BOUWPLANK
Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan
Vol. 6 No. 2, Oktober 2026

E-ISSN 2807-5579
P-ISSN 2807-5889
Halaman 35-45

Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Asrama Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

Moh Zulfa Muttaqin[1*], M Arif Bakhtiar Efendi[2], Laily Fatmawati[3]

[1,2,3]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun, Jawa Timur
*Email Korespondensi: zulpunokawan133@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel di Kabupaten Madiun memerlukan perencanaan struktur yang memenuhi ketentuan ketahanan gempa karena Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur gedung berdasarkan SNI 1726:2019 menggunakan metode Statik Ekuivalen. Data penelitian berupa data sekunder yang meliputi gambar *Detail Engineering Design* (DED), spesifikasi teknis bangunan, serta standar perencanaan yang relevan. Objek penelitian adalah gedung asrama tiga lantai berukuran 36 × 20 m dengan tinggi 19,40 m yang menggunakan struktur beton bertulang dan atap baja. Analisis dilakukan menggunakan SAP2000 melalui pemodelan tiga dimensi. Hasil analisis menunjukkan periode fundamental struktur sebesar 0,672 detik, masih berada di bawah batas maksimum sebesar 0,941 detik, dengan gaya geser dasar (*base shear*) sebesar 202.069 kg yang terdistribusi sesuai ketentuan metode Statik Ekuivalen. Evaluasi kapasitas elemen struktur menunjukkan bahwa pelat, tangga, balok, kolom, struktur atap baja, dan sambungan baut memiliki rasio kapasitas di bawah batas izin. Nilai rasio terbesar diperoleh pada kolom baja sebesar 0,932 dan stabilitas kuda-kuda sebesar 0,913, yang masih memenuhi persyaratan SNI 1729:2020. Namun, hasil pemeriksaan *story drift* menunjukkan bahwa lantai 2 pada arah Y memiliki rasio simpangan sebesar 1,01, sedikit melebihi batas yang diizinkan sehingga memerlukan evaluasi lebih lanjut terhadap distribusi kekakuan struktur. Secara umum, struktur gedung memiliki kapasitas yang memadai terhadap kombinasi beban gravitasi dan gempa, meskipun diperlukan perbaikan lokal pada respons lateral arah Y.

Kata kunci : Kinerja Struktur, Ketahanan Gempa, Metode Statik Ekuivalen, SAP2000, SNI 1726:2019 dan *Story Drift*.

ABSTRACT

The construction of the women's dormitory building at the Karang Kadempel Islamic Boarding School in Madiun Regency requires structural design that meets earthquake-resistance requirements, as Indonesia is a region with a high level of seismic activity. This study aims to evaluate the structural performance of the building based on SNI 1726:2019 using the Equivalent Static Method. The research data consists of secondary data, including Detailed Engineering Design (DED) drawings, technical building specifications, and relevant design standards. The subject of the study is a three-story dormitory building measuring 36 × 20 m with a height of 19.40 m, featuring a reinforced concrete structure and a steel roof. The analysis was performed using SAP2000 through three-dimensional modeling. The analysis results show a fundamental period of 0.672 seconds, which remains below the maximum limit of 0.941 seconds, with a base shear of 202,069 kg distributed in accordance with the Equivalent Statics method. An evaluation of the structural elements' capacity showed that the slabs, stairs, beams, columns, steel roof structure, and bolted connections all had capacity ratios below the allowable limits. The highest ratio values were obtained for the steel columns at 0.932 and the truss stability at 0.913, which still meet the requirements of SNI 1729:2020. However, the story drift analysis results show that the second floor in the Y-direction has a drift ratio of 1.01, slightly exceeding the allowable limit, thus requiring further evaluation of the structural stiffness distribution. Overall, the building structure has adequate capacity to withstand a combination of gravity and seismic loads, although localized improvements are needed for the lateral response in the Y-direction.

Keywords **:** *Structural Performance, Earthquake-Resistant Design, Equivalent Static Method, SAP2000, SNI 1726:2019, and Story Drift.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di dunia karena berada pada pertemuan Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Kondisi tektonik tersebut menyebabkan tingginya potensi gempa bumi yang dapat mengakibatkan kerusakan infrastruktur, khususnya bangunan gedung bertingkat. Tingkat kerusakan bangunan dipengaruhi tidak hanya oleh besarnya magnitudo gempa, tetapi juga oleh kualitas perencanaan struktur, karakteristik tanah, sistem struktur, serta kemampuan bangunan dalam menahan beban lateral. Oleh karena itu, penerapan konsep perencanaan struktur tahan gempa menjadi aspek penting untuk menjamin keselamatan penghuni, meminimalkan risiko kerusakan, serta meningkatkan ketahanan bangunan terhadap beban gempa [1], [2].

Sebagai upaya meningkatkan keandalan struktur terhadap gempa bumi, perencanaan bangunan gedung di Indonesia mengacu pada SNI 1726:2019 yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Standar ini memperbarui parameter bahaya gempa berdasarkan data kegempaan terbaru sehingga menghasilkan perencanaan yang lebih representatif terhadap kondisi seismik Indonesia. Dalam penelitian ini, parameter bahaya gempa diperoleh melalui aplikasi RSA Puskim berdasarkan koordinat lokasi penelitian, sedangkan analisis struktur dilakukan menggunakan metode Statik Ekuivalen. Evaluasi kinerja struktur dilakukan melalui parameter periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan, dan simpangan antar lantai (*story drift*) sesuai ketentuan SNI 1726:2019 [3], [4].

