

Kinerja Termal Pasif dan Kenyamanan Ruang Dalam Arsitektur Vernakular: Tinjauan Sistematis Berbasis PRISMA

Passive Thermal Performance and Indoor Comfort in Vernacular Architecture: A PRISMA-Based Systematic Review

Zuber Angkasa¹, Erfan M Kamil², Iskandar Ilyas³, Anson Ferdiant Diem⁴
Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang,
Jalan Jenderal Ahmad Yani 13 Ulu Palembang, Indonesia
zuber_angkasa@um-palembang.ac.id

[Diterima 16/06/2026, Disetujui 27/07/2026, Diterbitkan 04/08/2026]

Abstrak

Arsitektur vernakular sering dijadikan rujukan dalam pengembangan bangunan berenergi rendah, tetapi penelitian terdahulu cenderung membahas strategi desain, mekanisme fisik, dan respons penghuni secara terpisah, sementara kekuatan metodologis buktinya jarang dievaluasi secara terpadu. Tinjauan sistematis ini menelaah kinerja termal pasif dan kenyamanan ruang dalam pada arsitektur vernakular, dengan studi desain responsif iklim sebagai bukti pendukung. Penelusuran Scopus melalui Publish or Perish dilakukan pada 23 Mei 2026 terhadap publikasi berbahasa Inggris periode 2010-2026. Pelaporan mengikuti PRISMA 2020, PRISMA-S, dan SWiM. Dari 72 hasil penelusuran, 35 publikasi memenuhi kriteria: 28 berbasis objek vernakular/tradisional dan tujuh berorientasi penerapan. Sebanyak 34 studi primer dinilai dengan Quality Assessment for Diverse Studies (QuADS); satu tinjauan sekunder digunakan hanya sebagai bukti pendukung. Meta-analisis tidak dilakukan karena desain dan luaran studi terlalu heterogen. Sintesis menemukan empat kelompok strategi: sistem material dan massa termal; konfigurasi halaman dalam dan organisasi ruang; ventilasi alami dan pengendalian bukaan; serta peneduhan, vegetasi, dan pengendalian radiasi matahari. Penilaian QuADS menunjukkan pelaporan relatif kuat pada tujuan, konteks, dan kesesuaian desain, tetapi tidak seragam pada sampling, rekrutmen, justifikasi instrumen, kelengkapan statistik, dan pembahasan keterbatasan. Kebaruan tinjauan ini adalah kerangka lima komponen yang menghubungkan parameter arsitektural, strategi pasif, mekanisme lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons penghuni, sekaligus membedakan bukti langsung vernakular dari bukti penerapan. Kerangka tersebut mendukung penerjemahan prinsip vernakular ke dalam parameter desain yang dapat diuji, bukan penerapannya sebagai solusi universal.

Kata kunci: arsitektur vernakular; desain pasif; kenyamanan termal; kualitas lingkungan dalam ruang; bangunan berkelanjutan

Abstract

Vernacular architecture is often referenced in low-energy building development, yet previous studies tend to examine design strategies, physical mechanisms, and occupant responses separately, while the methodological strength of the evidence is rarely appraised within an integrated synthesis. This systematic review examines passive thermal performance and indoor comfort in vernacular architecture, using climate-responsive design studies as supporting evidence. Scopus was searched through Publish or Perish on 23 May 2026 for English-language publications from 2010 to 2026. Reporting followed PRISMA 2020, PRISMA-S, and SWiM. Of 72 records, 35 publications met the eligibility criteria: 28 directly examined vernacular or traditional buildings and seven were application-oriented. Thirty-four primary studies were appraised using the Quality Assessment for Diverse Studies (QuADS); one secondary review was retained only as supporting evidence. Meta-analysis was not undertaken because study designs and

outcomes were too heterogeneous. Four recurring strategy groups were identified: material systems and thermal mass; courtyard configuration and spatial organisation; natural ventilation and opening control; and shading, vegetation, and solar-radiation control. QuADS appraisal indicated comparatively clear reporting of aims, contexts, and design appropriateness, but uneven reporting of sampling, recruitment, instrument rationale, statistical completeness, and study limitations. The review contributes a five-component framework linking architectural parameters, passive strategies, environmental mechanisms, comfort indicators, and occupant responses, while separating direct vernacular evidence from application-oriented evidence. The framework supports testing vernacular principles as measurable design parameters rather than treating them as universal solutions.

Keywords: vernacular architecture; passive design; thermal comfort; indoor environmental quality; sustainable buildings

©Jurnal Arsir Universitas Muhammadiyah Palembang
p-ISSN 2580–1155
e-ISSN 2614–4034

Pendahuluan

Pengurangan beban pendinginan dan pemenuhan kenyamanan ruang dalam merupakan persoalan penting dalam pengembangan bangunan berkelanjutan. Penilaian kenyamanan tidak cukup bertumpu pada kondisi fisik pada satu waktu karena ekspektasi, riwayat termal, dan kemampuan penghuni untuk beradaptasi ikut membentuk respons terhadap lingkungan (Yao et al., 2022). Dalam kondisi ruang yang dinamis, pakaian, aktivitas, pengoperasian bukaan, dan variabel lingkungan dapat berinteraksi melalui jalur langsung maupun tidak langsung (Ming et al., 2023). Karena itu, kinerja termal perlu dibaca sebagai hubungan antara bangunan, iklim, dan penghuni, bukan hanya sebagai pencapaian satu nilai suhu.

Dalam konteks tersebut, arsitektur vernakular kembali dipelajari sebagai sumber pengetahuan tentang bangunan yang menanggapi iklim setempat. Kajian mutakhir menghubungkan material dan elemen arsitektural dengan kenyamanan adaptif pada rumah tropis (Hermawan & Švajlenka, 2021), menunjukkan perubahan suhu netral menurut musim dan tipe hunian tradisional (Wang et al., 2023), serta mendokumentasikan variasi spasial dan temporal kenyamanan pada hunian berhalaman dalam (Qian et al., 2023). Tinjauan mengenai ventilasi alami juga menegaskan bahwa geometri, susunan bukaan, dan kondisi iklim menentukan efektivitas strategi vernakular (Pan et al., 2024). Bukti tersebut menunjukkan bahwa material, tata ruang, ventilasi, peneduhan, dan vegetasi bekerja dengan mengubah perolehan dan penyimpanan panas, aliran udara, kelembapan, serta paparan radiasi.

Namun, arsitektur vernakular tidak selalu menunjukkan kinerja termal yang lebih baik. Penilaian kenyamanan pada hunian vernakular masih menggunakan metode, indikator, dan model evaluasi yang beragam (Costa-Carrapico et al., 2022). Kinerjanya juga dipengaruhi oleh iklim, tipologi bangunan, strategi responsif, dan pola adaptasi penghuni (Yang et al., 2022). Sebagai contoh, efektivitas ventilasi alami bergantung pada kondisi udara luar, ketersediaan angin, dan susunan jalur aliran (Pan et al., 2024). Demikian pula, kinerja massa termal dan halaman dalam dipengaruhi oleh paparan matahari, peluang pelepasan panas, geometri, vegetasi, karakter permukaan, serta hubungan dengan ruang di sekitarnya (Yang et al., 2022). Karena itu, penerapan arsitektur vernakular pada bangunan masa kini perlu berfokus pada pengujian prinsip lingkungannya, bukan sekadar meniru bentuk tradisional.

Masalah berikutnya adalah bukti yang tersedia belum terhubung dengan baik. Sebagian penelitian membahas sensasi, preferensi, kepuasan, atau kenyamanan adaptif

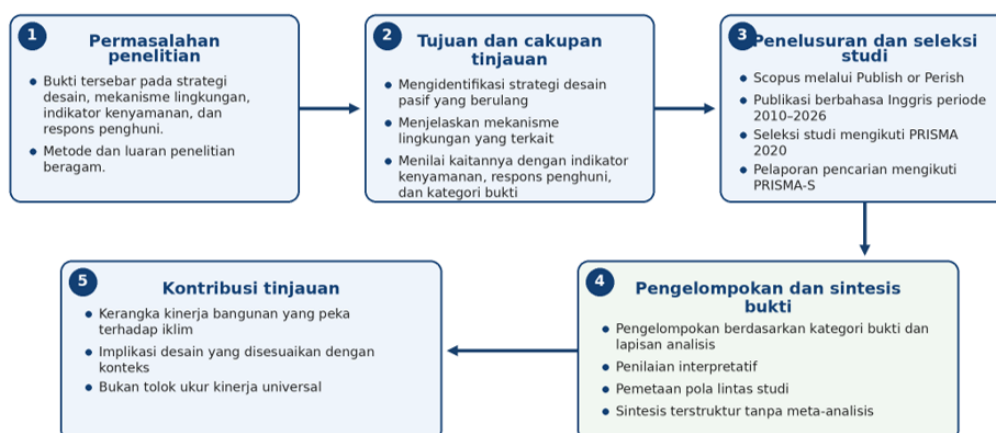
penghuni. Penelitian lain lebih menekankan kondisi fisik bangunan, seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan udara, penyimpanan panas, dan penggunaan energi. Sementara itu, studi parametrik dan optimasi menguji variabel desain, seperti rasio jendela terhadap dinding, geometri halaman dalam, konstruksi selubung, orientasi, dan skenario ventilasi. Ketiga kelompok penelitian tersebut sering dibahas secara terpisah, meskipun semuanya menjelaskan bagian yang saling berkaitan dalam kinerja bangunan.

Sejumlah tinjauan telah membahas persoalan ini dari sudut yang berbeda. Costa-Carrapico et al. (2022) menyoroti kesulitan metodologis dalam menilai kenyamanan hunian vernakular. Yang et al. (2022) membahas lingkungan termal ruang dalam dan respons hunian terhadap iklim, sedangkan Pan et al. (2024) berfokus pada ventilasi alami dalam arsitektur vernakular. Shetty dan Patil (2025) menelaah faktor-faktor yang berkaitan dengan kepuasan terhadap lingkungan dalam ruang. Namun, masih diperlukan sintesis yang secara jelas membedakan bukti dari bangunan vernakular/tradisional dan bukti yang berorientasi pada penerapan. Sintesis tersebut juga perlu menghubungkan strategi arsitektural, mekanisme fisik, dan respons penghuni tanpa menyatukan hasil penelitian yang sebenarnya tidak sebanding ke dalam satu ukuran efek.

Kebaruan dan kontribusi tinjauan

Kebaruan tinjauan ini terletak pada tiga hal. Pertama, bukti yang secara langsung meneliti objek vernakular/tradisional dipisahkan dari bukti berorientasi penerapan, sehingga studi mengenai parameter desain kontemporer tidak digunakan untuk mengklaim keunggulan vernakular. Kedua, sintesis menghubungkan lima komponen yang sebelumnya sering dibahas secara terpisah, yaitu parameter arsitektural, strategi desain pasif, mekanisme lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons penghuni. Ketiga, kualitas metodologis dan transparansi pelaporan studi primer dinilai menggunakan QuADS dan digunakan untuk membatasi kekuatan inferensi. Dengan demikian, kontribusi tinjauan bukan sekadar katalog strategi, tetapi kerangka evaluatif untuk menerjemahkan pengetahuan vernakular menjadi parameter desain yang dapat diuji.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, tinjauan ini menjawab tiga pertanyaan. Pertama, strategi desain pasif apa yang paling sering ditemukan pada bangunan vernakular atau tradisional? Kedua, melalui mekanisme lingkungan apa strategi tersebut memengaruhi kondisi ruang dalam atau lingkungan di sekitar bangunan? Ketiga, bagaimana pengaruh tersebut tercermin pada indikator kenyamanan dan respons penghuni, serta bagaimana kualitas dan kategori bukti membatasi penerapannya pada bangunan berenergi rendah masa kini? Jawaban disusun dalam kerangka berlapis yang peka terhadap iklim dan kekuatan bukti, bukan sebagai ukuran kinerja universal. Alur konseptual tinjauan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur konseptual tinjauan dari permasalahan penelitian hingga kontribusi desain.

Metode

Desain tinjauan dan pelaporan

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur sistematis mengenai kinerja termal pasif dan kenyamanan ruang dalam pada arsitektur vernakular. Proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan pelaporan mengikuti PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Strategi pencarian dilaporkan dengan mengacu pada PRISMA-S (Rethlefsen et al., 2021). Karena desain dan luaran studi sangat beragam, hasil disintesis tanpa meta-analisis dengan mengikuti prinsip SWiM (Campbell et al., 2020) dan pedoman Cochrane Handbook (McKenzie & Brennan, 2024). Kualitas metodologis dan transparansi pelaporan studi primer dinilai menggunakan Quality Assessment for Diverse Studies atau QuADS (Harrison et al., 2021).

Sumber dan strategi pencarian

Literatur ditelusuri pada Scopus menggunakan Harzing Publish or Perish, Windows GUI Edition 8.14.4635.8976. Pencarian dilakukan pada 23 Mei 2026 dan mencakup publikasi berbahasa Inggris yang terbit pada 2010–2026. Scopus dipilih karena cakupannya relevan dengan bidang arsitektur, sains bangunan, kenyamanan termal, kualitas lingkungan dalam ruang, dan desain berkelanjutan. Publish or Perish digunakan untuk menjalankan pencarian dan mengekspor hasil dari Scopus.

Strategi pencarian menggabungkan istilah arsitektur vernakular atau tradisional dengan istilah kinerja termal pasif dan kenyamanan. Pencarian dibatasi pada bidang judul. Kueri yang digunakan secara persis adalah: ("vernacular architecture" OR "vernacular building*" OR "traditional architecture" OR "traditional building*" OR "indigenous architecture" OR "climate-responsive architecture") AND ("thermal comfort" OR "adaptive comfort" OR "indoor environmental quality" OR "thermal performance" OR "passive design" OR "passive cooling" OR "natural ventilation" OR "courtyard*" OR "thermal mass" OR "shading" OR "vegetation" OR "window-to-wall ratio").

Selain istilah yang secara khusus berkaitan dengan pendinginan, kueri juga memuat istilah yang lebih umum, seperti "thermal performance", "passive design", "thermal comfort", "indoor environmental quality", dan "thermal mass". Istilah tersebut memungkinkan pencarian menjaring penelitian mengenai pengendalian termal pada musim panas maupun musim dingin, termasuk penyimpanan dan retensi panas.

Penelusuran menghasilkan 72 hasil. Penggunaan satu basis data, pembatasan pencarian pada bidang judul, dan penggunaan antarmuka perangkat lunak dapat mengurangi sensitivitas penelusuran. Implikasi keterbatasan basis data, bahasa, publikasi, dan sitasi dibahas pada bagian Keterbatasan.

