

Analisis Struktur Gedung Perpustakaan terhadap Gaya Gempa di Kota Sungai Penuh

Anisa Nafail Adilah, Suhendra*, Wari Dony, Ria Zulfiati

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, Jambi, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Analisis Struktur, Gaya Gempa, Gedung Bertingkat, Beban Statik, Respons Spektrum

***Correspondence email:**

Suhendra@unbari.ac.id

Submitted: 02 November 2025

Revised: 30 Januari 2026

Accepted: 31 Januari 2026

Published: 06 Februari 2026

ABSTRAK

Kawasan kerinci dan kota Sungai penuh merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa karena terletak dekat dengan pertemuan lempeng aktif Sumatra dan berada di lintasan api aktif dunia. Tentunya menjadi pertimbangan dalam pengembangan analisis dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Penelitian ini akan menganalisis Gedung bertingkat 4 lantai yang difungsikan sebagai Gedung Perpustakaan menggunakan metode Dinamik Respons Spektrum. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis struktur gedung tahan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019. Analisis ini menggunakan bantuan program ETABS. Hasil penelitian menyatakan struktur telah memenuhi kriteria partisipasi massa dan gaya geser dasar sesuai dengan SNI 1726:2019, namun tidak memenuhi syarat kelayakan sebagai bangunan tahan gempa akibat ketidakberaturan horizontal tipe 1b serta terjadinya ketidakberaturan horizontal sudut dalam dan diskontinuitas diafragma selain itu struktur juga mengalami ketidakberaturan vertikal tipe 1b serta terjadinya pelampauan batas simpangan antar lantai pada beberapa tingkat. Pengaruh P-Delta diabaikan dikarenakan koefisien batas tiap lantai kurang dari 0,10.

ABSTRACT

Keywords:

Structural Analysis, Earthquake Force, High-rise Buildings, Static Loads, Spectrum Response

The Kerinci area and the city of Sungai Penuh are one of the areas prone to earthquakes because they are located close to the confluence of the active tectonic plate of Sumatra and are on the path of the world's active fires. Of course, it is a consideration in the development of analysis in the planning of earthquake-resistant buildings. This study will analyze a 4-storey building that functions as a Library Building using the Spectrum Response Dynamics method. The purpose of this study is to analyze the structure of earthquake-resistant buildings in accordance with SNI 1726:2019. This analysis uses the ETABS program supplements. The results of the study stated that the structure had met the criteria for mass participation and basic shear force in accordance with SNI 1726:2019, but did not meet the eligibility requirements as an earthquake-resistant building due to horizontal irregularities and vertical irregularities as well as the exceedance of the intersection boundary between floors at several levels. The effect of P-Delta is negligible because the boundary coefficient of each floor is less than 0.10

PENDAHULUAN

Kota Sungai penuh dan kabupaten kerinci merupakan salah satu wilayah yang rawan gempa karena terletak di posisi yang strategis dekat dengan pertemuan lempeng aktif Sumatra. Disamping itu, kawasan ini berada di lintasan gunung api aktif dunia yang dikenal sebagai *Ring Of Fire*. Pada tahun 1995 dan 2009 terjadi gempa tektonik pada daerah kabupaten kerinci dan kota Sungai penuh yang menyebabkan banyaknya kerusakan dan kerugian yang fatal pada banyak bangunan.

Kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi tentunya menjadi pertimbangan penting untuk perencanaan suatu konstruksi salah satunya pada gedung bertingkat. Hal yang perlu dipertimbangkan diantaranya pengembangan analisis gempa terhadap struktur untuk mengetahui ketahanan gedung terhadap gempa.

Pada tugas penelitian ini penulis berencana menganalisa kekuatan bangunan akibat gaya gempa menggunakan metode Analisis Respons Spektrum pada Gedung 4 lantai yang difungsikan sebagai Gedung Perpustakaan.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode Dinamik Respons Spektrum dengan bantuan program ETABS. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data dan informasi terkait struktur yang diperlukan untuk pemodelan 3D. Data yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