Berbagai penelitian telah mengevaluasi kinerja struktur bangunan terhadap beban gempa menggunakan perangkat lunak SAP2000 maupun ETABS berdasarkan SNI 1726:2019. Hilmi dkk. [5], Andika dan Roesdiana [6], Felny [7], serta Jaya dkk. [8] menunjukkan bahwa analisis struktur mampu menggambarkan respons seismik bangunan melalui parameter periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan struktur, dan simpangan antar lantai (*story drift*). Panjaitan [9] dan Hukama dan Erizal [10] juga melaporkan bahwa evaluasi parameter tersebut berperan penting dalam menilai kinerja struktur terhadap beban gempa serta memastikan pemenuhan persyaratan perencanaan berdasarkan SNI 1726:2019. Selain itu, Prayoga dkk. [3] dan Suwondo dkk. [11] menunjukkan bahwa metode Statik Ekuivalen dapat memberikan hasil evaluasi yang andal pada bangunan beraturan dengan ketinggian yang memenuhi ketentuan standar, sehingga metode tersebut masih relevan digunakan dalam evaluasi struktur bangunan gedung.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa, sebagian besar masih berfokus pada analisis respons global struktur menggunakan metode Respons Spektrum atau membandingkan beberapa metode analisis gempa [3] -[11]-[12]. Kajian yang mengintegrasikan analisis menggunakan metode Statik Ekuivalen dengan evaluasi kapasitas seluruh elemen struktur, meliputi pelat, tangga, balok, kolom, dan struktur atap baja pada bangunan asrama bertingkat berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1729:2020 masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu menghubungkan hasil analisis respons struktur dengan pemeriksaan kapasitas setiap elemen sehingga memberikan evaluasi struktur yang lebih komprehensif.

Penelitian ini menggunakan pendekatan evaluasi yang mengintegrasikan analisis respons struktur menggunakan metode Statik Ekuivalen dengan pemeriksaan kapasitas seluruh elemen utama bangunan dalam satu kerangka evaluasi. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya mengevaluasi respons global struktur atau elemen tertentu [5]-[10] penelitian ini menghubungkan hasil analisis berupa periode fundamental, *base shear*, perpindahan, dan *story drift* dengan evaluasi kapasitas pelat, tangga, balok, kolom, serta struktur atap baja berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1729:2020. Pendekatan tersebut diharapkan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara respons global struktur dan kapasitas elemen dalam mendukung keamanan bangunan terhadap pembebanan gravitasi dan gempa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktur Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel terhadap pembebanan gravitasi dan gempa

menggunakan metode Statik Ekuivalen sesuai SNI 1726:2019. Evaluasi dilakukan melalui analisis respons struktur menggunakan SAP2000 serta pemeriksaan kapasitas pelat, tangga, balok, kolom, dan struktur atap baja berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengevaluasi keamanan struktur bangunan bertingkat dengan pendekatan yang komprehensif dan sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Struktur beton bertulang merupakan sistem struktur yang banyak digunakan pada bangunan gedung bertingkat karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, kekakuan yang baik, serta mampu bekerja secara efektif bersama tulangan baja dalam menahan gaya tarik dan tekan. Pada bangunan yang berada di wilayah rawan gempa, sistem beton bertulang harus direncanakan agar memiliki kekuatan, kekakuan, dan daktilitas yang memadai sehingga mampu menahan pembebanan gravitasi maupun beban lateral akibat gempa. Oleh karena itu, perencanaan elemen beton bertulang harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 untuk menjamin keamanan dan kinerja struktur selama umur layan bangunan [12], [13].

Perencanaan struktur gedung harus mempertimbangkan kombinasi pembebanan yang bekerja selama umur layan bangunan, meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati berasal dari berat sendiri elemen struktur maupun beban permanen lainnya, sedangkan beban hidup ditentukan berdasarkan fungsi ruang. Pada bangunan di wilayah rawan gempa, kombinasi pembebanan harus direncanakan agar mampu merepresentasikan kondisi pembebanan yang paling kritis sehingga evaluasi kekuatan dan stabilitas struktur dapat dilakukan secara akurat [13], [14].

Metode Statik Ekuivalen merupakan salah satu prosedur analisis gempa yang mengubah pengaruh dinamis gempa menjadi gaya lateral statik ekuivalen yang bekerja pada setiap tingkat bangunan sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Metode ini umumnya diterapkan pada bangunan beraturan dengan tinggi dan karakteristik struktur yang memenuhi persyaratan standar. Analisis menghasilkan parameter penting berupa periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), distribusi gaya gempa, perpindahan struktur, dan simpangan antar lantai (*story drift*) yang digunakan untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban gempa [3], [11].

