



Kinerja Struktur Rumah Joglo terhadap Beban Gempa dan Implikasi bagi Desain Hunian Modern

Structural Performance of a Joglo House under Seismic Loads and Implications for Modern Residential Design

Totok Harmoyo¹, Kahar Sunoko^{2*}, Avi Marlina²

Program Studi Magister Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia¹
Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia²

*Corresponding author: kaharsunoko@staff.uns.ac.id

Article history

Received: 9 Mar 2026
Accepted: 18 Mar 2026
Published: 30 Apr 2026

Abstract

Quantitative studies on the structural resilience of joglo houses in earthquake-prone areas are limited, necessitating scientific analysis to ensure safety. This study analyzes the structural behavior of a joglo house in Dusun Jendi, Selogiri District, Wonogiri Regency, using the finite element method (FEM) through three-dimensional structural modeling in SAP2000. Data were obtained from field surveys, including element dimensions, timber material properties, and traditional joint systems. The analysis incorporated combined gravity and seismic loading in accordance with Indonesian National Standards (SNI). The results indicate that the joglo structure exhibits a hierarchical load distribution mechanism, transferring loads from the roof to horizontal elements (blandar), the main vertical elements (soko guru), and the foundation. Modal analysis identified three dominant vibration modes, namely lateral displacements and torsional rotation. The blandar resists the largest bending forces, while the soko guru carries the highest axial loads, indicating stable and earthquake-adaptive structural performance.

Keywords: 3d structural modeling in SAP2000; earthquake resistance; finite element method (FEM); joglo structure

Abstrak

Terbatasnya kajian kuantitatif berbasis standar rekayasa modern dalam mengevaluasi ketahanan struktur rumah joglo di wilayah rawan gempa menuntut dilakukannya analisis ilmiah untuk memastikan kinerja dan keamanannya. Penelitian ini bertujuan menganalisis perilaku struktural rumah joglo di Dusun Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode elemen hingga (finite element method/FEM) melalui pemodelan struktur tiga dimensi menggunakan SAP2000. Data diambil melalui data survei lapangan yang mencakup dimensi elemen, jenis material kayu, dan sambungan tradisional. Analisis dilakukan dengan kombinasi pembebanan gravitasi dan gempa sesuai standar SNI. Hasil menunjukkan bahwa struktur joglo memiliki mekanisme distribusi beban yang hierarkis dari atap ke elemen horizontal (*blandar*), kemudian ke elemen vertikal utama (*soko guru*) hingga pondasi. Analisis modal mengidentifikasi tiga mode getar dominan berupa perpindahan lateral dan rotasi torsional. *Blandar* menahan gaya lentur terbesar, sedangkan *soko guru* menahan gaya aksial terbesar, menunjukkan kinerja struktur yang stabil dan adaptif terhadap gempa.

Kata kunci: pemodelan struktur 3d SAP2000; ketahanan gempa; finite element method (FEM); struktur joglo

Cite this as: Harmoyo, T., Sunoko, K., Marlina, A. (2026). Kinerja Struktur Rumah Joglo terhadap Beban Gempa dan Implikasi bagi Desain Hunian Modern. *Article. Arsitektura: Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 24(1), 88-99. <https://doi.org/10.20961/arst.v24i1.116562>

1. PENDAHULUAN

Rumah joglo merupakan bangunan arsitektur vernakular Jawa yang ditandai oleh konfigurasi struktur kayu yang kompleks dan unik (Idham, 2018). Rumah joglo memiliki sistem empat saka guru dan tumpangsari bertingkat (Jaya dkk., 2025). Struktur rumah joglo secara historis dapat bertahan dalam jangka waktu panjang di berbagai wilayah Jawa. Ketahanan struktur rumah joglo sering dikaitkan dengan karakteristik sistem rangka kayu yang fleksibel, sambungan semi-rigid, serta distribusi massa atap yang relatif besar sehingga mampu meredam respons dinamis (Prihatmaji, 2007).

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati rumah joglo di Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, yang berada pada zona tektonik aktif di Indonesia (Widagdo, 2008). Zona ini dipengaruhi oleh sistem subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia di selatan Pulau Jawa. Aktivitas subduksi menyebabkan kawasan Jawa bagian selatan memiliki tingkat bahaya gempa yang relatif lebih tinggi. Berdasarkan peta percepatan gempa rencana dalam SNI 1726:2019, wilayah ini termasuk dalam kategori percepatan seismik menengah hingga tinggi (Permana, 2021; Sengara dkk., 2020), sehingga bangunan yang berdiri di kawasan Kecamatan Selogiri harus direncanakan dengan mempertimbangkan respons dinamis struktur terhadap beban gempa.

Sistem tradisional joglo memiliki karakteristik yang unik yaitu saka guru bertumpu pada umpak batu (Jaya dkk., 2025; Pamuji & Wiryono, 2021). Secara struktur sistem tradisional Joglo bekerja dominan dalam mekanisme tekan dan gesekan (*compression bearing and friction*) (Koesmartadi & Kusyanto, 2023). Saka guru efektif menahan beban gravitasi, namun kapasitas terhadap gaya tarik (*uplift*) (Wu dkk., 2023) dan geser lateral sangat bergantung pada berat struktur dan koefisien gesekan antara kayu dan batu (Prihatmaji dkk., 2014).

Permasalahan muncul ketika sistem tradisional dievaluasi menggunakan pendekatan rekayasa modern. Standar desain struktur kayu seperti SNI 7973:2013 (Doloksaribu & Utary, 2022; Ma'rifah dkk., 2025) serta ketentuan

kombinasi pembebanan gempa dalam SNI 1726:2019 (Hidayat & Loren, 2021; Syarif dkk., 2023) mensyaratkan evaluasi kapasitas elemen terhadap kondisi batas ultimit dan servisabilitas, verifikasi interaksi lentur-aksial, kontrol lendutan, serta kontinuitas jalur gaya (*load path*). Saat ini kajian kuantitatif yang secara sistematis menguji performa elemen utama joglo di wilayah Wonogiri terhadap tuntutan tersebut masih terbatas.

