

Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi kasus: Gedung MAN Insan Cendikia, Serpong)

Arie Dwie Restiawan ¹⁾

Bayzoni ²⁾

Hasti Riakara Husni ²⁾

Mohd Isneini ²⁾

Abstract

Indonesia is a region that is at risk of earthquakes. The impact of an earthquake is bad for the building structure, not only causing damage to the building, but also can cause the building to collapse. Therefore, to reduce the adverse effects obtained from earthquakes, it is necessary to design and evaluate the strength of building structures with resistance to earthquake loads. The method used in this study is dynamic response spectrum analysis to obtain the magnitude of the earthquake load. Evaluation of the strength of the building structure is carried out using structural analysis software to make it easier to do the analysis. This study aims to determine the ratio of the required strength in conditions without earthquake loads and conditions due to earthquake loads to the designed strength of the structure. Based on the results of this study, it can be concluded that the required strength obtained in conditions without an earthquake load reaches 8.33% to 90.62% of the designed strength, whereas in conditions due to strong earthquake loads the required strength obtained reaches 12.57% to 153.31% of the designed strength.

Keywords: earthquakes, structural strength, dynamic analysis, response spectrum.

Abstrak

Indonesia merupakan wilayah yang riskan terjadinya bencana gempa bumi. Dampak yang diberikan gempa bumi berakibat buruk bagi struktur gedung, tidak hanya mengakibatkan kerusakan pada gedung, tetapi dapat menyebabkan gedung tersebut mengalami keruntuhan. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak buruk yang diperoleh dari gempa bumi dibutuhkan perencanaan dan evaluasi kekuatan struktur gedung dengan ketahanan terhadap beban gempa. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis dinamik respon spektrum untuk mendapatkan besaran beban gempa. Evaluasi kekuatan struktur gedung yang dilakukan menggunakan *software* analisis struktur untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan yang diperlukan pada kondisi tanpa beban gempa dan kondisi akibat beban gempa terhadap kekuatan yang direncanakan pada struktur. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kuat perlu yang diperoleh kondisi tanpa beban gempa mencapai 8,33 % s.d 90,62% kekuatan yang direncanakan, sedangkan pada kondisi akibat beban gempa kuat perlu yang diperoleh mencapai 12,57% s.d 153,31% kekuatan yang direncanakan.

Kata kunci: gempa, kekuatan struktur, analisis dinamik, respon spektrum.

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: ariedwie17@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah fenomena bergetarnya permukaan bumi akibat pergerakan lempengan kerak bumi. Pergerakan lempengan kerak bumi ini menghasilkan energi yang dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Wilayah Indonesia merupakan negara yang wilayahnya riskan terjadi gempa bumi. Tingginya risiko gempa bumi dikarenakan letak geografis Indonesia yang dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng IndoAustralia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia.

Dengan adanya kejadian gempa bumi di Indonesia, tidak sedikit dari gempa tersebut yang merusak pada infrastruktur dan bangunan, khususnya pada gedung yang bertingkat tinggi. Hal ini gempa yang menyebabkan terjadinya getaran, tidak dapat ditahan oleh struktur gedung. Oleh karena itu, pengaruh gempa harus ditinjau dalam struktur gedung untuk meminimalkan kerusakan terhadap gedung. Dalam hal ini, perencanaan dan evaluasi kinerja struktur gedung harus memenuhi persyaratan gedung tahan gempa, sehingga gedung aman akibat pengaruh gempa.

Evaluasi kekuatan gedung menggunakan metode analisis dinamik respon spektrum berguna untuk menganalisis perilaku gempa terhadap struktur gedung dan dapat memberikan informasi sejauh mana gempa akan mempengaruhi struktur gedung, sehingga dapat meminimalisir risiko terjadinya kegagalan pada struktur akibat beban gempa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Gempa bumi adalah getaran yang bersumber dari dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat lempengan bumi pecah dan bergeser dengan keras. Penyebab gempa bumi dapat terjadi karena pergeseran lempengan bumi (tektonik), aktivitas gunung api, jatuhnya meteor, tanah longsor, dan ledakan bom nuklir di bawah permukaan (Nur, 2010).

