

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR GEDUNG KANTOR DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM STUDI KASUS: KANTOR BPKAD PROVINSI SULAWESI TENGAH

Arzal M. Zain^{*1}, Wahiduddin Basry¹, Eko Widodo¹, Fadli¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palu, Palu, Jalan Hang Tuah No. 114

*Penulis korespondensi: achal1808@gmail.com

DISUBMIT 23 Juni 2025

DIREVISI 2 Februari 2026

DITERIMA 4 Februari 2026

ABSTRAK Indonesia merupakan salah satu negara kategori rawan gempa bumi, khususnya di daerah Kota Palu pada tahun 2018 silam mengalami bencana gempa bumi yang sangat dahsyat, diakibatkan adanya patahan sesar palu koro, sehingga mengakibatkan korban jiwa. hal itu karena berdekatan dengan tiga lempeng tektonik yang setiap saat dapat saling bertabrakan sehingga menghasilkan gempa tektonik. Dengan adanya kejadian gempa di Indonesia, maka dari itu diperlukan pengembangan analisis gempa terhadap struktur bangunan. Analisis respon spektrum merupakan salah satu metode yang digunakan dengan cara menganalisa hubungan antara periode struktur bangunan dengan nilai percepatan bangunan ketika terjadinya suatu gempa bumi. Penelitian ini menggunakan objek Gedung Kantor BPKAD Provinsi Sulawesi Tengah, yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan dari suatu gedung akibat beban gempa menurut SNI 1726-2019 yang menggunakan program SAP2000. Berdasarkan hasil analisis Gedung Kantor BPKAD Provinsi Sulawesi Tengah simpangan antar lantai dan gaya geser dasar berdasarkan analisis respon spektrum yaitu simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar lantai yang diizinkan. Adapun gaya geser yang terjadi pada struktur pada Gedung A arah X sebesar 795,684 kN dan pada arah Y sebesar 795,761 kN sedangkan Gedung B arah X sebesar 1280,082 kN dan pada arah Y sebesar 1280,235 kN, oleh karena itu struktur bangunan dinilai layak..

KATA KUNCI *respons spektrum, gaya geser dasar, perpindahan, simpangan antar lantai*

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah kategori rawan gempa salah satunya di Kota Palu dari sekian kota di Indonesia yang rawan terjadi bencana alam. Hal tersebut disebabkan oleh Pulau Sulawesi berdekatan dengan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Pasifik, lempeng Filipina dan lempeng Australia. Sedangkan letak geografis Kota Palu berada tepat di jalur patahan sesar palu koro. Kondisi ini membuat Kota Palu menjadi daerah yang rawan terjadi gempa bumi. Menurut Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN) Kota Palu dilanda gempa bumi yang kuat sejak tahun 1907, 1909, 1927, 1937, 1968, 2012 dan yang terakhir 2018. Gempa yang terjadi di tahun 2018 dengan kekuatan 7,4 M tidak hanya menyebabkan terjadinya tsunami, gempa juga menyebabkan terjadinya fenomena likuifaksi di beberapa daerah di Kota Palu.

Berada tepat di jalur patahan sesar palu koro, Kota Palu memiliki resiko tinggi untuk terjadi gempa bumi. Setiap gempa bumi yang terjadi akan memberikan ancaman

yang besar terhadap bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Kondisi ini memungkinkan akan terjadi kerusakan pada bangunan gedung atau rumah tinggal tergantung seberapa kuatnya kekuatan dari bencana alam tersebut. Oleh karena itu struktur bangunan harus direncanakan mampu memikul simpangan serta gaya geser pada portal beton bertulang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui simpangan serta gaya geser pada masing-masing jenis tanah dan apakah simpangan serta gaya geser tersebut memenuhi syarat berdasarkan regulasi yang ada.

Metode respon spektrum gempa rencana adalah metode yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan respon spektrumnya. Dalam analisis dinamik metode respon spektrum hanya digunakan untuk menetapkan gaya geser tingkat nominal dinamik akibat pengaruh gaya gempa rencana.

Analisis Respon Spektrum. Analisis yang akan dilakukan pada gedung kantor BPKAD

Provinsi Sulawesi Tengah merupakan jenis analisis dinamis. Beban dinamik merupakan beban yang berubah-ubah menurut waktu dan arahnya. Contohnya getaran akibat gempa dimana terkadang terasa keras dan terkadang lemah. Arahnya pun kadang horizontal (kekanan dan kiri), kadang vertikal (naik turun). Metode analisis yang digunakan adalah metode respons spektrum.