Penelitian ini penting sebagai dasar untuk melakukan validasi ilmiah terhadap perilaku struktur rumah joglo di Dusun Jendi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis perilaku struktural utama pada rumah joglo dengan fokus pada peran sentral soko guru dan mekanisme penyebar beban tumpang sari menggunakan metode elemen hingga melalui perangkat lunak SAP2000. Evaluasi dilakukan terhadap gaya aksial, momen lentur, gaya geser, lendutan, serta rasio interaksi elemen berdasarkan kombinasi pembebanan ultimit dan respons spektrum gempa sesuai standar nasional.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh (Xian dkk., 2024) meneliti tentang adaptasi arsitektur vernakular Jawa terhadap gaya hidup penghuni masa kini dalam perspektif keberlanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modernisasi dapat mengakomodasi kebutuhan pengguna modern tanpa menghilangkan nilai budaya, namun kajian ini lebih menitik beratkan pada aspek sosial dan konseptual, serta belum membahas perilaku struktur bangunan secara teknis dan mendalam. Selanjutnya, penelitian oleh (Nadiroh & Basriyani, 2018) mengkaji transformasi makna dan tata ruang rumah joglo ke dalam bentuk rumah modern. Penelitian ini menemukan bahwa meskipun terjadi perubahan gaya arsitektur dan penambahan fungsi ruang, esensi tata ruang dan nilai filosofisnya tetap dipertahankan. Akan tetapi, fokus penelitian masih pada dimensi simbolik dan spasial, tanpa analisis sistem struktur sebagai elemen utama pembentuk bangunan. Gunawan (2019) meneliti tentang adaptabilitas tektonik rumah Joglo melalui ketahanan material dan karakter konstruksi *knock-down* yang fleksibel.

Penelitian menunjukkan potensi besar joglo sebagai inspirasi arsitektur berkelanjutan,

namun belum secara sistematis merumuskan perilaku struktur joglo sebagai acuan teknis dalam perancangan rumah tinggal modern. Meskipun kajian umum tentang joglo banyak tersedia, namun penelitian yang spesifik secara lokasi dan kuantitatif di wilayah Kabupaten Wonogiri, khususnya Desa Jendi, masih sangat minim. Belum ada panduan desain struktural modern yang secara eksplisit mengintegrasikan hasil analisis statika Joglo Jendi dengan standar rekayasa bangunan kayu di Indonesia.

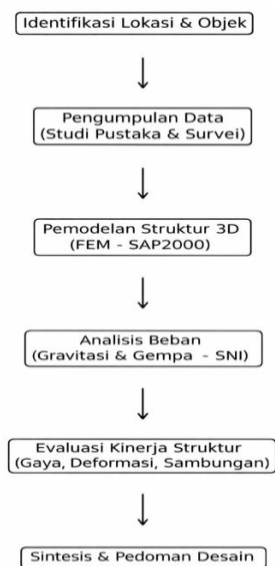
Berdasarkan latar belakang tersebut maka terdapat kesenjangan penelitian berupa belum tersedianya kajian numerik komprehensif yang mengevaluasi respons elemen utama joglo terhadap kombinasi beban gravitasi dan gempa rencana wilayah Wonogiri, mengukur rasio interaksi lentur–aksial kolom utama dan sekunder, mengontrol lendutan balok terhadap batas servisabilitas, dan menganalisis potensi kerentanan sistem perletakan tradisional terhadap mekanisme *sliding* dan *rocking* akibat beban lateral.

2. METODE

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis numerik struktur dengan *finite element method* (FEM). FEM mampu merepresentasikan perilaku struktur kompleks secara kuantitatif seperti tegangan, deformasi, dan mode getar dengan akurasi tinggi (Nirmalkar, 2025). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 versi 20 untuk mengevaluasi respons struktur rumah joglo terhadap kombinasi beban gravitasi dan lateral. Pendekatan ini dipilih karena dapat mengoptimasi desain (efisiensi material, reduksi berat, peningkatan keamanan) dan untuk menjembatani teori analitik klasik dengan respon struktur nyata (Arangajan dkk., 2024).

Secara sederhana tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis yang diawali dengan identifikasi lokasi dan objek penelitian, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui studi pustaka dan survei lapangan. Data yang diperoleh digunakan untuk menyusun model struktur tiga dimensi berbasis metode elemen hingga (FEM) menggunakan SAP2000. Selanjutnya, dilakukan analisis struktur dengan kombinasi beban gravitasi dan gempa sesuai standar SNI untuk mengevaluasi gaya dalam, deformasi, stabilitas elemen, serta kinerja sambungan. Tahap akhir adalah sintesis hasil analisis untuk merumuskan pedoman desain struktural yang adaptif dan sesuai dengan prinsip rekayasa modern.

2.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah satu unit rumah joglo tradisional yang berlokasi di Dusun Ngelo Desa Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Bangunan dipilih secara *purposive* dengan kriteria: Rumah Joglo tradisional yang masih tegak dan representatif (memiliki sistem *soko guru* dan *tumpangsari* lengkap) yang terdapat di Desa Jendi, keaslian struktur kayu (minim modifikasi beton/baja) dan ketersediaan data dimensi.



Gambar 2. Lokasi Rumah Joglo dengan Titik Koordinat -7.798284° 110.888237°

Gambar 2 menunjukkan keberadaan lokasi rumah joglo yang menjadi objek penelitian. rumah joglo terletak di Dusun Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri.



Gambar 3. Tampak Rumah Joglo, Dusun Jendi, Kecamatan Selogiri, Kab. Wonogiri

Berdasarkan Gambar 3, rumah joglo yang diteliti menunjukkan karakteristik utama berupa atap tumpang-sari dan sistem struktur kayu dengan *soko guru* sebagai elemen utama. Kondisi bangunan yang masih mempertahankan keaslian struktur menjadikannya representatif untuk analisis perilaku struktural.