Kriteria kelayakan dan kategori bukti

Publikasi dinilai berdasarkan kriteria pada Tabel 1. Studi dimasukkan apabila membahas bangunan vernakular, tradisional, atau bangunan masyarakat adat, atau menguji strategi pasif yang relevan dengan desain responsif iklim. Studi juga harus melaporkan metode dan hasil yang berkaitan dengan kinerja termal, kualitas lingkungan dalam ruang, kenyamanan penghuni, atau energi bangunan.

Untuk menjaga batas interpretasi, publikasi dibagi menjadi dua kategori. Kategori berbasis objek vernakular/tradisional mencakup studi yang meneliti objek tersebut secara langsung. Kategori berorientasi penerapan mencakup studi yang menguji variabel pasif, seperti geometri halaman dalam, peneduhan, rasio jendela terhadap dinding, dan ventilasi. Studi pada kategori kedua digunakan untuk menerjemahkan prinsip desain pasif ke dalam parameter operasional, bukan untuk menyimpulkan bahwa bangunan vernakular memiliki kinerja termal yang lebih baik. Studi luar ruang atau berskala kawasan hanya dimasukkan apabila strategi yang diuji relevan dengan lingkungan bangunan atau ruang di sekitarnya. Temuannya tidak digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kenyamanan ruang dalam atau keunggulan bangunan vernakular.

Tabel 1. Kriteria kelayakan yang digunakan dalam tinjauan.

Komponen	Kriteria operasional
Ranah	Bukti pada skala bangunan, hunian, halaman dalam, selubung, atau lingkungan ruang dalam yang relevan dengan desain vernakular, tradisional, bangunan masyarakat adat, atau desain yang secara eksplisit responsif terhadap iklim.
Luaran	Strategi desain pasif, kinerja termal, kualitas lingkungan dalam ruang, indikator kenyamanan, respons termal penghuni, atau luaran energi bangunan yang berkaitan dengan desain pasif.
Desain studi	Pengukuran lapangan, survei penghuni, metode campuran, simulasi, optimasi parametrik, studi komparatif, atau tinjauan sistematis yang secara eksplisit membahas kinerja bangunan.
Ketentuan publikasi	Publikasi berbahasa Inggris, telah ditelaah sejawat, terbit pada 2010–2026, serta menyediakan informasi metode atau luaran yang memadai untuk ekstraksi terstruktur.
Eksklusi	Studi budaya, sejarah, estetika, atau tipologi tanpa bukti termal atau kenyamanan; bukti perkotaan atau lanskap tanpa keterkaitan dengan desain bangunan; teks lengkap tidak dapat diakses; publikasi duplikat; disertasi yang tidak ditelaah sejawat; publikasi di luar rentang tahun; atau studi yang tidak cukup relevan untuk diekstraksi.

Seleksi studi

Publikasi duplikat dihapus sebelum penyaringan judul dan abstrak. Teks lengkap publikasi yang berpotensi memenuhi syarat kemudian ditelusuri dan dinilai berdasarkan kriteria pada Tabel 1. Alasan eksklusi pada tahap teks lengkap dicatat. Alur seleksi dan jumlah publikasi pada setiap tahap disajikan pada Gambar 2.

Setiap publikasi yang disertakan diberi satu peran analitis utama. Publikasi yang melaporkan lebih dari satu jenis hasil tetap dapat mendukung lapisan analisis lainnya.

Ekstraksi dan pengelompokan data

Data dari 35 publikasi dicatat dalam matriks terstruktur. Informasi yang diekstraksi meliputi penulis dan tahun, desain dan konteks penelitian, informasi sampel atau kasus, variabel desain pasif, luaran lingkungan atau kenyamanan, temuan kuantitatif, lapisan analisis utama, kategori bukti, dan fungsi publikasi dalam sintesis. Rincian ekstraksi disajikan pada Tabel Tambahan S1.

Setiap publikasi dikelompokkan ke dalam salah satu dari tiga lapisan analisis utama: strategi desain pasif, mekanisme kinerja lingkungan, atau respons kenyamanan penghuni. Lapisan strategi mencakup material, massa termal, halaman dalam, bentuk atap dan selubung, orientasi, peneduhan, vegetasi, ventilasi, dan rasio jendela terhadap dinding. Lapisan mekanisme mencakup proses fisik dan luaran terukur, seperti moderasi suhu, penyanggaan termal, pergerakan udara, kelembapan relatif, pengendalian radiasi, dan indikator energi. PET, SET, PMV, dan PPD dicatat sebagai indikator kenyamanan berbasis model. Lapisan respons penghuni mencakup sensasi termal, kepuasan, penerimaan terhadap kondisi termal atau keberterimaan, preferensi, kenyamanan adaptif, persepsi kendali, dan kepuasan terhadap lingkungan dalam ruang.

Penilaian kualitas dan sintesis bukti

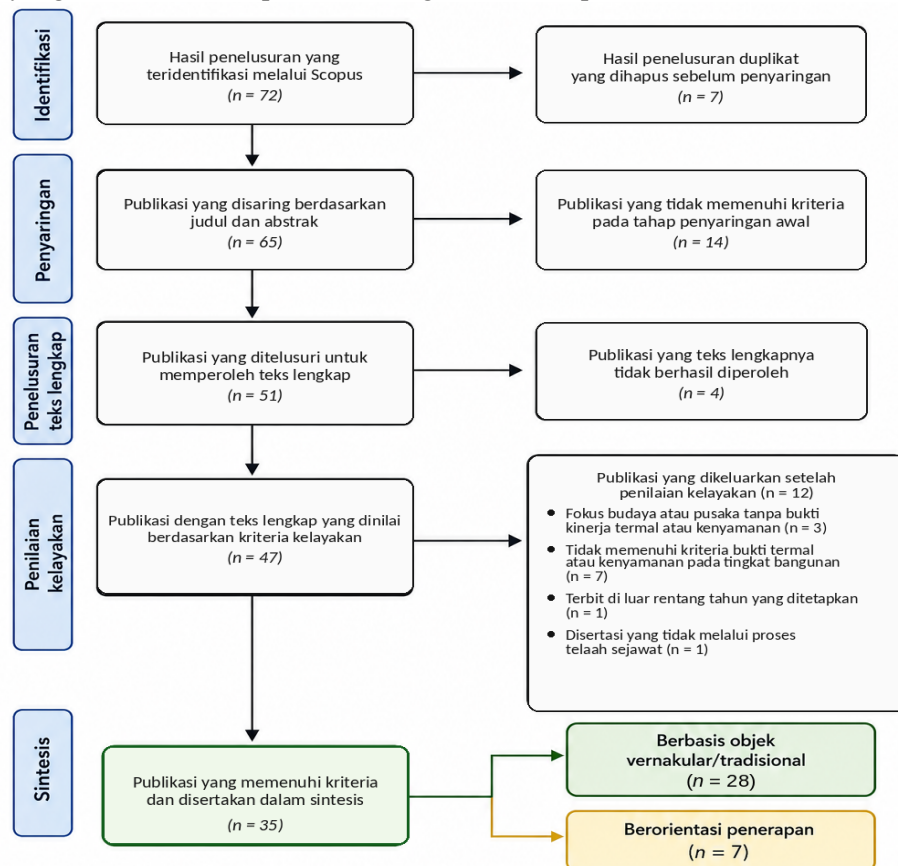
Korpus mencakup studi lapangan, survei, simulasi, optimasi parametrik, makalah konferensi, dan satu artikel tinjauan. Sebanyak 34 studi primer dinilai menggunakan QuADS karena instrumen tersebut memungkinkan penilaian terpadu terhadap studi dengan desain beragam (Harrison et al., 2021). Tiga belas kriteria dinilai pada skala 0-3, meliputi landasan konsep, kejelasan tujuan, konteks, kesesuaian desain, sampling, alasan dan kesesuaian alat pengumpulan data, prosedur, rekrutmen, alasan dan kesesuaian analisis, pelibatan pemangku kepentingan, serta pembahasan kekuatan dan keterbatasan. Satu

artikel tinjauan sekunder tidak diberi skor QuADS dan hanya digunakan sebagai bukti pendukung.

Penilaian dilakukan pada tingkat publikasi berdasarkan kelengkapan pelaporan dalam teks studi dan matriks ekstraksi. Skor domain dan alasan penilaian dicatat dalam Tabel Tambahan S1. Sesuai tujuan QuADS, tidak ditetapkan ambang arbitrer untuk mengelompokkan studi sebagai berkualitas tinggi atau rendah, dan skor tidak digunakan untuk mengecualikan studi. Profil domain digunakan untuk mengenali kekuatan, ketidakpastian, dan batas inferensi. Studi lapangan atau survei dengan konteks, prosedur, sampel, instrumen, dan analisis yang lebih transparan diberi bobot interpretatif lebih besar; studi dengan pelaporan terbatas digunakan secara lebih hati-hati sebagai bukti pendukung atau eksploratif.

Sintesis dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, publikasi dikelompokkan berdasarkan kategori bukti dan lapisan analisis utama, kemudian profil QuADS digunakan untuk memeriksa kekuatan relatif setiap temuan. Kedua, strategi pasif dan mekanisme lingkungan yang muncul berulang dibandingkan di seluruh korpus dengan tetap mempertahankan konteks iklim, musim, desain studi, dan mutu pelaporan. Ketiga, hubungan antara parameter arsitektural, strategi pasif, mekanisme lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons penghuni dipetakan menjadi kerangka kinerja bangunan.

Penggabungan statistik tidak dilakukan karena definisi luaran, instrumen, populasi, pembanding, bentuk pelaporan, dan kualitas metodologis berbeda antarpublikasi. Persentase kenyamanan atau kepuasan, perbedaan suhu, indikator energi, koefisien regresi, dan korelasi dipertahankan pada tingkat studi. Pada kerangka akhir, klasifikasi tiga lapisan diperluas menjadi lima komponen: parameter arsitektural, strategi desain pasif, mekanisme lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons penghuni. Iklim, musim, tipologi bangunan, pengoperasian, adaptasi penghuni, dan kualitas bukti diperlakukan sebagai faktor yang membatasi interpretasi hubungan antarkomponen.



Gambar 2. Diagram alir seleksi studi berdasarkan PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Hasil

Seleksi studi

Penelusuran menghasilkan 72 hasil. Setelah tujuh duplikat dihapus, 65 publikasi disaring melalui judul dan abstrak; 14 publikasi tidak memenuhi kriteria pada tahap ini. Teks lengkap dari 51 publikasi kemudian ditelusuri, tetapi empat tidak berhasil diperoleh. Dengan demikian, 47 publikasi dinilai kelayakannya. Sebanyak 12 publikasi selanjutnya dikeluarkan: tiga berfokus pada budaya atau pusaka tanpa bukti termal atau kenyamanan, tujuh tidak memenuhi kriteria bukti pada tingkat bangunan, satu berada di luar rentang tahun, dan satu merupakan disertasi yang tidak ditelaah sejawat. Pada akhirnya, 35 publikasi memenuhi kriteria dan disertakan dalam sintesis (Gambar 2).

Struktur dan karakteristik basis bukti

Korpus akhir berisi 28 publikasi yang secara langsung membahas objek vernakular/tradisional dan tujuh publikasi berorientasi penerapan. Kelompok kedua dipertahankan untuk membantu menerjemahkan prinsip desain pasif, seperti geometri halaman dalam, peneduhan, rasio jendela terhadap dinding, konfigurasi selubung, dan ventilasi, ke dalam parameter yang dapat diuji. Temuan dari kelompok ini tidak digunakan untuk menyimpulkan kenyamanan atau keunggulan bangunan vernakular.

Berdasarkan peran analitis utamanya, 15 publikasi membahas respons kenyamanan penghuni, 13 menjelaskan mekanisme kinerja lingkungan, dan tujuh berfokus pada strategi desain pasif. Pada kategori berbasis objek vernakular/tradisional, pembagiannya adalah 13 publikasi pada lapisan respons kenyamanan penghuni, 12 pada mekanisme kinerja lingkungan, dan tiga pada strategi desain pasif. Pada kategori berorientasi penerapan, dua publikasi berada pada lapisan respons kenyamanan penghuni, satu pada mekanisme kinerja lingkungan, dan empat pada strategi desain pasif. Ringkasan kategori, lapisan analisis, dan batas inferensi ditampilkan pada Gambar 3. Tabel 2 menyajikan karakteristik serta hasil ekstraksi ringkas, sedangkan rincian tiap publikasi tersedia dalam Tabel Tambahan S1.

Studi dalam kategori berbasis objek vernakular/tradisional mencakup pengukuran lapangan, survei, pemantauan jangka panjang, simulasi, dan perbandingan kasus di Asia serta Afrika. Objeknya beragam, mulai dari hunian berventilasi alami dan rumah tradisional berhalaman dalam hingga ruang semi-terbuka, bangunan pada iklim panas-kering, panas-lembap, atau dingin, serta sistem atap dan selubung vernakular. Skala sampel juga tidak seragam: beberapa penelitian hanya mengamati satu bangunan, sedangkan penelitian lain melibatkan ratusan hingga ribuan responden.

Kualitas metodologis dan transparansi pelaporan

Profil QuADS menunjukkan bahwa kejelasan tujuan, konteks bangunan atau iklim, dan kesesuaian desain umumnya merupakan aspek yang paling konsisten dilaporkan. Sebaliknya, rasional sampling dan rekrutmen, alasan pemilihan atau validasi instrumen, kelengkapan statistik, pelibatan penghuni dalam proses penelitian, serta pembahasan keterbatasan tidak selalu tersedia secara memadai. Pola ini berarti bahwa banyak studi cukup informatif untuk menjelaskan arah mekanisme, tetapi tidak selalu mendukung perbandingan kuantitatif atau generalisasi lintas iklim.

Bukti yang paling meyakinkan berasal dari pemantauan lintas musim atau sepanjang tahun yang menghubungkan pengukuran objektif dengan respons penghuni, seperti Wang et al. (2023), Zhang et al. (2018), dan Qian et al. (2023), serta perbandingan lapangan simultan dengan prosedur pengukuran yang jelas seperti Dili et al. (2011). Pada studi parametrik, validasi eksperimen memperkuat interpretasi hasil simulasi (Chanda & Biswas, 2026). Kepastian lebih rendah ditemukan pada studi satu kasus berdurasi terbatas, publikasi dengan sampel atau varians yang tidak dilaporkan, makalah konferensi, studi sekunder, dan simulasi yang pelaporan kalibrasi atau analisis sensitivitasnya terbatas. Matriks ringkas pada Tabel 2a menunjukkan cara kualitas bukti digunakan untuk menetapkan batas inferensi; skor tingkat publikasi disajikan dalam Tabel Tambahan S1.

