** dan Ibunda tercinta **Nurahmah** yang telah berjasa besar dalam penyelesaian laporan dan penyelesaian studi dari awal hingga akhir dengan memberikan doa restu dan dukungan penuh yang tak terhingga. Saudari-saudari saya **Nirmala Sari Anwar**, **Ita Lestari Anwar** dan **Ulfiani Anwar** yang memberikan semangat dalam penyelesaian tesis ini.

Ucapan terimakasih ini penulis haturkan pula kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan data maupun dukungan moral. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, maka segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi sempurnanya Tesis ini. Harapan dari penulis agar kiranya tesis ini dapat bermanfaat dan memberikan andilguna untuk pengembangan lebih lanjut. Salam hormat dari saya.



Gowa, 22 Januari 2023

  
**Ariani Anwar**

## ABSTRAK

ARIANI ANWAR. Evaluasi Bangunan Menara Phinisi Universitas Negeri Makassar dari Tinjauan Arsitektur Ekologis (**dibimbing oleh Dr. Ir. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT dan Sir dan Dr. Syahriana Syam, ST., MT**)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi Menara Phinisi di Universitas Negeri Makassar berdasarkan teori bioklimatik Olgyay. Fokus evaluasi berpusat pada bentuk bangunan, secara eksplisit menganalisis peneduh matahari, aliran udara, dan keseimbangan suhu di dalam ruang. Tujuan utamanya adalah untuk menilai kinerja ekologis bangunan. Metodologi ini melibatkan teknik visualisasi melalui simulasi, memeriksa berbagai komponen arsitektur yang membentuk bentuk bangunan. Elemen arsitektur yang perlu diperhatikan di Menara Phinisi termasuk penggunaan brise soleil dan second skin pada fasadnya, struktur panggung semi-outdoor pada bagian dasar, dan massa bangunan yang terpisah-pisah. Memanfaatkan perpaduan antara bukti empiris, pengukuran, kuesioner, simulasi, dan studi kasus. *Brise Soleil* merupakan mekanisme peneduh pasif yang efektif untuk mengurangi panas dan penetrasi cahaya. Pada saat yang sama, *Second Skin* adalah penghalang termal tambahan, membantu pengaturan suhu dan efisiensi energi. Selain itu, massa bangunan yang terpisah-pisah berhasil menyalurkan angin melalui celah-celahnya. Pada saat yang sama, ruang terbuka di dasar struktur secara efektif memungkinkan aliran udara mengalir untuk sirkulasi udara yang lebih baik.

Kata Kunci: Evaluasi, Menara Phinisi UNM, Arsitektur Ekologis



## ABSTRACT

ARIANI ANWAR. Evaluation of the Phinisi Tower Building at Makassar State University from an Ecological Architecture Perspective (supervised by **Dr. Ir. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT dan Sir** and **Dr. Syahriana Syam, ST., MT**)

This study aims to evaluate the Phinisi Tower at Makassar State University based on Olgyay's bioclimatic theory. The focus of the evaluation centers on the building's form, explicitly analyzing its solar shading, airflow, and temperature balance within the spaces. The overarching goal is to assess the ecological performance of the building. The methodology involves visualization techniques through simulation, examining various architectural components that constitute the building's form. Noteworthy architectural elements in the Phinisi Tower include using brise soleil and second skin on its facade, its semi-outdoor stilt structure at the base, and the segregated building masses. It utilizes a blend of empirical evidence, measurements, questionnaires, simulations, and case studies. Brise Soleil is an effective passive solar shading mechanism, significantly reducing heat and light penetration. Concurrently, the Second Skin is an additional thermal barrier, aiding temperature regulation and energy efficiency. Furthermore, the segregated masses of the building successfully channel wind through the gaps. At the same time, the open space at the base of the structure effectively allows airflow for better air circulation.

Keywords: Evaluation, Phinisi Tower UNM, Ecological Architecture



## GLOSSARY

<b>Aerodinamis</b>	Bentuk fisik atau desain, yang secara khusus dirancang untuk memungkinkan udara mengalir dengan lancar di sekelilingnya, sehingga mengurangi turbulensi dan hambatan.
<b>Annual Sunlight Exposure (ASE)</b>	Paparan sinar matahari tahunan pada aplikasi forma.
<b>EDGE</b>	Sertifikasi EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) adalah sistem peringkat bangunan hijau yang dikembangkan oleh International Finance Corporation (IFC), anggota Kelompok Bank Dunia.
<b>Atrium</b>	Atrium biasanya mengacu pada ruang terbuka yang luas di dalam bangunan, sering kali terletak di atau dekat pusat dan memanjang melalui beberapa lantai secara vertikal.
<b>Autofit</b>	Fitur otomatis menyesuaikan atau mengadaptasi sesuatu agar sesuai dengan ukuran, ruang, atau format tertentu.
<b>Autodesk Forma Bioclimatic Design</b>	Perangkat lunak berbasis cloud untuk perencanaan dan desain. Pendekatan pada desain arsitektur dan perkotaan yang berfokus pada pemanfaatan dan adaptasi terhadap kondisi iklim lokal dan elemen alam untuk menciptakan bangunan ramah lingkungan.
<b>Biomimetik</b>	Biomimetik, juga dikenal sebagai biomimikri, adalah pendekatan interdisipliner yang mengambil inspirasi dari desain, proses, dan sistem alam untuk memecahkan masalah manusia.
<b>Buffer</b>	Menolak/Mencegah.
<b>Brise Soleil</b>	Brise soleil, istilah dalam bahasa Prancis yang berarti "pemecah sinar matahari" atau "penyekat sinar matahari".
<b>Building coverage</b>	Analisis bayangan bagaimana sebuah bangunan atau struktur menghasilkan bayangan di sekelilingnya, terutama pada waktu-waktu yang berbeda dalam satu hari atau di berbagai musim.
<b>Cablenet</b>	Kerangka kabel yang fleksibel dan ringan yang dapat mendukung berbagai bentuk arsitektur, seperti atap, kanopi, atau fasad.
<b>Calculate</b>	Mengkalkulasikan/ menghitung.
<b>Comfort</b>	Keadaan bebas dari stres atau ketidaknyamanan.
<b>Cover</b>	Memberikan perlindungan.
<b>Courtyard</b>	Halaman adalah ruang terbuka yang tertutup, baik sebagian atau seluruhnya, oleh dinding atau bangunan.
<b>Covetool</b>	Mengacu pada perangkat Lunak Simulasi Desain 3D
<b>Cronbach Alpha</b>	Ukuran statistik untuk menilai konsistensi sekumpulan item terkait dalam kuesioner atau tes.
<b>Cross Ventilation</b>	Ventilasi Silang.
<b>Curtain Wall</b>	Dinding eksterior non-struktural yang digunakan untuk menutupi dan melindungi interior bangunan terbuat dari bahan ringan seperti kaca, aluminium, atau baja.
<b>Data View</b>	Tampilan SPSS menampilkan data dalam baris dan kolom, di mana setiap baris indikator, dan setiap kolom mewakili variabel.
<b>Default</b>	"Default" mengacu pada pengaturan, opsi, atau kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya.
<b>Digital Software</b>	Mengacu pada program komputer, aplikasi, atau sistem yang dirancang untuk beroperasi.
	Ecotect adalah perangkat lunak analisis kinerja bangunan yang dikembangkan oleh Autodesk.
	Mengacu pada sesuatu yang saat ini ada atau sudah ada.
	Garis imajiner yang membagi Bumi menjadi dua bagian yang sama besar, Belahan Bumi Utara dan Belahan Bumi Selatan.
	Mengacu pada ketinggian atau jarak vertikal suatu titik.



<b>Fail</b>	Gagal pada percobaan.
<b>GEM</b>	Global Energy software untuk mensimulasikan dan menganalisis potensi energi angin global.
<b>GHG</b>	Greenhouse gas emissions atau emisi gas rumah kaca.
<b>Green Buiding Council Indonesia (GBCI)</b>	Organisasi untuk mengadvokasi praktik-praktik bangunan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan di Indonesia
<b>Gradient</b>	Perubahan bertahap dalam kuantitas fisik, warna, atau intensitas.
<b>Grid</b>	Analisis ecotect dengan membagi area atau permukaan tertentu ke dalam segmen.
<b>Hierarki</b>	Struktur yang mengatur tingkat kepentingan, otoritas, atau prioritas.
<b>IES LM-83</b>	Mengacu pada standar yang dikembangkan oleh Illuminating Engineering Society (IES) yang secara khusus membahas pengukuran dan karakterisasi lampu dioda pemancar cahaya (LED) dan luminer.
<b>Indikator</b>	Pengukuran, sinyal, atau tanda yang memberikan informasi.
<b>Inlet</b>	Proses memasukkan udara segar ke dalam ruang, bangunan, atau ruangan tertutup dari sumber eksternal.
<b>Interface</b>	Tampilan layar utama program.
<b>Interval</b>	Durasi waktu tertentu atau rentang antara dua titik, nilai, atau peristiwa.
<b>Latitude</b>	Koordinat geografis yang menentukan posisi utara-selatan suatu titik di permukaan bumi.
<b>LEED v4.0 - IEQ c7</b>	Parameter desain kenyamanan termal.
<b>Daylight</b>	Pencarian melalui katalog, pengindeksan, dan sistem klasifikasi.
<b>Library</b>	Alat psikometrik yang mengukur sikap, pendapat, persepsi, atau perilaku individu.
<b>Likert</b>	Suhu Radiasi Rata-rata mewakili suhu rata-rata dari semua permukaan.
<b>Mean Radiant Temperature (MRT)</b>	Karakteristik iklim yang spesifik untuk lokasi tertentu yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.
<b>Mikro klimatik</b>	Metode campuran melibatkan penggabungan metodologi penelitian kualitatif dan kuantitatif.
<b>Mixed Method</b>	Analisis simultan dari beberapa variabel atau faktor dalam kumpulan data.
<b>Multivariat</b>	Meters per second satuan kecepatan angin.
<b>M/s</b>	Semua wilayah daratan dan perairan di utara Khatulistiwa.
<b>Northern Hemisphere</b>	Kemiringan tertentu yang diukur dari titik 0 utara.
<b>North Offside</b>	Analisis dan visualisasi bayangan yang ditimbulkan oleh objek atau struktur di dalam bangunan atau lingkungan luar ruangan.
<b>Object Shadowing</b>	Arsitek dan perintis di bidang desain lingkungan dan arsitektur.
<b>Olgay</b>	Ruang terbuka atau bebas dari struktur.
<b>Open Space</b>	Pelepasan atau ekstraksi udara dari ruang tertutup ke lingkungan luar.
<b>Outlet</b>	Proyeksi horizontal memanjang keluar dari dinding atau atap bangunan, memberikan keteduhan dan perlindungan.
<b>Overhang</b>	Perangkat lunak yang menambahkan fungsi, fitur, atau kemampuan tertentu pada aplikasi perangkat lunak.
<b>Plugin</b>	Penilaian jumlah waktu sebuah ruang menerima cahaya matahari yang cukup sepanjang tahun.
<b>Spatial Daylight Autonomy (SDA)</b>	Lapisan eksternal atau selubung sebuah bangunan.
<b>kin</b>	Disesuaikan atau dikonfigurasi.
<b>reen</b>	Perangkat untuk mengurangi sinar matahari.
	Mengacu pada praktik memblokir, menyebarkan, atau mengontrol intensitas cahaya.



<b>Shading Devices</b>	Perangkat peneduh mengontrol sinar matahari.
<b>Sick-Building-Syndrome</b>	Mengacu pada kondisi di mana orang yang tinggal di dalam gedung dalam jangka waktu yang lama mengalami berbagai gejala.
<b>Solar Access</b>	Mengacu pada ketersediaan dan paparan bangunan tertentu terhadap sinar matahari langsung/
<b>Solar Shade</b>	Perangkat peneduh matahari.
<b>Solar Tool</b>	Aplikasi dalam Ecotect untuk menghitung persentase cahaya yang masuk pada jendela.
<b>Southern Hemisphere</b>	Semua wilayah daratan dan perairan di selatan Khatulistiwa.
<b>SPSS</b>	Program yang digunakan untuk analisis statistik, manajemen data, dan visualisasi data.
<b>Stack Effect</b>	Fenomena ketika udara hangat naik dan keluar dari celah yang lebih tinggi.
<b>Summer Sun</b>	Posisi, intensitas, dan durasi matahari selama musim panas.
<b>Sunlight Exposure</b>	Durasi paparan sinar matahari yang diterima oleh suatu objek.
<b>Sun Hours Analysis</b>	Evaluasi durasi dan intensitas sinar matahari yang diterima di lokasi tertentu.
<b>Sun Path</b>	Jalur semu yang diikuti matahari melintasi langit selama satu hari atau selama periode tertentu, seperti satu tahun.
<b>Time range</b>	Durasi atau periode yang tercakup dalam jangka waktu atau interval tertentu.
<b>Tropicos</b>	Garis Lintang.
<b>Truss</b>	Kerangka struktural yang terdiri dari member lurus yang dihubungkan pada sambungan (dikenal sebagai node) untuk membentuk struktur yang stabil dan kaku.
<b>Weather data</b>	Data cuaca yang dikumpulkan dari sumber meteorologi.
<b>Windrose</b>	Diagram yang menggambarkan frekuensi dan kekuatan angin.
<b>Wind Analysis</b>	Melibatkan studi, pengukuran, dan penilaian karakteristik, pola, dan perilaku angin di lokasi tertentu atau selama periode tertentu.
<b>Winter Sun</b>	Karakteristik, posisi, dan perilaku matahari selama musim dingin.
<b>Within</b>	Object berada di dalam pada percobaan MRT Ecotect.
<b>Void</b>	Ruang kosong atau tidak terisi.
<b>Zenithal</b>	Titik di langit yang berada tepat di atas kepala pengamat.
<b>Zone Properties</b>	Atribut atau karakteristik tertentu yang terkait dengan zona yang didefinisikan dalam model bangunan pada percobaan Ecotect.
<b>3D Modelling</b>	Proses menciptakan representasi tiga dimensi dari objek, lingkungan, atau karakter dengan menggunakan perangkat lunak khusus.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>GLOSSARY.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Permasalahan.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan dan Ruang Lingkup .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Kerangka Berfikir.....</b>	<b>4</b>
<b>1.7 Sistematika Penulisan .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Teori Arsitektur Ekologis.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Iklim Tropis.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Prinsip-Prinsip Ekologis pada Bangunan.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Teori Bentuk Bangunan .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Teori Bentuk .....	12
2.4.2 Bentuk Bangunan Ekologis.....	13
2.4.3 Bentuk Ekologis pada Elemen Bangunan .....	18
<b>2.5 Bayangan Bangunan.....</b>	<b>25</b>
Teori Bayangan.....	25
Jenis Shading .....	27
Silau ( <i>Sunlight Exposure</i> ) .....	31



<b>2.6 Aliran Udara.....</b>	<b>32</b>
2.6.1    Jenis Ventilasi dan Aliran Udara .....	32
2.6.2    Jenis Kriteria Angin .....	35
2.6.3    Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Kenyamanan .....	36
2.6.4    Inlet dan Outlet pada Ventilasi.....	37
2.6.5    Kualitas Udara.....	38
<b>2.7 Keseimbangan Suhu Ruang .....</b>	<b>38</b>
2.7.1.    Kenyamanan Termal .....	38
2.7.2.    Hubungan antara Kenyamanan dan Performa Pengguna .....	40
2.7.3.    Suhu Permukaan .....	41
<b>2.8 Program Simulasi.....</b>	<b>42</b>
2.8.1.    Aplikasi Ecotect .....	42
2.8.2.    SPSS.....	45
2.8.3.    Autodesk Forma.....	46
2.8.4.    Cove.tool.....	49
<b>2.9 Penelitian Terdahulu .....</b>	<b>53</b>
<b>2.10 Kerangka Konseptual.....</b>	<b>61</b>
<b>2.11 Hipotesis.....</b>	<b>61</b>
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>62</b>
<b>3.1 Metode Penelitian.....</b>	<b>62</b>
<b>3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>63</b>
3.2.1.    Lokasi.....	63
3.2.2.    Waktu Penelitian .....	64
<b>3.3 Populasi dan Sampel.....</b>	<b>64</b>
3.3.1.    Populasi.....	64
3.3.2.    Sample.....	64
3.3.3.    Metode Sampling .....	65
<b>3.4 Skema Alur Penelitian .....</b>	<b>66</b>
<b>3.5 Teknik Pengumpulan Data .....</b>	<b>67</b>
<b>3.6 Variabel Penelitian.....</b>	<b>67</b>
<b>3.7 Analisis Data.....</b>	<b>68</b>
.        Rumusan Masalah 1 .....	68
.        Rumusan Masalah 2.....	69
<b>at dan Bahan.....</b>	<b>70</b>



<b>3.9 Definisi Operasional.....</b>	<b>72</b>
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2 Iklim di Sekitar Lokasi Penelitian .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3 Analisis Bentuk Ekologis di Menara Phinisi .....</b>	<b>79</b>
4.3.1 Bentuk Adaptif.....	79
4.3.2 Pemikiran Biomimetik .....	81
4.3.3 Bentuk Ekologis pada Elemen Bangunan .....	83
<b>4.4 Analisis Bayangan Menara Phinisi.....</b>	<b>104</b>
4.4.1 Analisis Persentase Shading pada Alat Pembayangan Bangunan.....	104
4.4.2 Analisis Shading pada Bentuk Bangunan .....	111
<b>4.5 Analisis Aliran Udara Menara Phinisi.....</b>	<b>123</b>
4.5.1 Analisis Tingkat Kenyamanan Aliran Udara .....	123
4.5.2 Analisis Pergerakan Aliran Udara.....	126
4.5.3 Hasil Pengukuran Angin .....	135
<b>4.6 Analisis Keseimbangan Suhu Ruang Menara Phinisi .....</b>	<b>139</b>
4.6.1 Analisis SDA dan ASE.....	140
4.6.2 Mean Radiant Temperature.....	143
4.6.3 Solar Access Analysis .....	146
4.6.4 Hasil Pengukuran Suhu Ruang .....	148
<b>4.7 Uji Hipotesis .....</b>	<b>155</b>
4.7.1 Uji Kualitas Data.....	155
4.7.2 Uji Asumsi Klasik.....	156
4.7.3 Persamaan Regresi Linear Berganda .....	157
4.7.4 Hasil Uji Hipotesis .....	159
<b>4.8 Hasil Pembahasan Penelitian.....</b>	<b>161</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>166</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>166</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>168</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>170</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b> Perbandingan Pemikiran Keinsiyuran dan Biologi .....	16
<b>Tabel 2</b> Pengaruh Kecepatan Angin .....	36
<b>Tabel 3</b> Indikator Temperatur .....	39
<b>Tabel 4</b> Indikator Kelembaban .....	39
<b>Tabel 5</b> Perbandingan Kegunaan Software Simulasi .....	51
<b>Tabel 6</b> Penelitian Terdahulu .....	54
<b>Tabel 7</b> Perbedaan Penelitian .....	58
<b>Tabel 8</b> Time Schedule Penelitian .....	64
<b>Tabel 9</b> Tabel Alat dan Bahan .....	71
<b>Tabel 10</b> Definisi Operasional .....	72
<b>Tabel 11</b> Perbandingan Pemikiran Keinsiyuran dan Biologi .....	81
<b>Tabel 12</b> Presentase Harian Shading Horizontal Arah Utara .....	106
<b>Tabel 13</b> Presentase Tahunan Shading Horizontal Arah Utara .....	106
<b>Tabel 14</b> Presentase Tahunan tanpa Shading Horizontal Arah Utara .....	107
<b>Tabel 15</b> Presentase Harian dengan Shading Horizontal Arah Selatan .....	107
<b>Tabel 16</b> Presentase Tahunan dengan Shading Horizontal Arah Selatan .....	108
<b>Tabel 17</b> Presentase Harian dengan Shading Vertikal Arah Timur .....	109
<b>Tabel 18</b> Presentase Tahunan dengan Shading Vertikal Arah Timur .....	109
<b>Tabel 19</b> Presentase Tahunan dengan Shading Vertikal Default Arah Barat .....	110
<b>Tabel 20</b> Presentase Tahunan Shading Arah Barat dengan Angle Miring .....	110
<b>Tabel 21</b> Pengukuran Kecepatan Angin di 5 Titik .....	137
<b>Tabel 22</b> Pengaruh Kecepatan Angin Sumber: Frick, 1998 .....	137
<b>Tabel 23</b> Pengukuran Rata-rata Kecepatan Angin di 5 Titik .....	138
<b>Tabel 24</b> Pengukuran Suhu Ruang dan Permukaan Material .....	149
<b>Tabel 25</b> Indikator Kenyamanan .....	150
<b>Tabel 26</b> Pengukuran Suhu 5 Titik + Outdoor .....	151
<b>Tabel 27</b> Indikator Kenyamanan .....	151
<b>Tabel 28</b> Pengukuran Rata-rata Suhu 5 Titik + Outdoor .....	152
<b>Tabel 29</b> Pengukuran Kelembaban 5 Titik + Outdoor .....	153
<b>Tabel 30</b> Indikator Kelembaban .....	153
<b>Tabel 31</b> Pengukuran Rata-rata Kelembaban 5 Titik + Outdoor .....	153
<b>Tabel 32</b> Hasil Uji Validitas .....	155
<b>Tabel 33</b> Hasil Uji Reabilitas .....	156
<b>Tabel 34</b> Hasil Uji Normalitas .....	156
<b>Tabel 35</b> Hasil Uji Multikolinearitas .....	157
<b>Tabel 36</b> Hasil Uji Heterokedastisitas .....	157
<b>Tabel 37</b> Persamaan Regresi Linear Berganda .....	157
<b>Tabel 38</b> Uji <i>R Square</i> .....	159
<b>Tabel 39</b> Uji F .....	159
Tabel Uji T .....	160
Analisis dan review berdasarkan beberapa software simulasi .....	161
Analisis berdasarkan pengujian hipotesis .....	165