Gambar 4. Tampak Gerbang Rumah Joglo, Dusun Jendi, Kecamatan Selogiri, Kab. Wonogiri

Berdasarkan Gambar 4, terlihat gerbang utama yang menjadi akses masuk menuju kompleks rumah joglo di Dusun Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Gerbang ini menunjukkan elemen arsitektur tradisional Jawa dengan penggunaan material bata dan ornamen khas yang mencerminkan identitas lokal.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara bertahap dan sistematis yang terdiri dari dua tahap utama, yaitu pengumpulan data kualitatif (geometri dan karakteristik struktur) serta data kuantitatif (beban dan material).

2.3.1 Data Kualitatif dan Dimensi

Tahap pertama adalah pengumpulan data kualitatif dan dimensi yang dilakukan melalui dua prosedur utama. Pertama, studi pustaka dilakukan untuk memperoleh data sekunder terkait tipologi arsitektur joglo di wilayah Wonogiri, karakteristik struktur tradisional, jenis material kayu lokal (seperti jati dan angka), serta referensi mengenai perilaku sambungan kayu tradisional. Hasil studi pustaka ini digunakan sebagai dasar dalam identifikasi elemen struktur dan parameter material.

Kedua, survei lapangan dan dokumentasi dilakukan secara langsung pada objek penelitian. Prosedur ini meliputi: (1) pengukuran geometris seluruh elemen struktur utama untuk menghasilkan gambar *as-built drawing*, mencakup dimensi *soko guru*, balok *pengeret*, *sunduk*, dan konfigurasi *tumpang-sari*; (2) inventarisasi sambungan dengan mengidentifikasi dan mendokumentasikan jenis sambungan tradisional seperti *purus*, *canthokan*, dan ekor burung pada titik-titik kritis; serta (3) identifikasi material dengan menentukan jenis kayu yang digunakan pada setiap elemen struktur sebagai dasar penentuan sifat mekanik material.

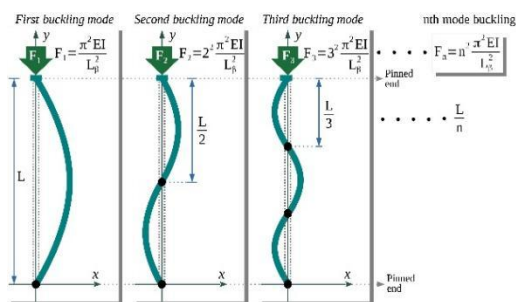
2.3.2 Data Kuantitatif (Beban dan Material)

Tahap kedua adalah pengumpulan data kuantitatif yang digunakan sebagai input dalam analisis struktur. Prosedur yang dilakukan meliputi: (1) Perhitungan beban mati (*dead load/DL*) dengan menentukan berat sendiri seluruh elemen struktur atap, termasuk genteng, usuk, reng, dan sistem tumpang-sari, berdasarkan dimensi hasil pengukuran dan berat jenis material; (2) Penentuan beban hidup (*live load/LL*) serta beban lateral (angin dan gempa) yang mengacu pada kondisi wilayah Wonogiri dan standar SNI 1727:2020 serta SNI 1726:2019; dan (3) Penentuan parameter kekuatan material dengan

menetapkan nilai tegangan izin kayu ($F_c||$, F_v , $F_{c\perp}$) berdasarkan klasifikasi material yang mengacu pada SNI 7973:2013.

2.4 Metode Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap dan terintegrasi untuk mengevaluasi kinerja struktural rumah joglo. Tahap awal dimulai dengan pemodelan struktur berdasarkan data dimensi hasil survei lapangan, yang direpresentasikan sebagai sistem rangka ruang (frame) tiga dimensi menggunakan perangkat lunak SAP2000. Selain itu, untuk elemen sederhana digunakan pula pendekatan perhitungan manual pada rangka dua dimensi. Model struktur kemudian dianalisis untuk memperoleh distribusi beban dan reaksi tumpuan, khususnya gaya aksial tekan (*normal force*, N) yang diterima oleh setiap elemen soko guru akibat kombinasi pembebanan $1.2DL+1.6LL$ serta kombinasi beban lateral.



Gambar 5. Teori Stabilitas Elastis (Euler Buckling)

Selanjutnya, dilakukan analisis stabilitas kolom pada *soko guru* untuk mengevaluasi potensi tekuk (*buckling*) menggunakan pendekatan teori elastis Euler/Johnson sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Verifikasi dilakukan dengan menghitung tegangan tekan aktual menggunakan persamaan $\sigma_c=N/A$ Soko Guru, kemudian dibandingkan dengan tegangan izin tekan yang telah dimodifikasi (F_c') berdasarkan rasio kelangsingan (L_e/d) dan modulus elastisitas kayu.

Tahap berikutnya adalah analisis kinerja sambungan kritis pada struktur joglo. Analisis ini meliputi perhitungan gaya internal berupa

gaya geser (V) dan momen lentur (M) yang terjadi pada sambungan balok-kolom, seperti pada elemen sunduk dan pengeret yang terhubung dengan *soko guru* akibat beban lateral. Selanjutnya, dilakukan verifikasi kekuatan sambungan dengan membandingkan kapasitas gaya geser yang dapat ditahan oleh bidang sambungan (*purus* atau *cantokan*) terhadap gaya geser aktual. Evaluasi ini juga mempertimbangkan tegangan tekan tegak lurus serat ($F_{c\perp}$) pada tumpuan balok tumpang-sari terhadap *soko guru* untuk memastikan kinerja sambungan tetap aman.