Tabel 2a. Matriks kekuatan bukti dan batas inferensi.

Jenis bukti	Ciri yang memperkuat	Keterbatasan berulang	Penggunaan dalam sintesis
Respons penghuni	Sampel dan musim jelas; pengukuran lingkungan serempak; instrumen respons dijelaskan.	Rekrutmen, ambang respons, atau data tindakan adaptif tidak selalu lengkap.	Menilai kecenderungan kenyamanan dan keberterimaan, bukan proporsi universal.
Pengukuran fisik	Pembandingan langsung; interval dan durasi pemantauan jelas; beberapa ruang atau musim.	Satu kasus, varians tidak dilaporkan, atau periode pembandingan tidak selaras.	Menjelaskan arah mekanisme dan kondisi batas.
Simulasi/optimasi	Kalibrasi atau validasi; kondisi batas dan skenario dinyatakan; analisis sensitivitas.	Asumsi cuaca, jadwal, material, atau model kenyamanan tidak selalu transparan.	Menguji sensitivitas parameter; tidak dianggap bukti langsung pengalaman penghuni.
Tinjauan/konferensi	Memberi konteks mekanisme atau bukti awal yang relevan.	Kedalaman metode, data primer, atau telaah sejawat lebih terbatas.	Digunakan sebagai bukti pendukung, bukan dasar kesimpulan utama.

Kategori Bukti	Respons kenyamanan penghuni	Mekanisme kinerja lingkungan	Strategi desain pasif	Batas inferensi
Berbasis objek vernakular/tradisional (n = 28)	n = 13 Respons spesifik konteks	n = 12 Mekanisme terukur atau tersimulasi	n = 3 Hubungan desain-kinerja	Mendukung interpretasi spesifik konteks mengenai respons penghuni, mekanisme, dan hubungan desain-kinerja. Tidak menghasilkan estimasi efek universal.
Berorientasi penerapan (n = 7)	n = 2 Bukti pendukung respons	n = 1 Mekanisme pendukung	n = 4 Parameter operasional	Mendukung penerjemahan prinsip desain ke parameter operasional. Tidak digunakan untuk menyimpulkan keunggulan arsitektur vernakular.

Gambar 3. Kategori bukti, lapisan analisis utama, dan batas inferensi.**Tabel 2.** Karakteristik, strategi desain pasif, dan temuan utama dari 35 publikasi yang disertakan.

Studi, desain, dan kategori	Strategi atau variabel pasif	Temuan utama
A. Respons kenyamanan penghuni (15 publikasi)		
Singh et al. (2010) [O-RP] Studi lapangan; n = 300.	Ventilasi alami; material; selubung.	Rentang kenyamanan adaptif 24,0–29,1 °C.
Yang dan Misni (2026) [O-RP] Survei dengan SEM; n = 383.	Halaman dalam; aliran udara; massa termal.	Kenyamanan termal berkaitan kuat dengan kepuasan hunian ($\beta = 0,959$); karakteristik spasial dan halaman dalam turut berperan.
Hailu et al. (2021) [O-RP] Studi komparatif tradisional-modern; n = 106.	Sistem material; pengendalian kelembapan; selubung tradisional.	Kenyamanan/kepuasan mencapai 87,7% pada bangunan tradisional dan 22,65% pada bangunan modern.
Diz-Mellado et al. (2023) [P-RP] Studi kasus; 19 responden dan 3 halaman dalam.	Geometri dan rasio aspek halaman dalam; ventilasi; peneduhan.	Sekitar 90% responden menilai halaman dalam secara positif; 18 dari 19 merasakan ventilasi lebih baik; kesenjangan termal 8,1–11,1 °C.
Hermawan dan Švajlenka (2021) [O-RP] Studi kenyamanan adaptif; n = 2.880.	Jenis material; konteks iklim; elemen arsitektural.	Proporsi kenyamanan 0–39% dan modulasi adaptif 1–2 °C dilaporkan menurut konteks iklim dan material.
Chen et al. (2026) [O-RP] Survei dan pemodelan; n = 382.	Tata ruang Linpan; vegetasi; bentuk spasial.	Suhu udara menjadi prediktor utama kenyamanan; kecepatan udara dan RH merupakan prediktor sekunder.
Nematchoua et al. (2014) [O-RP] Kuesioner komparatif; n > 500.	Ventilasi; kelembapan; bentuk bangunan tradisional.	Kenyamanan mencapai 51% pada bangunan tradisional dan 37,6% pada bangunan modern.
Shastri et al. (2014) [O-RP] Pemantauan lapangan dan simulasi; jumlah responden = NR.	Dinding batu pecah; atap tanah; teritisan; perubahan material dan halaman dalam.	Peralihan ke material modern menaikkan suhu ruang 7–10 °C; teritisan menurunkan suhu sekitar 3,5 °C; variasi harian <3 °C.
Nematchoua et al. (2018) [O-RP] Studi kenyamanan termal; n = 992.	Ventilasi alami.	Kepuasan mencapai 80%; rentang nyaman sekitar 24,6–28,4 °C; >75% responden menginginkan pendinginan pada suhu >28 °C.

Studi, desain, dan kategori	Strategi atau variabel pasif	Temuan utama
Elnabawi dan Hamza (2020) [P-RP] Studi kenyamanan termal luar ruang; n = 320.	Peneduhan formal dan informal.	PET netral di area teduh sebesar 29,9 °C; proporsi respons musim panas 61,3% pada area teduh dan 52,6% pada area terpapar.
Wang et al. (2023) [O-RP] Pengukuran objektif dan survei subjektif pada empat hunian tradisional tipe lama dan baru; n = 232.	Selubung; massa termal; ventilasi; pengondisian; perbedaan tipe hunian.	Suhu netral tipe lama 18,1 °C pada musim dingin dan 27,1 °C pada musim panas; tipe baru 19,8 °C dan 25,7 °C. Rentang dapat diterima berbeda menurut tipe hunian dan musim.
Zhang et al. (2018) [O-RP] Survei lapangan selama satu tahun pada rumah rakyat perdesaan di 11 wilayah Guangdong; 1.657 pasangan data lingkungan-respons.	Ruang semi-terbuka; patio; ventilasi alami; adaptasi pakaian dan kendali penghuni.	Suhu netral ruang semi-terbuka 0,6–1,3 °C lebih rendah daripada ruang dalam; batas atas keberterimaan 80% lebih rendah 0,8–4,7 °C.
Qian et al. (2023) [O-RP] Pemantauan longitudinal selama satu tahun pada satu hunian tradisional berhalaman dalam; lebih dari 1.000 kuesioner TSV.	Halaman dalam; ruang semi-terbuka; ventilasi alami; renovasi terarah; peralatan berdaya rendah.	Suhu operatif aktual umumnya tidak berbeda jauh dari rentang kenyamanan adaptif yang diprediksi; kenyamanan sepanjang tahun tetap bergantung pada musim, tipe ruang, dan intervensi terbatas.
Chkeir et al. (2022) [O-RP] Kuesioner dan pengukuran ruang dalam; n = NR.	Orientasi; tinggi plafon; material; strategi desain pasif.	Pada rumah tradisional, 81% responden saat musim panas dan 77% saat musim dingin memilih tidak mengubah kondisi termal; skor orientasi utara 4,85/7.
Toe dan Kubota (2015) [O-RP] Pengukuran pada 2 rumah Melayu, 2 rumah toko Tionghoa, dan rumah teras pembanding.	Ventilasi alami; halaman dalam; moda ventilasi.	Ruang di sekitar halaman dalam sekitar 5 °C lebih sejuk saat puncak; pelampauan batas kenyamanan 7–8% pada rumah toko Tionghoa, 47% pada rumah Melayu, dan 91%/42% pada rumah teras siang/malam.
B. Mekanisme kinerja lingkungan (13 publikasi)		
Zamani et al. (2019) [O-ML] Studi fisik dan mikroklimat halaman dalam; n = NR.	Keberadaan halaman dalam.	Halaman dalam menghasilkan penyanggaan mikroklimat dengan $\Delta T = -1,2$ °C.
Yang dan Misni (2025) [O-ML] Studi mikroklimat dan kenyamanan berbasis PET; n = NR.	Vegetasi; albedo; tata ruang.	Kondisi nyaman berbasis PET dilaporkan sebesar 70%.
Liu et al. (2025) [O-ML] Simulasi parametrik pada 56 hunian Zhuangke.	Halaman dalam; orientasi; tata ruang; rongga dinding; teritisan; ruang matahari.	SET meningkat 0,65–1,02 °C dan EUI pemanasan tahunan menurun 10,2%-33,1%; tinggi bangunan menjadi parameter paling sensitif.
Chen dan Misni (2025) [O-ML] Studi komparatif vernakular-modern; n = NR.	Fitur desain vernakular dibandingkan bangunan modern.	$\Delta T = -2,6$ °C; RH meningkat 5%-8%; kecepatan udara meningkat 1,2 m/s.
Sharma dan Sharma (2025) [O-ML] Studi kinerja termal rumah adobe; n = NR.	Adobe; massa termal.	Massa termal adobe memoderasi rentang suhu, tetapi varians lengkap tidak tersedia.
Tarun dan Vijayalaxmi (2025) [O-ML] Studi kinerja termal atap vernakular; n = NR.	Jenis atap.	Deviasi terhadap kenyamanan berada pada 0,1–3,6 °C; 57% kondisi dilaporkan nyaman.
Samuel et al. (2017) [O-ML] Studi selubung dan perpindahan panas; n = NR.	Rongga udara; massa termal.	Rongga udara dan massa termal menghasilkan $\Delta T = -1,2$ °C serta mengurangi fluktuasi suhu sebesar 0,9 °C.
Shi et al. (2024) [O-ML] Studi hunian Yaodong pada musim dingin; n = NR.	Tipologi Yaodong.	Retensi panas musim dingin menunjukkan $\Delta T = +7$ °C dibandingkan kondisi luar.
Salameh et al. (2023) [P-ML] Studi desain perkotaan dan peneduhan; n = NR.	Desain perkotaan; peneduhan.	Peneduhan berkaitan dengan penurunan suhu sebesar 1 °C.
Dili et al. (2010) [O-ML] Analisis kualitatif dan pengukuran lapangan pada hunian vernakular Kerala dalam berbagai musim.	Orientasi; tata ruang; halaman dalam; material lokal; dinding tebal; atap; plafon; bukaan; ventilasi alami.	Variasi suhu ruang dalam rendah; bagian bawah halaman dalam menjadi zona paling sejuk; aliran udara terkontrol dan berkelanjutan diamati melalui halaman dalam.
Dili et al. (2011) [O-ML] Pemantauan simultan pada satu	Halaman dalam; selubung dan material; peneduhan; ventilasi	Suhu maksimum kamar modern sekitar 2,5 °C lebih tinggi; MRT 1,5–5,5 °C lebih tinggi; aliran udara

Studi, desain, dan kategori	Strategi atau variabel pasif	Temuan utama
rumah tradisional dan satu rumah modern di Kerala selama musim panas.	alami; perbandingan tradisional-modern.	rumah tradisional lebih kontinu dan PMV/PPD menunjukkan kondisi lebih nyaman.
Zune et al. (2020a) [O-ML] Artikel tinjauan sekunder mengenai atap bertingkat tradisional; n = NR.	Ventilasi atap; geometri atap bertingkat.	Mendukung interpretasi peran ventilasi atap dan geometri bertingkat dalam pembentukan aliran udara; tidak digunakan sebagai estimasi kuantitatif.
Sarkar (2024) [O-ML] Survei 10 rumah tradisional dan 30 rumah modern; data energi 2021–2022.	Konstruksi tradisional-modern; massa termal; karakteristik hunian.	EPI rumah tradisional 7,89 dan rumah modern 39,24 kWh/m ² /tahun; konsumsi energi tahunan rumah modern 5,4 kali lebih tinggi.
C. Strategi desain pasif (7 publikasi)		
Chanda dan Biswas (2026) [O-SD] Fuzzy TOPSIS, simulasi, dan validasi eksperimen pada lima iklim.	Alternatif WWR menurut klasifikasi iklim.	WWR optimum berada pada 30%-36%: panas-kering 30%; panas-lembap, komposit, dan dingin 34%; sedang 36%.
Zheng et al. (2022) [O-SD] Studi konfigurasi selubung pada hunian bata-kayu; n = NR.	Insulasi selubung.	Perubahan APMV sebesar 4,7% dilaporkan setelah penerapan insulasi selubung.
Aloshan dan Aldali (2025) [P-SD] Optimasi desain berbasis pembelajaran mesin; n = NR.	WWR; geometri halaman dalam; insulasi.	Konfigurasi teroptimasi menghasilkan <70 jam ketidaknyamanan per tahun.
Tabadkani et al. (2022) [P-SD] Studi parametrik mengenai halaman dalam; n = NR.	Geometri; WWR; material.	Parameter desain menunjukkan korelasi tinggi dengan PMV, tetapi tidak tersedia satu ukuran efek yang dapat diekstraksi.
Soflaei et al. (2020) [P-SD] Simulasi desain perumahan; 8.600 skenario.	Orientasi dan geometri halaman dalam.	Sebanyak 8.600 skenario menguji pengaruh orientasi dan geometri terhadap mikroklimat serta indeks kenyamanan; tidak tersedia satu ukuran efek.
Ragab et al. (2025) [P-SD] Simulasi bangunan pendidikan pada iklim kering; n = NR.	WWR 20%; strategi ventilasi.	Suhu menurun 1–2 °C, PMV membaik, dan konsentrasi CO ₂ menurun 36%.
Zune et al. (2020b) [O-SD] Telaah teknik pasif dan simulasi 15 model serta rumah Bamar dan Mon pada tiga konteks iklim Myanmar.	Orientasi; WWR; tata ruang; peneduhan; ventilasi atap; material; ventilasi gable; plafon; infiltrasi.	Teknik pasif diuji pada cuaca tipikal dan skenario iklim masa depan; hasil menunjukkan perlunya peningkatan strategi tradisional pada sebagian skenario masa depan.

Catatan. O = berbasis objek vernakular/tradisional; P = berorientasi penerapan; RP = respons kenyamanan penghuni; ML = mekanisme kinerja lingkungan; SD = strategi desain pasif; NR = tidak dilaporkan. Rincian luaran, bukti numerik, catatan penilaian, dan profil domain QuADS tersedia dalam Tabel Tambahan S1.

