

# PENDEKATAN ARSITEKTUR TROPIS PADA PERANCANGAN PELABUHAN KAPAL FERI DI MALUKU TENGAH

Afdin Akit\*<sup>1</sup> | Andi Yusri<sup>2</sup> | Muhammad Syarif<sup>2</sup> | Ashari Abdulah<sup>2</sup> | Siti Faudillah Alhumairah<sup>2</sup> | Rohana<sup>2</sup>

Mahasiswa Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

[akitafdin@gmail.com](mailto:akitafdin@gmail.com)

Dosen Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas

Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

[Yusri.andi76@unismuh.ac.id](mailto:Yusri.andi76@unismuh.ac.id)

[muhsyarif@unismuh.co.id](mailto:muhsyarif@unismuh.co.id)

[ashari.abdullah@unismuh.ac.id](mailto:ashari.abdullah@unismuh.ac.id)

[sitifaudillah@unismuh.ac.id](mailto:sitifaudillah@unismuh.ac.id)

[rohana@unismuh.ac.id](mailto:rohana@unismuh.ac.id)

Korespondensi

[Yusri.andi76@unismuh.ac.id](mailto:Yusri.andi76@unismuh.ac.id)

## ABSTRAK:

Pelabuhan kapal feri memegang peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang di wilayah kepulauan, seperti di Maluku Tengah. Namun, desain arsitektural pelabuhan sering kali kurang mempertimbangkan karakteristik iklim tropis, seperti suhu tinggi curah hujan yang tinggi, dan intensitas radiasi matahari. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pendekatan arsitektur tropis dalam perancangan Pelabuhan kapal feri di Maluku Tengah yang responsif terhadap iklim yang meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal sekaligus mengurangi ketergantungan pada pendinginan mekanis. Tujuan utamanya adalah untuk mengintegrasikan teknik pendinginan pasif, seperti ventilasi alami, perangkat peneduh, dan penggunaan bahan hemat energi, untuk menciptakan infrastruktur yang berkelanjutan secara lingkungan dan ekonomi. Pendekatan ini difokuskan pada aspek manajemen panas dan radiasi matahari, pengelolaan air dan kelembapan, efisiensi energi dan penerangan alami dan integrasi dengan alam, adaptasi sosial dan budaya, performa termal bangunan. Metode penelitian yang digunakan study literatur, analisis Lokasi dan evaluasi kasus pada perancangan Pelabuhan kapal feri di Maluku Tengah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain Pelabuhan yang ramah lingkungan nyaman bagi pengguna dan hemat energi. Dengan demikian penelitian ini berkontribusi pada pengembangan arsitektur yang selaras dengan kebutuhan masyarakat local dan tantangan lingkungan di kawasan tropis khususnya di Maluku Tengah.

## KATA KUNCI

Arsitektur Tropis, Pelabuhan Kapal Feri, Pencahayaan Alami, Vegetasi Alami.

## ABSTRACT:

*Ferry ports play an important role in supporting community mobility and distribution of goods in archipelagic areas, such as in Central Maluku. However, port architectural designs often do not take into account the characteristics of tropical climates, such as high temperatures, high rainfall and the intensity of solar radiation. This research aims to explore a tropical architectural approach in designing a climate-responsive ferry port in Central Maluku that increases energy efficiency and thermal comfort while reducing dependence on mechanical cooling. The main goal is to integrate passive cooling techniques, such as natural ventilation, shading devices and the use of energy-saving materials, to create environmentally and economically sustainable infrastructure. This approach is focused on aspects of heat management and solar radiation, water and humidity management, energy efficiency and natural lighting and integration with nature, social and cultural adaptation, thermal performance of buildings. The research method used was literature study, location analysis and case evaluation in ferry port design in Central Maluku. It is hoped that the results of this research can provide recommendations for port designs that are environmentally friendly, comfortable for users and energy efficient. In this way, this research contributes to the development of architecture that is in harmony with the needs of local communities and environmental challenges in tropical regions, especially in Central Maluku.*