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1</b> Kerangka Berfikir .....	4
<b>Gambar 2</b> Ekologi dalam arsitektur, lanskap, dan urban lanskap.....	7
<b>Gambar 3</b> Hubungan ekologi desain .....	8
<b>Gambar 4</b> Analisis Metode Bioklimatik.....	11
<b>Gambar 5</b> Truss adaptif oleh University College London dan Teknik Ekspedisi strategi adaptif yang sama dengan struktur biologis.....	13
<b>Gambar 6</b> Gimnasium Olimpiade Kenzo Tange .....	14
<b>Gambar 7</b> Proyek Eden.....	15
<b>Gambar 8</b> Truss dalam truss dalam struktur Hierarki Menara Eiffel .....	16
<b>Gambar 9</b> Rencana Menara Cabo Llanos di Santa Cruz de Tenerife, Spanyol dengan sirip peneduh yang terinspirasi daun palem yang mengikuti pergerakan matahari .....	17
<b>Gambar 10</b> Atrium di luar dan di dalam bangunan .....	18
<b>Gambar 11</b> Atrium di luar dan di dalam bangunan .....	19
<b>Gambar 12</b> Peneduhan bangunan dan elemen bangunan dengan konstruksi kantilever maupun Atrium .....	19
<b>Gambar 13</b> Pola perkotaan tradisional dan urban.....	20
<b>Gambar 14</b> Mikro iklim pada atrium.....	20
<b>Gambar 15</b> Atrium rumah dengan galeri tertutup dan kolam internal untuk penguapan, situasi siang dan malam .....	21
<b>Gambar 16</b> Bangunan tinggi lantai bawah sebagai aliran angin .....	21
<b>Gambar 17</b> Denah Dar Lajimi, a courtyard house, Tunis.....	22
<b>Gambar 18</b> Pagar batu bata merah di Peloponnese, Yunani dan pagar batu pasir merah di Fatehpur Sikri, India .....	24
<b>Gambar 19</b> Solar Shade Sizing.....	25
<b>Gambar 20</b> Naungan Volume.....	27
<b>Gambar 21</b> Naungan Ruang di atas Ruang.....	28
<b>Gambar 22</b> Naungan Pohon .....	28
<b>Gambar 23</b> Naungan Tirai.....	29
<b>Gambar 24</b> Naungan Kanopi.....	30
<b>Gambar 25</b> Naungan Teralis.....	30
<b>Gambar 26</b> Shade Screen .....	31
<b>Gambar 27</b> a) Jenis Ventilasi Satu Sisi Satu Sisi b) Dua Sisi.....	33
<b>Gambar 28</b> Cross Ventilation.....	34
<b>Gambar 29</b> Stack Effect Lanchester Library .....	35
<b>Gambar 30</b> Tipe Jendela dan Persentase Masuknya Angin.....	37
<b>Gambar 31</b> Kisaran suhu yang nyaman untuk.....	41
<b>Gambar 32</b> Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan plafon yang hangat. Untuk mempertahankan suhu daerah kepala pada 34°C konstan, suhu plafon harus dipertahankan di bawah 35°C .....	41
<b>33</b> Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan lantai yang dengan penggunaan .....	41
<b>34</b> Setting <i>Weather data</i> dan lokasi .....	43
<b>35</b> Setting Jenis Material .....	43
<b>36</b> Setting Grid untuk analisis MRT .....	44



<b>Gambar 37</b>	Setting <i>Solar Access</i> dengan memilih <i>incident solar radiation</i> .....	44
<b>Gambar 38</b>	Setting <i>Object Shadowing</i> .....	45
<b>Gambar 39</b>	Setting <i>Solar Access</i> bagian terakhir .....	45
<b>Gambar 40</b>	Site yang telah diimport dengan tambahan vegetasi.....	47
<b>Gambar 41</b>	Tipe analisis pada aplikasi forma .....	47
<b>Gambar 42</b>	Indikator penyinaran bangunan .....	48
<b>Gambar 43</b>	Menu bagian kanan untuk mengetahui besaran indikator .....	48
<b>Gambar 44</b>	Kecepatan arah angin aplikasi Forma.....	48
<b>Gambar 45</b>	Setting objek sesuai dengan fungsi masing-masing .....	49
<b>Gambar 46</b>	Pembagian jenis elemen bangunan.....	49
<b>Gambar 47</b>	Lokasi dan tipe bangunan aplikasi <i>cove.tool</i> .....	50
<b>Gambar 48</b>	Jenis tipe analisis aplikasi <i>cove.tool</i> .....	50
<b>Gambar 49</b>	Gambaran indikator dan nilai ASE aplikasi <i>cove.tool</i> .....	51
<b>Gambar 50</b>	Skema Kerangka Konseptual.....	61
<b>Gambar 51</b>	Lokasi Menara Phinisi UNM.....	63
<b>Gambar 52</b>	Tampilan Luar Phinisi UNM.....	63
<b>Gambar 53</b>	Skema Variabel Penelitian.....	68
<b>Gambar 54</b>	Area Eksisting Lokasi Penelitian.....	75
<b>Gambar 55</b>	Batasan Lokasi Penelitian.....	76
<b>Gambar 56</b>	Zona Pengukuran.....	76
<b>Gambar 57</b>	Lokasi Site Phinisi UNM.....	77
<b>Gambar 58</b>	Truss Adaptif yang Mengikuti Struktur Biologis pada Second Skin Bangunan Phinisi .....	79
<b>Gambar 59</b>	Truss adaptif Menara Phinisi secara Vertikal.....	80
<b>Gambar 60</b>	Detail Struktur Jaringan Kabel Menara Phinisi UNM.....	81
<b>Gambar 61</b>	Struktur Denah yang Tersusun Secara Hierarki pada Menara Phinisi.....	82
<b>Gambar 62</b>	Bentuk Bangunan yang Hierarki Terlihat dengan Perbedaan Besar Kecil Volume per Lantai .....	83
<b>Gambar 63</b>	Atrium Bagian Kolam .....	84
<b>Gambar 64</b>	Pergerakan Angin Segala Arah Bagian Kolam .....	85
<b>Gambar 65</b>	Pembayangan Menara Phinisi Juni 22.....	85
<b>Gambar 66</b>	Gambar Pembayangan Menara Phinisi Juni 22 dengan Fasad Depan Bangunan Berorientasi ke Arah Utara .....	85
<b>Gambar 67</b>	Atrium Menara Phinisi diapit oleh 2 Volume Bangunan .....	86
<b>Gambar 68</b>	Pergerakan Angin pada Bagian <i>Courtyard</i> pada Arah Tenggara .....	87
<b>Gambar 69</b>	Denah Lantai 4 Menara Phinisi UNM.....	88
<b>Gambar 70</b>	Lama Intensitas Matahari pada Atap Bangunan.....	89
<b>Gambar 71</b>	Nilai Derajat Sudut Phinisi UNM.....	90
<b>Gambar 72</b>	Perbedaan Warna Indikator pada Volume yang Solid dan dengan Tambahan Permukaan Kasar .....	91
<b>Gambar 73</b>	Arah Barat Bangunan dengan Penghalau Sinar Matahari .....	91
<b>Gambar 74</b>	Pergerakan Angin Arah Barat Lantai Dasar Bangunan .....	92
	75 Naungan Volume.....	93
	76 Naungan Antar Volume Indikator Biru Intensitas Matahari se-Panjang Tahun .....	93



<b>Gambar 77</b> (a) Naungan Volume di Jam 2 Bagian Timur Bangunan di Bulan Agustus (b) Naungan Volume di Bagian Barat Siang Hari di Bulan Agustus, Matahari Bersinar di Arah Utara.....	94
<b>Gambar 78</b> Naungan Volume Sore Hari Jam 3 Bagian Timur Bangunan di Bulan Agustus .....	94
<b>Gambar 79</b> Pembayangan <i>Courtyard</i> di Siang Hari.....	95
<b>Gambar 80</b> Pembayangan <i>Courtyard</i> di Bulan Juni Aplikasi Forma.....	95
<b>Gambar 81</b> Naungan Ruang di atas Ruang Bulan Juni dan Desember.....	96
<b>Gambar 82</b> Naungan Pohon di Bagian Timur di Siang Hari.....	96
<b>Gambar 83</b> Naungan Pohon Kiri Arah Selatan dan Kanan Arah Barat.....	97
<b>Gambar 84</b> Naungan Pohon Arah Utara.....	97
<b>Gambar 85</b> Naungan Tirai Matahari Penghalang Silau Arah Barat .....	98
<b>Gambar 86</b> (a) Naungan Kanopi Bagian Timur Bangunan (b) Naungan Kanopi Bagian Barat Bangunan.....	98
<b>Gambar 87</b> Naungan Kanopi antar Volume Bangunan Kiri dan Kanan Kanopi pada Bagian Kantin .....	99
<b>Gambar 88</b> Naungan Kanopi pada Bagian Kolam .....	99
<b>Gambar 89</b> <i>Brise Soleil</i> Perangkat Pembayangan Horizontal Phinisi UNM.....	100
<b>Gambar 90</b> <i>Brise Soleil</i> Perangkat Pembayangan Vertikal Phinisi UNM.....	100
<b>Gambar 91</b> <i>Second Skin/Shade Screeen</i> Perangkat Pembayangan Arah Barat dan Timur Phinisi UNM.....	101
<b>Gambar 92</b> Detail Potongan dan Alat Pembayangan Barat.....	102
<b>Gambar 93</b> Detail Potongan dan Alat Pembayangan Utara/Selatan.....	102
<b>Gambar 94</b> Insulasi Aluminium Voil pada Atap Bangunan.....	103
<b>Gambar 95</b> Detail Tampak dan Alat Pembayangan Vertikal Lantai 2-4.....	103
<b>Gambar 96</b> Detail Potongan dan Alat Pembayangan Vertikal Lantai 2-4.....	104
<b>Gambar 97</b> Gambar Sebelum (Maret) dan Sesudah (Agustus) <i>Maintenance Material</i> .	104
<b>Gambar 98</b> Setting Jendela Horizontal Arah Utara Bangunan.....	105
<b>Gambar 99</b> Setting Jendela Vertikal Arah Timur Bangunan.....	108
<b>Gambar 100</b> Setting Jendela Vertikal Arah Barat Bangunan dengan Perebahan Sudut Jendela .....	111
<b>Gambar 101</b> Sun Path Diagram sepanjang Tahun 2023.....	112
<b>Gambar 102</b> Sun Path pada bulan Juni dan Desember.....	113
<b>Gambar 103</b> Matahari di-Tanggal 22 Juni arah Utara .....	113
<b>Gambar 104</b> Matahari di-Tanggal 22 Juni arah Selatan .....	114
<b>Gambar 105</b> Tampak Atas Matahari di-Tanggal 22 Juni .....	114
<b>Gambar 106</b> <i>Sun Hours Analysis</i> 22 Juni Bagian Kolam.....	115
<b>Gambar 107</b> <i>Sun Hours Analysis</i> 22 Juni Bagian Timur Bangunan tanpa <i>Shading</i> .....	115
<b>Gambar 108</b> <i>Sun Hours Analysis</i> 22 Juni Bagian Timur Bangunan dengan <i>Shading</i> ...	116
<b>Gambar 109</b> <i>Sun Hours Analysis</i> 22 Juni Bagian Utara Bangunan dengan <i>Shading</i> ....	116
<b>Gambar 110</b> <i>Sun Hours Analysis</i> 22 Juni Bagian Utara Bangunan tanpa <i>Shading</i> .....	117
<b>Gambar 111</b> Lama Penyinaran Arah Barat Bangunan.....	117
<b>Gambar 112</b> Lama Penyinaran Arah Timur Bangunan .....	118
<b>Gambar 113</b> Tampak Atas Matahari di-Tanggal 22 Desember.....	118
<b>Gambar 114</b> Volume Selatan Bangunan ter-cover oleh Arah Utara Bangunan .....	119
<b>Gambar 115</b> Arah Selatan dengan <i>Shading</i> Bangunan.....	119
<b>Gambar 116</b> Arah Selatan tanpa <i>Shading</i> Bangunan.....	120



<b>Gambar 117</b> Lama Pembayangan Bagian Timur Bangunan .....	121
<b>Gambar 118</b> Lama Pembayangan Bagian Barat Bangunan.....	121
<b>Gambar 119</b> Lama Pembayangan tanpa <i>Shading</i> Bagian Barat Bangunan Bulan Desember .....	122
<b>Gambar 120</b> Lama Pembayangan dengan <i>Shading</i> Atap Bangunan .....	122
<b>Gambar 121</b> Lama Pembayangan tanpa <i>Shading</i> Atap Bangunan .....	123
<b>Gambar 122</b> Indikator Kenyaman Pergerakan Angin di Sekitar Bangunan Phinisi.....	125
<b>Gambar 123</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Utara.....	126
<b>Gambar 124</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Timur Laut .....	127
<b>Gambar 125</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Timur.....	127
<b>Gambar 126</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Tenggara.....	128
<b>Gambar 127</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Selatan .....	129
<b>Gambar 128</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Barat Daya.....	129
<b>Gambar 129</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Arah Barat .....	130
<b>Gambar 130</b> Kecepatan dan Pergerakan Angin Barat Laut.....	130
<b>Gambar 131</b> Data BMKG Rata-Rata Kecepatan Angin Tahun sepanjang Tahun 2022	131
<b>Gambar 132</b> <i>Wind Rose</i> dari Data BMKG Arah Kecepatan Angin sepanjang Tahun 2022 .....	132
<b>Gambar 133</b> Pergerakan Angin Arah Barat Bangunan .....	132
<b>Gambar 134</b> Pergerakan Angin dari Arah Tenggara.....	133
<b>Gambar 135</b> Pergerakan Arah Angin Bagian Kolam Tertinggi Barat Laut .....	133
<b>Gambar 136</b> Pergerakan Angin Segala Arah Bagian Kolam .....	134
<b>Gambar 137</b> (a) Pergerakan Angin dari Arah Timur Bangunan .....	134
<b>Gambar 138</b> (a) Pergerakan Arah Barat dengan Mengarahkan ke Dinding Bangunan (b) Pergerakan Arah Barat dengan Mengarahkan ke Arah Void Bangunan.....	134
<b>Gambar 139</b> Pergerakan Angin Barat Daya ke Arah Dinding dan Void Bangunan .....	135
<b>Gambar 140</b> Pergerakan Angin Timur Laut ke Arah Dinding dan Void Bangunan .....	135
<b>Gambar 141</b> Zona Pengukuran.....	136
<b>Gambar 142</b> Grafik Rata-rata Kecepatan Angin Perminggu.....	138
<b>Gambar 143</b> Pepohonan di Bagian Depan Kantin.....	138
<b>Gambar 144</b> Lama Intensitas Matahari pada Atap Bangunan.....	139
<b>Gambar 145</b> Nilai Derajat Sudut Phinisi UNM.....	139
<b>Gambar 146</b> Indikator SDA .....	140
<b>Gambar 147</b> Indikator ASE.....	140
<b>Gambar 148</b> Nilai SDA Model Pertama tanpa Alat Pembayangan Bangunan.....	141
<b>Gambar 149</b> Nilai SDA Model Kedua dengan Alat Pembayangan Bangunan .....	141
<b>Gambar 150</b> Nilai ASE Model Pertama tanpa Alat Pembayangan Bangunan .....	142
<b>Gambar 151</b> Nilai ASE Model Kedua dengan Alat Pembayangan Bangunan.....	142
<b>Gambar 152</b> Perbandingan Indikator Kuning Lebih Panas tanpa Pelindung Bangunan	144
<b>Gambar 153</b> Perbandingan Indikator Jingga Lebih Dingin tanpa Pelindung Bangunan	144
<b>Gambar 154</b> 3d Modelling tanpa Alat Pembayangan dengan Suhu Lebih Tinggi Kisaran 29-33 Derajat Celcius .....	145
<b>155</b> 3d Modelling dengan dengan Suhu Lebih Rendah Kisaran 25-26 Derajat .....	146
<b>156</b> Perbandingan Indikator Biru (Lebih Dingin) Gambaran Analisis Solar ara dan Barat dengan Alat Pembayangan .....	146



<b>Gambar 157</b> Perbandingan Indikator Ungu (Lebih Hangat) Gambaran Analisis Solar Access Utara dan Barat tanpa Alat Pembayangan .....	147
<b>Gambar 158</b> Perbandingan Indikator Lebih Ke-biruan (Lebih Dingin) Gambaran Analisis Solar Access Timur dan Selatan dengan Alat Pembayangan.....	147
<b>Gambar 159</b> Perbandingan Indikator Ungu dan Biru (Lebih Hangat) Gambaran Analisis Solar Access Timur dan Selatan tanpa Alat Pembayangan .....	148
<b>Gambar 160</b> Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan material .....	148
<b>Gambar 161</b> Zona Pengukuran Suhu.....	150
<b>Gambar 162</b> Rata-rata Suhu Perminggu.....	152
<b>Gambar 163</b> Rata-rata Kelembaban Perminggu.....	154



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu kawasan Asia Tenggara yang termasuk dalam kategori negara berkembang. Akibatnya, dorongan akan pembangunan dalam segala aspek seperti infrastruktur ikut diarahkan untuk memajukan negara. Akan tetapi, terjadi ketidakseimbangan antara kegiatan pembangunan infrastruktur dan lingkungan. Laju urbanisasi yang cepat dan meluas merupakan tantangan global. Pertumbuhan kota-kota besar dan megalopolis telah menghasilkan sumber baru pencemaran lingkungan dan perubahan lanskap perkotaan. Meningkatnya populasi perkotaan dan pembangunan menyoroti kebutuhan mendesak untuk ekologi lingkungan hidup.

Pembangunan ekonomi biasanya mengarah pada penggunaan sumber daya alam. Dampak lingkungan yang perlahan memburuk mulai terasa di masyarakat menurut UN Environment and International Energy Agency (2017:14) bangunan menyumbang sebanyak hampir 40 persen dari total emisi gas rumah kaca di dunia. Hal ini, bertentangan dengan rencana Paris Climate Agreement Targets yang ingin mereduksi emisi gas rumah kaca (GHG) di tahun 2030.

Penelitian tentang metode ekologi pada ruang perkotaan, khususnya melalui penciptaan bangunan ramah lingkungan, merupakan aspek penting dalam peningkatan kualitas habitat manusia. Hal ini memerlukan eksplorasi desain bangunan inovatif yang mengintegrasikan metode perencanaan ruang yang sinergis, prinsip perencanaan kota berkualitas tinggi, dan praktik penggunaan lahan

ien untuk mencapai manfaat sosial ekonomi dan ekologi yang maksimal.

ssar, ibu kota provinsi Sulawesi Selatan di Indonesia, terkenal dengan ikoniknya, Menara Phinisi. Berdiri setinggi 97.5 meter. Salah satu elemen



desain utama Menara melalui komponen arsitektural yang merupakan bagian dari bentuk. Komponen/elemen arsitektural pada Phinisi UNM yang perlu digaris bawahi adalah penggunaan *Brise Soleil* dan *Second Skin* pada fasad bangunannya. Menurut Dudzińska (2021), untuk mengatur cahaya berlebih, struktur menggunakan perangkat peneduh seperti overhang horizontal (*brise-soleil*), peneduh kaca bagian dalam atau luar, atau *roller blind*. Alat ini berfungsi sebagai mekanisme pendinginan pasif, melindungi lingkungan interior dari panas berlebihan. Perangkat peneduh bangunan mengurangi penetrasi sinar matahari langsung, sehingga mengurangi kebutuhan pendinginan buatan. Analisis dari perspektif selatan dan utara sangat penting untuk memahami efek brise soleil dan mekanisme blind shading pada fasad kaca penuh (Al & Ouahrani, 2017).

Bangunan Phinisi mempunyai ciri khas, seperti struktur dasarnya yang ditinggikan. Sing Yu (2000), arsitek di balik proyek ini, menjelaskan dalam postingan blognya bahwa desain ini merupakan adaptasi dari rumah panggung tradisional, yang bertujuan untuk menanamkan rasa lapang dan nyaman. Bentuk bangunan Phinisi yang di bawahnya semi outdoor terbuka dan massa bangunan yang terpisah-pisah disinyalir dapat mengalirkan angin secara pasif pada penghuni bangunan.

Konsep arsitektur ekologi yang merupakan konsep ekologi dalam pengelolaan lingkungan melalui pemanfaatan potensi atau sumber daya alam dan pemanfaatan teknologi hijau. Menara Phinisi UNM Makassar diduga sebagai contoh penerapan konsep arsitektur ekologis. Metode yang digunakan yaitu metode melalui pengamatan visual dari lapangan, pengukuran, dan simulasi pada kondisi bentuk bangunan saat ini dengan modifikasi pada elemen bangunan/perangkat pembayangan.

