

EVALUASI KINERJA GEDUNG TERHADAP SIMPANGAN ANTAR LANTAI AKIBAT BEBAN GEMPA (Studi kasus: Gedung 6 lantai RS Bhayangkara Kab. Nganjuk)

Feisal Fawwaz Irsyada¹, Suprpto²

¹ Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

² Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : feisal.20043@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

RS Bhayangkara Kab. Nganjuk, salah satu rumah sakit di Nganjuk, berpotensi terjadi gempa bumi, sehingga struktur harus tahan terhadap gempa, pada saat gempa terjadi. Gedung yang diteliti memiliki enam lantai, dan tinggi mencapai 28 meter, dengan sebagian besar berfungsi sebagai ruang rawat inap. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung terhadap beban gempa menggunakan bantuan software ETABS V18 dengan mengacu pada persyaratan gedung tahan gempa dalam SNI 1727:2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpangan antar lantai menunjukkan bahwa Inelastic Drift lantai 2 sampai lantai atap arah x dan y dibawah Drift Limit, dengan simpangan terbesar terjadi pada lantai 4 arah y dengan simpangan sebesar 23,918 mm dengan Drift Limit sebesar 23,918 mm, maka Inelastic Drift lantai 2 sampai lantai atap untuk arah x dan y tidak ada yang melebihi Drift Limit sehingga struktur dinyatakan aman.

Kata Kunci: Gedung, Gempa, Simpangan Antar Lantai

Abstract

RS Bhayangkara Kabupaten Nganjuk, one of the hospitals in Nganjuk, is located in an area with potential earthquake risks. Therefore, its structure must be designed to withstand seismic forces during an earthquake. The studied building has six floors, reaching a height of 28 meters, with most of its space functioning as inpatient rooms. This study aims to evaluate the structural performance of the hospital building against earthquake loads using ETABS V18 software, referring to the seismic-resistant building requirements outlined in SNI 1727:2019. The research results show that the inter-story drift (Inelastic Drift) from the 2nd floor to the roof in both the X and Y directions is below the Drift Limit. The largest drift occurs on the 4th floor in the Y direction, with a displacement of 23.918 mm, which is equal to the Drift Limit of 23.918 mm. Therefore, the Inelastic Drift from the 2nd floor to the roof in both the X and Y directions does not exceed the Drift Limit, ensuring that the structure is safe.

Keywords: Building, Earthquake, Interstory Drift

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi secara pasti waktunya, tetapi dapat dipahami melalui jalur kegempaan. Indonesia, yang terletak di Cincin Api Pasifik, berada di pertemuan tiga lempeng utama: Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Kondisi ini menyebabkan Indonesia sering mengalami gempa bumi, baik yang bersifat tektonik maupun vulkanik. Aktivitas gunung berapi serta pergerakan lempeng tektonik terus

menjadi ancaman yang dapat memicu gempa bumi. Dampaknya sangat besar, seperti runtuhnya bangunan, kerusakan harta benda, bahkan menimbulkan korban jiwa, sehingga menjadikan gempa sebagai salah satu bencana alam terparah di Indonesia (Siswanto, 2023).

Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, Indonesia mengalami sejumlah peristiwa gempa bumi yang signifikan, di antaranya adalah gempa

Palu tahun 2018 dengan magnitudo 7,5 SR, gempa Lombok tahun 2018 dengan magnitudo 7,0 SR, gempa Maluku tahun 2019 dengan magnitudo 6,5 SR, serta gempa Banten atau Selat Sunda pada tahun 2019 yang mencapai 6,9 SR. Selanjutnya, pada tahun 2021 terjadi beberapa gempa besar lainnya seperti gempa di Sulawesi Barat (6,2 SR), Nusa Tenggara Timur (7,4 SR), dan Lampung (5,3 SR). Selain gempa-gempa besar tersebut, Indonesia juga mengalami berbagai gempa bumi dengan kekuatan yang lebih kecil namun tetap memiliki potensi risiko terhadap keselamatan bangunan dan manusia.

