

KAJIAN PERILAKU SEISMIK BANGUNAN KAYU BERUSIA MASA LAYAN 4-5 TAHUN DI ZONA GEMPA TINGGI KABUPATEN BANDUNG

Yosafat Aji Pranata^{1,*}, Hanny Juliani Dani², Novi³, Keysie Chelsie Shidney Rapar⁴

^{1,4} Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

² Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

³ Program Sarjana Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha

*yosafat.ap@maranatha.ac.id

ABSTRAK

Penelitian bertujuan mempelajari perilaku seismik dua bangunan kayu eksisting yang berlokasi di desa Indragiri, kecamatan Rancabali, kabupaten Bandung. Metode penelitian yaitu metode numerik analisis struktur tiga dimensi dengan modulus elastisitas kayu menggunakan acuan data dari bangunan eksisting. Urgensi penelitian yaitu perlunya monitoring berkala bangunan untuk mendeteksi potensi kerusakan dan tindakan perbaikan yang diperlukan. Ruang lingkup penelitian yaitu respons spektra gempa sesuai lokasi bangunan eksisting, data sifat mekanika kayu diperoleh dari referensi hasil pengujian mutu material bangunan eksisting, beban gempa rencana diperhitungkan dengan metode analisis statik ekuivalen. Data perbandingan yaitu kondisi bangunan mula-mula ketika mulai difungsikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekakuan kedua bangunan mengalami penurunan meskipun tidak signifikan dan tidak melampaui batasan ijin *drift* acuan SNI 1726:2019. Kapasitas kolom dan balok bangunan eksisting secara umum juga mengalami penurunan dibandingkan kondisi bangunan mula-mula, namun demikian kapasitasnya lebih tinggi dibandingkan gaya dalam yang bekerja, hal ini mengindikasikan bahwa struktur mempunyai kapasitas kekuatan yang cukup. Hasil penelitian secara umum menghasilkan kesimpulan yaitu tidak diperlukan perbaikan pada kedua bangunan.

Kata Kunci : Bangunan eksisting, kayu, seismik, *drift*, respons spektra.

ABSTRACT

The research aims to study the seismic behavior of two existing wooden buildings located in Indragiri village, Rancabali district, Bandung regency. The research method is a three-dimensional numerical structural analysis method with wood elastic modulus using reference data from existing buildings. The urgency of the research is the need for regular monitoring of buildings to detect potential damage and necessary repair actions. The scope of the study is the earthquake spectral response according to the location of the existing building; the mechanical properties of wood data are obtained from reference results of existing building material quality testing; and the designed earthquake load is calculated using the equivalent static analysis method. Comparative data is the initial condition of the building when it began to function. The results of the study indicate that the stiffness of both buildings has decreased, although not significantly, and does not exceed the drift permit limit of the SNI 1726:2019 codes. The capacity of the columns and beams in the existing building in general also decreased compared to its initial condition. However, the capacity is higher than the internal forces acting. This indicates that the structure has sufficient strength. The study's results generally conclude that both buildings require no repairs.

Keywords : Existing building, wood, seismic, *drift*, respons spectra.

1. PENDAHULUAN

Bangunan gedung dengan komponen utama balok dan kolom (sistem *frame*) menggunakan material kayu memerlukan pemeriksaan berkala dan pemeliharaan, sebagai upaya antisipasi ketika ditemukan indikasi kerusakan pada komponen strukturnya (Palma & Steiger, 2020; Riggio et al., 2023; Fink et al., 2025; Fujita et al., 2025; More et al., 2026). Kegiatan pemeriksaan mutu material bangunan eksisting merupakan salah satu bagian dari proses monitor kesehatan bangunan.

Teknik non-destruktif menjadi pilihan metode yang digunakan untuk diagnose dan asesmen bangunan kayu khususnya bangunan lama dengan nilai historis (Alrasyid et al., 2025; López et al., 2023). Hal ini sangat penting mengingat bangunan kayu perlu dilestarikan dan dapat terus digunakan sesuai masa layan dengan kondisi aman dan tidak membahayakan pengguna (Misulic & Radujkovic, 2023).

Perumusan masalah penelitian yaitu bagaimana kinerja struktur bangunan kayu, yaitu perilaku kekakuan akibat beban lateral (gempa) dan perilaku kekuatan akibat beban gravitasi dan lateral setelah bangunan beroperasi dengan masa layan berkisar 4-5 tahun?

Penelitian ini bertujuan mempelajari perilaku seismik dua bangunan kayu eksisting yang berlokasi di desa Indragiri, kecamatan Rancabali, kabupaten Bandung akibat beban lateral dan gravitasi.

Urgensi penelitian yaitu perlunya monitoring berkala bangunan untuk mendeteksi potensi kerusakan dan tindakan perbaikan yang diperlukan.

Ruang lingkup penelitian yaitu beban gempa rencana menggunakan acuan yaitu respons spektra gempa (PusGeN, 2021) sesuai peta gempa lokasi bangunan eksisting berada, yaitu SDs sebesar 0,92g, SD1 sebesar 0,51g, SS sebesar 1,147g, dan S1 sebesar 0,516g (PusGeN, 2021). Data sifat mekanika kayu (modulus elastisitas) diperoleh dari pengujian mutu material bangunan eksisting (Pranata et al., 2026), pemodelan dan analisis struktur berbasis metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak SAP2000 (Computer and Structures, 2023). Perilaku kekakuan yang dipelajari adalah *drift* bangunan akibat beban lateral (gempa), metode perhitungan beban

gempa rencana menggunakan metode analisis statik ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Perilaku kekuatan yang dipelajari adalah kapasitas kolom dan balok dalam menahan gaya-gaya dalam, yang dihitung dengan menggunakan metode *load and resistance factor design* (LRFD) sesuai acuan SNI 7973:2013 (Badan Standardisasi Nasional, 2013).

