



Analisis Penempatan Tangga terhadap Simpangan akibat Beban Gempa dengan Metode *Time History Analysis* (Studi Kasus: Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo) ***(Analysis of Stair Placement on Interstory Drift Due to Seismic Loads Using the Time History Analysis Method (Case Study: Inpatient Building of RSUD (Regional Public Hospital) of dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo))***

Fitri Kiayi¹, Kasmat Saleh Nur², Mirzan Gani³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

fitrikiiaa@gmail.com¹, kasmatnur@ung.ac.id², mirzan@ung.ac.id³

Article Info

Article history:

Received: 29 Januari 2026

Revised: 27 Februari 2026

Accepted: 2 Maret 2026

Keywords:

Stair Placement

Interstory drift

Seismic Load

Time History Analysis

Kata Kunci:

Penempatan Tangga

Simpangan antar Tingkat

Beban Gempa

Time History Analysis

Abstract

Indonesia has a high level of earthquake vulnerability due to its location within the Ring of Fire and at the convergence of three major tectonic plates. This condition necessitates the design of earthquake-resistant multistory buildings by considering stair elements that are integrated with the main structural system. Improper stair placement may affect structural stiffness and eccentricity and increase interstory drift, potentially leading to severe damage. This study analyzes the effect of stair position on the drift of reinforced concrete building structures using 3D modeling of three stair placement configurations from previous studies. Seismic load analysis employed the Time History Analysis method using three pairs of global earthquake records: Chi-Chi, Kobe, and El Centro. The analysis focused on evaluating interstory drift values to determine whether the stair placement configurations met safety standards. The findings indicate that stair placement significantly affects interstory drift. The Chi-Chi earthquake produced the largest interstory drift in Placement 3, particularly on the second and third floors, exceeding the allowable limit of 40 mm with values of 59.20 mm (X-direction) and 46.19 mm (Y-direction). This was followed by the El Centro earthquake, whereas the Kobe earthquake resulted in the smallest interstory drift for the same configuration, remaining below the allowable limit, with values of 27.54 mm (X-direction) and 24.15 mm (Y-direction).

Abstrak

Indonesia memiliki tingkat kerentanan bencana gempa bumi yang tinggi karena terletak di Kawasan *Ring of Fire* dan pertemuan tiga lempeng tektonik utama. Kondisi ini menuntut perencanaan struktur gedung bertingkat yang tahan gempa dengan mempertimbangkan elemen tangga yang terintegrasi dengan struktur utama. Penempatan tangga yang kurang tepat berpotensi memengaruhi kekakuan, eksentrisitas, dan meningkatkan simpangan antar tingkat yang dapat menyebabkan kerusakan fatal. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh posisi tangga terhadap simpangan struktur gedung beton bertulang dengan pemodelan 3D terhadap tiga variasi penempatan tangga dari studi terdahulu. Analisis beban gempa menggunakan metode Time History Analysis dengan tiga pasang rekaman gempa dunia, yaitu Chi-Chi, Kobe, dan El Centro. Analisis difokuskan pada pengecekan nilai simpangan antar tingkat untuk menguji apakah konfigurasi penempatan tangga tersebut masih memenuhi standar keamanan. Hasil analisis menunjukkan penempatan tangga memengaruhi simpangan antar tingkat. Beban gempa Chi-Chi

menghasilkan simpangan antar tingkat terbesar pada penempatan 3, terutama pada lantai 2 dan 3 yang melampaui batas izin 40 mm dengan nilai mencapai 59,20 mm (arah X), 46,19 mm (arah Y). Diikuti oleh gempa El Centro, sementara gempa Kobe menghasilkan simpangan antar tingkat terkecil pada konfigurasi penempatan yang sama dengan nilai di bawah batas izin, yaitu 27,54 (arah X) dan 24,15 mm (arah Y).

Corresponding Author:

Fitri Kiayi
Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
fitrikiaa@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana gempa bumi karena berada pada kawasan Cincin Api Pasifik (*Pasific Ring of Fire*) serta dipertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Kondisi ini menyebabkan aktivitas seismik yang tinggi dan berpotensi menimbulkan kerusakan signifikan pada bangunan gedung (BMKG, 2020). Oleh karena itu, perencanaan struktur bangunan di wilayah rawan gempa harus menerapkan konsep bangunan tahan gempa dengan memperhitungkan beban gempa dan respons struktur sesuai ketentuan SNI 1726:2019.

Pada bangunan gedung bertingkat, selain sistem struktur utama seperti portal dan dinding geser, terdapat elemen lain yang turut memengaruhi perilaku seismik struktur, salah satunya adalah elemen tangga. Tangga merupakan elemen penghubung antar lantai yang terintegrasi dengan pelat lantai dan elemen struktur lainnya, sehingga pada kondisi gempa dapat berperan sebagai elemen yang menambah kekakuan lokal dan memengaruhi distribusi gaya gempa serta deformasi struktur bangunan (Paulay & Priestley, 1992).

Pengaruh elemen tangga terhadap respons struktur berkaitan erat dengan simpangan antar tingkat (*interstory drift*), yang merupakan parameter utama dalam evaluasi kinerja bangunan tahan gempa. Simpangan antar tingkat yang melebihi batas izin dapat meningkatkan risiko kerusakan struktural dan non-struktural, terutama pada elemen-elemen yang bersifat kaku atau terikat antar lantai, termasuk tangga. Oleh karena itu, keberadaan dan penempatan tangga perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi distribusi kekakuan dan eksentrisitas struktur.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa elemen tangga memiliki pengaruh signifikan terhadap perilaku seismik bangunan gedung akibat beban gempa. Penelitian oleh Wicaksono (2007) menunjukkan bahwa keberadaan tangga meningkatkan kekakuan struktur karena berfungsi sebagai elemen pengaku (*brace frame*), sehingga turut memengaruhi berat bangunan dan besarnya beban gempa yang diterima. Hasil serupa juga ditemukan oleh Noorifard dan Tabeshpour (2018), yang menyimpulkan bahwa pemodelan tangga memengaruhi perilaku seismik struktur beton bertulang, sehingga elemen tangga sebaiknya tetap dimodelkan dalam analisis dengan mempertimbangkan sistem sambungan yang tepat. Studi yang dilakukan oleh Takesan et al. (2021) dan Subrianto (2023) memperkuat temuan tersebut, dimana pemodelan tangga secara utuh dalam analisis struktur menyebabkan peningkatan kekakuan, penurunan periode getar, serta kenaikan gaya geser dasar dan gaya dalam elemen struktur. Selain itu, bangunan dengan tangga cenderung memiliki simpangan yang lebih kecil dibandingkan bangunan tanpa tangga, meskipun konsekuensinya adalah peningkatan gaya dalam pada kolom yang memikul tangga secara signifikan. Harsoyo (2020) menyatakan bahwa elemen tangga perlu diperhitungkan dalam analisis struktur karena memengaruhi distribusi gaya gempa dan respons deformasi. Silitonga et al. (2023) menunjukkan bahwa keberadaan tangga pada bangunan tak beraturan dapat meningkatkan ketidakberaturan struktur akibat konsentrasi kekakuan.