2.2. Sistem Struktur

Dalam menahan gaya lateral akibat beban gempa, sistem struktur ditentukan berdasarkan kategori desain seismik dan ketinggian struktur. Adapun jenis sistem struktur berdasarkan SNI 1726-2019 yaitu: (1) Sistem dinding penumpu; (2) Sistem rangka gedung; (3) Sistem rangka pemikul momen; (4) Sistem ganda; (5) Sistem struktur gedung kolom kantilever

2.3. Elemen Struktur

Suatu bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur yang berfungsi untuk memikul beban-beban yang bekerja pada bangunan. Elemen struktur gedung tersebut terbagi menjadi struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*lower structure*). Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan yang berada di atas muka tanah yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat, sedangkan struktur bawah merupakan bagian struktur yang tertutup tanah, berupa pondasi atau dinding penahan tanah.

2.4. Pembebanan Struktur

Beban yang berkerja pada struktur berupa beban mati yang terdiri dari beban mati sendiri (*Dead Load*) dan beban mati tambahan (*Super Dead Load*), beban hidup (*Live Load*), dan beban gempa. Ketentuan pembebanan mengacu pada SNI 1727-2020.

2.5. Analisis Dinamik

Analisis dinamik merupakan analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi dua metode, yaitu analisis dinamik respon spektrum dan analisis dinamik riwayat waktu.

2.6. Ketentuan Struktur Terhadap Pengaruh Gempa

2.6.1. Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 3, untuk kategori risiko struktur bangunan gedung pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa (I_e) yang diperoleh berdasarkan kategori risiko daerah yang akan dianalisis dan ditentukan pada SNI 1726-2019 Tabel 4.

2.6.2. Klasifikasi Situs

Dalam penentuan kategori desain seismik sebuah bangunan, maka harus menentukan klasifikasi situs terlebih dahulu. Pengklasifikasian situs ditentukan pada SNI 1726-2019 Tabel 5.

2.6.3. Koefisien Situs

Menurut SNI 1726-2019 Pasal 6.2, parameter respon spektrum percepatan periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) disesuaikan dengan kelas situs. Nilai koefisien situs merujuk pada SNI 1726-2019 Tabel 6 dan Tabel 7.

2.6.4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain terdiri dari parameter percepatan spektral desain periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1) sesuai (SNI 1726, 2019) Pasal 6.1.2 dan mengacu pada peta wilayah gempa. Percepatan spektral desain digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap risiko gempa bumi.

2.6.5. Spektrum Respon Desain

Grafik respon spektrum desain berupa hubungan antara respon spektra percepatan (S_a) dan periode (T) yang mengacu pada (SNI 1726, 2019) Pasal 6.4.

2.6.6. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan berdasarkan kategori desain seismik menurut SNI 1726-2019 Pasal 6.5. Penetapan kategori desain seismik ditentukan berdasarkan kategori risiko dan parameter respon spektrum percepatan desain ditentukan dalam SNI 1726-2019 Tabel 8 dan Tabel 9.

2.7. Pemeriksaan Dinamis Struktur

Hasil dari analisis struktur yang harus diperiksa terhadap batasan-batasan tertentu sesuai SNI 1726-2019 meliputi: (1) Pemeriksaan periode fundamental gedung; (2) Pemeriksaan rasio partisipasi massa; (3) Pemeriksaan gaya geser dasar; (4) Pemeriksaan simpangan antar tingkat.

2.8. Evaluasi Kekuatan Struktur

Berdasarkan (SNI 2847, 2019), kekuatan desain pada semua penampang harus memenuhi $\phi S_n \geq U$, meliputi momen nominal, geser nominal, aksial nominal, dan torsi nominal. Evaluasi kekuatan struktur dilakukan untuk mengetahui ketahanan struktur bangunan terhadap beban yang bekerja pada struktur tersebut.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Adapun objek penelitian Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN Insan Cendikia yang berkoordinat 6 19'33''LS, 106 50'42''BT dan berada di BSD Sektor XI Jl. Cendikia, Ciater, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten.

3.2. Data Penelitian

Data umum penelitian yang digunakan yaitu:

Nama gedung	: Gedung Laboratorium Olimpiade Sains Terpadu MAN IC
Fungsi	: Gedung Sekolah
Jenis tanah	: Tanah Sedang
Luas bangunan	: $\pm 963,56 \text{ m}^2$
Tinggi bangunan	: 17,3 m
Jumlah lantai	: 4 lantai
Material struktur	: Beton bertulang
Sistem struktur	: Sistem rangka pemikul momen

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan beberapa jurnal serta sumber literatur lainnya.