Pada tahap Analisis, digunakan studi literatur dalam teori olgyay, ada 6 variabel yang diukur hanya pada 4 variabel yang diambil sejalan dengan kondisi eksisting di saat ini. Rincian untuk penelitian ini terutama akan berfokus pada Menara Phinisi dalam hal tiga aspek penting keberlanjutan ekologi: 1) eksisting bentuk bangunan yang digunakan untuk pembayangan bangunan,



2) interaksi antara bentuk bangunan yang telah berdiri dan dinamika angin, 3) korelasi antara bentuk bangunan Phinisi UNM kondisi sekarang dengan keseimbangan suhu ruang. Keseluruhan dari pembahasan tersebut akan dibahas selanjutnya lebih detail dengan tesis ini.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diuraikan 2 pertanyaan rumusan masalah berikut ini:

1. Bagaimana kondisi bentuk eksisting bangunan Menara Phinisi UNM dalam merespon berdasarkan prinsip-prinsip ekologis?
2. Bagaimana respon pengunjung terhadap konsep ekologis pada bangunan Menara Phinisi UNM?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kondisi bentuk eksisting bangunan Menara Phinisi UNM dalam merespon berdasarkan prinsip-prinsip ekologis.
2. Untuk menganalisis respon pengunjung terhadap konsep ekologis pada bangunan Menara Phinisi UNM.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat penelitian ini berguna untuk mengetahui penerapan arsitektur ekologis pada bangunan Menara Phinisi UNM.
2. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai acuan untuk penelitian sejenis tentang konsep ekologis pada bangunan Menara Phinisi UNM yang bisa menjadi rekomendasi.

## 1.5 Batasan dan Ruang Lingkup

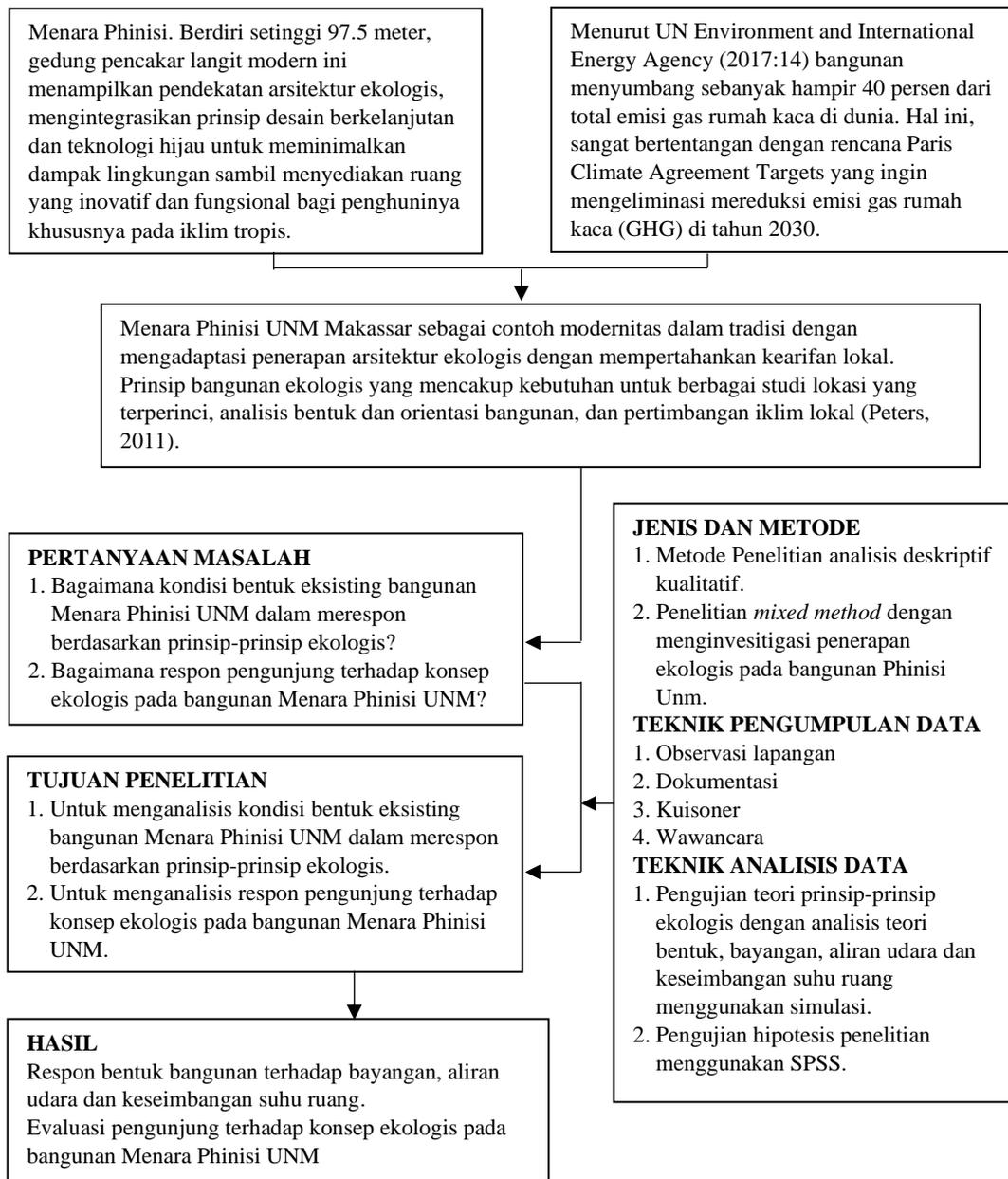
Penelitian juga membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Studi kasus berada di Menara Phinisi Kota Makassar.
2. Analisis terhadap kondisi eksisting di lapangan.



3. Analisis hanya pada aspek arsitektural tidak membahas elektrikal dll.
4. Fokus utama pada aplikasi konsep ekologis arsitektur pada Menara Phinisi Kota Makassar.

### 1.6 Kerangka Berfikir



Gambar 1 Kerangka Berfikir



## **1.7 Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan ruang lingkup dan sistematika penelitian.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan teori-teori tentang ekologis, prinsip-prinsip ekologis, bentuk bangunan, bayangan bangunan, aliran udara dan keseimbangan suhu ruang.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, serta metode penelitian yang akan digunakan. Disamping itu, bab ini berisi tentang teknik pengumpulan data, teknik analisis dan alur penelitian.

### **BAB IV METODE PENELITIAN**

Bab ini terdiri atas gambaran umum lokasi, analisis studi kasus dalam bentuk ekologis, analisis bayangan, analisis aliran udara, analisis keseimbangan suhu ruang dan hasil evaluasi penerapan ekologis secara keseluruhan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menarik kesimpulan dan saran secara keseluruhan berdasarkan penjelasan di bab-bab sebelumnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka berisi mengenai daftar referensi penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Teori Arsitektur Ekologis

Pemikiran ekologis adalah penerimaan kesatuan dialektis antara lingkungan alami dan buatan, penghormatan terhadap apa yang sudah ada, dan "keterbukaan" hal yang lain (Couvelas, 2019). Ekologi Arsitektur adalah filosofi bangunan yang menekankan keharmonisan antara lingkungan alam dan buatan manusia sambil berfokus pada komponen utama manusia, bangunan, dan lingkungan. Keragaman budaya manusia memungkinkan mereka untuk mengelola struktur dan lingkungan secara harmonis. Ekologi arsitektur adalah filosofi desain yang mencoba menciptakan suatu sistem yang dapat melestarikan simbiosis lingkungan dalam suatu struktur atau area tanpa mengganggu siklus alam (Yuliani, 2012).

Arsitektur dan psikologi adalah domain yang saling berhubungan yang memengaruhi pengalaman dan persepsi manusia terhadap lingkungan binaan (Malik & Jamil, 2019). Desain ruang arsitektur dapat dipengaruhi oleh pengalaman spasial dan interaksi individu dengan lingkungan binaan (Malik & Jamil, 2019). Memahami aspek psikologis dari interaksi manusia dengan arsitektur dapat menginformasikan prinsip dan strategi desain untuk menciptakan bangunan yang berkelanjutan secara ekologis.

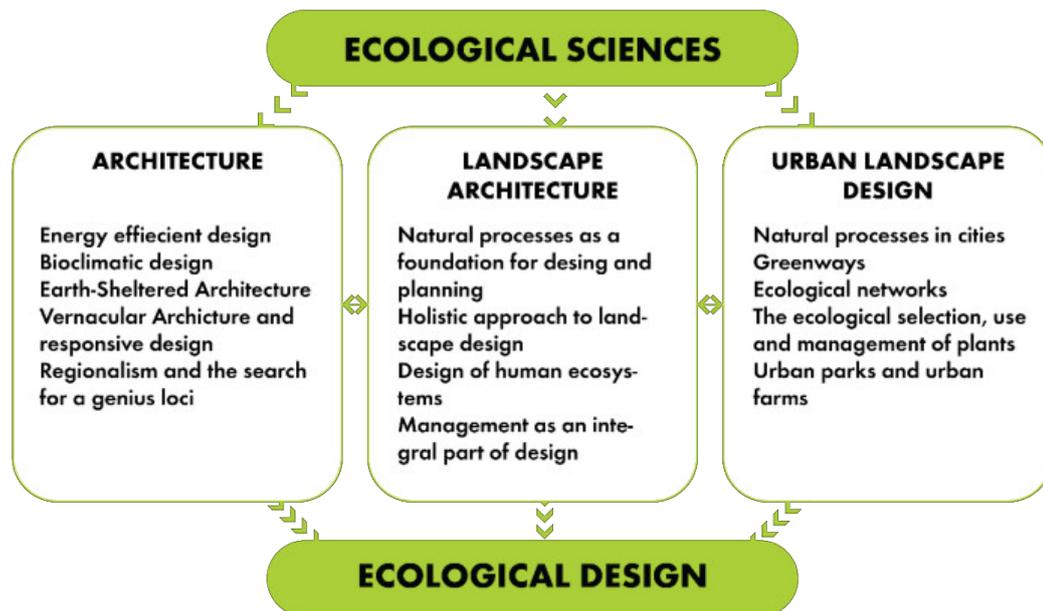
Desain ekologis memungkinkan pengurangan aliran energi dan material sedemikian rupa sehingga komunitas manusia dapat sekali lagi terintegrasi secara mendalam ke dalam komunitas ekologis di sekitarnya. Dengan hati-hati menyesuaikan skala dan komposisi limbah dengan kemampuan ekosistem untuk mengasimilasinya, kita dapat mulai menciptakan kembali hubungan simbiosis antara alam dan budaya. Dengan membiarkan alam bekerja, kita membiarkan

berkembang bahkan saat mereka memurnikan dan memulihkan limbah, memperbaiki iklim, menyediakan makanan, atau mengendalikan banjir. Misalnya, merencanakan rumah membutuhkan listrik atau gas alam dalam jumlah yang



berlebihan, dimungkinkan untuk menggunakan pemanas surya pasif melalui orientasi bangunan yang cermat dan pemilihan bahan bangunan yang tepat. Dengan cara yang sama, setiap dampak dapat diubah menjadi stimulus untuk inovasi desain ekologis (Van & Cowan 2007).

Dalam bukunya *The Technology of Ecological Building*, insinyur Klaus Daniels dalam Peters (2011) menguraikan prinsip-prinsip bangunan ekologis yang mencakup kebutuhan untuk berbagai studi lokasi yang terperinci, analisis bentuk dan orientasi bangunan, dan pertimbangan iklim lokal. Pendekatannya berkaitan dengan optimalisasi, integrasi membangun sistem, dan menggabungkan solusi teknologi dengan sistem pasif untuk meningkatkan kinerja. Daniels berpendapat bahwa bangunan masa depan harus menggunakan bahan dan teknologi canggih untuk meminimalkan permintaan energi dan dengan demikian secara aktif melindungi lingkungan (Peters, 2011).

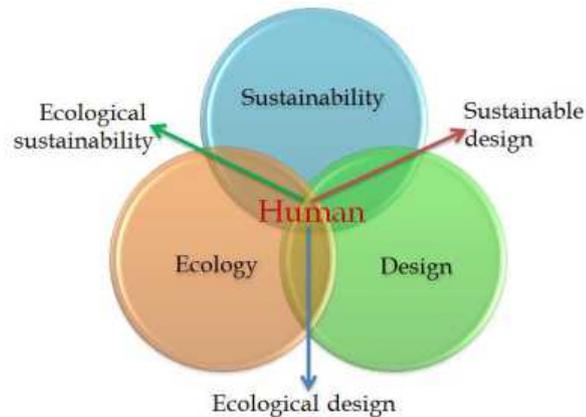


**Gambar 2** Ekologi dalam arsitektur, lanskap, dan urban lanskap  
Sumber: Makhzuomi and Pungetti, 1999



Secara historis, pandangan holistik berasal dari kebutuhan konseptual untuk memvalidasi 'bumi' dan 'alam' sebagai satu entitas yang Bersatu. Dalam ekologi lanskap, pandangan holistik bersifat ilmiah dan praktis. Itu berasal dari

teori ekosistem, menekankan keterkaitan berbagai komponen biotik dan abiotik yang berinteraksi dalam suatu ekosistem. Pendekatan integratif daripada selektif ini berlaku terlepas dari skala ekosistem yang ada Makhzuomi and Pungetti (1999).



**Gambar 3** Hubungan ekologi desain  
Sumber: Celik, 2013

Singkatnya, "Arsitektur Ekologis" dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan konsep-konsep dari teori arsitektur, psikologi dan ekologi. Dengan mempertimbangkan aspek psikologis interaksi manusia dengan lingkungan binaan, prinsip-prinsip bangunan ekologis, desain ekologis dan prinsip arsitektur ekologi, arsitek dapat merancang bangunan yang berkelanjutan, tangguh, dan mempromosikan keanekaragaman hayati.

## 2.2 Iklim Tropis

Asia Tenggara terletak di perbatasan antara daratan Eurasia dan Samudra Pasifik, dan sekitar setengah dari wilayahnya terdiri dari busur pulau, pola curah hujan di kawasan ini tidak hanya dipengaruhi oleh posisi geografisnya di dalam garis lintang tropis tetapi juga oleh pola musiman yang kuat dari pertukaran udara monsun antara daratan Asia dan Pasifik. Selain itu, iklim lokal tertentu dipengaruhi oleh pegunungan. Oleh karena itu, pola curah hujan di wilayah ini cukup kompleks (Gaussen et al. 1967). Namun sangat luas, perbatasan paling selatan bagian daratan



ggara, Semenanjung Malaya, sebagian besar Sumatera, Kalimantan, Jawa rat, sebagian besar Sulawesi (kecuali bagian selatan pulau), dan bagian pina dapat dianggap memiliki iklim lembab. Musim kemarau berlangsung

relatif lama dan cukup parah di sebagian besar wilayah Indonesia bagian timur dan wilayah utara Asia Tenggara daratan (Hutterer, 1985).

Seraca terminologi tropis berasal dari kata *tropicos* dalam bahasa Yunani Kuno berarti garis lintang. Garis lintang utara dan selatan dibatasi oleh garis khatulistiwa. Dan bujur barat dan bujur timur dibatasi oleh Greenwich Mean Time. Posisi astronomis Indonesia adalah 60 lintang selatan (utara) – 110 lintang selatan (lintang selatan) dan 950 bujur timur (bujur timur) – 1410 bujur timur (bujur timur). Indonesia terletak di tepi khatulistiwa, sehingga memiliki iklim tropis. Daerah negara dengan iklim tropis selalu menerima sinar matahari sebagai pusat tata surya. Karena Indonesia terletak di daerah tropis, memiliki musim hujan dan musim panas. Situasi ini berbeda dengan situasi di negara-negara subtropis. Negara subtropis memiliki 4 musim, yaitu musim panas, musim dingin, musim semi dan musim gugur.

Wilayah Indonesia sering dikaitkan dengan iklim monsun karena terhimpit di antara dua benua, Asia dan Australia, serta dua laut, Samudra Pasifik dan India. Oleh karena itu, curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh angin muson. Muson didorong secara bergantian oleh kehadiran sel tegangan tinggi dan tegangan rendah di benua Asia dan Australia. Pada bulan Desember, Januari dan Februari (DJF), pergerakan semu Matahari di Belahan Bumi Selatan (BBS) adalah  $23,5^\circ$ , sehingga angin bertiup dari utara ke selatan, yang dikenal sebagai Monsun Barat. Enam bulan kemudian, tepatnya pada bulan Juni, Juli dan Agustus (JJA), justru sebaliknya. Massa udara bergerak dari selatan ke utara. Ini dikenal sebagai Musim Timur, tetapi ada periode transisi di bulan-bulan lainnya disebut musim peralihan (Hermawan, 2010).

Indonesia terletak di daerah tropis dengan posisi astronomis yang mencakup lintang selatan  $60^\circ$ - $110^\circ$  dan bujur timur  $95^\circ$ - $141^\circ$ . Karena berada di tepi khatulistiwa, Curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh angin muson karena wilayah yang terjepit antara dua benua dan dua laut. Musim hujan atau Monsun Barat terjadi pada bulan Desember hingga Februari, di mana angin bertiup dari utara ke selatan. Sementara itu, Musim Timur terjadi pada bulan Juni hingga Agustus, di



mana angin bergerak dari selatan ke utara. Terdapat juga periode transisi yang disebut musim peralihan pada bulan-bulan lainnya.

### 2.3 Prinsip-Prinsip Ekologis pada Bangunan

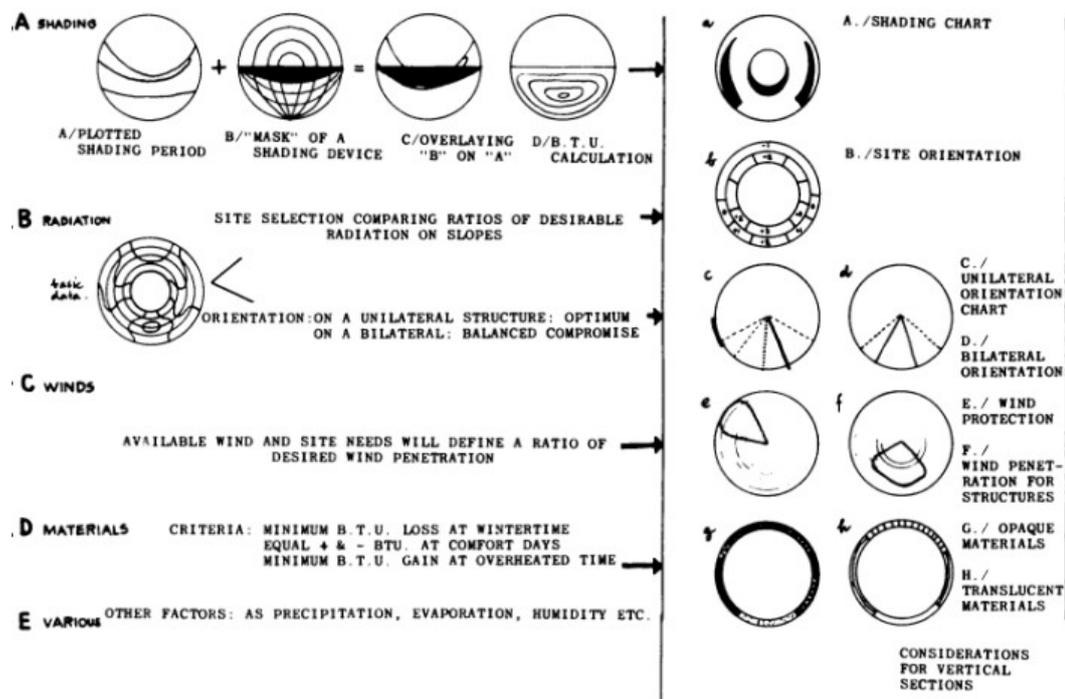
Prinsip-prinsip pendekatan bioklimatik Olgyay, 2015 oleh:

1. **Pemilihan Site:** Dalam pemilihan lokasi sebagian besar faktornya adalah variabel. Secara umum, situs yang menunjukkan karakteristik yang lebih baik dalam hubungan musim dingin-musim panas lebih layak huni.
2. **Orientasi:** Dalam orientasi panas matahari menentukan baik secara positif (pada periode dingin) maupun negatif (pada periode panas). Keseimbangan dapat ditemukan antara "periode kurang panas", saat kita mencari radiasi, dan "periode terlalu panas", saat kita ingin menghindarinya.
3. **Perhitungan bayangan:** Perhitungan peneduh didasarkan pada pepatah bahwa sepanjang tahun pada waktu yang terlalu panas matahari harus mengenai bangunan, dan pada waktu yang terlalu panas struktur harus berada di tempat teduh. Bagan jalur matahari, ditambah perhitungan geometrik dan radiasi, dapat menjelaskan keefektifan perangkat peneduh.
4. **Bentuk rumah dan bentuk bangunan:** Bentuk rumah dan bentuk bangunan harus sesuai dengan dampak lingkungan termal yang menguntungkan atau merugikan; karenanya bentuk tertentu lebih disukai daripada yang lain di lingkungan tertentu.
5. **Aliran Udara:** Pergerakan udara dapat dibagi ke dalam kategori angin dan angin sepoi-sepoi, menurut keinginannya. Angin yang terjadi pada periode yang terlalu panas harus dicegat, angin dingin harus digunakan pada periode yang terlalu panas. Pergerakan udara di dalam ruangan harus memenuhi kebutuhan bioklimatik. Perhitungan berdasarkan laju aliran udara melalui bangunan dalam kombinasi dengan pola aliran dalam dapat digunakan untuk menentukan lokasi, pengaturan, dan ukuran bukaan.