## Keywords:

*Tropical Architecture, Ferry Port., Natural Lighting, Natural Vegetation.*

## 1 | PENDAHULUAN

Arsitektur berkelanjutan di iklim tropis menghadirkan tantangan dan peluang yang unik, terutama dalam desain dan konstruksi Pelabuhan kapal feri. Iklim tropis di Indonesia ditandai dengan suhu yang tinggi, kelembapan, dan curah hujan yang tinggi, yang membutuhkan intervensi arsitektur strategis untuk memastikan fungsionalitas dan efisiensi energi. Pentingnya desain yang responsif terhadap iklim sangat penting untuk fasilitas pelabuhan dalam ruangan, seperti terminal penumpang di antaranya ruang tunggu, di mana kenyamanan termal dan konservasi energi memainkan peran mendasar dan mengurangi biaya operasional. Namun, infrastruktur pelabuhan yang ada di Indonesia sering kali tidak memiliki adaptasi yang memadai terhadap kondisi iklim setempat, sehingga menyebabkan konsumsi energi yang berlebihan dan pengalaman pengguna yang kurang optimal.

Di wilayah tropis, fasilitas pelabuhan membutuhkan input energi yang signifikan untuk menjaga kenyamanan dalam ruangan, terutama karena kebutuhan akan sistem pendingin (Droutsa et al., 2020) (Jannat et al., 2020). Penelitian telah menunjukkan bahwa mengintegrasikan prinsip-prinsip desain pasif, seperti ventilasi alami, peneduh, dan orientasi bangunan yang dioptimalkan, dapat secara signifikan mengurangi tantangan-tantangan ini dengan meningkatkan pengaturan iklim dalam ruangan sekaligus mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin mekanis (Latief et al., 2017); (Hassin & Misni, 2019). Selain itu, konsep Rumah Energi No 1 (Near Zero Energy House atau nZEH) telah diusulkan sebagai kerangka kerja yang efektif untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam dan meminimalkan ketergantungan pada bahan bakar fosil (Latief et al., 2017). Strategi ini sangat relevan di mana ruang dalam ruangan yang besar dan kebutuhan energi yang terus menerus membuat intervensi berkelanjutan menjadi sangat penting. Meskipun ada kemajuan yang berkelanjutan dalam arsitektur berkelanjutan, banyak fasilitas pelabuhan di lingkungan tropis masih gagal menggabungkan strategi desain yang responsif terhadap iklim secara efektif. Bangunan yang berventilasi buruk, pemanfaatan cahaya matahari yang tidak efisien, dan kurangnya pemilihan material yang adaptif berkontribusi pada peningkatan pengeluaran energi dan ketidaknyamanan bagi pengguna (Hu, 2024). Karena Pelabuhan berfungsi sebagai pusat transportasi profesional dan keterlibatan masyarakat, sangat penting untuk menerapkan solusi desain yang menyeimbangkan efisiensi energi dengan fungsionalitas dan kesejahteraan pengguna.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan dalam infrastruktur yang berkelanjutan dengan mengusulkan model desain yang tanggap iklim untuk Pelabuhan kapal feri di Kabupaten Maluku Tengah, Indonesia. Tujuan penelitian ini meliputi: (1) mengembangkan kerangka kerja arsitektur yang mengoptimalkan ventilasi alami dan strategi pendinginan pasif, (2) meningkatkan efisiensi energi melalui integrasi sumber energi terbarukan dan material berkelanjutan, dan (3) menggabungkan elemen budaya lokal untuk memastikan keterlibatan masyarakat dan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan. Prinsip-prinsip arsitektur tropis, yang menekankan pada pendinginan pasif, penggunaan material lokal, dan pengelolaan air, telah berhasil diterapkan dalam berbagai tipologi arsitektur, namun integrasinya ke dalam infrastruktur Pelabuhan masih relatif kurang dieksplorasi (Babalola, 2024); (Kolani et al., 2023). Pentingnya mengadaptasi prinsip-prinsip ini ke dalam desain pelabuhan digaris bawahi oleh implikasi lingkungan dan ekonomi yang signifikan terkait dengan struktur intensif pendinginan konvensional (Esfandiari et al., 2021); (Gamero-Salinas et al., 2021). Salah satu kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada penekanannya pada integrasi budaya dan lingkungan. Pemanfaatan bahan lokal dan teknik konstruksi tradisional telah terbukti bermanfaat dalam meningkatkan kemampuan beradaptasi bangunan, meminimalkan emisi terkait transportasi, dan menumbuhkan rasa memiliki masyarakat (Nofrizal et al., 2023; Raharja et al., 2021). Selain itu, melibatkan pemangku kepentingan lokal dalam proses desain memastikan bahwa fasilitas memenuhi kebutuhan fungsional dan budaya, yang selanjutnya memperkuat peran pelabuhan sebagai aset sosial dan lingkungan (Akomea-Frimpong et al., 2021; Martins, 2024).

