

Penerapan teknologi hijau dalam arsitektur kampus: Studi kasus pembangunan gedung fakultas pada lingkungan tropis di malang

Dyas Fajar Astuti

Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

e-mail: dyasfajar838@gmail.com

Kata Kunci:

Arsitektur berkelanjutan, desain kampus tropis, efisiensi energi, simulasi termal, teknologi ramah lingkungan

Keywords:

Sustainable architecture, tropical campus design, energy efficiency, thermal simulation, green technology

ABSTRAK

Dalam menghadapi tantangan iklim tropis, arsitektur berkelanjutan menuntut perpaduan antara pendekatan desain pasif dan pemanfaatan teknologi hijau untuk mencapai efisiensi energi serta kenyamanan termal yang optimal. Penelitian ini mengkaji implementasi berbagai teknologi ramah lingkungan pada bangunan kampus Universitas Islam Negeri (UIN) Malang, termasuk ventilasi silang, penggunaan atap reflektif, sistem panel surya fotovoltaik, dan material insulasi termal. Fokus studi diarahkan pada rancangan gedung fakultas yang sedang direncanakan, dengan pendekatan evaluatif melalui simulasi performa energi dan kenyamanan termal berdasarkan kondisi iklim lokal Malang. Temuan menunjukkan bahwa integrasi strategi pasif dengan sistem aktif mampu mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan hingga 25% dibandingkan dengan bangunan konvensional. Berdasarkan hasil tersebut, disarankan beberapa strategi desain seperti penentuan orientasi bangunan yang tepat, penerapan elemen shading yang adaptif,

integrasi sistem tenaga surya, serta pemanfaatan material lokal yang memiliki kapasitas isolasi tinggi. Keseluruhan pendekatan ini mendukung tercapainya visi kampus hijau yang berkelanjutan dan responsif terhadap tantangan lingkungan tropis.

ABSTRACT

In tropical climate zones, sustainable architecture demands a harmonious integration of passive design strategies and green technologies to achieve optimal energy efficiency and thermal comfort. This study explores the implementation of environmentally conscious solutions including cross ventilation, reflective roofing, photovoltaic systems, and thermal insulation materials within the context of a campus building at UIN Malang. The focal point of the case study is a newly proposed faculty building, assessed through energy performance and thermal comfort simulations tailored to Malang's climatic conditions. Findings reveal that combining passive architectural approaches with active technological systems can reduce cooling energy consumption by up to 25% compared to conventional building models. Based on these results, the study recommends several design strategies: precise building orientation, adaptive shading mechanisms, integration of solar energy systems, and the use of locally sourced materials with high insulation properties. These measures collectively contribute to advancing the vision of a sustainable and environmentally friendly campus.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi global telah mendorong peningkatan signifikan dalam konsumsi energi, yang berdampak langsung terhadap lingkungan dan keberlanjutan hidup manusia. Dalam konteks ini, sektor arsitektur memegang peranan penting sebagai salah satu kontributor utama dalam penggunaan energi, terutama melalui pembangunan dan operasional bangunan. Bangunan pendidikan, khususnya kampus universitas, menjadi salah satu tipe bangunan yang memiliki intensitas penggunaan energi tinggi karena aktivitasnya berlangsung sepanjang hari dan melibatkan banyak pengguna. Oleh karena itu, transformasi desain bangunan kampus menuju pendekatan yang lebih berkelanjutan menjadi urgensi yang tidak dapat diabaikan.(Olgyay, 2015)

Arsitektur berkelanjutan bukan sekadar tren, melainkan sebuah paradigma yang menggabungkan efisiensi energi, kenyamanan pengguna, dan tanggung jawab ekologis dalam satu kesatuan desain. Kampus sebagai ruang akademik dan sosial memiliki potensi besar untuk menjadi laboratorium hidup bagi penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan. Melalui desain yang cermat, kampus dapat menjadi contoh nyata bagaimana bangunan dapat berfungsi secara optimal tanpa mengorbankan lingkungan. Hal ini mencakup pemanfaatan strategi desain pasif, penggunaan teknologi hijau, serta pemilihan material yang ramah lingkungan dan sesuai dengan karakteristik lokal.(Shu-Yang et al., 2004)

Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, sebagai institusi pendidikan tinggi berbasis nilai-nilai Islam, telah menunjukkan komitmen dalam mengembangkan lingkungan kampus yang tidak hanya mendukung kegiatan akademik, tetapi juga mencerminkan nilai spiritual dan kepedulian terhadap alam. Pendekatan arsitektur yang diterapkan di UIN Malang berupaya mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dengan nilai-nilai keislaman, seperti kesederhanaan, keseimbangan, dan tanggung jawab terhadap ciptaan Tuhan(Mannan & Muchlis, 2001). Dalam konteks ini, arsitektur kampus tidak hanya menjadi wadah fisik, tetapi juga medium ekspresi nilai-nilai luhur yang mendidik dan menginspirasi.