Keterbandingan dan kepastian bukti

Pada kategori berbasis objek vernakular/tradisional, kepastian relatif lebih kuat ketika jenis bangunan, iklim atau musim, prosedur pengukuran atau survei, sampel, dan pembandingan dilaporkan secara rinci. Perbandingan tradisional-modern dapat menunjukkan arah perbedaan, tetapi proporsi kenyamanan sering dibentuk oleh definisi, instrumen, dan struktur kelompok yang tidak sama. Studi kenyamanan adaptif memberikan konteks yang kaya, namun hasilnya tidak dapat disejajarkan langsung dengan studi berbasis PMV, PET, atau SET.

Keterbandingan studi fisik juga terbatas. Perbedaan suhu dapat berarti penurunan puncak suhu ruang, selisih antarruang, perbedaan dalam-luar, pengurangan amplitudo harian, atau peningkatan retensi panas musim dingin. Banyak laporan tidak menyediakan estimasi varians, deret waktu lengkap, atau periode pembandingan yang setara. Karena itu, angka dipertahankan pada tingkat studi dan digunakan untuk menjelaskan mekanisme, bukan untuk menghitung satu efek gabungan.

Simulasi dan analisis parametrik membantu menguji sensitivitas desain serta kompromi antarindikator, tetapi kepastiannya bergantung pada kalibrasi, kondisi batas, jadwal hunian, berkas cuaca, dan asumsi kenyamanan. Sintesis diarahkan pada mekanisme yang berulang dan logika desain yang bersyarat. Bukti dengan profil QuADS lebih lengkap digunakan untuk menopang kesimpulan utama, sedangkan bukti dengan pelaporan terbatas digunakan untuk menguatkan konteks atau mengidentifikasi hipotesis.

Kelompok strategi desain pasif

Empat rumpun strategi muncul secara berulang: (1) sistem material dan massa termal; (2) konfigurasi halaman dalam serta organisasi ruang; (3) ventilasi alami dan pengendalian bukaan; dan (4) peneduhan, vegetasi, serta pengendalian radiasi matahari. Kajian Zune et al. (2020a) menunjukkan peran atap bertingkat dalam pembentukan aliran udara. Pada publikasi lain, rumah vernakular Myanmar disimulasikan dengan memvariasikan orientasi, rasio bukaan, tata ruang, peneduhan, ventilasi atap, dan material untuk kondisi iklim saat ini maupun skenario masa depan (Zune et al., 2020b). Orientasi berkaitan dengan kenyamanan pada rumah tradisional dan kontemporer (Chkeir et al., 2022). Kondisi termal ruang dalam juga dipengaruhi oleh konfigurasi selubung (Zheng et al., 2022), sementara rasio jendela terhadap dinding menghasilkan kompromi yang berbeda pada tiap iklim (Chanda & Biswas, 2026).

Pada kelompok pertama, material dan massa termal bekerja melalui jeda waktu, pengurangan fluktuasi suhu ruang, penyimpanan panas, dan kestabilan musiman. Di Sugganahalli, dinding batu pecah dan atap tanah merupakan bagian penting dari selubung tradisional (Shastry et al., 2014). Samuel et al. (2017) membandingkan bangunan bermaterial lokal dengan bangunan yang menggunakan material konstruksi modern. Kinerja atap berbahan vernakular dikaji oleh Tarun dan Vijayalaxmi (2025), sedangkan Sharma dan Sharma (2025) menilai kenyamanan rumah berlumpur pada musim dingin. Pada hunian Kerala, material lokal, dinding tebal, atap, plafon, halaman dalam, dan ventilasi membentuk sistem yang membatasi variasi suhu serta menjaga kondisi ruang lebih stabil (Dili et al., 2010). Perbandingan langsung pada lokasi yang sama juga menemukan suhu udara dan suhu radiasi rata-rata yang lebih rendah di rumah tradisional daripada rumah modern selama musim panas (Dili et al., 2011). Di Indonesia, Hermawan dan Švajlenka (2021) membandingkan material rumah vernakular pada lingkungan pegunungan dan pesisir. Di Tiongkok, Zheng et al. (2022) meneliti pengaruh selubung bata-kayu terhadap lingkungan termal ruang dalam. Hailu et al. (2021) menunjukkan kontribusi teknik dan material tradisional, bersama kondisi mikroklimat, terhadap kenyamanan pada kasus di Etiopia. Meskipun demikian, manfaat massa termal tetap bergantung pada kondisi: kestabilan dapat meningkat bila paparan matahari dan pelepasan panas dikendalikan, tetapi massa termal sendiri tidak menjamin kenyamanan.

Halaman dalam memiliki dua fungsi sekaligus, yaitu mengatur ruang dan membentuk mikroklimat. Pada rumah toko Tionghoa, elemen ini memoderasi kondisi termal ruang di sekelilingnya (Toe & Kubota, 2015). Pemantauan rumah rakyat perdesaan di Guangdong memperlihatkan perbedaan suhu netral dan batas keberterimaan antara ruang dalam dan ruang semi-terbuka yang tersambung dengan patio (Zhang et al., 2018). Pemantauan tahunan pada hunian tradisional berhalaman dalam juga menunjukkan bahwa kenyamanan berubah menurut musim dan tipe ruang (Qian et al., 2023). Di Kerala, halaman dalam menjadi bagian dari sistem pengendalian mikroklimat dan pergerakan udara (Dili et al., 2010). Hubungannya dengan kinerja energi serta kenyamanan musim panas diteliti pada iklim gurun oleh Zamani et al. (2019). Pada hunian berhalaman dalam di Tiongkok, ketebalan selubung, bukaan, vegetasi, dan material dianalisis terhadap indikator kenyamanan termal (Yang & Misni, 2025). Chen et al. (2026) memperluas kajian ini ke tata ruang Linpan serta hubungan kondisi dalam dan luar ruang pada musim dingin. Bukti berorientasi penerapan turut menunjukkan pengaruh halaman dalam terhadap persepsi pengguna dan ruang yang berdekatan (Diz-Mellado et al., 2023). Simulasi Soflaci et al. (2020) menguji konfigurasi halaman dalam berdasarkan kenyamanan adaptif, sedangkan Tabadkani et al. (2022) memperlihatkan konsekuensinya terhadap kenyamanan dan biaya utilitas. Optimasi pada iklim panas dan hangat juga menunjukkan adanya kompromi antara geometri halaman dalam, WWR, insulasi, energi, dan kenyamanan (Aloshan & Aldali, 2025).

Ventilasi alami menjadi strategi utama pada bangunan vernakular di India Timur Laut (Singh et al., 2010). Di Malaysia, mekanisme pendinginan pasif pada rumah Melayu

bertumpu pada ventilasi, sedangkan rumah toko Tionghoa memanfaatkan aliran udara yang didukung halaman dalam (Toe & Kubota, 2015). Ruang semi-terbuka pada rumah rakyat Guandong memiliki kecepatan udara lebih tinggi dan kelembapan relatif lebih rendah daripada ruang dalam (Zhang et al., 2018). Pada hunian Kerala, bukaan, jalli, halaman dalam, dan susunan ruang menjaga aliran udara tetap berlangsung (Dili et al., 2010); perbandingan dengan rumah modern juga memperlihatkan aliran yang lebih kontinu pada rumah tradisional (Dili et al., 2011). Bukaan fleksibel dan halaman dalam pada hunian Sanheyuan berkaitan dengan kecepatan udara serta moderasi iklim mikro musim panas (Chen & Misni, 2025). Pada sistem atap bertingkat, hubungan antara geometri dan jalur aliran membentuk mekanisme ventilasi tersendiri (Zune et al., 2020a). Simulasi rumah Myanmar menunjukkan bahwa efektivitas teknik tersebut tetap perlu diuji kembali dalam skenario iklim masa depan (Zune et al., 2020b). Secara umum, ventilasi vernakular dipengaruhi oleh kondisi udara luar, medan tekanan, konfigurasi bukaan, dan kesinambungan jalur aliran (Pan et al., 2024). Bukti dari bangunan pendidikan di iklim kering juga menunjukkan bahwa rancangan jendela dan skenario ventilasi memengaruhi kualitas udara serta kenyamanan termal (Ragab et al., 2025).

Peneduhan dan vegetasi terutama bekerja dengan mengurangi paparan radiasi matahari, meskipun keduanya juga dapat mengubah kelembapan halaman dalam dan toleransi termal. Pada hunian vernakular berhalaman dalam, vegetasi peneduh serta karakter permukaan berkaitan dengan kestabilan iklim mikro dan PET musim panas (Yang & Misni, 2025). Perbandingan hunian Sanheyuan dengan hunian modern menunjukkan hubungan antara vegetasi halaman, susunan ruang, suhu, kelembapan relatif, dan kecepatan udara (Chen & Misni, 2025). Dalam kategori berorientasi penerapan, Elnabawi dan Hamza (2020) mengkaji praktik peneduhan formal maupun informal melalui respons termal pengguna ruang luar. Salameh et al. (2023) selanjutnya mengevaluasi perangkat peneduh dan konfigurasi kawasan untuk memperbaiki kinerja termal serta PMV pada distrik perkotaan.

Tabel 3. Kelompok strategi desain pasif yang berulang.

Kelompok strategi	Fungsi lingkungan utama	Implikasi interpretatif
Sistem material dan massa termal	Jeda waktu termal, penyimpanan dan pelepasan panas, pengurangan fluktuasi suhu, serta penyanggaan kelembapan melalui selubung	Berpotensi menghasilkan kondisi ruang dalam yang lebih stabil; kinerjanya bergantung pada iklim, peneduhan, dan ventilasi.
Konfigurasi halaman dalam dan organisasi ruang	Peneduhan oleh geometri, pembentukan iklim mikro, pengaturan aliran udara, serta penyanggaan kondisi dalam-luar ruang	Dapat memoderasi paparan panas dan mendukung kenyamanan ruang transisi apabila geometri dan pengoperasiannya sesuai.
Ventilasi alami dan pengendalian bukaan	Aliran silang, ventilasi tumpukan atau atap, pembuangan panas pada malam hari, dan pendinginan konvektif	Memperluas peluang kenyamanan adaptif apabila kondisi luar dan jalur bukaan mendukung.
Peneduhan, vegetasi, dan pengendalian radiasi matahari	Pengurangan perolehan panas matahari dan beban radiasi; efek evaporatif dan iklim mikro lokal	Dapat meningkatkan toleransi termal dan mengurangi stres panas; pengaruhnya sering terintegrasi dengan desain halaman dalam dan selubung.

Mekanisme kinerja lingkungan

Di antara mekanisme yang dilaporkan, moderasi suhu udara dan penyanggaan termal merupakan pola yang paling sering muncul. Pada hunian panas-lembap yang diteliti, peralihan ke material modern berkaitan dengan kenaikan suhu ruang dalam, sedangkan teritisan dan selubung tradisional membantu mengurangi paparan panas puncak serta

fluktuasi harian (Shastry et al., 2014). Toe dan Kubota (2015) menemukan suhu puncak yang lebih rendah pada ruang di sekitar halaman dalam rumah toko Tionghoa. Hasil serupa dilaporkan oleh Chen dan Misni (2025), yang mencatat suhu puncak ruang dalam lebih rendah pada hunian Sanheyuan daripada hunian perdesaan modern. Pada kasus Kerala, kamar rumah modern mencapai suhu maksimum sekitar 2,5 °C lebih tinggi dan suhu radiasi rata-rata 1,5–5,5 °C lebih tinggi daripada rumah tradisional pada musim panas (Dili et al., 2011). Angka-angka tersebut tidak digabungkan karena menggunakan pembanding, musim, acuan ruang, dan definisi waktu yang berbeda.

Kinerja vernakular juga tidak hanya berkaitan dengan pelepasan panas. Pada musim dingin, hunian Yaodong menunjukkan kemampuan retensi panas yang lebih baik (Shi et al., 2024). Liu et al. (2025) menilai SET dan energi pemanasan pada sejumlah arketipe tradisional Zhuangke. Kedua studi tersebut memperluas pemahaman tentang pengendalian termal pasif: suatu strategi dapat dirancang untuk membuang panas pada satu musim, tetapi mempertahankannya ketika kondisi iklim berubah.

Pergerakan udara dan kelembapan sering muncul sebagai mekanisme yang saling memengaruhi. Pada halaman dalam vernakular, Chen dan Misni (2025) melaporkan kecepatan udara yang lebih tinggi dan pola kelembapan yang berbeda dibandingkan hunian modern. Yang dan Misni (2025) mengaitkan tinggi selubung, vegetasi peneduh, sifat material, dan pendinginan malam hari dengan PET serta PMV musim panas. Di Kerala, aliran melalui halaman dalam berlangsung secara terkendali dan ikut menyangga kelembapan (Dili et al., 2010). Pada rumah rakyat Guangdong, ruang semi-terbuka menunjukkan kecepatan udara lebih tinggi serta kelembapan relatif lebih rendah daripada ruang dalam (Zhang et al., 2018). Kajian mengenai ventilasi atap juga menegaskan pentingnya koordinasi bukaan masuk-keluar, perbedaan tekanan, dan geometri atap (Zune et al., 2020a).

Bukti energi jumlahnya lebih sedikit, tetapi tetap relevan bagi pembahasan bangunan berenergi rendah. Dalam sampel Sarkar (2024), indeks kinerja energi rumah perdesaan tradisional jauh lebih rendah daripada rumah perkotaan modern. Liu et al. (2025) juga mencatat penurunan intensitas energi pemanasan pada konfigurasi Zhuangke yang dioptimalkan. Temuan tersebut tidak dapat diubah menjadi rasio umum antara rumah tradisional dan modern karena sangat bergantung pada konteks penelitian masing-masing.

Tabel 4. Mekanisme kinerja lingkungan dan batasan interpretasinya.

Mekanisme	Pola bukti	Batasan interpretatif
Moderasi suhu	Penurunan suhu puncak, penurunan suhu pada ruang yang berdekatan, atau moderasi selisih suhu dalam-luar ruang	Definisi dan basis waktunya berbeda; efek suhu gabungan tidak dihitung.
Penyanggaan termal dan penyimpanan musiman	Pengurangan fluktuasi, penundaan perpindahan panas, retensi panas pada musim dingin, atau pelepasan panas pada malam hari	Menunjukkan pengendalian termal pasif, bukan hanya pendinginan.
Peningkatan aliran udara	Ventilasi silang, aliran yang didukung halaman dalam, ventilasi atap, atau peningkatan kecepatan udara terukur	Bergantung pada kondisi udara luar, medan tekanan, dan pengoperasian oleh penghuni.
Pengaturan kelembapan	Perbedaan profil RH yang berkaitan dengan vegetasi, material, atau ventilasi	Perlu ditafsirkan bersama suhu, kecepatan udara, dan potensi evaporasi.
Pengendalian radiasi matahari	Peneduhan oleh geometri, teritisan, vegetasi, orientasi, dan sifat permukaan	Dapat mengurangi suhu radiasi rata-rata dan perolehan panas matahari.
Kinerja energi	Kebutuhan pemanasan atau pendinginan, EPI/EUI, atau jam ketidaknyamanan	Berguna untuk penerapan desain, tetapi sangat bergantung pada batas sistem dan asumsi hunian.

