
**ANALISIS KINERJA STRUKTUR TAHAN GEMPA BERDASARKAN RESPON
SPEKTRA TERHADAP SIMPANGAN DI KOTA MEDAN**

Haviza Anggraini¹, Ernie Shinta Y. Sitanggang², Parman³, Mizanuddin Sitompul⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Medan

Email: havizaanggraini@gmail.com¹, erniesitanggang@polmed.ac.id²,
parman@polmed.ac.id³, mizanuddinsitompul@polmed.ac.id⁴

Abstrak: Kota Medan merupakan salah satu wilayah dengan tingkat risiko gempa bumi yang tinggi di Indonesia, sehingga evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa menjadi aspek penting dalam perancangan bangunan. Penelitian ini menganalisis kinerja struktur Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan menggunakan dua metode analisis dinamis, yaitu Respon Spektra, berdasarkan SNI 1726:2019, ACI 318-14, dan ASCE 7-16. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mempertimbangkan beban mati, beban hidup, serta beban gempa untuk bangunan kategori risiko III. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen-elemen utama struktur berada dalam kondisi aman. Kolom mengalami gaya aksial maksimum sebesar -165,65 kN, balok utama menerima momen lentur maksimum -277,94 kNm dan gaya geser maksimum 143,36 kN. Pelat dua arah setebal 120 mm menunjukkan gaya geser maksimum 12,4 kN, yang masih dalam kapasitas izin berdasarkan ketentuan ACI 318-14 dengan *shear reduction factor* (ϕ) = 0,75. Analisis Respon Spektra menghasilkan gaya geser dasar (*base shear*) sebesar 25.976,89 kN dengan parameter gempa SDS = 0,601 g dan SD1 = 0,599 g. Evaluasi simpangan antar lantai arah EQ X menunjukkan nilai maksimum sebesar 20,418 mm, sedangkan arah EQ Y menunjukkan nilai maksimum hanya sebesar 18,722 mm. Kedua hasil tersebut, berada jauh di bawah batas izin 60 mm sesuai SNI 1726:2019. Tidak ditemukan elemen struktur yang mengalami *overstress*, sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur bekerja secara elastis dan memiliki kekakuan lateral yang baik. Pendekatan kombinasi metode dinamis memberikan validasi menyeluruh terhadap kinerja seismik struktur. Dengan demikian, struktur dinyatakan aman terhadap beban gempa rencana dan layak digunakan sebagai bangunan vital seperti rumah sakit.

Kata Kunci: Analisis Struktur, Respon Spektra, ETABS, Simpangan Antar Lantai, Gaya Geser Dasar, Kinerja Seismik.

Abstract: The city of Medan is one of the areas with a high risk of earthquakes in Indonesia, so evaluating the performance of structures under seismic loads is an important aspect of building design. This study analyzes the structural performance of the Tower I Inpatient Building at Haji Medan General Hospital using two dynamic analysis methods: Response Spectra, based on SNI 1726:2019, ACI 318-14, and ASCE 7-16. Modeling was conducted using ETABS software, considering dead loads, live loads, and earthquake loads for a building categorized as Risk Category III. The analysis results indicate that the main structural elements are in a safe condition. The columns experience a maximum axial force of -165.65 kN, the main

beams receive a maximum bending moment of -277.94 kNm, and a maximum shear force of 143.36 kN. The 120 mm thick two-way slab shows a maximum shear force of 12.4 kN, which is still within the allowable capacity according to ACI 318-14 with a shear reduction factor (ϕ) = 0.75. The Spectral Response Analysis yields a base shear force of 25,976.89 kN with earthquake parameters $SDS = 0.601$ g and $SDI = 0.599$ g. The evaluation of inter-story drifts in the EQ X direction shows a maximum value of 20.418 mm, while the EQ Y direction shows a maximum value of only 18.722 mm. Both results are well below the allowable limit of 60 mm according to SNI 1726:2019. No structural elements were found to be overstress, so it can be concluded that the structure operates elastically and has good lateral stiffness. The combined dynamic method approach provides comprehensive validation of the structure's seismic performance. Therefore, the structure is deemed safe against design earthquake loads and suitable for use as a vital building such as a hospital.