Susunan artikel ini disusun sebagai berikut: Bagian kedua memberikan gambaran umum mengenai kerangka kerja metodologis yang digunakan dalam penelitian ini, dengan merinci pendekatan pengumpulan dan analisis data. Bagian ketiga menyajikan landasan teori untuk arsitektur berkelanjutan di iklim tropis, dengan penekanan pada strategi desain pasif dan aplikasinya dalam Pelabuhan kapal feri. Bagian keempat membahas temuan-temuan dari penelitian ini, dengan fokus pada intervensi desain yang diusulkan untuk Pelabuhan kapal feri yang responsif terhadap iklim. Terakhir, kesimpulan merangkum wawasan utama dan menguraikan rekomendasi kebijakan untuk mengintegrasikan keberlanjutan ke dalam pembangunan infrastruktur olahraga di masa depan. Dengan menjembatani kesenjangan antara arsitektur yang tanggap terhadap iklim dan desain Pelabuhan kapal feri, penelitian ini bertujuan untuk berkontribusi pada wacana yang lebih luas tentang infrastruktur berkelanjutan di wilayah tropis. Temuan dari penelitian ini tidak hanya akan menginformasikan praktik arsitektur tetapi juga memberikan kerangka kerja strategis bagi para pembuat kebijakan dan perencana kota dalam memajukan pembangunan olahraga yang berkelanjutan.

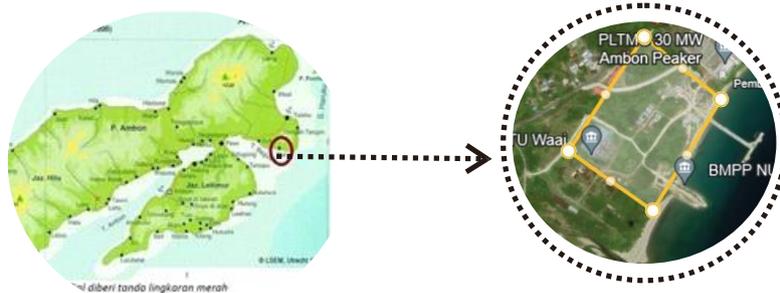
## 2. METODE

### 2.1 Lokasi Penelitian

Pemilihan lokasi yang tepat sangat penting untuk pengembangan Pelabuhan kapal feri yang berkelanjutan di daerah beriklim tropis. Studi ini berfokus pada lokasi seluas 2 hektar di Kabupaten Maluku Tengah, sebuah wilayah yang memiliki karakteristik iklim tropis yang lembab dan potensi sosio-ekonomi untuk infrastruktur Pelabuhan kapal feri. Kriteria Pemilihan: Lokasi dipilih berdasarkan faktor-faktor utama termasuk aksesibilitas, kondisi iklim, dan integrasi masyarakat. Aksesibilitas memastikan kemudahan transportasi dan konektivitas, sebuah faktor penting dalam pemanfaatan dan pemeliharaan fasilitas (Zheng, 2024); (Erturan-Ogut & Kula, 2022)). Kondisi iklim seperti suhu, kelembapan, dan pola angin yang ada dianalisis