Evaluasi kinerja struktur dilakukan untuk mengetahui kemampuan bangunan dalam menahan pembebanan gravitasi dan gempa sesuai persyaratan perencanaan. Parameter yang umum digunakan meliputi periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan struktur, dan simpangan antar lantai (*story drift*). Nilai parameter tersebut dibandingkan dengan ketentuan SNI 1726:2019 untuk menentukan apakah respons struktur masih berada dalam batas yang diizinkan serta memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan stabilitas bangunan [5], [6], [3], [11].

Selain mengevaluasi respons global struktur, pemeriksaan kapasitas setiap elemen struktur diperlukan untuk memastikan seluruh komponen mampu menahan gaya dalam hasil analisis. Evaluasi dilakukan terhadap pelat, tangga, balok, kolom, dan struktur atap baja dengan membandingkan gaya dalam hasil analisis terhadap kapasitas rencana berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 untuk struktur beton bertulang dan SNI 1729:2020 untuk struktur baja. Pendekatan ini memberikan penilaian yang lebih komprehensif karena menghubungkan respons global struktur dengan kapasitas masing-masing elemen penyusun bangunan [12], [13], [14], [15].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis perencanaan struktur untuk mengevaluasi kinerja Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel terhadap pembebanan gravitasi dan gempa sesuai SNI 1726:2019. Objek penelitian berupa bangunan beton bertulang tiga lantai berukuran 36 m × 20 m dengan tinggi 19,40 m yang berlokasi di Kecamatan Jiwan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur. Analisis dilakukan menggunakan SAP2000 melalui pemodelan tiga dimensi (3D), sedangkan pembebanan gempa dianalisis

menggunakan metode Statik Ekuivalen berdasarkan parameter bahaya gempa dari aplikasi RSA Puskim sesuai koordinat lokasi penelitian di Kabupaten Madiun (111,488926° BT; 7,618287° LS).

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting bangunan, sedangkan data sekunder meliputi gambar *Detail Engineering Design* (DED), spesifikasi material, dimensi struktur, serta parameter bahaya gempa. Material yang digunakan terdiri atas beton dengan kuat tekan rencana (f'c) 22 MPa, baja tulangan BJTS 420 MPa, baja tulangan BJTP 280 MPa, dan baja struktural BJ37 dengan kuat leleh 240 MPa serta kuat tarik 370 MPa sebagai parameter dalam pemodelan struktur.

Tahapan analisis diawali dengan penyusunan model struktur tiga dimensi pada SAP2000 berdasarkan data geometri, material, dan penampang elemen struktur. Selanjutnya ditentukan massa struktur serta kombinasi pembebanan yang terdiri atas beban mati, beban hidup, dan beban gempa menggunakan metode Statik Ekuivalen sesuai SNI 1726:2019. Parameter bahaya gempa diperoleh melalui aplikasi RSA Puskim berdasarkan koordinat lokasi penelitian. Analisis menghasilkan reaksi perletakan dan gaya dalam elemen struktur. Hasil analisis kemudian digunakan untuk mengevaluasi kapasitas pelat, tangga, balok, kolom, dan struktur atap baja berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

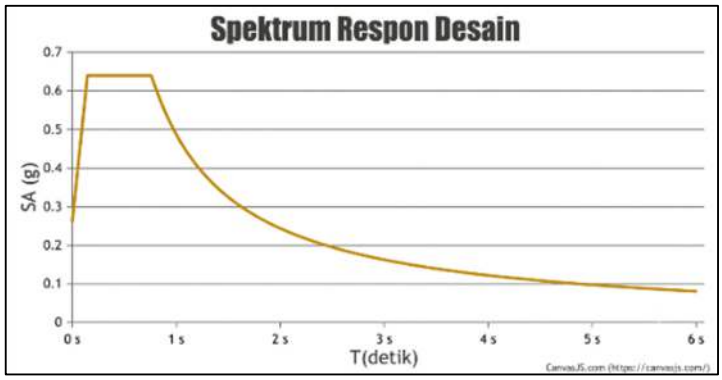
4.1 Parameter Gempa Rencana Berdasarkan SNI 1726:2019

Parameter gempa rencana ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019 menggunakan aplikasi RSA Puskim dengan koordinat lokasi Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel, Kabupaten Madiun, yaitu 111,488926° BT dan 7,618287° LS. Berdasarkan koordinat tersebut diperoleh parameter bahaya gempa yang meliputi percepatan spektral periode pendek (Ss), percepatan spektral periode 1 detik (S1), koefisien situs (Fa dan Fv), serta parameter spektrum respons desain (SMS, SM1, SDS, dan SD1). Parameter-parameter tersebut menjadi dasar dalam penentuan beban gempa rencana menggunakan metode Statik Ekuivalen sesuai ketentuan SNI 1726:2019.

