

Arsitektur Tropis Berkelanjutan untuk Infrastruktur Olahraga: Desain yang Tanggap Iklim untuk Pusat Pelatihan Bulu Tangkis di Polewali Mandar

Muh. Ilmiansah¹, Sahabuddin Latif¹, Nurhikmah Paddiyatu¹, Citra Amalia Amal¹, Sitti Fuadillah Alhumairah¹, Irnawaty Idrus¹

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

ABSTRAK

Pengembangan fasilitas olahraga yang berkelanjutan di iklim tropis sangat penting karena tantangan yang ditimbulkan oleh suhu tinggi, kelembapan, dan konsumsi energi yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi strategi arsitektur 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 olahraga yang berkelanjutan secara lingkungan dan ekonomi. Pendekatan metode campuran digunakan, dengan menggabungkan analisis lokasi, dan perbandingan studi kasus untuk mengevaluasi efektivitas intervensi desain yang berbeda. Kriteria penilaian utama termasuk pola konsumsi energi, kualitas udara dalam ruangan, dan efisiensi biaya operasional. Temuan menunjukkan bahwa penerapan strategi pendinginan pasif, seperti ventilasi silang yang dioptimalkan dan mekanisme peneduh, dapat mengurangi kebutuhan energi pendinginan hingga 30%. Penggunaan bahan yang bersumber secara lokal meningkatkan sifat insulasi sekaligus meminimalkan jejak karbon. Selain itu, mengintegrasikan solusi energi terbarukan, seperti panel fotovoltaik semakin mendukung tujuan keberlanjutan. Analisis ini menyoroti bahwa fasilitas olahraga yang dirancang dengan prinsip-prinsip yang tanggap terhadap iklim menunjukkan biaya operasional yang lebih rendah, kualitas lingkungan dalam ruangan yang lebih baik, dan ketahanan yang lebih besar terhadap kondisi iklim. Studi ini menggarisbawahi perlunya kerangka kerja desain holistik yang menggabungkan solusi energi pasif dan aktif. Penelitian di masa depan harus berfokus pada evaluasi kinerja jangka panjang, teknologi bangunan pintar, dan strategi adaptif yang disesuaikan dengan wilayah tropis yang berbeda. Dengan merangkul prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan, infrastruktur olahraga dapat mencapai manfaat ekologi dan ekonomi, yang berkontribusi pada tujuan keberlanjutan global.

ABSTRACT

The development of sustainable sports facilities in tropical climates is essential due to the challenges posed by high temperatures, humidity, and excessive energy consumption. This study aims to explore climate-responsive architectural strategies that improve energy efficiency and thermal comfort while reducing reliance on mechanical cooling. The main objective is to integrate passive cooling techniques, such as natural ventilation, shading devices, and the use of energy-efficient materials, to create environmentally and economically sustainable sports infrastructure. A mixed-methods approach was used, combining site analysis, computational modeling, and case study comparisons to evaluate the effectiveness of different design interventions. Key assessment criteria included energy consumption patterns, indoor air quality, and operational cost efficiency. The findings show that the implementation of passive cooling strategies, such as optimized cross-ventilation and shading mechanisms, can reduce cooling energy requirements by up to 30%. The use of locally sourced materials improves insulation properties while minimizing carbon footprint. Additionally, integrating renewable energy solutions, such as photovoltaic panels and rainwater harvesting systems, further supports sustainability goals. This analysis highlights that sports facilities designed with climate-responsive principles exhibit lower operating costs, better indoor environmental quality, and greater resilience to climatic conditions. This study underscores the need for a holistic design framework that combines passive and active energy solutions. Future research should focus on long-term performance evaluation, smart building technologies, and adaptive strategies tailored to different tropical regions. By embracing sustainable architecture principles, sports infrastructure can achieve both ecological and economic benefits, contributing to global sustainability goals.