Metode penelitian yaitu metode numerik analisis struktur tiga dimensi dengan modulus elastisitas kayu menggunakan acuan data dari bangunan eksisting (Pranata et al., 2026).

Novelty penelitian adalah mempelajari perilaku kekakuan dan kekuatan bangunan kayu setelah berfungsi dan beroperasi dengan masa layan 4-5 tahun. Potensi penurunan nilai modulus elastisitas yang terjadi memberikan dampak terhadap penurunan kapasitas kekuatan dan kekakuan, hal ini merupakan bagian dari sistem pemeliharaan bangunan sehingga dapat diketahui prediksi kinerja kekuatan dan kekakuan, khususnya akibat beban lateral (gempa) sesuai acuan SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019) dan beban gravitasi (beban hidup, beban mati, dan beban lainnya) sesuai acuan SNI 1727:2020 (Badan Standardisasi Nasional, 2020).

Penelitian untuk mengetahui kondisi sifat mekanika modulus elastisitas dan modulus ruptur merupakan bagian krusial dari asesmen bangunan kayu (Cavalli et al., 2016). Kekuatan material kayu dapat menurun akibat beberapa faktor, yaitu pengaruh termal (Råberg et al., 2012; Zhou et al., 2012) dan pengaruh usia bangunan dan beban yang bekerja pada bangunan secara terus-menerus (Wang et al., 2025).

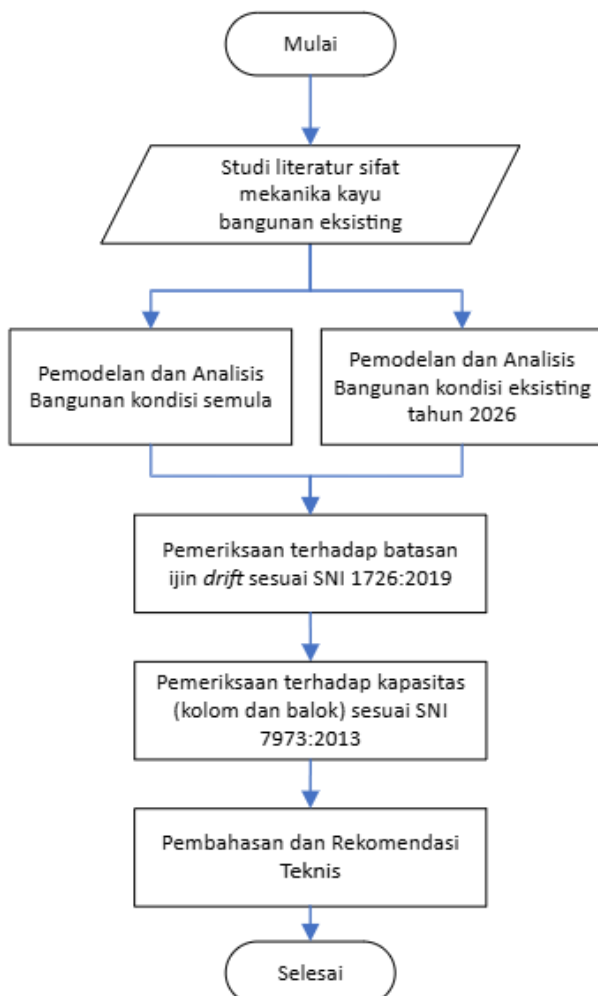
2. METODE

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis struktur berbasis metode elemen hingga untuk mendapatkan informasi perilaku bangunan gedung eksisting (Malesza, 2017; Van et al., 2020; Computer and Structures, 2023), dengan data luaran yaitu deformasi yang selanjutnya digunakan sebagai parameter untuk menghitung *drift* bangunan akibat beban lateral.

Gambar 1 selanjutnya menampilkan diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian dimulai dengan tahap pertama

yaitu studi literatur mutu kayu pada kondisi mula-mula, yaitu ketika kedua bangunan rumah selesai dibangun dan mulai difungsikan (Pranata et al., 2021; Pranata, Setiawan, et al., 2022). Data mutu kayu eksisting setelah masa layan 4 tahun (bangunan kedua) dan 5 tahun (bangunan pertama) diperoleh dari literatur penelitian non-destruktif (Pranata et al., 2026). Tahap kedua yaitu analisis struktur bangunan dengan beban yaitu gravitasi yang merepresentasikan hunian dan berat sendiri struktur (Badan Standardisasi Nasional, 2020), serta beban lateral (beban gempa rencana) dengan metode statik ekuivalen (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Beban gempa rencana menggunakan acuan parameter SDs, SD1, SS, dan S1 (PusGeN, 2021) sesuai titik lokasi bangunan. Tahap ketiga yaitu mempelajari perilaku kekakuan bangunan (*drift*) dan kapasitas kekuatan (Badan Standardisasi Nasional, 2013), serta menyusun kajian studi komparasi hasil analisis struktur pada bangunan kondisi mula-mula dan bangunan eksisting setelah masa layan 4-5 tahun.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2.2. Analisis Struktur

Metode analisis struktur berbasis metode elemen hingga untuk bangunan tiga dimensi menggunakan model elemen *frame* untuk komponen struktur utama yaitu kolom dan balok. Dengan menggunakan pendekatan ini, maka dapat diperoleh luaran gaya-gaya dalam yaitu gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur baik pada kolom maupun pada balok (Kattan, 2003); Maramis et al., 2024).