Penelitian lain juga meninjau pengaruh variasi penempatan tangga terhadap kinerja struktur. Kautsar (2019) menemukan bahwa posisi tangga yang searah dengan arah beban gempa menghasilkan simpangan horizontal yang lebih kecil dan lebih efisien secara struktural. Secara umum, hasil-hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa keberadaan dan penempatan tangga tidak dapat diabaikan dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, karena berpengaruh terhadap kekakuan simpangan hingga eksentrisitas struktur akibat beban gempa. Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh (Ahmad et al., 2025) dengan judul hampir serupa dan studi kasus yang sama, yang menganalisis pengaruh penempatan tangga terhadap eksentrisitas menggunakan metode analisis respons spektrum. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini

menggunakan metode *time history analysis*, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran respons struktur yang lebih realistis terhadap pengaruh penempatan tangga.

2. METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan dengan memodelkan struktur gedung sesuai data perencanaan yang meliputi rekaman gempa, beban desain minimum, denah struktur, jenis tanah, mutu material, serta dimensi penampang elemen struktur. Setiap tahap penelitian dilaksanakan secara berurutan, mulai dari persiapan hingga penyusunan kesimpulan dan saran, guna memastikan keakuratan serta keterpaduan hasil penelitian.

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo di Jl. Kusno Tongkodu No. 149, Kecamatan Limboto, Kabupaten Gorontalo pada koordinat 0°37'30"N 122°59'23"E. (Lintang 0.6250259, Bujur. 122.9897677). Adapun denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian

2.2 Data Penelitian

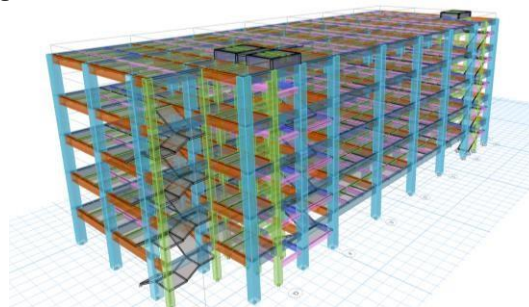
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dimana tidak ada peninjauan langsung sebagai data primer. Data sekunder pada penelitian berupa data geometri struktur, detail penampang elemen struktur dan mutu material elemen struktur. Data tersebut diperoleh dari hasil pengamatan terhadap gambar struktur Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo dan studi literatur. Data sekunder lainnya adalah data zona gempa yang diperoleh dari *website* Kementerian Pekerjaan Umum Desain Spektra Indonesia dan data rekaman gempa dunia yang diperoleh dari *website Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)*.

2.3 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur 3D dilakukan sesuai gambar *shop drawing* dengan menggunakan program bantu. Balok dan kolom dimodelkan sebagai *frame* dan pelat dimodelkan sebagai *slab*.

Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo merupakan struktur gedung beton bertulang yang terdiri dari 5 lantai dengan ketinggian 20 meter. Dimana tinggi setiap lantai adalah 4 meter. Struktur gedung memiliki panjang 56 meter dan lebar 21 meter. Pada penelitian ini, pemodelan dan analisis struktur dilakukan tanpa memperhitungkan elemen dinding geser, meskipun pada kondisi eksisting bangunan tersebut terdapat dinding geser.

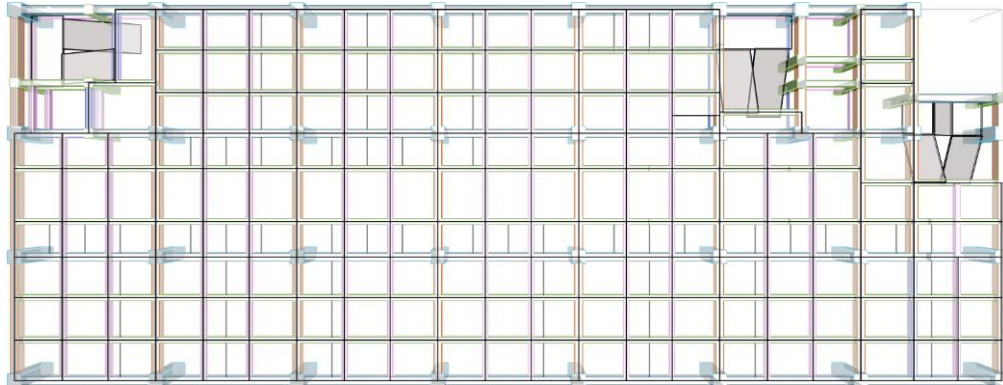
Data-data seperti mutu material, serta dimensi penampang balok, kolom dan pelat disesuaikan dengan yang tercantum pada *shop drawing*. Spesifikasi untuk beton yang digunakan yaitu, kolom dan balok (30 MPa), pelat lantai (25 MPa), dan pelat tangga (30 MPa). Sedangkan spesifikasi untuk baja tulangan yang digunakan yaitu, baja tulangan ulir BJTS 420 B (f_y 420 MPa). Persyaratan beton struktural mengacu pada SNI 2847:2019. Gambar 2 di bawah ini adalah bentuk pemodelan struktur Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie yang dimodelkan dengan program bantu.



