

TINJAUAN LITERATUR PROTOKOL EKSPERIMEN PENELITIAN ARSITEKTUR: VARIABEL, INSTRUMENTASI, DAN PROSEDUR PENGAMBILAN DATA

Literature Review of Experimental Protocols in Architectural Research: Variables, Instrumentation, and Data Collection Procedures

Diterima: 24 Februari 2026

Disetujui: 11 Mei 2026

Ratih Dian Saraswati¹, LMF Purwanto¹, Albertus Sidharta Muljadinata¹

¹Program Studi Doktor Arsitektur, Konsentrasi Arsitektur Digital, Universitas Katolik Soegijapranata

Email: rd_saraswati@unika.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menyajikan tinjauan literatur tentang protokol eksperimen dalam penelitian arsitektur dengan fokus pada tiga komponen utama, yaitu variabel, instrumentasi, dan prosedur pengambilan data. Eksperimen dalam penelitian arsitektur penting untuk mendukung evaluasi performa ruang, pengujian kondisi lingkungan binaan, dan pengambilan keputusan desain berbasis bukti. Namun, banyak publikasi masih melaporkan protokol secara tidak seragam, sehingga menyulitkan replikasi, melemahkan validitas hubungan sebab-akibat, dan membatasi keterbandingan hasil pada berbagai konteks ruang dan bangunan. Penelitian ini menyeleksi dan menganalisis literatur lima tahun terakhir melalui alur seleksi sistematis, kemudian mengekstraksi data pada kategori variabel, aspek instrumentasi, dan aspek prosedural. Hasil sintesis menunjukkan tiga kesenjangan utama, yaitu definisi dan pengendalian variabel yang belum eksplisit, pelaporan instrumentasi yang belum cukup auditabel, serta prosedur pengambilan data yang sering kehilangan rincian penting seperti baseline dan quality control. Sebagai kontribusi, penelitian ini mengusulkan kerangka protokol eksperimen arsitektur yang mencakup taksonomi variabel, matriks konstruk–instrumen–spesifikasi minimal, SOP pengambilan data yang dapat direplikasi, dan checklist pelaporan metode. Kerangka ini diharapkan meningkatkan transparansi, kualitas data, dan keterbandingan hasil eksperimen arsitektur.

Kata kunci: protokol eksperimen, penelitian arsitektur, instrumentasi, pengambilan data, desain berbasis bukti

PENDAHULUAN

Penelitian arsitektur semakin sering menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji performa ruang, material, sistem bangunan, dan respons pengguna secara terukur. Seiring dengan itu, pembahasan mengenai metode penelitian juga menjadi semakin penting, tidak hanya dalam studi desain, tetapi juga dalam penguatan pendekatan ilmiah pada riset arsitektur kontemporer (Wiraguna dkk., 2024). Pendekatan *systematic literature review* pun telah digunakan dalam kajian

arsitektur untuk membangun sintesis pengetahuan, misalnya dalam pembahasan hubungan bentuk fasad bangunan dengan kenyamanan termal, sehingga telaah literatur sistematis dapat dipahami sebagai pendekatan yang relevan untuk memperkuat dasar metodologis penelitian arsitektur (Young, 2025).

Namun, kualitas temuan eksperimen sangat bergantung pada protokol yang jelas, mulai dari perumusan variabel,

pemilihan instrumen, hingga konsistensi prosedur pengambilan data (Apostolopoulos dkk., 2025; Arslan dkk., 2025). Ketika protokol ditulis terlalu ringkas atau tidak seragam, hasil studi menjadi sulit direplikasi dan sulit dibandingkan lintas konteks bangunan, iklim, serta pola penggunaan ruang. Masalah utama muncul pada tiga titik. Pertama, definisi variabel sering bercampur antara variabel desain, variabel lingkungan, dan variabel manusia tanpa pemisahan yang tegas antara variabel bebas, terikat, kontrol, dan pengganggu. Kedua, instrumen pengukuran sering dipilih secara pragmatis, tanpa penjelasan memadai tentang akurasi, resolusi, kalibrasi, dan penempatan sensor. Ketiga, prosedur pengambilan data sering tidak memuat *baseline*, durasi, interval pencatatan, kondisi operasional, dan *quality control* yang memadai (CIBSE, 2022; Chatzidiakou dkk., 2023; de Vries dkk., 2025).

Kebutuhan terhadap protokol yang lebih sistematis juga selaras dengan kecenderungan penelitian arsitektur yang bertumpu pada pengukuran performa lingkungan binaan, seperti pencahayaan, penghawaan, kualitas udara, dan kenyamanan termal. Berbagai studi menunjukkan bahwa kualitas hasil penelitian sangat dipengaruhi oleh ketepatan variabel, titik ukur, waktu pengambilan data, serta konsistensi prosedur lapangan (Zaenal, 2025; Park dkk., 2022). Namun, belum ada studi yang secara khusus mensistematisasi protocol eksperimen sebagai objek kajian utama dalam penelitian arsitektur.

Di sisi lain, literatur arsitektur yang membahas eksperimen tersebar pada subbidang fisika bangunan, kenyamanan termal, pencahayaan, akustik, kualitas udara dalam ruang, dan perilaku

pengguna. Banyak tinjauan pustaka membahas hasil tematik, tetapi belum secara khusus menempatkan protokol eksperimen sebagai objek utama kajian. Padahal, kualitas bukti untuk *evidence-based design* sangat ditentukan oleh transparansi metode dan keterbandingan data (Di Loreto dkk., 2025; Nunayon dkk., 2025). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan memetakan bagaimana protokol eksperimen dilaporkan dalam penelitian arsitektur, mengidentifikasi pola kelemahan metodologis yang berulang, dan merumuskan kerangka protokol yang lebih operasional. Kontribusi penelitian terletak pada penyusunan taksonomi variabel, matriks konstruk–instrumen–spesifikasi minimum, SOP pengambilan data, dan butir pelaporan metode yang dapat mendukung eksperimen arsitektur yang lebih auditabel dan replikatif.