Analisis respon spektrum adalah suatu metode analisis struktur dengan menyajikan spektrum berupa kurva antar periode struktur T , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman gempa tertentu.

Dalam SNI 1726-2019 (Badan Standardisasi Nasional (BSN), ditetapkan jenis tanah di Indonesia ada 6 kategori diantaranya; batuan keras (SA), batuan (SB), tanah keras (SC), tanah sedang (SD) tanah lunak (SE), dan tanah khusus (SF).

SNI 1726-2019 adalah standar nasional Indonesia dalam bidang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Dalam SNI ini diberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung.

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = S_{MS}$$

$$S_{D1} = S_{M1}$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan, maka nilai S_{DS} harus ditentukan dan nilai S_{D1} tidak perlu ditentukan.

Gaya Geser. Gaya geser dasar seismik (V) merupakan keseluruhan dari gaya lateral akibat gaya gempa yang diterima oleh bangunan. Gaya geser dasar seismik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$V = C_s \times W$$

Keterangan: V = Gaya geser dasar seismik, C_s = Koefisien respon seismik, W = Berat seismik gedung efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan tidak perlu melebihi hasil berikut ini.

$$\text{Untuk } T \leq T_L, \text{ Maka } C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$\text{Untuk } T \geq T_L, \text{ Maka } C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

C_s harus tidak kurang dari $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$.

Keterangan: S_{D1} = parameter spektrum respons percepatan periode 1 detik, S_{DS} = parameter spektrum respons percepatan periode pendek, R = faktor modifikasi respons, I_e = faktor keutamaan gempa.

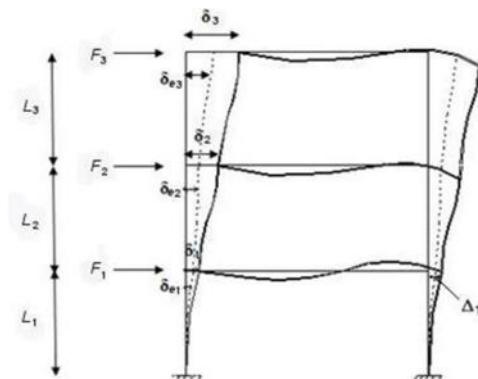
Simpangan. Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai hanya terjadi satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Analisis simpangan antar lantai tingkat rencana (Δ) dapat diperhitungkan sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat paling atas dan paling bawah dari titik yang ditinjau. Jika letak pusat massa struktur bangunan tidak terletak satu garis garis dalam arah vertikal, maka diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa di tingkat atasnya.

Defleksi pusat massa di Tingkat x (δx) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \delta x_e}{I_e}$$

Keterangan: C_d = faktor pembesaran defleksi, δx_e = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan dengan analisis elastis, I_e = faktor keutamaan gempa.

Simulasi penentuan simpangan antar lantai dapat di lihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Penentuan Simpangan Antar Lantai. (Sumber: SNI 1726-2019)

Keterangan: F_3 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan, δ_{e3} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan, $\delta_3 = C_d \cdot \delta_{e3} / I_e$ = perpindahan yang diperbesar, $\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \leq \Delta_a$, F_2 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan, δ_{e2} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan, $\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \leq \Delta_a$, F_1 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan, δ_{e1} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan, $\Delta_1 = \delta_{e1} \cdot C_d / I_e \leq \Delta_a$.

2 METODOLOGI

Lokasi dan Objek Penelitian ini merupakan gedung 4 lantai Kantor Badan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah Provinsi Sulawesi Tengah, yang berlokasi di Jl. Dr. Samratulangi No. 101 Palu, adapun denah bangunan dapat dilihat pada **Gambar 2, 3, 4** dan **5**.

Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif, yaitu data berupa variabel data atau bilangan yang dapat diukur dan dihitung. Dalam penelitian ini yang termasuk data kuantitatif adalah, data mutu beton, baja tulangan, dan profile material.

Pile cap dan bore pile, $f'c = 30$ MPa. Balok, kolom dan pelat, $f'c = 25$ MPa. Core wall lift, $f'c = 25$ MPa. Kolom dan balok praktis, $f'c = 15$ MPa.