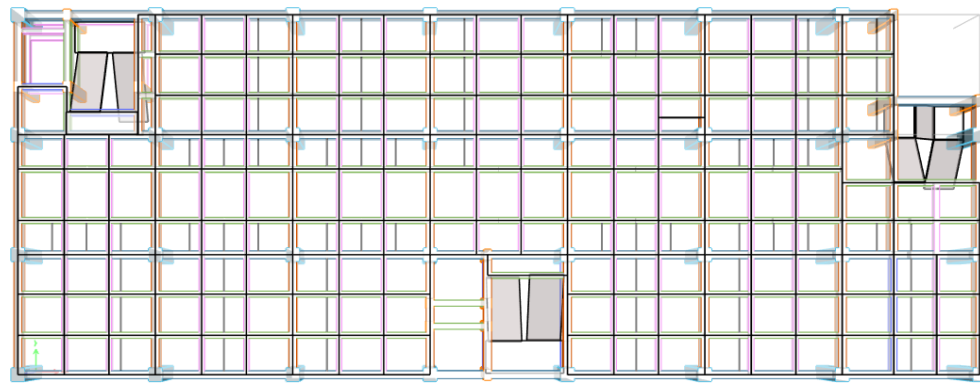
Gambar 2. Pemodelan Struktur Gedung Rawat Inap RSUD 3D

2.4 Layout Variasi Penempatan Tangga

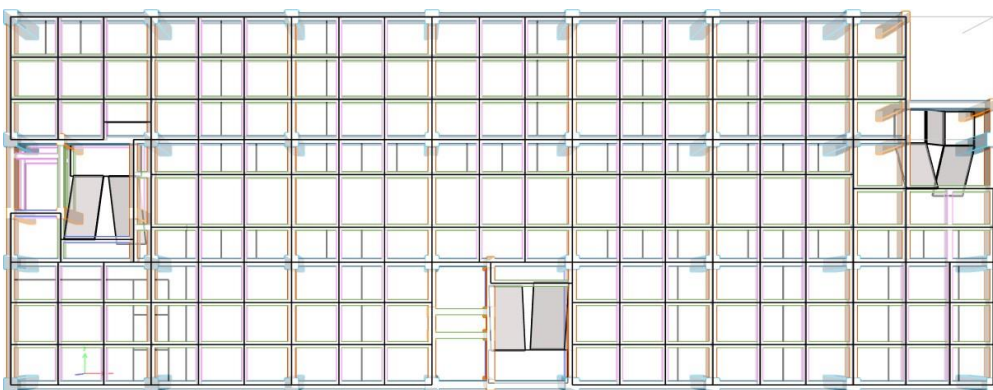
Model penempatan tangga pada penelitian ini terdiri dari 3 model dengan penempatan tangga eksisting sebagai penempatan 1 tanpa dinding geser, sedangkan penempatan tangga 2 dan 3 mengikuti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ahmad et al. (2025) yang disajikan pada Gambar 3 s.d Gambar 5.



Gambar 3. Penempatan 1



Gambar 4. Penempatan 2



Gambar 5. Penempatan 3

2.5 Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan dilakukan sebagai input dalam analisa struktur. Pada analisis struktur ini terdapat asumsi yang diterapkan dalam menganalisis beban-beban yang bekerja. Beban-beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Adapun perhitungan pembebanan pada struktur ini meliputi:

2.5.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati atau berat sendiri elemen struktur seperti balok, pelat dan kolom akan dihitung otomatis oleh program bantu berdasarkan input data material dan dimensi elemen struktur.

2.5.2 Beban Mati Tambahan (*Superdead Load*)

Beban mati tambahan merupakan beban yang diinput pada balok merupakan beban mati tambahan akibat dinding. Perhitungan beban mati tambahan mengacu kepada PPURG 1987.

Tabel 1. Beban Mati Tambahan

Deskripsi	Nilai	Satuan
Pelat Lantai	161	kg/m ²
Pelat Atap	99	kg/m ²
Balok Lantai Eksternal	768	kg/m ²
Balok Lantai Internal (bata)	734	kg/m ²
Balok Lantai Internal (prastisi)	458	kg/m ²

2.5.3 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang diinput pada pelat adalah beban berdasarkan fungsi bangunan. Perhitungan beban hidup (LL) mengacu kepada SNI 1727:2020.

Tabel 2. Beban Hidup

Fungsi Ruangan	Nilai	Satuan
Ruang Pasien / Petugas / Dokter	1,92	kN/m ²
Ruang Isolasi / Konsul / Tindakan	1,92	kN/m ²
Lobby Lift / Koridor / Tangga Lantai 1	4,79	kN/m ²
Lobby Lift / Koridor / Tangga Lantai 2 – 4	3,83	kN/m ²
Atap	0,96	kN/m ²

2.5.4 Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban gempa dihitung dengan *time history analysis* dengan menggunakan data akselerogram (rekaman percepatan gempa) aktual atau buatan. Data rekaman gempa yang digunakan adalah data rekaman gempa dunia yang pernah terjadi kemudian disesuaikan atau dilakukan *spectral matching* dengan respon spektrum lokasi gedung yang akan diteliti. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019.

2.5.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan SNI 1727:2020. Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$0,9D + 1,0W$$

$$1,2D + Ev + Eh + L$$

$$0,9D - Ev + Eh$$

Untuk kombinasi dengan pengaruh gempa, maka

$$Ev = 0,2SDSD$$

Sehingga untuk beban D dan SDL (superdead) harus dijumlahkan dengan Ev menjadi:

$$D = 1,2D + 0,2SDSD$$

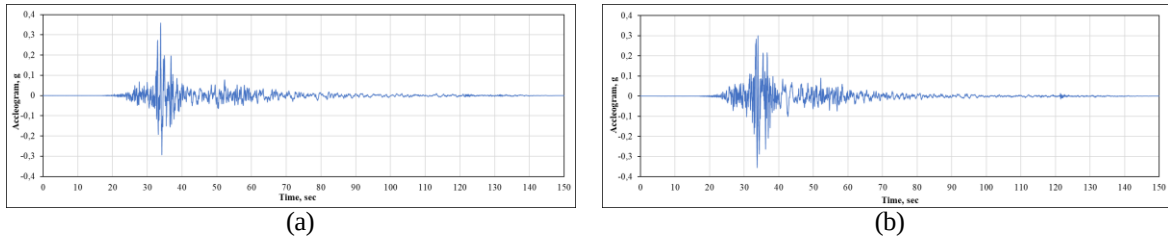
$$D = 0,9D - 0,2SDSD$$

2.6 Time History Analysis

Analisis dinamik riwayat waktu merupakan metode analisis yang digunakan untuk menentukan respons dinamis struktur terhadap gerakan tanah akibat gempa, baik pada struktur yang berperilaku linier maupun nonlinier. Rekaman gempa ini nantinya akan dilakukan pencocokan atau *spectral matching* dengan respon spektrum lokasi gedung yang akan diteliti. Dalam penelitian ini digunakan beberapa rekaman gempa, yaitu:

- 1) Rekaman Gempa Chi-Chi, Taiwan 1999

Gempa Chi-Chi di Taiwan terjadi dengan magnitudo 7,3 dan kedalaman sumber sekitar 8 km. Gempa ini tergolong sangat merusak dan memiliki energi yang besar.