Tabel 1. Parameter Gempa Rencana Gedung

Parameter	Nilai
Kordinat	111,488926° BT dan 7,618287° LS
Kategori Risiko	III
Faktor Keutamaan (Ie)	1,25
Kelas Situs	SD
Ss	0,8192 g
S1	0,3814 g
SMS	0,960 g
SM1	0,732 g
SDS	0,640 g
SD1	0,488 g
T0	0,152 detik
TS	0,762 detik
KDS	D

Nilai parameter gempa pada Tabel 1 menunjukkan karakteristik bahaya gempa di lokasi penelitian yang selanjutnya digunakan dalam penyusunan spektrum respons desain. Parameter SDS merepresentasikan percepatan spektral desain pada periode pendek, sedangkan SD1 menunjukkan percepatan spektral desain pada periode 1 detik. Kedua parameter tersebut menjadi acuan dalam penentuan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur melalui metode Statik Ekuivalen. Dengan demikian, pembebanan gempa yang digunakan dalam analisis telah disesuaikan dengan tingkat bahaya seismik di lokasi penelitian sesuai ketentuan SNI 1726:2019.

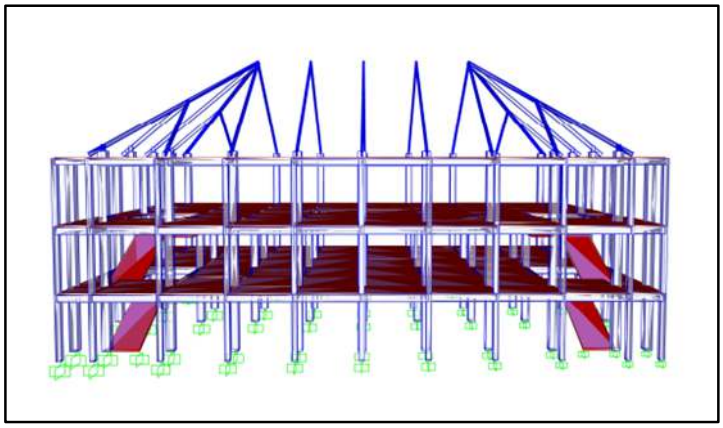


Gambar 1. Grafik Respon Spektrum Desain Gempa Kabupaten Madiun

Spektrum respons desain pada Gambar 1 menunjukkan hubungan antara percepatan spektral dan periode getar struktur yang digunakan sebagai dasar analisis gempa. Kurva spektrum tersebut menggambarkan besarnya respons struktur terhadap variasi periode getar sehingga mampu merepresentasikan karakteristik bahaya gempa pada lokasi penelitian. Parameter spektrum ini selanjutnya diimplementasikan dalam SAP2000 untuk memperoleh respons struktur sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dan sejalan dengan pendekatan yang digunakan oleh Prayoga dkk. [3] serta Suwondo dkk. [11].

4.2 Evaluasi Respons Struktur Terhadap Beban Gempa

Evaluasi respons struktur terhadap beban gempa dilakukan untuk menilai perilaku seismik Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019. Analisis dilakukan menggunakan metode Statik Ekuivalen melalui pemodelan tiga dimensi pada SAP2000. Parameter yang dievaluasi periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), dan simpangan antar lantai (*story drift*) sebagai indikator kinerja struktur terhadap pembebanan gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa koefisien respons seismik (Cs) sebesar 0,10 dengan berat seismik total struktur sebesar 2.019,925 kg, sehingga diperoleh gaya geser dasar (*base shear*) sebesar 202.069 kg. Nilai tersebut merupakan gaya lateral minimum akibat gempa rencana yang digunakan sebagai dasar distribusi beban gempa pada seluruh tingkat bangunan sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Pemodelan numerik struktur dilakukan dalam bentuk tiga dimensi yang terdiri atas elemen balok, kolom, pelat, tangga, dan struktur atap baja sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Elemen Struktur Gedung Asrama Putri

Model tiga dimensi tersebut digunakan untuk memperoleh karakteristik dinamis struktur yang meliputi periode fundamental, gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan struktur, simpangan antar lantai (*story drift*), serta gaya dalam elemen struktur. Rekapitulasi parameter respons struktur hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Respons Gempa

Parameter	**Nilai**
Tinggi Bangunan	19,40 m
Periode Fundamental (Ta)	0,672 detik
Tmax	0,941 detik
Faktor R	8
Cd	5,5
Ω_0	3
Cs	0,10
Berat Seismik Total	2.019,925 kg
Base Shear (V)	202.069 kg

Berdasarkan Tabel 2, periode fundamental struktur diperoleh sebesar 0,672 detik, lebih kecil dibandingkan periode maksimum yang diizinkan (Tmax) sebesar 0,941 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik dinamis struktur memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 sehingga kekakuan global bangunan masih memadai dalam mengendalikan respons terhadap pembebanan gempa. Gedung direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan faktor modifikasi respons (R) sebesar 8, faktor kuat lebih (Ω_0) sebesar 3, dan faktor amplifikasi defleksi (Cd) sebesar 5,5 sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Parameter tersebut digunakan dalam penentuan gaya gempa rencana dan evaluasi deformasi struktur. Hasil ini sejalan dengan penelitian Pham dkk. [4] yang menyatakan bahwa kekakuan struktur beton bertulang berpengaruh langsung terhadap periode alami dan perilaku seismik bangunan.