Jenis Struktur Gedung : Sistem Ganda

Material Utama : Struktur Beton Bertulang

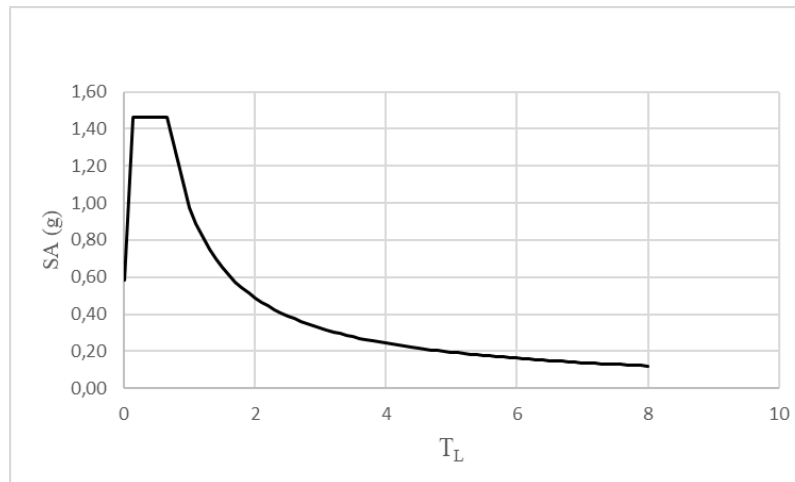
Fungsi bangunan : Perpustakaan
Jumlah Lantai : 4 Lantai
Panjang Bangunan : 27,00 m
Lebar Bangunan : 53,50 m
Tinggi Bangunan : 17,6 mm
Tinggi lantai tipikal : 4,00 m
Tinggi lantai 1 : 5,00 m
Tinggi lantai atap : 0,6 m
Mutu Beton ($f'c$) : 25 MPa
Mutu Baja (f_y) : 390 MPa

Setelah data yang diperoleh sudah memenuhi, selanjutnya dilakukan tahapan analisis sebagai berikut:

1. **Pemodelan 3D**
Pembuatan model struktur bangunan menggunakan bantuan program *ETABS*, dengan memodelkan struktur 3D berdasarkan informasi dan data yang didapatkan.
2. **Perhitungan Pembebanan**
Perhitungan pembebanan struktur menggunakan bantuan program *ETABS* dengan memasukkan beban berupa beban hidup dan beban mati yang mengacu pada SNI 1727:2020 serta beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Untuk beban gempa dianalisis dengan menggunakan metode analisis respon spektrum.
3. **Analisis Struktur**
Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan stabilitas struktur. Hasil analisis berupa respons bangunan terhadap gempa kemudian di analisis untuk memastikan struktur memenuhi syarat dan ketentuan berdasarkan SIN 1726:2019.
4. **Kontrol Struktur**
Kontrol struktur bertujuan untuk mengetahui kelayakan struktur terhadap pengaruh gaya gempa. Dalam hal ini dilakukan pengontrolan struktur sesuai dengan batasan pada SNI 1726:2019 yaitu kontrol rasio partisipasi massa, *base shear*, ketidakberaturan struktur, simpangan antar tingkat (*story drift*) dan pengaruh P-Delta.

HASIL

1. **Pembebanan**
Pembebanan struktur berupa beban gravitasi dan beban gempa kemudian di input pada setiap elemen-elemen struktur:
 - a. **Beban Mati (DL)**
Berat jenis material beton : 2400 kg/m^3
Berat jenis baja tulangan : 7850 kg/m^3
 - b. **Beban mati tambahan (SIDL)**
Spesi : 21 kg/m^2
Pasir : 1600 kg/m^3
Granit : 24 kg/m^2
MEP : 25 kg/m^2
Plafond : 11 kg/m^2
Rangka Plafond : 7 kg/m^2
Waterproofing : 5 kg/m^2
 - c. **Beban Hidup (LL)**
Ruang Kantor : $2,40 \text{ kN/m}^2$
Koridor di atas lantai pertama : $3,83 \text{ kN/m}^2$
Lobi : $4,79 \text{ kN/m}^2$
Ruang Baca : $2,87 \text{ kN/m}^2$
Ruang penyimpanan : $7,18 \text{ kN/m}^2$
Atap : 1 kN/m^2
 - d. **Beban Gempa**
Beban gempa dilakukan dengan perhitungan dinamik menggunakan Analisis Respons Spektra (*Response Spectrum Analysis*) yang dianalisis melalui website resmi rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021, dengan lokasi penelitian sebagai berikut:
Lokasi : Jl. Kapten Muradi, Sungai Liuk, Kec.Pesisir Bukit, Kota sungai Penuh, Jambi.
Koordinat : -2.0342357,101.378108,518
Kategori Risiki : IV
Kelas Situs : SD (Tanah Sedang)



Gambar 3. Grafik Spektral Percepatan

Sumber: Data Olahan, 2025

Diperoleh parameter respons spektral terpetakan sebagai berikut:

$F_{PGA} : 0.8456$
 $S_s : 2,1944$
 $S_1 : 0,8616$
 $T_L : 8$
 $F_a : 1,0$
 $F_v : 1,7$
 $T_0 : 0,1335$
 $T_s : 0,6674$