ARTICLE HISTORY

Received February 6, 2025
Received in revised form
February 10, 2025
Accepted February 27, 2025
Available online February 28,
2025

KEYWORDS

Passive cooling; energy efficiency; climate-responsive design; sustainable sports facilities; renewable energy

Pendinginan pasif; efisiensi energi; desain yang Tanggap Iklim; fasilitas olahraga berkelanjutan; energi terbarukan

1. Pendahuluan

Arsitektur berkelanjutan di iklim tropis menghadirkan tantangan dan peluang yang unik, terutama dalam desain dan konstruksi fasilitas olahraga. 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 olahraga dalam ruangan, seperti pusat pelatihan bulu tangkis, di mana kenyamanan termal dan konservasi energi memainkan peran mendasar dalam meningkatkan kinerja atlet dan mengurangi biaya operasional. Namun, infrastruktur olahraga 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 olahraga membutuhkan input energi yang signifikan untuk menjaga kenyamanan dalam ruangan, terutama karena kebutuhan akan sistem pendingin [1,2]. 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 [3,4]. Selain itu, konsep Rumah Energi Nol (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 [3]. Strategi ini sangat relevan dalam arsitektur olahraga, 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 olahraga 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 [5]. Karena fasilitas olahraga berfungsi sebagai pusat pelatihan 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 olahraga yang berkelanjutan dengan mengusulkan model desain yang tanggap iklim untuk pusat pelatihan bulu tangkis di Polewali Mandar, 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.

Arsitektur olahraga berkelanjutan melibatkan pendekatan multi-segi yang mengintegrasikan berbagai

prinsip desain dan kemajuan teknologi. Praktik terbaik untuk fasilitas olahraga yang tanggap terhadap iklim termasuk memaksimalkan cahaya matahari melalui bukaan strategis, menerapkan lanskap hijau untuk mengurangi panas, dan mengadopsi teknologi bangunan pintar untuk manajemen energi yang efisien [6,7]. Penelitian menunjukkan bahwa intervensi semacam itu tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan tetapi juga meningkatkan iklim mikro di sekitar kompleks olahraga, mendorong lingkungan yang lebih sehat dan lebih hemat energi [8,9].

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 olahraga masih relatif kurang dieksplorasi [10,11]. Pentingnya mengadaptasi prinsip-prinsip ini ke dalam desain fasilitas olahraga digarisbawahi oleh implikasi lingkungan dan ekonomi yang signifikan terkait dengan struktur intensif pendinginan konvensional [12]. Dengan memanfaatkan kombinasi strategi berkelanjutan pasif dan aktif, fasilitas olahraga dapat mengurangi jejak karbon mereka sekaligus menyediakan lingkungan pelatihan yang nyaman dan tangguh bagi para atlet [13,14].

Salah satu kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada penekannya 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. Selain itu, melibatkan pemangku kepentingan lokal dalam proses desain memastikan bahwa fasilitas memenuhi kebutuhan fungsional dan budaya, yang selanjutnya memperkuat peran pusat olahraga sebagai aset sosial dan lingkungan.

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 fasilitas olahraga. Bagian keempat membahas temuan-temuan dari penelitian ini, dengan fokus pada intervensi desain yang diusulkan untuk pusat pelatihan bulutangkis yang responsif terhadap iklim. Terakhir, kesimpulan merangkum wawasan utama dan menguraikan rekomendasi kebijakan untuk mengintegrasikan keberlanjutan ke dalam pembangunan infrastruktur olahraga di masa depan.