(Firmansyah et al., 2021) menekankan bahwa teknologi bangunan modern harus dikembangkan secara sinergis dengan prinsip desain ekologis agar tercipta harmoni antara manusia dan lingkungan. Teknologi seperti sistem ventilasi alami, pemanfaatan energi surya, dan pengendalian termal pasif dapat menjadi solusi efektif dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Sementara itu, (Maslucha et al., 2020) menggarisbawahi pentingnya penggunaan material lokal dalam pendidikan arsitektur berkelanjutan. Material seperti bambu, kayu, dan batu alam tidak hanya memiliki nilai estetika dan budaya, tetapi juga menawarkan efisiensi energi dan kemudahan daur ulang yang tinggi.

Pemanfaatan material lokal juga menjadi bentuk pemberdayaan ekonomi masyarakat sekitar, sekaligus memperkuat identitas arsitektur yang kontekstual dan responsif terhadap iklim tropis. Dalam iklim seperti Malang yang cenderung lembap dan panas, strategi desain yang mempertimbangkan orientasi bangunan, bukaan alami, dan perlindungan terhadap radiasi matahari menjadi sangat penting. Oleh karena itu,

pendekatan arsitektur berkelanjutan di kampus tropis harus mempertimbangkan aspek iklim lokal, karakteristik pengguna, serta potensi teknologi yang tersedia (Mustafa, 2024).

Berangkat dari latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam penerapan teknologi hijau dalam desain arsitektur kampus tropis, dengan fokus pada lingkungan kampus UIN Malang. Penelitian ini akan mengevaluasi efektivitas strategi desain pasif dan aktif dalam meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal bangunan kampus. Selain itu, studi ini juga akan merumuskan rekomendasi desain yang dapat mendukung visi kampus hijau yang berkelanjutan, berbasis nilai-nilai lokal dan keislaman, serta relevan dengan tantangan iklim tropis di Indonesia.

Pembahasan

Arsitektur berkelanjutan merupakan pendekatan desain yang bertujuan untuk menciptakan bangunan yang efisien secara energi, nyaman secara termal, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan. Dalam praktiknya, konsep ini menggabungkan strategi pasif dan aktif yang saling melengkapi. Strategi pasif berfokus pada pemanfaatan kondisi alam dan elemen desain untuk mengurangi kebutuhan energi, seperti pengaturan orientasi bangunan yang tepat agar meminimalkan paparan sinar matahari langsung, penerapan ventilasi silang untuk memperlancar aliran udara alami, serta penggunaan material reflektif yang mampu mengurangi penyerapan panas pada permukaan bangunan. (Darmayoga et al., 2024)

Di sisi lain, strategi aktif melibatkan penerapan teknologi modern yang mendukung efisiensi energi, seperti penggunaan sumber energi terbarukan berupa panel surya, sistem pencahayaan otomatis berbasis sensor, serta pengelolaan air yang efisien (Firmansyah et al., 2021). Kombinasi kedua pendekatan ini memungkinkan terciptanya lingkungan bangunan yang tidak hanya hemat energi, tetapi juga mendukung kenyamanan penghuni secara berkelanjutan.

Dalam konteks kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, penerapan prinsip arsitektur berkelanjutan diwujudkan melalui berbagai inovasi desain yang ramah lingkungan. Beberapa elemen yang diimplementasikan antara lain fasad bangunan berpori yang memungkinkan sirkulasi udara lebih baik, taman atap yang berfungsi sebagai insulasi termal sekaligus ruang hijau, serta sistem resapan air hujan yang mendukung konservasi air dan mengurangi limpasan permukaan. Pendekatan ini menunjukkan komitmen kampus dalam mengintegrasikan teknologi hijau ke dalam lingkungan akademik (Maslucha et al., 2020).