Oleh karena itu, desain bangunan harus memenuhi standar konstruksi yang berlaku agar mampu memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Beberapa aspek penting dalam perencanaan bangunan tahan gempa meliputi konfigurasi struktur yang teratur, kekuatan lateral yang mencukupi, serta tingkat kekakuan dan daktilitas yang baik. Sayangnya, masih banyak pembangunan yang tidak sepenuhnya memperhatikan standar ketahanan gempa, sehingga bangunan di Indonesia cenderung rentan mengalami kerusakan parah atau bahkan runtuh total saat terjadi gempa bumi. (Bambang Siswanto & Afif Salim, 2018)

Bangunan gedung di Indonesia, terutama bangunan vital seperti rumah sakit, harus dirancang agar tahan terhadap gempa demi menjaga keselamatan gempa. Sebagai fasilitas kesehatan yang berperan dalam memberikan layanan medis baik dalam situasi darurat maupun kondisi normal (Gesha Gutama & Rahayu, 2021), rumah sakit harus memiliki ketahanan pasien, tenaga medis, serta pengunjung. Struktur yang kokoh berperan penting dalam mencegah kerusakan yang dapat membahayakan nyawa serta memastikan layanan medis tetap berjalan selama dan setelah gempa terjadi. Dalam bidang konstruksi, perancangan struktur bangunan dilakukan dengan mempertimbangkan standar keamanan, stabilitas, dan kenyamanan.

Menurut SNI 1726-2019, bangunan gedung dan non-gedung yang memiliki fungsi vital, seperti bangunan bersejarah, fasilitas darurat, rumah sakit, sekolah, dan institusi pendidikan, termasuk dalam kategori risiko IV dengan faktor keutamaan gempa sebesar 1,5. Standar SNI 1726:2019 yang berjudul "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan dan Non-Bangunan" memberikan panduan dalam merancang bangunan agar mampu menahan beban gempa secara optimal.

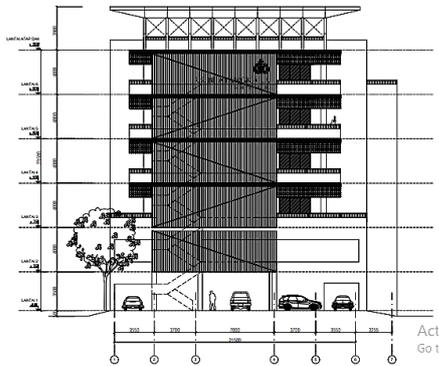
Batas kinerja ultimit suatu struktur gedung ditentukan berdasarkan simpangan antar tingkat yang terjadi akibat gempa rencana, dalam kondisi di mana struktur berada pada ambang keruntuhan (Akbar & Candra, 2018). Tujuan penentuan batas ini adalah untuk menghindari simpangan antar tingkat yang berlebihan. Perhitungan simpangan antar tingkat dalam desain dilakukan dengan menentukan selisih simpangan antara pusat massa di tingkat atas dan bawah dari tingkat yang dianalisis. Jika pusat massa tidak berada dalam satu garis vertikal, simpangan di dasar tingkat dapat dihitung dengan memproyeksikan vertikal pusat massa dari tingkat di atasnya. Jika metode desain tegangan izin diterapkan, perhitungan harus dilakukan menggunakan gaya seismik desain yang sudah ditetapkan, tanpa adanya reduksi untuk desain tegangan izin.