Dari parameter respons spektral terpetakan diketahui bahwa $S_1 = 0,8616$. Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 6.5 bahwa struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) $\geq 0,75$ maka harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Data Gempa;
 Kategori Risiko : IV
 KDS : F
 $I_e : 1,5$
 $R : 7$
 $\Omega : 2,5$
 $C_d : 5,5$
 $C_t : 0,0488, x = 0,75$
 $C_u : 1,4$

2. Kombinasi Pembebanan

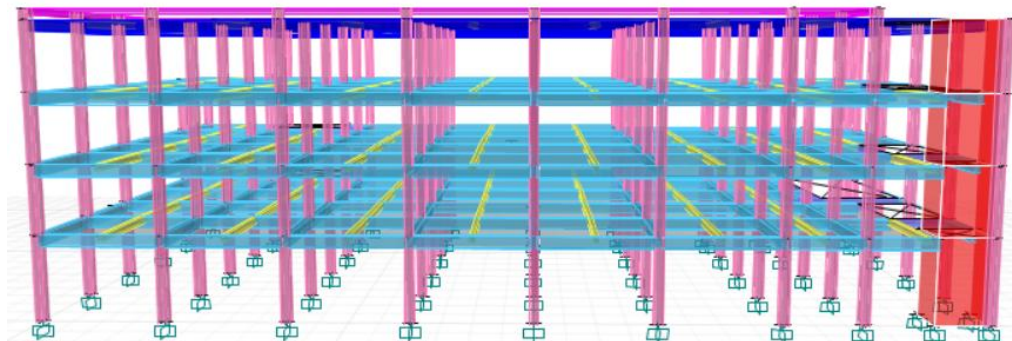
Kombinasi pembebanan yang dilakukan adalah berdasarkan kalkulasi dari beban mati (DL), beban mati tambahan (SDL), beban hidup (LL) dan beban gempa arah-x dan arah-y, serta nilai perkalian antara faktor dan nilai S_{Ds} . Mekanisme perhitungan kombinasi tertera dalam SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 dan pasal 7.4.2 sebagai berikut:

1. 1,4 DL + 1,4 SIDL + 1 DL atap
2. 1,2 DL + 1,2 SIDL + 1 DL atap + 1,6 LL
3. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL + 1,3(0,3Ex + 1Ey)
4. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL - 1,3(0,3Ex + 1Ey)
5. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL + 1,3(0,3Ex - 1Ey)
6. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL - 1,3(0,3Ex - 1Ey)
7. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL + 1,3(1Ex + 0,3Ey)
8. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL - 1,3(1Ex + 0,3Ey)
9. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL + 1,3(1Ex - 0,3Ey)
10. 1,492 DL + 1,492 SIDL + 1 LL - 1,3(1Ex - 0,3Ey)
11. 0,607 DL + 0,607 SIDL + 1,3(0,3Ex + 1Ey)
12. 0,607 DL + 0,607 SIDL - 1,3(0,3Ex + 1Ey)
13. 0,607 DL + 0,607 SIDL + 1,3(0,3Ex - 1Ey)

14. 0,607 DL + 0,607 SIDL – 1,3(0,3Ex - 1Ey)
15. 0,607 DL + 0,697 SIDL + 1,3(1Ex + 0,3Ey)
16. 0,607 DL + 0,607 SIDL – 1,3(1Ex + 0,3Ey)
17. 0,607 DL + 0,607 SIDL + 1,3(1Ex – 0,3Ey)
18. 0,607 DL + 0,607 SIDL – 1,3(1Ex – 0,3Ey)

3. Pemodelan Struktur

Pemodelan Struktur mengacu pada *shop drawing*, pemodelan gedung hanya mencakup bangunan utamanya saja. Struktur ini didesain hanya menggunakan balok induk dan balok anak secara menerus dari lantai bawah hingga lantai teratas.



Gambar 2. Model 3D

Sumber: Data Olahan, 2025

4. Pola Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1. bahwa analisis harus menentukan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Dari hasil analisis ETABS, diperoleh data mengenai ringkasan partisipasi modal massa pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Partisipasi Massa Arah X dan Y

Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
6	0,357	0	0	0	0,8845	0,8981
7	0,301	0	0	0	0,8855	0,8985
8	0,292	0	0	0	0,8856	0,8997
9	0,286	0	0	0	0,8866	0,9453
10	0,279	0	0	0	0,9567	0,9463
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
659	0,011	0	0	0	0,9999	0,9999
660	0,011	0	0	0	0,9999	1
661	0,011	0	0	0	1	1

Sumber: ETABS Tabel Modal participating mass ratios, 2025

Pada tabel 1. Menunjukkan bahwa moda ke-661 telah mencapai partisipasi massa terkombinasi total sebesar 100%, dengan demikian jumlah mode yang digunakan sudah memenuhi ketentuan SNI 1726;2019 pasal 7.9.1.1.