Terdapat beberapa asumsi pendekatan (idealisasi) terhadap model struktur yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu berat sendiri struktur atap, dinding, papan lantai dimodelkan sebagai beban gravitasi (Hussain et al., 2016; Al-Nimry & Altous, 2019).

2.3 Desain Kapasitas dan Batasan *Drift*

Bangunan dengan desain tahan gempa penting diterapkan khususnya untuk daerah dengan zona kegempaan tinggi berdasarkan acuan peta respons spektra Indonesia (Alwani & Adianto, 2021; Musthafa & Hindaryanto, 2021; PusGeN, 2021). Berdasarkan pertimbangan bahwa bangunan tidak hanya didesain terhadap beban gravitasi saja, tetapi juga beban lateral (gempa bumi), maka pemodelan beban gempa pada bangunan perlu diperhatikan dan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Pada bangunan kayu, desain kapasitas komponen utama bangunan yaitu kolom dan balok perlu mengacu pada peraturan SNI 7973:2013 (Badan Standardisasi Nasional, 2013).

Salah satu tolok ukur perilaku seismik bangunan adalah *drift* yang terjadi akibat beban lateral (gempa), yang mana tidak boleh melampaui batasan ijin (Badan Standardisasi Nasional, 2019; Panjaitan, 2025; Ompi et al., 2025). *Drift* pada bangunan adalah ukuran seberapa besar pergeseran horizontal suatu bangunan saat mengalami gempa dibandingkan dengan tinggi bangunan. Batasan *drift* untuk bangunan gedung dengan klasifikasi lain-lain (kategori risiko I dan II) ditampilkan pada Tabel 1. h_{sx} adalah tinggi struktur. Bangunan rumah tinggal termasuk dalam kategori Risiko I dan II.

Tabel 1. Batasan *drift* (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Tipe Bangunan	Kategori Risiko I dan II
Semua struktur lainnya	0,020.h _{sx}

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bangunan Kayu Eksisting

Bangunan kayu dalam penelitian ini dibangun dan difungsikan sejak bulan Desember tahun 2021 (bangunan pertama), dan bangunan kedua sejak bulan Desember tahun 2022. Bangunan pertama sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2 adalah bangunan untuk sarana belajar anak-anak yang tinggal di kampung Stamplat, desa Indragiri (Pranata et al., 2021; Pranata, Setiawan, et al., 2022). Bangunan kedua (Gambar 3) terletak juga di kampung Stamplat dengan fungsi untuk bangunan penginapan (Pranata, Novi, et al., 2022; Pranata et al., 2023).



Gambar 2. Bangunan pertama (Pranata et al., 2026).



Gambar 3. Bangunan kedua (Pranata et al., 2026).

Tabel 2. Modulus elastisitas bangunan eksisting (Pranata et al., 2026).

Objek	MOE _{eksisting} (MPa)	MOE _{awal} (MPa)	%- beda
Rumah pertama	9420,85	10030,8	6,1%
Rumah kedua	9902,26	10030,8	1,3%

Kedua bangunan menggunakan sistem *frame* yaitu terdiri dari balok induk (ukuran penampang 100 mm x 200 mm), balok anak dan

balok atap (ukuran penampang 100 x 200 mm), kolom utama (ukuran penampang 100 mm x 200 mm), dan kolom lainnya (ukuran penampang 100 mm x 100 mm). Kayu yang digunakan adalah jenis Meranti kuning (*Shorea fatiguana*) dengan data modulus elastisitas) ditampilkan pada Tabel 2. Mutu kayu adalah data modulus elastisitas kondisi eksisting (MOE_{eksisting}) setelah bangunan berfungsi pada masa layan tahun ke-4 (bangunan kedua) dan tahun ke-5 (bangunan pertama). Data empiris modulus elastisitas diperoleh dengan cara pengujian non-destruktif (Concept Bois Technologie, 2024; Virgen-Cobos et al., 2022; Suryoatmono, 2017). Modulus elastisitas mula-mula (MOE_{awal}) adalah data referensi modulus elastisitas kayu pada saat bangunan selesai dibangun dan mulai difungsikan.

3.2 Pemodelan Struktur Bangunan

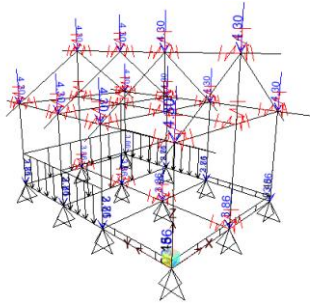
Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan perangkat lunak SAP2000 (Computer and Structures, 2023). Model sambungan antar komponen struktur, yaitu kolom dengan balok, balok dengan balok diasumsikan *semi-rigid* (Baszen & Miedzialowski, 2019; Celik et al., 2025). Model kekakuan sambungan *semi-rigid* merupakan salah satu karakteristik utama struktur kayu (Liu & Xiong, 2018), karena asumsi sambungan semi-kaku lebih tepat dalam pemodelan struktur bangunan kayu. Kekakuan rotasional sambungan dalam penelitian ini menggunakan nilai sebesar 3,022 kN.m (Baszen & Miedzialowski, 2019).