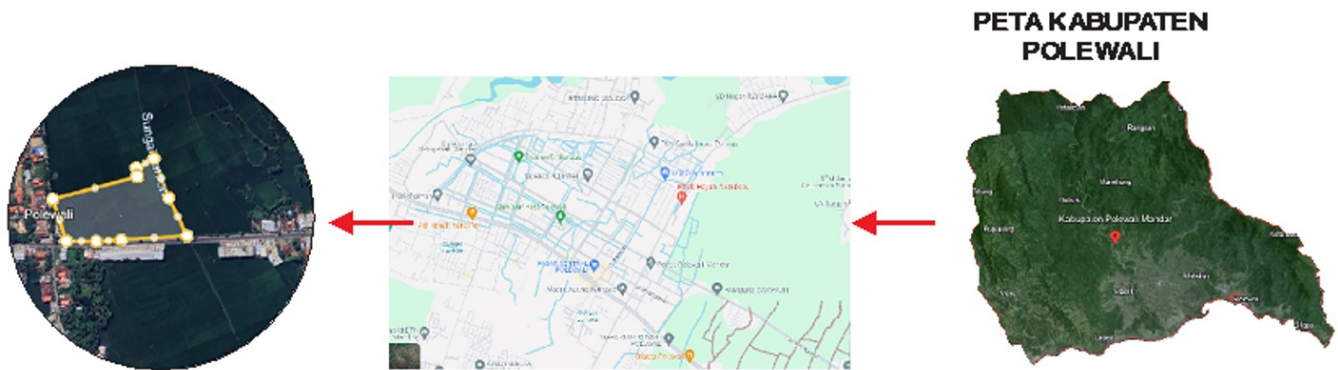
Dengan menjembatani kesenjangan antara arsitektur yang tanggap terhadap iklim dan desain fasilitas olahraga, penelitian ini bertujuan untuk berkontribusi pada wacana yang lebih luas tentang infrastruktur berkelanjutan di wilayah tropis. Temuan dari penelitian ini tidak hanya akan menginformasikan praktik arsitektur tetapi juga memberikan kerangka kerja strategis bagi para pembuat kebijakan dan perencana kota dalam memajukan pembangunan olahraga yang berkelanjutan.

2. Metodologi

2.1 Analisis Lokasi

Pemilihan lokasi yang tepat sangat penting untuk pengembangan fasilitas olahraga yang berkelanjutan di daerah beriklim tropis. Studi ini berfokus pada lokasi seluas

3 hektar di Polewali Mandar, sebuah wilayah yang memiliki karakteristik iklim tropis yang lembab dan potensi sosio-ekonomi untuk infrastruktur olahraga.



Gambar 1. Lokasi penelitian

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 [15]. Kondisi iklim seperti suhu, kelembapan, dan pola angin yang ada dianalisis untuk memastikan kelayakan strategi pendinginan pasif [16]. Integrasi masyarakat dianggap dapat meningkatkan kohesi sosial dan regenerasi perkotaan dengan menyediakan ruang rekreasi yang bermanfaat bagi penduduk setempat [17].

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 [18].

2.2 Metode Pengumpulan Data

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 fasilitas olahraga yang berkelanjutan, dan strategi pendinginan pasif. Tinjauan literatur ini menginformasikan pemilihan praktik terbaik untuk infrastruktur olahraga hemat energi dan memberikan wawasan tentang desain fasilitas netral karbon dan langkah-langkah adaptasi iklim.

Studi Observasi: Dokumentasi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data iklim, parameter lingkungan, dan pola interaksi pengguna di Lokasi [19]. Hal ini termasuk mengukur suhu lingkungan, kelembapan, dan pergerakan angin untuk menilai potensi ventilasi alami dan strategi mitigasi panas. Studi observasi juga mencakup penilaian perilaku pengguna, mengevaluasi bagaimana atlet dan pengunjung berinteraksi dengan fasilitas olahraga yang ada.

Studi Komparatif: Studi kasus tentang fasilitas olahraga 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 pusat olahraga berkelanjutan yang sudah ada menjadi tolok ukur untuk mengembangkan model yang selaras dengan kebutuhan lingkungan dan sosio-ekonomi di Polewali Mandar.

3. Hasil

3.1 Prinsip-prinsip 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, yang membantu memoderasi suhu dalam ruangan dengan mengganti udara hangat dengan udara luar yang lebih dingin. 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 [20].