Tabel 1. Gap dan Kebaruan

Fokus	Gap Utama di Literatur	Dampak	Kebaruan Penelitian Ini	Output
Variabel eksperimen	Variabel bebas, terikat, kontrol, dan pengganggu sering tidak dipisah dan tidak dijelaskan relasi sebab-akibatnya	Validitas internal lemah, hasil sulit dibandingkan	Kerangka klasifikasi variabel eksperimen arsitektur lintas subbidang + contoh operasionalisasi	Taksonomi variabel + <i>template</i> definisi operasional
Instrumen pengukuran	Pemilihan instrumen jarang berbasis kesesuaian konstruk, akurasi, resolusi, dan penempatan sensor	Eror pengukuran tinggi, data sulit diaudit	Matriks konstruk–instrumen – spesifikasi minimal + standar pelaporan kalibrasi	Matriks instrumen + format pelaporan kalibrasi
Prosedur pengambilan data	Detail prosedur sering hilang: <i>baseline</i> , interval,	Replika sulit, tidak konsisten	SOP pengambilan data yang sistematis	SOP ringkas + checklist langkah pengambilan

	durasi, penempatan, logging		dan dapat direplikasi	bilan data
Integrasi data objektif dan subjektif	Data sensor dan kuesioner sering tidak sinkron dan tidak dipetakan konstruksya	Interpretasi lemah, konflik temuan	Kerangka integrasi data objektif-subjektif berbasis sinkronisasi waktu	Panduan sinkronisasi + skema pemetaan konstruksi
Kualitas dan pelaporan data	Minim quality control (missing, outlier, drift sensor) dan tidak ada checklist pelaporan protocol	Risiko bias meningkat, audit metode logi sulit	Protokol QC + checklist pelaporan protokol eksperimen arsitektur	Checklist QC + checklist pelaporan siap pakai

TINJAUAN PUSTAKA

Protokol eksperimen merupakan kerangka metodologis yang mengatur bagaimana suatu eksperimen dirancang, dijalankan, didokumentasikan, dan dilaporkan sehingga hasilnya dapat dinilai secara kritis, diaudit, dan diuji ulang. Dalam penelitian arsitektur, protokol eksperimen tidak hanya berkaitan dengan perlakuan desain atau perubahan kondisi ruang, tetapi juga menyangkut hubungan antara lingkungan fisik, sistem bangunan, instrumen pengukuran, serta respons pengguna sebagai bagian dari sistem yang diamati. Literatur teknis mengenai pemantauan kualitas lingkungan dalam ruang menekankan pentingnya kejelasan parameter, konsistensi pengukuran, dan dokumentasi kondisi operasional, khususnya pada aspek termal, pencahayaan, akustik, dan kualitas udara dalam ruang (Chartered Institution of Building Services Engineers [CIBSE], 2022; REHVA, 2025; ASHRAE, 2023).

Variabel dalam eksperimen arsitektur

Pada aspek variabel, eksperimen arsitektur menuntut definisi operasional yang tegas mengenai apa yang dimanipulasi, apa yang diamati, apa yang dijaga tetap, dan faktor apa saja yang berpotensi mengganggu hasil. Dalam praktiknya, penelitian arsitektur kerap mempertemukan variabel desain, variabel lingkungan, dan variabel manusia dalam satu rangkaian pengamatan. Variabel bebas dapat berupa perubahan bukaan, material, konfigurasi ruang, tata letak, atau sistem ventilasi; variabel terikat dapat berupa suhu udara, tingkat iluminasi, waktu dengung, kadar CO₂, atau persepsi kenyamanan; sedangkan variabel kontrol dapat mencakup kondisi operasional, waktu pengukuran, kepadatan ruang, maupun skenario penggunaan ruang. Studi tentang performa bangunan dan kenyamanan termal menunjukkan bahwa ketidakjelasan pemetaan variabel akan melemahkan interpretasi hubungan sebab-akibat karena efek desain dapat bercampur dengan pengaruh konteks, cuaca, okupansi, dan perilaku pengguna (Hudik, 2025; Novrial & Lubis, 2022; Rahman & Wibowo, 2021).

Instrumentasi dan auditabilitas pengukuran

Pada aspek instrumentasi, penelitian arsitektur semakin bergantung pada integrasi berbagai perangkat pengukuran, mulai dari sensor referensi, sensor berbiaya rendah, data logger, hingga instrumen subjektif seperti kuesioner dan skala persepsi. Perkembangan ini memperluas peluang pengumpulan data, tetapi sekaligus meningkatkan kebutuhan akan transparansi teknis. Instrumen tidak cukup disebutkan berdasarkan nama alat saja; peneliti perlu menjelaskan spesifikasi penting seperti rentang ukur, akurasi, resolusi, frekuensi pencatatan, prosedur kalibrasi, posisi alat, ketinggian sensor, durasi paparan, dan sinkronisasi

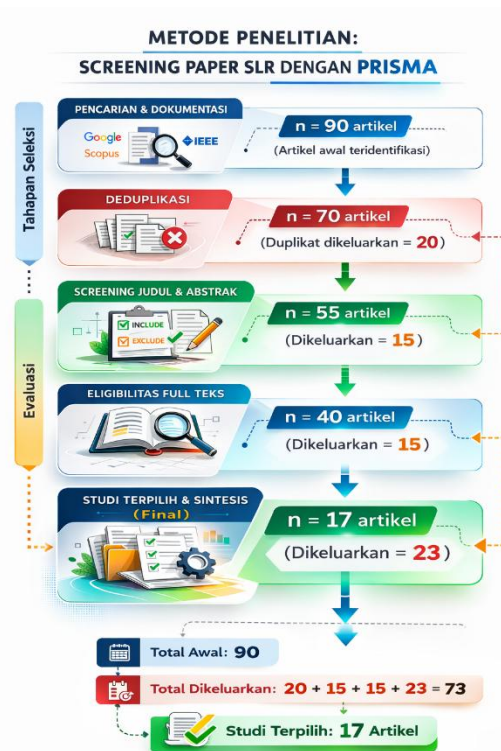
antarperangkat. Studi mengenai sensor kualitas udara dan pemantauan kondisi lingkungan dalam bangunan menunjukkan bahwa kualitas hasil sangat dipengaruhi oleh validasi alat, kalibrasi, serta kejelasan kondisi pengukuran (Apostolopoulos dkk., 2025; Arslan dkk., 2025; Dong dkk., 2025). Pada pengukuran akustik, perbedaan penempatan sensor dan metrik yang digunakan juga dapat menghasilkan interpretasi yang berbeda, sehingga dokumentasi instrumen menjadi bagian penting dari auditabilitas eksperimen (Lee dkk., 2025; Park dkk., 2022).