Berdasarkan kondisi riil bahwa bangunan kayu bertumpu di atas pondasi (Gambar 4), maka pemodelan menggunakan asumsi tumpuan sendi, yaitu translasi pada kedua arah sumbu utama (sumbu-x dan sumbu-y) dicegah, sedangkan pada tumpuan tidak menahan momen.

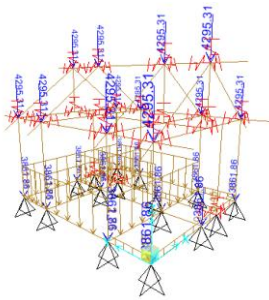


Gambar 4. Tumpuan ke pondasi bangunan kedua (Pranata et al., 2026).

Selanjutnya Gambar 5 dan Gambar 6 menampilkan pemodelan beban gravitasi pada rumah pertama dan rumah kedua. Beban eksternal yang bekerja pada bangunan, yaitu beban hunian (beban hidup) mengacu pada peraturan SNI 1727:2020 (Badan Standardisasi Nasional, 2020), sedangkan perhitungan berat dinding dan papan kayu (tebal 20 mm) menggunakan acuan berat jenis kayu Meranti kuning yaitu sebesar 0,46 (Ross, 2021).



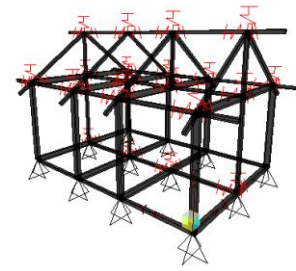
Gambar 5. Pemodelan beban dinding papan kayu pada bangunan pertama.



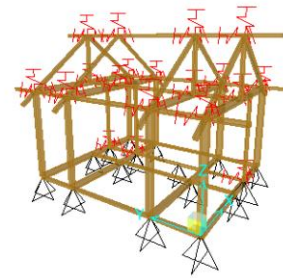
Gambar 6. Pemodelan beban dinding papan kayu pada bangunan kedua.

Perbedaan model bangunan kondisi eksisting dengan bangunan kondisi mula-mula adalah pada data parameter modulus elastisitas sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Bangunan eksisting menggunakan parameter $MOE_{eksisting}$ sedangkan bangunan mula-mula menggunakan parameter MOE_{awal} .

Bangunan dengan parameter modulus elastisitas awal (MOE_{awal}) selanjutnya disebut struktur bangunan mula-mula (BM). Bangunan dengan parameter modulus elastisitas eksisting ($MOE_{eksisting}$) selanjutnya disebut struktur bangunan eksisting (BE).



Gambar 7. Model struktur bangunan pertama.



Gambar 8. Model struktur bangunan kedua.

Gambar 7 menampilkan model struktur tiga dimensi bangunan pertama. Sedangkan Gambar 8 untuk bangunan kedua.

3.3 Pola Ragam Struktur Bangunan

Analisis struktur diawali dengan analisis modal, untuk mengetahui perilaku ragam getar bangunan, khususnya untuk tiga ragam pertama. Tabel 3 dan Tabel 4 menampilkan hasil analisis modal kedua model bangunan.

Tabel 3. Hasil analisis modal untuk bangunan pertama.

Ragam	BM-1	BE-1	%-beda
1	0,248 detik	0,264 detik	6,5%
2	0,226 detik	0,242 detik	7,1%
3	0,196 detik	0,209 detik	6,6%

Tabel 4. Hasil analisis modal untuk bangunan kedua.

Ragam	BM-2	BE-2	%-beda
1	0,226 detik	0,235 detik	4,0%
2	0,222 detik	0,231 detik	4,1%
3	0,188 detik	0,196 detik	4,3%

Hasil analisis modal (Tabel 3 dan Tabel 4) mengindikasikan bahwa secara umum ragam pertama dan kedua adalah translasi pada kedua sumbu utama (sumbu-y dan sumbu-x), sedangkan ragam ketiga adalah rotasi sumbu-z. Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa waktu getar bangunan eksisting (BE) lebih

tinggi berkisar 4.0% sampai dengan 7.1% dibandingkan bangunan mula-mula (BM). Hal ini merupakan dampak dari penurunan nilai modulus elastisitas, sehingga kekakuan bangunan berkurang meskipun tidak signifikan.

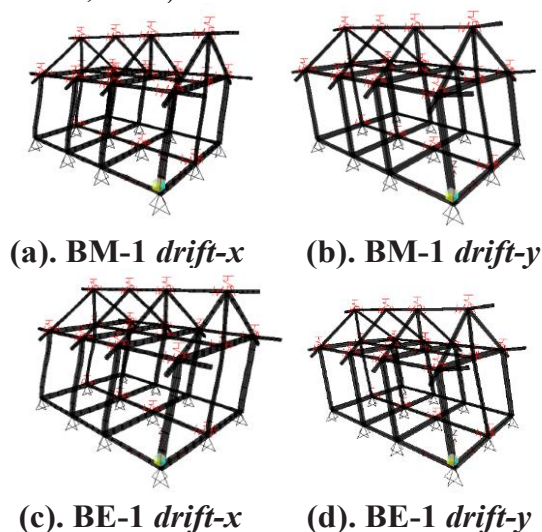
3.4 Perilaku Kekakuan Struktur Bangunan

Beban lateral dalam penelitian ini diperhitungkan hanya beban gempa, dengan pertimbangan bahwa dalam peraturan SNI (Badan Standardisasi Nasional, 2019; Badan Standardisasi Nasional, 2020) beban gempa (E) dan beban angin (W) tidak berada pada kombinasi yang sama, serta berdasarkan tipologi lokasi bangunan, rumah pertama dan rumah kedua tidak terpapar angin, lokasi Kampung Stamplat berada pada kaki bukit (koordinat google maps -7.118724764212733, 107.34052667639135 (bangunan pertama) dan -7.119410080682846, 107.34024334390787 (bangunan kedua)).