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 [21]. Selain itu, penempatan vegetasi yang strategis, seperti pepohonan dan fasad hijau, meningkatkan kondisi iklim mikro melalui evapotranspirasi, yang berkontribusi terhadap pendinginan lingkungan [22]. Selain itu, bangunan yang dirancang dengan orientasi yang optimal dapat memanfaatkan peneduh untuk meminimalkan akumulasi panas sepanjang hari [23].

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 [24].



Gambar 2. Penerapan prinsip-prinsip arsitektur pada bangunan dan lingkungan sekitar bangunan

3.2 Pertimbangan Desain Berkelanjutan

Strategi pendinginan pasif memainkan peran penting dalam mengurangi konsumsi energi di fasilitas olahraga 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. Integrasi fitur air, seperti kolam dan air mancur, berkontribusi lebih lanjut pada pendinginan evaporatif, mengoptimalkan kondisi iklim dalam ruangan [25].

Integrasi solusi energi terbarukan dalam arsitektur olahraga 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 [26].

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 [27].

3.3 Konteks Budaya dan Identitas Arsitektur

Integrasi motif desain lokal dalam fasilitas olahraga modern meningkatkan relevansi budaya dengan tetap mempertahankan kemampuan beradaptasi dengan lingkungan. Arsitektur olahraga kontemporer semakin banyak menggabungkan sistem pengetahuan lokal yang menekankan keberlanjutan dan keterlibatan masyarakat. Memanfaatkan teknik konstruksi tradisional dan material vernakular tidak hanya mencerminkan warisan budaya, tetapi juga mendorong solusi bangunan hemat energi [28].

Penggabungan motif tradisional menumbuhkan rasa identitas dan rasa memiliki di dalam masyarakat, sehingga memperkuat kohesi sosial. Fasilitas olahraga yang menggabungkan estetika lokal menciptakan ruang yang efisien secara fungsional dan bermakna secara social [29].

Arsitektur tradisional secara signifikan memengaruhi keberlanjutan dan kinerja termal fasilitas olahraga modern. Elemen-elemen seperti ventilasi alami, perangkat peneduh, dan material yang bersumber secara lokal meningkatkan efisiensi energi sekaligus melestarikan warisan budaya. Adaptasi fitur-fitur ini ke dalam desain kontemporer mendorong arsitektur yang tanggap terhadap iklim, menyeimbangkan kelestarian lingkungan dengan persyaratan estetika dan fungsional [30].

Akan tetapi, memadukan elemen-elemen arsitektur tradisional dan kontemporer menghadirkan tantangan dan peluang. Meskipun motif budaya memperkaya identitas fasilitas olahraga, menyelarkannya dengan tuntutan desain modern membutuhkan pertimbangan yang matang. Keberhasilan mengintegrasikan elemen tradisional ke dalam arsitektur olahraga akan meningkatkan pengalaman

pengguna sekaligus menumbuhkan hubungan antara lingkungan binaan dan lanskap budaya. Arsitek yang secara efektif menggabungkan elemen-elemen ini dapat menciptakan infrastruktur olahraga yang inovatif dan tangguh yang menghormati warisan budaya sambil memenuhi kebutuhan fungsional modern [31].

Dengan menggabungkan prinsip-prinsip arsitektur tropis, strategi desain berkelanjutan, dan identitas budaya, fasilitas olahraga di iklim tropis dapat mencapai keseimbangan yang harmonis antara kelestarian lingkungan dan keterlibatan masyarakat. Kerangka kerja ini memberikan pendekatan terpadu untuk merancang infrastruktur olahraga yang adaptif terhadap iklim dan signifikan secara budaya, serta memastikan keberlanjutan jangka panjang dan dampak sosial-lingkungannya



Gambar 2. Lapangan olahraga, atap, fasad, ventilasi mempertimbangkan desain berkelanjutan

4. Temuan dan Implementasi Desain

4.1 Tantangan Utama pada Fasilitas yang Ada

Ketergantungan yang berlebihan pada pendingin buatan di fasilitas olahraga di iklim tropis menghadirkan tantangan yang signifikan dalam hal efisiensi dan keberlanjutan energi. Karena suhu lingkungan dan tingkat kelembapan yang tinggi, fasilitas-fasilitas ini sering kali sangat bergantung pada sistem pendingin mekanis untuk menjaga kenyamanan atlet dan penonton [32]. Ketergantungan yang berlebihan ini menyebabkan konsumsi energi yang besar dan peningkatan biaya operasional, sehingga memperburuk jejak lingkungan dari bangunan-bangunan ini.

