

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DAN MITIGASI BENCANA PADA GEDUNG RUMAH SAKIT

ALYA FADHILLAH¹, ERMA DESIMALIANA, S.T., M.T.², RATIH DEWI SHIMA, S.T., M.T.³

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: alya.fadhillah@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Evaluasi kinerja struktur bangunan rumah sakit terhadap gempa *megathrust* sangat penting untuk memastikan ketahanan dan fungsionalitas fasilitas medis pasca-bencana. Rumah sakit harus dirancang dengan ketahanan gempa tinggi agar tetap berfungsi setelah gempa, termasuk gempa susulan yang berlangsung lama. Penelitian ini menganalisis kinerja struktur bangunan dengan metode *Time History* menggunakan software ETABS dan dilakukan analisis level kinerja struktur dengan prosedur FEMA 356. Data gempa yang digunakan mencakup gempa El Centro, Hokkaido 1994, dan Sanriku 2011. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur rumah sakit memiliki level kinerja *Life Safety* (LS), yang berarti bangunan dapat tetap berfungsi dengan kerusakan minimal setelah gempa terjadi. Namun, beberapa lantai menunjukkan nilai koefisien stabilitas melebihi batas yang diperbolehkan, sehingga memerlukan desain ulang pada elemen tertentu. Studi ini memberikan wawasan tentang strategi peningkatan ketahanan bangunan rumah sakit terhadap gempa besar.

Kata kunci: Kinerja Struktur, Rumah Sakit, Gempa Megathrust, Time History Analysis, FEMA 356

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, yang menyebabkan aktivitas seismik tinggi dan berpotensi menimbulkan gempa megathrust serta tsunami (PRIYONO & SETIYA BUDI, N.D.). Kota Bandung, khususnya wilayah Kopo, berada di zona aktif dengan adanya Sesar Lembang, sehingga bangunan seperti rumah sakit harus dirancang dengan ketahanan gempa yang baik agar tetap berfungsi setelah bencana (Irwan, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur bangunan menggunakan analisis *Time History* dengan pemodelan dan pengecekan melalui software ETABS dan perhitungan level kinerja struktur menggunakan prosedur FEMA 356.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bangunan

Struktur bangunan gedung merupakan kerangka utama yang berfungsi sebagai penopang seluruh bagian bangunan, sekaligus memberikan bentuk dan kekuatan. Selain itu, struktur ini berperan dalam mendistribusikan beban dari atap, lantai, dinding, serta isi bangunan ke tanah secara seimbang (Sukamto, 2010)

2.2 Bangunan Gedung Tahan Gempa

Bangunan gedung tahan gempa dirancang khusus untuk menahan guncangan dengan struktur yang kuat dan fleksibel, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan. Tingkat kerusakan akibat gempa bervariasi dari sangat ringan hingga total, dipengaruhi oleh faktor seperti magnitudo gempa, jarak dari pusat gempa, jenis tanah, kualitas konstruksi, dan umur bangunan. Kerusakan diklasifikasikan menjadi lima tingkat: (1) Sangat ringan – hanya retakan kecil dan tetap dapat digunakan, (2) Ringan – retakan pada dinding atau plafon yang memerlukan perbaikan ringan, (3) Sedang – kerusakan pada struktur utama yang memerlukan renovasi, (4) Berat – kerusakan ekstensif hingga bangunan tidak dapat digunakan, dan (5) Total – bangunan runtuh sepenuhnya.

2.3 Parameter Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Struktur tahan gempa dirancang untuk menahan gaya akibat gempa bumi agar bangunan tetap berdiri dan melindungi penghuninya. Berdasarkan SNI 1726:2019, kategori risiko bangunan ditentukan berdasarkan pemanfaatannya, dengan bangunan penting seperti rumah sakit dan fasilitas darurat masuk dalam kategori risiko IV. Selain itu, klasifikasi situs berdasarkan jenis tanah mempengaruhi respons bangunan terhadap gempa, yang dihitung menggunakan parameter percepatan spektral. Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan percepatan respons pada periode pendek dan 1 detik untuk mengukur tingkat bahaya gempa.