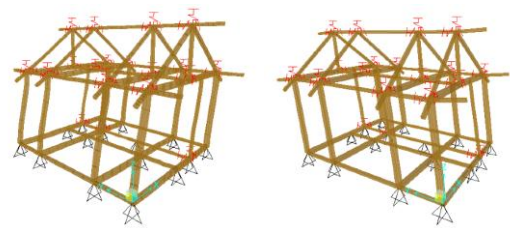
Tabel 5. Parameter SDs, SD1, SS, dan S1 sesuai lokasi (PusGeN, 2021).

Parameter	Bangunan pertama	Bangunan kedua
SDs	0,92g	0,51g
SD1	0,92g	0,51g
SS	1,147g	1,147g
S1	0,516g	0,516g

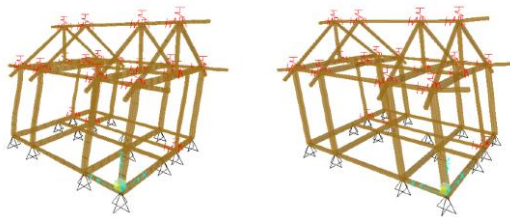
Beban gempa rencana diaplikasikan pada bangunan dengan menggunakan fitur analisis statik ekuivalen pada perangkat lunak. Data masukan waktu getar (periode) adalah berdasarkan data luaran analisis modal. Tabel 5 menampilkan data parameter respons spektra (PusGeN, 2021).



Gambar 9. Pola deformasi akibat beban lateral pada bangunan pertama.



Gambar 10. Pola deformasi akibat beban lateral pada bangunan kedua.



Gambar 10. Pola deformasi akibat beban lateral pada bangunan kedua (lanjutan).

Tabel 6. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan pertama.

Parameter	Kondisi mula-mula	Kondisi eksisting	%- beda
<i>Drift-x</i>	0,0020	0,0022	13,7
<i>Drift-y</i>	0,0019	0,0022	13,6

Tabel 7. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan kedua.

Parameter	Kondisi mula-mula	Kondisi eksisting	%-beda
<i>Drift-x</i>	0,0018	0,0019	8,2
<i>Drift-y</i>	0,0016	0,0017	7,9

Hasil analisis struktur yaitu *drift* bangunan pada kedua arah sumbu utama (sumbu-x dan sumbu-y) selengkapnya ditampilkan pada Gambar 9-10 dan Tabel 6-7 (catatan: gambar deformasi lateral bangunan tanpa skala). *Drift* ditinjau pada elevasi balok ring atap yaitu pada ketinggian +3.00 meter, sesuai titik pertemuan ujung atas kolom dengan balok ring atap.

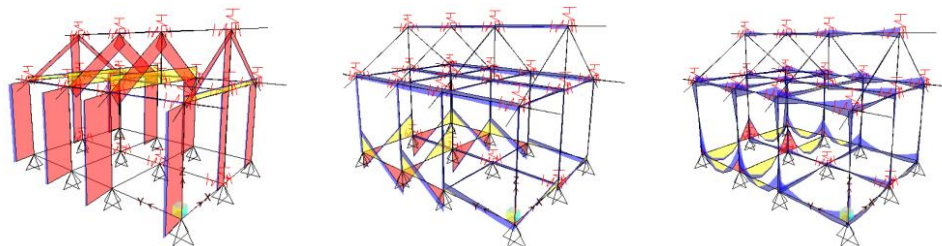
3.5 Perilaku Kekuatan Struktur Bangunan

Hasil investigasi perilaku kekuatan, yaitu gaya-gaya dalam yang terjadi pada kolom dan balok selengkapnya ditampilkan pada Gambar 11 (bangunan pertama), Gambar 12 (bangunan kedua), Tabel 8-9 (bangunan pertama), dan Tabel 10-11 (bangunan kedua).

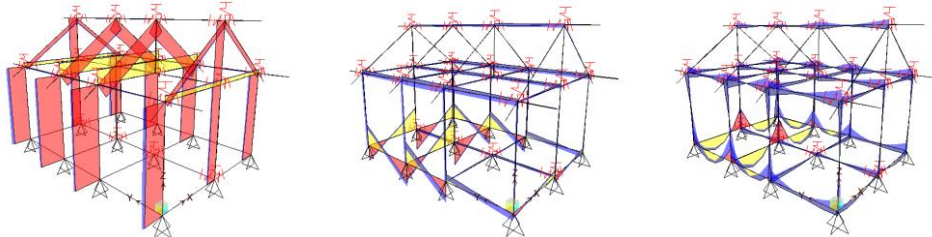
Gaya-gaya dalam terfaktor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kombinasi beban terfaktor sesuai acuan kombinasi beban sesuai peraturan SNI 1727:2020 (Badan Standardisasi Nasional, 2020), dalam hal ini yaitu kombinasi beban yang menghasilkan gaya dalam terbesar. Kapasitas kolom dan balok diperhitungkan dengan menggunakan acuan desain kapasitas penampang dengan metode *load and resistance factor design* (Badan Standardisasi Nasional, 2013)

Terdapat beberapa asumsi perhitungan dengan disesuaikan kondisi riil di lokasi

bangunan, antara lain faktor temperatur diperhitungkan dengan kondisi temperatur daerah $< 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kayu basah dengan kadar air mencapai $> 18\%$ berdasarkan kondisi bangunan terpapar dan tidak terlindung (kondisi pada bulan Maret 2026). Perhitungan kapasitas menggunakan data sifat mekanika material yaitu kekuatan lentur (MOR) sebesar 55,2 MPa, kekuatan tekan (F_c) sebesar 26,8 MPa, kekuatan geser (F_v) sebesar 7,1 MPa (Ross, 2021).