Prosedur pengambilan data

Selain variabel dan instrumentasi, kualitas eksperimen arsitektur juga sangat ditentukan oleh prosedur pengambilan data. Prosedur ini mencakup penetapan *baseline*, durasi pengukuran, interval *sampling*, urutan perlakuan, waktu pengambilan data, pencatatan kondisi operasional ruang, serta mekanisme *quality control*. *Baseline* diperlukan untuk membedakan kondisi awal dari efek perlakuan, sedangkan durasi dan interval *sampling* menentukan kemampuan data dalam menangkap fluktuasi lingkungan yang bersifat dinamis. Pada studi lapangan mengenai kualitas lingkungan dalam ruang, ketidakjelasan durasi, interval, atau kondisi operasional dapat menurunkan keterbandingan hasil dan menyulitkan interpretasi data lintas studi (Chatzidiakou dkk., 2023; de Vries dkk., 2025; Di Loreto dkk., 2025). Prinsip keterlacakan prosedur dan transparansi pelaporan juga ditekankan dalam pedoman review seperti PRISMA 2020 dan PRISMA-S, yang meskipun disusun untuk tinjauan sistematis, tetap relevan sebagai dasar penekanan bahwa setiap langkah metodologis perlu ditulis secara jelas dan terbuka (Page dkk., 2021; Rethlefsen dkk., 2021).

Posisi kajian

Berdasarkan telaah tersebut, dapat dipahami bahwa protokol eksperimen dalam penelitian arsitektur berdiri di atas tiga komponen yang saling terkait, yaitu variabel, instrumentasi, dan prosedur pengambilan data. Ketiganya menentukan kualitas bukti yang dihasilkan dan memengaruhi kekuatan penelitian arsitektur sebagai dasar bagi *evidence-based design*. Meski banyak studi telah membahas kenyamanan termal, pencahayaan, akustik, kualitas udara, dan performa bangunan, pembahasan sering lebih terfokus pada hasil tematik daripada mutu protokol yang mendasarinya. Kajian ini karena itu menempatkan protokol eksperimen sebagai objek utama telaah, agar dapat dirumuskan kerangka metodologis yang lebih operasional, auditabel, dan replikatif untuk penelitian arsitektur (Di Loreto dkk., 2025; Nunayon dkk., 2025).



Gambar 1. Diagram Alur SLR dengan PRISMA

PERTANYAAN PENELITIAN

1. Bagaimana penelitian arsitektur melaporkan variabel eksperimen, instrumentasi, dan prosedur pengambilan data pada studi lima tahun terakhir?
2. Kelemahan metodologis apa yang paling sering berulang dalam pelaporan protokol eksperimen arsitektur?
3. Kerangka protokol seperti apa yang dapat diusulkan untuk meningkatkan auditabilitas, replikasi, dan keterbandingan hasil eksperimen?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji protokol eksperimen dalam penelitian arsitektur dengan fokus pada tiga komponen utama, yaitu perancangan variabel, pemilihan instrumen, dan prosedur pengambilan data (Higgins dkk., 2021). Literatur dihimpun dari basis data ilmiah bereputasi dan dibatasi pada publikasi lima tahun terakhir untuk menangkap praktik pengukuran dan standar pelaporan terkini. Seleksi studi dilakukan secara sistematis melalui tahap identifikasi, penghapusan duplikasi, penyaringan judul dan abstrak, serta penilaian kelayakan teks penuh menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Dari proses tersebut, 17 artikel memenuhi kriteria dan masuk ke tahap analisis akhir (n=17). Studi terpilih kemudian dianalisis menggunakan lembar ekstraksi terstruktur yang mencatat kategori variabel (bebas, terikat, kontrol, pengganggu) beserta definisi operasional, aspek instrumen (jenis, spesifikasi, kalibrasi, penempatan, dan sinkronisasi waktu), serta aspek prosedural (baseline, durasi, interval, pencatatan kondisi, dan quality control) (Page dkk., 2021; Rethlefsen dkk., 2021). Data dianalisis melalui analisis isi terarah untuk mengidentifikasi pola pelaporan, gap yang berulang, serta dampaknya

terhadap replikasi dan validitas sebab-akibat. Hasil sintesis digunakan untuk merumuskan kerangka protokol eksperimen arsitektur yang operasional berupa taksonomi variabel, matriks konstruk–instrumen dengan spesifikasi minimal, SOP pengambilan data yang dapat direplikasi, dan checklist pelaporan metode (Page dkk., 2021).

Tabel 2. Proses Seleksi Literatur dalam SLR

Tahapan Seleksi	Deskripsi	Jumlah Literturnya
Identifikasi Literatur	Mengidentifikasi literatur relevan dari database ilmiah (5 tahun terakhir)	90 artikel
Penghapusan Duplikasi	Menghapus artikel yang terduplikasi	70 artikel
Screening Judul & Abstrak	Memilih artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi	55 artikel
Penilaian Teks Penuh	Memeriksa kelayakan artikel dengan mengevaluasi teks penuh	40 artikel
Analisis Akhir	Artikel yang memenuhi kriteria untuk analisis lebih lanjut	17 artikel

Sebanyak 90 artikel diperoleh pada tahap identifikasi literatur karena pencarian awal sengaja dibuat cukup luas agar tidak kehilangan studi yang relevan dalam lima tahun terakhir. Pencarian dilakukan pada beberapa basis data ilmiah (misalnya Google Scholar, Scopus, dan IEEE) dengan menggabungkan kata kunci yang merepresentasikan protokol/metode eksperimen, konteks arsitektur/bangunan, dan unsur yang diekstraksi dari penelitian. Kata kunci utama yang digunakan meliputi: “experimental protocol”, “measurement protocol”, “monitoring protocol”, “data collection procedure”, dan

instrumentation; kemudian dipadukan dengan kata kunci domain seperti *architecture*, *building*, dan *“built environment”*; serta diperkuat dengan kata kunci detail metode seperti *variable* (mis. *Control variable/ confound*), *instrument/ sensor*, *calibration*, *“sensor placement”*, *baseline*, *“sampling interval”*, dan *“data quality/quality control”*. Kombinasi kata kunci tersebut (menggunakan operator Boolean AND/OR) menghasilkan kumpulan awal yang relatif besar yakni 90 artikel sebagai bahan kandidat sebelum dilakukan deduplikasi, screening, dan evaluasi full-text hingga akhirnya tersaring menjadi 17 artikel yang paling sesuai untuk analisis akhir (n=17).

Ekstraksi Data

Setelah artikel terpilih, data diekstrak menggunakan lembar ekstraksi terstruktur yang mencatat kategori variabel (bebas, terikat, kontrol, pengganggu) beserta definisi operasional, aspek instrumen (jenis, spesifikasi, kalibrasi, penempatan, dan sinkronisasi waktu), serta aspek prosedural (baseline, durasi, interval, pencatatan kondisi, dan quality control).

