



Strategi Adaptasi Elemen Arsitektur Tradisional Jawa untuk Efisiensi Energi Hunian Tropis Modern: Sebuah Systematic Literature Review

Zai Dzar Al Farisa¹, Clara Sarti Widiwati², Dendi Sigit Wahyudi³

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Surabaya

³Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

*Corresponding author E-mail: zaialfarisa@gmail.com

Received: 16 Januari 2026. Revised: 21 Januari 2026. Accepted: 13 Februari 2026

ABSTRAK

Lonjakan konsumsi energi untuk pendinginan di kota-kota besar Pulau Jawa menuntut strategi desain pasif yang efektif guna menekan ketergantungan pada pendingin udara mekanis. Penelitian ini bertujuan menyintesis elemen kunci arsitektur tradisional Jawa menjadi model desain terukur yang aplikatif bagi hunian tropis modern. Metode penelitian menggunakan tinjauan literatur sistematis (Systematic Literature Review) berbasis protokol PRISMA dan pemetaan bukti. Data disintesis secara kualitatif dan kuantitatif untuk merumuskan parameter teknis elemen vernakular paling berpengaruh. Hasil mengidentifikasi bahwa integrasi atap berongga, ventilasi atap, dan orientasi bangunan tepat meningkatkan kecepatan udara dalam ruang sebesar 0,5 m/s serta menurunkan suhu hingga 5°C secara alami. Sistem sambungan kayu tradisional berpotensi untuk konstruksi modular tahan gempa, sementara konsep natah diadaptasi menjadi void vertikal di lahan perkotaan padat. Studi ini memberikan kerangka teknis komprehensif dalam mencapai efisiensi energi. Implikasinya adalah perlunya pengakuan kinerja termal sebagai nilai resmi dalam kebijakan konservasi warisan budaya demi pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: arsitektur jawa, desain pasif, hunian tropis, tinjauan literatur sistematis, kenyamanan termal.

ABSTRACT

The surge in energy consumption for cooling in Java's major cities demands effective passive design strategies to reduce reliance on mechanical cooling. This research aims to synthesize key traditional Javanese architectural elements into a measurable design model for modern tropical housing. The methodology employs a systematic literature review based on PRISMA and evidence mapping. Data were synthesized qualitatively and quantitatively to formulate technical parameters of influential vernacular elements. Results show that integrating cavity roofs, roof ventilation, and proper building orientation increases indoor air velocity by 0.5 m/s and reduces temperatures by up to 5°C naturally. Traditional wood joinery offers potential for earthquake-resilient modular construction, while internal courtyards (natah) can be adapted as vertical voids in dense urban plots. This study provides a technical framework for energy efficiency. Its implication stresses recognizing thermal performance in heritage preservation policies to support sustainable urban development in Indonesia.

Keywords: javanese architecture, passive design, tropical housing, systematic literature review, thermal comfort.

PENDAHULUAN

Fenomena pemanasan global dan degradasi lingkungan di kota-kota besar di Pulau Jawa telah menyebabkan lonjakan konsumsi listrik rumah tangga yang signifikan, terutama dipicu





oleh kebutuhan akan kenyamanan termal (Surahman et al., 2022). Secara global, fenomena urban overheating dilaporkan dapat meningkatkan suhu udara di wilayah perkotaan hingga lebih dari 4–5°C dibandingkan area sekitarnya, yang pada gilirannya memicu lonjakan kebutuhan energi pendinginan dan beban puncak listrik di kota-kota padat penduduk (Santamouris, 2020). Kondisi ini sangat relevan bagi konteks perkotaan di Jawa yang mengalami tekanan modernisasi dan kepadatan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya. Modernisasi gaya hidup dan peningkatan pendapatan di Jawa telah mengubah pola konsumsi energi, di mana kepemilikan peralatan elektronik canggih kini dianggap sebagai standar hunian modern (Rajendra, 2021; Sari & Pinassang, 2023; Surahman et al., 2022). Tren kenaikan konsumsi listrik ini terlihat jelas selama masa pandemi COVID-19, di mana survei terhadap lebih dari 1000 rumah tangga di lima pulau besar menemukan bahwa gaya hidup baru dan kepemilikan peralatan rumah tangga, khususnya alat pendingin udara atau AC, menjadi faktor determinan utama (Novianto et al., 2022). Di tiga kota besar di Indonesia, konsumsi energi rumah tangga tercatat meningkat rata-rata sebesar $\pm 3,0$ GJ/tahun selama periode pembatasan aktivitas, yang sebagian besar diakibatkan oleh intensitas penggunaan AC dan aktivitas domestik seperti memasak (Surahman et al., 2022). Hal ini diperkuat oleh studi lain yang mencakup wilayah Sumatra dan Jawa, yang mencatat peningkatan konsumsi listrik sekitar 11% antara tahun 2019 hingga 2020 akibat kebiasaan penggunaan AC dan peralatan elektronik kecil (Sari & Pinassang, 2023). Fakta bahwa bentuk atap pada bangunan modern hanya memberikan pengaruh kecil terhadap penghematan energi menunjukkan adanya kegagalan desain dalam merespons iklim tropis secara pasif (Sari & Pinassang, 2023). Peningkatan beban pendinginan ini tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan juga dialami oleh kota-kota dengan pertumbuhan cepat di Malaysia, di mana porsi listrik terbesar setelah sektor dapur dialokasikan untuk pendinginan dan pencahayaan (Ali et al., 2021). Dalam konteks ini, jumlah anggota keluarga dan dimensi fisik rumah menjadi variabel penting yang mendorong naiknya permintaan energi harian (Ali et al., 2021; Rajendra, 2021; Surahman et al., 2022). Gaya hidup masyarakat kelas menengah ke atas di kota-kota besar Jawa semakin mempermudah kepemilikan berbagai peralatan elektronik modern yang berimbas pada beban listrik yang kian membengkak (Rajendra, 2021; Sari & Pinassang, 2023; Surahman et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan sebuah tinjauan mendalam mengenai bagaimana desain hunian dapat kembali ke prinsip-prinsip dasar yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi (Santamouris, 2020).





Kearifan lokal yang terkandung dalam arsitektur tradisional Jawa menawarkan paradigma alternatif sebagai model efisiensi energi yang relevan untuk dikembangkan dalam skala hunian kontemporer. Studi komparatif di Jakarta membuktikan bahwa adaptasi konsep rumah Jawa ke dalam bentuk rumah modern dapat mengurangi total konsumsi listrik rumah tangga hingga mencapai angka 31%. Desain adaptif tersebut mengandalkan pemanfaatan tata ruang terbuka dan integrasi atrium atau lubang cahaya tengah untuk mempercepat proses pelepasan panas dari aktivitas harian seperti memasak. Penerapan skema ruang ini mampu menurunkan suhu udara pada malam hari hingga $\pm 5^{\circ}\text{C}$ dibandingkan siang hari, bahkan mencapai $\pm 1,6^{\circ}\text{C}$ di bawah suhu udara luar tanpa bantuan pendingin mekanis (Sari et al., 2022). Kemampuan adaptasi konsep arsitektur tradisional ini menunjukkan potensi besar untuk menurunkan konsumsi energi secara masif di kawasan urban yang padat. Keunggulan arsitektur vernakular Jawa juga ditemukan dalam strategi ventilasi alaminya yang sangat responsif terhadap kelembapan udara tropis. Kajian di pedesaan Saradan dan kawasan perkotaan pusaka Laweyan menunjukkan bahwa rumah vernakular Jawa secara konsisten memanfaatkan bukaan berukuran besar, halaman yang luas, serta atap yang tinggi untuk memaksimalkan aliran udara (Muqoffa et al., 2025). Prinsip cross-ventilation atau ventilasi silang menjadi elemen kunci dalam meningkatkan laju pergantian udara dan menurunkan suhu permukaan di dalam ruang. Terutama pada lingkungan permukiman yang padat, penggunaan pekarangan dalam atau courtyard serta pengaturan bukaan yang terkontrol menjadi strategi utama untuk mengelola aliran massa udara dan menekan penumpukan panas. Praktik arsitektur tradisional Jawa ini secara teoritis dan praktis dapat ditempatkan sebagai landasan bagi desain berkelanjutan dan pencapaian efisiensi energi di wilayah beriklim tropis lembap. Integrasi antara kearifan lokal ini dengan kebijakan pembangunan hunian modern sangat diperlukan untuk mengoptimalkan potensi penghematan energi nasional.

Secara lebih spesifik, analisis terhadap elemen arsitektur vernakular Jawa seperti pada tipologi rumah Joglo dan Limasan mengungkapkan adanya sinergi yang kuat antara struktur material dan kenyamanan termal. Kombinasi penggunaan struktur kayu, penentuan orientasi bangunan yang tepat, serta bentuk atap tradisional yang tinggi terbukti mampu menurunkan suhu dalam ruang sebesar 3 hingga $3,3^{\circ}\text{C}$ (Milal, 2025). Selain menurunkan suhu, elemen-elemen ini berperan vital dalam menjaga stabilitas kelembapan serta meningkatkan kualitas udara indoor tanpa bergantung pada sistem pendingin mekanis. Sinergi antara kearifan lokal masa lalu dan prinsip bioklimatik masa kini menawarkan referensi desain tropis yang sangat





berharga bagi arsitek dan perencana kota. Sebaliknya, tren perubahan material alami menjadi material buatan atau pabrikan dalam renovasi bangunan tradisional justru sering kali meningkatkan suhu dalam ruang dan menurunkan tingkat kenyamanan penghuni (Vuspitasari & Usman, 2025). Pergeseran material ini pada akhirnya mendorong ketergantungan yang lebih tinggi terhadap AC, yang menciptakan siklus konsumsi energi yang tidak berkelanjutan. Di wilayah lain seperti Tidore, penggunaan teknik konstruksi tradisional dengan material ringan lokal dan sistem sambungan kayu terbukti efektif dalam merespons kondisi iklim ekstrem maupun ancaman bencana (Rahim et al., 2023). Harmoni antara aspek spiritual, manusia, dan lingkungan yang tercipta dari arsitektur vernakular ini seharusnya diusulkan sebagai inspirasi utama bagi desain berkelanjutan di masa depan. Tinjauan sistematis pada tingkat global juga menegaskan bahwa arsitektur vernakular merupakan model ideal dalam hal adaptasi iklim, efisiensi sumber daya, dan pengurangan konsumsi energi. Tema-tema keberlanjutan yang mencakup pelestarian karakter budaya, perlindungan lingkungan, dan pemanfaatan ulang material lama menjadi fokus utama dalam literatur internasional saat ini (Pardo, 2023; Zong et al., 2024).