Simpangan antar lantai (inter story drift) merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan kerusakan pada bangunan saat terjadi gempa bumi. Kerusakan ini dapat mengakibatkan kerugian besar, baik dari segi materi maupun korban jiwa. Besar kecilnya simpangan pada sebuah struktur dijadikan indikator penting dalam menilai tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa, khususnya dalam pendekatan perencanaan berbasis kinerja. Bangunan yang memiliki stabilitas baik saat menerima beban gempa akan mengalami deformasi, namun masih mampu menahan gaya lateral, yang sangat dipengaruhi oleh kekakuan kolom. Oleh karena itu, simpangan yang terjadi akan tetap berada dalam batas yang diperkenankan. (U. Khoirunnisa et al., 2020)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja simpangan antar lantai gedung RS Bhayangkara Kabupaten Nganjuk akibat beban gempa. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana struktur bangunan mampu merespons gaya lateral yang ditimbulkan oleh aktivitas seismik, serta memastikan bahwa perpindahan relatif antar lantai masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku. Penilaian terhadap simpangan antar lantai sangat penting untuk menjamin kenyamanan dan keselamatan penghuni, mencegah kerusakan struktural, serta meminimalkan risiko kegagalan bangunan selama terjadinya gempa bumi. Studi ini menggunakan pendekatan analisis struktur berbasis perangkat lunak teknik sipil yang mampu mensimulasikan respons dinamis bangunan terhadap berbagai skenario beban gempa dari gedung RS Bhayangkara.

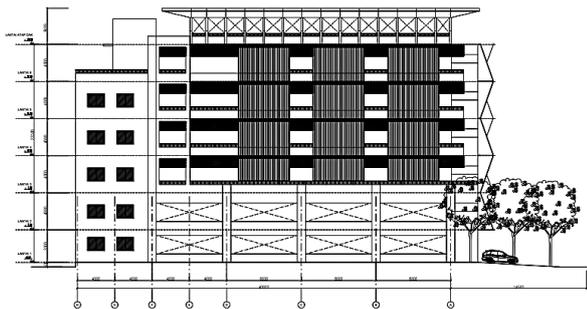
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Kabupaten Nganjuk mempunyai 6 lantai, dengan ketinggian 23,5 Meter yang berfungsi sebagai gedung poli klinik yang beralamat di Jl. Dr Sutomo No. 50, Gayungan, Bogor Kab Nganjuk, Jawa Timur



Gambar 1. Tampak Depan

Sumber: PT Catra Sena Engineering



Gambar 2. Tampak Samping

Sumber: PT Catra Sena Engineering

Adapun data eksisting yang diperoleh sebagai berikut:

Dimensi balok tertera pada tabel 2

Tabel 1. Dimensi Balok

No	Jenis Balok	Dimensi (mm)
1.	B 40/65	400/650
2.	B 40/60	400/600
3.	B 30/40	300/400
4.	B 25/40	250/400
5.	B 20/30	200/300
6.	B 15/25	150/250
7.	B 30/55	300/550
8.	B 25/45	250/450
9.	B 25/40 Kantilever	250/400
10.	B 25/50 Kantilever	250/500
11.	B 20/30 Ramp	200/300
12.	B 20/35 Ramp	200/350

Dimensi kolom tertera pada tabel 3

Tabel 2. Dimensi Kolom

No	Jenis Kolom	Dimensi (mm)
1.	K 40/40	400/600
2.	K 40/60	400/600
3.	K 40/70	400/700
4.	K 60/80	600/800
5.	K 60/70	600/700

Pada Gedung RS Bhayangkara memiliki ketebalan pelat 150 mm pada lantai 1 dan 2, 120 mm untuk lantai 3, 4, 5, 6, dan 100 mm untuk Dak. Penelitian ini menggunakan metode analisis yang mengacu pada ketentuan dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Fokus utama kajian ini adalah menganalisis pengaruh variasi ketinggian pusat massa vertikal pada bangunan bertingkat terhadap besar simpangan antar lantai yang ditimbulkan oleh beban gempa. Penelitian ini diawali dengan pemodelan dan identifikasi struktur bangunan, diikuti dengan pengumpulan data mengenai lokasi serta kondisi bangunan yang akan dianalisis. Selanjutnya, dilakukan penentuan dan perhitungan jenis beban yang akan diterapkan dalam analisis. Proses ini dilanjutkan dengan analisis struktur terhadap beban yang telah ditentukan menggunakan perangkat lunak ETABS v.18, sehingga diperoleh nilai simpangan struktur akibat beban lateral. Setelah analisis dan kontrol struktur dilakukan, tahap berikutnya adalah menganalisis serta membahas model struktur berdasarkan nilai simpangan yang diperoleh, yang kemudian digunakan untuk menarik kesimpulan dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban Gempa