Keywords: Structural Analysis, Spectral Response, ETABS, Interstory Drift, Base Shear Force, Seismic Performance.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada Cincin Api Pasifik, sehingga memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang sangat tinggi akibat pertemuan empat lempeng utama. Berdasarkan data BNPB, sepanjang tahun 2023 tercatat 18 kali gempa di Indonesia, termasuk di Sulawesi Selatan dengan magnitudo 5,3, dan pada awal 2024 kembali terjadi gempa bermagnitudo 4,8. Tingginya frekuensi gempa menegaskan pentingnya perencanaan struktur bangunan yang memenuhi standar keamanan, seperti SNI 1726:2019 yang mengacu pada ACI dan IBC.

Kota Medan sendiri termasuk wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap gempa bumi (BNPB, 2016). Oleh karena itu, diperlukan analisis struktur bangunan yang dirancang di wilayah ini untuk memastikan kinerjanya terhadap beban gempa.

Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan setinggi 9 lantai, yang merupakan fasilitas vital pelayanan kesehatan. Analisis dilakukan dengan bantuan ETABS menggunakan metode respons spektra untuk mengevaluasi simpangan antar lantai dan kinerja struktur terhadap gempa.

Judul penelitian “Analisis Kinerja Struktur Tahan Gempa Berdasarkan Respons Spektra terhadap Simpangan di Kota Medan” dipilih untuk menekankan pentingnya penerapan analisis gempa pada bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan struktur bangunan yang lebih aman dan andal di masa mendatang.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini ialah :

- a. Apakah dimensi struktur (kolom, balok, pelat lantai, dan pelat atap) pada bangunan gedung rawat inap tower I RSUD Haji mampu memikul beban gempa sesuai standar yang berlaku?
- b. Apakah deformasi antar lantai memenuhi batas simpangan izin berdasarkan standar yang berlaku?
- c. Bagaimana hasil analisis beban gempa menggunakan metode respon spektra pada proyek pembangunan gedung rawat inap tower I RSUD Haji?

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini ialah :

- a. Data Proyek yang digunakan adalah kumpulan data Perencanaan Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan yang terdiri dari dokumen *Detail Engineering Design (DED)*.
- b. SNI yang akan digunakan ialah :
 - SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-Gedung.
 - SNI 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural.
 - SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- c. Elemen struktur yang dianalisis meliputi kolom, balok, pelat lantai, dan pelat atap.
- d. Analisis struktur menggunakan aplikasi *Software ETABS*.
- e. Metode analisis kegempaan yang diterapkan adalah analisis dinamis dengan menggunakan metode respon spektra.

Tujuan Skripsi

Adapun tujuan dari skripsi ini ialah:

- a. Menganalisis gaya geser dasar (*base shear*) yang terjadi pada struktur bangunan Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan akibat beban gempa berdasarkan metode respon spektra dan analisis riwayat waktu sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1726:2019.

- b. Menganalisis simpangan antar lantai (*interstory drift*) yang terjadi akibat beban gempa dan mengevaluasi apakah nilai simpangan tersebut memenuhi batas simpangan izin yang dipersyaratkan dalam standar yang berlaku.
- c. Menghasilkan analisis metode respon spektra terhadap gaya geser dasar dan simpangan antar lantai untuk menentukan metode yang memberikan representasi kinerja struktur paling optimal dalam menghadapi beban gempa.

Manfaat Skripsi

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini ialah :

- a. Menambah wawasan dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam analisis dan evaluasi kinerja struktur tahan gempa menggunakan metode respon spektra dan analisis riwayat waktu.
- b. Menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut yang berfokus pada optimalisasi desain struktur terhadap beban gempa guna meningkatkan ketahanan bangunan.
- c. Memberikan rekomendasi praktis bagi perencana dan pelaksana proyek dalam meningkatkan efektivitas desain dan keamanan struktur bangunan di kawasan rawan gempa.