Pengakuan terhadap arsitektur vernakular Indonesia sebagai strategi mitigasi perubahan iklim regional mulai mengemuka meskipun sering kali masih hadir secara implisit dalam diskusi-diskusi akademik. Studi-studi terbaru telah secara eksplisit mengaitkan arsitektur Jawa dengan pengurangan konsumsi listrik melalui pendekatan desain pasif yang cerdas (Milal, 2025; Muqoffa et al., 2025; Sari et al., 2022). Peningkatan kenyamanan termal tanpa tambahan energi fosil merupakan bentuk nyata dari respons terhadap tantangan iklim tropis yang diangkat oleh para peneliti (Milal, 2025; Muqoffa et al., 2025; Rahim et al., 2023; Vuspitasari & Usman, 2025). Walaupun istilah mitigasi perubahan iklim tidak selalu digunakan secara gamblang, fokus riset pada efisiensi energi, pengurangan beban pendinginan mekanis, dan penggunaan material lokal dengan jejak karbon rendah sangatlah relevan dengan target emisi regional. Selain dalam aspek fisik bangunan, konsep kearifan lokal juga mulai diintegrasikan ke dalam kerangka kebijakan lingkungan yang lebih luas. Studi mengenai hukum dan kebijakan air, misalnya, menempatkan kearifan lokal sebagai modal sosial yang krusial untuk pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan dalam regulasi nasional (Weningtyas & Widuri, 2022). Integrasi antara norma adat dan hukum negara dipandang sebagai langkah strategis untuk perlindungan ekosistem yang lebih efektif. Kajian mengenai mitigasi bencana alam, seperti pengelolaan kawasan karst dan risiko banjir, juga menunjukkan bahwa kearifan lokal





merupakan kapasitas adaptif yang secara signifikan dapat mengurangi kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim (Anawagis et al., 2024; A. Putri, 2022; Rusmaniah et al., 2025). Pola-pola pengelolaan ruang dan praktik konservasi berbasis komunitas ini memperkuat kedudukan kearifan lokal sebagai komponen integral dalam strategi adaptasi di tingkat lokal maupun regional.

Namun demikian, tantangan besar muncul dari tekanan globalisasi teknologi bangunan dan standarisasi kenyamanan modern yang cenderung mengabaikan prinsip-prinsip vernakular. Tinjauan internasional memperingatkan bahwa tanpa integrasi prinsip tradisional, permintaan akan pendinginan mekanis akan terus melonjak seiring dengan memanasnya suhu global (Pardo, 2023; Santamouris, 2020; Vuspitasari & Usman, 2025). Arsitektur vernakular secara luas diakui sebagai model yang mampu meminimalkan dampak lingkungan dan biaya hidup sekaligus menekan permintaan energi (Pardo, 2023; Zong et al., 2024). Di kota-kota besar Jawa, keterkaitan antara tren konsumsi listrik yang tinggi dan potensi solusi dari arsitektur tradisional menjadi sangat mendesak untuk diteliti lebih lanjut (Novianto et al., 2022; Rajendra, 2021; Sari & Pinassang, 2023; Surahman et al., 2022). Penerapan prinsip arsitektur Jawa seperti sistem ventilasi alami, tata massa bangunan yang longgar, keberadaan atrium, dan penggunaan material kayu memiliki peluang besar untuk mengurangi suhu ruang secara alami hingga 3–5°C (Milal, 2025; Muqoffa et al., 2025; Sari et al., 2022; Vuspitasari & Usman, 2025). Dengan potensi pengurangan konsumsi listrik hingga $\pm 31\%$, strategi ini dapat menjadi jawaban atas ketergantungan berlebih terhadap penggunaan AC. Mengingat ancaman urban overheating global yang terus membayangi, integrasi kearifan lokal ke dalam desain perumahan modern harus dipandang sebagai strategi mitigasi energi dan iklim yang vital bagi masa depan kota (Santamouris, 2020). Meskipun literatur saat ini lebih banyak berfokus pada aspek kenyamanan dan estetika desain, terdapat ruang yang luas untuk memformalkan kontribusi arsitektur Jawa terhadap target iklim regional yang lebih terukur (Milal, 2025; Muqoffa, Yaningsih, et al., 2025; Pardo, 2023; Rahim et al., 2023; Santamouris, 2020; Sari et al., 2022; Vuspitasari & Usman, 2025; Zong et al., 2024). Melalui pendekatan systematic literature review, artikel ini bertujuan untuk menyintesis strategi adaptasi elemen tradisional Jawa guna menghasilkan model desain pasif yang aplikatif bagi hunian tropis modern. Kesimpulan awal dari berbagai studi menunjukkan bahwa konsumsi listrik rumah tangga di Jawa akan terus meningkat seiring dinamika kependudukan dan perubahan gaya hidup jika tidak segera dilakukan intervensi desain yang berbasis pada kekuatan vernakularitas (Novianto



et al., 2022; Rajendra, 2021; Sari & Pinassang, 2023; Surahman et al., 2022). Arsitektur vernakular Jawa, dengan segala kekayaan teknis dan filosofisnya, telah membuktikan diri sebagai contoh nyata strategi pasif yang efektif. Relevansi kearifan lokal ini terhadap desain berkelanjutan dan efisiensi energi merupakan modalitas utama dalam upaya kolektif memitigasi perubahan iklim di tingkat regional Indonesia (Milal, 2025; Muqoffa, Yaningsih, et al., 2025; Pardo, 2023; Rahim et al., 2023; Sari et al., 2022; Vuspitasari & Usman, 2025; Zong et al., 2024). Penguatan keterkaitan antara praktik tradisional dengan kebijakan iklim masa kini menjadi agenda penting bagi pengembangan ilmu arsitektur di masa mendatang (Milal, 2025; Muqoffa, Yaningsih, et al., 2025; Pardo, 2023; Rahim et al., 2023; Santamouris, 2020; Sari et al., 2022; Vuspitasari & Usman, 2025; Zong et al., 2024).

Penelitian ini dilakukan karena krisis energi dan fenomena suhu kota yang semakin panas di Pulau Jawa memerlukan solusi arsitektur yang alami dan praktis. Meskipun studi tentang arsitektur tradisional Jawa sudah banyak, sebagian besar masih sebatas penjelasan kualitatif dan terpisah-pisah pada daerah tertentu saja. Sejauh ini, belum ada ulasan menyeluruh yang menghubungkan bentuk bangunan tradisional secara langsung dengan metrik kenyamanan termal dan parameter hemat energi. Di sinilah letak kebaruan (novelty) penelitian ini, yaitu menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) berbasis PRISMA dan evidence mapping untuk menyatukan data visual serta panduan teknis arsitektur Jawa secara terstruktur. Melalui pendekatan berbasis bukti ini, penelitian bertujuan merumuskan strategi adaptasi elemen rumah Jawa agar bisa menjadi panduan desain hunian tropis modern yang hemat energi dan mudah diterapkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Dinamika Konsumsi Energi dan Beban Pendinginan di Pulau Jawa

Pertumbuhan ekonomi dan modernisasi yang pesat di kota-kota besar di Pulau Jawa telah menyebabkan pergeseran signifikan dalam pola konsumsi energi rumah tangga (Surahman et al., 2022). Fenomena peningkatan kepadatan penduduk di wilayah urban Jawa berkontribusi langsung pada lonjakan permintaan listrik, terutama untuk memenuhi kebutuhan pendinginan ruang (Novianto et al., 2022). Secara global, kondisi ini diperburuk oleh urban overheating yang mampu meningkatkan suhu udara kota rata-rata sebesar 4–5°C (Santamouris, 2020). Kenaikan suhu ekstrem di lingkungan perkotaan Jawa tersebut memicu beban puncak listrik yang sulit dikendalikan tanpa strategi desain yang tepat. Selama masa pandemi COVID-19, survei terhadap lebih dari 1000 rumah tangga menunjukkan bahwa gaya hidup baru dan

kepemilikan peralatan elektronik menjadi pendorong utama kenaikan tagihan listrik (Novianto et al., 2022). Di tiga kota besar Indonesia, rata-rata kenaikan konsumsi energi mencapai $\pm 3,0$ GJ/tahun yang didominasi oleh intensitas penggunaan air conditioner (AC) (Surahman et al., 2022). Data di wilayah Sumatra dan Jawa mencatat peningkatan konsumsi hingga 11% dalam periode 2019–2020 akibat kebiasaan penggunaan peralatan elektronik kecil dan AC (Sari & Pinassang, 2023). Faktor demografis seperti jumlah anggota keluarga dan ukuran fisik rumah terbukti memiliki korelasi positif terhadap tingginya beban energi harian (Surahman et al., 2022). Peningkatan pendapatan masyarakat di kota besar memfasilitasi akses terhadap peralatan pendinginan modern yang memperparah krisis energi (Rajendra, 2021). Pola yang serupa juga ditemukan pada kota-kota di Malaysia, di mana sektor pendinginan dan pencahayaan menempati porsi konsumsi listrik terbesar kedua setelah peralatan dapur (Ali et al., 2021). Namun demikian, studi terbaru menunjukkan bahwa bentuk atap pada hunian modern di Jawa hanya memberikan pengaruh minimal terhadap penghematan energi (Sari & Pinassang, 2023). Oleh karena itu, faktor perilaku penghuni dan ketergantungan pada peralatan mekanis jauh lebih dominan dalam menentukan profil energi bangunan saat ini.