untuk memastikan kelayakan strategi pendinginan pasif ((Yap et al., 2019)). Integrasi masyarakat dianggap dapat meningkatkan kohesi sosial dan regenerasi perkotaan dengan menyediakan ruang rekreasi yang bermanfaat bagi penduduk setempat (Liu et al., 2023); (Testa et al., 2023)

Pertimbangan Lingkungan: Mengingat lokasi yang berada di daerah tropis, situs ini mengalami suhu yang tinggi, tingkat kelembapan yang signifikan, dan curah hujan musiman. Faktor-faktor ini memerlukan strategi arsitektur yang responsif terhadap iklim, seperti ventilasi alami, perangkat peneduh, dan permukaan yang dapat ditembus untuk mengelola limpasan air hujan dan memitigasi efek pulau panas perkotaan ((Kang & Lee, 2022); (Thaweevoradej & Evans, 2022)).



Gambar 1: Lokasi Penelitian

## 2.2 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Desain.

Pendekatan multi-metode digunakan untuk memastikan pengumpulan data yang komprehensif, yang menggabungkan analisis kualitatif dan kuantitatif Tinjauan Literatur: Tinjauan ekstensif terhadap publikasi ilmiah dilakukan untuk mengkaji prinsip-prinsip arsitektur tropis, desain Pelabuhan kapal feri yang berkelanjutan, dan strategi pendinginan pasif. Tinjauan literatur ini menginformasikan pemilihan praktik terbaik untuk pelabuhan hemat energi dan memberikan wawasan tentang desain fasilitas netral karbon dan langkah-langkah adaptasi iklim (Elnour et al., 2022) Studi Observasi: Dokumentasi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data iklim, parameter lingkungan, dan pola interaksi pengguna di lokasi (Kurniawan, 2024). Hal ini termasuk mengukur suhu lingkungan, kelembaban, dan pergerakan angin untuk menilai potensi ventilasi alami dan strategi mitigasi panas. Studi observasi juga mencakup penilaian perilaku pengguna, mengevaluasi bagaimana pengguna dan pengunjung berinteraksi dengan fasilitas Pelabuhan yang ada. Studi Komparatif: Studi kasus tentang fasilitas yang responsif terhadap iklim di wilayah tropis dianalisis untuk mengidentifikasi praktik terbaik. Pendekatan komparatif ini berfokus pada tata letak arsitektur, desain hemat energi, dan penilaian kenyamanan pengguna. Selain itu, metrik kinerja dari Pelabuhan berkelanjutan yang sudah ada menjadi tolok ukur untuk mengembangkan model yang selaras dengan kebutuhan lingkungan dan sosio-ekonomi di Kabupaten Maluku Tengah.

Analisis desain difokuskan pada pengintegrasian pemodelan arsitektur, simulasi efisiensi energi, dan metrik evaluasi kinerja untuk mengoptimalkan keberlanjutan fasilitas. Pemodelan Arsitektur: Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) digunakan untuk memodelkan pola ventilasi alami dan menilai efisiensi aliran udara dalam konfigurasi desain yang (Cheng et al., 2018) Analisis CFD memberikan wawasan tentang ventilasi yang digerakkan oleh daya apung dan angin, memastikan sirkulasi udara dalam ruangan yang memadai (Hwang & Gorré, 2023) Alat Simulasi Energi: Kinerja energi dari fasilitas yang diusulkan dievaluasi dengan menggunakan alat Building Energy Simulation (BES), seperti EnergyPlus dan DesignBuilder. Alat-alat ini memungkinkan penilaian kuantitatif terhadap strategi pendinginan pasif, termasuk efek peneduh, perilaku massa termal, dan optimasi pencahayaan alami (Tan & Deng, 2017). Model-model tersebut membantu menentukan orientasi bangunan yang optimal dan pilihan material untuk meminimalkan konsumsi energi sekaligus meningkatkan kenyamanan termal.