METODE PENELITIAN

1) Lokasi, Waktu dan Jadwal Penelitian

Berikut merupakan data umum Proyek Pembangunan Tower I RSUD Haji Medan:

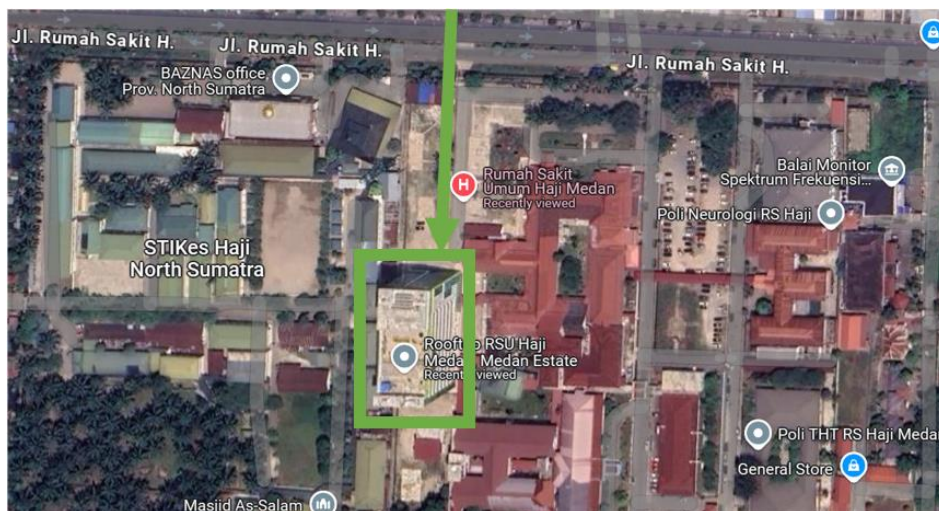
Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan
Lokasi Proyek	: Jalan Rumah Sakit Haji No. 47, Kenangan Baru, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20371
Nilai Kontrak	: Rp. 169.000.000.000,00
Sumber Dana	: APBD Sumatera Utara
Jenis Bangunan Konstruksi	: Gedung rumah sakit bertingkat sembilan lantai yang terdiri dari satu lantai basement dan delapan lantai di atasnya, dengan fasilitas rawat inap, ruang hemodialisa, VIP, VVIP, serta <i>rooftop garden</i> .
Jangka Waktu Pelaksanaan	: 450 Hari Kalender

Jangka Masa Pemeliharaan : 180 Hari Kalender

Kontaktor Pelaksana : PT. Adhi Karya – Penta Architecture, KSO

Manajemen Konstruksi (MK): PT. Artefak Arkindo

Lokasi pelaksanaan proyek dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Denah Lokasi Proyek

(Sumber: www.google.com/maps/place/)

2) Alat dan Bahan Pembuatan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan ETABS v22 sebagai perangkat utama analisis struktur, serta Microsoft Word dan Excel untuk pengolahan data. Alat pendukung lainnya berupa laptop dan kalkulator.

Data yang digunakan meliputi spesifikasi teknis proyek dan gambar Detail Engineering Design (DED) Gedung Rawat Inap Tower I RSU Haji Medan sebagai dasar perencanaan dan pemodelan struktur.

3) Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa:

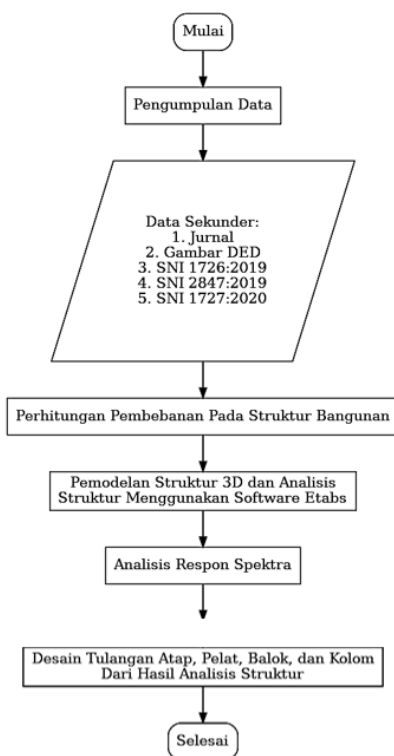
1. Data sekunder, meliputi gambar Detail Engineering Design (DED) proyek Gedung Rawat Inap Tower I RSU Haji Medan.
2. Studi literatur, berupa referensi dari buku, jurnal, serta standar perencanaan struktur (SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020)

4) Metode Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan secara dinamis elastis menggunakan metode respons spektra sesuai SNI 1726:2019. Pemodelan struktur dilakukan dengan software ETABS, meliputi kolom, balok, pelat lantai, dan pelat atap. Beban gempa dihitung berdasarkan peta spektrum percepatan desain wilayah Medan.

5) Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menganalisis kinerja struktur tahan gempa dengan respon spektra terhadap simpangan menggunakan *software* ETABS. Data gempa dikumpulkan dan dianalisis (Gambar 3.2) sebagai dasar pemodelan. Hasil evaluasi dibahas sebelum kesimpulan dan rekomendasi diberikan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Data Pribadi)

6) Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan urutan atau tata cara yang dilaksanakan secara sistematis dan logis sesuai dasar teori permasalahan sehingga di dapat hasil yang akurat untuk mencapai tujuan penelitian. Adapun alur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perumusan masalah dan studi pustaka.
2. Pengumpulan data proyek dan standar perencanaan.
3. Pemodelan struktur dengan ETABS.
4. Penentuan beban gempa dan pembebanan struktur.
5. Analisis respons spektra serta kontrol hasil terhadap standar SNI.
6. Evaluasi kemampuan struktur terhadap beban gempa.
7. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019. Beban yang diperhitungkan meliputi:

1. Beban Mati (DL): terdiri dari berat sendiri struktur (beton bertulang 24 kN/m^3 , baja $78,5 \text{ kN/m}^3$) dan beban mati tambahan berupa:
 - Dinding bata ringan: $3,00 \text{ kN/m}$
 - ACP (balok pinggir): $0,45 \text{ kN/m}$
 - Bidang kolom: $5,00 \text{ kN}$
 - *Finishing* lantai + plafond: $1,25 \text{ kN/m}^2$
 - Atap (*waterproofing* + *screed*): $0,75 \text{ kN/m}^2$
2. Beban Hidup (LL): ditetapkan sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ sesuai fungsi gedung sebagai fasilitas kesehatan.
3. Beban Gempa (EQ): ditentukan dengan metode respons spektrum berdasarkan parameter peta gempa Kota Medan. Gedung termasuk Kategori Risiko III dengan faktor keutamaan gempa $I_e = 1,25$.

Pemodelan Struktur

Pemodelan dilakukan menggunakan ETABS v22 berdasarkan gambar DED Gedung Tower I RSUD Haji Medan. Model terdiri dari elemen balok, kolom, pelat lantai, dan pelat atap.

1. Material: beton $f'_c = 35 \text{ MPa}$, baja tulangan BJTS 420 MPa .
2. Asumsi pemodelan:
 - Taraf penjepitan lateral dianggap jepit penuh pada dasar struktur.
 - Pelat dimodelkan sebagai diafragma kaku.

- Elemen pelat dimodelkan dengan mesh 4x4 untuk akurasi distribusi beban.
 - *Rigid zone factor* ditetapkan 0,5 agar kekakuan sambungan lebih realistis.
3. Sistem struktur: rangka beton bertulang dengan tinggi 9 lantai.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban ditentukan mengacu pada SNI 1726:2019 dengan faktor redundansi $p = 1,0$. Total 18 kombinasi beban dianalisis, mencakup:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- $1,2 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ EQ}_x \pm 0,3 \text{ EQ}_y$
- $1,2 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ EQ}_y \pm 0,3 \text{ EQ}_x$
- $0,9 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ EQ}_x$
- $0,9 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ EQ}_y$

dan variasinya untuk kondisi terburuk.

Hasil Analisis

1. Gaya Dalam Elemen Struktur

Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya maksimum pada elemen struktur masih dalam batas aman:

- Kolom (C1, Lantai Dak): gaya aksial -165,65 kN, momen lentur maksimum 80,79 kNm, dan torsi 39,48 kNm, semuanya di bawah kapasitas rencana.
- Balok (B2, Lantai Dak): momen lentur maksimum -277,94 kNm dan gaya geser 143,36 kN, masih lebih kecil dibanding kapasitas rencana (350 kNm dan 180 kN).
- Pelat: tebal 120 mm dengan gaya geser maksimum 12,4 kN, dinyatakan aman.

2. Parameter Seismik dan Klasifikasi Situs

Berdasarkan data tanah lokasi proyek (Medan), diperoleh nilai rata-rata N-SPT $9,105 < 15$ sehingga tergolong tanah lunak (SE). Parameter seismik hasil perhitungan adalah $\text{SDS} = 0,601 \text{ g}$ dan $\text{SD1} = 0,599 \text{ g}$. Bangunan termasuk Kategori Risiko III (fasilitas kesehatan vital) dengan faktor keutamaan $I_e = 1,25$.