Beban gempa dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019. Nilai percepatan tanah maksimum diperoleh dari RSA Cipta Karya 2021, dengan hasil yang disajikan pada tabel berikut

Tabel 3. Data seismik gedung

Parameter	Nilai
S _s MCER (g)	0,8053
S ₁ MCER (g)	0,3701
T _L (s)	2
T ₁ (s)	0
T ₀ (s)	0,19
T _s (s)	0,93
SD _s (g)	0,4537
SD ₁ (g)	0,2085

Dalam penelitian ini, klasifikasi jenis tanah dilakukan mengacu pada Tabel 5 dalam SNI 1726:2019, dengan mempertimbangkan karakteristik tanah hasil uji Standar Penetrasi Tanah (N-SPT).

Sesuai ketentuan Pasal 5.4.2, nilai rata-rata tahanan penetrasi di lapangan diperoleh sebesar $\Sigma N = 9,11$, yang berada di bawah ambang batas 15. Berdasarkan hal tersebut, lokasi pembangunan diklasifikasikan sebagai kelas situs SE, yang menunjukkan kondisi tanah lunak.

Berdasarkan klasifikasi tanah sebagai SE, parameter respons spektral percepatan gempa untuk risiko-tertarget (MCER) yang dipetakan ditentukan, yaitu sebesar $S_s = 0,8053$ g untuk periode pendek dan $S_1 = 0,3701$ g untuk periode 1 detik. Selanjutnya, faktor amplifikasi seismik F_a dan F_v dihitung melalui proses interpolasi dari Tabel 6 dan Tabel 7 pada SNI 1726:2019, dengan mempertimbangkan nilai S_s dan S_1 yang telah diperoleh serta jenis tanah. Hasil dari interpolasi tersebut menghasilkan nilai $F_a = 0,8452$ dan $F_v = 2,5196$.

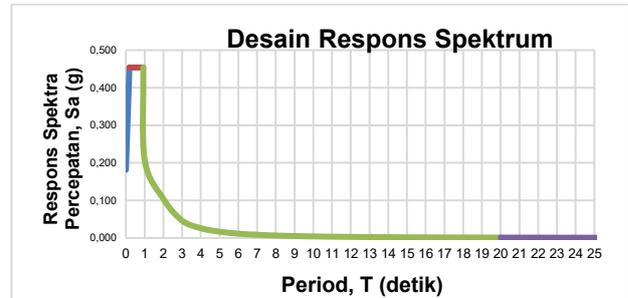
Mengacu pada Pasal 6.2 SNI 1726:2019, nilai parameter respons spektral percepatan ditentukan dengan hasil $S_{MS} = 0,6806$ g untuk periode pendek dan $S_{M1} = 0,3128$ g untuk periode 1 detik. Selanjutnya, berdasarkan ketentuan dalam Pasal 6.3, diperoleh nilai parameter percepatan spektral desain, yaitu $S_{DS} = 0,4537$ g dan $S_{D1} = 0,2085$ g.

Mengacu pada Tabel 3 SNI 1726:2019, Rumah Sakit Bhayangkara diklasifikasikan sebagai bangunan dengan kategori risiko IV, karena perannya yang vital dalam pelayanan darurat serta kesehatan masyarakat. Sesuai Tabel 4, nilai faktor keutamaan gempa (I_e) yang digunakan adalah 1,5.

Dengan mempertimbangkan parameter percepatan spektral yang telah dihitung sebelumnya, serta klasifikasi risiko bangunan, dan mengacu pada ketentuan Pasal 6.5 serta Tabel 8 dan 9 SNI 1726:2019, bangunan ini termasuk dalam kategori desain seismik D. Kategori ini menunjukkan bahwa struktur harus dirancang dengan sistem yang memiliki ketahanan seismik tinggi, guna menjamin keselamatan dan fungsi bangunan pasca-gempa.