Karakteristik Bioklimatik Arsitektur Vernakular Jawa sebagai Model Efisiensi

Arsitektur tradisional Jawa sering kali diangkat dalam literatur ilmiah sebagai model ideal untuk mencapai efisiensi energi secara pasif. Sebagai contoh, studi komparatif di Jakarta membuktikan bahwa adaptasi konsep rumah tradisional Jawa pada hunian modern mampu mereduksi total konsumsi listrik rumah tangga hingga mencapai angka 31%. Desain adaptif tersebut mengandalkan pemanfaatan tata ruang terbuka dan integrasi atrium atau lubang cahaya tengah untuk mempercepat proses pelepasan panas dari aktivitas domestik. Strategi ini dilaporkan mampu menurunkan suhu udara pada malam hari hingga $\pm 5^{\circ}\text{C}$ dibandingkan siang hari, serta menjaga suhu ruangan tetap $\pm 1,6^{\circ}\text{C}$ di bawah suhu lingkungan luar (Sari et al., 2022).

Sementara itu, keunggulan arsitektur vernakular Jawa di kawasan Saradan dan Laweyan ditunjukkan oleh strategi ventilasi alaminya yang sangat responsif terhadap kelembapan udara tropis. Melalui bukaan berukuran besar, halaman yang luas, serta atap yang tinggi untuk memaksimalkan aliran udara, prinsip ventilasi silang (cross-ventilation) menjadi elemen kunci dalam meningkatkan laju pergantian udara dan menurunkan suhu permukaan di dalam ruang. Terutama pada lingkungan permukiman yang padat, pekarangan dalam (courtyard) serta

pengaturan bukaan yang terkontrol menjadi strategi utama untuk mengelola aliran massa udara dan menekan penumpukan panas (Muqoffa et al., 2025).

Analisis spesifik terhadap tipologi Joglo dan Limasan juga mengonfirmasi bahwa kombinasi struktur kayu, penentuan orientasi bangunan yang tepat, serta bentuk atap tradisional yang tinggi terbukti mampu menurunkan suhu udara indoor sebesar 3 hingga 3,3°C. Penggunaan material alami ini tidak hanya menurunkan suhu, tetapi juga efektif dalam menjaga stabilitas kelembapan serta meningkatkan kualitas udara indoor tanpa bergantung pada sistem pendingin mekanis, sehingga menawarkan referensi desain tropis yang sangat berharga bagi arsitek dan perencana kota (Milal, 2025). Sebaliknya, tren perubahan material alami menjadi material buatan atau pabrikan dalam renovasi bangunan tradisional justru dilaporkan meningkatkan suhu dalam ruang dan menurunkan tingkat kenyamanan penghuni, yang pada akhirnya mendorong ketergantungan yang lebih tinggi terhadap AC dalam siklus konsumsi energi yang tidak berkelanjutan (Vuspitasari & Usman, 2025).

Di wilayah lain seperti Tidore, penggunaan teknik konstruksi tradisional dengan material ringan lokal dan sistem sambungan kayu juga terbukti efektif dalam merespons kondisi iklim ekstrem maupun ancaman bencana (Rahim et al., 2023). Harmoni antara aspek spiritual, manusia, dan lingkungan yang tercipta dari arsitektur vernakular ini memperkuat ulasan sistematis tingkat global yang menegaskan bahwa arsitektur vernakular merupakan model ideal dalam hal adaptasi iklim, efisiensi sumber daya, dan pengurangan konsumsi energi (Pardo, 2023; Zong et al., 2024).

Variabel Fisik dan Geometri Bangunan dalam Pengendalian Suhu Indoor

Sejumlah variabel arsitektur vernakular memiliki peran krusial dalam menentukan stabilitas suhu di dalam bangunan, salah satunya melalui pemanfaatan massa termal yang besar, baik lewat penggunaan material tanah maupun kontak langsung dengan tanah yang sangat efektif dalam menstabilkan suhu internal (Khaksar et al., 2022). Dinding dari material berat seperti tanah atau bata memiliki kapasitas penyimpanan panas yang tinggi untuk melindungi ruang dari fluktuasi cuaca luar (Chandel et al., 2016), sementara pembagian zona ruang berdasarkan musim memungkinkan akumulasi panas yang optimal di bagian dinding tebal (Philokyprou & Michael, 2020). Selain aspek material, geometri bangunan dan elevasi lantai dari permukaan tanah juga memengaruhi efektivitas ventilasi dan tingkat kelembapan (Vatankhah et al., 2023).

Variabel Window-to-Wall Ratio (WWR) diidentifikasi sebagai salah satu parameter yang paling berpengaruh terhadap beban pendinginan, di mana rasio jendela yang rendah jika dikombinasikan dengan insulasi tinggi terbukti mampu menurunkan permintaan pendinginan secara signifikan (Aloshan & Aldali, 2025). Di samping itu, orientasi pekarangan dalam (courtyard) sangat menentukan besarnya perolehan panas dari radiasi surya, di mana sumbu panjang bangunan yang berorientasi timur-barat memberikan nilai heat gain yang jauh lebih rendah bagi penghuni (Toris-Guitron et al., 2022). Bentuk atap multistage yang berventilasi juga sangat menentukan kinerja termal karena memfasilitasi buangan udara panas secara alami (Zune et al., 2020). Keberadaan tritisan lebar (eaves) dan elemen peneduh statis pun sangat mendukung keberhasilan sistem ventilasi alami melalui implementasi bukaan besar dan jendela yang terdisposisi dengan hati-hati (Qtaishat et al., 2020). Strategi ini disempurnakan oleh konfigurasi selubung bangunan ganda (double-skin envelope) dengan rongga udara berventilasi yang mampu menstabilkan suhu dinding secara pasif (Samuel et al., 2017).

Tabel 1. Variabel Arsitektur Vernakular dan Dampaknya terhadap Kinerja Termal Bangunan

Variabel Kunci	Mekanisme Pengaruh pada Suhu Indoor	Referensi Utama
Window-to-Wall Ratio (WWR)	Menentukan beban radiasi surya dan jam ketidaknyamanan termal.	(Aloshan & Aldali, 2025)
Massa Termal (Thermal Mass)	Menstabilkan suhu dalam ruang melalui kapasitas penyimpanan panas material.	(Khaksar et al., 2022)
Atap Multistage & Ventilasi	Mengurangi panas radiasi dan memfasilitasi <i>stack effect</i> (buangan udara panas).	(Zune et al., 2020)
Orientasi Bangunan/Courtyard	Mengelola perolehan panas matahari berdasarkan lintasan harian.	(Toris-Guitron et al., 2022)
Selubung Berlapis (Double-Skin)	Menciptakan rongga udara penyangga untuk mengurangi transfer panas konduksi.	(Samuel et al., 2017)

(Sumber: Sintesis Penulis, 2026)

Integrasi Neo-Vernakular dan Standar Kenyamanan Kontemporer

Pendekatan desain neo-vernakular pada dasarnya bertujuan untuk menjembatani kearifan lokal dengan standar teknis hunian modern (Guarneri & Habert, 2024). Meskipun solusi vernakular efektif secara pasif, teknik vernakular murni sering kali dianggap tidak cukup untuk memenuhi ekspektasi kenyamanan penghuni masa kini tanpa bantuan sistem aktif,



bahkan nilai U-value aktual pada bangunan tradisional sering kali belum memenuhi batas regulasi energi modern (Lotfabadi & Hançer, 2019). Studi retrofit menunjukkan bahwa intervensi berupa penambahan insulasi dan peningkatan kinerja kaca diperlukan agar bangunan tradisional dapat mencapai penghematan energi hingga 87% (Lozoya-Peral et al., 2023). Tantangan utama dalam adaptasi ini adalah menjaga keseimbangan antara peningkatan performa energi dan pelestarian karakter estetika otentik (Philokyprou & Michael, 2020).

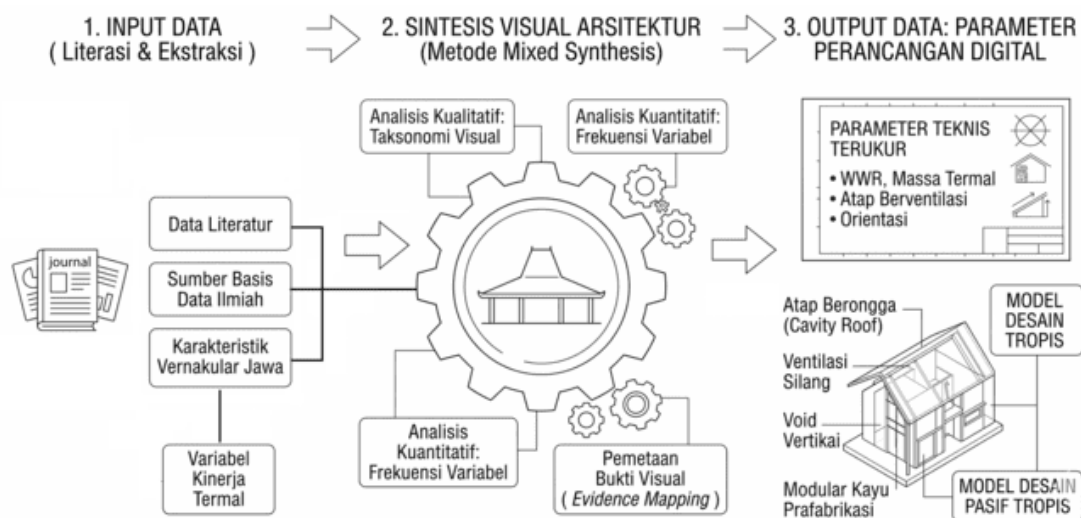
Konsep "New Vernacular" kini bergeser pada penggunaan material rendah karbon dan pemenuhan standar kesehatan modern (Guarneri & Habert, 2024). Selain itu, dimensi sosial dan kultural juga mulai diintegrasikan ke dalam alat penilaian bangunan hijau, mencakup indikator kesehatan, keselamatan, dan kepuasan penghuni (Martinović et al., 2023). Kepuasan penghuni dalam rumah hasil renovasi sangat dipengaruhi oleh stabilitas struktur sekaligus keberadaan fitur modern seperti konektivitas jaringan (Yang et al., 2024). Penggunaan teknik konstruksi ringan dengan material lokal, seperti yang ditemukan pada arsitektur Tidore, membuktikan ketahanan terhadap iklim ekstrem dan bencana, di mana harmoni antara aspek spiritual, manusia, dan lingkungan ini patut diusulkan sebagai inspirasi utama bagi desain berkelanjutan masa depan (Rahim et al., 2023). Keberhasilan integrasi kearifan lokal sebagai kapasitas adaptif ini dapat secara signifikan mengurangi kerentanan masyarakat terhadap risiko iklim, sehingga pengakuannya harus diformalkan dalam kebijakan tata ruang dan bangunan (Anawagis et al., 2024; Zong et al., 2024).