Respons kenyamanan penghuni

Pada studi yang melibatkan penghuni, hasil kenyamanan di lingkungan vernakular atau tradisional cenderung positif, tetapi besarnya tidak seragam. Hailu et al. (2021) menemukan proporsi kenyamanan atau kepuasan yang lebih tinggi pada bangunan tradisional daripada bangunan modern pembanding. Arah yang sama dilaporkan oleh Nematchoua et al. (2014), sedangkan Nematchoua et al. (2018) mendokumentasikan kenyamanan adaptif dan preferensi pada bangunan tradisional berventilasi alami. Wang et al. (2023) menunjukkan bahwa suhu netral dan rentang keberterimaan berbeda menurut tipe hunian tradisional serta musim. Perbedaan antara ruang dalam dan ruang semi-terbuka juga terlihat pada suhu netral dan batas keberterimaan (Zhang et al., 2018). Pada hunian berhalaman dalam, suhu operatif sepanjang tahun umumnya berada tidak jauh dari rentang kenyamanan adaptif yang diprediksi, meskipun tetap berubah menurut musim dan ruang (Qian et al., 2023). Preferensi termal yang berbeda antarmusim dilaporkan oleh Chkeir et al. (2022), sementara Singh et al. (2010) menemukan rentang suhu nyaman yang cukup luas pada bangunan vernakular berventilasi alami.

Persentase dan rentang tersebut tetap disajikan secara terpisah. Perbedaan iklim, tipe bangunan, redaksi kuesioner, definisi kenyamanan, ambang respons, pembagian sampel, dan jenis nilai yang dilaporkan membuat hasil antarpublikasi tidak setara. Sebagian studi melaporkan kepuasan, sebagian keberterimaan atau preferensi, dan sebagian lain proporsi responden yang berada dalam zona nyaman. Menghitung satu proporsi gabungan dalam kondisi ini akan menimbulkan kesan kesetaraan yang tidak didukung oleh bukti primer.

Temuan berbasis penghuni memperlihatkan bahwa kenyamanan tidak dapat dijelaskan oleh suhu udara saja. Dalam model adaptif, pakaian, aktivitas, riwayat iklim, ekspektasi, dan kesempatan untuk mengendalikan lingkungan ikut membentuk respons termal (Yao et al., 2022). Ming et al. (2023) juga menunjukkan bahwa variabel kenyamanan dapat berhubungan melalui jalur langsung maupun tidak langsung dalam lingkungan dinamis. Di dalam korpus, Yang dan Misni (2026) menggunakan PLS-SEM untuk menilai hubungan antara karakteristik hunian, kenyamanan termal, dan kepuasan. Chen et al. (2026) memadukan pengukuran mikroklimat dengan respons penghuni untuk mengevaluasi ruang dalam dan luar. Bukti lapangan dari Wang et al. (2023), Zhang et al. (2018), dan Qian et al. (2023) menegaskan peran musim, tipe ruang, pengalaman termal, dan peluang kendali terhadap suhu netral serta keberterimaan. Seluruh hasil tersebut dipertahankan sebagai temuan pada tingkat studi dan tidak diubah menjadi korelasi umum ataupun efek gabungan.

Tabel 5. Bukti respons kenyamanan penghuni dan interpretasinya.

Ranah respons penghuni	Temuan sintesis	Implikasi interpretatif
Sensasi dan preferensi termal	Penghuni dapat menerima sensasi termal yang bervariasi atau memilih mempertahankan kondisi pada lingkungan berventilasi alami.	Mendukung interpretasi adaptif; skala respons bervariasi.
Kepuasan dan penerimaan termal	Beberapa studi komparatif melaporkan kecenderungan yang lebih baik pada bangunan tradisional atau vernakular.	Tidak digabungkan karena definisi luaran dan penyebut tidak setara.
Rentang kenyamanan adaptif	Studi musiman dan tahunan menunjukkan bahwa suhu netral dan rentang dapat diterima bervariasi menurut iklim, musim, tipe hunian, serta perbedaan antara ruang dalam dan ruang semi-terbuka.	Bergantung pada riwayat iklim, peluang kendali, pakaian, tipe ruang, dan ekspektasi penghuni; hasil tidak dapat digabungkan menjadi satu rentang universal.
Proksi kenyamanan	PET, SET, PMV, PPD, dan jam nyaman menerjemahkan kondisi	Metrik tersebut tidak dapat dipertukarkan dan tidak

Ranah respons penghuni	Temuan sintesis	Implikasi interpretatif
	fisik menjadi indikator berbasis model.	menggantikan respons langsung penghuni.
Persepsi kendali dan keakraban budaya	Kendali bukaan, pilihan ruang, dan keakraban memengaruhi penerimaan terhadap kondisi termal.	Merupakan mediator penting yang perlu diukur secara eksplisit dalam studi mendatang.

Jalur kinerja bangunan terintegrasi

Secara keseluruhan, bukti membentuk alur yang kontekstual dari parameter arsitektural menuju pengalaman termal penghuni. Parameter awalnya meliputi sifat material, dimensi halaman dalam, bentuk atap dan selubung, rasio bukaan, orientasi, peneduhan, vegetasi, serta jalur ventilasi. Parameter tersebut diwujudkan melalui empat kelompok strategi pasif: sistem material dan massa termal; konfigurasi halaman dalam dan organisasi ruang; ventilasi alami dan pengendalian bukaan; serta peneduhan, vegetasi, dan pengendalian radiasi matahari. Kinerja strategi berlangsung melalui moderasi dan stabilisasi suhu, penyimpanan serta pelepasan panas, pergerakan udara, pengaturan kelembapan, pengendalian radiasi, dan pembentukan mikroklimat. Kondisi fisik itu kemudian direkam melalui variabel terukur atau indikator kenyamanan, sebelum akhirnya dialami penghuni sebagai sensasi, kepuasan, keberterimaan, preferensi, dan persepsi kendali.

Hubungan dalam alur tersebut tidak bersifat tetap. Iklim, musim, jenis bangunan, morfologi lingkungan, pemeliharaan, pola hunian, dan kendali penghuni dapat menguatkan, melemahkan, bahkan mengubah arah pengaruh yang diperkirakan. Atas dasar itu, Gambar 4 menampilkan faktor pemodifikasi kontekstual tanpa memberikan bobot numerik atau koefisien kausal.



Gambar 4. Kerangka kinerja bangunan peka iklim yang menghubungkan parameter arsitektural, strategi desain pasif, mekanisme kinerja lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons kenyamanan penghuni.

Ringkasan temuan

Tiga pokok temuan dapat ditarik dari sintesis ini. Pertama, strategi yang paling sering muncul ialah sistem material dan massa termal; konfigurasi halaman dalam serta organisasi ruang; ventilasi alami dan pengendalian bukaan; serta peneduhan, vegetasi, dan pengendalian radiasi matahari. Kedua, pengaruh strategi tersebut terhadap kenyamanan berjalan melalui beberapa mekanisme yang saling berkaitan, tidak semata-mata melalui penurunan suhu. Ketiga, respons penghuni secara umum menunjukkan arah positif, tetapi keragaman hasilnya terlalu besar untuk diringkas sebagai proporsi kenyamanan universal atau efek termal gabungan. Kontribusi utama tinjauan ini dengan demikian terletak pada alur berbasis bukti untuk menguji desain, bukan pada satu angka kinerja vernakular.

Pembahasan

Memposisikan kembali arsitektur vernakular sebagai pengetahuan kinerja yang dapat diuji

Arsitektur vernakular dalam tinjauan ini diperlakukan sebagai sumber pengetahuan kinerja yang dapat diuji, bukan sebagai kumpulan bentuk yang siap ditiru. Posisi tersebut penting karena tinjauan terdahulu menemukan keragaman yang besar dalam metode dan model penilaian kenyamanan (Costa-Carrapico et al., 2022), serta dalam iklim, tipologi, dan strategi responsif yang menjadi objek kajian (Yang et al., 2022). Pemisahan antara publikasi berbasis objek vernakular/tradisional dan publikasi berorientasi penerapan juga membantu mencegah studi tentang halaman dalam atau peneduhan kontemporer dibaca sebagai bukti langsung keunggulan vernakular.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa bagian yang paling mungkin diterapkan lintas konteks bukanlah bentuknya, melainkan parameter desain yang terhubung dengan mekanisme tertentu. Halaman dalam tidak selalu nyaman; hasilnya bergantung pada geometri, peneduhan, sifat permukaan, vegetasi, jalur udara, dan cara ruang dioperasikan. Massa termal pun tidak otomatis menguntungkan karena pengaruhnya ditentukan oleh perolehan panas, jeda waktu, pelepasan panas malam hari, dan sasaran musiman. Hal yang sama berlaku pada ventilasi: pendinginan hanya terjadi bila kondisi udara luar, angin, susunan bukaan, dan akses penghuni untuk mengendalikan bangunan mendukungnya. Kerangka yang bersyarat seperti ini lebih berguna bagi desain masa kini daripada peniruan gaya vernakular.

Kekuatan bukti dan sumber ketidakpastian

Penilaian kualitas menunjukkan bahwa konsistensi arah temuan tidak selalu sebanding dengan kepastian bukti. Pemantauan tahunan atau lintas musim dengan data lingkungan dan respons penghuni yang tersinkronisasi memberikan dasar paling kuat untuk menjelaskan kenyamanan adaptif. Perbandingan tradisional-modern yang dilakukan pada waktu dan lokasi yang sebanding juga lebih informatif daripada perbandingan berdasarkan kelompok, definisi kenyamanan, atau periode pengukuran yang berbeda. Sebaliknya, studi satu bangunan, sampel yang tidak dijelaskan, dan luaran tanpa varians terutama mendukung plausibilitas mekanisme, bukan besaran efek yang dapat digeneralisasi.

Kualitas simulasi ditentukan oleh transparansi model dan validasinya. Studi yang menyatakan kondisi batas, sumber data cuaca, sifat material, jadwal operasi, dan validasi lebih dapat digunakan untuk menerjemahkan prinsip vernakular menjadi parameter desain. Apabila informasi tersebut terbatas, hasil optimasi harus dibaca sebagai skenario yang bergantung pada asumsi. Karena itu, kerangka tinjauan menempatkan kualitas bukti sebagai pengendali interpretasi, bukan sebagai skor untuk menyusun peringkat strategi.

Strategi material dan selubung

Bukti mengenai material dan selubung berulang kali menyoroti kemampuan konstruksi untuk meredam fluktuasi termal serta menunda respons terhadap panas. Susunan tradisional dapat memperlambat perubahan suhu ruang dalam dan menggeser waktu puncak perpindahan panas, tetapi keberhasilannya bergantung pada keseimbangan penyimpanan dan pelepasan panas. Di Kerala, material lokal, dinding tebal, atap, plafon, peneduhan, dan ventilasi bekerja sebagai satu sistem. Perbandingan langsung juga menunjukkan suhu udara dan suhu radiasi rata-rata yang lebih rendah pada rumah tradisional daripada rumah modern selama musim panas (Dili et al., 2010, 2011). Pada iklim panas-lembap dengan rentang suhu harian kecil, massa termal tanpa peneduhan atau ventilasi justru dapat mempertahankan panas yang tidak diperlukan. Sebaliknya, pada iklim dingin atau sangat musiman, kapasitas penyimpanan yang sama dapat membantu menjaga kestabilan suhu pada musim dingin. Karena itu, pertanyaan desain bukan sekadar apakah massa termal baik atau buruk, melainkan apakah siklus penyimpanan dan pelepasannya sesuai dengan iklim, pola hunian, dan cara ventilasi dioperasikan.

Penerapan pada bangunan kontemporer perlu ditopang oleh data mengenai konduktivitas termal, kapasitas panas volumetrik, ketebalan, absorptansi permukaan, perilaku kelembapan, dan kondisi pelepasan panas yang diperkirakan. Tanpa informasi tersebut, sebutan seperti 'material tradisional' belum cukup untuk menjadi dasar desain berbasis kinerja.

Halaman dalam, ventilasi, dan mikroklimat

Temuan tentang halaman dalam dan ventilasi menekankan bahwa kinerja muncul dari hubungan antarruang, bukan dari satu elemen yang berdiri sendiri. Halaman dalam dapat membentuk peneduhan mandiri, memengaruhi pola tekanan, menyediakan zona transisi, dan menyangga kondisi termal. Penelitian lapangan sepanjang tahun pada rumah rakyat perdesaan serta hunian tradisional berhalaman dalam menunjukkan bahwa tipe ruang, musim, dan hubungan dengan patio atau ruang semi-terbuka berkaitan dengan perubahan suhu netral dan keberterimaan (Zhang et al., 2018; Qian et al., 2023). Di Kerala, halaman dalam, bukaan, material, dan konfigurasi ruang juga bekerja sebagai satu sistem mikroklimat (Dili et al., 2010, 2011). Namun, elemen yang sama dapat memerangkap panas atau menghambat ventilasi bila kedalaman, bukaan, dan kondisi sekeliling tidak sesuai. Soflaei et al. (2020) karena itu menguji konfigurasi halaman dalam berdasarkan kenyamanan adaptif. Tabadkani et al. (2022) menunjukkan bahwa pilihan desainnya turut memengaruhi kenyamanan dan biaya utilitas. Optimasi berbasis pembelajaran mesin selanjutnya memperlihatkan bahwa geometri halaman dalam, WWR, dan insulasi perlu disesuaikan dengan kondisi iklim panas dan hangat (Aloshan & Aldali, 2025).

Agar efektif, ventilasi membutuhkan jalur yang tidak terputus dari bukaan masuk hingga bukaan keluar. Bentuk atap, hubungan dengan halaman dalam, ketinggian bukaan, partisi interior, dan kendali pengguna menentukan apakah tekanan angin atau gaya apung mampu menghasilkan pergerakan udara yang memadai. Ketika udara luar pada waktu tertentu tidak mendukung ventilasi alami, sistem hibrida dapat menjadi pilihan yang lebih sesuai.