2.5 Metode Sintesis Data (Perumusan Pedoman)

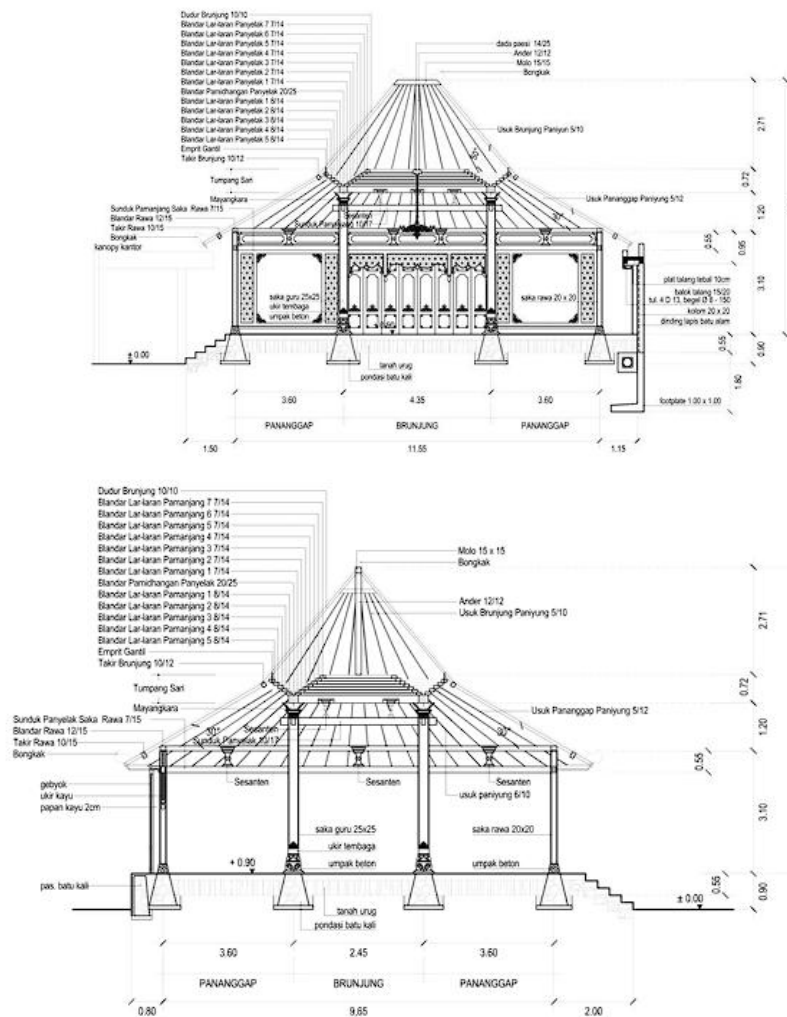
Tahap akhir penelitian ini dilakukan melalui sintesis hasil analisis kuantitatif dan temuan kualitatif untuk merumuskan pedoman struktural. Proses ini mencakup validasi elemen desain utama joglo, seperti dimensi *soko guru*, geometri *tumpang-sari*, dan detail sambungan yang memenuhi persyaratan struktur modern (SNI). Selanjutnya, dirumuskan pedoman desain adaptif untuk hunian modern, meliputi penentuan dimensi elemen berdasarkan beban dan kelangsingan, serta rekomendasi modifikasi sambungan tradisional guna meningkatkan kekakuan dan kapasitas struktur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Struktur Joglo

Bangunan yang dianalisis merupakan rumah tradisional Jawa tipe pendopo joglo yang memiliki sistem struktur utama berupa rangka kayu dengan elemen vertikal *soko guru* dan elemen horizontal berupa *blandar*, *sunduk*, *dudur*, dan *usuk*. Struktur utama berdiri di atas sistem pondasi batu berupa ompak batu kali yang berfungsi sebagai elemen perletakan kolom kayu sekaligus memisahkan material kayu dari tanah untuk mencegah pelapukan akibat kelembapan.

Penentuan desain struktur bangunan joglo dilakukan sesuai dengan kondisi eksisting dan menentukan ukuran elemen struktur seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Potongan Penampang Struktur Rumah Joglo

Elemen utama struktur terdiri dari empat buah *soko guru* dari kayu jati dengan ukuran penampang 25×25 cm dan tinggi 3,80 m yang berfungsi sebagai penyangga utama sistem atap bertingkat. Sistem balok utama berupa *blandar* kayu jati berukuran 20×25 cm dengan bentang 4,35 m dan 2,45 m yang berfungsi menghubungkan antar kolom utama serta menyalurkan beban dari sistem atap ke *soko guru*.

Elemen rangka atap terdiri dari dudur berukuran 12×15 cm, sunduk berukuran 12×15 cm dan 7×15 cm, serta usuk berukuran 5×12 cm. Penutup atap menggunakan genteng tanah liat tipe genteng kodok yang merupakan material umum pada rumah tradisional Jawa. Berat jenis kayu yang digunakan dalam analisis diasumsikan sebesar 900 kg/m^3

dengan kategori mutu E25 sesuai dengan SNI 7973:2013 sebagai berikut:

- a. $F_b = 26 \text{ MPa}$
- b. $F_t = 22.90 \text{ MPa}$
- c. $F_c = 22.90 \text{ MPa}$
- d. $F_v = 3.06 \text{ MPa}$
- e. $F_{c\perp} = 6.11 \text{ MPa}$
- f. $E = 25000 \text{ MPa}$
- g. $E_{\min} = 12500 \text{ MPa}$

Gambar 7. Katategori Mutu Kayu E25 sesuai SNI 7973:2013

Konfigurasi struktur menunjukkan karakter utama sistem konstruksi joglo yang mengandalkan rangka kayu dengan sistem sambungan tradisional yang relatif fleksibel. Menurut penelitian tentang arsitektur vernakular Jawa, sistem struktur joglo

dirancang untuk memungkinkan distribusi beban secara bertahap melalui elemen struktur yang tersusun secara hierarkis dari atap menuju kolom utama (Koesmartadi & Kusyanto, 2023; Widayati dkk., 2019). Selain itu, penggunaan *soko guru* sebagai pusat struktur merupakan karakter khas arsitektur tradisional Jawa memiliki fungsi struktural dan nilai simbolik dalam sistem ruang bangunan (Tarigan & Salura, 2022; Wardhana dkk., 2024).