Secara teoritis, variabel yang paling dominan dalam penurunan suhu indoor pada arsitektur vernakular meliputi konfigurasi massa termal, rasio bukaan (WWR), ventilasi alami, bentuk atap berventilasi, serta orientasi bangunan (Aloshan & Aldali, 2025; Khaksar et al., 2022; Zune et al., 2020). Penerapan prinsip tradisional Jawa ini pada hunian modern di kota-kota besar terbukti mampu mereduksi beban pendinginan mekanis dan konsumsi energi secara signifikan (Sari et al., 2022). Namun demikian, aplikasi desain neo-vernakular tetap menuntut kompromi teknis berupa penambahan insulasi dan penggunaan material berperforma tinggi agar selaras dengan regulasi energi kontemporer (Lozoya-Peral et al., 2023; Philokyprou & Michael, 2020). Keterkaitan antara kearifan lokal arsitektur Jawa dengan strategi mitigasi perubahan iklim di tingkat regional Indonesia kini diakui sebagai jalur penting bagi pembangunan berkelanjutan, di mana literatur secara konsisten menempatkan vernakularitas sebagai dasar inovasi desain pasif yang responsif terhadap tantangan iklim global (Pardo, 2023; Rusmaniah et al., 2025; Santamouris, 2020; Weningtyas & Widuri, 2022; Zong et al., 2024).



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang disesuaikan untuk kebutuhan sintesis visual dalam disiplin arsitektur menggunakan protokol Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guna menjamin transparansi dan reproduibilitas (Hay et al., 2017; Starzyńska-Grześ et al., 2022). Prosedur seleksi dokumen dilakukan melalui tahapan multistage yang meliputi identifikasi, penyaringan (screening), penilaian kelayakan (eligibility), dan inklusi, sehingga pemetaan taksonomi visual serta analisis variabel desain dapat dilakukan secara mendalam tanpa pengumpulan data lapangan primer (Chalal et al., 2022; Ivson et al., 2020; Okoro, 2023; Starzyńska-Grześ et al., 2022). Strategi pencarian literatur dijalankan secara komprehensif pada basis data Scopus, Semantic Scholar, dan Google Scholar dengan kriteria inklusi publikasi 10 tahun terakhir, relevansi tematik pada kinerja termal arsitektur Jawa, serta kualitas metodologi. Untuk melengkapi data, laporan teknis dan situs resmi arsitektur profesional digunakan sebagai data komplementer (Enjellina et al., 2023), di mana seluruh proses penyaringan didokumentasikan secara rinci sebagai jejak audit keaslian data (Chalal et al., 2022; Ivson et al., 2020). Selain PRISMA, metode evidence mapping diintegrasikan untuk mengidentifikasi pola, kesenjangan riset, jenis visualisasi, dan konteks spasial dari studi kasus terdahulu ke dalam matriks yang terstruktur (Khalil et al., 2025; Miake-Lye et al., 2016).



Gambar 1. Diagram Alir Proses Sintesis Visual Arsitektur

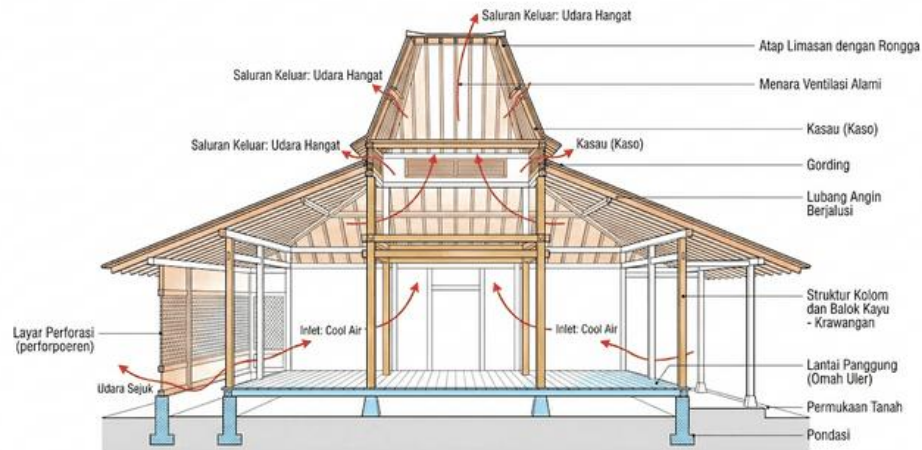
(Sumber : Penulis, 2026)

Karena penelitian ini menggunakan data sekunder (studi pustaka), kualitas artikel yang dipilih diperiksa dengan hati-hati untuk menghindari salah penafsiran (McGuinness & Higgins, 2020). Evaluasi ini dilakukan agar hasil analisis menjadi transparan dan tepercaya bagi pembaca (Bower et al., 2023; Chalal et al., 2022; McGuinness & Higgins, 2020). Selain itu, pengumpulan data gambar diprioritaskan dari pustaka digital milik pakar arsitektur yang sudah terverifikasi (Starzyńska-Grześ et al., 2022). Untuk memastikan keakuratan hasil desain, dilakukan uji silang dengan membandingkan data hasil simulasi komputer dan hasil pengamatan kualitatif di lapangan (Bower et al., 2023; Chalal et al., 2022; Shynu et al., 2023; Turner et al., 2017). Data visual seperti foto udara, citra satelit, dan dokumen sejarah bangunan Jawa juga dipadukan untuk memperkuat analisis ruang (Aalto & Steinert, 2024; Starzyńska-Grześ et al., 2022). Agar pencarian artikel tetap fokus dan objektif, kriteria pemilihan literatur sudah ditetapkan sejak awal riset (Hay et al., 2017; Miake-Lye et al., 2016). Terakhir, dokumen teknis seperti laporan konservasi dan arsip bangunan tradisional Jawa divalidasi melalui pemeriksaan dokumen yang relevan (Asyari et al., 2021; Haifa et al., 2025; Rokhmah et al., 2020). Melalui kombinasi pengecekan ini, model desain pasif yang dihasilkan memiliki dasar ilmiah yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan (Khalil et al., 2025; McGuinness & Higgins, 2020; Miake-Lye et al., 2016; Starzyńska-Grześ et al., 2022; Turner et al., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Elemen Arsitektur Jawa terhadap Peningkatan Kecepatan Udara

Berdasarkan sintesis berbagai studi Computational Fluid Dynamics (CFD) dan analisis ventilasi pada hunian tradisional Jawa, ditemukan bahwa elemen arsitektural tertentu memiliki determinasi yang kuat dalam meningkatkan kecepatan aliran udara di dalam ruang. Temuan utama menunjukkan bahwa peran vital atap berongga atau cavity roof pada tipologi Joglo mampu menambah kecepatan udara rata-rata sebesar 0,4–0,5 m/s, di mana struktur ini bekerja efektif sebagai cerobong panas alami yang memfasilitasi saluran sirkulasi tambahan untuk menurunkan suhu ruang antara 0,55–0,7 °C (Mohammad, 2016; Muqoffa et al., 2025). Lebih lanjut, keberadaan bukaan pada atap (roof opening) secara spesifik menyumbangkan sekitar 27,5% dari total kecepatan angin internal pada rumah Joglo dengan membawa aliran angin sebesar 0,55 m/s masuk melalui struktur atap (S, 2018).



Gambar 2. Ventilasi Pasif Berbasis Tipologi Jawa Modern

(Sumber : Penulis, 2026)

Data pendukung menunjukkan bahwa orientasi bangunan terhadap arah angin yang dipadukan dengan strategi bukaan silang (cross-ventilation) menghasilkan pola aliran udara yang optimal. Sebagai contoh, orientasi tenggara-barat laut (SE–NW) pada hunian di kawasan Saradan terbukti efektif memanfaatkan angin musiman berkecepatan 2–5 m/s untuk meningkatkan velocity indoor sebesar 0,5 m/s (Mohammad, 2016; Muqoffa et al., 2025). Selain itu, volume ruang yang besar dan plafon yang tinggi pada area dalam memfasilitasi ventilasi vertikal atau stack effect, di mana udara panas yang ringan akan naik dan digantikan oleh udara sejuk dari level bawah (Baydoun & Sopian, 2022; Muqoffa et al., 2025). Strategi ini diperkuat dengan keberadaan ruang transisi seperti serambi dan courtyard yang berfungsi sebagai nozzle atau diffuser horizontal untuk mengarahkan angin masuk ke dalam rumah (Muqoffa et al., 2025). Pada model rumah modern yang mengadopsi gaya Jawa, penggunaan lantai panggung (raised floor) juga dilaporkan mampu memperbaiki pola aliran dan membantu pembuangan panas di bagian atas bangunan (Baydoun & Sopian, 2022; Sari et al., 2021).