Bangunan ini menerapkan sistem struktur rangka pemikul momen khusus dari beton bertulang, sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 12 SNI 1726:2019. Dalam sistem ini, digunakan nilai faktor modifikasi respons (R) sebesar 8, faktor kuat lebih (Ω_0) sebesar 3, serta faktor pembesaran simpangan lateral (C_d) sebesar 5,5. Sistem ini dipilih untuk memastikan kemampuan struktur dalam menghadapi beban gempa melalui deformasi daktail dan ketahanan yang tinggi.

Perhitungan periode fundamental pendekatan (T_a) dilakukan menggunakan rumus empiris yang tercantum dalam Tabel 18 SNI 1726:2019. Dalam perhitungan ini digunakan nilai $C_t = 0,0466$, $x = 0,9$, serta tinggi bangunan (h_n) sebesar 23,5 meter. Berdasarkan parameter-parameter tersebut, diperoleh nilai periode fundamental sebesar $T_a = 0,79$ detik.



Gambar 3. Respon Spektrum

Analisis Beban Gempa

Mengacu pada Pasal 7.9.1.1 dalam SNI 1726:2019, penentuan mode getar alami pada suatu struktur harus melibatkan jumlah mode yang cukup untuk memastikan partisipasi massa minimal mencapai 100% dari total massa struktur. Namun, standar ini juga memberikan alternatif, di mana ambang batas partisipasi massa minimum yang diperbolehkan adalah 90%, sebagaimana yang sebelumnya diatur dalam SNI 1726:2012. Dalam konteks ini, bangunan RS Bhayangkara eksisting memerlukan jumlah mode yang lebih besar agar dapat memenuhi persyaratan partisipasi massa 100%. Meskipun demikian, berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan, nilai partisipasi massa untuk arah UX, UY, dan UZ telah mencapai 90% pada mode ke-14, sehingga telah memenuhi ketentuan minimum yang diperbolehkan.

Gaya geser dasar seismik ditentukan berdasarkan ketentuan dalam Pasal 7.8.1 SNI 1726:2019. Untuk menghitung nilai gaya geser dasar ini, terlebih dahulu harus dihitung koefisien respons seismik (C_s). Sementara itu, berat seismik struktur (W) diperoleh dari kombinasi beban mati, beban mati tambahan, serta sebagian dari beban hidup, sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Seluruh perhitungan tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS versi 18.

Tabel 4. Rekapitulasi gaya geser dasar

Berat seismik	W (kN)	38790
Spektral periode pendek	S_{DS} (g)	0,4537
Spektral periode 1 s	S_{D1} (g)	0,6217

Modifikasi respons	R	8
Faktor keutamaan gempa	I_e	1,5
Periode struktur	T (s)	1,103
Koefisien geser maksimum	$C_s \max$	0,952
Koefisien geser	C_s	0,851
Koefisien geser minimum	$C_s \min$	0,029
C_s	$C_s \text{ use}$	0,851
Gaya dasar seismik	V (kN)	33010,29

Perhitungan gaya geser dasar seismik dilakukan dengan mempertimbangkan respons terkomposisi dalam dua arah utama, sesuai dengan ketentuan Pasal 7.9.1.4 SNI 1726:2019. Apabila hasil gaya geser dasar dari analisis ragam pada model struktur menghasilkan nilai $\leq 100\%$ dibandingkan dengan gaya geser yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, maka perlu dilakukan penskalaan terhadap gaya tersebut. Dalam model ini, spektrum respons awal diasumsikan menggunakan faktor skala dengan perhitungan $g \frac{I_e}{R} = 9,81 \frac{1,5}{8} = 1,839$. Hasil perhitungan gaya geser awal, serta perbandingan antara gaya geser sebelum dan sesudah penskalaan, ditampilkan pada Tabel dan Tabel

Tabel 5. Gaya geser dasar awal spektrum respon

Arah	V_s (kN)	V_d (kN)	Kontrol $V_d \geq V_s$	Skala Baru
X	4840,589	2227,508	Skala Baru	2,18
Y	5197,342	2586,533	Skala Baru	2,01

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel, (V_d) belum memenuhi syarat minimum, yakni $V_d \geq V_s$. Oleh karena itu, diperlukan penerapan skala baru dengan perhitungan $\frac{V_s}{V_d}$ untuk memodifikasi V_d guna menyesuaikan nilai gaya geser dasar hasil analisis modal agar memenuhi ketentuan tersebut.