Tabel 1. Data teknis elemen struktur rumah Joglo

Elemen Struktur	Material	Dimensi	Panjang/Bentang
Ompak batu	Batu kali	50 × 50 cm	Tinggi 60 cm
Soko Guru	Kayu jati	25 × 25 cm	Tinggi 3,80 m
Blandar	Kayu jati	20 × 25 cm	4,35 m dan 2,45 m
Dudur	Kayu jati	12 × 15 cm	3,5 – 4 m
Sunduk	Kayu jati	12 × 15 cm dan 7 × 15 cm	-
Usuk	Kayu jati	5 × 12 cm	-
Penutup atap	Genteng tanah liat	-	-

Pada Tabel 1 menunjukkan data teknis elemen struktur yang menandakan konfigurasi elemen-elemen joglo membentuk sistem struktur rangka bertingkat khas joglo yang memengaruhi jalur distribusi gaya dari sistem atap menuju kolom utama. Sistem tersebut memungkinkan beban dari atap diteruskan secara bertahap melalui elemen *tumpangsari* dan *blandar* sebelum akhirnya diteruskan ke *soko guru* dan pondasi. Mekanisme ini menunjukkan bahwa struktur joglo memiliki konsep *load transfer hierarchy*, yaitu distribusi beban secara bertingkat dari elemen struktur sekunder menuju elemen struktur utama (Hendrawati & Ronald, 2014; Koesmartadi & Kusyanto, 2023).

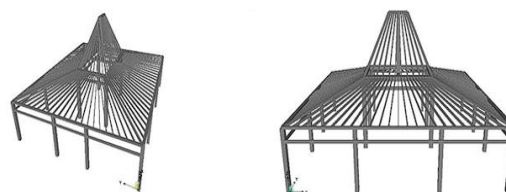
3.2 Analisis Modal dan Perilaku Dinamis Struktur

Analisis modal dilakukan menggunakan metode *response spectrum* sesuai dengan SNI 1726:2019 dengan parameter lokasi gempa wilayah Surakarta dan kondisi tanah kelas situs SD (tanah sedang). Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur joglo memiliki

tiga mode getar dominan yang mengontrol respons dinamis bangunan.

Mode pertama menunjukkan perpindahan lateral dominan pada arah X, sedangkan mode kedua menunjukkan perpindahan lateral pada arah Y. Mode ketiga memperlihatkan rotasi torsional pada sistem atap, yang menunjukkan adanya interaksi antara distribusi massa dan kekakuan pada rangka atap bertingkat.

Pemodelan struktur joglo dilakukan pada elemen utama seperti kolom, balok dan usuk atap. Pemodelan menggunakan *software* SAP2000 dilakukan dengan pendekatan kondisi asli sehingga diperoleh hasil analisis yang tepat dan mendekati kondisi aktual. Model struktur 3D joglo ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan Struktur 3D Joglo pada SAP2000

Hasil analisis menunjukkan bahwa perpindahan maksimum terjadi pada bagian puncak atap, sedangkan perpindahan minimum berada pada kaki *soko guru*. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem atap memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem kolom utama.

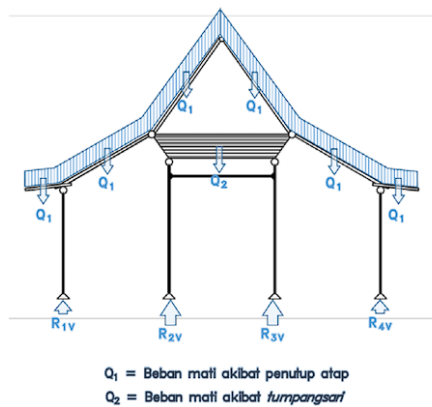
Fenomena ini umum terjadi pada struktur kayu tradisional karena sistem sambungan yang digunakan bersifat semi-rigid, sehingga memungkinkan rotasi kecil pada titik sambungan struktur (Mulyadi dkk., 2020; Pranata dkk., 2015). Fleksibilitas memberikan keuntungan terhadap respons gempa karena struktur dapat menyerap energi melalui deformasi elastis tanpa mengalami kerusakan struktural yang signifikan (Al-Shammery & Al-Azzawi, 2025; Karimi & Sarem, 2021; Shi dkk., 2025).

Selain itu, struktur kayu secara alami memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sehingga menghasilkan gaya inersia gempa yang relatif lebih kecil dibandingkan struktur dengan material yang lebih berat seperti beton atau pasangan bata (Alih & Vafaei, 2019; Tsai

& Hsu, 2024). Hal ini menjelaskan mengapa banyak bangunan tradisional berbahan kayu memiliki performa yang cukup baik terhadap beban gempa.

3.3 Distribusi Gaya Internal Struktur

Pada Gambar 8 beban mati elemen struktur tumpangsari diasumsikan sebagai beban mati yang membebani balok *blandar*. Berdasarkan SNI 03-1727-1989, beban penutup atap genteng pada joglo adalah sebesar 50 kg/m². Beban tersebut merupakan beban penutup atap genteng termasuk reng dan usuk. Selanjutnya beban hidup pada struktur atap joglo diakibatkan oleh beban air hujan sebesar 20 kg/m².



Gambar 8. Pembebanan pada Struktur

Beban angin didasarkan pada kemiringan atap berdasarkan SNI 03-1727-1989 dengan tekanan angin minimum sebesar 25 kg/m² dan beban gempa = 0,4 x 25 kg/m² = 10,0 kg/m²

Distribusi gaya internal pada elemen struktur diperoleh melalui analisis rangka ruang tiga dimensi menggunakan SAP2000 dengan kombinasi pembebanan ultimit. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya internal terbesar terjadi pada elemen blandar utama dan *soko guru*, yang berfungsi sebagai jalur utama distribusi beban dalam sistem struktur joglo.

Tabel 2. Hasil Analisis Gaya Internal Elemen Struktur

Elemen	Dimensi (mm)	Mu (kNm)	Vu (kN)	Pu (kN)	Status
<i>Blandar</i>	120 × 150	1.116	2.23	1.213	Aman
<i>Blandar</i>	200 × 250	13.638	20.55	5.939	Aman
<i>Soko Guru</i>	250 × 250	15.76	4.042	23.256	Aman

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa blandar berukuran 200 × 250 mm menerima gaya lentur dan geser terbesar, sedangkan *soko guru* menerima gaya aksial terbesar.