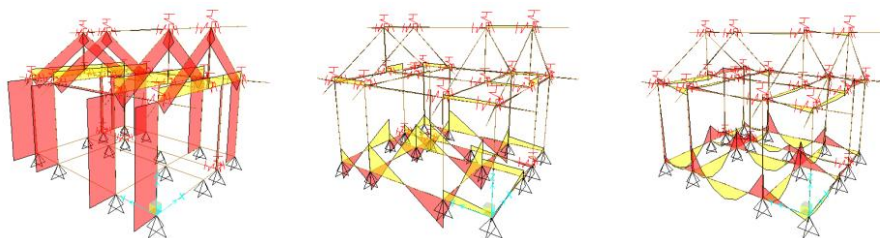


(a). BM: diagram gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur.

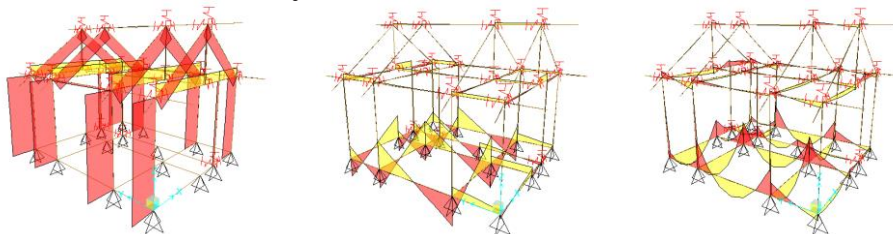


(b). BE: diagram gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur.

Gambar 11. Gaya-gaya dalam bangunan pertama.



(a). BM: diagram gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur.



(b). BE: diagram gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur.

Gambar 12. Gaya-gaya dalam bangunan kedua.

Tabel 8. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan pertama: kolom.

Parameter	BM-1 dan BE-1	Kapasitas BM-1	Kapasitas BE-1	%-beda	Status
Gaya aksial (kN)	13,5	277,86	233,18	16,08	Ok

Tabel 9. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan pertama: balok.

Parameter	BM-1 dan BE-1	Kapasitas BM-1	Kapasitas BE-1	%-beda	Status
Gaya geser (kN)	4,68	130,87	130,87	0,00	Ok
Momen lentur (kN.m)	1,25	38,14	33,91	11,08	Ok

Tabel 10. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan kedua: kolom.

Parameter	BM-1 dan BE-1	Kapasitas BM-1	Kapasitas BE-1	%-beda	Status
Gaya aksial (kN)	13,75	277,86	246,52	11,28	Ok

Tabel 11. Hasil analisis: perilaku kekakuan bangunan kedua: balok.

Parameter	BM-1 dan BE-1	Kapasitas BM-1	Kapasitas BE-1	%-beda	Status
Gaya geser (kN)	5,13	130,87	130,87	0,00	Ok
Momen lentur (kN.m)	2,59	38,14	35,74	6,28	Ok

Hasil analisis sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10 dan Tabel 11 memperlihatkan bahwa gaya-gaya dalam kolom dan balok kedua bangunan kondisi mula-mula (BM) dan eksisting (BE) tidak terdapat perbedaan, hal ini dikarenakan gaya-gaya dalam timbul akibat beban luar dan berat sendiri, dimana hal ini tidak berkorelasi dengan modulus elastisitas material. Namun akibat penurunan nilai modulus elastisitas (bangunan eksisting) maka menimbulkan dampak yaitu penurunan kapasitas meskipun tidak signifikan.

3.6 Pembahasan

Hasil analisis secara umum memperlihatkan bahwa kekakuan bangunan eksisting (BE) bangunan pertama dan bangunan kedua mengalami penurunan meskipun tidak signifikan. Namun demikian, *drift* bangunan kondisi mula-mula (BM) dan kondisi eksisting (BE) tidak melampaui batasan ijin 0,020 (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Hal ini mengindikasikan bahwa struktur mempunyai kapasitas kekakuan yang cukup.

Hasil kajian perilaku seismik yang pertama yaitu kekuatan memperlihatkan bahwa kapasitas kolom dan balok bangunan eksisting (BE) bangunan pertama dan bangunan kedua lebih rendah daripada kapasitas bangunan mula-mula (BM), namun secara umum kapasitas kolom dan balok lebih tinggi daripada gaya-gaya dalam yang bekerja. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur mempunyai kapasitas kekuatan yang cukup. Kapasitas aksial tekan bangunan eksisting berkurang sebesar 16,08% (bangunan pertama) dan 11,28% (bangunan kedua). Kapasitas lentur balok induk bangunan eksisting berkurang sebesar 11,08% (bangunan pertama) dan 6,28% (bangunan

kedua). Kapasitas geser tidak berkorelasi dengan modulus elastisitas kayu sehingga tidak terkena dampak.