**Keseimbangan suhu dalam ruang:** Keseimbangan suhu dalam ruangan dapat dicapai sampai tingkat tertentu dengan penggunaan material secara hati-hati. Keterlambatan waktu dan karakteristik insulasi bahan dapat

digunakan untuk kondisi dalam ruangan yang lebih baik. Perencanaan heliothermic, berdasarkan studi aliran panas, memberikan ukuran kuantitatif untuk kepentingan relatif elemen bangunan. Kriteria keseimbangan adalah: aliran panas minimum keluar bangunan pada musim dingin, perolehan panas minimum dalam struktur selama periode pemanasan berlebih.



**Gambar 4** Analisis Metode Bioklimatik  
 Sumber: Olgyay, 2015

Analisis pemilihan pemilihan site dan orientasi tidak termasuk dalam menganalisa evaluasi konsep ekologis karena bangunan telah berdiri secara konstan. Faktor tersebut ditinggalkan penulis, fokus utama peneliti ialah, evaluasi terhadap kondisi bentuk bangunan saat ini dilihat dari aspek bayangan bangunan, aliran udara, dan keseimbangan suhu dalam ruang yang akan menjadi variabel dalam penelitian ini. Adapun dalam aspek bentuk, dapat dianalisa dengan modifikasi alat pembayangan bangunan.



## 2.4 Teori Bentuk Bangunan

### 2.4.1 Teori Bentuk

Istilah Latin untuk "bentuk" dalam bahasa Yunani sama dengan kata Yunani untuk "ide". Akibatnya, ide adalah sumber bentuk; tanpa ide, tidak ada bentuk. Hubungan antara ide dan tujuan menghasilkan bentuk, dan konsep adalah kekuatan pendorong di belakang bentuk. Akibatnya, bentuk tidak dapat eksis tanpa pikiran. Demikian pula, bentuk selalu merupakan hasil dari suatu gagasan baik itu dalam seni, sains, teknologi, atau kerajinan. Ide dan bentuk berjalan beriringan (Erzen, 2015).

Dalam menganalisis bentuk, perlu untuk analisis visual dan metode analitis memiliki nilai yang luar biasa. Jenis visualisasi gambar adalah pencapaian analisis visual melalui konsep konkret. Definisi arsitektur tentang bentuk adalah keseluruhan yang bermakna yang diciptakan oleh interaksi dialektis dari berbagai elemen formal. Menurut Schulz, "komponen" arsitektural adalah benda karakteristik terkecil yang merupakan bagian dari suatu bentuk arsitektural. Hasilnya, tiga kategori dasar untuk komponen bentuk arsitektural adalah "massa", "ruang", dan "fasad" (Schulz, 1988). Tajuk bentuk arsitektur, massa, ruang, dan fasad sehubungan dengan kategori-kategori ini dapat dibagi lagi oleh banyak gagasan yang penting untuk membedakan bentuk (Gunce, dkk., 2005).

Analisa bentuk melalui program komputerisasi menurut Oxman, 2000 objektifnya sebagai berikut:

1. Analisa formal dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi software program. Dengan mengeksplor dan mendeskripsikan proses.
2. Melakukan simulasi program pada komputer.

Dalam menganalisis bentuk, penting untuk menggunakan analisis visual dan metode analitis. Visualisasi gambar merupakan pencapaian analisis visual melalui



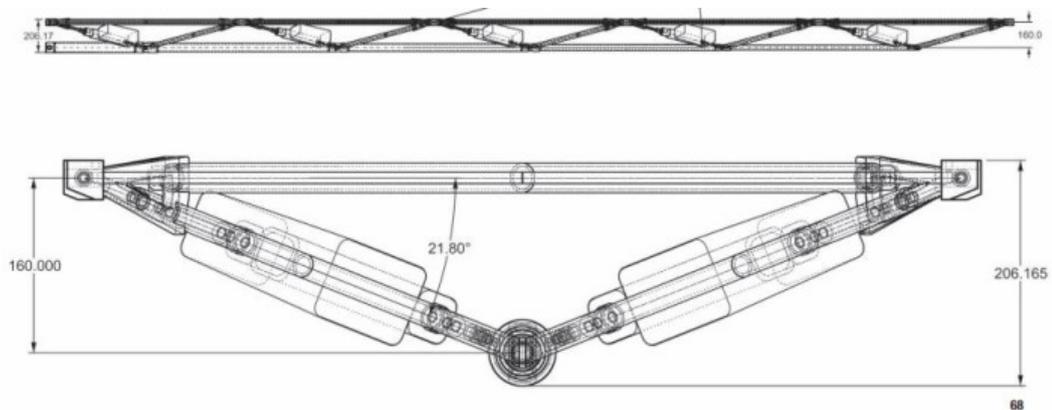
konkret. Dalam arsitektur, bentuk didefinisikan sebagai keseluruhan yang tercipta melalui interaksi elemen-elemen formal. Komponen arsitektural yang merupakan bagian dari bentuk dapat dikategorikan

menjadi "massa", "ruang", dan "fasad". Dengan menggunakan analisis bentuk secara komprehensif, baik melalui metode visual maupun komputerisasi, kita dapat memahami dan menggali makna serta karakteristik dari suatu bentuk arsitektural. Hal ini penting dalam merancang dan membangun bangunan yang memiliki nilai estetika, fungsionalitas, dan keberlanjutan.

## 2.4.2 Bentuk Bangunan Ekologis

Banyak dari struktur terbaik yang telah berevolusi selama kehidupan di Bumi masih terlihat di alam hingga saat ini. Lebih sedikit bahan, lebih banyak desain adalah filosofi penuntun untuk arsitektur yang diungkapkan melalui pengamatan. Dalam upaya mereka untuk meniru bentuk alam, arsitek dan insinyur telah berjuang untuk mencapai efisiensi melalui kerumitan bentuk tanpa mengeluarkan biaya yang terlalu tinggi. Ciri khas bagaimana alam berfungsi adalah contoh ko-evolusi solusi struktural dan material; proses diwujudkan dalam desain manusia (Pawlyn, 2016).

### 2.4.2.1 Bentuk Adaptif



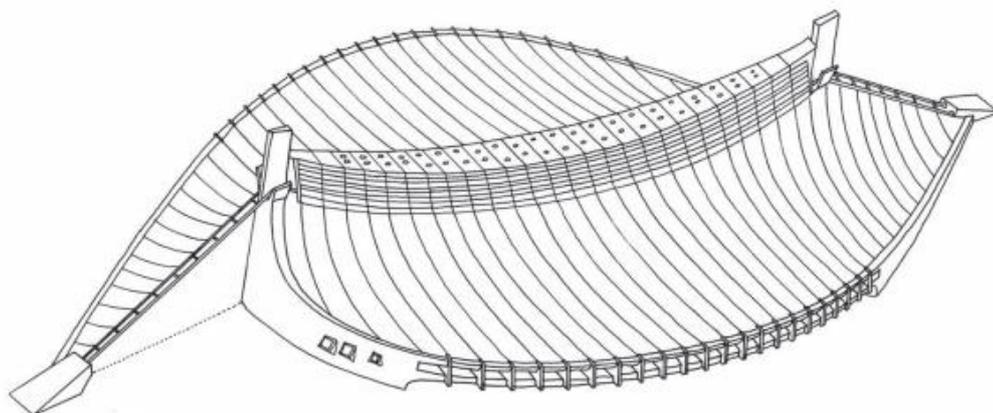
**Gambar 5** Truss adaptif oleh University College London dan Teknik Ekspedisi strategi adaptif yang sama dengan struktur biologis  
Sumber: Pawlyn, 2016

Strukturanya berevolusi sebagai kumpulan bentuk lengkungan besar yang terhubung yang tidak memerlukan penyangga vertikal. Lengkungan yang terhubung menciptakan struktur yang kokoh namun fleksibel. Kekuatan salah satu dari kemampuannya untuk mentransmisikan beban melalui defleksi,



yang merupakan sifat dari banyak struktur alami dan sangat kontras dengan kekakuan banyak teknik dari abad ke-20. Kekuatan tidak berevolusi di alam dengan menciptakan struktur yang sepenuhnya kaku, melainkan dengan mengakomodasi Gerakan (Pawlyn, 2016).

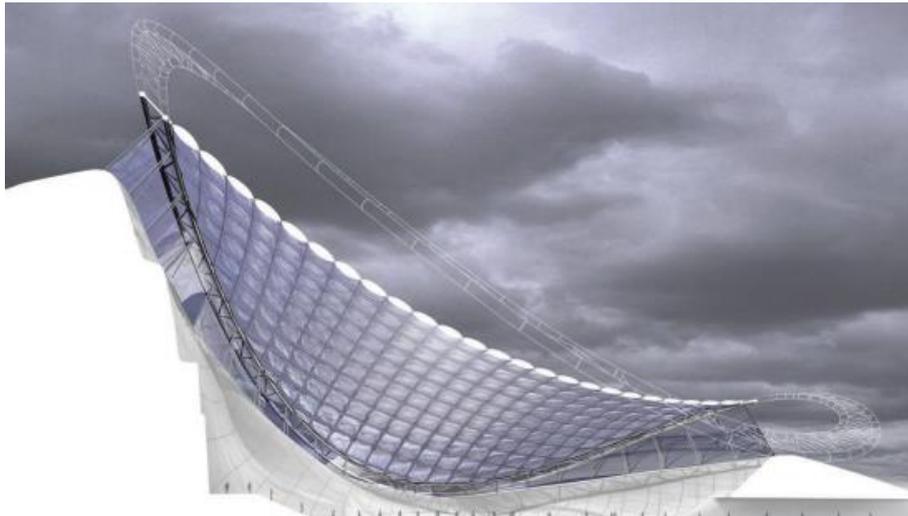
Truss adaptif dengan cerdas menggunakan lebih sedikit material sambil tetap memberikan kekakuan yang diperlukan. Mungkin ada banyak contoh di mana kita dapat dengan aman mengizinkan lebih banyak pergerakan sehingga menghemat sumber daya. Contoh biologis yang menarik adalah struktur tulang kaki kijang. Tulang-tulang itu memiliki sedikit bengkok daripada lurus, yang mungkin diyakini menawarkan kekuatan terbesar. Akibatnya, mereka mampu menahan beban kejut yang jauh lebih tinggi, memungkinkan mereka melakukan lompatan luar biasa untuk menghindari predator. Ada contohnya dalam bahasa sehari-hari, seperti lumbung bengkok, di mana pohon sengaja ditanam dalam bentuk melengkung untuk menambah tingkat fleksibilitas. Dapat dikatakan bahwa menggunakan banyak material untuk mencapai kekakuan adalah penyimpangan abad kedua puluh, tetapi sekarang kita dapat mencapai apa yang dilakukan oleh biologi dan desain vernakular: bentuk daya tanggap yang lebih cerdas dan efisien sumber daya (Pawlyn, 2016).



**Gambar 6** Gimnasium Olimpiade Kenzo Tange  
Sumber: Pawlyn, 2016



Bentuk Jaringan Kabel/*Cablenet* adalah jenis struktur tegangan yang paling umum, dan biasanya terdiri dari beberapa tiang yang menjadi tempat jaring direntangkan. Gimnasium Olimpiade Kenzo Tange yang sangat baik di Tokyo kira-kira sama, meskipun menggunakan fitur vertikal yang lebih substansial daripada skema tipe tenda (Pawlyn, 2016).



**Gambar 7** Proyek Eden  
Sumber: Pawlyn, 2016

Tim Grimshaw, proposal iklimik 3 diusulkan di Proyek Eden, menggunakan pendekatan yang berbeda. Persyaratan desain penting untuk selengkap ini adalah untuk mencapai tingkat cahaya setinggi mungkin. Hal ini mengarahkan tim untuk mengeksplorasi pendekatan yang menempatkan elemen tekan yang lebih berat di sekeliling bangunan, sementara di atas area yang tumbuh, pengaturan elemen tegangan yang paling minimal akan direntangkan. Setiap titik menggunakan balok cincin kisi di permukaan kabel, dan membran yang ditopangnya, akan ditarik ke dua arah untuk ketahanan maksimum terhadap beban angin (Pawlyn, 2016).

#### 2.4.2.2 Pemikiran Biomimetik



ada tujuh perbedaan utama dalam pemikiran biomimetik menurut Pawlyn yang diringkas di halaman berikutnya:

**Tabel 1** Perbandingan Pemikiran Keinsinyuran dan Biologi

Sumber: Pawlyn, 2016

<b>Keinsinyuran (<i>Engineering</i>)</b>	<b>Biologi</b>
Sebagian besar struktur monolitik; sedikit atau tidak ada hierarki	Struktur hierarkis
Kontrol fraktur yang buruk karena kurangnya antarmuka	Antarmuka: kontrol terpisah dari kekakuan dan fraktur
Fabrikasi dari bubuk, lelehan dan larutan	Pertumbuhan dengan penambahan adaptif
Bentuk yang dipaksakan secara eksternal	Perakitan mandiri yang dipengaruhi lingkungan
Respon lingkungan yang kurang	Responsif terhadap lingkungan
Tingkat keusangan yang tinggi	Mampu tumbuh dan memperbaiki diri
Menggunakan semua elemen dalam tabel periodik	Menggunakan subset terbatas dari elemen tidak beracun

**Gambar 8** Truss dalam truss dalam struktur Hierarki Menara Eiffel

Sumber: Pawlyn, 2016

### 2.4.2.3 Performa Bentuk Bangunan

#### 1. Pendinginan Bangunan

Ada empat mekanisme untuk perpindahan panas: radiasi, penguapan, konduksi, dan konveksi. Hidup di iklim panas, banyak spesies berusaha keras untuk mencegah pemanasan. Beberapa di antaranya meminimalkan penyerapan panas konduksi dengan menghindari sinar matahari secara total atau melompati pasir untuk menghindari perolehan radiasi. Saat berusaha menjaga agar struktur tetap dingin, meminimalkan perolehan panas harus menjadi perhatian utama, menurut prinsip yang sama yang digunakan untuk arsitektur (Pawlyn, 2016).





**Gambar 9** Rencana Menara Cabo Llanos di Santa Cruzde Tenerife, Spanyol dengan sirip peneduh yang terinspirasi daun palem yang mengikuti pergerakan matahari  
Sumber: Pawlyn, 2016

## 2. Pemanasan Bangunan

Banyak cara biologis untuk tetap hangat didasarkan pada pencegahan kehilangan panas karena metabolisme terus menerus menghasilkan panas. Insulasi, sebuah pendekatan arsitektur yang terkenal, mungkin menemukan cara-cara aktivitas baru di alam. Beberapa proyek *Passivhaus*, di mana sistem pemanas telah sepenuhnya "dirancang" dengan mendapatkan panas internal yang diperoleh dari metabolisme penghuni dan peralatan di gedung (analog dengan metabolisme) untuk menyeimbangkan kehilangan panas melalui kulit. Jika kita dapat secara signifikan mengurangi kehilangan panas dari bangunan. Seringkali pada saat-saat pengoptimalan seluruh sistem inilah keuntungan kuantum dalam kinerja energi dapat dibuat (Pawlyn, 2016).



alam mengadopsi konsep struktural yang lebih adaptif dan efisien, kita ngambil inspirasi dari alam dan pendekatan tradisional dalam desain. Hal membantu kita menciptakan solusi yang lebih berkelanjutan, menghemat

sumber daya, dan mengurangi dampak lingkungan yang negatif. Dengan menggunakan pendekatan yang cerdas dan inovatif dalam perancangan struktur, kita dapat mencapai kekuatan dan efisiensi yang optimal dalam membangun masa depan yang lebih berkelanjutan.

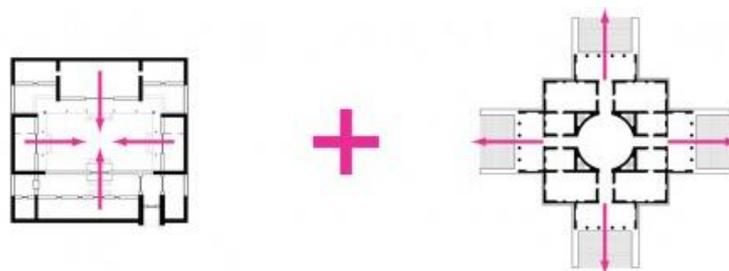
### 2.4.3 Bentuk Ekologis pada Elemen Bangunan

Movidi (2017) membahas tentang prinsip pendinginan pasif pada temperatur panas sebagai berikut:

#### 2.4.3.1 Morfologi/Bentuk

Morfologi bangunan terbalik yang umum adalah bangunan dengan halaman dalam atau atrium dalam berbagai desain dan penataan: untuk meningkatkan iklim mikro yang dapat ditinggali manusia Movidi (2017).

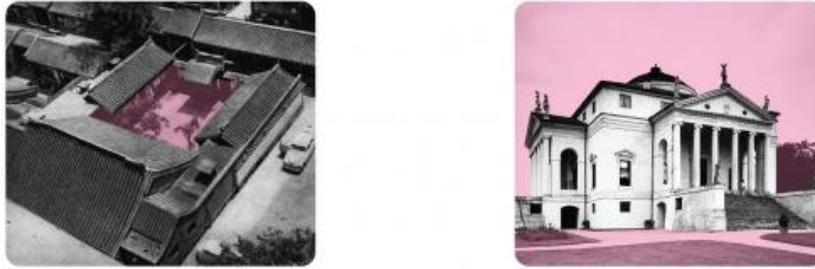
Halaman atau atrium, yang dianggap sebagai pusat, adalah area komunal dengan tujuan lingkungan. Bentuk panjang dan sempit halaman ini menyediakan ruang dengan naungan musim panas yang tepat. Selain nilai estetika yang ditambahkan, ini meningkatkan kenyamanan halaman dengan meningkatkan kelembaban relatif dan memberikan keteduhan, dan merupakan komponen kunci dari sistem pendinginan alami rumah. Atrium sebagai area penghubung antara semua komponen rumah terdiri dari semua bukaan dan ujung pintu masuk ruangan A'zami (2005).



**Gambar 10** Atrium di luar dan di dalam bangunan

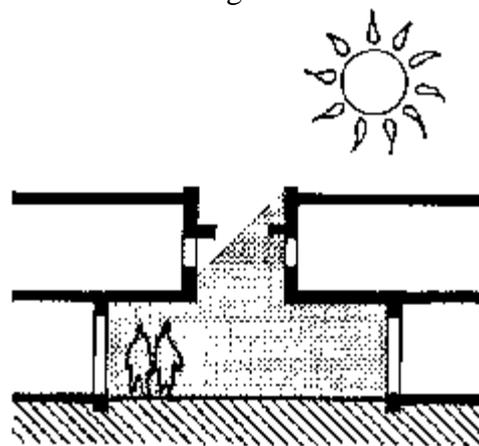
Sumber: <https://www.archdaily.com/20868/ordos-100-38-iwamoto-scott/parti-diagram2>





**Gambar 11** Atrium di luar dan di dalam bangunan

Sumber: <https://www.archdaily.com/20868/ordos-100-38-iwamoto-scott/parti-diagram2>



**Gambar 12** Peneduhan bangunan dan elemen bangunan dengan konstruksi kantilever maupun Atrium

Sumber: Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993)

#### 2.4.3.2 Kepadatan Bentuk

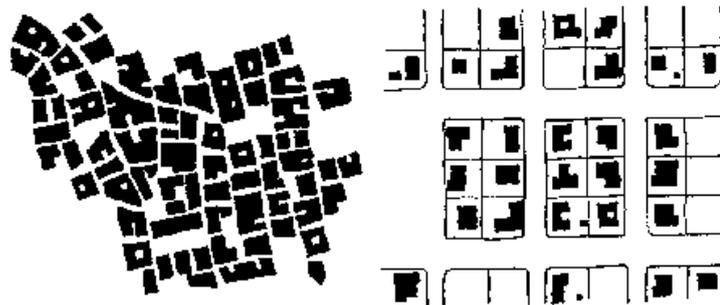
Diperlukan konfigurasi kompak-medium dengan ruang terbuka internal: untuk mengurangi permukaan luar bangunan relatif terhadap volume di dalam dan untuk mengurangi efek sinar matahari Movid (2017).

Berikut ini kriteria bentuk bangunan untuk iklim panas menurut Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993).

1. Bangunan harus memiliki bentuk yang kompak, meskipun agak memanjang (misalnya, bentuk yang ideal adalah 1:1,3) karena volume bangunan yang besar dan kompak menyerap lebih sedikit panas. Secara umum, bentuk terbaik adalah yang menyerap paling sedikit panas di musim panas dan paling banyak panas di musim dingin.