Tabel 3. Ekstraksi Data Protokol

Elemen yang Diekstrak	Contoh Data yang Dicatat	Tujuan
Variabel	Bebas: shading; Terikat: iluminansi; Kontrol: okupansi; Pengganggu: cuaca	Menilai validitas sebab-akibat
Instrumen	Lux meter, data logger	Memetakan kesesuaian konstruk-alat
Kalibrasi	Kalibrasi sebelum pengukuran, standar pabrik/lab	Menilai kualitas pengukuran
Penempatan Sensor	Tinggi 1.1 m, 2 m dari jendela	Mengurangi bias penempatan
Prosedur Data	Baseline 30 menit; Durasi 7 hari; Interval 10 menit	Menjamin konsistensi prosedur
Quality Control	Aturan outlier, cek drift mingguan	Menjamin integritas data
Integrasi Data	Kuesioner tiap jam disinkronkan timestamp	Memperkuat interpretasi objektif-subjektif

Blok Diagram Alur Metode (SLR)

Blok Diagram Alur Metode (SLR) menjelaskan urutan kerja tinjauan literatur sistematis dari awal sampai menghasilkan luaran penelitian (Rahma & Mutiari, 2025; Hermawan dkk., 2023). Proses dimulai dari identifikasi literatur lima tahun terakhir melalui database ilmiah dan pencarian pelengkap, lalu dilanjutkan dengan penghapusan duplikasi agar data tidak dihitung ganda. Setelah itu dilakukan screening judul dan abstrak berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk menyaring studi yang relevan. Studi yang lolos kemudian masuk tahap review full-text (eligibility) untuk memastikan informasi protokol eksperimen benar-benar tersedia dan dapat diekstraksi hingga diperoleh 17 artikel untuk analisis akhir (n = 17) (Park dkk., 2022).

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data terstruktur yang memfokuskan pengambilan informasi pada variabel, instrumen, dan prosedur pengambilan data. Data yang terkumpul lalu dinilai menggunakan rubrik kelengkapan protokol (skor 0–2) untuk melihat seberapa auditabel dan replikatif pelaporan setiap studi (REHVA, 2025). Setelah itu dilakukan analisis isi terarah dan sintesis untuk menemukan pola gap, kelemahan yang berulang, serta rekomendasi perbaikan. Hasil akhirnya adalah output berupa kerangka protokol eksperimen arsitektur, seperti taksonomi variabel, matriks instrumen dengan spesifikasi minimum, SOP pengambilan data, dan checklist pelaporan metode.

Blok Diagram Alur Metode (SLR) menjelaskan urutan kerja tinjauan literatur sistematis dari awal sampai menghasilkan luaran penelitian. Proses dimulai dari identifikasi literatur lima tahun terakhir melalui database ilmiah dan pencarian pelengkap, lalu dilanjutkan dengan penghapusan duplikasi agar data tidak

dihitung ganda. Setelah itu dilakukan screening judul dan abstrak berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk menyaring studi yang relevan. Studi yang lolos kemudian masuk tahap review full-text (eligibility) untuk memastikan informasi protokol eksperimen benar-benar tersedia dan dapat diekstraksi hingga diperoleh 17 artikel untuk analisis akhir (n = 17) (Rethlefsen dkk., 2021).

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data terstruktur yang memfokuskan pengambilan informasi pada variabel, instrumen, dan prosedur pengambilan data. Data yang terkumpul lalu dinilai menggunakan rubrik kelengkapan protokol (skor 0–2) untuk melihat seberapa auditabel dan replikatif pelaporan setiap studi. Setelah itu dilakukan analisis isi terarah dan sintesis untuk menemukan pola gap, kelemahan yang berulang, serta rekomendasi perbaikan. Hasil akhirnya adalah output berupa kerangka protokol eksperimen arsitektur, seperti taksonomi variabel, matriks instrumen dengan spesifikasi minimum, SOP pengambilan data, dan checklist pelaporan metode (ASHRAE, 2023).

Tabel 4. Ekstraksi Data Protokol

Komponen	Elemen yang Diekstrak	Contoh Data yang Dicatat	Tujuan
Identitas studi	Penulis, tahun, konteks (lab/field), jenis bangunan, lokasi/iklim	“Office building, field study, tropis”	Memahami konteks dan keterbandingan
Variabel	Variabel bebas, terikat, kontrol, pengganggu	Bebas: shading; Terikat: iluminansi; Kontrol: okupansi; Pengganggu: cuaca	Menilai validitas sebab-akibat
Definisi operasional	Indikator, satuan, metode ukur	Iluminansi (lux), diukur lux meter tiap 1 menit	Memastikan variabel terukur dan replikatif

Instrumen	Jenis alat/sensor, model (jika ada)	Lux meter, data logger	Memetakan kesesuaian konstruk-alat
Spesifikasi	Rentang, akurasi, resolusi, sampling rate	Akurasi ±3%, interval 1 menit	Menguji reliabilitas dan auditabilitas
Kalibrasi	Metode/standar, waktu kalibrasi	Kalibrasi sebelum pengukuran, standar pabrik/lab	Menilai kualitas pengukuran
Penempatan sensor	Lokasi, tinggi, jarak dari bukaan, alasan	Tinggi 1.1 m, 2 m dari jendela	Mengurangi bias penempatan
Prosedur data	Baseline, durasi, interval, urutan perlakuan	Baseline 30 menit; durasi 7 hari; interval 10 menit	Menjamin konsistensi prosedur
Logging kondisi	Okupansi, setelan sistem, status pintu/jendela, cuaca ringkas	Log AC 24°C; jendela tertutup	Mengendalikan gangguan lapangan
Quality control	Missing data, outlier, drift, audit trail	Aturan outlier, cek drift mingguan	Menjamin integritas data
Integrasi data	Sinkronisasi sensor–kuesioner (jika ada)	Kuesioner tiap jam disinkronkan timestamp	Memperkuat interpretasi objektif–subjektif

Tabel Ekstraksi Data Protokol (Template) berfungsi sebagai alat pencatatan standar saat menelaah setiap artikel dalam SLR. Dengan tabel ini, informasi metodologi dari berbagai studi dikumpulkan dalam format yang sama, sehingga lebih mudah dibandingkan dan disintesis. Template ini memastikan peneliti tidak hanya mencatat apa yang diukur, tetapi juga bagaimana pengukuran dilakukan secara rinci.