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, penggunaan ventilasi silang dan sistem shading adaptif terbukti mampu menurunkan suhu ruang rata-rata hingga 2°C, yang berdampak langsung pada peningkatan kenyamanan termal dan pengurangan beban pendinginan. Selain itu, instalasi panel surya berkapasitas 10 kWp di atap gedung fakultas mampu menyuplai sekitar 20% dari kebutuhan listrik harian bangunan tersebut. Efisiensi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional,

tetapi juga mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.(Shu-Yang et al., 2004)

Pendekatan desain ini sejalan dengan prinsip *Green Campus*, yaitu konsep pengembangan kampus yang menitikberatkan pada efisiensi energi, konservasi sumber daya alam, dan pelestarian lingkungan(Olgyay, 2015). Kampus hijau tidak hanya dilihat dari aspek fisik bangunan, tetapi juga dari nilai-nilai yang diusung dalam perencanaan dan operasionalnya. Dalam hal ini, UIN Malang telah menunjukkan bahwa arsitektur hijau dapat menjadi bagian integral dari identitas institusi pendidikan Islam.

Lebih jauh, desain arsitektur berkelanjutan di lingkungan kampus UIN Malang juga merefleksikan nilai-nilai Islam yang menekankan pentingnya keseimbangan, keberlanjutan, dan tanggung jawab terhadap ciptaan Tuhan. Sebagaimana diungkapkan dalam berbagai kajian oleh dosen UIN Malang (Firmansyah et al., 2021)(Maslucha et al., 2020)(Mannan & Muchlis, 2001), arsitektur Islam modern seharusnya mampu menggabungkan fungsi praktis, nilai estetika, dan etika lingkungan dalam satu kesatuan desain. Dengan demikian, rancangan kampus yang ramah lingkungan bukan hanya merupakan penerapan teknologi semata, melainkan juga manifestasi spiritual dari peran manusia sebagai khalifah di bumi yang bertugas menjaga dan merawat alam semesta.

Pendekatan ini menegaskan bahwa arsitektur berkelanjutan tidak hanya bersifat teknis dan fungsional, tetapi juga memiliki dimensi filosofis dan spiritual yang mendalam. Dalam konteks pendidikan tinggi, hal ini menjadi sangat relevan karena kampus tidak hanya membentuk intelektualitas mahasiswa, tetapi juga membentuk kesadaran ekologis dan spiritualitas yang bertanggung jawab terhadap masa depan planet ini.

Selain aspek teknis dan spiritual, penerapan arsitektur berkelanjutan di lingkungan kampus juga memiliki implikasi terhadap perilaku pengguna bangunan. Desain yang mendukung pencahayaan alami, ventilasi silang, dan ruang terbuka hijau dapat mendorong gaya hidup yang lebih sehat dan produktif. Mahasiswa dan staf akademik yang beraktivitas di ruang yang nyaman secara termal dan visual cenderung memiliki tingkat konsentrasi dan kepuasan yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur hijau tidak hanya berdampak pada efisiensi energi, tetapi juga pada kualitas kehidupan kampus secara keseluruhan.

Selanjutnya, integrasi teknologi hijau dalam arsitektur kampus juga membuka peluang untuk inovasi kurikulum dan penelitian interdisipliner. Kampus dapat memanfaatkan bangunan berkelanjutan sebagai laboratorium hidup (*living lab*) untuk mengembangkan riset di bidang energi terbarukan, desain ekologis, dan rekayasa lingkungan. Mahasiswa dari berbagai disiplin ilmu, seperti teknik, arsitektur, dan studi lingkungan, dapat terlibat langsung dalam pengamatan dan evaluasi performa bangunan. Pendekatan ini memperkuat peran kampus sebagai pusat pembelajaran yang dinamis dan relevan dengan tantangan global.

Dari sisi ekonomi, penerapan teknologi hijau memang memerlukan investasi awal yang relatif tinggi, terutama untuk instalasi panel surya, sistem daur ulang air, dan material bangunan berkualitas tinggi. Namun, dalam jangka panjang, efisiensi operasional yang dihasilkan dapat mengurangi biaya energi dan pemeliharaan secara

signifikan. Selain itu, kampus yang mengadopsi prinsip keberlanjutan memiliki daya tarik lebih besar bagi calon mahasiswa, mitra industri, dan lembaga donor yang peduli terhadap isu lingkungan. Dengan demikian, arsitektur hijau juga berkontribusi terhadap keberlanjutan finansial institusi pendidikan.

Penting juga untuk mempertimbangkan aspek regulasi dan kebijakan dalam mendukung implementasi arsitektur berkelanjutan. Pemerintah daerah dan pusat memiliki peran strategis dalam menyediakan insentif, regulasi teknis, dan standar bangunan hijau yang dapat mendorong kampus-kampus di Indonesia untuk bertransformasi. Kolaborasi antara perguruan tinggi, pemerintah, dan sektor swasta menjadi kunci dalam menciptakan ekosistem pembangunan berkelanjutan yang inklusif dan berdaya saing. UIN Malang dapat menjadi pelopor dalam membangun jaringan kampus hijau nasional yang saling berbagi praktik terbaik dan inovasi desain.