Nilai *base shear* sebesar 202.069 kg menunjukkan besarnya gaya lateral gempa yang harus dipikul oleh sistem struktur berdasarkan berat seismik total bangunan dan parameter bahaya gempa lokasi penelitian. Nilai tersebut menjadi dasar dalam evaluasi distribusi gaya gempa pada setiap lantai serta penentuan gaya dalam elemen struktur. Hasil ini juga mendukung penelitian Santana dkk. [2] yang menyatakan bahwa bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) mampu memberikan respons struktur yang memenuhi persyaratan apabila parameter desain seismik ditentukan sesuai standar yang berlaku.

Evaluasi deformasi struktur selanjutnya dilakukan melalui pemeriksaan *displacement* dan *story drift* pada arah X dan Y. Nilai *story drift* dihitung berdasarkan simpangan elastis hasil analisis SAP2000 (δe) yang dikoreksi menggunakan faktor amplifikasi defleksi (Cd = 5,5) dan faktor keutamaan gempa (Ie = 1,25) sehingga diperoleh simpangan desain (Δd). Nilai Δd kemudian dibandingkan dengan simpangan izin (Δa) untuk memperoleh rasio drift ($\Delta d/\Delta a$) sebagai dasar penilaian terhadap persyaratan SNI 1726:2019.

Tabel 3. Displacement Arah X

Lantai	Elevasi	Displacement X	Drift Aktual	Drift Desain	Drift Ijin	$\Delta d/\Delta a$	Kriteria	Status
	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ	Δd	Δa	Rasio	(< 1,0)	
3	4000	16,955	6,499	28,60	80	0,36	Memenuhi	Aman
2	4000	10,456	6,426	28,27	80	0,35	Memenuhi	Aman
1	4000	4,03	4,03	17,73	80	0,22	Memenuhi	Aman

Berdasarkan Tabel 3, rasio *story drift* pada arah X berturut-turut sebesar 0,22, 0,35, dan 0,36 untuk lantai 1 hingga lantai 3. Seluruh nilai rasio berada di bawah batas maksimum 1,00, sehingga memenuhi persyaratan SNI 1726:2019. Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan lateral yang memadai untuk mengendalikan deformasi akibat pembebanan gempa pada arah X.

Tabel 4. Displacement Arah Y

Lantai	Elevasi	Displacement Y	Drift Aktual	Drift Desain	Drift Ijin	$\Delta d/\Delta a$	Kriteria	Status
	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ	Δd	Δa	Rasio	(< 1,0)	
3	4000	51,419	17,728	78,00	80	0,98	Memenuhi	Aman
2	4000	33,691	18,307	80,55	80	1,01	Tidak Memenuhi	Tidak Aman
1	4000	15,384	15,384	67,69	80	0,85	Memenuhi	Aman

Hasil evaluasi pada arah Y menunjukkan rasio *story drift* sebesar 0,85 pada lantai 1, 1,01 pada lantai 2, dan 0,98 pada lantai 3. Lantai 1 dan lantai 3 masih memenuhi batas simpangan yang diizinkan, sedangkan lantai 2 memiliki rasio sedikit melebihi batas maksimum yang dipersyaratkan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa deformasi lateral pada lantai 2 arah Y relatif lebih besar dibandingkan lantai lainnya sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap distribusi kekakuan struktur maupun elemen-elemen yang memengaruhi respons pada arah tersebut.

Secara keseluruhan, evaluasi respons struktur menunjukkan bahwa parameter desain seismik, periode fundamental, dan gaya geser dasar telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019. Hasil pemeriksaan *story drift* juga menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan pada seluruh lantai arah X dan sebagian besar lantai arah Y, meskipun masih terdapat satu lantai yang sedikit melampaui batas simpangan yang diizinkan. Oleh karena itu, hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk menganalisis distribusi gaya gempa pada setiap tingkat bangunan yang dibahas pada subbab berikutnya.

4.3 Distribusi Gaya Gempa pada Struktur

Distribusi gaya gempa pada struktur dievaluasi untuk mengetahui besarnya gaya lateral yang diterima setiap lantai akibat pembebanan gempa rencana. Berdasarkan metode Statik Ekuivalen sesuai SNI 1726:2019, gaya geser dasar (*base shear*) didistribusikan ke setiap tingkat bangunan berdasarkan berat seismik dan elevasi lantai. Hasil distribusi gaya gempa pada masing-masing lantai disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai

Lantai	Berat Seismik (kg)	Tinggi (m)	Fx (kg)
3	501.067	12	80542
2	759.429	8	81150
1	759.429	4	40378
Total	2.019.925	-	202069

Berdasarkan Tabel 5, total *base shear* sebesar 202.069 kg terdistribusi menjadi 40.378 kg pada lantai 1, 81.150 kg pada lantai 2, dan 80.542 kg pada lantai 3. Distribusi tersebut menunjukkan bahwa gaya lateral terbesar bekerja pada lantai 2 dan lantai 3 karena kedua lantai memiliki kombinasi berat seismik dan elevasi yang lebih besar dibandingkan lantai 1. Hasil ini sesuai dengan SNI 1726:2019 yang menyatakan bahwa distribusi gaya gempa dipengaruhi oleh berat seismik dan ketinggian struktur. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Hilmi dkk. [5] dan Suwondo dkk. [11] yang menunjukkan bahwa gaya lateral pada bangunan bertingkat cenderung meningkat pada lantai atas akibat pengaruh distribusi massa dan karakteristik struktur.