Isi tabel dibagi ke beberapa komponen utama. Bagian variabel mencatat variabel bebas, terikat, kontrol, dan pengganggu beserta definisi operasionalnya agar hubungan sebab-akibat dapat dinilai. Bagian instrumen mencatat jenis alat/sensor, spesifikasi (akurasi, resolusi, sampling), kalibrasi, dan penempatan

sensor untuk menilai reliabilitas dan potensi bias pengukuran. Bagian prosedur pengambilan data mencatat baseline, durasi, interval, dan logging kondisi (okupansi, setelan sistem, status bukaan, cuaca) agar protokol dapat direplikasi. Terakhir, bagian quality control dan integrasi data mencatat aturan pembersihan data, penanganan data hilang/outlier/drift, serta sinkronisasi waktu antara data sensor dan data kuesioner (jika ada), sehingga kualitas data dan konsistensi interpretasi dapat dipertanggungjawabkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Umum Literatur yang Ditinjau

Hasil penelusuran dan seleksi literatur menunjukkan bahwa eksperimen dalam penelitian arsitektur paling banyak diterapkan untuk menguji kinerja ruang dan bangunan. Studi umumnya terbagi menjadi dua bentuk: eksperimen lapangan (field experiment) dan eksperimen laboratorium (lab experiment). Eksperimen lapangan memberi gambaran kondisi nyata, tetapi sering menghadapi keterbatasan kontrol variabel. Eksperimen laboratorium lebih kuat dalam kontrol kondisi, tetapi sering mengurangi kompleksitas konteks penggunaan ruang.

Dari sisi pelaporan metodologi, sebagian besar artikel cenderung menjelaskan variabel yang diukur dan jenis alat yang digunakan. Namun, detail yang menentukan keterulangan penelitian seperti definisi operasional variabel, spesifikasi instrumen, penempatan sensor, kalibrasi, baseline, interval pengukuran, dan quality control data masih sering kurang lengkap.

2. Temuan pada Aspek Variabel

a. Pola variabel yang digunakan Variabel eksperimen arsitektur dapat dipetakan ke tiga kelompok: 1) Variabel desain dan fisik: bukaan, shading, orientasi, material, konfigurasi ruang, strategi ventilasi, setelan HVAC. 2) Variabel lingkungan: suhu, kelembapan, kecepatan udara, iluminansi, kebisingan, CO₂, partikulat. 3) Variabel manusia: kenyamanan, persepsi, preferensi, performa tugas, produktivitas.

b. Kelemahan dominan dalam pelaporan variable terdapat tiga kelemahan berulang:

1) Variabel kontrol tidak dinyatakan eksplisit. Banyak studi tidak menulis variabel yang harus dijaga konstan, misalnya okupansi, jadwal operasional, status pintu/jendela, atau kondisi cuaca saat pengukuran.

2) Variabel pengganggu (confounder) tidak dipetakan. Aktivitas pengguna, sumber panas internal, variasi radiasi matahari, dan perubahan setelan sistem sering tidak dicatat sebagai potensi pengganggu.

3) Definisi operasional variabel manusia lemah. "Kenyamanan" atau "kepuasan" sering ditulis tanpa informasi skala, waktu pengisian, konteks pengisian, dan cara sinkronisasi dengan data sensor.

c. Konsekuensi metodologis

Kondisi ini menurunkan validitas internal. Efek perlakuan (misalnya perubahan material atau strategi ventilasi) sulit dipastikan karena bisa bercampur dengan faktor lain yang tidak dikendalikan atau tidak dicatat.

3. Temuan pada Aspek Instrumen
 - a. Jenis instrumen yang paling sering muncul Instrumen yang sering dipakai meliputi: sensor suhu dan kelembapan, anemometer, lux meter, sound level meter, CO₂ meter, sensor partikulat, data logger, serta kuesioner kenyamanan.
 - b. Masalah dominan instrument Empat masalah paling sering ditemukan:
 - 1) Spesifikasi instrumen tidak lengkap. Akurasi, rentang ukur, resolusi, dan tingkat sampling sering tidak dicantumkan.
 - 2) Kalibrasi tidak dilaporkan jelas. Banyak studi hanya menyebut “kalibrasi dilakukan” tanpa metode, acuan standar, atau tanggal.
 - 3) Penempatan sensor tidak rinci. Tinggi pemasangan, jarak dari bukaan, posisi relatif terhadap pengguna, dan lokasi titik ukur sering tidak dijelaskan.
 - 4) Sinkronisasi antar sumber data lemah. Studi yang memakai sensor dan kuesioner tidak selalu menjelaskan pencocokan waktu pengukuran sensor dengan waktu pengisian kuesioner.
 - c. Konsekuensi metodologis
Tanpa spesifikasi, kalibrasi, dan tata letak sensor yang jelas, kualitas data sulit diaudit. Perbedaan kecil antar kondisi berisiko berasal dari error alat atau salah penempatan sensor, bukan akibat perlakuan eksperimen.
4. Temuan pada Prosedur Pengambilan Data (Data Collection Procedure)
 - a. Komponen prosedur yang sering hilang
Bagian prosedural yang paling sering kurang lengkap adalah:
 - 1) Baseline sebelum perlakuan.
 - 2) Durasi pengukuran dan alasan pemilihan durasi.

- 3) Interval pencatatan serta konsekuensinya terhadap menangkap fluktuasi.
 - 4) Pencatatan kondisi operasional (jadwal penggunaan ruang, setelan sistem, aktivitas pengguna).
 - 5) Quality control data (missing values, outlier, drift sensor, audit trail).
- b. Dampak pada replikasi dan komparabilitas
Kekurangan ini membuat studi sulit direplikasi dan sulit dibandingkan lintas penelitian. Dua studi dapat sama-sama mengukur suhu dan kenyamanan, tetapi menghasilkan kesimpulan berbeda hanya karena prosedur baseline, interval, dan kontrol kondisi yang berbeda.
5. Sintesis Temuan: Pola Gap Protokol Eksperimen
Hasil sintesis menunjukkan bahwa gap utama bukan pada “topik eksperimen”, tetapi pada ketidakseragaman pelaporan protokol. Masalah terbesar berada pada:
 - a. Struktur variabel (kontrol dan pengganggu),
 - b. Audit instrumen (spesifikasi, kalibrasi, penempatan),
 - c. SOP pengambilan data (baseline, interval, QC).



Gambar 2. Hasil dari Pola Gap Eksperimen

Hasil sintesis literatur ini disusun berdasarkan 17 artikel terpilih dari lima tahun terakhir (2019–2025), menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Tujuannya adalah:

1. Mengidentifikasi temuan dominan terkait pelaporan variabel, instrumen, dan prosedur.
2. Menyusun gap metodologis yang berulang.
3. Memberikan kerangka validasi berupa taksonomi variabel, matriks konstruksi-instrumen, SOP pengambilan data, dan checklist pelaporan metode.