5. Penskalaan Gaya

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1. gaya geser dasar analisis ragam (V_T) tidak boleh kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen. Dari hasil penskalaan gaya yang dihitung dengan menggunakan metode statik ekuivalen diperoleh hasil sebagai berikut:

$$V_{x\text{dinamik}} = 100\%V_{x\text{statik}} = 13118,9316 \text{ kN} = 100\% 13118,2213 \text{ kN}$$

$$V_{y\text{dinamik}} = 100\%V_{y\text{statik}} = 13118,9316 \text{ kN} = 100\% 13118,2213 \text{ kN}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa gaya geser dasar telah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 1726:2019.

Tabel 2. Perhitungan Manual Gaya Geser Tingkat

Tingkat	h_x (m)	W_x (kg)	$W_x \times h_x^k$	$F_x = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum W_x \times h_x^k} \times V$	Q_x
Atap	17,6	108522,2000	2163955,9882	60580,7360	60580,7360
4	17	466232,4000	8966290,6687	251014,5729	311595,3089
3	13	1231408,2000	17899271,1753	501096,6156	812691,9245

Tingkat	h_x (m)	W_x (kg)	$W_x \times h_x^k$	$F_x = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum W_x \times h_x^k} \times V$	Q_x
2	9	1223935,9000	12121025,3467	339332,5192	1152024,4436
1	5	1237037,6000	6634055,0180	185722,7864	1337747,2301
Σ		4267136,3000	47784598,1968	1337747,2301	3674639,6431

Sumber: Data Olahan, 2025

$$\text{Error} = \left(1 - \frac{F_x \text{ Statik ETABS}}{F_x \text{ Statik Manual}}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{1337655,7914}{1337747,2301}\right) \times 100\% = 0,007\%$$

Selisih nilai gaya lateral antara perhitungan manual menggunakan metode statik ekuivalen dengan perhitungan otomatis menggunakan ETABS menunjukkan error yang sangat minim. Sehingga, untuk pemodelan gempa telah memenuhi persyaratan.

6. Ketidakberaturan Horizontal

a. Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b

Tabel 3. Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah X

Lantai	Output Case	Max Drift m	Avg Drift m	Ratio	Status			
					Cek	1a	Cek	1b
Atap	EX	0,00084	0,000681	1,233	<1,2	NO	<1,4	OK
4	EX	0,008469	0,006943	1,22	<1,2	NO	<1,4	OK
3	EX	0,0128	0,010654	1,201	<1,2	NO	<1,4	OK
2	EX	0,018266	0,013721	1,331	<1,2	NO	<1,4	OK
1	EX	0,023314	0,0148	1,575	<1,2	NO	<1,4	NO

Sumber: ETABS Table Story Max Over Avg Drifts, 2025

Tabel 4. Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y

Lantai	Output Case	Max Drift m	Avg Drift m	Ratio	Status			
					Cek	1a	Cek	m
Atap	EY	0,000969	0,000697	1,39	<1,2	Atap	EY	0,000969
4	EY	0,009369	0,006734	1,391	<1,2	4	EY	0,009369
3	EY	0,014105	0,010579	1,333	<1,2	3	EY	0,014105
2	EY	0,021527	0,014529	1,482	<1,2	2	EY	0,021527
1	EY	0,030063	0,01756	1,712	<1,2	1	EY	0,030063

Sumber: ETABS Table Story Max Over Avg Drift, 2025

Dari hasil pengecekan ketidakberaturan torsi 1a dan torsi 1b disimpulkan bahwa struktur mengalami ketidakberaturan torsi 1b, dikarenakan ratio yang diperoleh melebihi dari 1,4 kali dari simpangan antar tingkat rata-rata.

b. Ketidakberaturan Sudul Dalam

Struktur mengalami ketidakberaturan sudut dalam dikarenakan terdapat bukaan di tengah denah bangunan, di mana jarak proyeksi bukaan dari sudut melebihi 15% dari ukuran denah bangunan.

c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Tabel 5. Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y