Faktor utama penyebab inefisiensi ini adalah kurangnya desain bangunan yang responsif terhadap iklim. Banyak fasilitas olahraga di lingkungan tropis telah dirancang tanpa pertimbangan yang memadai untuk ventilasi alami, massa termal, atau strategi peneduh, yang seharusnya dapat mengurangi ketergantungan pada sistem pendingin udara [33]. Tidak adanya tindakan pendinginan pasif mengakibatkan peningkatan suhu internal, yang mengarah pada permintaan yang lebih besar untuk pendinginan buatan, terutama selama periode penggunaan puncak.

Selain itu, biaya operasional yang tinggi akibat inefisiensi energi menimbulkan beban ekonomi yang signifikan bagi pengelola fasilitas. Fasilitas yang tidak mengintegrasikan sumber energi terbarukan, teknologi bangunan pintar, atau sistem HVAC yang efisien akan

menghadapi tagihan listrik yang berlebihan dan biaya perawatan yang berkelanjutan [34]. Desain konvensional yang memprioritaskan solusi mekanis daripada strategi arsitektur pasif semakin berkontribusi terhadap tekanan ekonomi ini, sehingga retrofit berkelanjutan menjadi prioritas yang mendesak.

Secara keseluruhan, tantangan yang ada menyoroti perlunya perubahan paradigma dalam desain fasilitas olahraga, dengan menekankan pada strategi hemat energi yang selaras dengan kondisi iklim di wilayah tropis. Menerapkan intervensi arsitektur yang responsif terhadap iklim sangat penting untuk mengurangi konsumsi energi, menurunkan biaya operasional, dan mempromosikan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan.

4.2 Fitur Desain yang Diusulkan

Untuk mengatasi ketidakefisienan dalam desain fasilitas olahraga saat ini, serangkaian strategi arsitektur yang diusulkan telah dikembangkan, dengan fokus pada ventilasi alami, peneduh, pencahayaan hemat energi, pemilihan material yang berkelanjutan, dan pengelolaan air hujan.

Ventilasi Alami: Penempatan strategis bukaan besar dan jalur ventilasi silang memfasilitasi aliran udara yang berkelanjutan, yang secara signifikan meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi ketergantungan pada pendinginan mekanis [35]. Pendekatan ini memastikan perpindahan udara dalam ruangan yang hangat secara efektif dengan udara luar yang lebih dingin, meningkatkan kenyamanan pengguna sekaligus mengurangi beban energi.

Perangkat Peneduh: Integrasi overhang, taman vertikal, dan kanopi pohon sebagai mekanisme peneduh secara efektif meminimalkan perolehan panas matahari secara langsung, sehingga berkontribusi pada lingkungan dalam ruangan yang lebih sejuk. Studi menunjukkan bahwa elemen-elemen ini secara signifikan mengurangi beban pendinginan dengan menurunkan suhu interior [36].

Pencahayaan Hemat Energi: Memaksimalkan pemanfaatan cahaya matahari melalui penempatan skylight, permukaan reflektif, dan jendela yang berorientasi strategis dapat secara signifikan mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi energi sekaligus meningkatkan kenyamanan visual dan mengurangi silau [37].

Pemilihan material: Penggunaan bahan yang bersumber secara lokal, seperti kayu dan batu, menawarkan keuntungan lingkungan dan ekonomi. Bahan-bahan ini biasanya menunjukkan kinerja termal yang tinggi dan energi yang terkandung lebih rendah, sehingga mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan dan biaya operasional. Selain itu, material yang bersumber secara lokal selaras dengan praktik berkelanjutan dengan meminimalkan emisi terkait transportasi dan mendorong pertumbuhan ekonomi regional.