Kenyamanan manusia sebagai hubungan manusia-bangunan-iklim

Respons penghuni dalam korpus lebih sejalan dengan pendekatan kenyamanan adaptif. Yao et al. (2022) menunjukkan bahwa model adaptif membaca kenyamanan sebagai hasil hubungan antara lingkungan, ekspektasi, dan penyesuaian penghuni. Dalam kondisi dinamis, pakaian, aktivitas, dan variabel lingkungan juga dapat berinteraksi melalui jalur yang kompleks (Ming et al., 2023). Dengan demikian, PMV atau PPD tidak selalu sepenuhnya menggambarkan keberterimaan pada ruang tanpa pengondisian mekanis (Yao et al., 2022). Bukti lapangan dari hunian tradisional Guangfu, rumah rakyat perdesaan Guangdong, dan hunian berhalaman dalam Wufu menunjukkan perubahan suhu netral dan rentang keberterimaan menurut musim, tipe hunian, dan tipe ruang (Wang et al., 2023; Zhang et al., 2018; Qian et al., 2023). Dalam sintesis ini, PET dan SET diperlakukan sebagai indikator berbasis model, sedangkan kepuasan serta preferensi berasal dari respons langsung penghuni. Kedua kelompok luaran tersebut tidak dianggap setara.

Penelitian berikutnya sebaiknya mengukur lingkungan dan mensurvei penghuni pada waktu yang sama, sekaligus mencatat tindakan adaptif yang dilakukan. Selisih suhu akan menjadi lebih bermakna bila dibaca bersama kondisi bukaan, kecepatan udara, pakaian, aktivitas, penggunaan ruang, dan persepsi kendali.

Implikasi bagi desain berkelanjutan kontemporer

Kerangka yang dihasilkan dapat diterapkan melalui empat langkah. Pertama, tentukan persoalan iklim yang benar-benar terjadi, misalnya panas berlebih pada jam puncak, ketidaknyamanan karena kelembapan, pergerakan udara yang kurang, paparan radiasi berlebihan, kehilangan panas pada musim dingin, atau perubahan kondisi antarmusim. Kedua, pilih prinsip vernakular yang bekerja melalui mekanisme yang relevan. Ketiga, ubah prinsip tersebut menjadi parameter terukur, seperti kapasitas panas

material, rasio aspek halaman dalam, luas bukaan, jalur aliran, faktor peneduh, konfigurasi vegetasi, atau luas ventilasi atap. Keempat, uji parameter itu melalui simulasi, prototipe lapangan, dan evaluasi pascahari.

Urutan tersebut menghindarkan penggunaan arsitektur vernakular sebatas simbol. Kehadiran halaman dalam, material lokal, atau bentuk atap tradisional belum cukup untuk menyebut suatu proyek responsif terhadap iklim. Setiap klaim desain tetap perlu ditautkan pada mekanisme yang jelas, kondisi batas, dan bukti kinerja.

Keterbatasan

Tinjauan ini dibatasi oleh cakupan pencarian. Penggunaan satu basis data (Scopus), pencarian hanya pada bidang judul, dan antarmuka Publish or Perish dapat menimbulkan bias basis data dan menurunkan sensitivitas terhadap studi yang memakai istilah berbeda atau terindeks di sumber lain. Pembatasan pada publikasi berbahasa Inggris menimbulkan bias bahasa dan dapat mengurangi representasi pengetahuan lokal mengenai arsitektur vernakular. Eksklusi disertasi dan literatur abu-abu, walaupun konsisten dengan kriteria telaah sejawat, juga meningkatkan kemungkinan bias publikasi karena hasil positif atau lebih mudah dipublikasikan dapat lebih terwakili. Selain itu, ketergantungan pada istilah dan literatur yang telah mapan dapat memunculkan bias sitasi terhadap kasus yang lebih sering dirujuk. Karena luaran tidak memiliki satu ukuran efek yang sebanding, bias publikasi tidak dapat diperiksa dengan funnel plot atau uji statistik dan hanya dapat dibahas secara kualitatif.

Protokol tinjauan tidak didaftarkan secara prospektif pada registri terbuka. Kueri, tanggal pencarian, kriteria kelayakan, alur seleksi, dan matriks ekstraksi memang terdokumentasi, tetapi dokumentasi retrospektif tidak menggantikan praregistrasi. Akibatnya, perubahan antara rencana awal dan pelaksanaan tidak dapat diaudit secara independen melalui registri. Tinjauan berikutnya perlu mendaftarkan protokol, misalnya pada Open Science Framework, sebelum penyaringan dimulai.

Korpus sangat beragam dalam iklim, musim, tipe bangunan, desain penelitian, model kenyamanan, pembanding, kelengkapan statistik, dan kualitas pelaporan. Keragaman tersebut membatasi kepastian kesimpulan numerik lintas studi dan tidak memungkinkan meta-analisis yang dapat dipertanggungjawabkan. QuADS membantu memperjelas batas pelaporan dan metodologi, tetapi tidak menghilangkan bias yang melekat pada masing-masing desain studi.

Tujuh publikasi berorientasi penerapan digunakan untuk menerjemahkan prinsip desain pasif ke dalam parameter operasional dan dipisahkan secara tegas dari publikasi berbasis objek vernakular/ tradisional. Satu tinjauan sekunder hanya membantu menjelaskan mekanisme dan tidak diberi bobot setara dengan studi primer. Dua publikasi Dili berasal dari program penelitian yang beririsan sehingga tidak ditafsirkan sebagai dua sampel independen. Keputusan ini mengurangi generalisasi berlebihan, tetapi sekaligus menunjukkan bahwa basis bukti langsung untuk beberapa strategi masih terbatas.

Sebagian penelitian yang terbit pada 2025 dan 2026 belum didukung oleh banyak replikasi independen. Temuannya lebih tepat dibaca sebagai bukti yang sedang berkembang daripada sebagai konsensus yang telah mapan.

Penelitian mendatang

Agenda penelitian primer perlu bergerak menuju desain komparatif multisitus dan lintas musim dengan pasangan bangunan tradisional-modern yang setara, periode pengukuran serempak, dan pencatatan kondisi operasi. Pengukuran suhu udara, suhu radiasi, kelembapan, kecepatan udara, radiasi, dan energi perlu disinkronkan dengan sensasi, preferensi, pakaian, aktivitas, penggunaan ruang, serta tindakan adaptif penghuni. Studi intervensi atau retrofit prospektif diperlukan untuk menguji apakah parameter yang diturunkan dari prinsip vernakular benar-benar memperbaiki kenyamanan dan mengurangi energi. Studi simulasi perlu melaporkan kalibrasi atau validasi, ketidakpastian input,

kondisi batas, jadwal, dan analisis sensitivitas, disertai data atau model yang dapat digunakan ulang.

Tinjauan sistematis berikutnya perlu menggunakan beberapa basis data, menyertakan strategi pencarian multibahasa dan literatur abu-abu yang relevan, mendaftarkan protokol secara prospektif, serta melakukan penyaringan dan ekstraksi ganda. Kelompok luaran dan satuan analisis perlu ditetapkan sejak awal. Meta-analisis baru layak dipertimbangkan apabila studi primer menggunakan pembandingan, periode, dan pelaporan varians yang cukup sebanding. Pelaporan penilaian kualitas pada tingkat domain, bukan hanya skor total, perlu dipertahankan agar sumber ketidakpastian dapat ditelusuri.

Simpulan

Tinjauan ini mengidentifikasi empat kelompok strategi yang berulang, yaitu sistem material dan massa termal; konfigurasi halaman dalam dan organisasi ruang; ventilasi alami dan pengendalian bukaan; serta peneduhan, vegetasi, dan pengendalian radiasi matahari. Strategi tersebut bekerja melalui moderasi suhu, penyanggaan dan penyimpanan panas, pergerakan udara, pengaturan kelembapan, serta pengendalian radiasi. Namun, arah dan besarnya kinerja bergantung pada iklim, musim, tipologi, pengoperasian bangunan, dan adaptasi penghuni; karena itu, tidak tersedia satu ukuran kinerja yang berlaku universal.

Kontribusi ilmiah tinjauan adalah kerangka lima komponen yang menghubungkan parameter arsitektural, strategi pasif, mekanisme lingkungan, indikator kenyamanan, dan respons penghuni. Kontribusi metodologisnya terletak pada pemisahan bukti langsung dan bukti berorientasi penerapan serta penggunaan QuADS untuk menyesuaikan kekuatan inferensi. Prinsip vernakular perlu diterjemahkan menjadi parameter terukur dan diverifikasi melalui simulasi tervalidasi, pengukuran lapangan, dan evaluasi pascahuni. Penelitian selanjutnya harus memprioritaskan studi multisitus, lintas musim, dan intervensi prospektif dengan pengukuran fisik dan respons penghuni yang tersinkronisasi.

Ketersediaan data

Matriks ekstraksi, catatan penilaian, dan profil domain QuADS untuk 35 publikasi tersedia dalam Tabel Tambahan S1 yang menyertai naskah.

Daftar Pustaka

- Aloshan, M. A., & Aldali, K. M. (2025). Courtyard design for energy efficiency and thermal comfort: Machine learning insights across hot and warm climates. *Scientific Reports*, 15, 43660. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-32297-z>
- Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ*, 368, 16890. <https://doi.org/10.1136/bmj.16890>
- Chanda, P. R., & Biswas, A. (2026). Exploring window-to-wall ratios for an energy-efficient vernacular architecture under various climatic conditions: An MCDM, simulation and experimental based framework. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 51(3), 3319-3343. <https://doi.org/10.1007/s13369-025-10293-9>
- Chen, L., Yin, W., Wang, C., Zhang, Z., & Wang, Z. (2026). Sustainable design strategies for winter adaptation for both indoor and outdoor spaces of residential units in traditional agricultural settlements: A case study in Western Sichuan Linpan, China. *Buildings*, 16(5), 1006. <https://doi.org/10.3390/buildings16051006>
- Chen, Y., & Misni, A. (2025). Comparative analysis of sustainable design strategies in Sanheyuan vernacular and modern dwellings: Effects on summer microclimate in Sha Tun village, Handan, Hebei Province, China. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2585698>
- Chkeir, A., Bouzidi, Y., El Akili, Z., Charafeddine, M., & Kashmar, Z. (2022). The effects of orientation and ceiling height on the thermal comfort in the traditional and contemporary house in Byblos City

- Lebanon. In 2022 13th International Renewable Energy Congress (IREC) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IREC56325.2022.10002118>
- Costa-Carrapico, I., Neila Gonzalez, J., Raslan, R., & Sanchez-Guevara, C. (2022). Understanding the challenges of determining thermal comfort in vernacular dwellings: A meta-analysis. *Journal of Cultural Heritage*, 58, 57-73. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.09.019>
- Dili, A. S., Naseer, M. A., & Varghese, T. Z. (2010). Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment: A qualitative and quantitative analyses. *Energy and Buildings*, 42(6), 917-927. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.002>
- Dili, A. S., Naseer, M. A., & Varghese, T. Z. (2011). Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer. *Energy and Buildings*, 43(3), 653-664. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.006>
- Diz-Mellado, E., Lopez-Cabeza, V. P., Rivera-Gomez, C., & Galan-Marin, C. (2023). Performance evaluation and users' perception of courtyards' role in indoor areas of Mediterranean social housing. *Journal of Environmental Management*, 345, 118788. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118788>
- Elnabawi, M. H., & Hamza, N. (2020). A behavioural analysis of outdoor thermal comfort: A comparative analysis between formal and informal shading practices in urban sites. *Sustainability*, 12(21), 9032. <https://doi.org/10.3390/su12219032>
- Hailu, H., Gelan, E., & Girma, Y. (2021). Indoor thermal comfort analysis: A case study of modern and traditional buildings in hot-arid climatic region of Ethiopia. *Urban Science*, 5(3), 53. <https://doi.org/10.3390/urbansci5030053>
- Harrison, R., Jones, B., Gardner, P., & Lawton, R. (2021). Quality assessment with diverse studies (QuADS): An appraisal tool for methodological and reporting quality in systematic reviews of mixed- or multi-method studies. *BMC Health Services Research*, 21, 144. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06122-y>
- Hermawan, H., & Švajlenka, J. (2021). The connection between architectural elements and adaptive thermal comfort of tropical vernacular houses in mountain and beach locations. *Energies*, 14(21), 7427. <https://doi.org/10.3390/en14217427>
- Liu, Y., Ghazali, M. A., Yang, L., & Chen, Y. (2025). Sustainable passive design in cold regions: Energy and thermal evaluation of traditional Zhuangke dwellings in Qinghai Province, China. *Energy and Buildings*, 344, 115969. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115969>
- McKenzie, J. E., & Brennan, S. E. (2024). Chapter 12: Synthesizing and presenting findings using other methods. In J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, & V. Welch (Eds.), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Version 6.5). Cochrane.
- Ming, R., Li, B., Du, C., Yu, W., Liu, H., Kosonen, R., & Yao, R. (2023). A comprehensive understanding of adaptive thermal comfort in dynamic environments: An interaction matrix-based path analysis modeling framework. *Energy and Buildings*, 284, 112834. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112834>
- Nematchoua, M. K., Ricciardi, P., & Buratti, C. (2018). Adaptive approach of thermal comfort and correlation between experimental data and mathematical model in some schools and traditional buildings of Madagascar under natural ventilation. *Sustainable Cities and Society*, 41, 666-678. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.029>
- Nematchoua, M. K., Tchinda, R., & Orosa, J. A. (2014). Thermal comfort and energy consumption in modern versus traditional buildings in Cameroon: A questionnaire-based statistical study. *Applied Energy*, 114, 687-699. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.036>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hrobjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pan, Y., Zhong, W., Zheng, X., Xu, H., & Zhang, T. (2024). Natural ventilation in vernacular architecture: A systematic review of bioclimatic ventilation design and its performance evaluation. *Building and Environment*, 253, 111317. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111317>