Kajian perilaku seismik yang kedua yaitu kekakuan memperlihatkan bahwa %-relatif perbedaan *drift* bangunan eksisting (BE) dengan bangunan mula-mula (BM) berkisar antara 7,9% sampai dengan 13,7%. Hasil ini mengindikasikan bahwa tidak terjadi penurunan kekakuan lateral secara signifikan setelah bangunan difungsikan dengan masa layan berkisar 4-5 tahun. Nilai *drift* secara umum belum melampaui batasan ijin yaitu sebesar 0,020.

Kajian perilaku seismik menjadi bagian penting dari investigasi bangunan eksisting untuk mengetahui tingkat keamanan dan kekakuan bangunan (Hashemi & Lal, 2025; Gani et al., 2021).

4. PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perilaku kekakuan kedua bangunan mengalami penurunan meskipun tidak signifikan. *Drift* bangunan kondisi mula-mula dan kondisi eksisting tidak melampaui batasan ijin. Kapasitas kolom dan balok kedua bangunan eksisting mengalami penurunan dibandingkan kondisi bangunan mula-mula, namun masih lebih tinggi dibandingkan gaya-gaya dalam yang bekerja. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur mempunyai kapasitas kekuatan yang cukup. Tidak diperlukan perbaikan pada kedua bangunan eksisting. Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya yaitu pemodelan beban gempa menggunakan metode lainnya sebagai studi komparasi, sebagai contoh analisis dinamik riwayat waktu menggunakan

rekaman gempa yang relevan sesuai lokasi yang dipelajari.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapatkan pendanaan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Kristen Maranatha, pada tahun anggaran 2026. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan yang telah diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan lancar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Nimry, H., & Altous, N. (2019). Seismic Performance of Gravity Load-Designed RC Frame Buildings in Jordan: A Prelude into the Effect of Masonry Infills. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 603(2), 022063. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/2/022063>
- Alrasyid, H., Sutrisno, W., & Irmawan, M. (2025). Assessment and Retrofitting of Historical Over-Capping Timber Structure. In M. Casini (Ed.), *Proceedings of the 4th International Civil Engineering and Architecture Conference* (Vol. 534, pp. 27–37). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5477-9_3
- Alwani, A., & Adianto, C. F. (2021). BANGUNAN TINGGI DI INDONESIA YANG DIRANCANG TAHAN GEMPA. *Journal of Economic, Business and Engineering (JEBE)*, 3(1), 105–112. <https://doi.org/10.32500/jebe.v3i1.2053>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7973:2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung dan non-gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*.
- Baszen, M., & Miedzialowski, C. (2019). Impact of Semi-Rigid Joints in Light-Wood Framed Structures on the Serviceability Limit State. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471, 112086. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/11/112086>
- Cavalli, A., Bevilacqua, L., Capecchi, G., Cibecchini, D., Fioravanti, M., Goli, G., Togni, M., & Uzielli, L. (2016). MOE and MOR assessment of in service and dismantled old structural timber. *Engineering Structures*, 125, 294–299. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.06.054>
- Celik, H. K., Sakar, G., & Isleem, H. F. (2025). A comparative study of the analysis model for timber structures: Addressing nonlinearities and connection behaviour. *BioResources*, 20(2), 3587–3603. <https://doi.org/10.15376/biores.20.2.3587-3603>
- Computer and Structures. (2023). *CSI Analysis References Manual*.
- Concept Bois Technologie. (2024). *Nondestructive technology using ultrasounds for wood quality assessment*.
- Fink, G., Jockwer, R., & Cabrero, J. M. (Eds.). (2025). *Holistic Design of Taller Timber Buildings*. Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-032-02098-7>
- Fujita, K., Ishiyama, H., Izumi, B., & Berntsen, P. (2025). STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF HISTORICAL TIMBER POST AND BEAM STRUCTURES IN NORWAY AND JAPAN. *World Conference on Timber Engineering 2025*, 571–576. <https://doi.org/10.52202/080513-0071>
- Gani, A., Rai, D., & Banday, J. (2021). Seismic behavior of Timber framed masonry: A comprehensive review. *Conference: 17th World Conference of Earthquake Engineering*.
- Hashemi, A., & Lal, R. (2025). Seismic performance evaluation of mass timber buildings equipped with resilient and conventional friction devices. *Resilient Cities and Structures*, 4(2), 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.rcns.2025.06.001>
- Hussain, R. R., Wasim, M., & Hasan, S. (2016). Structural Evaluation for Gravity Loads. In R. R. Hussain, M. Wasim, & S. Hasan, *Computer Aided Seismic and Fire Retrofitting Analysis of Existing High Rise*