3. Kategori Desain Seismik dan Sistem Struktur

Dengan parameter gempa tersebut, bangunan termasuk Kategori Desain Seismik D. Sistem yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan $R = 8$, $C_d = 5,5$, dan $\Omega = 3$.

4. Periode Struktur

Hasil analisis ETABS menunjukkan periode fundamental:

- Arah X = 1,67 detik
- Arah Y = 0,49 detik

Nilai ini sesuai dengan perhitungan empiris menurut SNI 1726:2019.

5. Gaya Geser Dasar dan Penskalaan

Gaya geser dasar dari analisis respons spektrum adalah sekitar 18.650 kN, sedangkan perhitungan manual menghasilkan 27.625 kN. Setelah penskalaan, gaya gempa yang digunakan sesuai ketentuan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1.

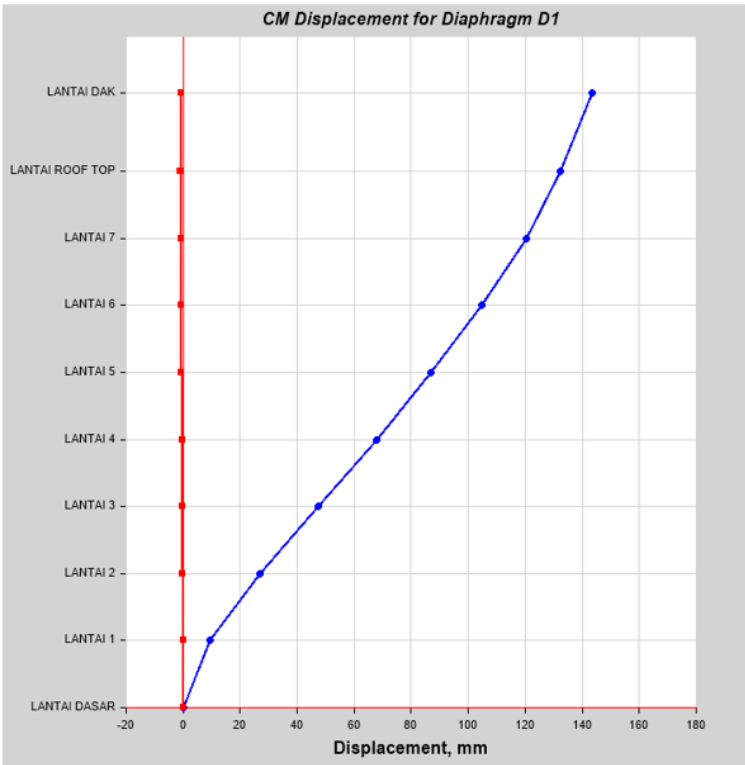
6. Simpangan Antar Tingkat

Simpangan maksimum struktur terjadi di lantai paling atas (Dak):

- *Displacement X (Global X)* = 9,75 mm
- *Displacement Y (Global Y)* = 1,57 mm

Untuk pengecekan syarat : Tidak melebihi simpangan izin, yakni ≤ 60 mm (OK)

a. Simpangan Izin Antar Lantai Arah X



Gambar 4. 59 Grafik CM Displacement EQ X
(Sumber: Data Pribadi)