- Qian, Y., Leng, J., Chun, Q., Wang, H., & Zhou, K. (2023). A year-long field investigation on the spatio-temporal variations of occupant's thermal comfort in Chinese traditional courtyard dwellings. *Building and Environment*, 228, 109836. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109836>
- Ragab, A., Hassieb, M. M., & Mohamed, A. F. (2025). Exploring the impact of window design and ventilation strategies on air quality and thermal comfort in arid educational buildings. *Scientific Reports*, 15, 19596. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01362-y>
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., Koffel, J. B., & PRISMA-S Group. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10, 39. <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z>
- Salameh, M., Mushtaha, E., & El Khazindar, A. (2023). Improvement of thermal performance and predicted mean vote in city districts: A case in the United Arab Emirates. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(7), 101999. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101999>
- Samuel, D. G. L., Dharmasastha, K., Shiva Nagendra, S. M., & Maiya, M. P. (2017). Thermal comfort in traditional buildings composed of local and modern construction materials. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 463-475. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.08.001>
- Sarkar, A. (2024). Comparative assessment of the energy performance index of modern urban and traditional rural housing in lower Himachal Pradesh, India to develop prediction model. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05594-2>
- Sharma, R., & Sharma, V. (2025). Thermal comfort analysis of vernacular mud houses in the low hills of Himachal Pradesh in winters. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06644-z>
- Shastry, V., Mani, M., & Tenorio, R. (2014). Impacts of modern transitions on thermal comfort in vernacular dwellings in warm-humid climate of Sugganahalli (India). *Indoor and Built Environment*, 23(4), 543-564. <https://doi.org/10.1177/1420326X12461801>
- Shetty, S. S., & Patil, S. (2025). Vernacular architecture and indoor environmental satisfaction: A systematic review of influencing factors. *Architecture*, 5(4), 87. <https://doi.org/10.3390/architecture5040087>
- Shi, J., Zhang, T., Bai, L., Fukuda, H., & Gao, W. (2024). Comparative analysis on the mechanism of climate responsiveness strategies on indoor thermal performance of Yaodong dwellings in the Loess Plateau region of China. *Energy Reports*, 11, 4741-4758. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.04.046>
- Singh, M. K., Mahapatra, S., & Atreya, S. K. (2010). Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India. *Building and Environment*, 45(2), 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.009>
- Soflaei, F., Shokouhian, M., Tabadkani, A., Moslehi, H., & Berardi, U. (2020). A simulation-based model for courtyard housing design based on adaptive thermal comfort. *Journal of Building Engineering*, 31, 101335. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101335>
- Tabadkani, A., Aghasizadeh, S., Banihashemi, S., & Hajirasouli, A. (2022). Courtyard design impact on indoor thermal comfort and utility costs for residential households: Comparative analysis and deep-learning predictive model. *Frontiers of Architectural Research*, 11(5), 963-980. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.02.006>
- Tarun, C. S., & Vijayalaxmi, J. (2025). Indoor thermal performance of roof using vernacular material in hot semi-arid region. In J. Vijayalaxmi (Ed.), *Sustainable building performance* (pp. 59-74). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2428-7_3
- Toe, D. H. C., & Kubota, T. (2015). Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot-humid climate of Malaysia. *Solar Energy*, 114, 229-258. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.01.035>
- Wang, Y., Dong, Q., Guo, H., Yin, L., Gao, W., Yao, W., & Sun, L. (2023). Indoor thermal comfort evaluation of traditional dwellings in cold region of China: A case study in Guangfu Ancient City. *Energy and Buildings*, 288, 113028. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113028>
- Yang, C., & Misni, A. (2025). Analysis of thermal comfort in single-story courtyard vernacular dwellings in rural China: Passive design strategies for adapting to the climate. *Buildings*, 15(21), 3964. <https://doi.org/10.3390/buildings15213964>

- Yang, C., & Misni, A. (2026). Exploring comfort and efficiency: Comparing vernacular and modern dwellings in rural Handan, Northern China. *Sustainability*, 18(3), 1575. <https://doi.org/10.3390/su18031575>
- Yang, W., Xu, J., Lu, Z., Yan, J., & Li, F. (2022). A systematic review of indoor thermal environment of the vernacular dwelling climate responsiveness. *Journal of Building Engineering*, 53, 104514. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104514>
- Yao, R., Zhang, S., Du, C., Schweiker, M., Hodder, S., Olesen, B. W., Toftum, J., d'Ambrosio, F. R., Gebhardt, H., Zhou, S., Yuan, F., & Li, B. (2022). Evolution and performance analysis of adaptive thermal comfort models: A comprehensive literature review. *Building and Environment*, 217, 109020. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109020>
- Zamani, Z., Heidari, S., Azmoodeh, M., & Taleghani, M. (2019). Energy performance and summer thermal comfort of traditional courtyard buildings in a desert climate. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(6), e13256. <https://doi.org/10.1002/ep.13256>
- Zhang, Z., Zhang, Y., & Jin, L. (2018). Thermal comfort in interior and semi-open spaces of rural folk houses in hot-humid areas. *Building and Environment*, 128, 336-347. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.028>
- Zheng, W., Wei, F., Su, S., Cai, J., Wei, J., & Hu, R. (2022). Effect of the envelope structure on the indoor thermal environment of low-energy residential building in humid subtropical climate: In case of brick-timber vernacular dwelling in China. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102884. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102884>
- Zune, M., Pantua, C. A. J., Rodrigues, L., & Gillott, M. (2020a). 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>
- Zune, M., Rodrigues, L., & Gillott, M. (2020b). Vernacular passive design in Myanmar housing for thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101992. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101992>

Tabel Tambahan S1. Ringkasan Ekstraksi Data dan Penilaian terhadap 35 Publikasi dalam Korpus Utama

Catatan. Korpus utama gabungan mencakup 35 publikasi yang telah diekstraksi dan dinilai secara terstruktur. Sebanyak 28 publikasi dikategorikan sebagai berbasis objek vernakular/tradisional dan tujuh sebagai berorientasi penerapan. Berdasarkan lapisan analisis utama, 15 publikasi berkontribusi pada respons kenyamanan penghuni, 13 pada mekanisme kinerja lingkungan, dan tujuh pada strategi desain pasif. Setiap publikasi diberi satu lapisan analisis utama, meskipun temuannya dapat mendukung lapisan lain. Kategori bukti menunjukkan kedekatan objek studi dengan arsitektur vernakular/tradisional, bukan peringkat kualitas metodologis. Dili et al. (2010) dan Dili et al. (2011) berasal dari program penelitian dan objek bangunan yang beririsan; keduanya dipertahankan sebagai laporan terpisah, tetapi tidak dianggap sebagai sampel independen dalam interpretasi kuantitatif. Zune et al. (2020a) dan Zune et al. (2020b) merupakan dua publikasi yang berbeda. NR = tidak dilaporkan; WWR = rasio jendela terhadap dinding; RH = kelembapan relatif; TSV = thermal sensation vote; MTS = mean thermal sensation; PMV = predicted mean vote; PPD = predicted percentage dissatisfied; PET = physiological equivalent temperature; SET = standard effective temperature; MRT = mean radiant temperature; EPI = indeks kinerja energi; EUI = intensitas penggunaan energi.

No.	Studi	Kategori bukti	Lapisan analisis utama	Desain dan konteks studi	Strategi atau variabel pasif	Luaran atau indikator utama	Bukti yang diekstraksi	Peran dalam sintesis dan catatan penilaian
1	Singh et al. (2010)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi lapangan mengenai kenyamanan termal pada bangunan vernakular berventilasi alami; n = 300.	Ventilasi alami; material; selubung.	TSV; rentang kenyamanan.	Rentang kenyamanan 24,0-29,1 °C dilaporkan dalam matriks ekstraksi.	Mendukung bukti rentang kenyamanan adaptif pada kondisi vernakular berventilasi alami. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
2	Yang dan Misni (2026)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi survei dengan SEM pada hunian vernakular berhalaman dalam; n = 383.	Halaman dalam; aliran udara; material/massa termal.	Kenyamanan termal dan kepuasan hunian.	Jalur dari kenyamanan termal menuju kepuasan hunian dilaporkan dengan $\beta = 0,959$; jenis hunian berkaitan dengan karakteristik spasial dan halaman dalam.	Mendukung alur respons penghuni dan asosiasi eksploratif antara desain dan kenyamanan. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
3	Hailu et al. (2021)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi komparatif mengenai kenyamanan termal ruang dalam pada bangunan tradisional dan modern; n = 106.	Sistem material; pengendalian kelembapan; selubung tradisional.	Kepuasan termal dan respons zona nyaman.	Kenyamanan/kepuasan 87,7% pada bangunan tradisional dibandingkan 22,65% pada bangunan modern.	Mendukung sintesis deskriptif mengenai proporsi kepuasan termal. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
4	Diz-Mellado et al. (2023)	Berorientasi penerapan	Respons kenyamanan penghuni	Studi kasus perumahan sosial berhalaman dalam; 19 responden dan 3 kasus halaman dalam.	Geometri halaman dalam; rasio aspek; ventilasi; peneduhan.	Persepsi termal; peran halaman dalam; kesenjangan termal.	Sekitar 90% responden menilai peran halaman dalam secara positif; 18 dari 19 pengguna merasakan ventilasi yang lebih baik; kesenjangan termal 8,1-11,1 °C.	Menghubungkan persepsi kenyamanan penghuni dengan mekanisme penyanggaan termal halaman dalam. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan kenyamanan pada bangunan vernakular.
5	Hermawan dan Švajlenka (2021)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi kenyamanan adaptif pada rumah vernakular tropis; n = 2.880.	Jenis material; konteks iklim; elemen arsitektural.	Kenyamanan termal adaptif/respons musiman.	Matriks ekstraksi mencatat proporsi kenyamanan 0-39% dan modulasi adaptif 1-2 °C.	Mendukung interpretasi kenyamanan penghuni yang bergantung pada konteks serta interaksi antara iklim dan material. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
6	Chen et al. (2026)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi survei dan pemodelan pada permukiman pertanian tradisional Linpan di Sichuan Barat; n = 382.	Tata ruang Linpan; vegetasi; bentuk spasial.	Kenyamanan survei dan prediktor lingkungan.	Suhu udara diidentifikasi sebagai prediktor utama; kecepatan angin dan RH dilaporkan sebagai prediktor sekunder dalam matriks ekstraksi.	Mendukung alur dari variabel mikroklimat menuju kenyamanan termal yang dirasakan. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
7	Nematchoua et al. (2014)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi komparatif berbasis kuesioner pada bangunan tradisional dan modern; n > 500.	Ventilasi; kelembapan; bentuk bangunan tradisional.	Proporsi kenyamanan dan kepuasan termal.	Kenyamanan 51% pada bangunan tradisional dibandingkan 37,6% pada bangunan modern.	Mendukung sintesis deskriptif dan bukti kenyamanan komparatif. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.

No.	Studi	Kategori bukti	Lapisan analisis utama	Desain dan konteks studi	Strategi atau variabel pasif	Luaran atau indikator utama	Bukti yang diekstraksi	Peran dalam sintesis dan catatan penilaian
8	Shastry et al. (2014)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Pemantauan lapangan dan simulasi pada rumah vernakular representatif di Sugganahalli; jumlah responden survei komunitas = NR.	Dinding batu pecah; atap tanah; teritisan; perubahan material dan konfigurasi halaman dalam.	TSV; suhu terukur; efek transisi material.	Transisi ke material modern meningkatkan suhu ruang dalam 7-10 °C; teritisan mempertahankan ruang sekitar 3,5 °C lebih sejuk; variasi harian suhu ruang dalam dibatasi hingga <3 °C.	Mendukung bukti respons penghuni dan mekanisme penyanggaan termal melalui material, atap, dan halaman dalam. Pelaporan sampel atau data numerik belum lengkap; definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan.
9	Nematchoua et al. (2018)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Studi kenyamanan termal rumah tradisional; n = 992.	Ventilasi alami.	Kepuasan termal; PMV dan preferensi adaptif.	Kepuasan 80%; kenyamanan dipertahankan pada sekitar 24,6-28,4 °C; lebih dari 75% responden menginginkan pendinginan pada suhu di atas 28 °C.	Mendukung sintesis deskriptif mengenai kepuasan dan interpretasi kenyamanan adaptif. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan lintas studi.
10	Elnabawi dan Hamza (2020)	Berorientasi penerapan	Respons kenyamanan penghuni	Studi kenyamanan termal luar ruang pada lokasi perkotaan; n = 320.	Peneduhan; praktik peneduhan formal/informal.	Suhu netral/PET; persepsi termal.	Suhu netral berbasis PET di area teduh sebesar 29,9 °C; proporsi yang dilaporkan pada area teduh dan terpapar saat musim panas masing-masing 61,3% dan 52,6%.	Mendukung interpretasi toleransi termal dan persepsi penghuni terkait peneduhan. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan kenyamanan pada bangunan vernakular.
11	Chkeir et al. (2022)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Kuesioner dan pengukuran ruang dalam pada rumah tradisional dan kontemporer di Byblos; n = NR.	Orientasi; tinggi plafon; material; moda pasif.	Preferensi dan kepuasan termal.	Pada rumah tradisional, 81% responden saat musim panas dan 77% saat musim dingin memilih untuk tidak mengubah kondisi termal; skor orientasi utara 4,85/7.	Mendukung bukti kestabilan kenyamanan, orientasi, dan strategi pasif. Pelaporan sampel atau data numerik belum lengkap; definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan.
12	Toe dan Kubota (2015)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Pengukuran lapangan pada 2 rumah Melayu, 2 rumah toko Tionghoa, dan rumah teras pembanding.	Ventilasi rumah Melayu; halaman dalam rumah toko Tionghoa; moda ventilasi rumah teras.	Pelampauan kenyamanan adaptif; moderasi suhu.	Udara luar di lokasi rumah Melayu 1,7 °C lebih sejuk; ruang di sekitar halaman dalam rumah toko Tionghoa sekitar 5 °C lebih sejuk saat suhu puncak; pelampauan batas kenyamanan tercatat 47% pada rumah Melayu, 7-8% pada rumah toko Tionghoa, 91% pada rumah teras pada siang hari, dan 42% pada malam hari.	Diklasifikasikan pada lapisan respons penghuni karena melaporkan pelampauan batas kenyamanan; studi ini juga mendukung mekanisme fisik mikroklimat. Definisi luaran dan ambang respons membatasi penggabungan.
13	Zamani (2019)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi kinerja fisik dan mikroklimat halaman dalam; rincian sampel = NR.	Keberadaan halaman dalam.	Penyanggaan mikroklimat; ΔT.	ΔT = -1,2 °C.	Mendukung mekanisme penyanggaan mikroklimat halaman dalam. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembanding, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
14	Yang dan Misni (2025)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi mikroklimat dan kenyamanan berbasis PET; rincian sampel = NR.	Vegetasi; albedo; tata ruang.	PET; persentase nyaman.	Kondisi nyaman dilaporkan sebesar 70%.	Mendukung jalur vegetasi/albedo menuju proksi kenyamanan berbasis PET. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembanding, basis waktu dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
15	Liu et al. (2025)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Simulasi parametrik pada 56 hunian Zhuangke menggunakan alur kerja Grasshopper/Ladybug.	Delapan arketipe Zhuangke: halaman dalam, orientasi, tata ruang dangkal, rongga dinding ganda, teritisan, ruang matahari, fondasi terangkat, dan jendela menghadap selatan.	SET; EUI pemanasan; sensitivitas parameter desain.	SET meningkat 0,65-1,02 °C; EUI pemanasan tahunan menurun 10,2%-33,1%; tinggi bangunan merupakan parameter paling sensitif, diikuti bentang halaman dalam dan kedalaman ruang matahari.	Diklasifikasikan pada lapisan mekanisme fisik karena melaporkan SET dan EUI; studi ini juga mendukung penerapan desain parametrik. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembanding, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.