Metrik Evaluasi: Kenyamanan termal dinilai berdasarkan Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage Dissatisfied (PPD), dan kecepatan udara dalam ruangan, yang banyak digunakan dalam desain fasilitas pelabuhan untuk memastikan kenyamanan pengguna (Shi et al., 2021)). Pengurangan konsumsi energi dievaluasi melalui pemodelan energi komparatif, yang menganalisis perbedaan antara sistem HVAC konvensional dan desain berbasis pendinginan pasif (Salimi et al., 2023) Dengan mengintegrasikan pemodelan komputasi tingkat lanjut, pengumpulan data empiris, dan tolok ukur kinerja, penelitian ini mengembangkan fasilitas Pelabuhan kapal feri yang responsif terhadap iklim yang mengoptimalkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan kenyamanan pengguna.

## 3. HASIL PENELITIAN

### 3.1 Kebutuhan ruang

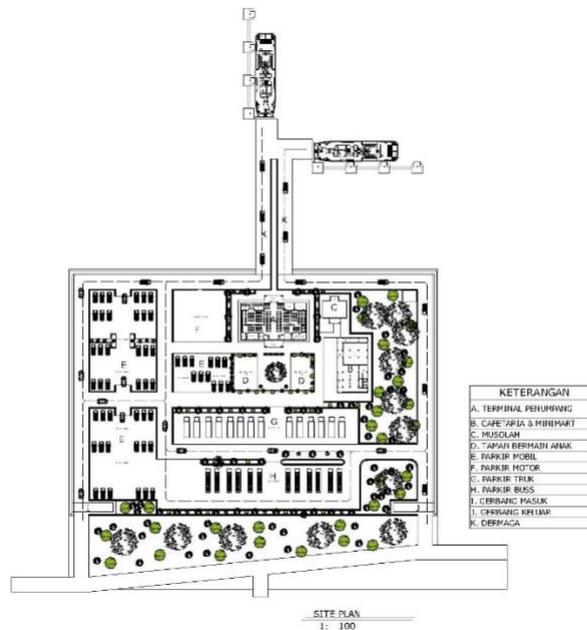
Berdasarkan jenis kegiatan yang di rencanakan pada perancangan Pelabuhan kapal feri, maka di peroleh analisis besaran ruang yang berisi tentang analisis standar dan ukuran ruang yang akan di gunakan dalam perancangan dengan mengacu pada analisis kebutuhan ruang.

**Tabel 1 :** Total hasil kebutuhan Ruang Keseluruhan Pelabuhan kapal feri

No	KEBUTUHAN RUANG KEGIATAN	LUAS m <sup>2</sup>
1	Besaran Ruang Pelayanan.	18m <sup>2</sup>
2	Besaran Ruang Pengelola	71m <sup>2</sup>
3	Besaran Ruang Fasilitas Pendukung	513,7m <sup>2</sup>
4	Besaran Ruang Parkir	1.979,23m <sup>2</sup>
	Total keseluruhan	2.581,73m <sup>2</sup>

### 3.2 Analisis Zonasi

Ruang memiliki sifat, karakteristik dan fungsi. Hal tersebut yang membuat setiap ruang itu berbeda, sehingga pola ruangan juga berbeda. Oleh karena itu dibutuhkan perancangan yang tepat agar dapat memberikan kenyamanan pada pengguna ruang tersebut. Pola hubungan ruang pada objek perancangan Pelabuhan kapal feri dengan skala kabupaten tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