4.4 Evaluasi Kapasitas Elemen Struktur

Evaluasi kapasitas elemen struktur dilakukan untuk mengetahui kemampuan setiap komponen bangunan dalam menahan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020. Evaluasi meliputi pelat atap, pelat lantai, pelat tangga, balok, kolom, struktur atap baja, dan sambungan baut. Parameter yang diperiksa meliputi kapasitas lentur, geser, tekan, stabilitas, kelenturan, serta kecukupan tulangan atau profil terhadap beban rencana:

Tabel 6. Pelat Atap

Pelat	Tebal (mm)	f`c MPa	fy MPa	As perlu (mm^2)	Tulangan terpasang (mm)	As terpasang (mm)	Rasio Lentur Mu/ϕMn	Rasio Geser Vu/ϕVu	Lendutan Δ<Δizin	Status
Atap A	100	22	280	162,500	Ø10 - 125	628,319	0,207	0,261	0,006	Aman
Atap B	100	22	280	162,500	Ø10 - 125	628,319	0,209	0,299	0,006	Aman
Atap C	100	22	280	162,500	Ø10 - 125	628,319	0,131	0,145	0,006	Aman
Atap D	100	22	280	162,500	Ø10 - 125	628,319	0,128	0,299	0,006	Aman

Berdasarkan Tabel 6, seluruh atap pelat memiliki rasio ketahanan antara 0,128–0,209 dan rasio geser sebesar 0,145–0,299. Seluruh nilai rasio berada di bawah batas 1,00 sehingga memenuhi persyaratan kekuatan menurut SNI 2847:2019. Selain itu, nilai lendutan sebesar 0,006 juga jauh lebih kecil dibandingkan izin lendutan sehingga pelat atap dinyatakan aman terhadap aspek maupun kekuatan kemampuan layan. Berdasarkan Tabel 4, seluruh atap pelat memiliki rasio ketahanan antara 0,128–0,209 dan rasio geser sebesar 0,145–0,299. Seluruh nilai rasio berada di bawah batas 1,00 sehingga memenuhi persyaratan kekuatan menurut SNI 2847:2019. Selain itu, nilai lendutan sebesar 0,006 juga jauh lebih kecil dibandingkan izin lendutan sehingga pelat atap dinyatakan aman.

Tabel 7. Pelat Lantai

Pelat	Tebal (mm)	f`c MPa	fy MPa	As perlu (mm^2)	Tulangan terpasang (mm)	As terpasang (mm)	Rasio Lentur Mu/ϕMn	Rasio Geser Vu/ϕVu	Lendutan Δ<Δizin	Status
Lantai A	130	22	280	540,970	Ø13 - 120	1106,102	0,456	0,386	0,997	Aman
Lantai B	130	22	280	540,970	Ø13 - 120	1106,102	0,456	0,444	0,997	Aman
Lantai C	130	22	280	233,750	Ø13 - 120	1106,102	0,180	0,386	0,011	Aman
Lantai D	130	22	280	233,750	Ø13 - 120	1106,102	0,182	0,444	0,011	Aman
Lantai E	130	22	280	540,970	Ø13 - 120	1106,102	0,456	0,262	0,997	Aman
Lantai F	130	22	280	237,500	Ø13 - 120	654,498	0,182	0,208	0,009	Aman
Lantai G	130	22	280	540,970	Ø13 - 120	1106,102	0,456	0,211	0,997	Aman

Hasil evaluasi pada Tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh pelat lantai memiliki rasio ketahanan lentur antara 0,180–0,456 dan rasio geser antara 0,208–0,444. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas penampang masih lebih besar dibandingkan beban yang bekerja. Pemeriksaan lendutan juga menunjukkan seluruh pelat memenuhi batas lendutan, sehingga struktur pelat lantai dinyatakan aman.

Tabel 8. Pelat Tangga

Pelat	Tebal (mm)	f`c MPa	fy MPa	As perlu (mm^2)	Tulangan terpasang (mm)	As terpasang (mm)	Rasio Lentur Mu/ϕMn	Rasio Geser Vu/ϕVu	Lendutan Δ<Δizin	Status
Tangga	150	22	280	459	Ø13 - 120	1062	0,530	0,207	0,593	Aman

Berdasarkan Tabel 8, pelat tangga memiliki rasio lentur sebesar 0,530 dan rasio geser sebesar 0,207. Nilai lendutan sebesar 0,593 masih berada di bawah izin lendutan sehingga elemen tangga memenuhi persyaratan kekuatan dan kemampuan layan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Faradiela dkk. [14]

Tabel 9. Balok

Elemen	Dimensi (cm)	f`c (MPa)	fy (MPa)	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Sengkang
Balok 1	30 x 60	22	420	7D19	4D19	Ø10 - 100
Balok 2	25 x 45	22	420	5D19	3D19	Ø10 - 100
Balok 3	20 x 35	22	420	3D19	2D19	Ø10 - 100
Balok 4	15 x 25	22	420	3D12	2D12	Ø10 - 100