No.	Studi	Kategori bukti	Lapisan analisis utama	Desain dan konteks studi	Strategi atau variabel pasif	Luaran atau indikator utama	Bukti yang diekstraksi	Peran dalam sintesis dan catatan penilaian
16	Chen dan Misni (2025)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi komparatif antara hunian vernakular dan hunian modern; rincian sampel = NR.	Fitur desain vernakular dibandingkan modern.	Aliran udara; RH; ΔT .	$\Delta T = -2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; RH meningkat 5%-8%; kecepatan udara meningkat 1,2 m/s.	Mendukung mekanisme aliran udara, RH, dan perubahan suhu. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
17	Sharma dan Sharma (2025)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi kinerja termal material pada rumah adobe; rincian sampel = NR.	Material adobe.	Massa termal; rentang suhu.	Rentang suhu dilaporkan secara kualitatif dan kuantitatif, tetapi varians lengkap tidak tersedia.	Mendukung mekanisme massa termal material. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
18	Tarun dan Vijayalaxmi (2025)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi kinerja termal atap berbahan vernakular; rincian sampel = NR.	Jenis atap.	Penyangaan termal; deviasi kenyamanan.	Deviasi terhadap kenyamanan 0,1-3,6 $^{\circ}\text{C}$; 57% kondisi dilaporkan nyaman.	Mendukung penyanggaan termal oleh atap dan proksi kenyamanan. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
19	Samuel et al. (2017)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi kinerja selubung dan perpindahan panas; rincian sampel = NR.	Rongga udara; massa termal.	Perpindahan panas; ΔT ; fluktuasi.	$\Delta T = -1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; fluktuasi suhu berkurang 0,9 $^{\circ}\text{C}$.	Mendukung mekanisme penyanggaan melalui rongga udara pada selubung dan massa termal. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
20	Shi (2024)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi kinerja termal hunian Yaodong pada musim dingin; rincian sampel = NR.	Tipologi Yaodong.	Penyimpanan termal/retensi panas musim dingin.	$\Delta T = +7\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebagai indikator retensi panas yang lebih baik dibandingkan kondisi luar.	Mendukung interpretasi kinerja vernakular sebagai pengendalian termal, bukan hanya pendinginan. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
21	Salameh et al. (2023)	Berorientasi penerapan	Mekanisme kinerja lingkungan	Studi desain perkotaan dan peneduhan; rincian sampel = NR.	Desain perkotaan; peneduhan.	Penurunan suhu.	$\Delta T = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$.	Mendukung mekanisme pengurangan stres termal melalui peneduhan. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan kenyamanan pada bangunan vernakular.
22	Zune et al. (2020a)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Artikel tinjauan sekunder mengenai desain dan kinerja atap bertingkat tradisional pada bangunan vernakular Myanmar; rincian sampel = NR.	Ventilasi atap; geometri atap bertingkat.	Aliran udara; kenyamanan termal.	Peran ventilasi atap dan geometri bertingkat terhadap pergerakan udara dirangkum secara deskriptif; angka peningkatan kenyamanan 3,5% tidak digunakan karena belum terverifikasi terhadap full text artikel yang tepat.	Mendukung interpretasi mekanisme ventilasi atap pada bangunan vernakular. Artikel ini merupakan tinjauan sekunder dan tidak diperlakukan setara dengan studi primer.
23	Sarkar (2024)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Survei pada 10 rumah tradisional dan 30 rumah modern di Himachal Pradesh bagian bawah; data energi 2021-2022.	Konstruksi rumah perdesaan tradisional dibandingkan perkotaan modern; massa termal; luas lantai; peralatan; pendapatan; hunian.	Indeks kinerja energi dan konsumsi energi tahunan.	EPI rumah modern 39,24 kWh/m ² /tahun dan rumah tradisional 7,89 kWh/m ² /tahun; konsumsi energi tahunan rumah modern 5,4 kali lebih tinggi; EPI per penghuni 5 kali lebih tinggi.	Memperluas bukti mekanisme fisik ke konsekuensi energi operasional akibat transisi menuju rumah modern. Luaran fisik bersifat informatif, tetapi pembandingan, basis waktu, dan varians tidak dilaporkan secara konsisten.
24	Chanda dan Biswas (2026)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Strategi desain pasif	Fuzzy TOPSIS, EnergyPlus/DesignBuilder, dan validasi eksperimen pada lima klasifikasi iklim.	Alternatif WWR pada lima iklim.	Indeks kenyamanan berbasis PMV/PPD; energi ekuivalen bersih; kompromi antara kinerja termal dan energi.	WWR optimum: komposit 34%, panas-kering 30%, panas-lembap 34%, sedang 36%, dan dingin 34%; energi ekuivalen bersih 11.230,6-14.529,08 kWh.	Mendukung optimasi WWR yang spesifik terhadap iklim sebagai dasar penerapan desain. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim.

No.	Studi	Kategori bukti	Lapisan analisis utama	Desain dan konteks studi	Strategi atau variabel pasif	Luaran atau indikator utama	Bukti yang diekstraksi	Peran dalam sintesis dan catatan penilaian
25	Zheng et al. (2022)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Strategi desain pasif	Studi konfigurasi selubung pada hunian vernakular bata-kayu di iklim subtropis lembap; rincian sampel = NR.	Insulasi selubung.	Aliran udara; kelembapan; APMV.	APMV meningkat 4,7%.	Mendukung insulasi selubung sebagai parameter desain pasif. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim.
26	Aloshan dan Aldali (2025)	Berorientasi penerapan	Strategi desain pasif	Studi optimasi desain berbasis pembelajaran mesin; rincian sampel = NR.	WWR; halaman dalam/geometri; insulasi.	Beban pendinginan; jam ketidaknyamanan.	Jam ketidaknyamanan <70 jam/tahun.	Mendukung optimasi geometri dan selubung untuk kinerja termal. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan keunggulan arsitektur vernakular.
27	Tabadkani et al. (2022)	Berorientasi penerapan	Strategi desain pasif	Studi parametrik mengenai geometri halaman dalam, biaya utilitas, dan kenyamanan termal pada hunian; rincian sampel = NR.	Geometri; WWR; material.	Beban energi; PMV.	Korelasi yang tinggi dengan PMV dilaporkan; tidak tersedia satu ukuran efek yang dapat diekstraksi secara langsung.	Mendukung ruang pencarian variabel desain untuk optimasi kenyamanan dan energi. Klasifikasi sebagai studi berorientasi penerapan ditetapkan karena fokusnya pada optimasi hunian berhalaman dalam, bukan pada objek vernakular yang dinyatakan secara eksplisit. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim.
28	Soflaei et al. (2020)	Berorientasi penerapan	Strategi desain pasif	Studi simulasi desain perumahan berhalaman dalam dengan 8.600 skenario.	Orientasi; geometri.	Mikroklimat; indeks kenyamanan.	Sebanyak 8.600 skenario dianalisis; tidak tersedia satu ukuran efek yang dapat diekstraksi.	Mendukung geometri dan orientasi halaman dalam sebagai dasar penerapan desain. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan keunggulan arsitektur vernakular.
29	Ragab et al. (2025)	Berorientasi penerapan	Strategi desain pasif	Studi simulasi bangunan pendidikan pada iklim kering; rincian sampel = NR.	WWR 20%; strategi ventilasi.	Suhu; CO ₂ ; PMV.	Penurunan suhu 1-2 °C yang berkaitan dengan perbaikan PMV; penurunan CO ₂ sebesar 36%.	Mendukung WWR dan ventilasi sebagai variabel desain pasif operasional. Penerapannya pada konteks lain bergantung pada validasi model dan asumsi iklim; bukti berorientasi penerapan tidak digunakan untuk menyimpulkan keunggulan arsitektur vernakular.
30	Wang et al. (2023)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Pengukuran objektif dan survei subjektif pada empat hunian tradisional tipe lama dan baru di Guangfu Ancient City pada musim dingin dan musim panas; 232 responden.	Selubung; massa termal; ventilasi; metode pemanasan dan pendinginan; perbedaan tipe hunian lama-baru.	Suhu dan RH; MTS/PMV; suhu netral; rentang suhu dapat diterima.	Suhu netral terukur pada hunian tipe lama: 18,1 °C (dingin) dan 27,1 °C (panas); tipe baru: 19,8 °C dan 25,7 °C. Rentang dapat diterima masing-masing 15,8-20,3 °C dan 25,1-29,1 °C untuk tipe lama, serta 16,8-22,8 °C dan 24,1-27,5 °C untuk tipe baru.	Memberikan bukti langsung yang kuat mengenai kenyamanan adaptif dan perbedaan tipe hunian. Interpretasi komparatif perlu mempertimbangkan penggunaan pengondisian mekanis pada sebagian ruang hunian tipe baru dan khususnya iklim dingin.

No.	Studi	Kategori bukti	Lapisan analisis utama	Desain dan konteks studi	Strategi atau variabel pasif	Luaran atau indikator utama	Bukti yang diekstraksi	Peran dalam sintesis dan catatan penilaian
31	Zhang et al. (2018)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Survei lapangan selama satu tahun pada rumah rakyat perdesaan di 11 wilayah Guangdong; 1.657 pasangan data lingkungan-respons pada ruang dalam dan semi-terbuka.	Ruang semi-terbuka; patio/halaman dalam; ventilasi alami; penyesuaian pakaian dan kendali penghuni.	Suhu operatif; kecepatan udara; RH; TSV; keberterimaan; preferensi.	Suhu netral ruang semi-terbuka 0,6 °C lebih rendah pada musim panas dan 1,3 °C lebih rendah pada musim non-panas dibandingkan ruang dalam. Batas atas keberterimaan 80% lebih rendah 0,8 °C dan 4,7 °C; batas atas musim panas 31,1/30,3 °C dan musim non-panas 30,7/26,0 °C untuk ruang dalam/semi-terbuka.	Memperkuat bukti berbasis penghuni mengenai perbedaan ruang dalam dan semi-terbuka. Observasi berulang, variasi musim, dan kemungkinan kontribusi budaya serta persepsi kendali perlu dipertimbangkan.
32	Qian et al. (2023)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Respons kenyamanan penghuni	Pemantauan longitudinal selama satu tahun pada satu hunian tradisional berhalaman dalam di Wufu Town; beberapa titik sensor dan lebih dari 1.000 kuesioner TSV.	Halaman dalam; ruang semi-terbuka; ventilasi alami; renovasi terarah; peralatan berdaya rendah.	Suhu operatif; suhu udara; RH; kecepatan udara; TSV; suhu netral bulanan; rentang dapat diterima.	Suhu operatif aktual pada ruang dalam dan semi-terbuka umumnya tidak berbeda jauh dari rentang kenyamanan adaptif yang diprediksi. Dengan renovasi terarah dan peralatan berdaya rendah, hunian masih berpotensi menyediakan kenyamanan sepanjang tahun.	Mendukung hubungan jangka panjang antara iklim luar, variasi spasial, dan kenyamanan adaptif. Kekuatan utamanya adalah pemantauan tahunan; generalisasi dibatasi oleh desain satu kasus.
33	Dili et al. (2010)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Analisis kualitatif dan pengukuran lapangan pada hunian vernakular Kerala dengan sensor di luar ruang, halaman dalam, ruang semi-terbuka, dan kamar tidur; pengamatan mencakup berbagai musim.	Orientasi; tata ruang; halaman dalam; material lokal; dinding tebal; atap dan plafon; bukaan/jalli; ventilasi alami.	Suhu; RH; aliran udara; variasi harian; penyanggaan mikroklimat.	Variasi suhu ruang dalam rendah; bagian bawah halaman dalam menjadi zona paling sejuk; RH ruang dalam dipertahankan sekitar 85% ketika RH luar mendekati jenuh; aliran udara terkontrol dan berkelanjutan diamati melalui halaman dalam.	Mendukung mekanisme gabungan selubung, halaman dalam, dan ventilasi alami. Studi berbasis satu bangunan dan mengintegrasikan interpretasi kualitatif dengan pengukuran fisik.
34	Dili et al. (2011)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Mekanisme kinerja lingkungan	Pemantauan simultan pada satu rumah tradisional dan satu rumah modern di Kerala dari pertengahan Februari hingga pertengahan Mei 2010; interval pencatatan 15 menit.	Halaman dalam; selubung dan material; peneduhan; ventilasi alami; perbandingan tradisional-modern.	Suhu udara; MRT; RH; pergerakan udara; PMV/PPD; diagram bioklimatik.	Suhu maksimum kamar modern sekitar 2,5 °C lebih tinggi; MRT rumah modern 1,5-5,5 °C lebih tinggi. Aliran udara rumah tradisional berkelanjutan sekitar 0,5 m/s, sedangkan rumah modern bersifat terputus-putus. Analisis PMV/PPD menunjukkan rumah tradisional lebih nyaman pada musim panas.	Memberikan pembandingan langsung tradisional-modern. Berpotensi beririsan dengan program pengukuran Dili et al. (2010), sehingga kedua artikel tidak boleh otomatis diperlakukan sebagai sampel independen.
35	Zune et al. (2020b)	Berbasis objek vernakular/tradisional	Strategi desain pasif	Telaah teknik pasif dan simulasi 15 model serta rumah Bamar dan Mon pada tiga konteks iklim Myanmar, menggunakan cuaca tipikal dan skenario iklim masa depan.	Orientasi; WWR; ukuran dan tata ruang; peneduhan/ventilasi atap; material; ventilasi gable; plafon; infiltrasi.	Rentang suhu udara; persentase waktu tahunan di atas 30 °C; sensitivitas variabel desain; skenario iklim.	Perubahan WWR dari 5% menjadi 90% menurunkan persentase waktu tahunan di atas 30 °C hingga sekitar 5%. Perbedaan antar-ruang pada rumah yang dimodelkan sekitar 4,38-4,78% menurut kota. Teknik pasif tradisional dinilai tidak lagi memadai pada sebagian skenario iklim masa depan.	Mengoperasionalkan teknik pasif vernakular menjadi variabel simulasi. Tidak menyediakan data respons penghuni dan bergantung pada asumsi model serta berkas cuaca. Artikel ini berbeda dari Zune et al. (2020a) dalam korpus utama.