Lantai	Luas Bukaan	Cek
4	929,75	NO
3	26,045	OK
2	44,1281	OK
1	100,135	OK

Sumber: Data Olahan, 2025

Pada bangunan yang diteliti luas total denah yaitu 1379,75 m², dapat dilihat tabel 4.14. untuk lantai 1,2 dan 3 bukaan gedung tidak melebihi dari 50% dari luas bruto bangunan yang dapat dikatakan bahwa struktur tidak memiliki ketidakberaturan diskontinuitas diafragma akan tetapi pada lantai 4 struktur gedung memiliki ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dikarenakan persentase pada lantai 4 melebihi 50% dari luas bruto bangunan, dengan demikian bahwa struktur bangunan ini memiliki ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

- d. Ketidakberaturan Akibat Pergeseran tegak Lurus Terhadap Bidang
Struktur tidak mengalami ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang dikarenakan *shearwall* dan kolom didesain menerus secara vertikal dari bawah sampai ke atas tanpa ada yang menjorok kedalam atau keluar.
 - e. Ketidakberaturan Sistem Non-paralel
Struktur tidak mengalami ketidakberaturan sistem non-paralel. Ketidakberaturan sistem non-paralel dapat terjadi apabila terdapat komponen pemikul gaya lateral (kolom/dinding struktural) tidak tegak lurus terhadap sumbu utama yaitu X dan Y.
7. Ketidakberaturan Vertikal
- a. Ketidakberaturan kekakuan Tingkat lunak 1a arah X dan arah Y

Tabel 6. Ketidakberaturan kekakuan Tingkat Lunak 1a

Lantai	Arah X			Lantai	Arah Y		
	Kekakuan kN/m	Cek			Kekakuan kN/m	Kekakuan kN/m	
		70%	80%			70%	80%
Atap	542392,962			Atap	542392,962		
4	253306,658	NO		4	253306,658	NO	
3	491463,235	OKE		3	491463,235	OKE	
2	558083,338	OKE	OKE	2	558083,338	OKE	OKE
1	691554,1160	OKE	OKE	1	653027,9040	OKE	OKE

Sumber: ETABS Table Story Stiffness, 2025

Pada tabel 6. hasil pengecekan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekakuan yang drastis pada lantai 4 arah X dan Y, dimana kekakuan lateral di atasnya kurang dari 70% sementara kekakuan lateral rata-rata tiga tingkat di atasnya tidak kurang dari 80%, namun demikian dikarenakan ada tingkat yang mengalami penurunan kekakuan maka secara keseluruhan struktur dinyatakan memiliki ketidakberaturan tipe 1a.

Tabel 7. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1b

Lantai	Arah X			Lantai	Arah Y		
	Kekakuan kN/m	Cek			Kekakuan kN/m	Cek	
		60%	70%			60%	70%
Atap	542392,9620			Atap	542392,9620		
4	253306,6580	NO		4	253306,6580	NO	
3	491463,2350	OKE		3	491463,2350	OKE	
2	558083,3380	OKE	OKE	2	558083,3380	OKE	OKE
1	638764,1150	OKE	OKE	1	638764,1150	OKE	OKE

Sumber: ETABS Table Story Stiffness, 2025

Dari hasil pengecekan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1b menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekakuan yang drastis pada lantai 4 pada arah X dan Y, dimana kekakuan lateral di atasnya kurang dari 60% sementara kekakuan lateral rata-rata tiga tingkat di atasnya tidak kurang dari 70%, namun demikian dikarenakan ada tingkat yang mengalami penurunan kekakuan maka secara keseluruhan struktur dinyatakan memiliki ketidakberaturan tipe 1b.

- b. ketidakberaturan Berat (massa)

Tabel 8. Ketidakberaturan Berat (Massa)

Lantai	Massa Ton	Cek
Atap	108,5222	
4	466,2324	
3	1231,4082	OK
2	1223,9359	OK
1	1237,0376	OK

Sumber: ETABS table mass summary by story, 2025

Berdasarkan tabel 8. merupakan hasil yang sudah di cek perbandingan terhadap massa satu tingkat dengan massa tingkat di atas dan dibawahnya, bahwa tidak ditemukan ketidakberaturan massa pada struktur yang ditinjau,

- c. Ketidakberaturan Geometri Vertikal
Struktur tidak mengalami ketidakberaturan geometri vetikal dikarenakan kolom dan dinding geser (*Shearwall*) pada struktur memiliki dimensi yang sama dari lantai terbawah hingga lantai teratas.
- d. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral
Struktur tidak mengalami ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral dikarenakan kolom didesain menerus dari tingkat terbawah ke tingkat teratas.
- e. Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat 5a dan 5b

Tabel 9. Ketidakberaturan Vertikal 5a dan 5b

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekuatan kN	Cek	Kekuatan kN	Cek
Atap	507,6173		519,5252	
Lantai 4	2842,9165	OK	2638,9541	OK
Lantai 3	7591,5042	OK	7364,4734	OK
Lantai 2	11032,4527	OK	10914,7271	OK
Lantai 1	13118,5291	OK	13165,9522	OK

Sumber: ETABS Table Story Forces, 2025

Berdasarkan tabel 9. hasil pengecekan sesuai dengan persyaratan ketidakberaturan vertikal yang ditentukan maka dapat disimpulkan bahwa stuktur tidak mengalami ketidakberaturan vertikal 5a dan 5b.