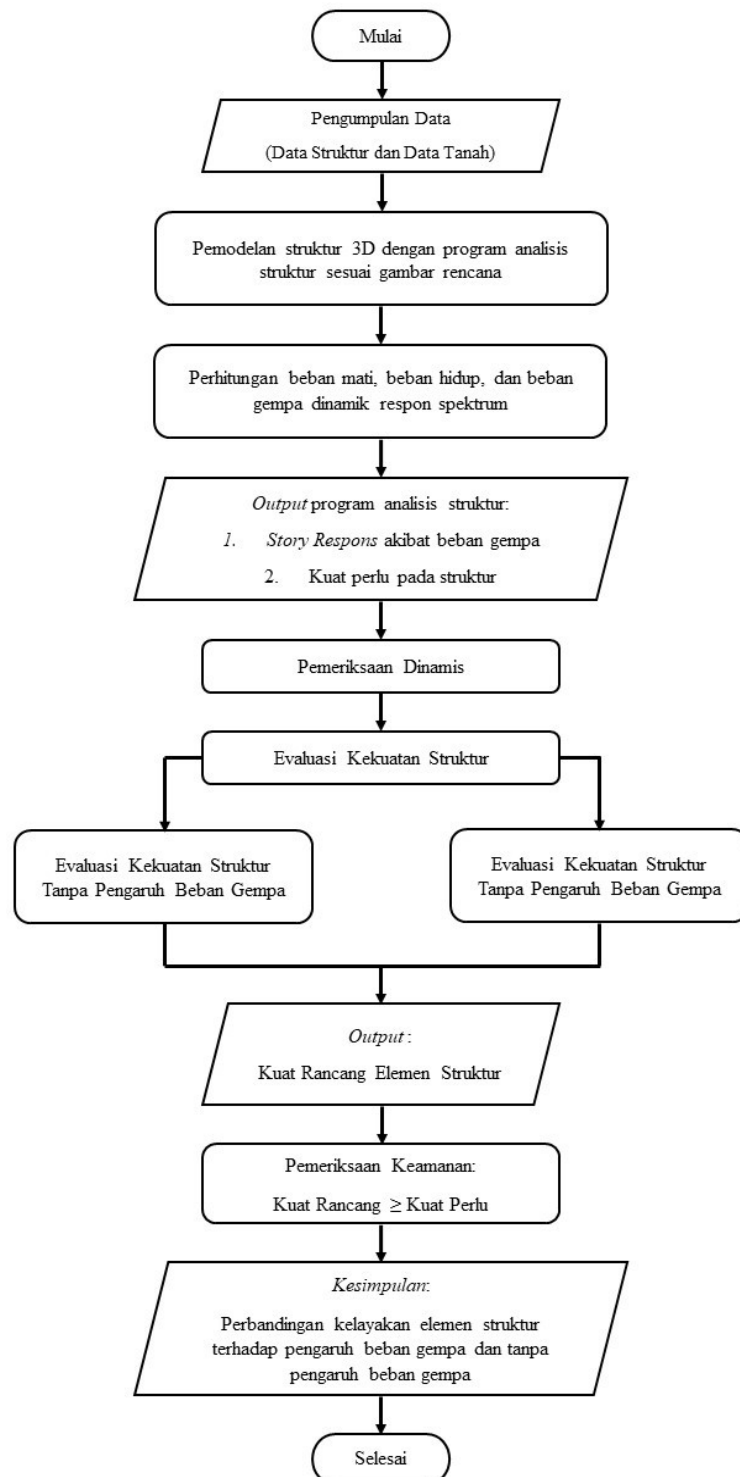
3.3.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data gambar rencana berupa *As Built Drawing* dan data tanah berupa hasil uji sondir.

3.3.3. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan berupa pemodelan struktur, perhitungan pembebanan, analisis respon spektrum, analisis struktur, dan evaluasi kekuatan struktur akibat pengaruh beban gempa dan tanpa beban gempa.

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**4.1. Data Struktur Gedung****4.1.1. Spesifikasi Material**

Mutu beton yang digunakan adalah beton K-300 ($f_c' = 25$ Mpa). Mutu tulangan baja yang digunakan yaitu BJTS 420 Mpa.