Tabel 3. Kontribusi Elemen Arsitektur Jawa terhadap Parameter Kecepatan Udara Indoor

Komponen Protokol	Praktik yang Diimplementasikan dalam Riset	Referensi Dasar
Elemen Arsitektur	Dampak pada Kecepatan Udara (Air Velocity)	Efek Penurunan Suhu

Komponen Protokol	Praktik yang Diimplementasikan dalam Riset	Referensi Dasar
Atap Berongga (<i>Cavity Roof</i>)	Kenaikan rata-rata $\approx 0,4-0,5$ m/s	Penurunan $\approx 0,55-0,7$ °C
Ventilasi Atap (<i>Roof Opening</i>)	Menyumbang $\pm 27,5\%$ total kecepatan angin	Menjaga aliran tetap stabil
Orientasi & Buka-an Silang	Tambahan rata-rata 0,5 m/s pada angin musiman	Distribusi udara merata

(Sumber: Sintesis Penulis, 2026)

Potensi Sambungan Kayu Tradisional dalam Sistem Prefabrikasi Modern

Eksplorasi terhadap teknik konstruksi kayu di Nusantara menunjukkan adanya peluang besar untuk mengadaptasi sistem sambungan tradisional ke dalam industri prefabrikasi kontemporer. Sistem arsitektur vernakular Indonesia secara umum mengandalkan hubungan antar-komponen tanpa paku logam, melainkan memanfaatkan ketepatan geometri, pasak kayu, dan ikatan tali alami yang bertumpu pada presisi para tukang (Lestari et al., 2024; Machdi et al., 2020; Yan, 2022). Sistem utama yang paling dominan adalah sambungan tanggam-purus (mortise-tenon) dan pasak kayu. Sebagai contoh, rumah tradisional Ghumah Baghi di Sumatra Selatan memiliki hingga 36 variasi sambungan yang dikelompokkan berdasarkan arah dan kemampuan geraknya (Ibnu et al., 2023). Sementara pada Lamban Pesagi di Lampung, variasi ini ditemukan dalam bentuk sambungan purus miring (oblique) dan sambungan ikat (lashed joints) (Lestari et al., 2024). Ragam teknik dari berbagai wilayah ini memberikan dasar empiris yang kuat untuk memahami dan mengembangkan sistem tektonika serupa pada hunian Jawa, seperti struktur soko guru pada tipologi Joglo dan Limasan.

Karakter utama dari sistem sambungan non-logam ini adalah kemampuannya dalam membagi beban bangunan secara dinamis. Dari area pondasi hingga rangka atap, sambungan tradisional menciptakan sifat struktur yang kaku secara vertikal namun tetap lentur terhadap gaya lateral (Lestari et al., 2024; Nuraini, 2024). Fleksibilitas lateral yang tinggi inilah yang membuat rumah tradisional di Nusantara, mulai dari rumah Mandailing (sopo godang) hingga Ghumah Baghi, memiliki ketahanan alami yang sangat baik terhadap guncangan gempa bumi dan angin kencang (Ibnu et al., 2023; Nuraini, 2024). Menariknya, pada beberapa struktur vernakular terdapat elemen peredam khusus seperti atung kalabai, sebuah komponen segi delapan yang sengaja dibuat "longgar terkendali" untuk menyerap energi seismik tanpa

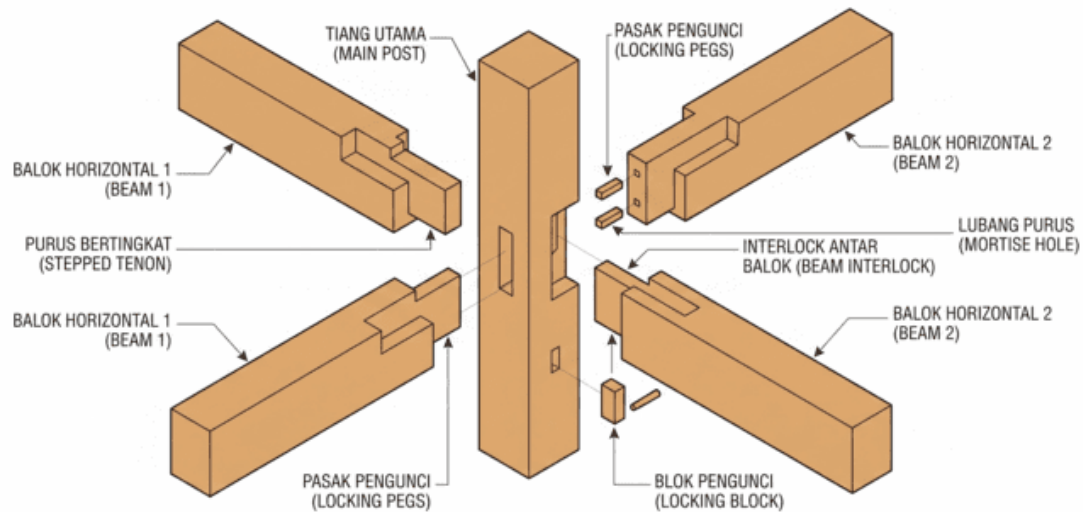


merusak kekokohan bangunan (Lestari et al., 2024). Di Jawa Timur, karakteristik ketahanan ini terlihat jelas pada rumah Osing di Banyuwangi yang menerapkan sistem knock-down penuh dari alas hingga atap, sehingga unit-unit komponen kecilnya dapat dibongkar, diperbaiki, atau diganti dengan sangat mudah (Puspita et al., 2025).

Dari perspektif keberlanjutan, sistem bongkar-pasang khas rumah Osing ini sangat mendukung prinsip ekonomi sirkular karena meminimalkan limbah konstruksi dan memungkinkan penggunaan kembali (re-use) material kayu lama (Puspita et al., 2025). Potensi ini menjadi jawaban krusial di tengah tantangan modernisasi saat ini, di mana pasokan kayu berkualitas dengan diameter besar kian langka dan mahal (Machdi et al., 2020; Nuraini, 2024). Untuk mengatasinya, riset menunjukkan bahwa kayu tropis alternatif seperti Akasia memiliki sifat mekanis yang sebanding dengan kayu Jati atau Nangka, sehingga sangat layak digunakan sebagai material pengganti pada struktur hunian Jawa (Prihatmaji et al., 2017). Namun, di sisi lain, pengetahuan lokal para tukang mengenai teknik sambungan rumit ini mulai tergerus zaman; pada konstruksi bambu misalnya, sambungan tali ijuk tradisional kini banyak digantikan oleh mur-baut instan demi mengejar kecepatan praktis (Machdi et al., 2020).

Oleh karena itu, digitalisasi dan modernisasi teknik purus-pasak tradisional ke dalam sistem komponen modular pabrikan menjadi langkah penyelamatan yang strategis. Dalam skala industri, prinsip kunci tradisional ini dapat diproduksi secara massal menggunakan mesin otomatis (robotik) berpola grid terstruktur (Hua et al., 2022). Melalui pengembangan sambungan yang terhitung secara digital (parameterized joints), ketidakpresisian perakitan di lapangan dapat ditekan secara signifikan tanpa mengurangi kekuatan struktural bangunan (Helmreich et al., 2022). Karakteristik interlocking tanpa logam ini juga sangat ideal jika diintegrasikan dengan teknologi material modern seperti panel Cross-Laminated Timber (CLT) (Li et al., 2024). Dengan memadukan kearifan kunci ekor burung (dovetail) atau pasak vernakular dengan teknologi kayu rekayasa, industri perumahan massal dapat memproduksi hunian tropis bertingkat yang tidak hanya hemat energi dan tahan gempa, tetapi juga sepenuhnya ramah lingkungan karena bebas dari bahan kimia sintetis (Han et al., 2023).





Gambar 3. Detail Isometrik Sistem Sambungan Kayu Interlocking Modular
(Sumber : Penulis, 2026)

Strategi Integrasi Tata Ruang Tradisional pada Lahan Perkotaan Padat

Implementasi konsep tata ruang tradisional seperti halaman dalam (natah) pada konteks lahan terbatas memerlukan modifikasi skala dan posisi tanpa merusak fungsi ekologis dan sosialnya (Muqoffa et al., 2025). Di kawasan urban padat seperti Laweyan, penggunaan courtyard internal berukuran kompak terbukti mampu mengatur aliran udara dan mereduksi akumulasi panas di tengah kepadatan bangunan (Muqoffa et al., 2025). Strategi ini melibatkan pemecahan satu halaman besar menjadi beberapa void kecil seperti atrium atau lightwell yang saling terhubung untuk menjamin penetrasi cahaya dan udara (Fang, 2025; Hua et al., 2022; Muqoffa et al., 2025). Ruang-ruang transisi ini tidak hanya berfungsi sebagai social condensers yang mendukung interaksi warga (Fang, 2025), tetapi juga mencerminkan kearifan model zonasi tradisional Nusantara. Sebagai contoh, makro-zonasi berbasis kosmologi tiga zona (Bawah, Tengah, dan Atas) yang pernah diterapkan di sepanjang DAS Brantas menunjukkan bahwa penataan ruang lokal selalu mengutamakan keterpaduan antara lanskap alami dan aktivitas sosial-spiritual, yang menjadi tantangan bagi pandangan kota modern yang kerap menilai lahan sekadar sebagai aset kapital semata (Maulidi & Siregar, 2021).

Dalam skala kawasan kota yang lebih luas, prinsip ruang terbuka komunal ini dapat ditarik pada revitalisasi konsep alun-alun sebagai area publik pro-masyarakat. Dikenal sejak era Majapahit hingga Mataram, alun-alun merupakan komponen integral dari pusat pemerintahan tradisional (Sapoetra, 2022). Ketika diadaptasi ke dalam tata kota kontemporer



saat ini, ruang terbuka ini terbukti efektif menjalankan fungsi sosial sebagai tempat bermain, olahraga, dan komunikasi antarwarga, sekaligus menjalankan fungsi ekologis krusial sebagai penyuplai udara segar dan pembatas fisik antar-massa bangunan guna menekan efek penumpukan panas kota (Sapoetra, 2022).