Hasil sintesis literatur ini tidak hanya meringkas praktik yang ada, tetapi juga menegaskan perlunya standar operasional eksperimen arsitektur untuk meningkatkan auditabilitas, replikasi, dan kualitas bukti. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada penguatan *evidence-based design*, di mana keputusan desain dapat didukung oleh data yang konsisten dan dapat diuji ulang.

Tabel 5. Hasil Sintesis Literatur

Fokus Analisis	Studi / Tahun (n=17)	Temuan Dominan	Masalah yang Berulang	Dampak Metodologis	Rekomendasi / Kerangka Validasi
Variabel Eksperimen	Apostolopoulos (2025), Arslan (2025), Chatzidiakou (2023), de Vries (2024), Di Loreto (2025), Lee (2024), Nunayon (2025), Park (2022), REHVA (2025), ASHRA	Variabel bebas, terikat, kontrol, pengganggu, sering tidak dipisahkan; definisi operasional variabel	Variabel kontrol dan konfunder tidak diidentifikasi; operasional tidak lengkap	Validitas internal lemah; efek perlakuan sulit diidentifikasi; komparasi antar studi sulit	Taksonomi variabel + templat definisi operasional; pertanyaan kunci: apa diubah, diukur, dijaga, dan pengganti

	E (2023)				
Instrumen Pengukuran	Apostolopoulos (2025), Dong (2025), Hu (2024), Chatzidiakou (2023), de Vries (2024), Di Loreto (2025), Lee (2024), Nunayon (2025), REHVA (2025)	Sensor beragams: suhu, kelembapan, lux meter, CO ₂ , sound level meter, data logger; kuesioner kenyaamanan sensor – kuesioner lemah	Spesifikasi alat tidak lengkap; kalibrasi tidak rinci; penerapannya sensor tidak jelas; sinkronisasi data sensor	Audit data sulit; perbedaan kondisi bisa muncul karena error alat atau penempatan sensor, bukan perlakuan eksperimen	Matriks konstruksi-instrumen-spesifikasi minimal; standar pelaporan kalibrasi; panduan penempatan sensor
Prosedur Pengambilan Data	Apostolopoulos (2025), Arslan (2025), Chatzidiakou (2023), de Vries (2024), Di Loreto (2025), Lee (2024), Park (2022), REHVA (2025), ASHRA E (2023), Nunayon (2025)	Baseline, durasi, interval pencatatan, logging, kondisi, quality control sering hilang atau tidak dijelaskan	Komponen prosedur sering tidak lengkap; interval dan durasi tidak dijelaskan	Replikasi sulit; hasil studi tidak konsisten; kesimpulan bisa berbeda meski variabel sama	SOP pengambilan data yang sistematis; checklist QC dan pelaporan metode; bagian wajib dan opsional sesuai jenis eksperimen
Integrasi Data Objektif & Subjektif	Apostolopoulos (2025), Arslan (2025), Lee (2024), Nunayon (2025)	Sinkronisasi sensor dan kuesioner jarang dilakukan	Pemetaan konstruk dan tumpang tidak lengkap	Interpretasi lemah; potensi konflik temuan	Panduan sinkronisasi waktu + skema pemetaan konstruk untuk integrasi data
Kualitas & Pelaporan Data	Apostolopoulos (2025), Chatzidiakou (2023)	Minimal QC (missings, outlier, drift); pelaporan	Tidak ada checklist pelaporan	Risiko bias meningkat; audit metod	Protokol QC + checklist pelaporan eksperimen

REHVA (2025), ASHRAE (2023)	ran protokol tidak lengkap	protokol	ologi sulit	arsitektur siap pakai
-----------------------------	----------------------------	----------	-------------	-----------------------

1. Mengapa Gap Protokol Muncul dalam Eksperimen Arsitektur

Eksperimen arsitektur berada pada pertemuan desain, teknik bangunan, dan perilaku manusia. Karena itu, penelitian sering menghadapi dua tekanan: kebutuhan konteks realistis dan keterbatasan kontrol variabel. Pada 17 artikel yang dianalisis, masalah paling konsisten muncul pada studi lapangan, yakni tidak lengkapnya dokumentasi okupansi, setelan sistem, dan kondisi cuaca, padahal faktor-faktor ini berperan sebagai variabel kontrol maupun pengganggu yang memengaruhi validitas internal (Apostolopoulos dkk., 2025; Arslan dkk., 2025; Chatzidiakou dkk., 2023; Di Loreto dkk., 2025). Dengan kata lain, keterbatasan kontrol lapangan sebenarnya masih dapat diimbangi dengan dokumentasi protokol yang lebih ketat. Ketika dokumentasi tersebut tidak dilakukan, protokol menjadi tidak transparan, kualitas bukti melemah, dan pembaca sulit membedakan apakah perbedaan hasil berasal dari perlakuan eksperimen atau dari perubahan konteks pengukuran (CIBSE, 2022; REHVA, 2025; ASHRAE, 2023).

2. Pembahasan Kritis per Fokus

a. Variabel: inti validitas sebab-akibat
 Hasil analisis terhadap 17 artikel menunjukkan bahwa banyak studi belum memisahkan variabel bebas, terikat, kontrol, dan pengganggu secara tegas. Dalam konteks arsitektur, pemisahan ini sangat penting karena ruang bersifat dinamis dan respons pengguna maupun kondisi lingkungan dapat

berubah selama pengukuran. Sejumlah studi pemantauan IEQ dan pengukuran lapangan memang melaporkan variabel utama yang diukur, tetapi tidak selalu menjelaskan variabel kontrol seperti okupansi, status bukaan, atau jadwal operasional, serta tidak memetakan confounder secara eksplisit (Apostolopoulos dkk., 2025; Arslan dkk., 2025; Chatzidiakou dkk., 2023; Di Loreto dkk., 2025). Jika variabel kontrol tidak ditulis, pembaca tidak bisa menilai apakah perubahan hasil benar berasal dari perlakuan. Karena itu, kontribusi penting dari penelitian ini adalah merumuskan struktur variabel yang memaksa peneliti menjawab empat pertanyaan: apa yang diubah, apa yang diukur, apa yang dijaga tetap, dan faktor apa yang bisa mengganggu; struktur ini meningkatkan validitas internal tanpa harus mengubah desain eksperimen secara besar (Higgins dkk., 2021; Higgins & Thomas, 2024).

b. Instrumen: auditabilitas data sebagai standar minimum

Masalah instrumen yang dominan dalam 17 artikel terpilih menunjukkan adanya kesenjangan antara praktik pengukuran dan praktik pelaporan. Beberapa studi dan panduan menegaskan pentingnya spesifikasi alat, prosedur kalibrasi, dan penempatan sensor karena sensor bangunan sangat sensitif terhadap posisi, kondisi operasi, serta drift dari waktu ke waktu (CIBSE, 2022; de Vries dkk., 2025; Dong dkk., 2025; Hu dkk., 2025; REHVA, 2025). Tanpa tinggi pemasangan dan jarak dari bukaan, data bisa bias; tanpa spesifikasi alat, pembaca tidak tahu batas error pengukuran; dan tanpa informasi kalibrasi, auditabilitas data menjadi

lemah. Karena itu, kebaruan yang relevan adalah penyusunan matriks konstruk–instrumen–spesifikasi minimal serta standar pelaporan kalibrasi agar penelitian lebih mudah diuji ulang dan lebih kuat untuk ditarik menjadi rekomendasi desain (Dong dkk., 2025; Hu dkk., 2025; REHVA, 2025).