8. Simpangan Antar Tingkat (*Story drift*)

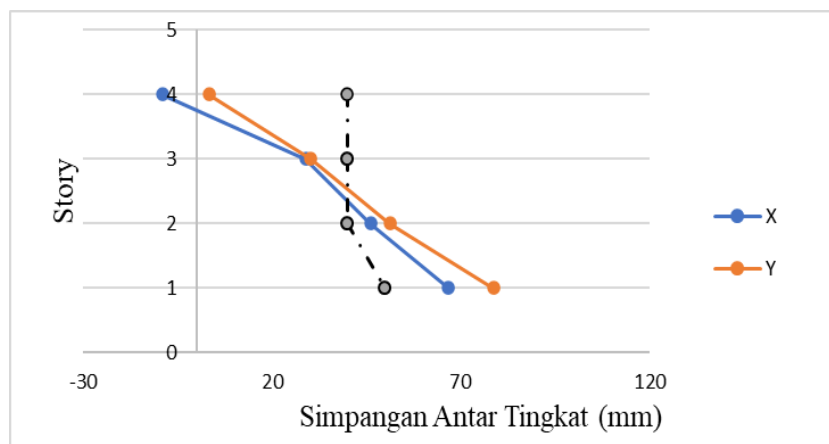
Dari hasil ETABS dapat dilakukan pemeriksaan simpangan antar tingkat (*story drift*) sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6. Perhitungan simpangan antar tingkat dihitung sebagai defleksi lateral pada pusat massa antara lantai yang ditinjau dengan lantai dibawahnya. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. simpangan antar tingkat izin untuk gedung dengan kategori risiko IV yaitu $0,010h_{sx}$ yang dimana h_{sx} merupakan tinggi tingkat bangunan. Dari hasil analisis ETABS, didapatkan simpangan arah X dan arah Y sebagai berikut:

Tabel 10. Story Drift Arah X dan Arah Y

Lantai	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_x (mm)	δ_y (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_{ey} (mm)		Δ_x (mm)	Δ_y (mm)		
Atap	59,504	74,621	-2,459	0,882	600	-9,02	Atap	6	OK
4	61,963	73,739	7,876	8,252	4000	28,88	4	40	OK
3	54,087	65,487	12,575	13,978	4000	46,11	3	40	NO
2	41,512	51,509	18,198	21,446	4000	66,73	2	40	NO
1	23,314	30,063	23,314	30,063	5000	85,48	1	50	NO

Sumber: ETABS Table Diaphragm Center Of Mass Displacements

Berdasarkan hasil pengecekan pada tabel 10. diketahui bahwa nilai *story drift* pada lantai 4 dan Atap tidak melampaui batas *drift* yang ditentukan, namun pada lantai 1, 2 dan 3, nilai *drift* melebihi dari nilai batas yang telah ditentukan.



Gambar 3. Diagram Story Drift

Sumber: Data Olahan, 2025

9. Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.7. Pengaruh P-Delta ditentukan berdasarkan nilai dari koefisien stabilitas (θ), pengaruh ini diisyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas memenuhi rumus $\theta \leq 0,1$. Maka apabila nilai $\theta \leq \theta_{max}$ pengaruh P-Delta dapat diabaikan.

Nilai θ maksimum dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

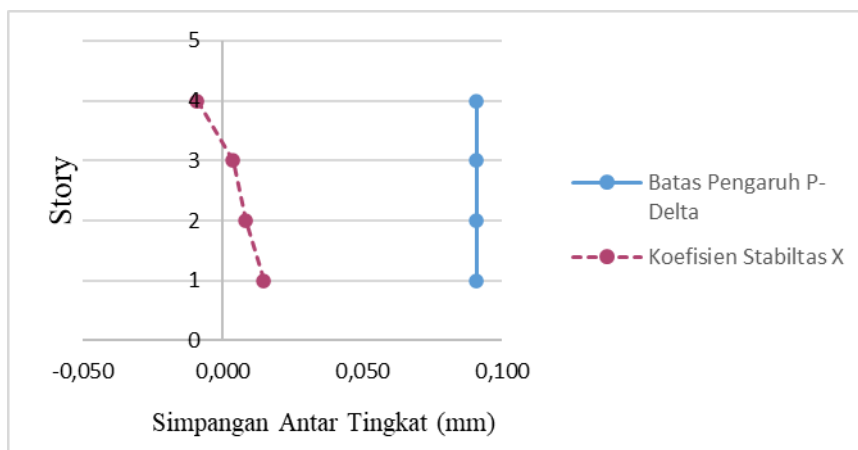
$$\theta_{max} = 0,5/\beta \times C_d = 0,5/1 \times 5,5 = 0,09091$$