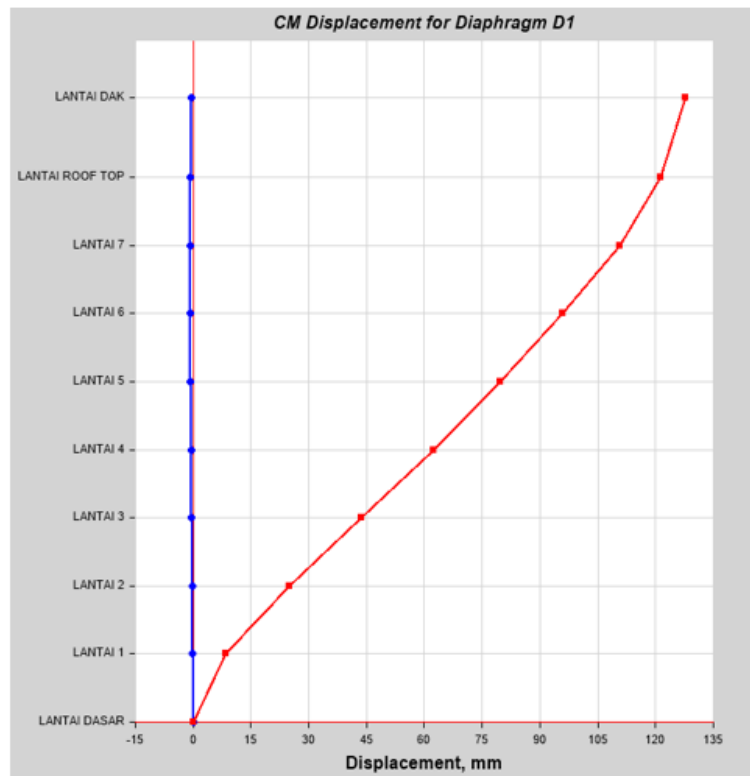
Tabel 4. 12 Story Response Terhadap Interstory Drift EQ X

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Interstory Drift EQ X
	m		mm	mm	
LANTAI DAK	36,7	Top	143,559	-0,557	11,119
LANTAI ROOF TOP	32	Top	132,440	-0,829	11,864
LANTAI 7	28	Top	120,576	-0,779	15,701
LANTAI 6	24	Top	104,875	-0,616	17,808
LANTAI 5	20	Top	87,067	-0,463	19,262
LANTAI 4	16	Top	67,805	-0,352	20,418
LANTAI 3	12	Top	47,387	-0,250	20,348
LANTAI 2	8	Top	27,039	-0,126	17,786
LANTAI 1	4	Top	9,253	-0,042	9,253
LANTAI DASAR	0	Top	0	0	0
Max Interstory Drift EQ X					20,418

Sumber: Data Pribadi

Keterangan : Maka, *Max Interstory Drift* EQ X = 20,418 mm $\leq$ 60 mm $\rightarrow$ OK

b. Simpangan Izin Antar Lantai Arah Y



Gambar 4. 60 Grafik CM Displacement EQ Y

Tabel 4. 13 Story Response Terhadap Interstory Drift EQ Y

Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Interstory Drift EQ Y
	m		mm	mm	mm
LANTAI DAK	36,7	Top	-0,498	127,623	6,447
LANTAI ROOF TOP	32	Top	-0,676	121,176	10,521
LANTAI 7	28	Top	-0,758	110,655	14,767
LANTAI 6	24	Top	-0,705	95,888	16,237
LANTAI 5	20	Top	-0,630	79,651	17,357
LANTAI 4	16	Top	-0,553	62,294	18,535
LANTAI 3	12	Top	-0,436	43,759	18,722
LANTAI 2	8	Top	-0,255	25,037	16,522
LANTAI 1	4	Top	-0,069	8,515	8,515
LANTAI DASAR	0	Top	0	0	0
Max Interstory Drift EQ Y					18,722

Sumber: Data Pribadi

Keterangan : Maka, *Max Interstory Drift* EQ Y = 18,722 mm $\leq$ 60 mm $\rightarrow$ OK

7. Analisis Respon Spektra

Analisis ini menggunakan fungsi RSU. Rumah Sakit Haji dari output ETABS, dengan data yang diperoleh dari menu sebagai berikut:

Define $\rightarrow$ Functions $\rightarrow$ Response Spectrum

Parameter yang digunakan:

- Faktor Keutamaan (I) = 1,25
- Faktor Reduksi Gempa (R) = 8
- Beban Bangunan (W) = 276.255,33 kN
- Percepatan Spektra Maksimum (Sa) = 0,6059 g (diambil dari fungsi RS di ETABS)

Perhitungan Gaya Gempa Desain (Fe):

$$Fe = \frac{Sa(T) \cdot W \cdot I}{R}$$

$$Fe = \frac{0,6059 (276.255,33) \cdot 1,25}{8} = 25.976,89 \text{ kN}$$

Jadi, gaya gempa desain berdasarkan metode Respons Spektra adalah 25.976,89 kN.