- c. Prosedur pengambilan data: masalah replikasi yang paling nyata
Hasil analisis memperlihatkan bahwa prosedur adalah titik yang paling sering kurang lengkap pada artikel yang direviu. Komponen seperti baseline, interval pencatatan, durasi pengukuran, logging kondisi operasional, dan quality control berulang kali menjadi elemen yang tidak dijelaskan secara memadai, padahal literatur protokol dan panduan pengukuran menempatkan komponen-komponen tersebut sebagai inti replikasi dan keterbandingan hasil (Chartered Institution of Building Services Engineers [CIBSE], 2022; Chatzidiakou dkk., 2023; de Vries dkk., 2025; Park dkk., 2022; REHVA, 2025; Rethlefsen dkk., 2021). *Baseline* menentukan kondisi awal, interval menentukan sensitivitas data terhadap fluktuasi, durasi menentukan keterwakilan variasi waktu, dan *quality control* menentukan kebersihan data sebelum analisis. Jika empat hal ini tidak ditulis, replikasi menjadi sangat sulit. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan SOP ringkas yang dapat diterapkan lintas subbidang, dengan bagian wajib dan bagian opsional sesuai jenis eksperimen, seperti termal, pencahayaan, akustik, dan kualitas udara dalam ruang (*indoor air quality* [IAQ]) (Page dkk., 2021; Rethlefsen dkk., 2021).

3. Implikasi Ilmiah dan Praktis

Secara ilmiah, kerangka protokol yang dirumuskan meningkatkan komparabilitas antar studi karena pelaporan metodologi menjadi lebih seragam dan lebih dekat dengan prinsip pelaporan systematic review maupun protokol pengukuran bangunan (CIBSE, 2022; Higgins dkk., 2021; Page dkk., 2021; Rethlefsen dkk., 2021). Secara praktis, checklist dan SOP membantu peneliti menyusun bagian metode yang auditabel, serta membantu reviewer dan pembaca menilai kualitas data dengan dasar yang lebih jelas (CIBSE, 2022; REHVA, 2025; ASHRAE, 2023). Pada akhirnya, ini memperkuat posisi eksperimen arsitektur sebagai sumber bukti untuk keputusan desain berbasis data.

4. Batasan Pembahasan

Karena penelitian ini berbasis literatur, kualitas sintesis sangat bergantung pada kelengkapan pelaporan 17 artikel yang ditinjau. Studi yang lebih rapi dan lebih lengkap secara metodologis berpotensi lebih “terlihat” dalam proses ekstraksi dan lebih kuat memengaruhi rumusan praktik terbaik. Selain itu, setiap subbidang memiliki kebutuhan teknis khusus sehingga kerangka yang dihasilkan perlu diposisikan sebagai standar umum yang tetap perlu dilengkapi dengan aturan teknis spesifik sesuai domain (CIBSE, 2022; REHVA, 2025; ASHRAE, 2023).

Tabel 6. Temuan Utama Hasil dan Pembahasan

Fokus	Temuan Dominan	Masalah yang Berulang	Dampak	Implikasi Kerangka
Variabel	Variabel desain-lingkungan-manusia sering tumpang tindih	Kontrol dan confounder tidak jelas	Kausalitas lemah	Taksonomi variabel + template definisi operasional
Instrumen	Sensor beragam,	Spesifikasi, kalibrasi,	Data sulit diaudit	Matriks konstruk

	pelaporan tidak seragam	penempatan minim	– instrumen + format kalibrasi
Prosedur data	Prosedur sering ringkas	Baseline, interval, durasi, QC hilang	Replikasi sulit
			SOP akuisisi data + checklist QC dan pelaporan

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas bukti dari eksperimen arsitektur sangat ditentukan oleh kekuatan protokol, khususnya pada perancangan variabel, pemilihan instrumen, dan prosedur pengambilan data. Tinjauan literatur menegaskan masih adanya ketidakseragaman pelaporan yang berulang, terutama pada pemisahan variabel bebas, terikat, kontrol, dan pengganggu, serta kelemahan definisi operasional variabel. Kondisi ini membuat hubungan sebab-akibat kurang kuat dan menyulitkan komparasi lintas studi, lokasi, dan konteks bangunan.

Dari sisi instrumen dan prosedur, studi sering belum menyajikan spesifikasi alat secara lengkap, informasi kalibrasi, serta detail penempatan sensor dan sinkronisasi data objektif dan subjektif. Selain itu, komponen prosedural yang kritis seperti baseline, durasi dan interval pengukuran, pencatatan kondisi operasional, serta quality control data masih sering tidak dilaporkan. Untuk menutup gap tersebut, penelitian ini menghasilkan kerangka protokol eksperimen arsitektur yang bersifat operasional, berupa taksonomi variabel, matriks konstruk–instrumen–spesifikasi minimal, SOP pengambilan data yang dapat direplikasi, serta checklist pelaporan metode. Kerangka ini diharapkan memperkuat auditabilitas, meningkatkan replikasi, dan memperjelas keterbandingan hasil eksperimen sehingga eksperimen arsitektur lebih siap

mendukung keputusan desain berbasis bukti.