Distribusi gaya ini menunjukkan bahwa jalur beban dalam sistem struktur joglo mengikuti mekanisme berikut:

atap → tumpangsari → blandar → soko guru → pondasi

Pola distribusi gaya tersebut menunjukkan bahwa struktur joglo bekerja secara hierarkis dan terpusat, di mana elemen horizontal utama berfungsi sebagai pusat redistribusi gaya sebelum diteruskan ke elemen vertikal utama. Sistem ini sejalan dengan konsep *primary structural frame* pada bangunan tradisional kayu, di mana elemen utama struktur berfungsi sebagai kerangka yang mengontrol stabilitas global bangunan (Hendrawati & Ronald, 2014; Prihatmaji, 2007).

Selain itu, sistem distribusi beban yang bertahap juga membantu mengurangi konsentrasi tegangan pada elemen struktur tertentu sehingga meningkatkan ketahanan struktur terhadap deformasi maupun kerusakan lokal.

3.4 Evaluasi Kinerja Elemen Struktur

Evaluasi keamanan struktur dilakukan dengan membandingkan gaya internal hasil analisis dengan kapasitas elemen kayu berdasarkan SNI 7973:2013 menggunakan pendekatan *Demand-Capacity Ratio* (DCR).

a. Blandar 120 × 150 mm

Elemen *blandar* berpenampang 120 × 150 mm menerima momen lentur sebesar 1,116 kNm, gaya geser 2,23 kN, dan gaya aksial 1,213 kN. Hasil evaluasi menunjukkan nilai DCR lentur sebesar 0,24, DCR geser sebesar 0,19, dan DCR tekan kurang dari 0,02. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas elemen masih jauh lebih besar dibandingkan gaya yang bekerja. Secara struktural, elemen ini tidak termasuk elemen kritis dalam sistem rangka, tetapi tetap memiliki fungsi penting dalam menjaga kontinuitas jalur distribusi gaya dalam sistem struktur.

b. Blandar 200 × 250 mm

Elemen *blandar* utama berpenampang 200 × 250 mm menerima momen lentur sebesar 13,638 kNm dengan kapasitas lentur sebesar 54,17 kNm, sehingga rasio μ/M_n sebesar 0,25.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa elemen masih berada dalam kondisi aman. Namun dibandingkan elemen lain, nilai gaya internal pada elemen ini merupakan yang terbesar sehingga *blandar* berfungsi sebagai elemen pengontrol deformasi global dalam sistem struktur joglo. Peran *blandar* sebagai balok induk serupa dengan fungsi main beam pada sistem rangka modern yang bertugas mendistribusikan beban dari elemen sekunder menuju kolom utama (Facholli & Beck, 2021; Silvestri dkk., 2022).

c. Soko Guru 250 × 250 mm

Soko guru merupakan elemen vertikal utama yang memikul beban aksial terbesar dari sistem atap bertingkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen ini menerima gaya aksial tekan sebesar 23,256 kN, momen lentur 15,76 kNm, dan gaya geser 4,042 kN.

Evaluasi kapasitas menunjukkan nilai DCR lentur sebesar 0,24, DCR geser sebesar 0,20, dan DCR tekan sebesar 0,09. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dimensi *soko guru* memiliki kapasitas yang sangat mencukupi untuk menahan beban struktural yang bekerja.

Kondisi ini menunjukkan bahwa konstruksi joglo tradisional menggunakan dimensi kolom yang relatif besar sehingga memberikan faktor keamanan struktur yang tinggi, yang merupakan salah satu karakter umum dalam konstruksi tradisional yang mengandalkan pengalaman empiris dalam menentukan ukuran elemen struktur (Prihatmaji dkk., 2014).

3.5 Implikasi Desain Rumah Tinggal Modern

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur joglo memiliki sistem distribusi beban yang efisien melalui kombinasi elemen vertikal dan horizontal yang bekerja secara terintegrasi. *Soko guru* berfungsi sebagai elemen utama yang menyalurkan beban vertikal dari sistem atap bertingkat, sedangkan *blandar* berperan

sebagai elemen yang mendistribusikan gaya lateral serta mengontrol deformasi global struktur. Prinsip struktur tersebut dapat dijadikan referensi dalam pengembangan desain rumah tinggal modern, terutama dalam penerapan sistem rangka kayu atau rangka komposit yang memanfaatkan kolom utama sebagai penopang beban vertikal dan balok induk sebagai pusat redistribusi gaya struktural. Selain itu, konsep fleksibilitas sambungan dan distribusi beban bertahap pada struktur joglo juga dapat menjadi inspirasi dalam pengembangan desain bangunan yang lebih adaptif terhadap beban gempa, terutama di wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi seperti wilayah selatan Pulau Jawa (SNI 1726:2019).

Temuan penelitian memperlihatkan bahwa kinerja struktural rumah joglo tidak hanya ditentukan oleh kapasitas masing-masing elemen, tetapi juga oleh keterpaduan sistem dalam mendistribusikan beban secara bertahap melalui mekanisme *tumpangsari*. Peran *soko guru* sebagai elemen utama penahan beban aksial dan *blandar* sebagai pengendali distribusi gaya lateral membentuk jalur aliran gaya yang jelas dan terarah, sehingga mampu menjaga stabilitas struktur secara keseluruhan. Hasil analisis menunjukkan bahwa mekanisme ini dapat dijelaskan secara kuantitatif melalui pendekatan elemen hingga, yang menegaskan rasionalitas sistem struktur joglo.