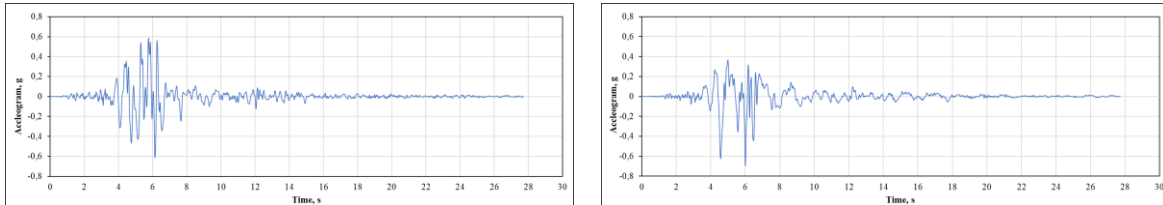
(a)

(b)

Gambar 6. Rekaman Gempa Chi-Chi (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)

2) Rekaman Gempa Kobe, Jepang 1995

Pada 17 Januari 1995, Kota Kobe di Jepang diguncang gempa kuat yang menelan ribuan korban jiwa. Mereka mencatat bahwa kejadian ini merupakan gempa besar pertama yang melanda kota besar di Jepang sejak Perang Dunia II. Gempa ini memiliki magnitudo 6,9.



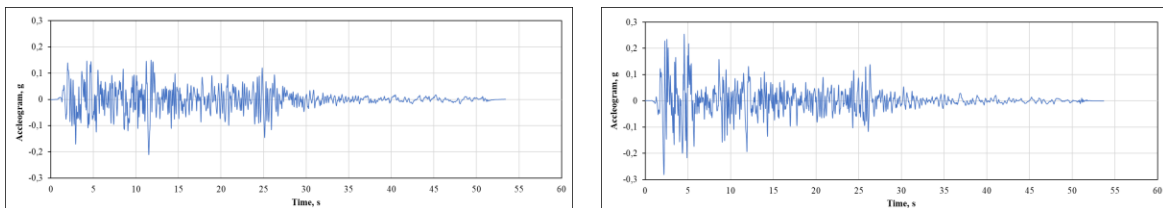
(a)

(b)

Gambar 7. Rekaman Gempa Kobe (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)

3) Rekaman Gempa El Centro 1940

Gempa El Centro yang terjadi di California, Amerika Serikat, merupakan salah satu gempa besar dengan magnitudo 7,1. Akselerogram El Centro 1940 dipilih karena memiliki durasi getaran yang cukup panjang dan dirasakan pada wilayah yang sangat luas, mencapai lebih dari 128.000 km². Beberapa struktur bangunan terbaik pada masanya bahkan mengalami keruntuhan akibat gempa ini.



(a)

(b)

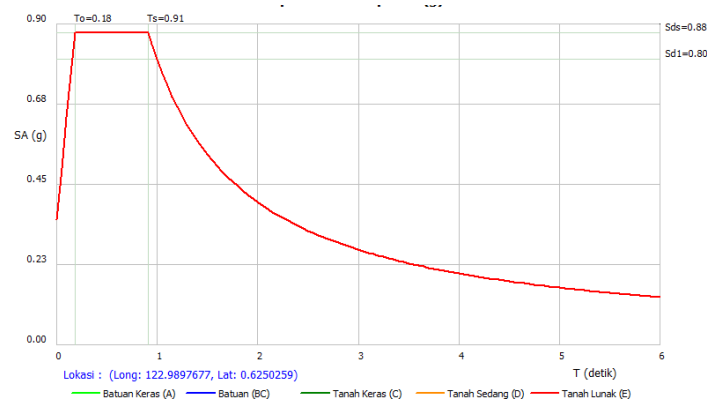
Gambar 8. Rekaman Gempa El Centro (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)

2.7 Analisis Beban Gempa Respon Spektrum

Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam analisis respon spektrum.

Fungsi Gedung = Rumah Sakit
 Kategori Resiko Bangunan = IV
 Faktor Keutamaan Gempa = 1,5
 Klasifikasi Situs = Tanah Lunak (SE)

Parameter-parameter percepatan gempa didapat dari respon spektra yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR. Respon spektra untuk Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Gorontalo disajikan pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik Respon Spektrum Target

Parameter-parameter percepatan gempa sebagai berikut:

Parameter Percepatan Batuan Dasar (S_s dan S_1)

$$S_s = 1,642138 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,6 \text{ g}$$

Faktor Amplifikasi Percepatan (F_a dan F_v)

$$F_a = 0,8$$

$$F_v = 0,2$$

Respons Spektral Percepatan (S_{MS} dan S_{M1})

$$S_{MS} = 1,313710 \text{ g}$$

$$S_{M1} = 1,2 \text{ g}$$

Respons Spektral Desain (S_{DS} dan S_{DI})

$$S_{DS} = 0,875807 \text{ g}$$

$$S_{DI} = 0,8 \text{ g}$$

Periode Getar Fundamental Struktur (S_{MS} dan S_{M1})

$$T_0 = 0,182689 \text{ detik}$$

$$T_s = 0,913443 \text{ detik}$$

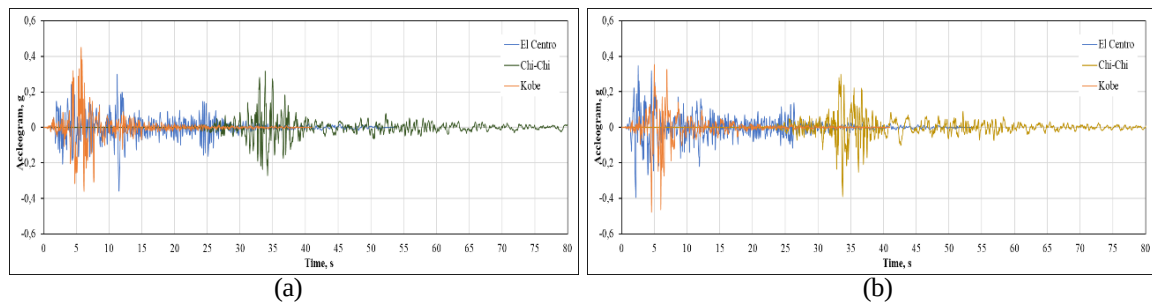
$$T_L = 15 \text{ detik}$$

Parameter-parameter tersebut diinput ke dalam program bantu sebagai beban gempa respon spektrum target yang nantinya akan disesuaikan dengan rekaman gempa.