Pada area permukiman yang lebih intim seperti kampung kota yang padat dan kumuh, integrasi tata ruang Jawa memerlukan pengaturan batas teritorial yang jelas. Masalah perubahan fungsi ruang publik menjadi privat akibat desakan kebutuhan ruang dapat dikelola dengan mempertegas batas fisik maupun simbolik berdasarkan kesepakatan komunitas (Nuri et al., 2023), mirip dengan pembagian hirarki zona publik, semi-publik, hingga privat pada rumah tradisional. Lebih lanjut, revitalisasi kawasan kumuh perkotaan dapat mengadopsi pendekatan landscape urbanism melalui penyediaan hunian sosial berbentuk modular yang adaptif (Aini et al., 2023). Pendekatan ini memungkinkan nilai-nilai komunal Jawa, seperti ruang kumpul terbuka mirip pendopo atau halaman bersama, disisipkan kembali ke dalam modul hunian modern berskala padat. Bahkan pada area tepi air atau pesisir yang rentan, penataan bertahap dengan menyesuaikan pola halaman depan-belakang terhadap karakteristik air dapat menjadi solusi penataan yang berkelanjutan (Nugroho, 2019)

Pada pengembangan hunian vertikal modern, eksperimen "neo-courtyard" atau halaman vertikal mencoba mempertahankan hirarki akses dan hubungan dalam-luar yang merupakan karakteristik permukiman tradisional (Hatipoğlu & Mohammad, 2021; Meliouch et al., 2023) Meskipun tantangan pada perumahan massal sering kali muncul akibat prioritas efisiensi luasan unit terjual, integrasi ruang transisi tetap krusial untuk menjaga kualitas lingkungan dan sosial (Fang, 2025; Hatipoğlu & Mohammad, 2021; Meliouch et al., 2023) Berkaca dari strategi pelestarian struktur perkampungan tradisional seperti pada permukiman Mandailing, kunci keberhasilan penataan kota padat adalah dengan tetap mempertahankan konfigurasi jalan, tata bangunan, pola halaman, serta orientasi elemen yang sudah ada (K. Putri et al., 2024). Pendekatan ini sangat relevan diadopsi untuk kampung-kampung di Jawa guna menjaga hirarki ruang asli sambil tetap menyesuaikan dengan kebutuhan modern. Pada akhirnya, regenerasi kota yang sukses menuntut kombinasi antara kekompakan desain, keragaman fungsi (mixed-use), dan struktur tradisional yang tetap hidup di tengah densifikasi baru (Chen et al., 2023) Menjaga orientasi dan hirarki ruang seperti pada pola tradisional sangat penting agar struktur sosial masyarakat dan kenyamanan termal lingkungan tetap terjaga secara seimbang (Jamei et al., 2021; Li et al., 2022; Zhang et al., 2023).





Gambar 4. Transformasi Tipologi Halaman Tradisional menjadi Model Neo-Courtyard Vertikal

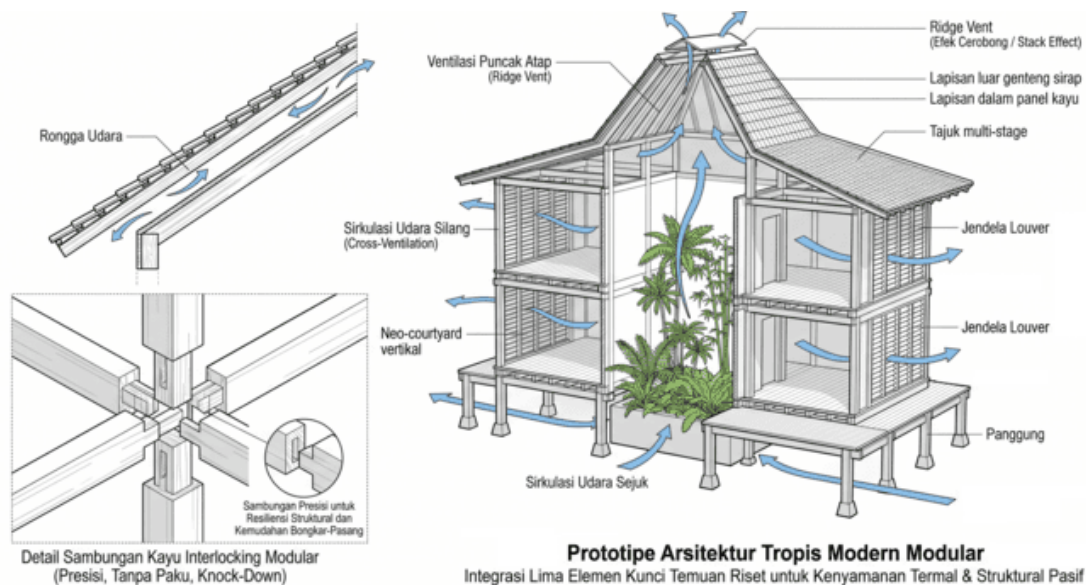
(Sumber : Penulis, 2026)

Implikasi Kebijakan dan Agenda Riset Mendatang

Penelitian mengenai adaptasi arsitektur Jawa dalam lima tahun terakhir menunjukkan kemajuan pesat pada strategi bioklimatik, namun sebagian besar mutunya masih bersifat deskriptif dan konseptual (Muqoffa et al., 2025). Secara khusus, lima elemen kunci yang ditemukan dalam riset ini, yaitu atap berongga, ventilasi atap, orientasi dengan bukaan silang, sistem sambungan kayu modular, serta penerapan neo-courtyard vertikal, memiliki potensi besar untuk dijadikan standar baru dalam perencanaan hunian sehat. Namun, celah penelitian saat ini menunjukkan bahwa kelima fitur vernakular tersebut masih jarang diuji secara kuantitatif terhadap regulasi bangunan gedung hijau dan standar efisiensi energi resmi (Muqoffa et al., 2025). Riset adaptasi bangunan tradisional saat ini sering kali berhenti pada tahap rekomendasi sketsa desain tanpa adanya evaluasi pasca-huni (post-occupancy evaluation) untuk membuktikan efektivitas penurunan suhu tersebut secara nyata di lapangan (Yang et al., 2024). Selain itu, pengujian kelima elemen pasif ini pada tipologi perumahan massal yang padat seperti rumah susun masih sangat minim ditemukan dalam peta riset nasional (Ratodi et al., 2025)

Di sisi lain, temuan ini memiliki implikasi kuat terhadap kebijakan pelestarian bangunan pusaka di Indonesia. Pemerintah dan otoritas terkait harus mulai memasukkan kriteria kinerja energi dan kenyamanan termal sebagai nilai resmi dalam kriteria konservasi (Onecha et al., 2021). Hal ini penting agar modifikasi adaptif, seperti penambahan rongga ventilasi atap atau pembuatan bukaan silang pada bangunan bersejarah, dapat diterima secara legal tanpa merusak nilai otentisitasnya (Conejos et al., 2016; Muqoffa et al., 2025; Onecha et al., 2021; Pardo, 2023). Kerangka regulasi yang fleksibel berbasis fungsi adaptif (adaptive reuse) terbukti

mampu menciptakan pelestarian yang lebih berkelanjutan bagi rumah-rumah tradisional (Méraï et al., 2022; Park & Kang, 2025). Selain aturan yang fleksibel, pemberian insentif finansial dan panduan teknis yang mudah dipahami bagi masyarakat pemilik rumah pribadi sangat diperlukan agar mereka tetap merawat huniannya dengan prinsip kearifan lokal (Kee & Chau, 2020; Savoie et al., 2025) Kolaborasi multi-disiplin di masa depan menjadi kunci utama untuk menyatukan pelestarian budaya dan target hemat energi nasional (Muqoffa et al., 2025; Ratodi et al., 2025; Sari et al., 2022)



Gambar 5. Prototipe Desain Hunian Tropis Modern Berbasis Sintesis Elemen Arsitektur Jawa

(Sumber : Penulis, 2026)

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menyintesis berbagai literatur mengenai arsitektur tradisional Jawa untuk merumuskan strategi adaptasi pasif bagi hunian tropis modern di Pulau Jawa. Temuan utama menunjukkan bahwa integrasi elemen spesifik seperti atap berongga (cavity roof), sistem ventilasi atap, dan orientasi bangunan yang tepat terhadap angin dominan secara signifikan meningkatkan kecepatan udara indoor sebesar 0,4–0,5 m/s dan mampu menurunkan suhu ruang hingga 3–5°C. Strategi pendinginan pasif ini memberikan solusi konkret terhadap tren peningkatan konsumsi listrik rumah tangga di kota-kota besar yang saat ini sangat bergantung pada pendinginan mekanis.

Diskusi mengenai resiliensi struktur dan tata ruang menunjukkan bahwa sistem sambungan kayu tradisional yang bersifat knock-down dan interlocking memiliki potensi besar untuk diadaptasi ke dalam industri prafabrikasi dan konstruksi modular modern yang tanggap bencana. Selain itu, konsep tata ruang natak dapat diintegrasikan pada lahan perkotaan yang padat melalui tipologi halaman internal skala kecil atau void vertikal (neo-courtyard) tanpa menghilangkan fungsi sosial dan ekologisnya. Integrasi kelima elemen teknis ini menjadi satu kesatuan model bangunan bertingkat terbukti memberikan arahan desain yang aplikatif untuk kawasan urban.