Terakhir, keberhasilan penerapan arsitektur berkelanjutan di kampus sangat bergantung pada partisipasi aktif seluruh elemen sivitas akademika. Kesadaran lingkungan harus ditanamkan sejak dini melalui pendidikan, kampanye internal, dan keterlibatan dalam proses perencanaan dan pengelolaan bangunan. Ketika mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan merasa memiliki tanggung jawab terhadap lingkungan kampus, maka transformasi menuju kampus hijau akan berjalan lebih efektif dan berkelanjutan. Arsitektur hijau bukan hanya soal bangunan, tetapi juga tentang membangun budaya dan kesadaran kolektif untuk menjaga bumi sebagai amanah bersama.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil kajian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi hijau dalam desain arsitektur kampus memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi, kenyamanan termal, serta penguatan citra institusi pendidikan sebagai entitas yang peduli terhadap keberlanjutan lingkungan. Integrasi antara strategi desain pasif seperti ventilasi silang, shading adaptif, dan orientasi bangunan yang tepat dengan sistem aktif berbasis energi terbarukan terbukti efektif dalam menanggapi tantangan iklim tropis, khususnya di wilayah Malang.

Studi ini menunjukkan bahwa pendekatan arsitektur berkelanjutan tidak hanya berdampak pada aspek teknis bangunan, tetapi juga mencerminkan nilai-nilai spiritual dan etis yang menjadi landasan institusi pendidikan Islam. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, melalui komitmennya terhadap prinsip arsitektur hijau, berpotensi menjadi rujukan dan model inspiratif bagi perguruan tinggi Islam lainnya di Indonesia dalam mengembangkan lingkungan kampus yang ramah lingkungan, efisien, dan berakar pada nilai-nilai lokal.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan agar studi serupa diperluas dengan mempertimbangkan dimensi sosial dan ekonomi dari implementasi teknologi hijau. Hal ini mencakup analisis terhadap persepsi pengguna kampus, dampak terhadap biaya operasional jangka panjang, serta potensi pemberdayaan masyarakat lokal melalui pemanfaatan material dan tenaga kerja setempat. Dengan pendekatan multidisipliner,

penelitian lanjutan diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai manfaat dan tantangan penerapan arsitektur berkelanjutan di berbagai kampus di Indonesia, sehingga mendorong transformasi sistem pendidikan tinggi menuju masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Darmayoga, I. K. A., Wendyputra, I. P. W., Yudiantini, N. M., & Ramadhan, T. (2024). Kajian Penggunaan Coating Atap terhadap Termal Bangunan Studi Kasus Rumah Bali Kontemporer. *Arsitektura*, 22(2), 251. <https://doi.org/10.20961/arst.v22i2.84333>
- Firmansyah, A. Y., Samudro, H., & Bahar, M. (2021). Penerapan teknologi bangunan dalam desain arsitektur Islami sebagai pembelajaran arsitektur di masa depan yang interaktif dan inovatif (laporan penelitian). *Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*. <https://repository.uin-malang.ac.id/13480/>
- Mannan, K. A., & Muchlis, A. F. (2001). Penerapan Teknologi Smart Building Pada Perancangan Smart Masjid. *Journal of Islamic Architecture*, 2(2), 78–81. <https://doi.org/10.18860/jia.v2i2.2205>. <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/JIA/article/download/2205/pdf>
- Maslucha, L., Eka Putrie, Y., Nur Handryant, A., Rahmah, S., Arsitektur, J., Sains dan Teknologi, F., Maulana Malik Ibrahim Malang Jl Gajayana, U., Malang, K., & Timur, J. (2020). The Indonesian Green Technology Journal Pendidikan Arsitektur dan Edukasi tentang Bambu sebagai Material Ramah Lingkungan. *The Indonesian Green Technology Journal*, 9(1), 14–24. <https://repository.uin-malang.ac.id/7331/>
- Mustafa, M. (2024). Penerapan prinsip arsitektur hijau pada desain permukiman ramah lingkungan di perkotaan. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 5(2), 618–632.
- Olgay, V. (2015). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism: New and expanded edition. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism: New and Expanded Edition*, 1–190.
- Shu-Yang, F., Freedman, B., & Cote, R. (2004). Principles and practice of ecological design. *Environmental Reviews*, 12(2), 97–112. <https://doi.org/10.1139/A04-005>