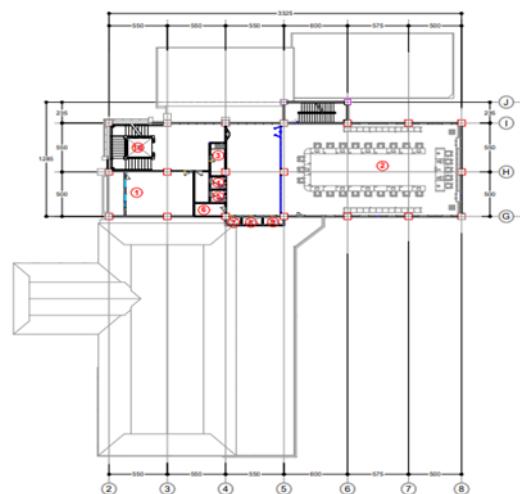
Baja tulangan dengan diameter ≥ 10 mm dipakai jenis baja tulangan ulir dengan tegangan leleh sebesar 420 MPa.



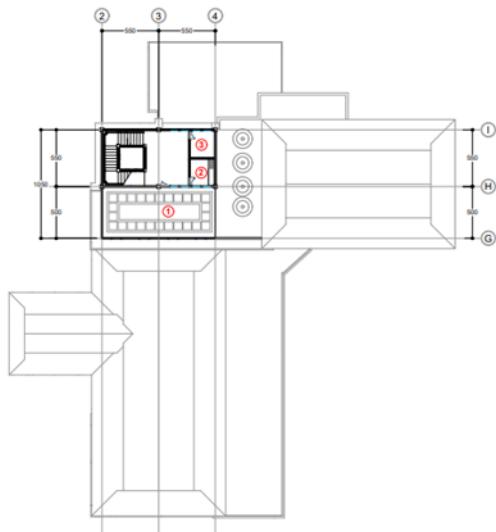
Gambar 2 Denah Lantai 1



Gambar 3 Denah Lantai 2



Gambar 4 Denah Lantai 3



Gambar 5 Denah Lantai 4

Baja tulangan dengan diameter ≤ 10 mm dipakai jenis baja tulangan polos dengan tegangan leleh sebesar 280 MPa.

Tabel 1 Profile Material

KOLOM	BALOK	PELAT
KL 1 700x700	BL 1 200 x 300	P1 100
KL 2 600 x 600	BL 2 200 x 350	P2 120
KL 3 500 x 500	BL 3 200 x 400	
KL 4 500 x 700	BL 4250 x 350	
KL 5 400 x 400	BL 5 250 x 400	
KL 6 350 x 350	BL 6 250 x 450	
KP 111 x 111	BL 7 250 x 500	
CI 300 x 300	BL 8 300 x 450	
	BL 9 400 x 600	
	TB 1 300 x 500	
	TB 2 400 x 600	

Sumber: *Data Detail Engineering Design* (2022)

3 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

Partisipasi Massa. Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1, Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik. Nilai partisipasi massa pada masing-masing mode dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **3** berikut ini.

Tabel 2 Gedung A Nilai Partisipasi Massa

Mode	Periode (detik)	SumUX (%)	SumUY (%)
1	0,316679	0,83989	0,00009833
2	0,299747	0,84047	0,65632
3	0,272789	0,84102	0,86681
4	0,127446	0,99848	0,86682
5	0,117876	0,99853	0,98653
6	0,111279	0,99853	0,98655
7	0,108344	0,99864	0,99933
8	0,076349	0,99871	0,99933
9	0,064515	0,99871	0,99939
10	0,046493	0,99897	0,99939
11	0,027317	0,99931	0,99966
12	0,02724	0,99987	0,99982

Tabel 3 Gedung B Nilai Partisipasi Massa

Mode	Periode (detik)	SumUX (%)	SumUY (%)
1	0,477964	0,00011	0,62543
2	0,410423	0,77215	0,62674
3	0,360369	0,77671	0,7728
4	0,16416	0,77671	0,8579
5	0,150302	0,91838	0,85857
6	0,125043	0,92068	0,92787
7	0,123847	0,9212	0,93187
8	0,098632	0,92148	0,9518
9	0,089418	0,96126	0,95189
10	0,067016	0,96172	0,99935
11	0,065627	0,99905	0,99969
12	0,042019	0,99975	0,99971

Dari hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **3**, pada mode ke 12 menghasilkan respon total arah X dan Y adalah 99% atau mendekati nilai 100%, sehingga jumlah ragam (mode) sudah memenuhi syarat sesuai SNI 1726-2019.