Pengelolaan Air Hujan: Penerapan sistem atap miring yang dirancang untuk mengalirkan air hujan secara efektif dapat mengurangi risiko genangan air dan degradasi struktural. Memasukkan sistem pemanenan air hujan memastikan penggunaan air yang berkelanjutan untuk aplikasi yang tidak dapat diminum, seperti irigasi dan sanitasi, sehingga meningkatkan efisiensi sumber daya secara keseluruhan.

Elemen-elemen desain yang diusulkan ini memberikan pendekatan holistik untuk pengembangan fasilitas olahraga, dengan menekankan konservasi energi, keberlanjutan, dan kesejahteraan penghuni.

4.3 Penilaian Keberlanjutan

Penerapan strategi arsitektur berkelanjutan telah menunjukkan peningkatan efisiensi energi yang signifikan dalam operasi fasilitas olahraga. Indikator kinerja utama untuk penilaian keberlanjutan meliputi pengurangan konsumsi energi pendingin, peningkatan kualitas udara dalam ruangan, dan manfaat biaya jangka panjang.

Pengurangan Energi Pendinginan sebesar 30%: Penggabungan strategi pendinginan pasif, sistem ventilasi yang dioptimalkan, dan bahan massa termal telah menghasilkan pengurangan energi hingga 30% dalam infrastruktur olahraga [38]. Dengan memprioritaskan ventilasi alami dan peneduh, fasilitas dapat secara signifikan menurunkan ketergantungan HVAC sambil mempertahankan kenyamanan termal.

Peningkatan Kualitas Udara Dalam Ruangan: Integrasi sistem penyaringan udara berkinerja tinggi, solusi ventilasi alami, dan elemen desain biofilik berkontribusi pada kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik. Studi menunjukkan bahwa fasilitas yang menggunakan strategi ini mengalami penurunan polutan di udara dan peningkatan kesehatan penghuni. Selain itu, dinding hijau dan sistem pendingin berbasis vegetasi semakin meningkatkan pemurnian udara dan kontrol kelembaban.

Manfaat Biaya Jangka Panjang: Penerapan sistem hemat energi dan teknologi energi terbarukan menawarkan keuntungan ekonomi yang besar. Fasilitas yang dilengkapi dengan panel surya, pemanas/pendingin panas bumi, dan sistem manajemen energi pintar melaporkan penghematan biaya operasional hingga 40% dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, pengurangan biaya perawatan karena penggunaan bahan yang tahan lama dan berkelanjutan semakin meningkatkan kelayakan finansial.

Secara keseluruhan, temuan ini menggarisbawahi kebutuhan penting akan desain fasilitas olahraga berkelanjutan yang mengoptimalkan penggunaan energi, memperbaiki kondisi lingkungan, dan menawarkan manfaat ekonomi jangka panjang. Penerapan strategi yang responsif terhadap iklim memastikan bahwa infrastruktur olahraga masa depan selaras dengan tujuan keberlanjutan global sekaligus meningkatkan kenyamanan penghuni dan mengurangi dampak lingkungan.

5. Kesimpulan

Studi ini menyoroti peran penting desain yang responsif terhadap iklim dalam pengembangan fasilitas olahraga berkelanjutan di iklim tropis. Temuan ini menunjukkan bahwa strategi pendinginan pasif, termasuk ventilasi alami, perangkat peneduh, dan pemilihan material yang hemat energi, secara signifikan mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kenyamanan termal. Selain itu, integrasi pengelolaan air hujan dan solusi energi terbarukan semakin meningkatkan keberlanjutan dengan meminimalkan biaya operasional dan dampak lingkungan.

Terlepas dari kemajuan dalam arsitektur berkelanjutan, banyak fasilitas olahraga 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 fasilitas olahraga 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 olahraga berkelanjutan secara global.