2.4 Analisis Struktur

Pemeriksaan analisis struktur bertujuan untuk memastikan desain bangunan aman, efisien, dan sesuai dengan standar SNI 1726:2019. Periode alami struktur (T) harus dianalisis dan dibandingkan dengan batas yang ditetapkan untuk memastikan stabilitasnya. Gaya geser dasar seismik (V) dihitung menggunakan koefisien respons seismik dan berat seismik efektif guna menentukan ketahanan terhadap gempa. Simpangan antar tingkat memiliki batasan tertentu tergantung kategori risiko bangunan, sementara efek $P-\Delta$ digunakan untuk mengevaluasi stabilitas struktur terhadap deformasi akibat gempa. Semua parameter ini dihitung menggunakan persamaan Standar Nasional Indonesia untuk menjamin ketahanan seismik bangunan.

2.5 Analisis Time History

Analisis Time History adalah metode analisis dinamis dalam rekayasa struktur yang digunakan untuk mengevaluasi respons bangunan terhadap gempa berdasarkan rekaman data percepatan tanah sebenarnya atau simulasi gempa. Metode ini memperhitungkan bagaimana struktur bergetar dalam berbagai rentang waktu akibat gaya gempa yang berubah secara real-time.

2.6 Metode FEMA 365

FEMA 365 menggunakan pendekatan numerik untuk menghitung perpindahan maksimum struktur dengan memodifikasi respons elastis linier menggunakan beberapa koefisien, seperti C_0 untuk perpindahan maksimum, C_1 untuk peralihan inelastik, C_2 untuk bentuk histeretis, dan C_3 untuk efek P -Delta. Perhitungan ini mempertimbangkan akselerasi spektrum, gaya geser dasar, dan faktor massa efektif guna mengevaluasi stabilitas bangunan terhadap gempa. Berdasarkan FEMA 365 (2000), tingkat kinerja bangunan dikategorikan menjadi Operational, Immediate Occupancy, Life Safety, dan Collapse Prevention, yang menunjukkan seberapa besar kerusakan yang dapat ditoleransi sebelum struktur menjadi tidak aman atau runtuh.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model struktur tiga dimensi Rumah Sakit di Bandung dengan software ETABS untuk menganalisis respons bangunan terhadap gempa melalui *Time History Analysis*.

Evaluasi mencakup berbagai aspek struktural seperti gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan efek P-Delta, serta mempertimbangkan mitigasi bencana dengan desain tahan gempa, penempatan perabotan aman, dan pelatihan evakuasi. Hasil analisis memberikan wawasan mengenai tingkat kerusakan dan kinerja struktural, membantu dalam perencanaan peningkatan ketahanan bangunan terhadap gempa megathrust.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Rasio partisipasi massa adalah persentase massa struktural model yang berpartisipasi dalam arah dan moda tertentu. Partisipasi massa mengacu pada sejauh mana massa struktur berkontribusi terhadap respons dinamisnya saat terkena beban gempa.

Tabel 2. Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
		sec			
Modal	1	4,7020	0,0200	0,5931	0,0914
Modal	2	4,6490	0,6172	0,5938	0,0913
Modal	3	4,0720	0,6913	0,6966	0,5119
Modal	196	0,0660	1,0000	1,0000	0,0000

Hasil dari partisipasi masa menghasilkan respon total sebesar 100% yaitu pada mode 196. Dimana hasil tersebut menyatakan bahwa 100% dari massa bangunan berpartisipasi ketika struktur bangunan tersebut bergetar.

4.2 Kontrol Periode Struktur

Periode alami struktur adalah waktu yang diperlukan struktur untuk menyelesaikan satu siklus getaran penuh akibat beban gempa.

Tabel 3. Penentuan Periode Struktur

Arah	Ta minimum [detik]	Ta maksimum [detik]	Ta ETABS [detik]	Ta yang diambil [detik]
X	1,734	2,427	4,649	2,427
Y	1,734	2,427	4,702	2,427

Dari hasil perhitungan dan hasil output ETABS maka diperoleh nilai kontrol periode struktur untuk arah X sebesar 2,427 detik dan untuk arah Y sebesar 2,427 detik.

4.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Analisis respons spektrum menggunakan rekaman gempa El Centro, Coalinga, dan Tohoku menunjukkan bahwa gaya geser yang diperoleh (V_t) lebih kecil dari gaya geser yang dihitung dengan metode statik ekuivalen (V). Oleh karena itu, perlu dilakukan skala faktor sebesar V/V_t untuk meningkatkan nilai gaya geser yang diperoleh dari analisis respons spektrum.