Tabel 6. Gaya geser spektrum respon tersekala

Arah	V_s (kN)	V_d (kN)	Kontrol $V_d \geq V_s$	Skala Baru
X	4845,876	4855,967	OK	-
Y	5197,342	5198,931	OK	-

Simpangan Antar Lantai

$$\text{Simpangan inelastik izin } (\Delta a) = \frac{\Delta}{\rho} = \frac{0,01}{1,3} = 0,0077h$$

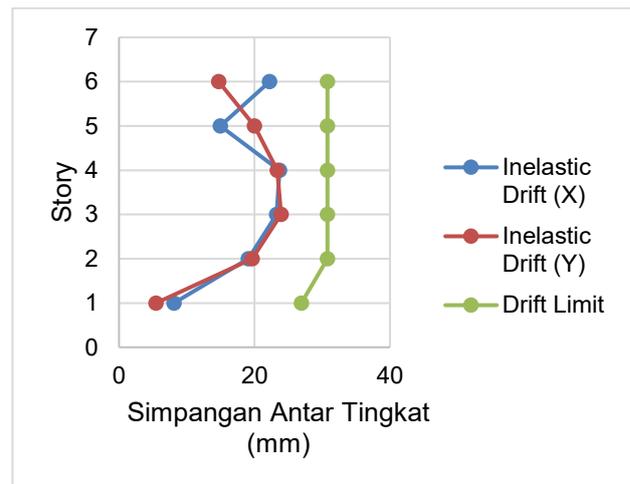
$$\text{Simpangan inelastik} = \frac{\delta \cdot Mcd}{I_e}$$

Tabel 7, Simpangan antar lantai

Story	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	

6	22,205	14,703	30,769	OK
5	14,964	20,005	30,769	OK
4	23,690	23,346	30,769	OK
3	23,269	23,918	30,769	OK
2	19,111	19,661	30,769	OK
1	8,107	5,474	26,923	OK

Tabel ini menyajikan data *Inelastic Drift* untuk setiap lantai (story) dari sebuah struktur bangunan, serta membandingkannya dengan *Drift Limit* yang ditentukan sebagai batas maksimum yang diperbolehkan.



Gambar 4. Simpangan antar lantai

Tabel dan gambar menunjukkan hasil evaluasi *inelastic drift* pada tiap lantai Gedung RS Bhayangkara Kabupaten Nganjuk. Evaluasi ini membandingkan nilai *inelastic drift* dengan batas maksimum yang diizinkan (*drift limit*). Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh lantai masih berada dalam batas aman.

Secara umum, *drift* terbesar terjadi pada *Story 3* dan *Story 4*, dengan nilai mendekati batas maksimum. Namun demikian, nilainya tetap tidak melampaui *drift limit*, sehingga masih dianggap aman. Sementara itu, *Story 1*, *Story 5* arah x, dan *Story 6* arah y memiliki *drift limit* yang lebih rendah dibanding lantai lainnya. Jika nilai *drift* terlalu jauh dari batas, ada kemungkinan struktur didesain terlalu kaku atau bahkan *overdesigned*. Akibatnya, penggunaan material seperti beton atau baja bisa menjadi berlebihan dan berdampak pada efisiensi biaya konstruksi secara keseluruhan. (Pangestu & Pratama, 2021)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan menunjukkan kinerja deformasi lateral yang baik. Tidak ada lantai yang mengalami drift melebihi batas yang ditentukan, sehingga tidak diperlukan perkuatan tambahan untuk aspek ini.