Saran-saran:

1. Validasi matriks konstruk–instrumen dengan standar teknis
Lakukan studi validasi yang membandingkan rekomendasi instrumen dalam matriks dengan standar dan pedoman teknis terbaru. Fokus pada batas akurasi minimal, kebutuhan kalibrasi, dan dampak penempatan sensor terhadap bias pengukuran.
2. Kembangkan prosedur quality control yang lebih terukur
Penelitian selanjutnya dapat membuat aturan QC yang lebih formal, misalnya ambang outlier, metode deteksi drift sensor, dan prosedur audit trail yang konsisten. Uji dampaknya terhadap stabilitas hasil analisis dan interpretasi eksperimen.
3. Rancang format pelaporan standar untuk jurnal arsitektur
Usulkan *template* pelaporan metode eksperimen yang dapat diadopsi jurnal, mencakup checklist protokol, tabel variabel, tabel instrumen, dan SOP ringkas. Penelitian dapat menguji penerimaan template ini melalui studi reviewer atau analisis kepatuhan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Apostolopoulos, I. D., Dovrou, E., Androulakis, S., Seitanidi, K., Georgopoulou, M. P., Matrali, A., Argyropoulou, G., Kaltsonoudis, C., Fouskas, G., & Pandis, S. N. (2025). Monitoring of indoor air quality in a classroom combining a low-cost sensor system and machine learning. *Chemosensors*, 13(4), 148. <https://doi.org/10.3390/chemosensors13040148>
- Anugrah, A., Setiawan, S., Harun, H., & Syarifandhy, I. (2025). Thermal comfort analysis to support energy efficiency based on building information modelling (BIM): Case study of Graduate Building University Fajar. *International Journal of Engineering Business and Social Science*, 3(7). <https://doi.org/10.58451/ijebss.v3i7.281>
- Arslan, M., Munawar, S., Mahdjoubi, L., & Manu, P.

- (2025). Monitoring indoor environmental conditions in office buildings using a sustainable Agentic RAG-LLM system. *Energy and Buildings*, 347, 116276. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116276>
- ASHRAE. (2023). ANSI/ASHRAE addendum ab to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and acceptable indoor air quality. https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/62_1_2022_ab_20231031.pdf
- Aryani, S. M., Prabowo, W. A., & Suryo, M. S. (2025). Passive design of natural ventilation system for thermal comfort in Saminah Sihyadi Mosque, Surakarta, Indonesia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 130(1), 51–63. <https://doi.org/10.37934/arfmts.130.1.5163>
- Chartered Institution of Building Services Engineers. (2022). TM68: Monitoring indoor environmental quality. CIBSE.
- Chatzidiakou, L., Archer, R., Beale, V., Bland, S., Carter, H., Castro-Faccetti, C., Edwards, H., Finneran, J., Hama, S. M. L., Jones, R. L., dkk. (2023). Schools' air quality monitoring for health and education: Methods and protocols of the SAMHE initiative and project. *Developments in the Built Environment*, 16, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100266>
- de Vries, S. W., Gkaintatzi-Masouti, T., Papantoniou, K., Smolders, K. C. H. J., de Kort, Y. A. W., & Aarts, M. P. J. (2025). Recommendations for light-dosimetry field studies based on a meta-analysis of personal light levels of office workers. *Lighting Research & Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/14771535241248540>
- Di Loreto, S., Falone, S., Lestingi, C., Malaguti, R., D'Orazio, M., & Bellia, L. (2025). Field measurements of indoor environmental quality in school classrooms (2020–2024): A systematic review. *Applied Sciences*, 15(10), 5692. <https://doi.org/10.3390/app15105692>
- Dong, J., Goodman, N., Carre, A., & Rajagopalan, P. (2025). Calibration and validation-based assessment of low-cost air quality sensors. *Science of the Total Environment*, 977, 179364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179364>
- Hermawan, H., Fiantoro, D., & Arrizqi, A. N. (2023). Ventilasi alami sebagai bagian dari perwujudan kenyamanan termal. *Journal of Engineering and Informatic*, 1(2), 35–41.
- Hermawan, H., Pahlavi Muhammad, S. R., Mohamad, D. A., & Annisa, N. A. (2023). Physical comfort in Statiko Coffee Shop, Wonosobo, Indonesia. *Building Engineering*, 1(1), 278. <https://doi.org/10.59400/be.v1i1.278>
- Higgins, J. P. T., & Thomas, J. (Eds.). (2024). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Version 6.5). Cochrane. <https://www.cochrane.org/handbook>
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2021). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Version 6.2). Cochrane. <https://www.cochrane.org/handbook>
- Hu, K., Yan, C., Ye, J., Xu, Y., Zhu, Z., & Gong, Y. (2025). Sensor fault diagnosis and calibration techniques in building energy systems: A review and future outlook. *Building and Environment*, 270, 112365. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112365>
- Lee, K., Park, J. S., & Yun, S. (2025). A study on indoor air quality at daycare centers using IoT environmental sensors. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 24(6), 5554–5566. <https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2412154>
- Mulfakli, Zulherman, & Fuadi, A. B. (2025). Thermal comfort in Kobuang Limo House: Evaluating tropical architectural elements. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 9(2), 129–142. <https://doi.org/10.20885/jars.vol9.iss2.art4>
- Novrial, & Lubis, R. N. (2022). The effect of orientation and material on thermal comfort in Museum Perkebunan Indonesia Building. *International Journal of Architecture and Urbanism*, 6(3), 311–318. <https://doi.org/10.32734/ijau.v6i3.10392>
- Nunayon, S. S., & Zhong, L. (2025). A mixed-method systematic review of indoor environmental quality (IEQ) gaps and opportunities for future research. *Sustainable Cities and Society*, 130, 106535. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106535>
- 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., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Park, J., Loftness, V., & Wang, T.-H. (2022).

Examining in situ acoustic conditions for enhanced occupant satisfaction in contemporary offices. *Buildings*, 12(9), 1305. <https://doi.org/10.3390/buildings12091305>

Rahma, I. V., & Mutiari, D. (2025). Identifikasi material industrial untuk kenyamanan termal pada bangunan Sawahan Food Court dengan konsep arsitektur ekologis. *Sinektika: Jurnal Arsitektur*, 22(1). <https://doi.org/10.23917/sinektika.vi.4547>

Rahman, V., & Wibowo, L. H. (2021). Study of thermal comfort in traditional house buildings (Case study: Simalungun traditional house). *International Journal of Architecture and Urbanism*, 5(1), 90–99. <https://doi.org/10.32734/ijau.v5i1.6035>

REHVA. (2025). Model indoor environmental quality regulation aligning with new provisions of 2024 EPBD recast. https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/2024/IEQ_Guidance_2025.pdf

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(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z>

Wiraguna, S., Purwanto, L. M. F., & Widjaja, R. R. (2024). Metode penelitian kualitatif di era transformasi digital. *Arsitekta: Jurnal Arsitektur dan Kota Berkelanjutan*, 6(1). <https://doi.org/10.47970/arsitekta.v6i01.524>

Young, H. D., & Prianto, E. (2025). Kajian literatur sistematis (SLR): Bentuk facade bangunan terhadap kenyamanan termal. *Arsitekta: Jurnal Arsitektur dan Kota Berkelanjutan*, 7(1). <https://doi.org/10.47970/arsitekta.v7i01.813>