Tabel 4. Pengecekan Gaya Geser Dasar pada Respon Spektrum

Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y
Faktor Skala Baru	mm/s ²	5036,33	5001,91
W	kN	731320	731320
Cs		0,052	0,052
V	kN	38131,01	38131,01
Vi		38117,87	38117,87
Cek (V/Vt)		1,0	1,0
		OK	OK

Tabel 5. Pengecekan Gaya Geser Dasar pada Gempa El-Centro

Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y
Faktor Skala Baru	mm/s ²	3976,43	3966,61
W	kN	731320	731320
Cs		0,052	0,052
V	kN	38131,01	38131,01
Vi		38117,94	38117,90
Cek (V/Vt)		1,0	1,0
		OK	OK

Tabel 6. Pengecekan Gaya Geser Dasar pada Gempa Coalinga

Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y
Faktor Skala Baru	mm/s ²	7797,49	5889,44
W	kN	731320	731320
Cs		0,052	0,052
V	kN	38131,01	38131,01
Vi		56571,28	56571,28
Cek (V/Vt)		0,7	0,7
		OK	OK

Tabel 7. Pengecekan Gaya Geser Dasar pada Gempa Tohoku

Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y
Faktor Skala Baru	mm/s ²	4948,26	6068,47
W	kN	731320	731320
Cs		0,052	0,052
V	kN	38131,01	38131,01
Vi		38117,91	38117,89
Cek (V/Vt)		1,0	1,0
		OK	OK

4.4 Level Kinerja Struktur

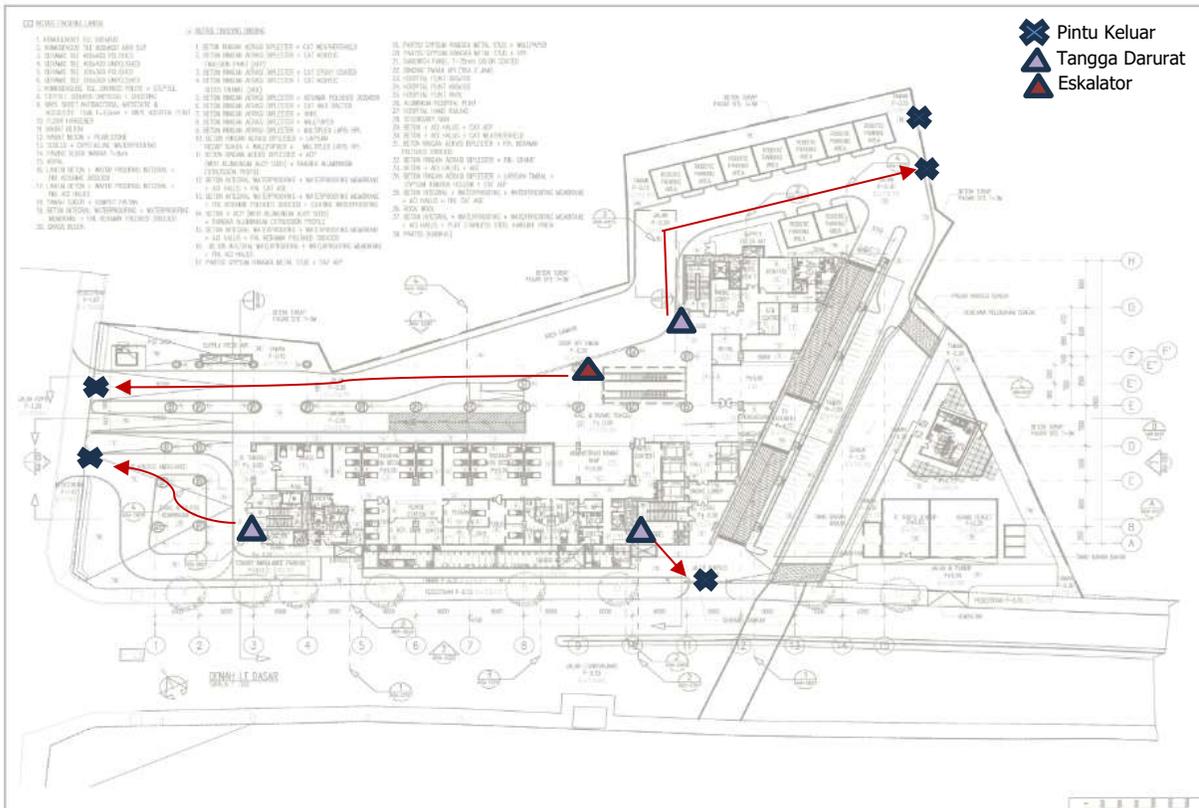
Berdasarkan prosedur FEMA 356, analisis perpindahan maksimum menunjukkan bahwa target perpindahan pada arah X adalah 0,9552 m dan pada arah Y adalah 0,9661 m. Evaluasi drift ratio terhadap tinggi total bangunan (55,6 m) menghasilkan nilai 0,0177% untuk arah X dan 0,0173% untuk arah Y, yang menunjukkan bahwa bangunan memenuhi tingkat kinerja Life Safety. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa struktur Rumah Sakit memiliki ketahanan yang cukup terhadap gempa, dalam arti tidak runtuh, tetapi tidak dapat langsung digunakan setelah gempa tanpa perbaikan signifikan.