4.1.2. Spesifikasi Elemen Struktur

Spesifikasi penulangan pada balok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Penulangan Balok

Tipe Balok	Dimensi (mm)	Letak Atas	Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Tulangan Torsi	
			Tump	Lap	Tump	Lap	Tump	Lap
B1.1	400 x 700	Atas	7D19	4D19	D10-100	D10-150	6D13	6D13
		Bawah	6D19	6D19				
B1.2	400 x 700	Atas	8D19	4D19	D10-100	D10-150	6D13	6D13
		Bawah	6D19	4D19				
B2.1	350 x 600	Atas	4D19	3D19	D10-100	D10-150	4D13	4D13
		Bawah	3D19	4D19				
B2.2	350 x 600	Atas	4D19	4D19	D10-100	D10-150	4D13	4D13
		Bawah	4D19	4D19				
B3.1	300 x 500	Atas	3D19	3D19	D10-100	D10-150	4D13	4D13
		Bawah	3D19	3D19				
B3.2	300 x 500	Atas	5D19	3D19	D10-100	D10-150	4D13	4D13
		Bawah	3D19	5D19				
B4.1	300 x 500	Atas	5D19	3D19	D10-100	D10-150	2D13	2D13
		Bawah	3D19	5D19				
B4.2	300 x 500	Atas	6D19	3D19	D10-100	D10-150	2D13	2D13
		Bawah	3D19	6D19				

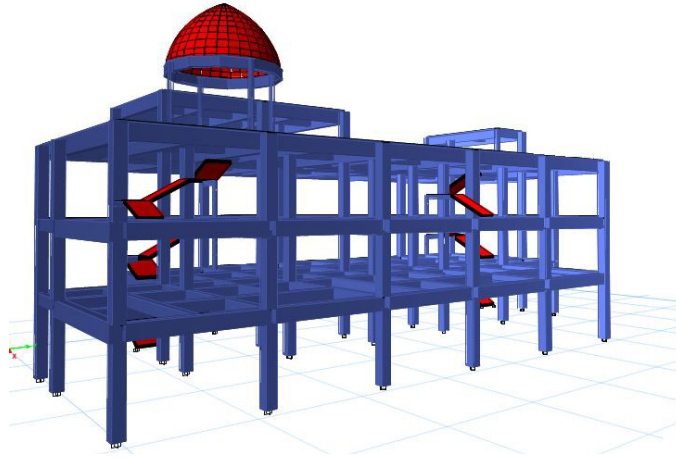
Spesifikasi penulangan pada kolom dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Penulangan Kolom

Tipe Kolom	Ukuran (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Geser	
			Tumpuan	Lapangan
K1	500 x 500	16D22	D10-100	D10-150
K2	300 x 300	8D13	D10-100	D10-150
K3	300 x 300	10D13	D10-100	D10-150

4.2. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan *software* analisis struktur, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Struktur

4.3. Beban Gempa

Beban gempa diperoleh dari perhitungan analisis dinamis dengan data yang didapatkan pada halaman <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2023> dengan rujukan SNI 1926-2019.

Sistem struktur	= sistem rangka
Klasifikasi situs	= tanah sedang (SD)
Kategori risiko bangunan	= IV
Faktor keutamaan	= 1,5
S1	= 0,8912
SS	= 0,4240
Kategori desain seismik (KDS)	= D

4.4. Kombinasi Pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan merujuk pada SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2, yaitu sebagai berikut:

- (1) 1,4D
- (2) 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
- (3) 1,2D ± 1,0E + 1,0L
- (4) 0,9D ± 1,0E

4.5. Analisis Struktur

4.5.1. Gaya Dalam pada Balok

Gaya dalam yang diperoleh akibat dari pembebanan struktur berupa momen lentur maksimum dan minimum pada daerah tumpuan dan lapangan. Momen lentur yang didapatkan berdasarkan tipe balok dengan nilai momen terbesar, yaitu tipe balok B1.2. Adapun nilai momen lentur maksimum dan minimum pada daerah tumpuan dan lapangan tipe balok B1.2 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Gaya Dalam Struktur Balok

Pembebanan	Mu (kN.m)			
	Tump (-)	Tump (+)	Lap (-)	Lap (+)
Tanpa pengaruh beban gempa	-295.5461	58.4025	-21.2477	268.9270
Pengaruh beban gempa	-452.2621	178.2631	-108.3600	306.3365
Pembesaran	1.53	3.05	5.09	1.13

Perbandingan nilai momen lentur maksimum dan minimum pada daerah tumpuan dan lapangan kondisi tanpa beban gempa dengan kondisi akibat beban gempa terjadi pembesaran 1,13 s.d 5,09 kali lipat.