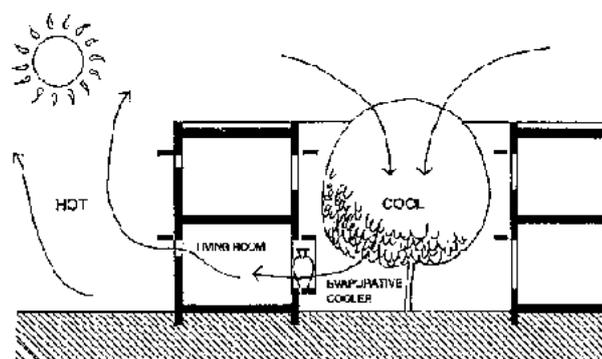
2. Bentuk persegi lebih disukai di musim panas, sedangkan bentuk memanjang cocok di musim dingin.
3. Rumah patio yang berdekatan, deretan rumah, dan pengelompokan rumah yang semuanya bersambung sepanjang sumbu timur-barat unggul karena fitur ini cenderung menghasilkan tampilan volumetrik memiliki banyak keunggulan seperti bangunan gedung pencakar langit.



**Gambar 13** Pola perkotaan tradisional dan urban  
 Sumber: Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993)

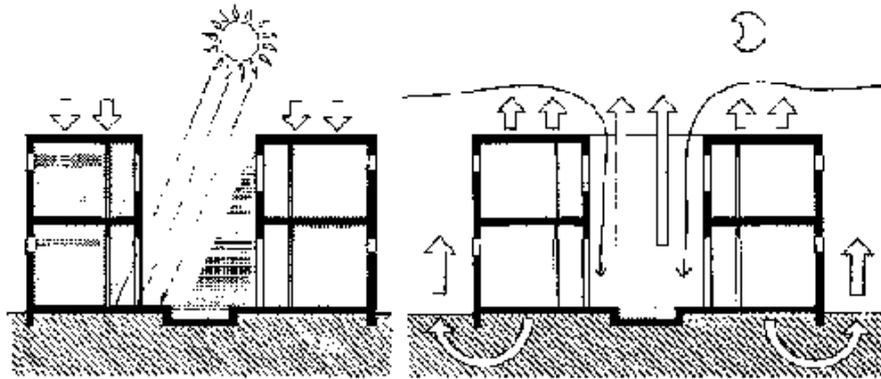
#### 2.4.3.3 Tata Letak

Tata letak yang rapat di sekitar halaman/*courtyard* dimaksudkan untuk memberikan efek udara dingin yang menetes di malam hari: untuk meningkatkan ruang yang ber-AC di siang hari Movidri (2017).



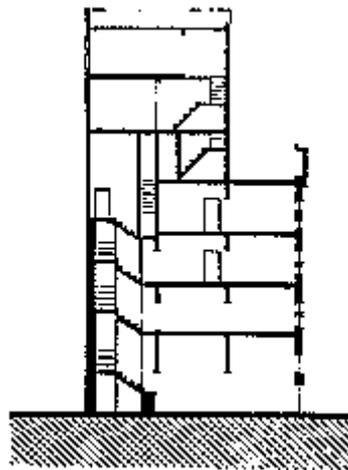
**Gambar 14** Mikro klimatik pada atrium  
 Sumber: Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993)





**Gambar 15** Atrium rumah dengan galeri tertutup dan kolam internal untuk penguapan, situasi siang dan malam  
 Sumber: Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993)

Bangunan tinggi dan kompak adalah pilihan konvensional di beberapa daerah, seperti daerah berbukit dan pesisir (Afrika Utara, Jazirah Arab, dll.), di mana mereka pernah memiliki fungsi pertahanan yang penting. Lantai bawah gedung digunakan untuk mengalirkan udara yang lebih dingin. Pada bagian sisi teduh ke arah belakang, dibangun dinding tinggi dengan poros ventilasi *built-in*. Bukaannya besar atau jendela ceruk untuk ventilasi silang ditutupi dengan sekat kayu yang disebut "*Rowshans*" atau "*Mashrabiyas*" di daerah tepi laut.

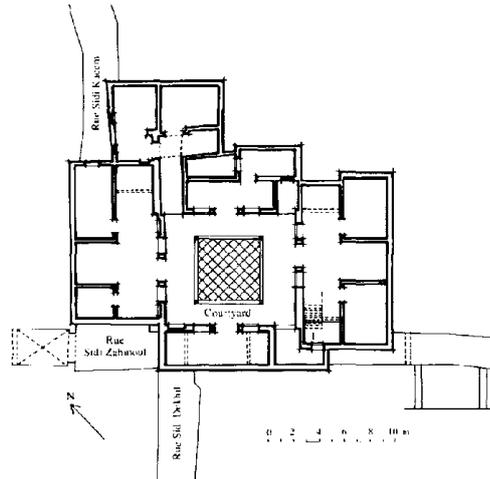


**Gambar 16** Bangunan tinggi lantai bawah sebagai aliran angin  
 Sumber: Gut, P. dan Ackerknecht, D. (1993)



### 2.4.3.4 Sirkulasi

Pergerakan spasial yang efektif antara ruang-ruang fungsional adalah taktik utama: meminimalkan permintaan pendinginan dengan mengurangi sirkulasi internal, meningkatkan efisiensi ruang, dan mengurangi volume Movid (2017).



**Gambar 17** Denah Dar Lajimi, a courtyard house, Tunis

Sumber: <https://www.semanticscholar.org/paper/Courtyard-Housing-in-Tripoli%3A-Tradition%2C-Modernity-Elmansuri/fcbb2ca76a7da338167070e54260f3ce7e73fc6>

### 2.4.3.5 Bentuk Atap

Kubah dan atap berkubah merupakan elemen desain tipikal untuk ruang tertutup dan semi tertutup: untuk meningkatkan kontak dengan angin luar, mengurangi dampak insolasi, dan menghasilkan lebih banyak bayangan dan bayangan diri Movid (2017).

Atap kubah yang digunakan di iklim panas dan gersang untuk menutupi masjid, tempat penampungan air, dan bazaar (pusat perbelanjaan). Karena permukaannya yang cembung dan tidak seimbang, sudut tumbukan kubah atau atap lengkung dengan sinar matahari bervariasi dari satu titik ke titik lainnya, dan sebagian selalu ternaungi pada pagi dan sore hari. Alhasil, bentuk lengkungnya ideal untuk melepaskan dan memancarkan sinar matahari di malam hari, yang

busi pada pendinginan di malam hari (Likouhi, 2017).

i daerah yang panas dan gersang, atap datar biasanya diaspal dengan batu entuk persegi yang dikenal dengan batu bata beraspal. Mayoritas radiasi



matahari menyerang batu bata ini. Secara bertahap meningkat di pagi hari dan secara bertahap menurun di sore hari. Tindakan ini mengubah kekuatan dan sudut radiasi matahari (Likouhi, 2017).

#### **2.4.3.6 Permukaan**

Permukaan konstruksi yang kasar digunakan: untuk menghasilkan pendinginan yang lebih efisien, mengurangi paparan permukaan terhadap matahari, meningkatkan interaksi dengan pergerakan udara, dan membatasi perolehan panas Movid (2017).

#### **2.4.3.7 Bukaannya**

Area jendela minimum, terutama pada fasad yang menghadap ke barat: untuk mengurangi kecerahan di dalam ruangan dan sinar matahari sore langsung Movid (2017).

Sebagian besar daerah menggunakan penangkap angin dengan berbagai bentuk, ketinggian, dan arah sesuai dengan angin tertentu: untuk menciptakan pendinginan konvektif yang efisien Movid (2017).

#### **2.4.3.8 Alat Pembayangan**

Di area dengan akses ke kayu, layar kayu (perangkat peneduh komposit) digunakan: untuk mengurangi silau interior dan untuk menyaring dan mengatur cahaya matahari Movid (2017).

Jaali, layar berlubang atau berkisi yang terkenal, sebagai ilustrasi sistem pendingin pasif tradisional. Jaali telah digunakan secara luas di India dan di seluruh dunia selama berabad-abad untuk mengatur cahaya dan meningkatkan ventilasi pada bangunan. Bahkan angin sepoi-sepoi menyebabkan udara yang melewati lubang kecilnya menjadi dingin saat mengembang. Layar berkisi digunakan dalam konstruksi modern yang sebanding di seluruh dunia karena keduanya

ngkan secara estetika dan sangat praktis, kualitas yang sekarang diakui iversal (Couvelas, 2019).





**Gambar 18** Pagar batu bata merah di Peloponnese, Yunani dan pagar batu pasir merah di Fatehpur Sikri, India  
Sumber: Couvelas, 2019

### 2.4.3.9 Material

Persediaan balok dan material bangunan berat digunakan: untuk memperpanjang penundaan dan menyimpan panas untuk pemanasan di malam hari Movid (2017). Bahan bangunan harus berpori dalam beberapa cara: Untuk membantu penyebaran panas Movid (2017).

Pemilihan bahan bangunan yang bijaksana dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi energi bangunan, meningkatkan kenyamanan dan kesehatan penghuninya, dan mengurangi konsekuensi lingkungan total proyek. Bahan konstruksi dengan kualitas berikut harus diprioritaskan untuk hasil lingkungan terbesar. Bahan bangunan yang berkelanjutan adalah bahan yang (Cairns Regional Council, Sustainable Tropical Building DeSign Guidelines for Commercial Buildings Acknowledgements, n.d.):

1. Diproduksi dari sumber daya terbarukan atau daur ulang.
  2. Hemat energi dan memiliki embodied energy yang rendah.
  3. Non-polusi.
  4. Diproduksi menggunakan metode produksi yang ramah lingkungan.
  5. Tahan lama dan memiliki persyaratan perawatan yang rendah (pengecatan, perawatan ulang, anti air, dll), atau yang perawatannya akan memiliki dampak lingkungan yang minimal.
- apat didaur ulang.



## 2.5 Bayangan Bangunan

### 2.5.1 Teori Bayangan

Berikut adalah penentuan letak matahari pada 21 Juni musim terlama penyinaran matahari dan musim dingin 21 Desember berdasarkan Arizona Geographic Alliance (diakses, 2023).

Matahari pada bulan 21 Juni (*Summer Sun*)

Dengan penentuan rumus :

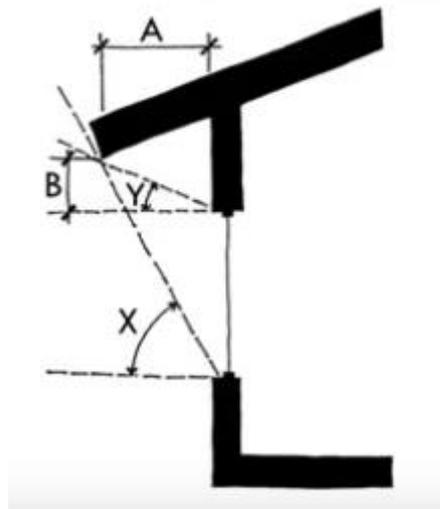
$$90 - 23.5 - (\textit{latitude lokasi})$$

Matahari pada bulan 21 Desember (*Winter Sun*)

Dengan penentuan rumus :

$$90 + 23.5 - (\textit{latitude lokasi})$$

### SOLAR SHADE SIZING



Penentuan shading bangunan dengan rumus :

$$X = \textit{Latitude} + 20^{\circ}$$

**Gambar 19** Solar Shade Sizing

Sumber: Doerr Architecture, 2010



la dan naungan jendela juga memainkan peran penting dalam pemanasan rdinginan pasif, ventilasi alami, dan pencahayaan alami. Beberapa alat

yang paling efektif dalam mengoptimalkan ventilasi alami dan pendinginan pasif adalah pengoperasian, ukuran, posisi, dan peneduh jendela (B. Jaffe dkk., 2020):

1. Orientasikan bangunan untuk menghadirkan fasad terpanjang ke arah angin yang ada. Rancang bukaan jendela dan pintu pada fasad tersebut untuk menyediakan titik akses ventilasi alami dan mengoptimalkan angin sejuk.
2. Cegah masuknya panas yang tidak diinginkan melalui jendela dengan naungan eksterior yang efektif dan kaca yang ditentukan dengan tepat.
  - SHGC rendah lebih baik untuk memblokir perolehan panas.
  - Faktor U rendah menunjukkan sifat isolasi yang lebih baik.
  - VT yang lebih tinggi memungkinkan lebih banyak sinar matahari dan radiasi matahari melewati kaca jendela.
3. Tempatkan jendela yang dapat dioperasikan di sisi angin dan angin bawah bangunan untuk meningkatkan aliran udara ventilasi silang. Udara bergerak dari tekanan tinggi, arah angin, ke tekanan rendah, bawah angin.
4. Ukuran jendela dan saluran masuk udara lainnya untuk mengarahkan sirkulasi udara dan mengontrol kecepatan udara.
  - Saluran outlet lebih besar dari saluran masuk meningkatkan kecepatan udara.
  - Tempatkan inlet rendah dan outlet tinggi untuk mengarahkan aliran udara melalui udara ruang yang ditempati di seluruh tubuh penghuni untuk memfasilitasi konveksi dan pendinginan evaporatif.
  - Hindari penempatan inlet yang tinggi di ruang interior.
  - Saluran masuk yang tinggi akan mengarahkan aliran udara melintasi langit-langit dan bukan di zona kerja.
  - Bukaan jendela besar pada fasad yang berlawanan mengurangi kecepatan udara tetapi akan memaksimalkan volume udara.
5. Jendela horizontal rendah lebih efektif sebagai inlet baru daripada jendela vertikal.



6. Jendela ditempatkan tinggi di dinding bawah angin atau di atas garis atap mendorong ventilasi efek tumpukan, meningkatkan aliran udara dan ventilasi.
7. Menentukan kaca yang mengoptimalkan VT dan SHGC sesuai iklim, kebutuhan fungsional, dan kondisi khusus.
8. Desain ruang interior dengan denah terbuka menghilangkan penghalang dan memaksimalkan ventilasi silang.

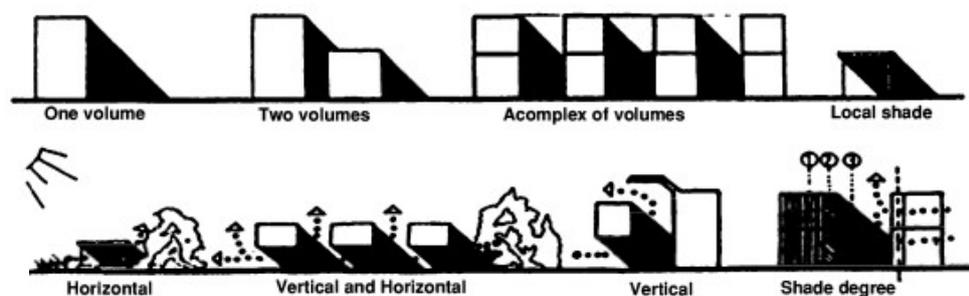
Jendela dan naungan jendela memiliki peran penting dalam pemanasan pasif, pendinginan pasif, ventilasi alami, dan pencahayaan alami. Beberapa langkah efektif untuk mengoptimalkan ventilasi alami dan pendinginan pasif melalui jendela adalah mengorientasikan bangunan dengan fasad terpanjang menghadap angin, menggunakan naungan eksterior yang efektif, memilih kaca dengan karakteristik yang tepat, menempatkan jendela yang dapat dioperasikan di sisi angin, mengatur ukuran jendela dan saluran udara, dan mendesain ruang interior dengan denah terbuka.

### 2.5.2 Jenis Shading

Berikut adalah tipe-tipe naungan menurut Almusaed, 2011 yaitu, sebagai berikut:

#### 1. Naungan Volume

Jenis naungan ini sangat penting untuk kota-kota dengan iklim panas, di mana konsep penciptaan arsitektur dimulai dari bayangan sebagai selubung pelindung.



**Gambar 20** Naungan Volume  
Sumber: Almusaed, 2011



## 2. Naungan Courtyard

Courtyard mewakili upaya untuk membawa kekuatan alam di bawah kendali parsial. Sebagai kantong ruang yang terbuka ke langit, pekarangan meningkatkan beberapa aspek iklim, seperti siang hari, dan mengurangi aspek lainnya, seperti panas. Halaman dapat bekerja dengan baik dengan naungan, air, dan vegetasi yang ada.

## 3. Naungan Ruang di atas Ruang



**Gambar 21** Naungan Ruang di atas Ruang

Sumber: Almusaed, 2011

Volume penutup memiliki area pelindung yang terpapar langsung ke sinar matahari, dianggap sebagai garis pertahanan pertama terhadap pemanasan yang berlebihan. Volume mencakup fungsi penting: yaitu, melindungi dari kelebihan panas eksterior

## 4. Naungan Pohon



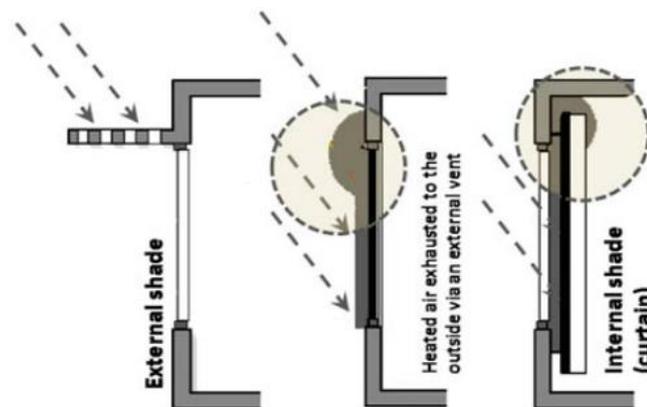
**Gambar 22** Naungan Pohon

Sumber: Almusaed, 2011



Kepadatan naungan merupakan faktor yang sangat penting untuk membangun konsepsi kita. Naungan yang lebat dari pepohonan menawarkan pengurangan maksimum intensitas matahari yang harus digunakan untuk menaungi bangunan. Penentuan jenis tanaman naungan yang dibutuhkan untuk menciptakan efek naungan yang efisien. Oleh karena itu, lokasi yang teduh umumnya dianggap sebagai area bermasalah karena sulitnya membentuk rumput, tetapi lokasi ini sangat baik untuk banyak pohon dan semak yang menyukai naungan, serta umbi, tanaman keras, dan penutup tanah. Sebelum menanam, taman teduh, perlu untuk mengetahui seberapa banyak naungan yang didapat area tersebut untuk memilih tanaman yang sesuai. Setelah kategori pohon yang disukai ditentukan dan kondisi tanah dan iklim mikro lokasi yang dipilih ditentukan, maka pemilihan spesies yang akan tumbuh dengan baik di lokasi tersebut dapat dilakukan dan memenuhi kebutuhan lanskap yang ditentukan.

#### 5. Naungan Indoor



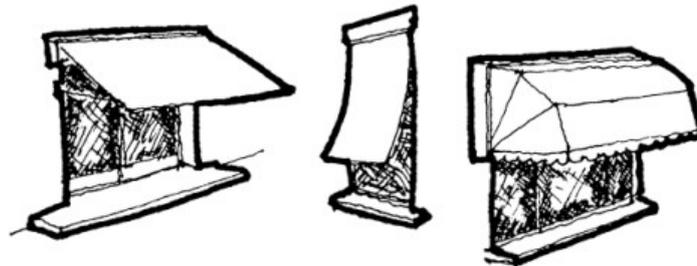
**Gambar 23** Naungan Tirai  
Sumber: Almusaed, 2011

Naungan interior, seperti tirai lipat, tirai, dan gordena, dapat mengurangi perolehan panas. Naungan interior memantulkan sinar matahari kembali ke ar jendela sebelum dapat berubah menjadi panas. Tugasnya untuk enghalangi pergerakan udara panas dari area di sekitar jendela ke dalam



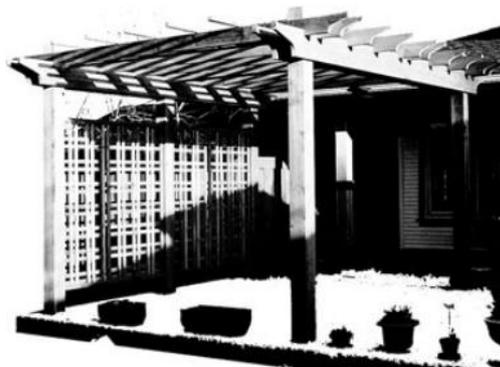
ruangan dan melindungi ruangan dari permukaan panas kaca dan bingkai jendela.

#### 6. Naungan Eksternal



**Gambar 24** Naungan Kanopi  
Sumber: Almusaed, 2011

Peneduh Kanopi bekerja dengan menghalangi sinar matahari sudut tinggi. Kanopi pada bangunan dapat menutupi jendela individu atau bagian dari dinding luar.



**Gambar 25** Naungan Teralis  
Sumber: Almusaed, 2011

Peneduh dengan Teralis Teralis adalah struktur permanen yang menaungi sebagian bagian luar bangunan. Tanaman merambat yang tumbuh di atas teralis menambah lebih banyak keteduhan dan pendinginan evaporatif.





**Gambar 26** Shade Screen  
Sumber: Almusaed, 2011

*Shade Screen* di luar mencegah sinar matahari memasuki jendela. *Shade Screen* terbuat dari aluminium atau plastik, yang ringan, tahan lama, dan mudah dipasang. Bentuk baru memiliki sel surya untuk fungsi vital penghasil energi listrik.

Naungan memiliki peran penting dalam menciptakan iklim mikro yang nyaman di sekitar bangunan dan ruang terbuka. Dalam konteks ini, naungan merujuk pada penggunaan struktur atau elemen untuk melindungi area tertentu dari sinar matahari langsung atau membatasi paparan sinar matahari yang berlebihan. Naungan dapat memberikan manfaat signifikan dalam mengendalikan suhu, intensitas cahaya, dan kenyamanan termal di lingkungan sekitar.