Gaya Geser Dasar. Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.4.1 apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t dimana V yaitu gaya geser dasar statik ekivalen yang dihitung berdasarkan pasal ini dan pasal 7.8, dan V_t adalah gaya dasar yang diperoleh dari hasil kombinasi ragam.

Tabel 4 Hasil Analisis Gaya Geser Dasar Gedung A

Analisis	Vx	Vy
Dinamik Respon Spektrum (SAP2000)	795,684	795,761
Statik Ekuivalen	653,73	653,73

Tabel 5 Hasil Analisis Gaya Geser Dasar Gedung B

Analisis	Vx	Vy
Dinamik Respon Spektrum (SAP2000)	1280,082	1280,235
Statik Ekuivalen	1280,028	1280,028

Setelah dilakukan analisis kembali penskalaan faktor gaya didapatkan nilai analisis ragam (V_t) lebih besar dari gaya geser (V) yang dihitung. Nilai tersebut dihitung menggunakan metode statik ekivalen yang dihitung, berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019.

Perpindahan. Dari hasil analisis menggunakan program bantuan SAP2000 diperoleh hasil perpindahan dari Tabel Joint Perpindahan yang ditampilkan dalam bentuk Tabel Gedung A 6, 7 dan Tabel Gedung B 8, 9 sebagai berikut:

Tabel 6 Gedung A Perpindahan arah X

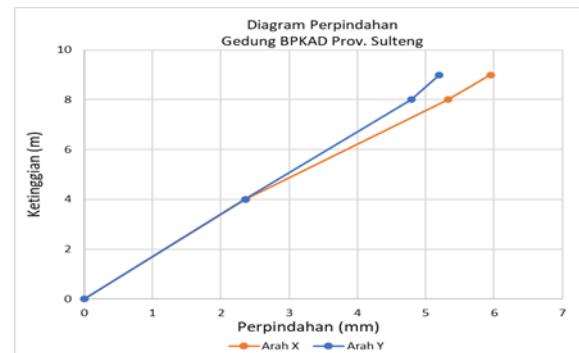
Tingkat	Elevasi	Displacement		
		Ux	Uy	Uz
		mm	mm	mm
Story 3	+ 9,00	5,94712	0,17547	0,00368
Story 2	+ 8,00	5,32221	0,16047	0,00445
Story 1	+ 4,00	2,36560	0,07929	0,00272
Base	+ 0,00	0	0	0

Tabel 7 Gedung A Perpindahan arah Y

Tingkat	Elevasi	Displacement		
		Ux	Uy	Uz
		mm	mm	mm
Story 3	+ 9,00	0,29049	5,20026	0,01554
Story 2	+ 8,00	0,26430	4,78841	0,01524
Story 1	+ 4,00	0,12935	2,35847	0,01082
Base	+ 0,00	0	0	0

Dari grafik **Gambar 6**, dapat dilihat bahwa nilai perpindahan terbesar dari arah X sebesar 5,94712 mm dan pada arah Y sebesar 5,20026 mm. Dari kedua nilai

tersebut, nilai maksimal terdapat pada penutup atap kantor.



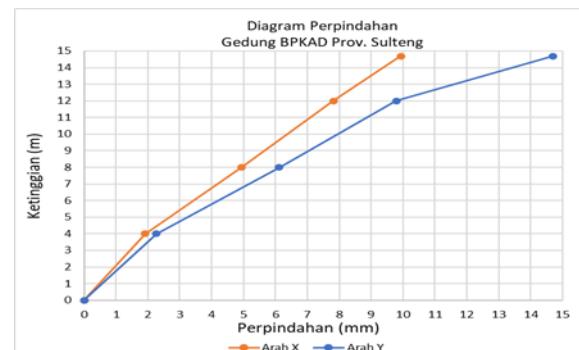
Gambar 6 Grafik Gedung A Nilai Maksimum Perpindahan

Tabel 8 Gedung B Perpindahan arah X

Tingkat	Elevasi	Displacement		
		Ux	Uy	Uz
		mm	mm	mm
Story 4	+ 14,70	9,93175	0,30604	0,00541
Story 3	+ 12,00	7,81241	0,35743	0,00780
Story 2	+ 8,00	4,92658	0,22917	0,00789
Story 1	+ 4,00	1,91846	0,08857	0,00522
Base	+ 0,00	0	0	0