4.5.2. Gaya Dalam pada Kolom

Gaya dalam yang diperoleh berupa nilai maksimum dan minimum beban aksial dan momen lentur arah X dan arah Y akibat pembebanan pada struktur kolom. Tipe kolom yang mendapatkan nilai gaya dalam terbesar akibat pembeban struktur, yaitu tipe kolom K1. Adapun nilai maksimum dan minimum gaya dalam pada tipe kolom K1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Gaya Dalam Kolom Tanpa Beban Gempa

Pembebanan	Kondisi	P (kN)	M2 (kN.m)	M3 (kN.m)
Tanpa pengaruh beban gempa	P max	-49.0733	35.1960	5.9067
	P min	-1540.4407	2.4848	50.0271
	M2 Max	-350.6514	88.4833	68.2958
	M2 Min	-330.8812	-123.1313	-55.8469
	M3 Max	-883.8780	0.4494	186.5855
	M3 Min	-352.8286	-1.6850	-225.1230
Pengaruh beban gempa	P max	173.6942	-28.1272	7.4076
	P min	-1627.6254	226.9081	113.3628
	M2 Max	167.2166	370.5766	93.1393
	M2 Min	-1424.3728	-384.6839	-181.6095
	M3 Max	-1198.9549	40.8935	350.8564
	M3 Min	-1070.8251	135.705	-380.351

4.6. Pemeriksaan Respon Dinamis Struktur

Pemeriksaan respon dinamis struktur harus dilakukan sesuai batasan yang terdapat pada SNI 1726-2019. Pemeriksaan dilakukan secara manual terhadap analisis gempa respon spektrum yang dilakukan oleh *software* analisis struktur. Kontrol respon dinamis struktur yang dilakukan meliputi:

1. Pemeriksaan rasio partisipasi massa

Berdasarkan hasil analisis struktur didapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi telah mencapai 100% dari arah X maupun arah Y pada mode 194.

2. Pemeriksaan periode Fundamental
Nilai periode fundamental struktur yang digunakan yaitu $T_x = 0,655$ detik dan $T_y = 0,686$ detik.
3. Pemeriksaan gaya geser dasar
 $V_{dinamik} \geq V_{statik}$, sehingga gaya geser dasar dinamik sudah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019.
4. Pemeriksaan simpangan antar tingkat
Nilai simpangan antar tingkat yang diperoleh pada struktur baik dari arah x maupun dari arah y sudah memenuhi batas izin sesuai dengan ketentuan SNI 1726- 2019), sehingga respon dinamis terhadap simpangan antar lantai struktur gedung sudah memenuhi syarat kelayakan gedung tahan gempa.

4.7. Evaluasi Kekuatan Struktur

4.7.1. Evaluasi Kekuatan Struktur Balok

evaluasi yang dilakukan pada struktur balok, yaitu pemeriksaan kuat rencana terhadap kuat perlu yang diperoleh dari hasil pembebanan pada kondisi tanpa pengaruh beban gempa dan kondisi pengaruh beban gempa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pemeriksaan Kuat Perlu Terhadap Kuat Rencana Struktur Balok

Pembebanan	Lokasi	Mu (kN.m)	Mn (kN.m)	Mu / Mn	Ket
Tanpa pengaruh beban gempa	Tumpuan Atas	295.5461	487.4416	60.63%	OK
	Tumpuan Bawah	58.4025	370.9830	15.74%	OK
	Lapangan Atas	21.2477	252.9620	8.40%	OK
	Lapangan Bawah	268.9270	490.9506	54.78%	OK
Pengaruh beban gempa	Tumpuan Atas	452.2621	487.4416	92.78%	OK
	Tumpuan Bawah	178.2631	370.9830	48.05%	OK
	Lapangan Atas	108.3600	252.9620	42.84%	OK
	Lapangan Bawah	306.3365	490.9506	62.40%	OK

Berdasarkan pemeriksaan momen lentur pada kondisi tanpa beban gempa, kuat perlu yang diperoleh mencapai 8,40% s.d 60.63% kuat rencana. Sedangkan pada kondisi beban gempa kuat perlu yang diperoleh mencapai 42.84% s.d 92.78% kekuatan yang direncanakan.