Akan tetapi didapatkan nilai *inelastic drift* sebagai berikut: pada *story* 1, arah X sebesar 8,107 mm dan arah Y sebesar 5,474 mm, dengan batas *drift* (drift limit) sebesar 26,923 mm. Kemudian pada *story* 5, *inelastic drift* arah X tercatat sebesar 14,964 mm dengan *drift limit* 30,769 mm. Sementara itu, pada *story* 6, arah Y menunjukkan *inelastic drift* sebesar 17,769 mm dengan *drift limit* yang sama, yaitu 30,769 mm. Dari data tersebut terlihat bahwa nilai *inelastic drift* masih cukup jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan, yang mengindikasikan bahwa struktur dirancang terlalu kaku atau *overdesigned*. Hal ini berpotensi menyebabkan pemborosan material dan meningkatkan biaya konstruksi, sehingga dari sisi efisiensi biaya, desain ini dinilai kurang optimal.

SIMPULAN

1. Hasil dari Analisa simpangan antar lantai menunjukkan bahwa *Inelastic Drift story* 1 sampai lantai *story* 6 arah x dan y dibawah *Drift Limit*, dengan simpangan terbesar terjadi pada *story* 3 arah y dengan simpangan sebesar 23,918 mm dengan *Drift Limit* sebesar 30,769 mm, maka *Inelastic Drift story* 1 sampai *story* 6 untuk arah x dan y tidak ada yang melebihi *Drift Limit* sehingga struktur dinyatakan aman.
2. Beberapa lantai, seperti *Story* 1, *Story* 5 (arah X), dan *Story* 6 (arah Y), memiliki nilai *drift* yang cukup jauh dari *drift limit*, mengindikasikan kemungkinan struktur yang terlalu kaku atau *overdesigned*. Hal ini dapat menyebabkan penggunaan material yang berlebihan dan berdampak pada efisiensi biaya konstruksi.

SARAN

1. Disarankan untuk melakukan tinjauan ulang terhadap desain elemen struktural, khususnya pada lantai-lantai yang menunjukkan nilai *drift* jauh di bawah batas maksimum. Dengan menyesuaikan dimensi atau kekakuan elemen struktural seperti kolom, atau balok, efisiensi penggunaan material dapat ditingkatkan tanpa mengorbankan aspek keamanan.
2. Pada studi-studi sejenis, disarankan untuk mengadopsi pendekatan *performance-based design* sejak tahap perencanaan. Pendekatan ini memungkinkan desain struktur yang lebih adaptif terhadap kondisi gempa yang sebenarnya, sehingga dapat menghasilkan solusi yang lebih efisien secara biaya tanpa mengabaikan standar kinerja yang ditetapkan.

REFERENSI

Akbar, S. J., & Candra, Y. (2018). Analisa Nilai Simpangan Horizontal (Drift) Pada Struktur

Tahan Gempa Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik Type Braced V. *Teras Jurnal*, 7(2), 301.

<https://doi.org/10.29103/Tj.V7i2.139>

Badan Standarisasi Nasional. (2012) *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2019) *SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Bambang Siswanto, A., & Afif Salim, M. (T.T.). *Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa*.

[BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2024. Data Gempa Bumi. [online] Available at: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/datagempabumi.bmkg>

Gesha gutama, d., & rahayu, r. L. (2021). ketahanan bangunan rumah sakit terhadap bencana gempa bumi di bantul daerah istimewa yogyakarta.

Pangestu, S. F., & Pratama, M. M. A. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2), 91–100. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i2.110>

Siswanto, s. (2023). Analisis kinerja struktur gedung bertingkat menggunakan metode *pushover*. <https://journals.upiyai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/issue/archive>

U. Khoirunnissa, R. Djakfar, and Y. Setiawan, "Analisis Dinamik Respon Struktur Gedung Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal," *Constr. Mater. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 59–68, 2020, doi: 10.32722/cmj.v2i1.2758.