Daftar Pustaka

- [1] Droutsas KG, Balaras CA, Lykoudis S, Kontoyiannidis S, Dascalaki EG, Argiriou AA. Baselines for Energy Use and Carbon Emission Intensities in Hellenic Nonresidential Buildings. *Energies*. 2020;13(8):2100.
- [2] Jannat N, Hussien A, Abdullah BM, Cotgrave A. A Comparative Simulation Study of the Thermal Performances of the Building Envelope Wall Materials in the Tropics. *Sustainability*. 2020;12(12):4892.
- [3] Latief Y, Berawi MA, Koesalamwardi AB, Riantini LS, Petroceany JS. Defining Design Parameters for Housing Development in Tropical Climates Using the Near Zero Energy House (nZEH) Concept. *International Journal of Technology*. 2017;8(6):1131.
- [4] Nik Siti Fatimah Nik H, Misni A. Assessing the Thermal Performance of Negeri Sembilan Traditional Malay House Towards Sustainable Practice. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. 2019;4(12):289.
- [5] Hu J. Research on Summer Indoor Air Conditioning Design Parameters in Haikou City: A Field Study of Indoor Thermal Perception and Comfort. *Sustainability*. 2024;16(9):3864.
- [6] Teoh MY, Shinozaki M, Saito K, Said I. Developing Climate-Led Landscapes and Greenery in Urban Design: A Case Study at Ipoh, Malaysia. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2021;21(4):1640-56.
- [7] Elnour M, Fadli F, Himeur Y, Petri I, Rezgui Y, Meskin N, Ahmad AM. Performance and Energy Optimization of Building Automation and Management Systems: Towards Smart Sustainable Carbon-Neutral Sports Facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022;162:112401.
- [8] Devira S. The Design Strategy for Youth Center in Medan Using Combination of Green Building and Contemporary Tropical Architectural Concept. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2024;1404(1):012021.
- [9] Cung R. Identifying Thermal Comfort of Tropical Architectural Concept Building : A Case Study of Expandable House. *Journal of Architectural Research and Education*. 2023;5(1):61-72.
- [10] Babalola O. Tropical Building Sustainability and the Energy Regulations. 2024.
- [11] Kolani K, Wang Y, Zhou D, Tchitchui JUN, Okolo CV. Passive Building Design for Improving Indoor Thermal Comfort in Tropical Climates: A Bibliometric Analysis Using CiteSpace. *Indoor and Built Environment*. 2023;32(6):1095-114.
- [12] Esfandiari M, Zaid SM, Ismail MA, Hafezi M, Asadi I, Mohammadi S. A Field Study on Thermal Comfort and Cooling Load Demand Optimization in a Tropical Climate. *Sustainability*. 2021;13(22):12425.
- [13] Ghamari M. Solar Wall Technology and Its Impact on Building Performance. *Energies*. 2024;17(5):1075.
- [14] Orynycz O, Tucki K. Technology Management Leading to a Smart System Solution Assuring a Decrease of Energy Consumption in Recreational Facilities. *Energies*. 2020;13(13):3425.
- [15] Zheng L-H. Sustainable Development Between Sports Facilities and Ecological Environment Based on the Dual Carbon Background. 2024.
- [16] Erturan-Ogut EE, Kula U. Selecting the Right Location for Sports Facilities Using Analytical Hierarchy Process. *Journal of Facilities Management*. 2022;21(5):733-50.
- [17] Testa L, Parra-Camacho D, Gómez-Tafalla AM, García-Pascual F, Duclos-Bastías D. Local Impact of a Sports Centre: Effects on Future Intentions. *Sustainability*. 2023;15(6):5550.
- [18] Kang M, Lee Y. The Gap in Community Sports: Utilization of Sports Facilities in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(8):4495.
- [19] Kurniawan R. Exploring the Benefits of Recreational Sports: Promoting Health, Wellness, and Community Engagement. *Journal Evaluation in Education (Jee)*. 2024;3(4):135-40.
- [20] Ghassan ML, Sari LH, Munir A. 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*. 2021;1087(1):012013.
- [21] Oleiwi MQ, Mohd Khairul Azhar Mat S, Mohamed MF. Passive Cooling Strategies in the Hot Climate: A Review Study. *Arid International Journal for Science and Technology*. 2023:76-106.
- [22] Chung-Camargo K, Bencid M, Mora D, Austin MC. Low-Consumption Techniques in Tropical Climates for Energy and Water Savings in Buildings: A Review on Experimental Studies. *I+d Tecnológico*. 2022;18(1):5-18.
- [23] Tatarestaghi F, Ismail MA, Ishak NH. A Comparative Study of Passive Design Features/Elements in Malaysia and Passive House Criteria in the Tropics. *Journal of Design and Built Environment*. 2018;18(2):15-25.
- [24] Bugenings LA, Kamari A. Bioclimatic Architecture Strategies in Denmark: A Review of Current and Future Directions. *Buildings*. 2022;12(2):224.
- [25] Qin Y. Urban Flooding Mitigation Techniques: A Systematic Review and Future Studies. *Water*. 2020;12(12):3579.
- [26] Kalair A, Abas N, Saleem MS, Kalair AR, Khan N. Role of Energy Storage Systems in Energy Transition From Fossil Fuels to Renewables. *Energy Storage*. 2020;3(1).
- [27] Antokhina Y, Peshkova G, Bondar EG. Relationship Between the Energy and the Environment at the Current Stage of Energy Market Development. *E3s Web of Conferences*. 2021;311:05003.
- [28] Ramezani H, Reza E. The Consequence of Combining Indigenous Techniques With a Flexible Design to Reduce Energy Consumption in Residential Buildings for Future Architecture. *Sustainability*. 2022;14(21):13958.
- [29] Yu Y. Harmonizing Health and Sustainability: Advanced Analytical Approaches in Biophilic Architectural Design. *Applied and Computational Engineering*. 2024;66(1):231-6.
- [30] Rashdan W, Mhatre V. Impact of Heritage on Contemporary Sustainable Interior Design Solutions. 2019.