Tabel 9. Balok (lanjutan)

Elemen	Dimensi (cm)	Mu (kN)	Vu (kN)	ϕ.Mn (kN)	ϕ.Vn (kN)	Rasio Lentur	Rasio Geser	Status
Balok 1	30 x 60	314,006	112,403	357,379	164,871	0,879	0,682	Aman
Balok 2	25 x 45	151,018	41,020	180,550	72,830	0,836	0,563	Aman
Balok 3	20 x 35	65,434	29,271	180,550	48,365	0,362	0,605	Aman
Balok 4	15 x 25	17,652	8,639	23,170	18,456	0,762	0,468	Aman

Tabel 9 menunjukkan bahwa seluruh balok memiliki rasio ketahanan antara 0,362–0,879 dan rasio geser sebesar 0,468–0,682. Seluruh rasio lebih kecil dari 1,00 sehingga kapasitas lentur maupun geser balok masih mampu menahan gaya dalam akibat kombinasi pembebanan. Dengan demikian, dimensi penampang dan tulangan yang digunakan telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019.

Tabel 10. Kolom

Elemen	Dimensi (cm)	f'c (MPa)	fy (MPa)	Tulangan	Sengkang
Kolom 1	50 x 50	22	420	5D19	Ø10 - 100
Kolom 2	30 x 30	22	420	3D19	Ø10 - 100

Tabel 10. Kolom (lanjutan)

Elemen	Pu kNm	Mu kNm	Vu kNm	ϕ.Pn kNm	ϕ.Mn kNm	ϕ.Vn kNm	Rasio PM	Rasio Geser	Status
Kolom 1	913,305	435,057	105,015	3073,703	8934,302	195,251	0,346	0,538	Aman
Kolom 2	399,502	58,138	12,871	1194,644	11366,423	51,016	0,340	0,252	Aman

Berdasarkan Tabel 10, rasio interaksi tekan-lentur kolom berada pada rentang 0,340–0,346, sedangkan rasio geser berkisar antara 0,252–0,538. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas kolom masih lebih besar dibandingkan beban aksial, momen, dan gaya geser yang bekerja sehingga kolom dinyatakan aman. Temuan ini konsisten dengan penelitian Agussalim dkk. [13].

Tabel 11. Struktur Rangka Baja

Elemen Baja	Profil	Rasio Lentur Mu/ϕMn	Rasio Geser Vu/ϕVu	Rasio Tekan Pu/ϕPu	Stabilitas	Lendutan izin Δizin	Lendutan Δ<Δizin	Status
Gording	CNP 150.65.20.3,2	0,397	0,090	-	0,014	1,67	0,505	Aman
Kuda-Kuda	IWF 250.125.6.9	0,008	0,118	-	0,913	7,50	1,401	Aman
Kolom	IWF 250.125.6.9	0,932	0,690	0,005	0,093		-	Aman

Hasil evaluasi struktur atap baja pada Tabel 11 menunjukkan bahwa seluruh elemen memenuhi persyaratan kuat lentur, kuat geser, stabilitas, dan lendutan sesuai SNI 1729:2020. Nilai rasio seluruh elemen berada di bawah 1,00, sedangkan lendutan gording sebesar 0,505 cm masih lebih kecil dibandingkan izin lendutan sebesar 1,667 cm. Dengan demikian, struktur atap baja memiliki kapasitas yang mampu menahan terhadap rencana pembebanan.

Tabel 12. Sambungan Baut

Elemen	Mutu Baut	fy Mpa	fu Mpa	Geser Ruv/ϕRnv	Tarik tu/ϕRnt	Status
Sambungan baut	A325	240	370	0,132	0,090	Aman

Berdasarkan Tabel 12, rasio geser sambungan baut sebesar 0,132 dan rasio tarik sebesar 0,090. Kedua nilai tersebut berada di bawah batas maksimum sehingga sambungan baut memenuhi persyaratan kekuatan menurut SNI 1729:2020. Hasil ini sejalan dengan penelitian Darmiyanti dkk. [15].

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelat, tangga, balok, kolom, struktur atap baja, dan sambungan baut memiliki rasio kapasitas di bawah batas yang dipersyaratkan sehingga memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020. Meskipun pada evaluasi respon struktur masih ditemukan simpangan antar lantai arah Y pada lantai 2 yang sedikit melampaui batas izin, kapasitas masing-masing elemen struktur masih mampu menahan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa yang diterapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum struktur memiliki tingkat keamanan yang baik terhadap pembebanan rencana, namun evaluasi lebih terhadap distribusi kekakuan arah Y tetap diperlukan untuk meningkatkan kinerja seismik bangunan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Statik Ekuivalen sesuai SNI 1726:2019, dapat disimpulkan bahwa parameter gempa rencana dan karakteristik Gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Karang Kadempel telah memenuhi ketentuan perencanaan, yang ditunjukkan oleh nilai periode fundamental struktur yang masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan. Distribusi gaya gempa pada setiap lantai juga telah mengikuti ketentuan SNI 1726:2019, di mana gaya lateral meningkat seiring bertambahnya berat seismik dan elevasi bangunan.