Tabel 9 Gedung B Perpindahan arah Y

Tingkat	Elevasi	Displacement		
		Ux	Uy	Uz
		mm	mm	mm
Story 4	+ 14,70	2,98564	14,70163	0,05659
Story 3	+ 12,00	2,38888	9,78339	0,10268
Story 2	+ 8,00	1,47375	6,11272	0,08827
Story 1	+ 4,00	0,55220	2,26185	0,05294
Base	+ 0,00	0	0	0



Gambar 7 Grafik Gedung B Nilai Maksimum Perpindahan

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai perpindahan terbesar dari arah X sebesar 9,93175 mm dan pada arah Y sebesar

Tabel 10 Gedung A Besaran Simpangan Arah X

Tingkat	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{izin} (mm)	Ket
Story 3	9000	1000	5,94712	32,70918	3,43704	15,38	Oke
Story 2	8000	4000	5,32221	29,27214	16,26136	61,54	Oke
Story 1	4000	4000	2,36560	13,01078	13,01078	61,54	Oke
Base	0	0	0	0	0	0	

Tabel 11 Gedung A Besaran Simpangan Arah Y

Tingkat	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{izin} (mm)	Ket
Story 3	9000	1000	5,20026	28,60144	2,26519	15,38	Oke
Story 2	8000	4000	4,78841	26,33624	13,36468	61,54	Oke
Story 1	4000	4000	2,35847	12,97157	12,97157	61,54	Oke
Base	0	0	0	0	0	0	

Tabel 13 Gedung B Besaran Simpangan Arah X

Tingkat	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{izin} (mm)	Ket
Story 4	14700	2700	9,93175	54,62463	11,65636	41,54	Oke
Story 3	12000	4000	7,81241	42,96827	15,87206	61,54	Oke
Story 2	8000	4000	4,92658	27,09621	16,54467	61,54	Oke
Story 1	4000	4000	1,91846	10,55154	10,55154	61,54	Oke
Base	0	0	0	0	0	0	

Tabel 14 Gedung B Besaran Simpangan Arah Y

Tingkat	h_{sx} (mm)	h (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_{izin} (mm)	Ket
Story 4	14700	2700	14,70163	80,85895	27,05030	41,54	Oke
Story 3	12000	4000	9,78339	53,80865	20,18871	61,54	Oke
Story 2	8000	4000	6,11272	33,61994	21,17975	61,54	Oke
Story 1	4000	4000	2,26185	12,44019	12,44019	61,54	Oke
Base	0	0	0	0	0	0	

14,70163 mm. Dari kedua nilai tersebut, nilai maksimal terdapat pada lantai 4.

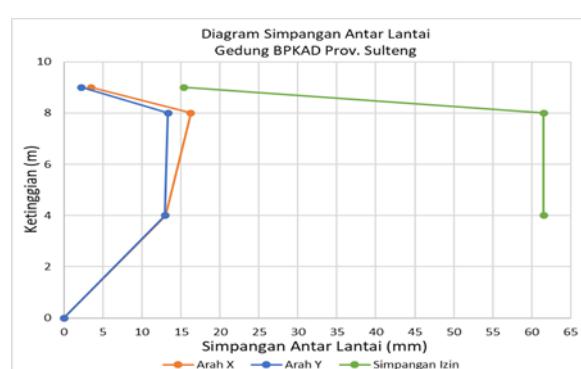
Simpangan Antar Tingkat. Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 Tabel 20 tentang batas simpangan antar tingkat yang tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Tabel tersebut dapat dilihat pada **Tabel 10, 11, 12** dan **13** berikut ini.

Dari grafik Gedung B, dapat dilihat bahwa nilai terbesar dari arah X sebesar 16,54467 mm dan pada arah Y sebesar 27,05030 mm. Dari kedua nilai tersebut, nilai maksimal terdapat pada lantai 4 dan Lantai 2.