Tabel 8. Level Kinerja Struktur berdasarkan FEMA 365

Parameter	Arah	
	X	Y
δ_t	0,9552	0,9661
Tinggi Total	55,6	55,6
Drift ratio (%)	1,77	1,73
Level Kinerja	Life Safety	

4.5 Mitigasi Bencana

Jalur evakuasi disesuaikan dengan kondisi gedung dengan memastikan tangga darurat memiliki konstruksi yang kokoh dan akses yang jelas, serta pintu keluar utama di bagian barat, selatan dan timur bebas hambatan. Jalur evakuasi harus ditandai dengan tanda panah, memiliki lebar yang memadai, dan hanya menggunakan tangga darurat, bukan lift, dalam situasi darurat.



5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh massa bangunan berpartisipasi saat terjadi getaran dengan mode ke-196. Periode struktur untuk tiga rekaman gempa (El-Centro, Coalinga, dan Tohoku) memiliki nilai serupa, sementara gaya geser dasar dinamik lebih kecil dari gaya geser dasar statik, sehingga memerlukan faktor skala tambahan. Analisis deformasi menunjukkan simpangan antar lantai yang bervariasi, dengan pengaruh P-Delta melebihi batas stabilitas pada beberapa lantai, sehingga perlu redesain struktural. Berdasarkan metode FEMA 356, gedung dikategorikan dalam level Life Safety (LS) dengan drift ratio antara 1-2%. Untuk mitigasi gempa, diperlukan perencanaan struktural yang baik serta fasilitas keselamatan, seperti tangga darurat strategis, pintu keluar yang memadai, dan titik kumpul yang aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Assistant Professor, J. B. (2019). All Rights Reserved. In *IJFANS. All Rights Reserved, Journal* (Vol. 08).
- Badan Standardisasi Nasional Kepada Yth Sekretaris Badan Penelitian dan Pengembangan, K. (1034). *Hal : Penyampaian Keputusan*.
- Bandung, D. I. K. A. B. (2024). *METODE TIME HISTORY PADA BANGUNAN CAFÉ*.
- Novyeremia, D., Happy, F., Haputra Baru, R., & Meilawaty, O. (2023). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Terhadap Gempa Dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Sekolah Nasional Global Nusantara Sampit Kab. Kotawaringin Timur)*. VIII(4).
- Priyono, A., & Setiya Budi, A. (n.d.). *DISPLACEMENT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS*.
- Santoso, A. N., & Astawa, M. D. (2022). Performance Evaluation of 34 Floors Building Structure in Surabaya Based on Sni 1726:2012 and Sni 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 185–201. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.3807>
- Sinaga, R., & Lesmana, C. (2019). Kajian Evaluasi Kinerja Bangunan terhadap Siaga Bencana Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 77–103. <https://doi.org/10.28932/jts.v14i1.1450>
- SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung*. (n.d.).
- Suyono AM, F. O. (2011). Evaluasi Jalur Evakuasi Pada Gedung Bertingkat 7 (Tujuh) Lantai (Studi Kasus Di Gedung Graha Universitas Widyatama Bandung). *Workplace Safety and Health.*, 7(28), 1–247.
- Teknik, J., Fakultas, S., Sipil, T., & Perencanaan, D. (2007). *Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (SI) Teknik Sipil*.
- UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA, 2007, N. 24 T., TENTANG, & BENCANA, P. (2007). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 24 TAHUN 2007 TENTANG PENANGGULANGAN BENCANA*, *bsl12y(235)*, 245. [http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB II.pdf](http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB%20II.pdf)