### 2.5.3 Silau (*Sunlight Exposure*)

Kualitas fasad memiliki dampak signifikan pada seberapa banyak cahaya yang masuk ke interior. Dalam hal menurunkan jumlah listrik yang dibutuhkan untuk penerangan, desain interior, dan dalam hal ini, khususnya pemilihan warna, serta pengaturan dinding furniture, penyesuaian *workstation*, dan lokasi sensor siang



memainkan peran penting. Selain itu, otomatisasi perangkat pelindung harus dikonfigurasi dengan cara yang aman untuk memungkinkan operasi terkait dengan hasil siang hari dan panas (Bauer, dkk., 2009).

Pertimbangan diberikan pada perilaku penghuni saat merancang pengaturan kontrol perlindungan matahari. Secara khusus, gambar tirai *louver* vertikal berlubang eksterior ditangkap oleh kamera pencahayaan. Evaluasi pengguna digunakan untuk memberikan penilaian faktual mengenai silau untuk berbagai lokasi tirai *louver*. Selain itu, efek posisi tirai *louver* pada kecerahan interior juga dievaluasi. Para pengguna secara bersamaan ditanyai tentang posisi tirai yang mereka sukai dan bagaimana mereka menggunakan perangkat perlindungan matahari vertikal interior. Satu-satunya cara untuk memodifikasi konsep kontrol perangkat pelindung matahari dengan cara yang memastikan pemanfaatan cahaya matahari yang optimal saat digunakan adalah dengan mengikutsertakan pengguna (Bauer, dkk., 2009).

Pendapat dan preferensi pengguna juga diambil untuk memahami preferensi mereka terhadap posisi tirai dan penggunaan perlindungan matahari vertikal interior. Partisipasi pengguna menjadi kunci dalam memodifikasi konsep kontrol perangkat pelindung matahari untuk memastikan pemanfaatan cahaya matahari yang optimal. Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, desain fasad yang baik dapat mengoptimalkan penerangan alami, mengurangi penggunaan energi listrik, dan menciptakan kondisi lingkungan yang nyaman di dalam ruangan.

## 2.6 Aliran Udara

### 2.6.1 Jenis Ventilasi dan Aliran Udara

Berikut adalah deskripsi jenis ventilasi dan aliran udara menurut Mumovic dkk., 2009 adalah sebagai berikut.

#### 1. *Single Sided Ventilation* (Ventilasi Satu Sisi)

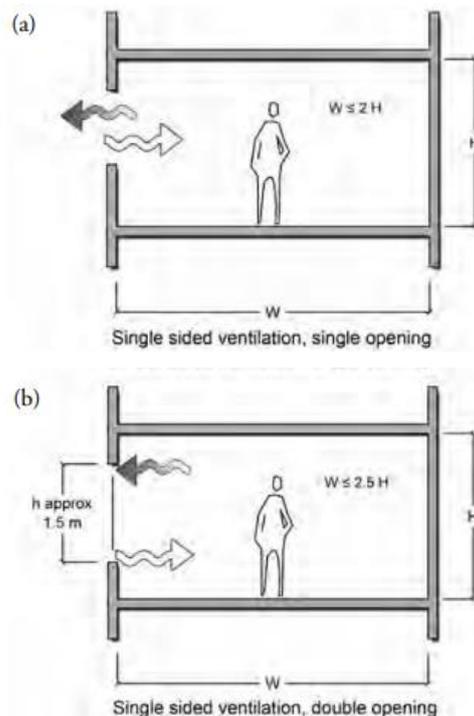
Ventilasi satu sisi Ventilasi satu sisi biasanya melayani ruangan tunggal dan bergantung pada ventilasi di satu sisi saja. Terdapat dua varian bentuk ventilasi dasar ini.

a) *Single-sided ventilation with single opening* (Ventilasi satu sisi dengan bukaan tunggal). Sehubungan dengan strategi lain, yang satu ini menawarkan solusi ventilasi alami yang paling tidak menarik dan ditandai dengan tingkat ventilasi yang lebih rendah dan udara ventilasi



menembus jarak yang lebih kecil ke dalam ruang. Sebagai patokan, kedalaman batas untuk ventilasi efektif adalah sekitar 2 kali tinggi lantai ke langit-langit, biasanya kedalaman 4m hingga 6m.

- b) *Single-sided ventilation with double opening* (Ventilasi satu sisi dengan bukaan ganda). Kekuatan pendorong dalam hal ini ditingkatkan dengan efek tumpukan skala ruangan. Aliran yang diinduksi tumpukan meningkat dengan pemisahan bukaan secara vertikal dan dengan perbedaan suhu antara bagian dalam dan bagian luar. Selain itu, ventilasi yang diinduksi oleh angin sedikit lebih baik karena kemungkinan peningkatan perbedaan tekanan yang terjadi antara dua bukaan. Idealnya kedalaman ruang 2.5 kali tinggi ruang.



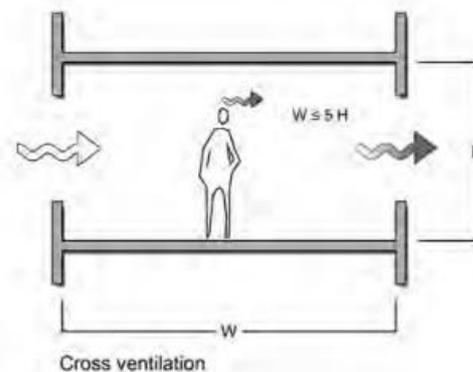
**Gambar 27** a) Jenis Ventilasi Satu Sisi Satu Sisi b) Dua Sisi  
Sumber: Mumovic dkk., 2009

## 2. *Cross Ventilation* (Ventilasi Silang)



entilasi silang biasanya didorong oleh perbedaan tekanan yang dihasilkan angin yang menginduksi tekanan positif (kerja ke dalam) pada permukaan atas dan tekanan negatif (kerja ke luar) pada permukaan bawah angin.

Menggunakan ventilasi vertikal terkotak, perbedaan tekanan di seluruh segmen yang menghadap angin mendorong udara ke dalam ruang, sementara hisapan yang diciptakan oleh tekanan negatif pada segmen bawah angin menarik udara keluar dari ruang. Gabungan sistem ventilasi alami yang dipasang di atap statis inlet dan outlet biasanya terdiri dari terminal kisi-kisi, rakitan alas dan peredam yang memungkinkan pengguna atau sistem kontrol otomatis untuk menyesuaikan ventilasi. Kedalaman ruang biasanya 5 kali dari tinggi ruangan.

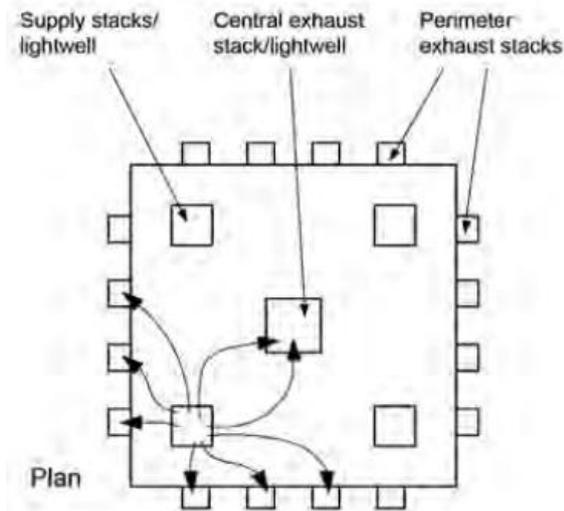


**Gambar 28** Cross Ventilation  
Sumber: Mumovic dkk., 2009

### 3. *Stack Ventilation* (Ventilasi Tumpukan)

*Stack Ventilation* terjadi akibat saluran vertikal yang dibuat khusus (juga dikenal sebagai tumpukan atau cerobong asap) atau melalui atrium internal atau jenis kontinuitas spasial vertikal lainnya di dalam gedung. Ventilasi tumpukan digerakkan oleh daya apung dan bergantung pada perbedaan kerapatan untuk menarik udara luar yang lebih dingin dan lebih padat ke dalam bangunan melalui ventilasi tingkat rendah dan untuk membuang udara dalam ruangan yang lebih hangat dan kurang padat melalui ventilasi tingkat tinggi. Untuk mempromosikan ventilasi alami, ventilasi atap harus selalu ditempatkan di zona tekanan negatif sehubungan dengan tekanan angin.





**Gambar 29** Stack Effect Lanchester Library

Sumber: Mumovic dkk., 2009

Setiap jenis ventilasi memiliki karakteristik dan prinsip kerja yang berbeda untuk menciptakan aliran udara alami di dalam ruangan. Ventilasi satu sisi, baik dengan bukaan tunggal atau ganda, mengandalkan ventilasi dari satu sisi ruangan. Meskipun ventilasi ini kurang efektif dan memiliki tingkat aliran udara yang lebih rendah, kedalaman ruangan yang tepat dapat meningkatkan kinerja ventilasi ini. Ventilasi silang memanfaatkan perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh angin untuk mendorong udara masuk dan keluar ruangan melalui bukaan ventilasi yang terletak di sisi yang berlawanan. Ventilasi tumpukan bekerja berdasarkan prinsip daya apung, dengan udara hangat yang naik ke ventilasi tingkat tinggi dan udara dingin yang masuk melalui ventilasi tingkat rendah.

Pemilihan jenis ventilasi yang tepat tergantung pada faktor-faktor seperti orientasi bangunan, kondisi angin, dan desain ruangan. Kedalaman ruangan juga memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja ventilasi. Dengan memahami jenis-jenis ventilasi ini, kita dapat merancang bangunan dengan sistem ventilasi yang efektif untuk menciptakan iklim mikro yang nyaman dan sehat di dalam ruangan.



### Jenis Kriteria Angin

Kriteria angin dari Amandemen Skema Perencanaan Windtech Consultants dalam Melbourne C270 (2016) adalah sebagai berikut:

1. Kenyamanan Duduk (*Sitting*): kecepatan angin *GEM* kurang dari 3 m/s selama setidaknya 80% dari waktu atau hembusan puncak tahunan setara dengan 10 m/s.
2. Kenyamanan Berdiri (*Standing*): kecepatan angin *GEM* kurang dari 4m/s selama setidaknya 80% dari waktu atau setara dengan kecepatan angin puncak tahunan sebesar 13m/s.
3. Kenyamanan Berjalan (*Walking*): kecepatan angin *GEM* kurang dari 5 m/s selama setidaknya 80% dari waktu atau setara dengan angin puncak tahunan sebesar 16 m/s.
4. Batas Keamanan (*Safety Limit*): Kecepatan angin hembusan maksimum 20m/s selama 3 detik dengan probabilitas pelanggaran sebesar 0,1% (tahunan) dari segala arah angin.

Kriteria kenyamanan tersebut dapat digunakan untuk mengukur analisis kenyamanan angin dari pergerakan angin di sekitar site Menara Phinisi UNM.

### 2.6.3 Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Kenyamanan

Tabel berikut merupakan pengaruh kecepatan angin terhadap kenyamanan penghuni dilansir oleh Frick, 1988.

**Tabel 2** Pengaruh Kecepatan Angin  
Sumber: Frick, 1998

Kecepatan (m/s)	Efek penyegaran	Indikator
<0.25	$^{\circ}\text{C}$	Tidak dapat dirasakan
0.25 - 0.5	0.5 - 7 $^{\circ}\text{C}$	Paling Nyaman
0.5 - 1	1.0 – 1.2 $^{\circ}\text{C}$	Masih Nyaman
1 - 1.5	1.7 - 2.2 $^{\circ}\text{C}$	Maksimal
1.5 - 2	2.0 – 3.3 $^{\circ}\text{C}$	Kurang nyaman, berangin
> 2	2.3 – 4.2 $^{\circ}\text{C}$	Kesehatan penghuni berpengaruh terhadap angin.

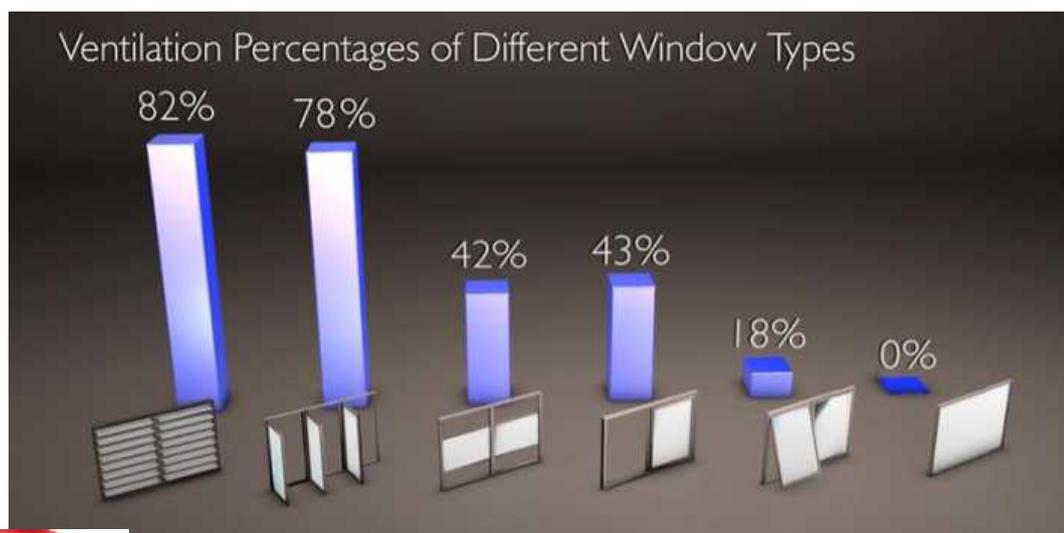


Untuk mengevaluasi bagaimana angin mempengaruhi kenyamanan penghuni dalam konteks proyek kami, kami akan menerapkan standar yang ditetapkan oleh Frick pada tahun 1988, yang ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel ini mengklasifikasikan kecepatan angin ke dalam beberapa rentang dan menghubungkannya dengan metrik kenyamanan penghuni tertentu. Tanda-tanda yang menyertainya adalah 'Tidak dapat dirasakan,' 'Paling nyaman,' 'Masih nyaman,' 'Maksimum,' 'Kurang nyaman, berangin,' dan 'Kesehatan penghuni terganggu oleh angin.'

#### 2.6.4 Inlet dan Outlet pada Ventilasi

Penempatan inlet dan outlet pada Ventilasi berdasarkan studi (Texas A&M Cook 1986) dalam La Roche (2001) adalah sebagai berikut:

1. Untuk memaksimalkan kecepatan angin, perlu adanya *inlet* dan *outlet* atau jalur masuk dan keluarnya angin.
2. *Outlet* sebaiknya lebih besar dari pada inlet untuk memaksimalkan kecepatan angin pada ruang.
3. Jika *inlet* dan *outlet* berada di level yang sama di dekat atap misalnya maka, hanya sedikit arah pergerakan udara yang akan melewati penghuni.



**Gambar 30** Tipe Jendela dan Persentase Masuknya Angin  
Sumber: Breezway Louvre Windows, 2012

Pernyataan ini bertujuan untuk mengumpulkan wawasan dan persepsi mengenai penerapan praktis strategi ventilasi berdasarkan prinsip-prinsip yang telah ditetapkan, yang akan memberikan kontribusi informasi yang berharga dalam penilaian efektivitas ventilasi dalam mengoptimalkan kecepatan angin di dalam ruang interior.

### **2.6.5 Kualitas Udara**

Manusia membutuhkan udara untuk menopang kehidupannya. Kualitas udara juga memengaruhi seberapa baik perasaan kita saat berada di tempat kerja, sekolah, rumah sakit, atau saat melakukan aktivitas rekreasi. Kesehatan kita juga terpengaruh. Orang dengan berbagai penyakit dan gejala, termasuk iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, sakit kepala, kelelahan, perasaan tidak enak badan, vertigo, dan masalah konsentrasi, sering kali menyalahkan kualitas udara yang buruk. Gejala-gejala ini disebut sebagai *Sick-Building-Syndrome* oleh para ahli. Sebuah ruangan harus disuplai dengan udara luar sebersih mungkin untuk membatasi beban polusi di dalam ruangan seminimal mungkin. Hal ini dapat terjadi secara alami, melalui jendela, atau secara artifisial, melalui sistem ventilasi (Bauer, dkk., 2009).

Peneliti berusaha untuk menyelidiki sikap dan pilihan terkait kualitas udara dalam ruangan dalam beberapa konteks berdasarkan pengetahuan ini. Menurut teori yang dipaparkan oleh Bauer dkk. (2009) Kualitas udara dapat memengaruhi kesehatan kita, dan kualitas udara yang buruk telah dikaitkan dengan berbagai gejala penyakit.

## **2.7 Keseimbangan Suhu Ruang**

### **2.7.1. Kenyamanan Termal**

Di area yang panas dan lembab dengan sedikit variasi musim, material sebaiknya ringan atau memiliki U Value yang rendah (Olgay, 2015).



**Tabel 3** Indikator Temperatur

Sumber: SNI 03- 6572-2001

Temperatur (°C)	Indikator
20.5 – 22.8 -24	Sejuk nyaman ambang atas
20.8 – 25.8 - 28	Nyaman opsional ambang atas
20.8 – 25.8 - 31	Hangat nyaman ambang atas

**Tabel 4** Indikator Kelembaban

Sumber: Bauer et al., 2009

Kelembaban (RH)	Indikator
Di bawah 30%	Gangguan Pernapasan
Rekomendasi 30-60%	Kelembaban relatif
Di atas 70%	Kondensasi, Pertumbuhan jamur

Tingkat kelembaban yang terus-menerus, sangat rendah atau sangat tinggi dapat berdampak negatif terhadap kesehatan, bahkan pada tingkat suhu interior yang biasa. Tingkat kelembaban yang melebihi 70% dapat menyebabkan kondensasi, yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, sementara tingkat kelembaban di bawah 30% menyebabkan kekeringan dan iritasi lendir pada mata dan saluran udara. Hal terakhir ini dapat membahayakan bangunan selain tidak sehat. Apakah langkah teknis tambahan diperlukan untuk mengatur tingkat kelembaban dalam ruangan akan bergantung pada seberapa sering tingkat kelembaban dalam ruangan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah terjadi (Bauer, dkk., 2009).

Tabel 3 dari SNI 03-6572-2001 akan digunakan untuk menilai kenyamanan termal ruang interior. Penilaian tingkat kelembaban akan diukur dari Tabel 4, yang bersumber dari Bauer dkk. (2009). Tabel ini memberikan indikator untuk berbagai rentang kelembaban relatif (RH). Secara khusus, kami akan memantau tingkat kelembaban di bawah 30%, yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan, kelembaban relatif 30-60% yang direkomendasikan, dan tingkat kelembaban di atas 70%



### 2.7.2. Hubungan antara Kenyamanan dan Performa Pengguna

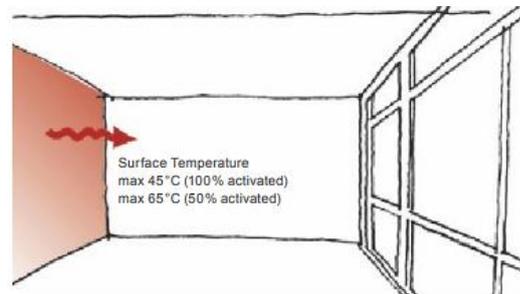
Bangunan memiliki peran penting dalam kesehatan dan kualitas hidup kita karena bangunan berfungsi sebagai kulit ketiga. Tingkat kinerja yang tinggi di tempat kerja hanya dapat diperoleh bila tingkat kesejahteraan yang tinggi juga ada, hal ini menginspirasi proses pemikiran dan gagasan inovatif sekaligus mendorong regenerasi dan penyembuhan tubuh. Baik lingkungan kerja maupun hubungan antar-manusia menunjukkan kapasitas kinerja tinggi manusia yang saling terhubung. Besar dan beragamnya pengaruh tersebut terhadap kesehatan dan ritme manusia tidak dapat dihindari. Beberapa di antaranya, seperti suhu udara atau tingkat kebisingan dalam ruangan, dapat dipantau secara fisik (Bauer, dkk., 2009).

Aliran panas yang mengalir melalui tubuh seseorang mempengaruhi persepsi subjektif mereka tentang kenyamanan termal. Keseimbangan termal mengharuskan semua panas yang dihasilkan di dalam tubuh dilepaskan sepenuhnya ke lingkungan. Tubuh manusia dirancang untuk dapat mempertahankan suhu inti internalnya pada tingkat yang sebagian besar konstan, dengan hanya sedikit perubahan, terlepas dari lingkungan sekitarnya dan melalui berbagai aktivitas fisik. Ketika berusaha untuk menyesuaikan suhu tubuh dengan lingkungannya dalam kondisi iklim yang ekstrem, mekanisme pengaturan manusia dapat menjadi terlalu banyak bekerja, yang menyebabkannya tenggelam atau jatuh (Bauer, dkk., 2010).