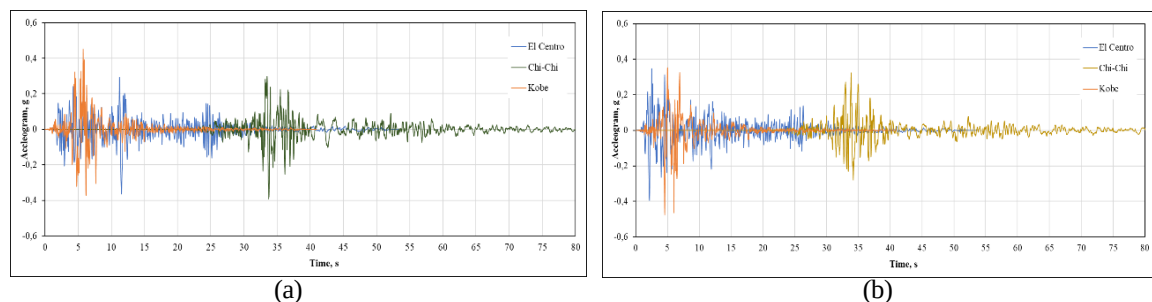
2.7 Spectral Matching

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.2.3. menyatakan bahwa setiap komponen gerak tanah harus dicocokkan secara spektral dalam rentang $0,8 T_{lower} - 1,2 T_{upper}$. Dimana T_{lower} adalah periode getar pada saat 90% partisipasi massa aktual telah terpenuhi pada masing-masing respons dua arah ortogonal dan T_{upper} adalah nilai yang lebih besar di antara dua nilai periode getar fundamental ortogonal. Hasil rekaman yang telah disesuaikan secara spektral harus berada dalam batas $\pm 10\%$ dari respon spektrum target.

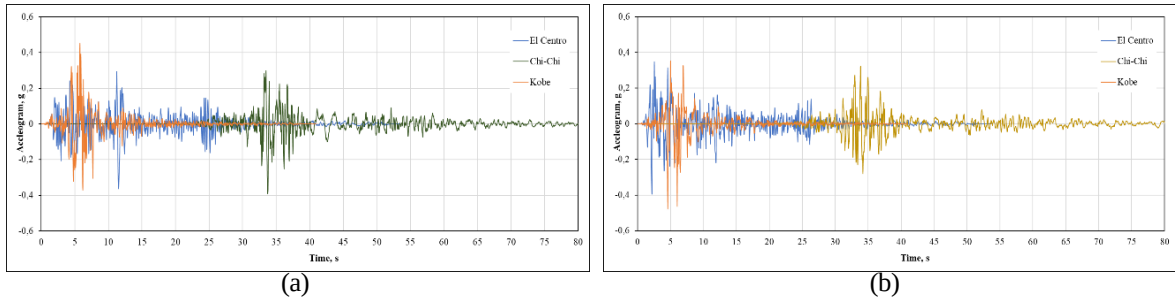
Grafik *acceleration* setelah dilakukan *spectral matching* terhadap gempa respons spektrum target pada setiap model penempatan tangga disajikan pada Gambar 10 s.d Gambar 12.



Gambar 10. Hasil *Spectral Matching* (Penempatan 1) (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)



Gambar 11. Hasil *Spectral Matching* (Penempatan 2) (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)



Gambar 12. Hasil *Spectral Matching* (Penempatan 3) (a) Arah X (Timur-Barat) (b) Arah Y (Utara-Selatan)

2.8 Analisis Data

Data hasil pemodelan 3D dianalisis untuk memperoleh parameter structural utama, meliputi nilai eksentrisitas, bentuk ragam getar (*mode shape*), partisipasi massa, torsi lateral, kekakuan tingkat lunak (*soft story*), serta simpangan antar Tingkat. Analisis ini dilakukan untuk memahami pengaruh variasi penempatan tangga terhadap perilaku dinamis dan stabilitas struktur gedung.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis pada Setiap Penempatan

Pada setiap penempatan akan dihitung nilai dari eksentrisitas, ketidakberaturan torsi dan simpangan antar tingkat.

3.1.1 Eksentrisitas

Eksentrisitas diperoleh dari perbedaan antara posisi pusat massa (CM) dan pusat kekakuan (CR) yang diambil berdasarkan hasil analisis program bantu pada Tabel 3 s.d Tabel 8.

Tabel 3. Eksentrisitas Arah Y (Penempatan 1)

Story	XCM	XCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0,05L \cdot A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	27,8981	27,5212	-0,3769	1	2,8	2,4231	0,043
Story4	27,4979	27,8225	0,3246	1	2,8	3,1246	0,056
Story3	27,5529	27,9993	0,4464	1	2,8	3,2464	0,058
Story2	27,5529	28,1473	0,5944	1	2,8	3,3944	0,061
Story1	27,5885	28,3446	0,7561	1	2,8	3,5561	0,064
Panjang Bentang X (L):							56

Tabel 4. Eksentrisitas Arah Y (Penempatan 1)

Story	YCM	YCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0,05L \cdot A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	10,1668	10,732	0,5652	1	1,05	1,6152	0,077
Story4	10,0016	10,739	0,7374	1	1,05	1,7874	0,085
Story3	9,9588	10,7834	0,8246	1	1,05	1,8746	0,089
Story2	9,9588	10,7953	0,8365	1	1,05	1,8865	0,090
Story1	9,9642	10,7069	0,7427	1	1,05	1,7927	0,085
Panjang Bentang Y (L):							21