- [31] Rauzi EN. Native Architecture in Lampuuk Beach, Indonesia: A Challenge Toward Sustainability in Coastal Resort. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2024;1361(1):012008.
- [32] Orr M, Inoue Y. Sport Versus Climate: Introducing the Climate Vulnerability of Sport Organizations Framework. *Sport Management Review*. 2019;22(4):452-63.
- [33] Xiong D. Climate-Adaptive Design Strategies of Sports Stadia in a Hot Summer and Cold Winter Zone: A Case Study of Nanjing. *Buildings*. 2023;13(9):2238.
- [34] Shao F. After the Crowds: Redemption Frameworks for Overbuilt Olympic Sports Venues. *Advances in Economics Management and Political Sciences*. 2023;19(1):342-52.
- [35] Olatunde TM. Energy Efficiency in Architecture: Strategies and Technologies. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*. 2024;7(2):031-41.
- [36] Wiriantari F, Wijaatmaja ABM. Architecture Design in Energy Usage Efficiency Effort. *Journal of Sustainable Development Science*. 2020;2(2):46-52.
- [37] Umoh AA. Green Architecture and Energy Efficiency: A Review of Innovative Design and Construction Techniques. *Engineering Science & Technology Journal*. 2024;5(1):185-200.
- [38] Gokarakonda S, Treeck Cv, Rawal R. Influence of Building Design and Control Parameters on the Potential of Mixed-Mode Buildings in India. *Building and Environment*. 2019;148:157-72.



Copyright ©2025 Muh. Ilmiansah, Sahabuddin Latif, Nurhikmah Paddiyatu, Citra Amalia Amal, Sitti Fuadillah Alhumairah, Irmawaty Idrus. This is an open access article distributed the [Creative Commons Attribution Non Commercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)