Pemahaman terhadap perilaku struktural memperjelas bahwa terdapat peran sentral *soko guru* serta fungsi *tumpangsari* sebagai sistem penyebar beban dalam struktur joglo. Hal ini memperkuat potensi joglo sebagai referensi dalam pengembangan desain bangunan kayu modern yang adaptif, dengan tetap mempertimbangkan prinsip kearifan lokal dan tuntutan kinerja struktur di wilayah rawan gempa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perilaku struktur rumah joglo melalui pemodelan numerik serta evaluasi kapasitas elemen kayu, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem struktur joglo memiliki mekanisme distribusi beban yang tersusun secara hierarkis dari elemen atap menuju elemen horizontal seperti *blandar*,

kemudian diteruskan ke elemen vertikal utama yaitu *soko guru* hingga mencapai pondasi. Hasil analisis modal memperlihatkan adanya tiga mode getar dominan yang meliputi perpindahan lateral arah X, perpindahan lateral arah Y, serta rotasi torsional pada sistem atap. Perpindahan maksimum terjadi pada bagian puncak atap, sedangkan bagian kaki kolom utama relatif stabil, yang menunjukkan bahwa struktur atap memiliki fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan elemen kolom utama. Distribusi gaya internal menunjukkan bahwa gaya lentur dan geser terbesar terjadi pada elemen *blandar* sebagai elemen horizontal utama yang berfungsi mendistribusikan beban, sementara gaya aksial terbesar diterima oleh *soko guru* sebagai elemen vertikal utama penyalur beban menuju pondasi. Evaluasi kinerja struktur juga menunjukkan bahwa seluruh elemen utama masih berada dalam kondisi aman dengan nilai *Demand–Capacity Ratio* (DCR) yang berada di bawah batas yang diizinkan berdasarkan ketentuan SNI 7973:2013.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem struktur rumah joglo memiliki kinerja struktural yang stabil dan rasional secara teknik, terutama dalam hal distribusi beban, fleksibilitas struktur kayu, serta kemampuan elemen utama dalam menahan gaya yang bekerja. Temuan ini menegaskan bahwa prinsip konstruksi rumah joglo tidak hanya memiliki nilai tradisional dan arsitektural, tetapi juga memiliki potensi untuk dijadikan referensi konseptual dalam pengembangan desain rumah tinggal modern yang lebih adaptif, efisien, dan responsif terhadap beban struktural serta kondisi lingkungan.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa beberapa elemen dan prinsip struktur rumah joglo berpotensi diadopsi dalam perancangan rumah tinggal modern. Elemen tersebut meliputi penggunaan kolom utama (*soko guru*) sebagai penopang beban vertikal, sistem balok induk (*blandar*) sebagai pendistribusi gaya lateral, serta mekanisme *tumpangsari* sebagai sistem distribusi beban bertahap yang meningkatkan stabilitas struktur. Selain itu, prinsip fleksibilitas sambungan tradisional juga dapat dikembangkan melalui modifikasi teknis untuk meningkatkan kekakuan dan kapasitas struktur terhadap beban gempa. Pendekatan struktur joglo tidak hanya relevan

sebagai warisan arsitektur, tetapi juga dapat menjadi acuan dalam merancang sistem struktur rumah tinggal modern yang efisien, adaptif terhadap beban gempa, serta tetap mengintegrasikan nilai kearifan lokal dengan prinsip rekayasa struktur berkelanjutan.

KONTRIBUSI PENULIS

Kontribusi penulis dalam penelitian ini meliputi Totok Harmoyo berperan dalam pengembangan konsep, pelaksanaan survei lapangan, pengumpulan data, analisis struktur, serta penyusunan draft awal dan final; Kahar Sunoko bertanggung jawab dalam supervisi, validasi metodologi dan hasil, serta peninjauan kritis naskah sebagai penulis korespondensi; sedangkan Avi Marlina berkontribusi dalam penelusuran literatur, serta revisi dan penyempurnaan naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada pemilik Rumah Joglo Bapak Agus Dani yang telah memberikan izin akses, informasi, dan dukungan selama kegiatan pengumpulan data lapangan. Seluruh bantuan dan kebaikan yang diberikan sangat membantu kelancaran penelitian ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Al-Shammary, T., & Al-Azzawi, A. (2025). Structural frame analysis under earthquakes with various base flexibility: A review. *Journal of Engineering*, 31(10), 199–217. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2025.10.11>
- Alih, S., & Vafaei, M. (2019). Performance of reinforced concrete buildings and wooden structures during the 2015 Mw 6.0 Sabah earthquake in Malaysia. *Engineering Failure Analysis*, 102, 351–368. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.04.056>
- Arangajan, M., Revathi, R., Sivaprasad, R., Alfurhood, B., & Mane, A. (2024). Structural Analysis and Finite Element Methods: Modeling and Simulation in Mechanical Engineering. *Journal of Advanced Zoology*, 45(1), 708–718.