Tabel 11. P-Delta Arah X dan Arah Y

P (kN)	Story Forces		h (mm)	Koefisien Stabilitas		Batas pengaruh P-Delta	θ_{max}	cek
	Vx (kN)	Vy (kN)		θ_x	θ_y			
1127,4047	507,6173	188,5386	600	-0,0091	0,0088	0,1	0,09091	OK
5288,9430	2842,9165	1022,6038	4000	0,0037	0,0107	0,1	0,09091	OK
20406,7096	7591,5042	2978,3212	4000	0,0085	0,0239	0,1	0,09091	OK
35541,3670	11032,453	4467,0501	4000	0,0147	0,0427	0,1	0,09091	OK
51018,0062	13118,529	5341,0109	5000	0,0181	0,0574	0,1	0,09091	OK

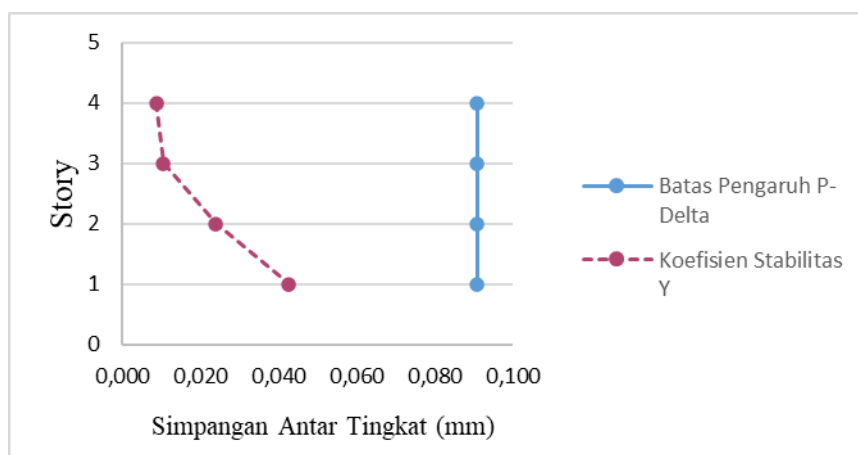
Sumber: ETABS Table Story Forces, 2025

Pada Tabel 11. Merupakan hasil dari pengecekan P-Delta untuk arah X dan arah Y diperoleh bahwa pengaruh P-Delta dapat diabaikan dikarenakan nilai koefisien stabilitas (θ) tidak melebihi nilai koefisien stabilitas maximum (θ_{max}).



Gambar 4. Diagram P-Delta Arah X

Sumber: Data Olahan, 2025



Gambar 5. Diagram P-Delta Arah Y

Sumber: Data Olahan, 2025

10. Pengecekan Syarat Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2.5.1, untuk sistem ganda rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain. Berdasarkan analisis dari ETABS, diperoleh persentase kontribusi penahan gaya gempa oleh SRPMK dan sistem ganda sebagai berikut.

Tabel 12. Persentase Penahan Gaya Gempa

Arah	Gaya Yang Diterima (kN)		Persentase Penahan Gaya Gempa (%)	
	SW	Sistem Ganda	SW	Sistem Ganda
Gempa X	2469,4555	8854,8011	28%	72%
Gempa Y	1387,8292	9373,4967	15%	85%

Sumber: Data Olahan, 2025

Berdasarkan tabel 12. dapat dilihat bahwa sistem rangka pemikul momen khusus telah memikul gaya gempa lebih dari 25%, sehingga struktur ini telah memenuhi syarat sebagai sistem ganda (*dual system*).

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa gedung perpustakaan memiliki ketidakberaturan 1b secara keseluruhan dikarenakan simpangan antar tingkat maksimum melebihi 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata. Struktur memiliki ketidakberaturan sudut dalam dikarenakan bentuk denah yang tidak simetris. Struktur memiliki ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dikarenakan ada bukaan salah satu tingkat yang melebihi dari luas total bangunan gedung. Pada pengecekan ketidakberaturan vertikal, struktur memiliki ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a dan 1b dikarenakan ada tingkat yang mengalami penurunan kekakuan. Pada pengecekan *story drift* nilai maksimum lantai 1, 2 dan 3 melebihi dari nilai limit *drift* izin hal ini disebabkan massa dan kekakuan yang berbeda tiap lantai.