4.7.2. Evaluasi Kekuatan Struktur Kolom

Evaluasi struktur kolom yang dilakukan yaitu pemeriksaan beban aksial dan kuat nominal kolom terhadap kuat perlu akibat pembebanan dengan bantuan *software SPColumn*. Adapun hasil pemeriksaan kuat rencana terhadap kuat perlu tipe kolom K1 dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Pemeriksaan Kuat Perlu Kondisi Tanpa Beban Gempa Terhadap Kuat Rencana

No.	P_u (kN)	M_{ux} (kN.m)	M_{uy} (kN.m)	ϕP_n (kN)	ϕM_{nx} (kN.m)	ϕM_{ny} (kN.m)	$P_u / \phi P_n$	$M_u / \phi M_{nx}$	Ket
1.	49.07	35.2	5.91	124.12	422.37	70.88	39.53%	8.33%	OK
2.	1540.44	2.48	50.03	4046.73	2.85	55.21	38.07%	90.62%	OK
3.	350.65	88.48	68.3	1342.03	280.09	216.19	26.13%	31.59%	OK
4.	330.88	123.13	55.85	1445.26	332.35	150.74	22.89%	37.05%	OK
5.	883.88	0.45	186.59	1709.69	1,00	415.14	51.70%	44.95%	OK
6.	352.83	1.68	225.12	429.98	3.27	436.67	82.06%	51.55%	OK

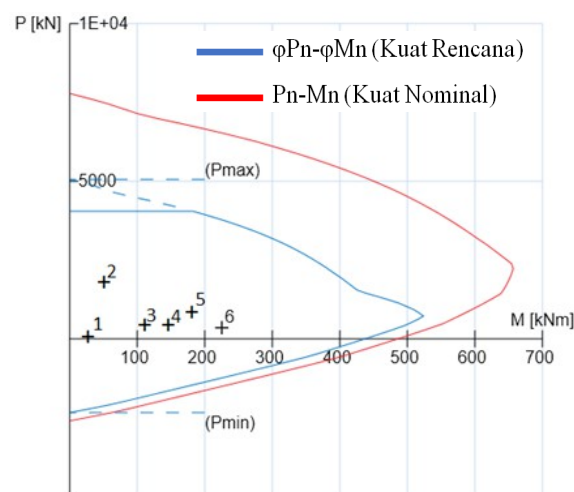
Hasil evaluasi kolom kondisi tanpa beban gempa, diperoleh kuat perlu mencapai 8,33% s.d 90,62% dari kuat rencana.

Tabel 7. Pemeriksaan Kuat Perlu Kondisi Beban Gempa Terhadap Kuat Rencana

No.	P_u (kN)	M_{ux} (kN.m)	M_{uy} (kN.m)	ϕP_n (kN)	ϕM_{nx} (kN.m)	ϕM_{ny} (kN.m)	$P_u / \phi P_n$	$M_u / \phi M_{nx}$	Ket
1.	173.69	28.13	7.41	1224.12	223.75	58.93	14.19%	12.57%	OK
2.	1627.63	226.91	113.36	1912.59	313.11	156.43	85.10%	72.47%	OK
3.	167.22	370.58	93.14	218.24	384.11	96.54	76.62%	96.48%	OK
4.	1424.37	499.68	181.61	929.1	385.07	139.95	153.31%	129.76%	NOT OK
5.	1198.95	40.89	350.86	1548.49	46.67	400.40	77.43%	87.63%	OK
6.	1070.83	135.71	392.35	1029.98	133.02	384.59	103.97%	102.02%	NOT OK

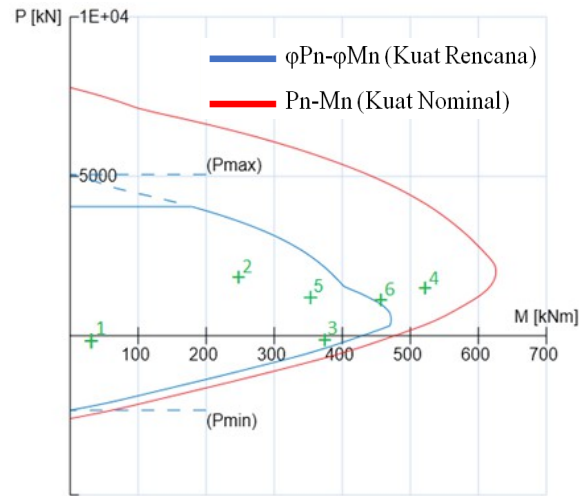
Hasil evaluasi kolom kondisi pengaruh beban gempa, diperoleh kuat perlu mencapai 12,57% s.d 153,31% dari kuat rencana.