- <https://doi.org/10.17762/jaz.v45is1.2884>
Doloksaribu, B., & Utary, C. (2022). Service load analysis of timber construction truss. *MATEC Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237208004>
- Facholli, P. H. P., & Beck, A. (2021). Distribution of load effects and reliability of reinforced concrete frames: Intact and with columns removed. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952022000200007>
- Gunawan, Y. (2019). Lessons from Joglo's tectonic adaptability for sustainable future. *Creative Space*, 6(2), 109–115. <https://doi.org/10.15415/cs.2019.62009>
- Hendrawati, D., & Ronald, I. (2014). *Perilaku Sistem Struktur Atap Pada Pendhapa Tradisional Joglo Terhadap Pengaruh Beban Gempa Studi Kasus Bangsal Trajumas*.
- Hidayat, I., & Loren, M. (2021). Comparison of seismic load calculation based on SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019 to capacity of elements on low level building. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 794, 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/794/1/012047>
- Idham, N. C. (2018). Javanese vernacular architecture and environmental synchronization based on the regional diversity of Joglo and Limasan. *Frontiers of Architectural Research*, 7(3), 317–333. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.06.006>
- Jaya, M. M., Rajwa, A. K., Carelino, A. F., Mardiyani, M. L., & Nugroho, M. (2025). Leksikon unsur-unsur struktur bangunan rumah adat Joglo Surakarta: Kajian etnolinguistik. *Diglosia: Jurnal Kajian Bahasa, Sastra, Dan Pengajarannya*, 8(1), 267–280. <https://doi.org/10.30872/diglosia.v8i1.1190>
- Karimi, N., & Sarem, R. (2021). *Seismic response of multi-storey building using different vibration technique-A review*, 4(1). <https://doi.org/10.53894/ijirss.v4i1.49>
- Koesmartadi, C., & Kusyanto, M. (2023). Pengkinian konstruksi Joglo tanpa empat saka guru. *ATRIUM: Jurnal Arsitektur*, 8(3), 199–210. <https://doi.org/10.21460/atrium.v8i3.195>
- Ma'rifah, S. L., Paikun, Nugroho, N. S., Maemunah, S., & Prayoga, M. D. (2025). Strength analysis of wood frame structures based on SNI 7973:2013 and load modeling on SAP 2000 application technology: The Kasepuhan Sinar Resmi Traditional House. *Engineering Proceedings*, 107(10), 90. <https://doi.org/10.3390/engproc2025107090>
- Mulyadi, R., Wijaya, S., & Suwarjo, S. (2020). Analisa struktur rangka atap Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo (Rangka kuda-kuda type single frame Beam), *Jurnal KOMPOSITS*, 1(1) <https://doi.org/10.36355/jkts.v1i1.304>
- Nadiroh, U., & Basriyani, A. W. (2018). The transformation of the dimension of the meaning of traditional house Joglo into a modern house. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1), 012168. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012168>
- Nirmalkar, L. (2025). Modelling and analysis the structures by finite element methods. *International Journal Of Scientific Research In Engineering And Management*. <https://doi.org/10.55041/ijssrem45365>
- Pamuji, S. R., & Wiryono, J. H. (2021). Telaah aspek budaya dalam arsitektur Pendopo Manggala Praja Nugraha di Kabupaten Trenggalek. 22(2), 88–100. <https://doi.org/10.26905/jam.v22i2.4825>
- Permana, C. B. S. (2021). Design response spectra based on earthquake hazard maps and specific soil properties at Indonesian Ports according to SNI 1726 2019. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 41–54. <https://doi.org/10.28932/jts.v17i1.3423>
- Pranata, Y. A., Kristianto, A., & Pattipawaej, O. C. (2015). Pengembangan sambungan hubungan join balok-kolom kayu dengan ring-modifikasi dan perkuatan-paku. *Jurnal Teknik Sipil*, 22(1), 37–48. <https://doi.org/10.5614/jts.2015.22.1.5>

- Prihatmaji, Y. (2007). Perilaku Rumah Tradisional Jawa “Joglo” terhadap Gempa. *Journal of Architecture and Built Environment*, 35(1), 1–12. <https://doi.org/10.9744/dimensi.35.1.1-12>.
- Prihatmaji, Y. P., Kitamori, A., & Komatsu, K. (2014). Traditional javanese wooden houses (Joglo) damaged by may 2006 Yogyakarta earthquake, Indonesia. *International Journal of Architectural Heritage*, 8(2), 247–268. <https://doi.org/10.1080/15583058.2012.692847>
- Sengara, I., Irsyam, M., Sidi, I., Mulia, A., Asrurifak, M., Hutabarat, D., & Partono, W. (2020). New 2019 risk-targeted ground motions for spectral design criteria in Indonesian Seismic Building Code. *E3S Web of Conferences*, 156, 03010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015603010>
- Shi, C., Zhang, C., An, R., & Cai, Y. (2025). Seismic performance of steel structures with base-hinged columns under Rigidly and flexibly braced systems. *Buildings*, 15(16), 2881. <https://doi.org/10.3390/buildings15162881>
- Silvestri, S., Allahverdiyev, R., & Marconi, E. (2022). Influence of beams distribution on the dynamic and seismic linear response of RC Frame Buildings. *Front. Built Environ.* 8:844804. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.844804>
- Syarif, M., Astika, S., & Viddy, A. (2023). Study on the application of earthquake resistant standards (SNI 1726: 2019) against building in Yogyakarta City. *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science*, 1, 148–153. <https://doi.org/10.5220/0011729600003575>
- Tarigan, R., & Salura, P. (2022). Reconstructing the understanding of the symbolic meaning behind the architecture of Javanese Traditional House. *Civil Engineering and Architecture*, 10(1), 305–322. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100126>
- Tsai, M.-T., & Hsu, C.-C. (2024). Assessment of structural performance, materials efficiency, and environmental impact of multi-story hybrid timber structures in high seismic zone. *Case Studies in Construction Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03695>
- Wardhana, S. S. M., Santosa, I., Wibisono, A., & Sunarya, Y. Y. (2024). The Ndalem Wuryaningrat Hall of pillars in aesthetic studies. *Journal of Ecohumanism*, 3(7), 2529–2543. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i7.4659>
- Widagdo, A. (2008). Fase-fase tektonik pembentuk ruang mineralisasi emas di daerah Selogiri Wonogiri. *Dinamika Rekayasa*, 4, 23–29. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2008.4.1.130>
- Widayati, E., Rakhmawati, N., & Pratama, D. (2019). The architectural structure of Joglo House as the manifestation of Javanese local wisdom. *Proceedings of the Proceedings of 1st Workshop on Environmental Science, Society, and Technology, WESTECH 2018, December 8th, 2018, Medan, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.8-12-2018.2283855>
- Wu, Y.-J., Meng, W., Wang, M.-Q., Xie, Q., Zhang, L.-P., & Lu, W. (2023). Numerical modelling of traditional timber columns resting on stone bases. *International Journal of Architectural Heritage*, 18, 1347–1358. <https://doi.org/10.1080/15583058.2023.226105>
- Xian, G. E., Sumanti, A. E., Hidayat, R. T., Sudo, S., & Novianto, D. (2024). Reconsidering occupant’s lifestyle: Investigation on the sustainability of modernized Javanese vernacular architecture. *Civil Engineering and Architecture*, 12(3), 2482–2490. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.121338>