Signifikansi studi ini terletak pada kemampuannya menyusun parameter desain terukur dari data literatur menjadi panduan praktis yang dapat divisualisasikan. Implikasinya adalah perlunya pergeseran paradigma dalam kebijakan pelestarian pusaka, di mana kinerja energi harus diakui sebagai nilai resmi dalam kriteria konservasi bangunan di Indonesia untuk mendukung penerapan adaptive reuse yang lebih fleksibel. Sebagai kontribusi ilmiah, riset ini mengisi celah hubungan antara kearifan lokal arsitektur vernakular dengan kebutuhan hunian kontemporer di era krisis energi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan adanya validasi model melalui simulasi energi kuantitatif di berbagai skenario iklim ekstrem serta eksplorasi dampak sosial-ekonomi dari penerapan konstruksi modular kayu tradisional ini di pasar perumahan massal perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalto, P., & Steinert, M. (2024). Emergence of eye-tracking in architectural research: a review of studies 1976–2021. *Architectural Science Review*, 68, 213–223. <https://doi.org/10.1080/00038628.2024.2382796>
- Aini, C., Azizah, Q., & Muharrani, S. (2023). ARAHAN PELESTARIAN TATA RUANG PERMUKIMAN MASYARAKAT ETNIS MANDAILING DI SUMATERA UTARA. *NALARs*. <https://doi.org/10.24853/nalars.23.1.1-16>
- Ali, S., Razman, M., Awang, A., Asyraf, M., Ishak, M., Ilyas, R., & Lawrence, R. (2021). Critical Determinants of Household Electricity Consumption in a Rapidly Growing City. *Sustainability*, 13, 4441. <https://doi.org/10.3390/su13084441>
- Aloshan, M., & Aldali, K. (2025). Courtyard design for energy efficiency and thermal comfort: machine learning insights across hot and warm climates. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-32297-z>



- Anawagis, F., Rengko, S., Rahman, N., & Taufik, M. (2024). ADAPTASI BUDAYA MASYARAKAT DI KAWASAN KARST RAMMANG-RAMMANG YANG BERKEARIFAN SEBAGAI PENGETAHUAN LOKAL PERUBAHAN IKLIM. *Pangadereng: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Sosial Dan Humaniora*. <https://doi.org/10.36869/pjhpish.v9i1.357>
- Asyari, M., Ismaya, E., & Ahsin, M. (2021). NILAI-NILAI PENDIDIKAN KARAKTER DALAM TRADISI APITAN MASYARAKAT SINGOCANDI KUDUS. *WASIS: Jurnal Ilmiah Pendidikan*. <https://doi.org/10.24176/wasis.v2i1.5764>
- Baydoun, R., & Sopian, A. R. (2022). EVALUATING THE EFFECT OF MASHRABIYA AND PERFORATED MALAY CARVING WINDOW ON THE INDOOR NATURAL VENTILATION PERFORMANCE OF LIVING SPACE. *Journal of Architecture, Planning and Construction Management*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:268326800>
- Bower, M., Kent, J., Patulny, R., Green, O., McGrath, L., Teesson, L., Jamalishahni, T., Sandison, H., & Rugel, E. (2023). The impact of the built environment on loneliness: A systematic review and narrative synthesis. *Health & Place*, 79, 102962. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2022.102962>
- Chalal, M., Medjdoub, B., Bezai, N., Bull, R., & Zune, M. (2022). Visualisation in energy eco-feedback systems: A systematic review of good practice. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112447>
- Chandel, S., Sharma, V., & Marwah, B. (2016). Review of energy efficient features in vernacular architecture for improving indoor thermal comfort conditions. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 65, 459–477. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038>
- Chen, J., Wang, H., Yang, Z., Li, P., G., Z., & X. (2023). Comparative Spatial Vitality Evaluation of Traditional Settlements Based on SUF: Taking Anren Ancient Town's Urban Design as an Example. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15108178>
- Conejos, S., Langston, C., Chan, E., & Chew, M. (2016). Governance of heritage buildings: Australian regulatory barriers to adaptive reuse. *Building Research & Information*, 44, 507–519. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1156951>
- Enjellina, E., Beyan, E., & Rossy, A. (2023). Review of AI Image Generator: Influences, Challenges, and Future Prospects for Architectural Field. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*. <https://doi.org/10.24002/jarina.v2i1.6662>





- Fang, W. (2025). A Study on the Spatial Support Mechanisms of Transitional Space Layout for Neighborhood Social Interaction in Low-Rise Row Housing in Cebu City, Philippines. *Studies in Art and Architecture*. <https://doi.org/10.56397/saa.2025.04.05>
- Guarneri, B., & Habert, G. (2024). New vernacular construction: Environmental awareness and territorial inclusivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1363. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012114>
- Haifa, N., Nabilla, I., Rahmatika, V., Hidayatullah, R., & Harmonedi, H. (2025). Identifikasi Variabel Penelitian, Jenis Sumber Data dalam Penelitian Pendidikan. *Dinamika Pembelajaran : Jurnal Pendidikan Dan Bahasa*. <https://doi.org/10.62383/dilan.v2i2.1563>
- Han, L., Kutnar, A., Sandak, J., Šušteršič, I., & Sandberg, D. (2023). Adhesive- and Metal-Free Assembly Techniques for Prefabricated Multi-Layer Engineered Wood Products: A Review on Wooden Connectors. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/fl4020311>
- Hatipoğlu, H., & Mohammad, S. (2021). Courtyard in Contemporary Multi-Unit Housing: Residential Quality with Sustainability and Sense of Community. *IDEALKENT*. <https://doi.org/10.31198/idealkent.972718>
- Hay, L., Duffy, A., McTeague, C., Pidgeon, L., Vuletic, T., & Grealy, M. (2017). A systematic review of protocol studies on conceptual design cognition: Design as search and exploration. *Design Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.11>
- Helmreich, M., Mayer, H., Pacher, M., Nakajima, T., Kuroki, M., Tsubata, S., Gramazio, F., & Kohler, M. (2022). Robotic Assembly of Modular Multi-Storey Timber-Only Frame Structures Using Traditional Wood Joinery. *CAADRIA Proceedings*. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2022.2.111>
- Hua, H., Hovestadt, L., & Li, B. (2022). Reconfigurable Modular System of Prefabricated Timber Grids. *Comput. Aided Des.*, 146, 103230. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2022.103230>
- Ibnu, I., Siswanto, A., Prihatmaji, Y., & Nugroho, S. (2023). Typology of Wood Joint Geometry in Basemah Highland Vernacular Architecture, South Sumatra, Indonesia. *Journal of Design and Built Environment*. <https://doi.org/10.22452/jdbe.vol23no1.1>
- Ivson, P., Moreira, A., Queiroz, F., Santos, W., & Celes, W. (2020). A Systematic Review of Visualization in Building Information Modeling. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26, 3109–3127. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2019.2907583>





- Jamei, E., Ahmadi, K., Chau, H., Seyedmahmoudian, M., Horan, B., & Stojcevski, A. (2021). Urban Design and Walkability: Lessons Learnt from Iranian Traditional Cities. *Sustainability*, *13*, 5731. <https://doi.org/10.3390/su13105731>
- Kee, T., & Chau, K. (2020). Adaptive reuse of heritage architecture and its external effects on sustainable built environment—Hedonic pricing model and case studies in Hong Kong. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2108>
- Khaksar, A., Tabadkani, A., Shemirani, S., Hajirasouli, A., Banihashemi, S., & Attia, S. (2022). Thermal comfort analysis of earth-sheltered buildings: The case of meymand village, Iran. *Frontiers of Architectural Research*. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.04.008>
- Khalil, H., Welch, V., Grainger, M., & Campbell, F. (2025). Methodology for mapping reviews, evidence maps, and gap maps. *Research Synthesis Methods*, *16*, 786–796. <https://doi.org/10.1017/rsm.2025.25>
- Lestari, N., Paidi, P., & Suyanto, S. (2024). A systematic literature review about local wisdom and sustainability: Contribution and recommendation to science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14152>
- Li, Z., Diao, J., Lu, S., Tao, C., & Krauth, J. (2022). Exploring a Sustainable Approach to Vernacular Dwelling Spaces with a Multiple Evidence Base Method: A Case Study of the Bai People's Courtyard Houses in China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14073856>
- Li, Z., Tsavdaridis, K., & Katenbayeva, A. (2024). Reusable Timber Modular Buildings, Material Circularity and Automation: The role of inter-locking connections. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110965>
- Lotfabadi, P., & Hançer, P. (2019). A Comparative Study of Traditional and Contemporary Building Envelope Construction Techniques in terms of Thermal Comfort and Energy Efficiency in Hot and Humid Climates. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11133582>
- Lozoya-Peral, A., Pérez-Carramiñana, C., Galiano-Garrigós, A., González-Avilés, Á., & Emmitt, S. (2023). Exploring Energy Retrofitting Strategies and Their Effect on Comfort in a Vernacular Building in a Dry Mediterranean Climate. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13061381>





- Machdi, A., Kamaludin, D., F, R., Allam, A., & Utami, R. (2020). Penerapan Material Bambu Terhadap Bangunan Perpustakaan Mikro di Selaawi, Kabupaten Garut, Jawa Barat. *Jurnal Arsitektur TERRACOTTA*, 1. <https://doi.org/10.26760/terracotta.v1i2.4014>
- Martinović, S., Zecevic, N., & Salihbegović, A. (2023). Vernacular Residential Architecture in the Context of Sustainability – Case Study of Svrzo’s House Complex. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. <https://doi.org/10.5755/j01.sace.32.1.32753>
- Maulidi, C., & Siregar, J. (2021). Kearifan Ekosistem Budaya pada Tata Ruang Lanskap Budaya Jawa Kuno di DAS Kali Brantas. *TATALOKA*. <https://doi.org/10.14710/tataloka.23.2.225-238>
- McGuinness, L., & Higgins, J. (2020). Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Research Synthesis Methods*, 12, 55–61. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>
- Meliouh, F., Sekhri, A., Aoul, K., & Hamel, K. (2023). Post-occupancy evaluation of the neo-vernacular “courtyard” in contemporary mass housing. *Case Study: 124 Duplex Dwellings by the El Miniawy Brothers in Biskra (Algeria)*. *Technium Social Sciences Journal*. <https://doi.org/10.47577/tssj.v40i1.8365>
- Mérai, D., Veldpaus, L., Pendlebury, J., & Kip, M. (2022). The Governance Context for Adaptive Heritage Reuse: A Review and Typology of Fifteen European Countries. *The Historic Environment: Policy & Practice*, 13, 526–546. <https://doi.org/10.1080/17567505.2022.2153201>
- Miake-Lye, I., Hempel, S., Shanman, R., & Shekelle, P. (2016). What is an evidence map? A systematic review of published evidence maps and their definitions, methods, and products. *Systematic Reviews*, 5. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0204-x>
- Milal, M. (2025). Analysis of the Role of Javanese Vernacular Architectural Elements on the Effectiveness of Natural Ventilation in Tropical Climates. *Journal of Engineering and Applied Technology*. <https://doi.org/10.65310/k26j2496>
- Mohammad, P. (2016). HEAT REMOVAL USING THE HOLLOW ROOF IN THE JAVANESE HOUSE. *MATEC Web of Conferences*, 58, 04003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20165804003>
- Muqoffa, M., Yaningsih, I., Rachmanto, R., Himawan, K., Caroko, N., Rachmanto, I., & Caroko, I. (2025). Exploring natural ventilation strategies in Javanese vernacular houses