Hasil evaluasi kekuatan struktur pada kolom berupa diagram interaksi antara beban aksial dengan momen (P-M) pada kolom K1 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Interaksi Kolom Kondisi Tanpa Beban Gempa

Berdasarkan diagram interaksi kolom K1, dapat dilihat semua kombinasi beban aksial dengan momen lentur kondisi tanpa pengaruh beban gempa berada didalam kurva kuat rencana.



Gambar 4. Diagram Interaksi Kolom Kondisi Beban Gempa

Berdasarkan diagram interaksi kolom K1 kondisi pengaruh beban gempa, dapat dilihat kombinasi 4 dan kombinasi 6 berada diluar kurva kuat rencana.

4.8. Perbandingan dengan Penelitian Lain

Pada penelitian (Zulfa dkk, 2022) dengan studi kasus pada Rumah Susun Universitas Lampung yang merupakan gedung bertingkat 3 lantai dengan 1 lantai dak dan 1 lantai atap, diperoleh nilai faktor keutamaan gempa sebesar 1,5 dengan kategori risiko IV dan termasuk dalam kelas situs SC (tanah keras). Setelah dilakukan evaluasi struktur dalam kondisi tanpa beban gempa dan kondisi akibat beban gempa, diperoleh perbandingan kuat perlu dengan kuat rancang pada struktur balok.

Pada evaluasi balok kondisi tanpa beban gempa, diperoleh kuat perlu mencapai 3,96% s.d 25.52% dari kuat rencana. Sedangkan pada kondisi pengaruh beban gempa, kuat perlu yang diperoleh mencapai 16,28% s.d 35.77% dari kekuatan yang direncanakan.

Hasil evaluasi kolom kondisi tanpa beban gempa, diperoleh kuat perlu mencapai 17,93% s.d 23,02% dari kuat rencana. Sedangkan pada kondisi pengaruh beban gempa, kuat perlu yang diperoleh mencapai 27,96% s.d 32,87% dari kekuatan yang direncanakan.

Untuk hasil evaluasi kekuatan struktur, terdapat kesamaan antara penelitian ini dengan penelitian (Zulfa dkk, 2021), yaitu kuat perlu pada kondisi beban gempa lebih besar dari pada kondisi tanpa beban gempa.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan pemeriksaan respon dinamis struktur akibat beban gempa, diperoleh bahwa struktur tidak melebihi batas izin yang ditentukan pada peraturan SNI 1726-2019.

2. Hasil evaluasi struktur balok pada kondisi tanpa beban gempa, kuat perlu yang diperoleh mencapai 8,40% s.d 60,63% kekuatan yang direncanakan. Sedangkan pada kondisi beban gempa kuat perlu yang diperoleh mencapai 42,84% s.d 92,78% kekuatan yang direncanakan. Maka dari hasil evaluasi, struktur balok dikategorikan aman digunakan, baik kondisi tanpa beban gempa, maupun kondisi beban gempa.
3. Evaluasi struktur kolom pada kondisi tanpa beban gempa, kuat perlu yang diperoleh mencapai 8,33% s.d 90,62% kekuatan yang direncanakan. Sedangkan pada kondisi beban gempa kuat perlu yang diperoleh mencapai 12,57% s.d 153,31% kekuatan yang direncanakan. Dari hasil evaluasi, struktur kolom kondisi tanpa beban gempa dikategorikan aman digunakan, sedangkan kondisi akibat beban gempa tidak aman digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nur, A.M. 2010. Gempa Bumi, Tsunami, Dan Mitigasinya. *Jurnal Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 7 (1).
- SNI 1726, 2019. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. *Badan Standarisasi Nasional* 1727:2020, (8), 254
- SNI 1727, 2020. SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Badan Standarisasi Nasional* 1727:2020, (8), 1–336.
- SNI 2847, 2019. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional*, (8), 720.
- Zulfa dkk, 2022. Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Rumah Susun Universitas Lampung), 10 (4), 575-590.