4 KESIMPULAN

Setelah penulis melakukan analisis struktur gedung kantor BPKAD Provinsi Sulawesi Tengah dengan analisis dinamik

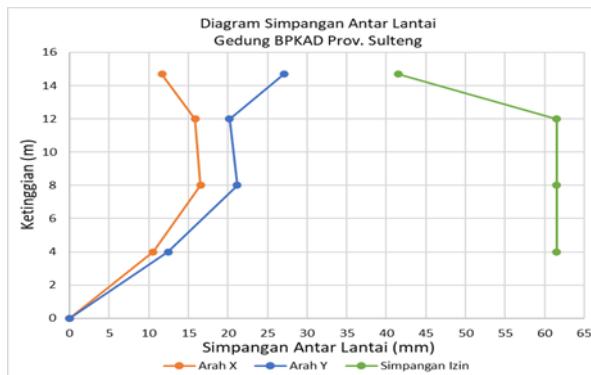
menggunakan metode respon spektrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:



Gambar 8 Grafik Gedung A Nilai Maksimum Simpangan

1. Berdasarkan hasil nilai partisipasi massa yang didapat sudah memenuhi

syarat SNI 1726-2019, yaitu paling sedikit 90%. Pada pola ragam getar ke-12 Gedung A jumlah partisipasi massa arah x sebesar 99.987%, pada pola ragam getar ke-8 arah y sebesar 99.933% dan pada pola ragam getar ke-12 Gedung B jumlah partisipasi massa arah x sebesar 99.975%, pada pola ragam getar ke-8 arah y sebesar 95.18%. Ini merepresentasikan bahwa massa struktur Gedung A dan Gedung B dalam analisis ini telah terakomodir dengan baik dan memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap gaya geser dasar, sehingga meminimalisir kerusakan pada struktur.



Gambar 9 Grafik Gedung B Nilai Maksimum Simpangan

2. Berdasarkan hasil analisis ragam respon spektrum pada Gedung A arah X dan Y menghasilkan $V_{dinamik} \geq 100\% V_{statik}$, dengan nilai $V_{dinamik}$ sebesar 795,684 kN dan nilai $V_{dinamik}$ sebesar 795,761 kN dan Gedung B arah X dan Y menghasilkan $V_{dinamik} \geq 100\% V_{statik}$, dengan nilai $V_{dinamik}$ sebesar 1280,082 kN dan nilai $V_{dinamik}$ sebesar 1280,235 kN. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur Gedung A dan Gedung B terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana memenuhi persyaratan SNI 1726-2019.
3. Berdasarkan hasil perpindahan maksimum Gedung A arah X diperoleh nilai 5,94712 mm dan arah Y 5,20026 mm, sedangkan Gedung B arah X

diperoleh nilai 9,93175 mm dan arah Y 14,70163 mm sehingga dapat dinyatakan telah memenuhi syarat batas maksimum.

4. Berdasarkan hasil simpangan antar lantai terbesar pada Gedung A arah X 13,01078 mm pada Story 1 dan arah Y di dapat 16,26136 mm pada story 2 sedangkan Gedung B arah X 15,87206 mm Story 3 dan arah Y di dapat 27,05030 mm pada story 4. Maka dari itu gedung A dan Gedung B simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar tingkat yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 1726-2012). Jakarta: BSN.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 1726-2019). Jakarta: BSN.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 2847-2019). Jakarta: BSN.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI (1727:2020). Jakarta: BSN.
- [5] Bahri, Z., & Mungkin, M. (2019). Penggunaan SCR Sebagai Alarm Peringatan Dini Pada Saat Terjadi Gempa Bumi. Journal of Electrical Technology, 4(3).
- [6] Elliza, I. N. (2013). Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS V9.50 (Studi Kasus: Gedung Solo Center Point).
- [7] Pangemanan, S., & Mantiri, H. G. (2017). Analisis Pushover Perilaku Seismik Struktur Bangunan Bertingkat (Studi Kasus: Bangunan Ruko).
- [8] Puskim PU. (2021). Desain Spektra Indonesia diakses dari: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
- [9] Rahmad. (2024) Studi Perencanaan Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda (Studi Kasus: Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Palu).
- [10] Wahyuningtyas, W.T., Krisnamurti, K., & Afrida, I. (2020). Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. BERKALASAINTEK, 8(4), 132-139.
- [11] Zhafira T, Taufiqy I, Purwanto, Mustain, & Anggraini, N. K. (2023). Dynamic Analysis of Spectrum Response and Static Equivalent of The Semarang University College Building. Journal of Civil Engineering, Building, and Transportation, 7(1), 75-79.