Tabel 5. Eksentrisitas Arah X (Penempatan 2)

Story	XCM	XCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0,05L \cdot A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	27,129	26,2909	-0,8381	1	2,8	1,9619	0,035
Story4	26,544	26,551	0,007	1	2,8	2,807	0,050
Story3	26,6075	26,6457	0,0382	1	2,8	2,8382	0,051
Story2	26,6075	26,7041	0,0966	1	2,8	2,8966	0,052
Story1	26,6324	26,7286	0,0962	1	2,8	2,8962	0,052
Panjang Bentang X (L):							56

Tabel 6. Eksentrisitas Arah Y (Penempatan 2)

Story	YCM	YCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0,05L \cdot A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	10,1875	10,3006	0,1131	1	1,05	1,1631	0,055
Story4	9,9367	10,2586	0,3219	1	1,05	1,3719	0,065
Story3	9,9177	10,2638	0,3461	1	1,05	1,3961	0,066

Story2	9,9177	10,2675	0,3498	1	1,05	1,3998	0,067
Story1	9,9148	10,2372	0,3224	1	1,05	1,3724	0,065
Panjang Bentang Y (L):							21

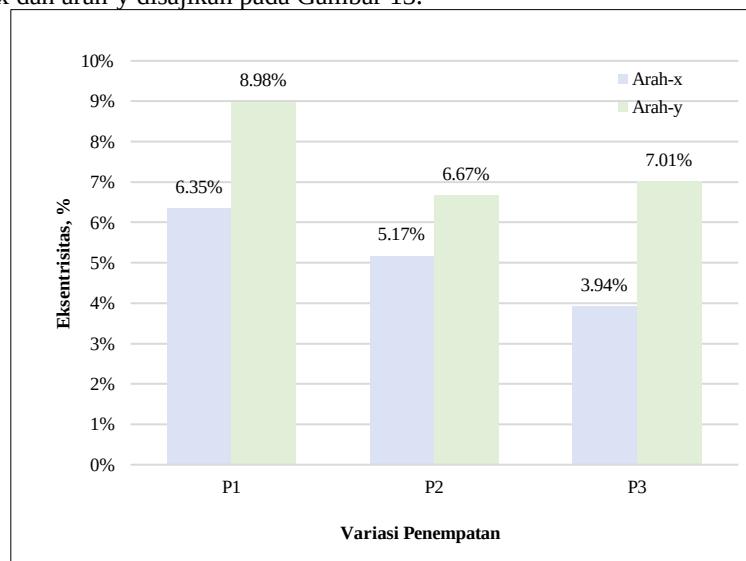
Tabel 7. Eksentrisitas Arah X (Penempatan 3)

Story	XCM	XCR	e_{OX}	A_X	$e_A = 0,05L.A_X$	$e_X = e_{OX} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	27,7787	26,1881	-1,5906	1	2,8	1,2094	0,022
Story4	27,3052	26,471	-0,8342	1	2,8	1,9658	0,035
Story3	27,383	26,5953	-0,7877	1	2,8	2,0123	0,036
Story2	27,3837	26,6902	-0,6935	1	2,8	2,1065	0,038
Story1	27,3962	26,7998	-0,5964	1	2,8	2,2036	0,039
Panjang Bentang X (L):							56

Tabel 8. Eksentrisitas Arah Y (Penempatan 3)

Story	YCM	YCR	e_{OY}	A_Y	$e_A = 0,05L.A_Y$	$e_Y = e_{OY} + e_A$	Rasio Eksentrisitas
Story5	9,752	9,6755	-0,0765	1	1,05	0,9735	0,050
Story4	9,4105	9,6519	0,2414	1	1,05	1,2914	0,061
Story3	9,4073	9,6799	0,2726	1	1,05	1,3226	0,063
Story2	9,4074	9,739	0,3316	1	1,05	1,3816	0,066
Story1	9,4014	9,8242	0,4228	1	1,05	1,4728	0,070
Panjang Bentang Y (L):							21

Pada arah X nilai eksentrisitas terbesar terjadi pada penempatan 1 sebesar 6,35%, dan yang terkecil terjadi pada penempatan 3 sebesar 3,94%. Sedangkan pada arah Y nilai eksentrisitas terbesar terjadi pada penempatan 1 sebesar 8,98%, dan yang terkecil terjadi pada penempatan 2 sebesar 6,67%. Perbandingan Rasio Eksentrisitas arah-x dan arah-y disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Rasio Eksentrisitas Arah X dan Y

3.1.2 Ketidakberaturan Torsi

Ketidakberaturan torsi dikontrol dengan melihat nilai simpangan antar tingkat maksimum pada suatu sisi sudut terluar bangunan melebihi 120% atau 140% simpangan rata-rata antar tingkat pada kedua sudut terluar bangunan. Rasio torsi lateral disajikan pada Tabel 9 s.d Tabel 11.

Tabel 9. Perbandingan Rasio Torsi Lateral (Penempatan 1)

Story	Chi- Chi		Kobe		El Centro	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Story5	1,1140	1,1117	1,1398	1,1532	1,1261	1,2430
Story4	1,0616	1,1921	1,1304	1,2297	1,1010	1,3130
Story3	1,0677	1,2249	1,1153	1,2149	1,0972	1,3216
Story2	1,0687	1,2264	1,1120	1,2065	1,0918	1,3107
Story1	1,0634	1,2025	1,1058	1,2009	1,0818	1,2880

Tabel 10. Perbandingan Rasio Torsi Lateral (Penempatan 2)

Story	Chi- Chi		Kobe		El Centro	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Story5	1,0680	1,1584	1,0692	1,0692	1,0708	1,1763
Story4	1,0033	1,0923	1,0083	1,0083	1,0075	1,1154
Story3	1,0032	1,0669	1,0062	1,0062	1,0076	1,0944
Story2	1,0023	1,0487	1,0047	1,0047	1,0066	1,0813
Story1	1,0024	1,0348	1,0043	1,0043	1,0067	1,0737

Tabel 11. Perbandingan Rasio Torsi Lateral (Penempatan 3)

Story	Chi- Chi		Kobe		El Centro	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Story5	1,0772	1,1859	1,0938	1,1542	1,0997	1,2080
Story4	1,0200	1,1147	1,0472	1,0882	1,0537	1,1439
Story3	1,0203	1,0853	1,0417	1,0520	1,0528	1,1193
Story2	1,0195	1,0628	1,0382	1,0462	1,0528	1,1041
Story1	1,0179	1,0450	1,0357	1,0474	1,0511	1,0926

3.1.3 Simpangan antar Tingkat (*Drift*)

Simpangan antar tingkat (*drift*) merupakan perbedaan perpindahan horizontal antara satu lantai dengan lantai di bawahnya. Hasil nilai simpangan antar tingkat (*drift*) akibat beban gempa *time history* arah x dan arah y di ketiga model penempatan dapat dilihat pada Tabel 12 s.d Tabel 14.