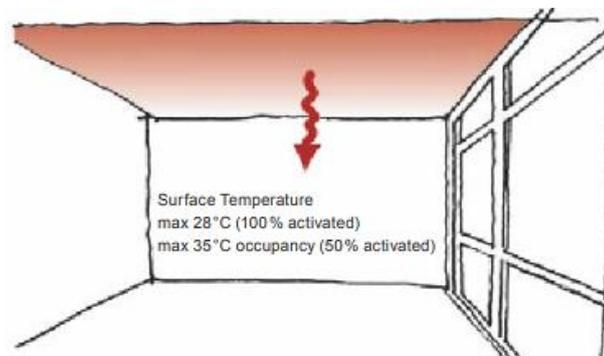
Performa kenyamanan pengguna terpenuhi, jika penghuni bangunan/gedung merasa nyaman berkegiatan karena kenyamanan termal terjamin. Aktivitas fisik atau kegiatan dapat dilakukan dengan tanpa menyebabkan masalah kesehatan. Untuk itu, perlunya tanggapan/respon terkait lingkungan binaan dan kesejahteraan manusia.



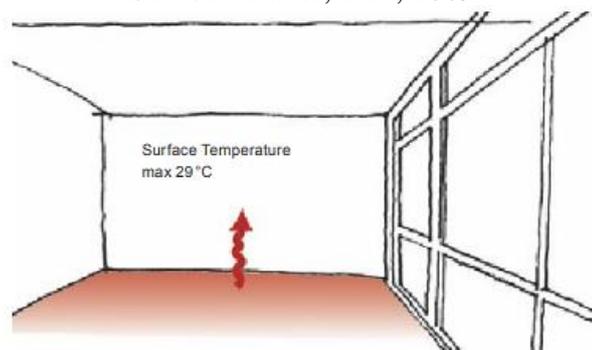
### 2.7.3. Suhu Permukaan



**Gambar 31** Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan dinding yang hangat  
Sumber: Bauer, dkk., 2009



**Gambar 32** Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan plafon yang hangat. Untuk mempertahankan suhu daerah kepala pada 34°C konstan, suhu plafon harus dipertahankan di bawah 35°C  
Sumber: Bauer, dkk., 2009



**Gambar 33** Kisaran suhu yang nyaman untuk permukaan lantai yang dengan penggunaan sepatu  
Sumber: Bauer, dkk., 2009



edaan antara suhu udara di daerah kepala dan di daerah kaki harus dijaga  
il mungkin untuk tingkat kenyamanan lokal selain variasi suhu

permukaan. Memiliki kepala yang dingin dan kaki yang hangat bukanlah hal yang tidak nyaman dalam situasi ini, tetapi akan meresahkan jika kepala lebih hangat daripada kaki (Bauer, dkk., 2009).

Pengukuran pada permukaan suhu material perlu dilakukan untuk melihat dan membandingkan keadaan yang di lapangan dengan teori Bauer yang telah dijelaskan sebelumnya.

## 2.8 Program Simulasi

### 2.8.1. Aplikasi Ecotect

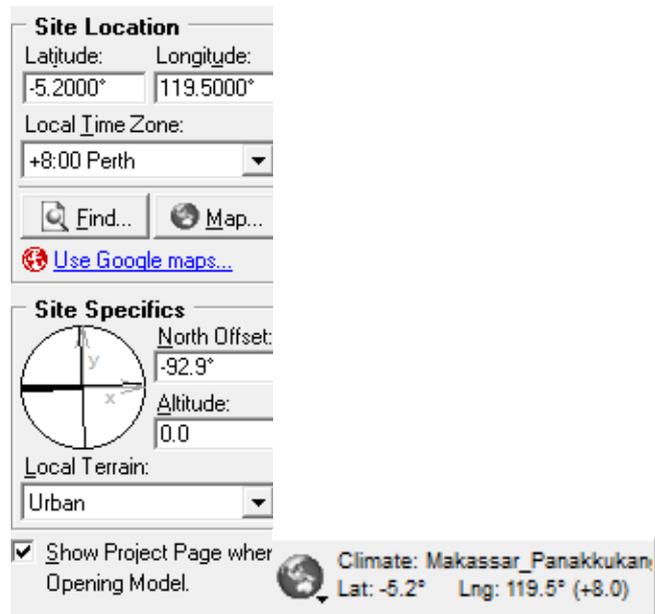
Perangkat lunak *Ecotect* merupakan pilihan penting untuk memfasilitasi penerapan pendekatan bioklimatik karena perangkat lunak tersebut memiliki beberapa fungsi simulasi bioklimatik yang bermanfaat. *Ecotect* saat ini merupakan perangkat lunak analisis bangunan paling inovatif yang menggabungkan pemodelan 3D dengan berbagai analisis dan simulasi bangunan. Berbagai fungsi analisis dan simulasi diterapkan secara interaktif, semua perubahan yang dilakukan pada desain dibaca secara interaktif. Perlu dicatat bahwa *Ecotect* bukanlah perangkat lunak validasi. *Ecotect* berguna sebagai alat desain selama fase desain untuk memprediksi inefisiensi desain (Zain, 2012).

Simulasi *sun shading* berguna untuk mengetahui desain bayangan dengan cepat memberi tahu kami perkembangannya setiap jam atau menit. Setelah aktivasi, peta matahari dan pelindung matahari segera ditampilkan. Kami dapat mengevaluasi dan memodifikasi desain untuk menciptakan nada yang efektif. *Ecotect* juga memiliki fitur yang secara otomatis menjadwalkan shading dan juga dapat membuat animasi shading untuk waktu tertentu (Zain, 2012).

Berikut langkah-langkah penggunaan software *Ecotect*:

1. Memasukkan weather data dan data *site location*.





**Gambar 34** Setting *Weather data* dan lokasi

2. Menggambar zona pada bagian *interface modelling software*.
3. Setelah zona tergambar, siapkan gambar sketch up untuk mengimport fasad pada bangunan yang dilengkapi dengan perangkat bangunan dengan format dxf.
4. Pada bagian objek setting sesuai dengan material yang diinginkan.

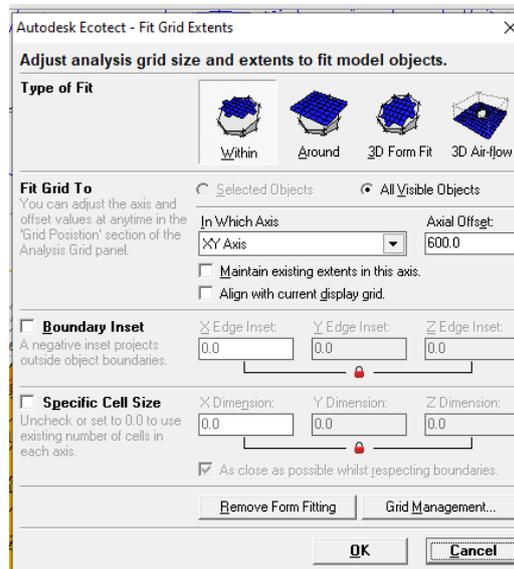


**Gambar 35** Setting Jenis Material

ada tab zone management, klik kanan untuk men-setting *zone properties*.  
ada tab zone properties setting schedule dan tipe sistem ke *mixed method*.

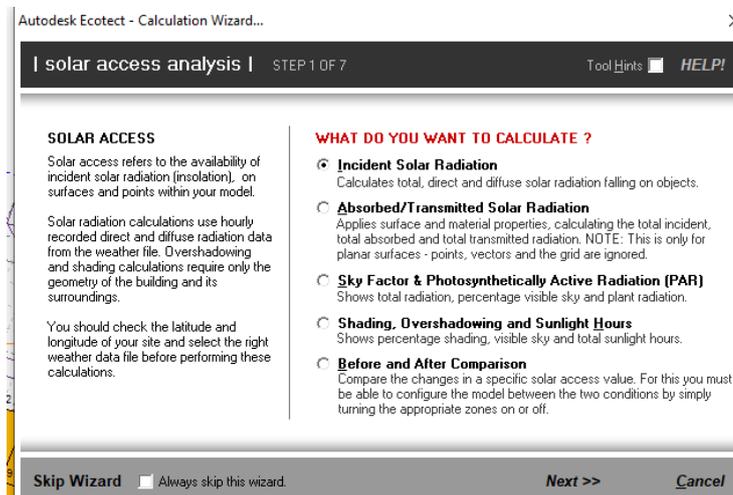


7. Setelah itu, pada tab bagian kanan terdapat analisis grid klik autofit, dan *type of fit* pilih *within*.



**Gambar 36** Setting Grid untuk analisis MRT

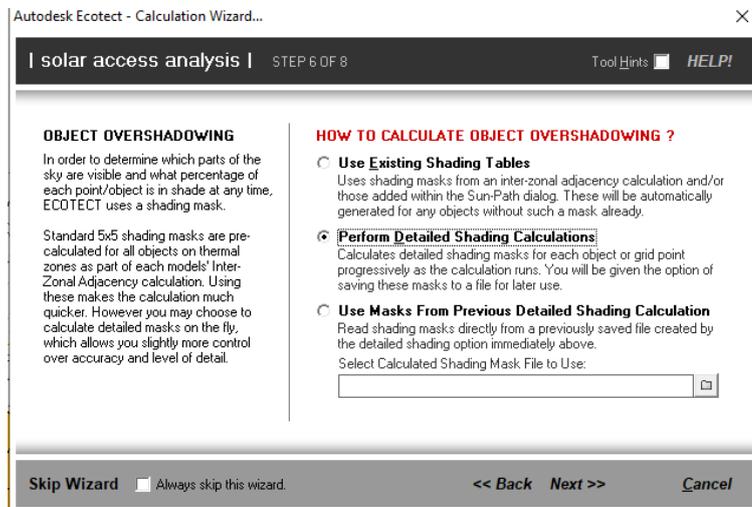
8. Lakukan analisis *mean radiant temperature* pada kedua model sebagai pembandingan.
9. Setelah itu, lakukan *analisis solar access*, pada menu bagian *calculate*.



**Gambar 37** Setting *Solar Access* dengan memilih *incident solar radiation*

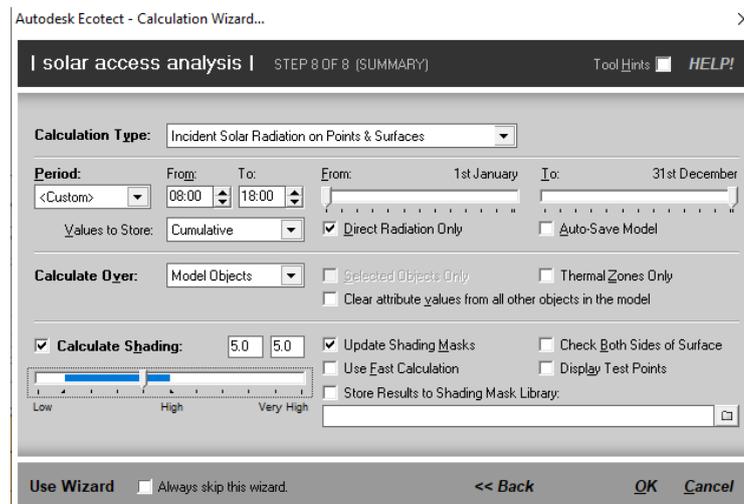
10. Pilih menu diatas, *incident solar radiation*, untuk *specific period*. Untuk *date* nya 1 Januari hingga 31 Desember.
- ummulative values*, untuk period based, dan analisis pada objek pada model.





**Gambar 38** *Setting Object Shadowing*

12. Klik perform detailed shading calculation, dan setting berapa besar ukuran grid.



**Gambar 39** *Setting Solar Access* bagian terakhir

13. Lakukan pada kedua model dengan alat pembayangan maupun tanpa alat pembayangan sebagai pembandingan.

### 2.8.2. SPSS



litian terkait statistik atau kesulitan bisnis sering diselesaikan dengan SPSS. Ini beroperasi secara langsung karena program analisis akan n untuk menganalisis data yang Anda masukkan ke dalam SPSS. kan akses data, manajemen, persiapan, analisis, dan pelaporan. Program

yang paling populer adalah SPSS karena memiliki tampilan yang *user-friendly* dan merupakan kemajuan baru dalam teknologi informasi, khususnya dalam e-business. OLAP (*Online Analytical Processing*) didukung oleh SPSS, membuatnya lebih mudah untuk mengakses data dari berbagai program lain seperti *Microsoft Excel* atau *Notepad* (Adrianto dkk., 2016).

Berikut langkah-langkah penggunaan software SPSS:

1. Penyediaan data responden kuesioner pada tabel excel.
2. Import hasil analisis dengan meng-*copy* dari tabel excel ke dalam tab variabel dan *data view*.
3. Pengujian dilakukan beberapa kali seperti uji validitas dan normalitas untuk mengetahui data valid atau tidak.
4. Dasar pengambilan keputusan dilihat dari nilai tabel atau nilai  $\alpha$ .

### 2.8.3. Autodesk Forma

Tim perencanaan dan desain Autodesk dapat menyelesaikan proyek secara digital sejak awal dengan bantuan Forma (sebelumnya Spacemaker). Ciptakan fondasi proyek yang kuat menggunakan alat desain konseptual, analisis prediktif, dan otomatisasi. Terutama dalam hal kelayakan untuk ditinggali, keberlanjutan, dan kepatuhan, studi Forma memberi Anda kemampuan untuk menguji secara akurat dan memahami saran Anda dengan lebih detail dibandingkan sebelumnya. Sejak awal, buatlah penilaian yang unggul berdasarkan data; dengan cepat menemukan dan mengatasi berbagai kelemahan desain selama perencanaan awal. Menggunakan analisis mikroklimatik, PV (*Photovoltaic*) Energi Solar, Potensi Cahaya, dan Pergerakan Angin (Autodesk, 2023).

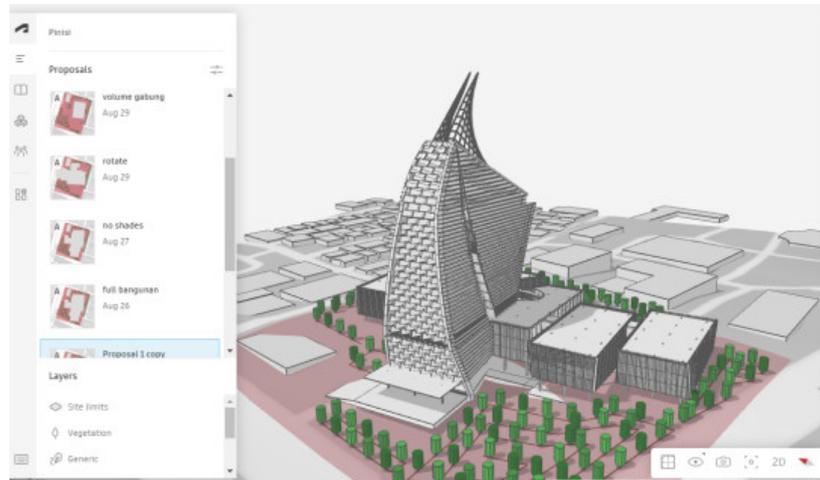
Berikut langkah-langkah penggunaan software Autodesk forma:

1. Klik pada tab project, untuk memulai proyek baru navigasi ke arah lokasi tujuan site berada.



Import 3D modelling, pada simulasi ini menggunakan aplikasi sketch up dengan format obj. Siapkan 2 modelling, tanpa shading maupun dengan shading.

3. Klik pada tab *library* untuk mengimport model yang akan dianalisis. Setting sesuai dengan tempat bangunan berada.



**Gambar 40** Site yang telah diimport dengan tambahan vegetasi

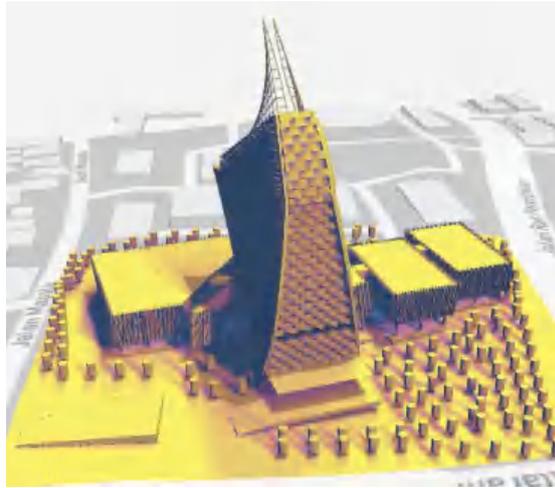
4. Gambar pola vegetasi sesuai dengan site pada bangunan Phinisi dan setting pula site limit untuk menentukan sejauh mana lokasi site yang akan diukur.
5. Terdapat beberapa mode analisis yaitu; analisis intensitas penggunaan energi, lama radiasi matahari, mikroklimatik, cahaya matahari, angin dan kebisingan. Analisis yang digunakan yaitu *sun hours* dan *wind analysis*.



**Gambar 41** Tipe analisis pada aplikasi forma

6. Pada bagian *sun hours*, *setting* pada 21 Juni dan 22 Desember. Tanggal tersebut dipilih karena letak matahari pada hari tersebut merupakan sudut matahari tersudut pada bagian utara dan selatan pada hari itu.
7. Selanjutnya, klik *run analysis* tunggu beberapa saat hingga hasil analisis muncul.





**Gambar 42** Indikator penyinaran bangunan

8. Akan ada indikator berupa warna kuning dan ungu tergantung pada lama intensitas matahari pada permukaan bangunan seperti gambar diatas.
9. Akan ada menu, pada bagian kanan atas bangunan untuk mengetahui besaran kecepatan angin atau lama penyinaran, dengan mengklik pada permukaan yang ingin diketahui.



**Gambar 43** Menu bagian kanan untuk mengetahui besaran indikator

10. Analisis angin dengan mengklik comfort untuk mengetahui tingkat kenyamanan sekitar site, maupun direction untuk mengetahui kecepatan dan arah angin, dengan tampilan sebagai berikut.



**Gambar 44** Kecepatan arah angin aplikasi Forma

erdapat kecepatan dan persentase setiap arah sebagai pembanding.

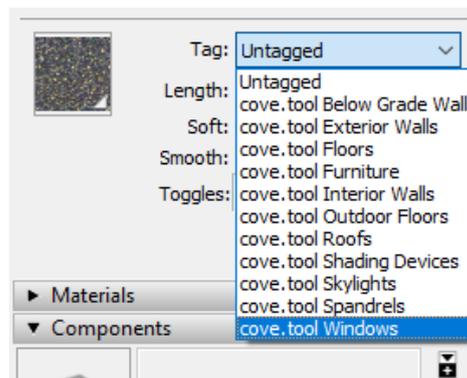


#### 2.8.4. Cove.tool

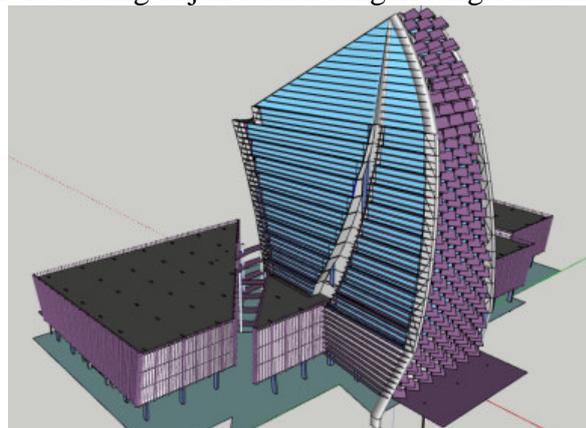
Cove.tool merupakan platform desain otomatis untuk kinerja bangunan cerdas. Aplikasi web cove.tool menawarkan sejumlah fitur berguna, termasuk optimalisasi biaya parametrik vs. energi, input otomatis untuk semua kode energi, impor geometri sederhana, saran fasad cepat, dan perbandingan strategi. Cahaya siang hari, silau, bayangan, radiasi, kualitas tampilan, skor penilaian hunian COVID, dan studi konteks lokasi dalam visualisasi 3D (Kusumadjaja, 2023).

Berikut langkah-langkah penggunaan software Cove.tool:

1. Instal plugin cove.tool pada aplikasi sketch up. Plugin covetool ini digunakan untuk memberi layer pada elemen bangunan secara satu persatu.



**Gambar 45** Setting objek sesuai dengan fungsi masing-masing



**Gambar 46** Pembagian jenis elemen bangunan. Elemen ungu merupakan *shading devices*, biru merupakan jendela, dan lain-lain seperti pada gambar diatas.

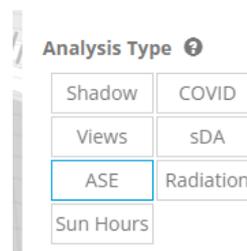


3. Sama seperti program lainnya penggunaan dengan menggunakan 2 tipe 3d modelling dengan pembayangan dan tanpa pembayangan.
4. Setelah itu tekan tab ekspor pada plugin untuk menjalan simulasi menggunakan software cove.tool. Sebelum itu, bangunan telah diorientasikan sesuai dengan arah bangunan yang semestinya.