- for sustainable design. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 24, 4985–5004. <https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2439348>
- Novianto, D., Koerniawan, M., Munawir, M., & Sekartaji, D. (2022). Impact of lifestyle changes on home energy consumption during pandemic COVID-19 in Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103930. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103930>
- Nugroho, A. (2019). Kajian pemanfaatan ruang kawasan pesisir studi kasus kawasan permukiman kumuh Kelurahan Padarni Kabupaten Manokwari. *Cassowary*. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v2.i2.27>
- Nuraini, C. (2024). The Architectural Tectonics of Traditional Buildings in Mandailing, North Sumatera, Indonesia. *Civil Engineering and Architecture*, 12, 892–916. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120217>
- Nuri, Z., Fahrizal, E., Saputra, E., & Mirsa, R. (2023). Analisis Teritorialitas Ruang Hunian pada Permukiman Padat di Kota Lhokseumawe: Studi Kasus Kampung Jawa Lama. *Arsir*. <https://doi.org/10.32502/arsir.v7i1.5194>
- Okoro, C. (2023). Sustainable Facilities Management in the Built Environment: A Mixed-Method Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15043174>
- Onecha, B., Dotor, A., & Marmolejo-Duarte, C. (2021). Beyond Cultural and Historic Values, Sustainability as a New Kind of Value for Historic Buildings. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su13158248>
- Pardo, J. (2023). Challenges and Current Research Trends for Vernacular Architecture in a Global World: A Literature Review. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13010162>
- Park, S., & Kang, M. (2025). Research on institutional frameworks for historic preservation through sustainable management and adaptive reuse: a comparative study in Philadelphia and Seoul. *International Journal of Urban Sciences*, 29, 175–194. <https://doi.org/10.1080/12265934.2024.2445245>
- Philokyprou, M., & Michael, A. (2020). Environmental Sustainability in the Conservation of Vernacular Architecture. *The Case of Rural and Urban Traditional Settlements in Cyprus*. *International Journal of Architectural Heritage*, 15, 1741–1763. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1719235>





- Prihatmaji, Y., Kitamori, A., Murakami, S., & Komatsu, K. (2017). *Study on Mechanical Properties of Tropical Timber Hardwood Species: Promoting Javanese Inferior Timbers for Traditional Wooden Houses*. 3, 44–54.
- Puspita, C., Hariyanto, A., & Arifin, L. (2025). Sustainable values in the structure of traditional Osing houses in Indonesia. *Architecture*, 5(2), 31. <https://doi.org/10.3390/architecture5020031>
- Putri, A. (2022). Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal (Local Knowledge, Local Wisdom, dan Local Genius). *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*. <https://doi.org/10.29408/geodika.v6i1.5417>
- Putri, K., Sarasantika, P., Hartawan, P., & Devi, D. (2024). KAJIAN PERKEMBANGAN POLA RUANG FISIK SPASIAL PERMUKIMAN KUMUH DI KAWASAN KARYA MAKMUR, DENPASAR. *GANEC SWARA*. <https://doi.org/10.35327/gara.v18i4.1088>
- Qtaishat, Y., Emmitt, S., & Adeyeye, K. (2020). Exploring the socio-cultural sustainability of old and new housing: Two cases from Jordan. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102250. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102250>
- Rahim, M., Munir, A., Marasabessy, F., & Darmawijaya, D. (2023). Local Wisdom and Sustainable Features of Tidore Vernacular Architecture. *Civil Engineering and Architecture*. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110201>
- Rajendra, A. (2021). Contemporary challenges of the Indonesian vernacular architecture in responding to climate change. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 824. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/824/1/012094>
- Ratodi, M., Syariah, A., Hapsari, O., Widiastuti, M., & Ernawati, R. (2025). Mapping the landscape of vernacular architecture research in Indonesia: A bibliometric analysis. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*. <https://doi.org/10.30822/arteks.v9i3.3524>
- Rokhmah, S., Juhannis, H., Yaumi, M., & Halim, W. (2020). IMPLEMENTATION OF MULTICULTURAL EDUCATION PROCESS IN ISLAMIC INSTITUTE OF FATTAHUL MULUK PAPUA. *Jurnal Diskursus Islam*. <https://doi.org/10.24252/jdi.v8i3.12806>
- Rusmaniah, R., Arisanty, D., Abbas, E., & Angriani, P. (2025). Kearifan Lokal Masyarakat dalam Mitigasi Bencana Banjir di Kecamatan Sungai Tabuk. *Anterior Jurnal*. <https://doi.org/10.33084/anterior.v24i1.8399>





- S, P. (2018). Javanese House's Roof (Joglo) with the Opening as a Cooling Energy Provider. *Journal of Physics: Conference Series*, 953. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012238>
- Samuel, D., Dharmasastha, K., Nagendra, S., & Maiya, M. (2017). Thermal comfort in traditional buildings composed of local and modern construction materials. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6, 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.08.001>
- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207, 109482. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>
- Sapoetra, N. (2022). HUNIAN ADAPTIF SEBAGAI REVITALISASI PERMUKIMAN KUMUH KAMPUNG RAWA BENGK. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*. <https://doi.org/10.24912/stupa.v3i2.12339>
- Sari, D., Gunawan, I., & Chiou, Y. (2021). Investigation of Ecohouse through CFD Simulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1096. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1096/1/012059>
- Sari, D., & Pinassang, J. (2023). Examining the Impact of COVID-19 in Indonesia through Household Electricity Consumption and Modern Lifestyle. *Civil Engineering and Architecture*. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110236>
- Sari, D., Sudirman, M., & Chiou, Y. (2022). Modernity in Javanese tradition: adapting vernacular design and local culture to Indonesian urban living. *Architectural Science Review*, 67, 105–119. <https://doi.org/10.1080/00038628.2022.2136131>
- Savoie, É., Sapinski, J., & Laroche, A. (2025). Key factors for revitalising heritage buildings through adaptive reuse. *Buildings & Cities*. <https://doi.org/5334/bc.495>
- Shynu, R., Suseelan, A., Lin, M., C., A., Z, Literature, Y., Images, L., Marcus, L., Literature, A., Environment, M., Lin, H., Chen, J., & Images, A. (2023). Human cognition and emotional response towards visual environmental features in an urban built context: a systematic review on perception-based studies. *Architectural Science Review*, 66, 468–478. <https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2232339>





- Starzyńska-Grześ, M., Roussel, R., Jacoby, S., & Asadipour, A. (2022). Computer Vision-based Analysis of Buildings and Built Environments: A Systematic Review of Current Approaches. *ACM Computing Surveys*, 55, 1–25. <https://doi.org/10.1145/3578552>
- Surahman, U., Hartono, D., Setyowati, E., & Jurizat, A. (2022). Investigation on household energy consumption of urban residential buildings in major cities of Indonesia during COVID-19 pandemic. *Energy and Buildings*, 261, 111956. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111956>
- Toris-Guitron, M., Esparza-López, C., Luna-León, A., & Pozo, C. (2022). Evaluation of the thermal performance of traditional courtyard houses in a warm humid climate: Colima, Mexico. *Heritage Science*, 10, 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00820-4>
- Turner, S., Cardinal, L., & Burton, R. (2017). Research Design for Mixed Methods. *Organizational Research Methods*, 20, 243–267. <https://doi.org/10.1177/1094428115610808>
- Vatankhah, M., Vakilinezhad, R., Zakeri, S., & Fattahi, K. (2023). Optimizing energy and daylight performance of vernacular dwellings for contemporary architecture: a parametric analysis. *Architectural Engineering and Design Management*, 20, 1795–1814. <https://doi.org/10.1080/17452007.2023.2274876>
- Vuspitasari, B., & Usman, U. (2025). ANALISIS IMPLEMENTASI KEARIFAN LOKAL MELALUI PENDEKATAN EKOFEMINISME SEBAGAI UPAYA ADAPTASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA WANITA DAYAK BIDAYUH DI PERBATASAN. *JURNAL LENTERA BISNIS*. <https://doi.org/10.34127/jrlab.v14i2.1599>
- Weningtyas, A., & Widuri, E. (2022). Pengelolaan Sumber Daya Air Berbasis Kearifan Lokal Sebagai Modal Untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Volksgeist: Jurnal Ilmu Hukum Dan Konstitusi*. <https://doi.org/10.24090/volksgeist.v5i1.6074>
- Yan, 刘妍LIU. (2022). Joinery and Structure: Cultural and Technical Comparison between Traditional Wooden Framing Systems in East Asia and Western Europe. *Chinese Annals of History of Science and Technology*, 6(1), 89–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.3724/SP.J.1461.2022.01089>
- Yang, N., Chen, J., Ban, L., Li, P., & Wang, H. (2024). Pre-Planning and Post-Evaluation Approaches to Sustainable Vernacular Architectural Practice: A Research-by-Design





Study to Building Renovation in Shangri-La's Shanpian House, China. *Sustainability*.

<https://doi.org/10.3390/su16219568>

Zhang, D., Shi, Z., & Cheng, M. (2023). A Study on the Spatial Pattern of Traditional Villages from the Perspective of Courtyard House Distribution. *Buildings*.

<https://doi.org/10.3390/buildings13081913>

Zong, J., Mohamed, W., Jaafar, M., & Ujang, N. (2024). Sustainable development of vernacular architecture: a systematic literature review. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 24, 3558–3574.

<https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2399685>

Zune, M., Pantua, C., Rodrigues, L., & Gillott, M. (2020). A review of traditional multistage roofs design and performance in vernacular buildings in Myanmar. *Sustainable Cities and Society*, 60, 102240. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102240>