- Reinforced Concrete Buildings* (Vol. 222, pp. 23–38). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7297-6_4
- Kattan, P. I. (2003). The Plane Frame Element. In P. I. Kattan, *MATLAB Guide to Finite Elements* (pp. 133–169). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05209-9_8
- Liu, Y., & Xiong, H. (2018). Lateral performance of a semi-rigid timber frame structure: Theoretical analysis and experimental study. *Journal of Wood Science*, 64(5), 591–600. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1727-7>
- López, G., Vallelado-Cordobés, P., Gómez-Royuela, J. L., & Basterra, L.-A. (2023). Diagnosis and assessment of a historic timber structure in La Casa del Corregidor, using non-destructive techniques. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02311. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02311>
- Malesza, J. (2017). Effective Model for Analysis of Wood-Framed Timber Structures. *Archives of Civil Engineering*, 63(2), 99–112. <https://doi.org/10.1515/ace-2017-0019>
- Maramis, K., Windah, R., & Handono, B. (2024). Analisis struktur portal bidang bertingkat akibat gaya lateral dengan program matlab. *Tekno*, 22(87), 177–184. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jts.v22i87.53987>
- Misulic, T. K., & Radujkovic, A. (2023). Assessment of existing timber structures in context of safety engineering. *Proceeding of INTERNATIONAL Engineering Conference*.
- More, F., Fabbrocino, G., & Sandoli, A. (2026). Structural health monitoring of timber structures: Methods, sensors and real-world applications. *Procedia Structural Integrity*, 78, 944–951. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2025.12.121>
- Musthafa, N. F., & Hindaryanto, A. (2021). BANGUNAN TINGGI DAN BENCANA GEMPA BUMI. *Journal of Economic, Business and Engineering (JEBE)*, 3(1), 50–60. <https://doi.org/10.32500/jebe.v3i1.2046>
- Ompi, F., Kumaat, E., Handono, B., & Pandaleke, R. (2025). Atudi perbandingan dua peraturan gempa, SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 khusus tentang gaya geser dasar seismik pada gedung menggunakan ETABS. *Tekno*, 23(93), 1835–1846. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jts.v23i93.63885>
- Palma, P., & Steiger, R. (2020). Structural health monitoring of timber structures – Review of available methods and case studies. *Construction and Building Materials*, 248, 118528. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118528>
- Panjaitan, J. (2025). Analisis Kinerja Struktur Apartemen 16 Lantai di Jakarta Terhadap Beban Gempa dengan Metode Respon Spektrum menggunakan ETABS V9.7.0 Berdasarkan SNI 1726: 2019. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 23(2), 127. <https://doi.org/10.12962/j2579-891X.v23i2.22089>
- Pranata, Y. A., Dani, H. J., Novi, & Rapar, K. C. S. (2026). *Kajian sisa kekuatan bangunan eksisting di kawasan desa wisata Indragiri, kabupaten Bandung terhadap potensi kerusakan akibat gempa* (Laporan Kemajuan). Universitas Kristen Maranatha.
- Pranata, Y. A., Novi, N., Pattipawaej, O. C., Loekito, J. A., & Setiawan, D. (2023). Penguatan Sektor Wisata Melalui Implementasi Bangunan Pendukung Wisata Berbasis Teknologi Laminasi di Kampung Stamplat Desa Indragiri. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 14(4), 733–741. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v14i4.14214>
- Pranata, Y. A., Novi, Pattipawaej, O., & Loekito, J. A. (2022). *Penguatan sektor wisata melalui implementasi bangunan pendukung wisata berbasis teknologi laminasi di Kampung Stamplat Desa Indragiri* (Laporan Akhir Program Hibah Insentif). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Pranata, Y. A., Setiawan, D., & Loekito, J. A. (2021). *Bangunan modular tahan gempa untuk sarana belajar anak-anak Kampung Stamplat, Dusun Ciparay, Desa Indragiri,*

- Kelurahan Ciwidey, Kecamatan Rancabali, Kabupaten Bandung* [Laporan Akhir Hibah PKK (P2M)]. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Pranata, Y. A., Setiawan, D., & Loekito, J. A. (2022). Rumah Kayu Tahan Gempa sebagai Sarana Belajar Anak-Anak Kampung Stamplat Kabupaten Bandung. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 13(3), 539–548. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v13i3.11453>
- PusGeN. (2021). *Desain spektra Indonesia 2021*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Råberg, U., Daniel, G., & Terziev, N. (2012). LOSS OF STRENGTH IN BIOLOGICALLY DEGRADED THERMALLY MODIFIED WOOD. *BioResources*, 7(4), 4658–4671. <https://doi.org/10.15376/biores.7.4.4658-4671>
- Riggio, M., Dilmaghani, M., & Sanchez, C. A. (2023). Understanding structural health monitoring data to support decision-making processes and service life management of mass timber buildings. A preliminary study on use of data scaffolding. *International Wood Products Journal*, 14(1), 42–59. <https://doi.org/10.1080/20426445.2023.2177092>
- Ross, R. (2021). *Wood handbook: Wood as an engineering material* (General Technical Report FPL-GTR-282). Forest Products Laboratory.
- Suryoatmono, B. (2017). Correction factors in the determination of moduli of elasticity of orthotropic material using ultrasonic longitudinal wave propagation method. *Proceedings 20th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*.
- Van, T. T. T., Tung, N. D., & Trung Kien, N. (2020). Finite element analysis of plane frame systems with different models of semi-rigid connections. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 962(2), 022060. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/2/022060>
- Virgen-Cobos, G. H., Olvera-Licona, G., Hermoso, E., & Esteban, M. (2022). Nondestructive Techniques for Determination of Wood Mechanical Properties of Urban Trees in Madrid. *Forests*, 13(9), 1381. <https://doi.org/10.3390/f13091381>
- Wang, X., Zhang, X., Zhang, M., Lam, F., Li, M., & Chen, Z. (2025). Performance degradation of glued-laminated timber beams under multi-factor environmental aging and sustained load. *European Journal of Wood and Wood Products*, 83(1), 31. <https://doi.org/10.1007/s00107-024-02189-6>
- Zhou, H. B., Hu, C. S., & Zhou, J. H. (2012). Thermal Degradation of Bending Properties of Structural Larch Wood. *Advanced Materials Research*, 557–559, 1563–1566. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.557-559.1563>