**Gambar 47** Lokasi dan tipe bangunan aplikasi cove.tool

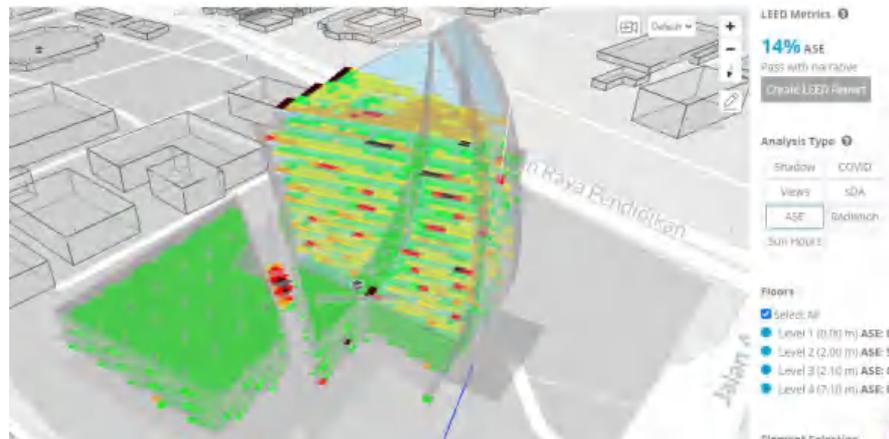
5. Siapkan lokasi, dan tipe bangunan seperti apa pada tab project page seperti pada gambar diatas.
6. Karena geometri telah diupload maka, langsung pada tab *3D Analysis*.
7. Menu bar pada *3D Analysis* adalah sebagai berikut. Ada 7 tipe analisis yaitu pembayangan, *Covid* untuk mengukur limit pengguna ruang sesuai standar WHO, *Views* untuk mengukur visibilitas pengguna, *SDA* untuk mengukur silau, *ASE* untuk mengukur panas yang disebabkan oleh matahari, radiasi dan pengukuran lama penyinaran.



**Gambar 48** Jenis tipe analisis aplikasi cove.tool

8. Yang digunakan adalah nilai SDA dan ASE pada ruang dengan melihat dikator dan persentase nilai SDA dan ASE tersebut.





**Gambar 49** Gambaran indikator dan nilai ASE aplikasi cove.tool

**Tabel 5** Perbandingan Kegunaan Software Simulasi

No.	Jenis Software dan Kegunaan.	Kelebihan	Kekurangan
1.	Ecotect <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk analisis keseimbangan suhu ruang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat menganalisis sepanjang waktu.</li> <li>Simulasi yang dapat digunakan sangat banyak mulai dari pencahayaan, termal, akustik, visual, angin dengan plugin dll.</li> <li>Detail dalam analisis suhu dengan mode grid lengkap dengan indikator dan suhu.</li> <li>Dapat melihat gambaran <i>solar path</i> secara langsung dalam software.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respon software sangat lambat untuk digunakan dalam menganalisis bangunan secara keseluruhan.</li> <li>Penggambaran zona hanya dapat menggambar layout yang tegak lurus.</li> <li>Bangunan yang di-<i>import</i> tidak dapat mendeteksi zona secara otomatis.</li> <li><i>Ovelapping</i> pada objek atau garis dapat menyebabkan error pada saat analisis.</li> <li>Sebaiknya <i>modelling</i> dilakukan pada softwarena langsung.</li> <li>Tidak dapat menganalisis suhu outdoor permukaan.</li> <li>Perlu untuk memasukkan data seperti <i>schedule</i> dan jenis tipe penghawaan pada ruang.</li> </ul>
2.	Solar Tool Ecotect <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk analisis pembayangan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk menganalisis berapa persentase yang masuk pada permukaan jendela.</li> <li>Analisis berupa gambar model dan tabel presentasi.</li> <li>Dapat menganalisis setiap sudut atau arah Kompas.</li> <li>Cepat dalam hasil perhitungan maupun modellingnya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terbatas pada modellingnya hanya dapat menganalisis pada jendela model vertikal dan horizontal.</li> <li>Tidak dapat menganalisis model yang di-<i>import</i>.</li> </ul>



No.	Jenis Software dan Kegunaan.	Kelebihan	Kekurangan
3.	SPSS <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk persepsi pengunjung terhadap bentuk bangunan dalam suhu, pembayangan dan angin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ada banyak jenis mode tes dalam aplikasi ini.</li> <li>Perhitungan secara otomatis tanpa menggunakan rumus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengguna harus mengetahui dasar ilmu statistik dan analisis yang digunakan seperti apa.</li> <li>Pengujian yang digunakan berulang kali untuk mengetahui valid atau tidaknya data yang dikerjakan.</li> </ul>
4.	Autodesk Forma <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk analisis pembayangan.</li> <li>Dipergunakan untuk menganalisis kecepatan dan arah angin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indikator hasil analisis kecepatan angin berupa warna dan kecepatan angin.</li> <li>Indikator hasil analisis pembayangan berupa warna dan lama penyinaran.</li> <li>Indikator hasil analisis kecepatan angin berupa warna dan kecepatan angin.</li> <li>Mudah dalam meng-<i>import</i> objek yang akan dianalisis.</li> <li><i>User Interface</i> sangat mudah.</li> <li>Realistis dalam penggambaran lokasi dibandingkan aplikasi lainnya.</li> <li>Telah ada gambaran lokasi dan layout bangunan sekitar.</li> <li>Software tidak perlu diinstal.</li> <li>Otomatis dalam hal analisis tidak memerlukan data. Hanya perlu memilih lokasi penempatan bangunan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak dapat menggambarkan berapa derajat suhu hanya terdapat indikator dan persentase secara keseluruhan.</li> <li>Gambaran angin hanya berupa gambar tidak ada animasi.</li> <li>Analisis hanya pada bentuk tidak dapat pada material.</li> <li>Diperlukan waktu untuk beberapa saat untuk hasil simulasi.</li> <li>Tidak dapat menganalisis pada bagian interior bangunan.</li> </ul>
5.	Cove.tool <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipergunakan untuk analisis keseimbangan suhu ruang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digunakan untuk menganalisis nilai SDA untuk mengetahui berapa banyak silau atau Cahaya yang masuk pada bangunan.</li> <li>Digunakan untuk menganalisis nilai ASE untuk menilai dimana indikator yang dapat menyebabkan panas berlebih pada bangunan.</li> <li>Selain analisis diatas analisis juga dapat digunakan untuk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diperlukan waktu yang lama untuk menganalisis bangunan.</li> <li>Untuk mengimport bangunan diperlukan plugin tambahan yang di-<i>instal</i> pada program sketch up maupun revit.</li> <li>Diperlukan usaha untuk membagi jenis elemen bangunan, berupa lantai, dinding ataupun furnitur secara manual.</li> <li>Analisis bayangan tidak terlalu detail.</li> </ul>



No.	Jenis Software dan Kegunaan.	Kelebihan	Kekurangan
		<p>mengetahui bayangan, radiasi, kualitas tampilan, skor penilaian hunian COVID, dan studi konteks lokasi dalam visualisasi 3D.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software tidak perlu diinstal.</li> <li>• Telah ada gambaran lokasi dan layout bangunan sekitar.</li> <li>• Otomatis dalam hal analisis tidak memerlukan data. Hanya perlu memilih lokasi penempatan bangunan.</li> </ul>	

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Pada halaman selanjutnya, akan diuraikan metode dan hasil yang telah didapatkan oleh penelitian sejenis terdahulu



Tabel 6 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti, Judul & Tahun	Variabel	Metode Penelitian	Pembahasan	Kesimpulan
1.	Setiawan, 2018 (Study of ecological and green architecture theories for a house in South Jakarta)	a) Alam sebagai aktor utama b) Alam sebagai solusi c) Penghuni sebagai desainer d) Sadar terhadap iklim	Metode kualitatif deskriptif, studi kasus dengan perbandingan teori Vale, Ryn dan Cowel.	Pembahasan penelitian mencakup investigasi proyek Omah Harimurti di Jakarta dengan menggunakan teori-teori dasar ekologi dan arsitektur hijau dari Robert dan Brenda Vale, Sim Van Der Ryn, dan Stuart Cowan. Untuk menentukan karakteristik desain ekologis dan hijau yang diperlukan untuk menguji Omah Harimurti, kedua prinsip desain mereka dibandingkan.	Berdasarkan hasil pemeriksaan, disimpulkan bahwa Proyek Omah Harimurti telah menerapkan prinsip-prinsip desain ekologi dan arsitektur hijau dan memenuhi syarat sebagai desain ekologi dan arsitektur hijau. Oleh karena itu, rumah tersebut dapat dijadikan prototipe untuk pengembangan rumah ramah lingkungan di masa depan.
2.	Mari et al. (2019)	a) Temperatur udara b) Kelembaban	Metode kuantitatif. Dengan mengukur perbedaan suhu dan kelembaban kedua subjek penelitian.	Meneliti dampak dari vegetasi <i>brise soleil</i> pada lingkungan termal struktur perumahan di iklim tropis yang panas dan lembab. Penelitian ini membandingkan dua kasus: bangunan yang menggabungkan vegetasi dalam elemen peneduh dan yang tidak. Metodologi yang digunakan	Temuannya menunjukkan suhu dalam ruangan yang jauh lebih rendah pada bangunan yang memiliki naungan vegetasi dibandingkan dengan bangunan lainnya. Penelitian ini menggarisbawahi kesimpulan bahwa peneduh vegetasi, sebagai elemen pendingin pasif, dapat meningkatkan lingkungan termal



No.	Nama Peneliti, Judul & Tahun	Variabel	Metode Penelitian	Pembahasan	Kesimpulan
				adalah dengan mengukur suhu di dalam dan di luar ruangan untuk kedua skenario tersebut.	dan meningkatkan efisiensi energi pada bangunan.
3.	Purwanti et al., 2022 ( <i>Concept of Ecological Architecture on The Design and Conservation of Lake Istn Jakarta</i> )	a) Iklim Setempat b) Material c) Teknologi d) Sumber Daya Lingkungan e) Sirkulasi Penyediaan dan Pembuangan Air	Metode kualitatif deskriptif, studi literatur, fokus pada desain dan konservasi danau.	5 prinsip digunakan Frick dan Suskiyanto untuk menganalisis konsep arsitektur ekologis pada danau ISTN Jakarta.	Konsep Arsitektur Ekologis pada lingkungan danau terdapat pada pengolahan kawasan tepi danau yang menerapkan orientasi bangunan terhadap danau dengan ruang antara guna mendukung upaya mempertahankan kontur dan vegetasi yang ada serta mendukung distribusi kekayaan alam. Penghawaan dan pencahayaan alami pada lingkungan secara maksimal. Pemilihan material bangunan lokal disertai dengan memasukkan unsur budaya lokal, serta memperhatikan perubahan material setelah digunakan agar dapat kembali ke alam adalah beberapa cara untuk mendorong konsep Arsitektur Ekologis.



No.	Nama Peneliti, Judul & Tahun	Variabel	Metode Penelitian	Pembahasan	Kesimpulan
4.	Diana et al., 2020 ( <i>Application of Bioclimatic Architecture Concept in Novotel Suite Surabaya</i> ) (2020)	1 Variabel yaitu bioklimatik: a) Posisi Inti Bangunan b) Orientasi c) Jendela dan Bukaannya d) Balkon e) Penggunaan Ruang Transisi f) Protektif Bangunan g) Hubungan dengan Lanskap h) Pembayangan Pasif i) Insulasi Lantai	Metode kualitatif deskriptif, Post Positivistik, 1 Variabel Bioklimatik Arsitektur.	Menggunakan 9 analisis teori Ken Yeang tentang prinsip arsitektur bioklimatik pada studi kasus Novotel Surabaya.	Unsur arsitektur bioklimatik yang telah diterapkan dengan baik pada bangunan hotel adalah sebagai berikut: (1) Penempatan inti di tengah bangunan; (2) Orientasi bangunan yang mengarah ke Timur-Barat; (3) Penempatan bukaan jendela yang mengarah ke Utara-Selatan; (4) Penggunaan dan penempatan balkon hampir di setiap ruangan; (5) Ruang transisi di Novotel sangat baik karena jarak antara satu sama lain $\pm 10m$ ; (6) Desain dinding yang menerapkan ventilasi silang dan perlakuan khusus pada area bukaan; (7) Hubungan dengan lanskap baik karena setiap lantai memiliki tanaman rambat di area balkon dan koridor; (8) Perangkat naungan pasif yang terlihat dari desain bukaan ventilasi silang; (9) Penyekat panas pada lantai hotel Novotel tidak menggunakan



No.	Nama Peneliti, Judul & Tahun	Variabel	Metode Penelitian	Pembahasan	Kesimpulan
					pelindung pada seluruh bangunan Hotel, namun tetap ada perhatian khusus pada sisi bangunan.
5.	Handoko, 2018 ( <i>Ecological Architecture Concept in Campus Building in Indonesia</i> )	a) Setting Dan Infrastruktur b) Energi Dan Perubahan Lingkungan c) Sampah d) Air, e) Transportasi f) Pendidikan.	Metode kualitatif deskriptif	Menganalisis dengan 6 kriteria yaitu setting dan infrastruktur, energi dan perubahan lingkungan, sampah, air, transportasi, dan Pendidikan.	Hasil dari penelitian beberapa kampus di Indonesia telah mengaplikasikan konsep arsitektur ekologis dalam beberapa aspek.
6.	Faharuddin, 2016 (Bentuk Menara Phinisi Unm Makassar terhadap Gerakan Angin dan Aliran Udara pada Lingkungan Sekitarnya dengan Metode Simulasi Komputer)	1 variabel yaitu pola pergerakan arah angin	Metode kuantitatif, eksperimental	Pembahasan dari penelitian ini adalah untuk memberikan efektifitas bentuk bangunan Phinisi pada pola pergerakan angin disekitar bangunan.	Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan software simulasi Vasari Beta 3, dapat disimpulkan bahwa bentuk Menara Phinisi yang dikaitkan dengan kecepatan angin di kawasan tersebut dapat memenuhi standar kenyamanan bagi pejalan kaki dengan Skala Beaufort 2 dan 3.



Berikut adalah perbandingan perbedaan penelitian diukur dari variabel, lokasi dan metode yang digunakan.

**Tabel 7** Perbedaan Penelitian

Jenis	Penelitian Terdahulu 1	Penelitian Terdahulu 2	Penelitian Terdahulu 3	Penelitian Terdahulu 4	Penelitian Terdahulu 5	Penelitian Terdahulu 6	Penelitian yang dilakukan
<b>Variabel</b>	Alam sebagai aktor utama, Alam sebagai solusi, Penghuni sebagai desainer, Sadar terhadap iklim	Temperatur udara, Kelembaban	Iklim Setempat, Material, Teknologi, Sumber Daya Lingkungan, dan Sirkulasi Penyediaan dan Pembuangan Air	1 Variable arsitektur bioklamatik denga Indikator: Posisi Inti Bangunan, Core, Penentuan Orientasi, Penempatan Jendela dan Bukaannya, Balkon, Penggunaan Ruang Transisi, Protektif Bangunan, Hubungan dengan Lanskap, Pembayangan	Setting Dan Infrastruktur, Energi Dan Perubahan Lingkungan, Sampah, Air, dan Pendidikan.	1 variabel yaitu pola pergerakan arah angin	Variabel dependen: Bentuk bangunan Variabel Independen: Persepsi pengunjung terhadap 1. Suhu 2. Aliran Udara 3. Bayangan Bangunan



Jenis	Penelitian Terdahulu 1	Penelitian Terdahulu 2	Penelitian Terdahulu 3	Penelitian Terdahulu 4	Penelitian Terdahulu 5	Penelitian Terdahulu 6	Penelitian yang dilakukan
				Pasif, dan Insulasi Lantai.			
<b>Lokasi</b>	Omah Harimurti, Jakarta	Rumah 2-1/2 lantai di Malaysia.	Istn Jakarta	Novotel Suite Surabaya	Studi banding literatur pada Kampus UI, UNNES, UNS, UNIB, dan UNTAn	Gedung Pusat Pelayanan Akademik (GPPA) UNM	Gedung Pusat Pelayanan Akademik (GPPA) UNM atau Menara Phinisi.
<b>Metode</b>	Metode kualitatif deskriptif, studi kasus dengan perbandingan teori Vale, Ryn dan Cowel.	Metode kuantitatif. pengukuran suhu dan kelembaban kedua subjek penelitian.	Metode kualitatif deskriptif, studi literatur, fokus pada desain dan konservasi danau.	Metode kualitatif deskriptif, Post Positivistik, 1 Variabel Bioklimatik Arsitektur.	Metode kualitatif, Studi Komparasi.	Metode kuantitatif, eksperiment al	Mixed Method, metode survei dengan analisis uji validitas, uji reabilitas dan Uji Hipotesis (Uji T). Simulasi pada tiap variabel.

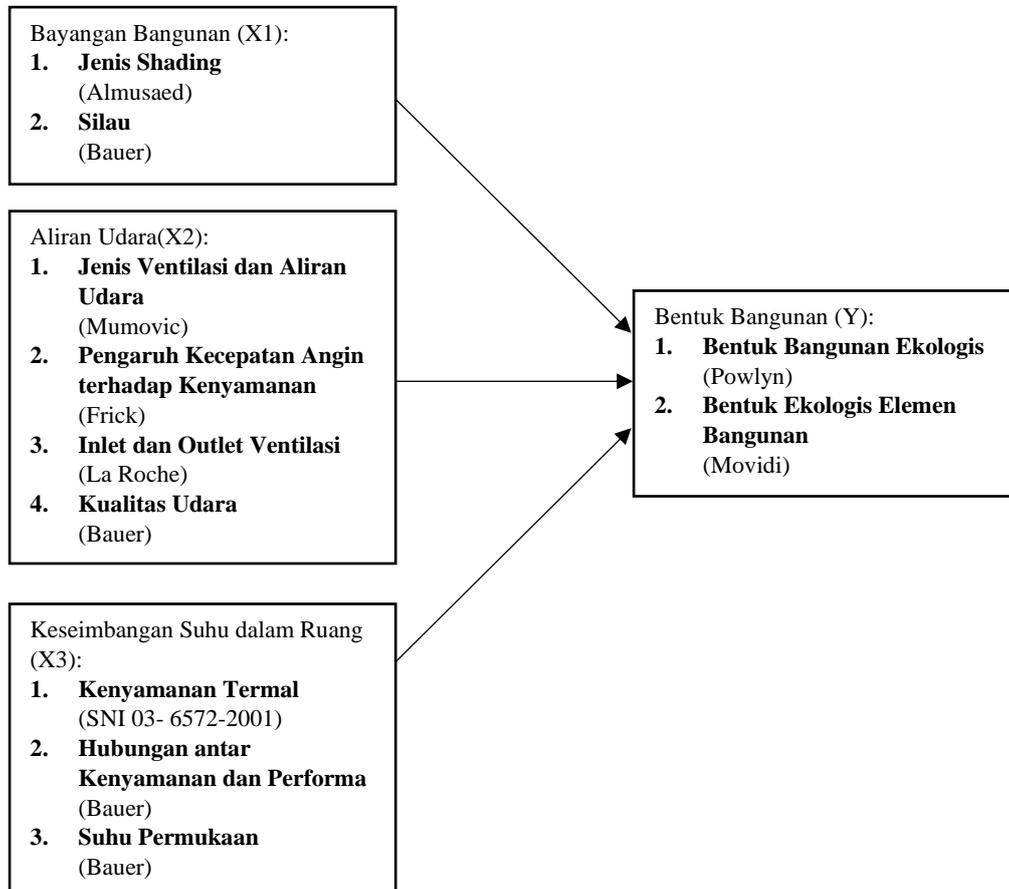
Berdasarkan penelitian diatas, perbedaan penelitian yang dilakukan berbeda dari segi pengambilan data dimana metode penelitian terdahulu mengumpulkan data tanpa menggunakan kuesioner persepsi pengunjung terhadap kenyamanan ruang bangunan. Terdapat kesamaan pada variabel akan tetapi, penelitian sebelumnya tidak membahas mengenai pembayangan pada bangunan



dan meskipun penelitian yang direncanakan memiliki beberapa kesamaan dengan penelitian Faharuddin pada tahun 2016, terutama dalam hal lokasi, penelitian ini berbeda secara signifikan dalam hal cakupan dan fokus. Penelitian ini didasarkan pada teori ekologi Olgay dan melihat bagaimana bentuk bangunan beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya, khususnya dalam hal peneduh matahari, aliran udara, dan keseimbangan suhu dalam ruangan. Pendekatan komprehensif ini memungkinkan penelitian ini untuk menyelidiki berbagai dimensi desain bangunan, yang melampaui kecepatan angin dan sirkulasi udara hingga mencakup pembayangan matahari dan keseimbangan suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada dengan mengevaluasi efektivitas pasif bangunan tinggi di iklim tropis.



## 2.10 Kerangka Konseptual



**Gambar 50** Skema Kerangka Konseptual

## 2.11 Hipotesis

Adapun hipotesis-hipotesis yang akan dibuktikan dengan hubungan antar variabel adalah sebagai berikut:

- H1 : Evaluasi pengunjung terhadap kondisi bentuk eksisting Phinisi dengan keseimbangan mempunyai pengaruh positif.
- H2 : Evaluasi pengunjung terhadap kondisi bentuk eksisting Phinisi dengan aliran udara ruang mempunyai pengaruh positif.
- H3 : Evaluasi pengunjung terhadap kondisi bentuk eksisting Phinisi dengan pembayangan bangunan mempunyai pengaruh positif.

**n hipotesis:**

k terdapat hubungan yang nyata terhadap variabel bebas dan terikat.  
 apat hubungan yang nyata terhadap variabel bebas dan terikat.