**Gambar 2:** Rancangan Tapak

### 3.3 Gambar Konsep Arsitektur Tropis

Arsitektur tropis menggunakan prinsip-prinsip desain yang responsif terhadap iklim untuk meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi konsumsi energi. Salah satu strategi mendasarnya adalah ventilasi silang, yang memfasilitasi aliran udara alami dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Ventilasi yang efektif dicapai dengan menempatkan bukaan, halaman, dan sumur udara secara strategis, yang membantu memoderasi suhu dalam ruangan dengan mengganti udara hangat dengan udara luar yang lebih dingin (Oforji, 2023). Studi menunjukkan bahwa penggunaan bukaan yang besar dan langit-langit yang tinggi dapat mendukung stratifikasi udara, di mana udara hangat naik dan udara yang lebih sejuk tetap berada di tingkat penghuni, sehingga meminimalkan ketergantungan pada pendinginan mekanis (Ghassan et al., 2021). Teknik peneduh alami sangat penting untuk mengurangi panas matahari di iklim tropis. Overhang, tenda, dan pergola secara efektif mengurangi paparan sinar matahari langsung, menurunkan suhu dalam ruangan dan meningkatkan efisiensi pendinginan pasif (Olewi et al., 2023). Selain itu, penempatan vegetasi yang strategis, seperti pepohonan dan fasad hijau, meningkatkan kondisi iklim mikro melalui evapotranspirasi, yang berkontribusi terhadap pendinginan lingkungan (Chung-Camargo et al., 2022). Selain itu, bangunan yang dirancang dengan orientasi yang optimal dapat memanfaatkan peneduh untuk meminimalkan akumulasi panas sepanjang hari (Tatarestaghi et al., 2018).

Penggunaan material yang tersedia secara lokal secara signifikan berkontribusi pada keberlanjutan dan regulasi termal dalam arsitektur tropis. Material lokal, seperti bambu, tanah liat, dan ilalang, menunjukkan sifat

insulasi yang unggul dan mengurangi karbon yang terkandung dengan meminimalkan emisi transportasi Material bermassa panas tinggi membantu menjaga iklim dalam ruangan yang stabil dengan menyerap dan melepaskan panas secara progresif, sehingga mengurangi fluktuasi suhu. Selain itu, integrasi material lokal dapat menumbuhkan identitas budaya dan memperkuat ekonomi daerah (Bugenings & Kamari, 2022)



Gambar 3: View Pelabuhan Kapal Feri

### 3.4. Penerapan Konsep Arsitektur Tropis

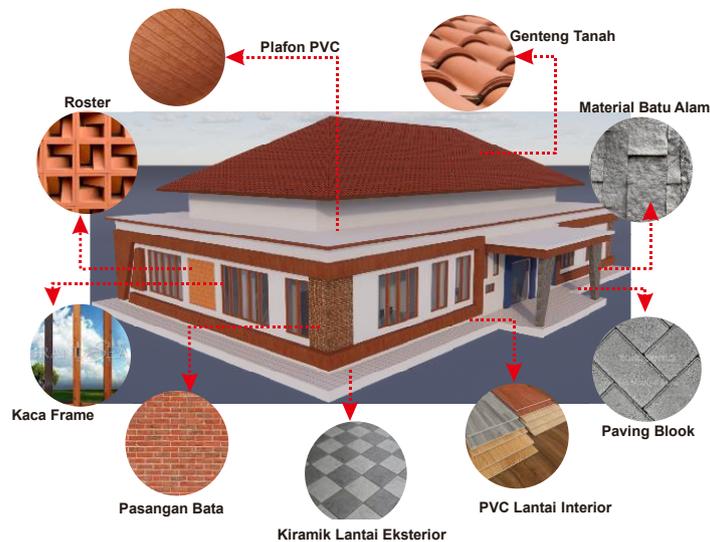
Strategi pendinginan pasif memainkan peran penting dalam mengurangi konsumsi energi di fasilitas pelabuhan tropis. Penggabungan atap hijau memberikan insulasi dan meminimalkan penyerapan panas, yang secara signifikan menurunkan suhu dalam ruangan. Selain itu, teknik ventilasi alami—seperti jendela yang dapat dioperasikan, kisi-kisi, dan fasad berlubang meningkatkan sirkulasi aliran udara, sehingga mengurangi kebutuhan akan sistem pendingin mekanis (Qin, 2020). Integrasi taman, berkontribusi lebih lanjut pada pendinginan evaporatif, mengoptimalkan kondisi iklim dalam ruangan (Qin, 2020) Integrasi solusi energi terbarukan dalam arsitektur pelabuhan tropis menawarkan manfaat keberlanjutan jangka panjang. Sistem fotovoltaik (PV) memanfaatkan energi matahari untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang secara signifikan menurunkan biaya operasional. Pengoptimalan orientasi bangunan dan aplikasi massa termal semakin meningkatkan efisiensi energi dengan meminimalkan perolehan panas dan mengurangi beban pendinginan. Selain itu, menggabungkan teknologi penyimpanan energi memastikan distribusi energi yang stabil, memaksimalkan efektivitas sumber energi terbarukan (Kalair et al., 2020).