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis ETABS, elemen struktur utama menunjukkan kinerja yang aman dan sesuai standar:

Kolom: gaya aksial maksimum sebesar -165,65 kN, masih lebih kecil dari kapasitas nominal 200 kN.

Balok: momen lentur maksimum -277,94 kNm dan gaya geser maksimum 143,36 kN, keduanya masih di bawah kapasitas rencana (350 kNm dan 180 kN).

Pelat: pelat beton bertulang dua arah tebal 120 mm dengan gaya geser maksimum 12,4 kN, masih di bawah kapasitas geser izin.

Analisis gempa dengan metode respons spektra menghasilkan gaya dasar gempa (*base shear*) sebesar 25.976,89 kN. Kontrol simpangan antar lantai menunjukkan nilai maksimum 20,418 mm (arah X) dan 18,722 mm (arah Y), jauh di bawah batas izin 60 mm sesuai SNI 1726:2019 dan ASCE 7-16.

Secara keseluruhan, struktur Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan memiliki kapasitas memadai, kekakuan lateral yang baik, serta memenuhi ketentuan desain gempa (ACI 318-14, ASCE 7-16, dan SNI 1726:2019). Struktur dinyatakan aman terhadap beban gempa rencana.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis struktur Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji Medan dengan metode respons spektra:

1. Elemen struktur (kolom, balok, pelat lantai, pelat atap) memenuhi syarat kapasitas berdasarkan ACI 318-14 dan SNI 1726:2019, tanpa mengalami *overstress*.
2. Simpangan antar lantai maksimum 20,418 mm (arah X) dan 18,722 mm (arah Y), masih di bawah batas izin 60 mm, sehingga struktur aman terhadap deformasi lateral.
3. Massa partisipasi mode utama arah X (93,06%) dan Y (93%) melampaui syarat minimum 90% sesuai SNI 1726:2019.
4. Secara keseluruhan, struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dinyatakan stabil, aman, dan layak terhadap beban gempa.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari hasil analisis struktur Gedung Rawat Inap Tower I RSUD Haji yang telah dilakukan menggunakan metode respons spektra, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan studi sejenis maupun peningkatan kualitas desain struktur bangunan gedung bertingkat di masa mendatang:

1. Gunakan data spektrum respons lokal (Mikrozonasi Medan) agar hasil lebih akurat.
2. Lakukan analisis nonlinear statik (*pushover*) untuk mengevaluasi kapasitas ultimit dan daktilitas.
3. Tinjau lebih lanjut *detailing* tulangan dan sambungan balok–kolom sesuai SNI 2847:2019.
4. Perhatikan kinerja operasional pasca-gempa, khususnya jalur evakuasi, aksesibilitas, dan elemen non-struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldianto, R. (2017). Analisa Perhitungan Bangunan dengan Metode ETABS Versi 9.7.2. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(3), 78-89
- American Concrete Institute (ACI). (2019). *ACI 318-19 - Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills, MI: ACI
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2016). *ASCE 7-16 - Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston, VA: ASCE
- Asroni, A. (2009). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Andi
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2016). *Kajian Risiko Bencana (KRB) Kota Medan Tahun 2016:2020*. Jakarta: BNPB
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)*. Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa*
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*. Jakarta: BSN
- Bayyinah, A. (2017). Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan *Time History* untuk Desain Gedung. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 45-56
- Beer, F.P., Johnston, E.R. Jr., & DeWolf, J.T. (1996). *Mekanika Teknik* (Edisi Ketiga). Jakarta: Erlangga
- Hendra, L.V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Metode Sistem Ganda (Dual System). *Construction and Material Journal*, 3(3), 189-196
- Imran, I., & Fajar, A. (2014). Prinsip Perancangan dan Pelaksanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 21(4), 233-245
- Mochammad, I. (2020). Metode Analisis Perhitungan Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 123-135
- Moehle, J.P. (2014). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. New York: McGraw-Hill Education
- Paulay, T., & Priestley, M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: John Wiley & Sons
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 10 Tahun 2014 tentang

Pedoman Teknis Bangunan Gedung Negara

Saputra, A., & Firmanto, A. (2017). Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, 6(6)

Universitas Lampung. (n.d.). II. Kajian Pustaka A. Balok dan Gaya *untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* (SNI 1726:2019). Jakarta: BSN