Tabel 12. Simpangan antar Tingkat Penempatan 1

Story	Drift Izin	Chi-Chi		Kobe		El Centro	
		<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>
Story5	40	19,73	18,90	10,72	13,49	17,64	13,49
Story4	40	36,04	34,69	23,27	25,90	33,02	25,90
Story3	40	49,35	45,83	34,31	37,15	44,19	37,15
Story2	40	54,75	49,64	40,21	44,00	48,33	44,00
Story1	40	35,95	32,22	27,45	30,48	31,62	30,48

Tabel 13. Simpangan antar Tingkat Penempatan 2

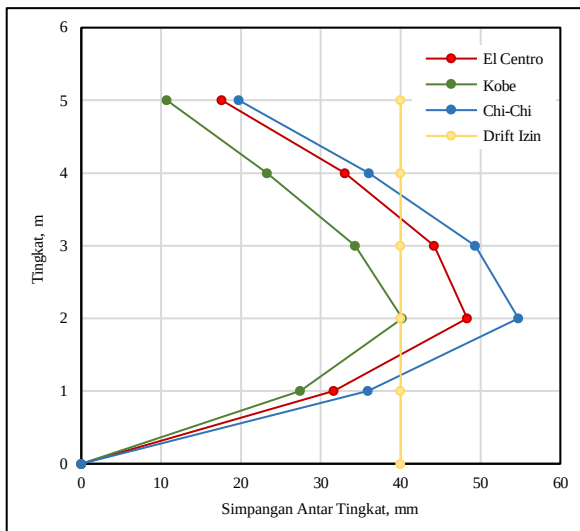
Story	Drift Izin	Chi-Chi		Kobe		El Centro	
		<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>
Story5	40	23,79	19,60	17,42	15,21	19,98	20,63
Story4	40	40,29	31,79	29,84	25,44	34,98	32,80
Story3	40	54,21	42,27	42,43	36,82	47,97	42,78
Story2	40	58,60	45,97	49,94	43,44	52,99	45,65
Story1	40	37,28	30,09	34,06	30,17	34,82	29,34

Tabel 14. Simpangan antar Tingkat Penempatan 3

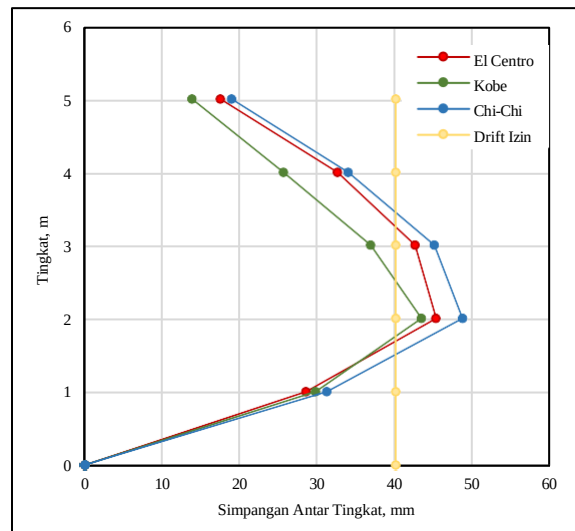
Story	Drift Izin	Chi-Chi		Kobe		El Centro	
		<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>	<i>Drift X</i>	<i>Drift Y</i>
Story5	40	24,28	19,70	9,78	8,45	20,32	20,58
Story4	40	40,82	31,92	16,48	14,13	34,94	32,73
Story3	40	54,84	42,47	23,42	20,46	47,98	42,75
Story2	40	59,20	46,19	27,54	24,15	52,96	45,63
Story1	40	37,64	30,27	18,79	16,78	34,85	29,35

3.2 Perbandingan Simpangan antar Tingkat

Berdasarkan hasil perbandingan simpangan antar tingkat pada setiap variasi penempatan, baik pada arah x maupun arah y, beban gempa Chi-Chi menghasilkan nilai simpangan antar tingkat (*drift*) terbesar, dimana nilai yang paling signifikan umumnya terjadi pada lantai 2 dan lantai 3 serta melampaui batas *drift* yang diizinkan. Sementara itu, beban gempa Kobe memberikan simpangan antar tingkat terkecil. Hasil perbandingan simpangan antar tingkat disajikan pada Gambar 13 s.d Gambar 15.

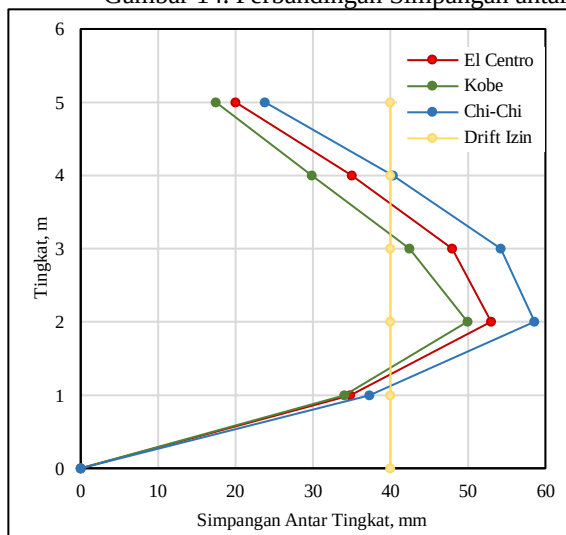


(a)