Gambar 4: ventilasi berpori dan kisi-kisi

### 3.4. Penerapan Konsep Arsitektur Tropis

Bahan bangunan yang berkelanjutan berkontribusi pada efisiensi energi di fasilitas olahraga. Panel berinsulasi dan bahan atap reflektif mengurangi perolehan panas, sehingga mengurangi kebutuhan akan pendingin buatan. Penggunaan material yang bersumber secara lokal tidak hanya meminimalkan emisi karbon tetapi juga mendukung industri lokal, mendorong keberlanjutan ekonomi. Dengan memprioritaskan material yang hemat energi, fasilitas olahraga tropis dapat mencapai keseimbangan antara fungsionalitas, efektivitas biaya, dan tanggung jawab terhadap lingkungan (Antokhina et al., 2021)



**Gambar 5:** Material Bangunan

#### 4. KESIMPULAN

Studi ini menyoroti peran penting desain yang responsif terhadap iklim dalam pengembangan fasilitas pelabuhan berkelanjutan di iklim tropis. Temuan ini menunjukkan bahwa strategi pendinginan pasif, termasuk ventilasi alami, perangkat peneduh, dan pemilihan material yang hemat energi, secara signifikan dan meningkatkan kenyamanan termal.

Terlepas dari kemajuan dalam arsitektur berkelanjutan, banyak fasilitas pelabuhan yang ada masih sangat bergantung pada pendinginan mekanis karena adaptasi iklim yang buruk. Ketergantungan yang berlebihan ini menghasilkan konsumsi energi yang tinggi dan peningkatan biaya operasional, yang menunjukkan adanya kesenjangan yang jelas dalam optimalisasi desain dan implementasi kebijakan. Penelitian ini menggarisbawahi perlunya kerangka kerja desain yang komprehensif yang mengintegrasikan strategi energi pasif dan aktif untuk mencapai keberlanjutan jangka panjang.

Penelitian di masa depan harus berfokus pada pengukuran manfaat jangka panjang dari Pelabuhan kapal feri berkelanjutan melalui penilaian siklus hidup dan pemodelan kinerja energi. Selain itu, mengeksplorasi teknologi bangunan pintar yang canggih, seperti sistem manajemen energi yang digerakkan oleh AI, dapat mengoptimalkan efisiensi lebih lanjut. Memperluas studi kasus di berbagai wilayah tropis akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang praktik terbaik, sehingga memungkinkan penerapan arsitektur Pelabuhan kapal feri berkelanjutan secara global.