Evaluasi kapasitas elemen struktur menunjukkan bahwa pelat, tangga, balok, kolom, struktur atap baja, dan sambungan baut memiliki rasio kapasitas di bawah batas yang dipersyaratkan, sehingga memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 1729:2020 dalam aspek kekuatan, geser, stabilitas, dan lendutan. Namun, hasil evaluasi simpangan antar lantai (*story drift*) menunjukkan bahwa masih terdapat satu lantai pada arah Y yang sedikit melampaui batas simpangan yang diizinkan menurut SNI 1726:2019. Oleh karena itu, meskipun kapasitas elemen struktur secara umum telah memenuhi persyaratan desain, diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap distribusi kekakuan struktur pada arah tersebut untuk meningkatkan kinerja seismik bangunan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa metode Statik Ekuivalen berbasis SNI 1726:2019 dapat digunakan untuk mengevaluasi respons seismik dan kapasitas elemen struktur secara komprehensif, sehingga hasil analisis dapat menjadi dasar dalam penilaian keamanan struktur gedung terhadap pembebanan gravitasi dan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Karyanto, D. Rosidi, and P. Pudjisuryadi, “Seismic Responses of Concrete Building Subjected to Out-of-phase Ground Motions,” *Civil Engineering Dimension*, vol. 25, no. 2, pp. 96–105, 2023, doi: 10.9744/ced.25.2.96-105.

[2] F. R. Santana, G. S. Budi, and M. Yusuf, “Seismic Performance Evaluation of an Eight-Story Reinforced Concrete Apartment Building with Special Moment-Resisting Frame in Kubu Raya Regency,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 26, no. 1, pp. 2631–2649, 2026, doi: 10.26418/jts.v26i1.97408.

[3] M. H. Prayoga, I. B. P. Bhisama, and P. A. Yasa, “Comparative analysis of the behavior of reinforced concrete buildings using static equivalent, response spectrum, and time history methods,” *Priviet Social Sciences Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 615–626, 2026, doi: 10.55942/pssj.v6i2.1616.

[4] P. A. H. Pham, T. P. Nguyen, and N. H. Nguyen, “Stiffness Degradation Effects on Seismic Behavior of RC Frame Structures,” *Civil Engineering Journal (Iran)*, vol. 12, no. 2, pp. 609–626, 2026, doi: 10.28991/CEJ-2026-012-02-011.

[5] M. Hilmi, Erizal, and J. Febrita, “Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019,” *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 6, no. 3, pp. 143–158, 2021, doi: 10.29244/jsil.6.3.143-158.

[6] R. Andika and T. Roesdiana, “Interpretation of SAP2000 Analysis Results Using the Design Response Spectrum Method in Earthquake Resistance in the Structural Performance of High-Story Buildings According to SNI 1726:2019,” *Journal of World Science*, vol. 4, no. 2, pp. 196–213, 2025, doi: 10.58344/jws.v4i2.1294.

[7] F. Felny, “Structural Performance Analysis of The BPJN Bengkulu Office Building Using The Response Spectrum Method Based on SNI 1726:2019,” *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 6, no. 2, pp. 188–199, 2025, doi: 10.37253/jcep.v6i2.11292.

[8] P. Jaya, Y. Defiana, and T. Martha, “Analisis Respons Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dengan Gempa Dinamik Respons Spektrum Menggunakan Sap2000,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 99–106, 2025, doi: 10.25157/jiteks.v2i2.5375.

[9] J. Panjaitan, "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*, vol. 23, no. 2, p. 127, 2025, doi: 10.12962/j2579-891x.v23i2.22089.

[10] Raihan Daffa Hukama and Erizal, "Analisis Kekuatan Struktur Pada Bangunan 8 Lantai Berdasarkan Respon Spektrum SNI 03-1726-2019 Menggunakan SAP2000," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 8, no. 03, pp. 127–136, 2023, doi: 10.29244/jsil.8.03.127-136.

[11] R. Suwondo, M. Keintjem, M. Suangga, and M. S. Alama, "Comparative Seismic Analysis of Multi-Story RC Buildings under the Indonesian Seismic Code Using Static Equivalent and Response Spectrum Methods," *Engineering, Technology and Applied Science Research*, vol. 15, no. 5, pp. 26317–26322, 2025, doi: 10.48084/etasr.11865.

[12] A. Sobah, N. Sodik, and R. Andayani, "Desain Struktur Rangka Momen Beton," vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2021.

[13] A. M. Agussalim, I. A. AL Kahfi, and E. Darma, "Perencanaan Struktur Balok Bangunan 6 Lantai Di Jln . Cut Meutia Bekasi," *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, vol. 05, no. 02, pp. 119–133, 2023.

[14] M. Faradiela, S. Darham, A. Nurdin, and D. Khairinnisa, "Perencanaan Struktur Atas Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Jambi," vol. 02, no. 1, pp. 163–171, 2025.

[15] L. Darmiyanti, A. P. Rodji, and A. Mumtaz, "Perencanaan Struktur Atap Frofil Baja Wf," *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, vol. 4, no. 02, pp. 99–121, 2022, doi: 10.47080/josce.v4i02.2258.