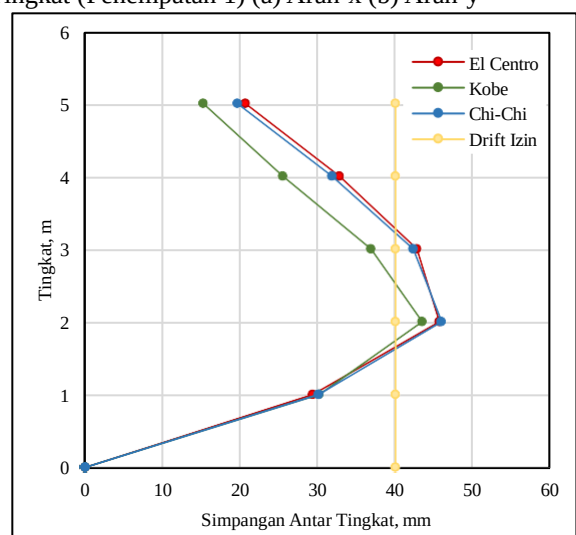


(b)

Gambar 14. Perbandingan Simpangan antar Tingkat (Penempatan 1) (a) Arah-x (b) Arah-y

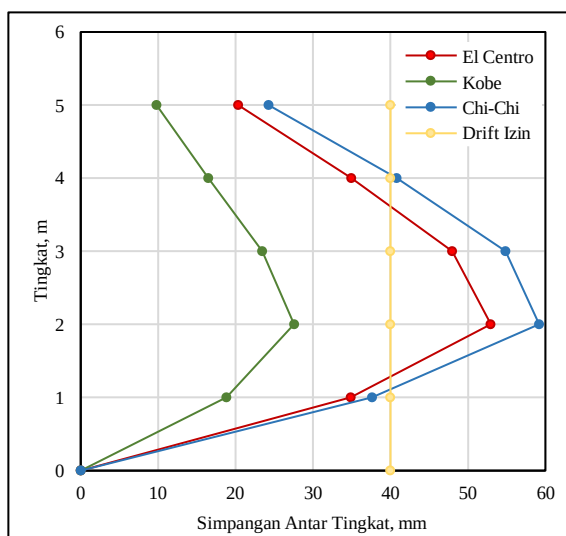


(a)

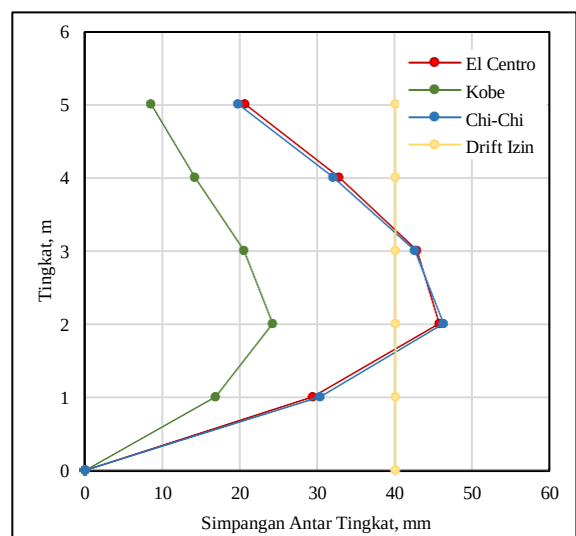


(b)

Gambar 15. Perbandingan Simpangan antar Tingkat (Penempatan 2) (a) Arah-x (b) Arah-y



(a)



(b)

Gambar 16. Perbandingan Simpangan antar Tingkat (Penempatan 3) (a) Arah-x (b) Arah-y

4 KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis respons struktur akibat beban gempa menggunakan metode *time history*, dapat disimpulkan bahwa beban gempa Chi-Chi menghasilkan simpangan antar tingkat (*drift*) terbesar pada seluruh variasi penempatan tangga, diikuti oleh gempa El Centro, sedangkan gempa Kobe memberikan respons *drift* paling kecil. Perbedaan penempatan tangga terbukti memengaruhi distribusi kekakuan lateral struktur, sehingga menghasilkan variasi nilai *drift* pada masing model. Namun demikian secara umum, ketiga variasi penempatan tangga belum memenuhi batas *drift* yang diizinkan, terutama saat struktur dikenai beban gempa Chi-Chi.

4.2 Saran

Struktur gedung yang ditinjau pada penelitian ini hanya terdiri dari 5 lantai, diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat meninjau gedung yang memiliki ketinggian lebih dari 5 lantai. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode analisis yang lain, seperti analisis nonlinier *time history* dan analisis nonlinier *pushover*.

REFERENSI

- Ahmad, S., Saleh Nur, K., & Gani, M. (2025). Pengaruh Penempatan Tangga Terhadap Eksentrisitas Bangunan Gedung 5 Lantai (Studi Kasus: Gedung Rawat Inap RSUD dr. Hasri Ainun Habibie). In *Research Review Jurnal Ilmiah Multidisiplin* (Vol. 4, Issue 2).
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BMKG. (2020). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia*
- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)*. 1987.
- Harsoyo, Y. A. (2016). Pengaruh Pemodelan Elemen Tangga pada Gedung Beton Bertulang terhadap Beban Gempa: Studi Kasus Gedung Hotel Tajem Paradise City Yogyakarta 5 Lantai. *Semesta Teknika*, 19(2), 142–147.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat *Desain Spektra Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, 2021.
- Kautsar, Z. A. (2019). Pengaruh Penempatan Posisi Tangga terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang akibat Beban Gempa (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Universitas Mataram).
- Noorifard, A., & Tabeshpour, M. R. (2018). Effects of Staircase on the Seismic Behavior of RC Moment Frame Buildings. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 11(4), 105–122. <https://doi.org/10.21307/acee-2018-058>
- Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). (2014). *PEER Ground Motion Database*.
- Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons.
- Silitonga, R. A. P., Simatupang, P. H., & Messah, Y. A. (2023). Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Takberaturan akibat beban gempa. *12 No 1(Jurnal Teknik Sipil)*.
- Subrianto, A. (2023). Studi Efek Pemodelan Struktur Tangga Pada Bangunan Ruko 3 Tingkat Akibat Beban Gempa. *Pilar*, 18(01), 25–32.
- Takesan, J. H., Simatupang, P. H., & Bunganaen, W. (2021). Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Beraturan Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Software Etabs. *Jurnal Forum Teknik Sipil (J-ForTekS)*, 1(2), 48–59. <https://doi.org/10.35508/forteks.v1i2.4886>
- Wicaksono, M. G. (2007). Analisis Pengaruh Elemen Tangga Terhadap Nilai Kekakuan Pada Struktur Bangunan Gedung Bertingkat.