#### Daftar Pustaka

- Zheng, L.-H. (2024). Sustainable Development Between Sports Facilities and Ecological Environment Based on the Dual Carbon Background
- Babalola, O., Ugah, U. U. K., & Ekeh, E. (2024). Tropical Building Sustainability and the Energy Regulations
- Hwang, Y., & Gorié, C. (2023). Large-Eddy Simulations to Define Building-Specific Similarity Relationships for Natural Ventilation Flow Rates. *Flow*, 3
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B. M., & Cotgrave, A. (2020). A Comparative Simulation Study of the Thermal Performances of the Building Envelope Wall Materials in the Tropics. *Sustainability*, 12(12), 4892
- Yu, Y. (2024). Harmonizing Health and Sustainability: Advanced Analytical Approaches in Biophilic Architectural Design. *Applied and Computational Engineering*, 66(1), 231–236
- Tan, Z., & Deng, X. (2017). Assessment of Natural Ventilation Potential for Residential Buildings Across Different Climate Zones in Australia. *Atmosphere*, 8(9), 177
- Rashdan, W., & Mhatre, V. (2019). Impact of Heritage on Contemporary Sustainable Interior Design Solutions.
- Umoh, A. A. (2024). Green Architecture and Energy Efficiency: A Review of Innovative Design and Construction Techniques. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 185–200.

- Thaweeproradej, P., & Evans, K. L. (2022). Avian Species Richness and Tropical Urbanization Gradients: Effects of Woodland Retention and Human Disturbance. *Ecological Applications*, 32(6).
- Ghassan, M. L., Sari, L. H., & Munir, A. (2021). An Evaluation of the Tropical Architectural Concept on the Building Design for Achieving Thermal Comfort (Case Study: Engineering Faculty of Syiah Kuala University). *Iop Conference Series Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012013.
- Gokarakonda, S., Treeck, C. v., & Rawal, R. (2019). Influence of Building Design and Control Parameters on the Potential of Mixed-Mode Buildings in India. *Building and Environment*,
- Hassin, N. S. F. N., & Misni, A. (2019). Assessing the Thermal Performance of Negeri Sembilan Traditional Malay House Towards Sustainable Practice. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 4(12), 289.
- Hu, J. (2024). Research on Summer Indoor Air Conditioning Design Parameters in Haikou City: A Field Study of Indoor Thermal Perception and Comfort. *Sustainability*, 16(9), 3864.
- N., & Ahmad, A. M. (2022a). Performance and Energy Optimization of Building Automation and Management Systems: Towards Smart Sustainable Carbon-Neutral Sports Facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112401.
- Kalair, A., Abas, N., Saleem, M. S., Kalair, A. R., & Khan, N. (2020). Role of Energy Storage Systems in Energy Transition From Fossil Fuels to Renewables. *Energy Storage*, 3(1).
- Kang, M., & Lee, Y. (2022). The Gap in Community Sports: Utilization of Sports Facilities in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8),
- Kurniawan, R. (2024). Exploring the Benefits of Recreational Sports: Promoting Health, Wellness, and Community Engagement. *Journal Evaluation in Education (Jee)*, 3(4), 135–140.
- Latief, Y., Berawi, M. A., Koesalamwardi, A. B., Riantini, L. S., & Petroceany, J. S. (2017). Defining Design Parameters for Housing Development in Tropical Climates Using the Near Zero Energy House (nZEH) Concept. *International Journal of Technology*, 8(6), 1131.
- Lin, C.-M., Liu, H., Tseng, K. T., & Lin, S.-F. (2019). Heating, Ventilation, and Air Conditioning System Optimization Control Strategy Involving Fan Coil Unit Temperature Control. *Applied Sciences*, 9(11), 2391.
- Oforji, P. I. (2023). The Effects of Rhythm on Building Openings and Fenestrations on Airflow Pattern in Tropical Low-Rise Residential Buildings. *Civil Engineering Journal*, 9(8), 2062–2084.
- Tatarestaghi, F., Ismail, M. A., & Ishak, N. H. (2018). A Comparative Study of Passive Design Features/Elements in Malaysia and Passive House Criteria in the Tropics. *Journal of Design and Built Environment*, 18(2), 15–25.