Dari analisis kinerja struktur dengan sistem ganda diperoleh bahwa gaya lateral yang ditahan oleh rangka pemikul momen (*frame*) pada gempa arah X = 72% dan pada gempa arah Y = 85% sedangkan gaya lateral yang ditahan oleh sistem ganda pada gempa arah X = 28% dan pada gempa arah Y = 15% maka *frame* sudah memenuhi untuk menahan minimal 25% dari gaya lateral sesuai dengan SNI 1726:2019 tabel 12. Namun berdasarkan hasil analisis kontribusi sistem ganda dalam penahan beban lateral persentase penahan gaya gempa pada *shearwall* hampir tidak signifikan. Oleh karena itu, struktur dapat dirancang hanya menggunakan sistem rangka pemikul momen sebagai sistem penahan gaya lateral tanpa memerlukan elemen tambahan seperti dinding geser.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan, bahwa kombinasi ragam telah mencapai 100% pada moda ke-661, nilai *base shear* telah memenuhi sesuai dengan SNI 1726:2019 yaitu nilai $V_{dinamik}$ lebih besar 100% dari V_{statik} , untuk pengecekan *story drift* nilai maksimum pada lantai 1, 2 dan 3 melampaui nilai *drift* yang diizinkan. Pada kinerja struktur dengan sistem ganda telah memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 yaitu rangka momen mampu menahan gaya leteral di atas 25%. Namun dikarenakan struktur memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 1b dan ketidakberaturan vertikal tipe 1b maka sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.1 untuk struktur dengan kategori desain seismik E atau F tidak diizinkan. Sehingga dari hasil kontrol struktur secara keseluruhan dapat dikatakan struktur belum memenuhi syarat kelayakan gedung tahan gempa sesuai SNI 1726:2019.

DAFTAR PUSTAKA

- ALFISAM, S., & MUKTI, R. H. (2022). Perencanaan Struktur Gedung Dengan Konfigurasi Bangunan Tidak Beraturan Berbentuk "L"(Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit JEC-Candi Semarang) (Doctoral dissertation, Universitas Katholik Soegijapranata Semarang).
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan geofisika. (n.d.). Pengetahuan gempa Bumi. Diakses dari <https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang-gempa>
- Fadzilah, M., Husni, H. R., Bayzoni, B., & Isneini, M. (2021). Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(4), 885-898.
- Kurniawan, M. E. (2017). Analisis Perbandingan Struktur Gedung Bertingkat Dengan Bentang 12 Meter Yang Menggunakan SRPMK Dengan Dual System. Laporan Skripsi. Medan: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Laia, B. A. I. (2022). Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa dengan Metode Pushover (Studi Kasus: Gedung Bri Sisingamangaraja Medan) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Pamungkas, A. (2021). Contoh Laporan Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang. Malang: Cv Budi Utama.

- Prainka, I., & Mukti, T. P. (2023). Perancangan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit 4 Lantai Dengan Sistem Rangkapemikul Momen Khusus (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Restiawan, A. D., Bayzoni, B., Husni, H. R., & Isneini, M. (2023). Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi kasus: Gedung MAN Insan Cendikia, Serpong). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 11(3), 523-534.
- Rumbyarso, Y. P. (2024). *Kinerja Struktur Gedung Office 36 Lantai*. Jakarta: Amerta Media.
- SNI 03-1727-2019. (2019). "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1727-2020. (2020). "Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847-2019. (2019). "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan". Badan Standarisasi Nasional.
- Sundari, T., & Yulianto, T. (2024). Analisis Beban Gempa Pada Struktur Gedung Lobby Barat Rsud Dr. Iskak Tulungagung Menggunakan Metode Dinamik Responspektrum. *Jurnal Rekayasa dan Aplikasi Teknik Sipil*, 4(01), 78-85.
- ZHAFIRA, T., Ariq, I. S., Mawada, D. E. S., & Widorini, T. (2024). Analisis Kinerja Struktur Gedung IGD Terpadu KRMT Wongsonegoro Kota Semarang. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 25(1), 21-28.
- Zhafira, T., Taufiqy, I., & Kusuma Anggraini, N. (2023). Dynamic Analysis of Spectrum Response and Static Equivalent of The Semarang University College Building. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*.