

Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Café di Kabupaten Bandung dengan *Time History* Berdasarkan FEMA 356

FANNY SARA SIADARI¹, ERMA DESIMALIANA^{2*}, ALTIE SANTIKA ARIFIN³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

³Divisi Struktur, PT BITA Enarcon Engineering, Indonesia

Email: ermadesmaliana@itenas.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Bandung yang menjadi salah satu kota pariwisata di Indonesia tidak lepas dari lokasi sesar Lembang, sehingga struktur bangunan gedung harus dirancang dengan sistem bangunan tahan seismik. Analisis seismik non linier time history biasanya digunakan untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan bertingkat. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan café di Kabupaten Bandung, baik dengan analisis seismik linier respon spektrum maupun analisis seismik non-linier riwayat waktu, menggunakan software ETABS. Analisis struktur yang diteliti berupa jumlah dan arah ragam getar struktur, periode struktur, gaya geser dasar, simpangan antar lantai dan $P-\Delta$. Serta, juga dianalisis level kinerja struktur dari nilai lateral ratio drift berdasarkan FEMA 356. Hasil penelitian menghasilkan gaya geser dasar yang terjadi pada bangunan café, baik pada arah X maupun arah Y, sebesar 2.6845 kN. Sementara itu, lateral drift ratio yang dihasilkan pada arah X sebesar 2,04% dan pada arah Y sebesar 1,86%. Berdasarkan FEMA 356, struktur bangunan café di Kabupaten Bandung memiliki level kinerja struktur CP pada arah X (nilai lateral drift ratio 2% - 4%) dan LS pada arah Y (nilai lateral drift ratio 1% - 2%).

Kata kunci: bangunan café, riwayat waktu, level kinerja struktur, FEMA 356

ABSTRACT

Bandung Regency, which is one of the tourism cities in Indonesia, cannot be separated from the location of the Lembang fault, so the building structures must be designed with a seismic-resistant building system. Non-linear time history seismic analysis is usually used to determine the level of performance of multi-story building structures. The aim of this research is to evaluate the structural performance of café buildings in Bandung Regency, both with linear response spectrum seismic analysis and non-linear time history seismic analysis, using ETABS software. The structural analysis studied included the number and direction of various structural vibrations, the period of the structure, the base shear force, the deviation between floors and $P-\Delta$. Also, the level of structural performance was analyzed from the lateral drift ratio value based on FEMA 356. The results of the research produced the basic shear force that occurred in the café building, both in the X and Y directions, of 2.6845-kN. Meanwhile, the lateral drift ratio in the X direction is 2.04% and in the Y direction is 1.86%. Based on FEMA 356, café building structures in Bandung Regency have structural performance levels of CP in the X direction (lateral drift ratio value 2% - 4%) and LS in the Y direction (lateral drift ratio value 1% - 2%).

Keywords: café buildings, time history, structural performance level, FEMA 356

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak sesar dan patahan. Patahan-patahan tersebut bertubrukan yang mengakibatkan terkumpulnya energi potensial, ketika daerah pertemuan tidak lagi mampu menahan tegangan yang terakumulasi, terjadilah pelepasan energi yang diikuti oleh dislokasi bagian patahan tersebut. Fenomena ini mengakibatkan terjadinya guncangan permukaan tanah atau gempa tektonik. Kabupaten Bandung yang menjadi salah satu daerah pariwisata tidak lepas dari lokasi sesar dan patahan, saat ini banyak restoran dan café yang banyak menyuguhkan pemandangan. Lokasi café yang cukup banyak terdapat di daerah Dago yang jaraknya cukup dekat dengan patahan Lembang, mengakibatkan semua bangunan yang terletak di daerah tersebut harus didesain dengan sistem bangunan tahan gempa.

Evaluasi kinerja pada struktur bangunan menjadi salah satu cara untuk mengetahui level kinerja dari suatu struktur bangunan terutama akibat beban gempa. Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *Time History Analysis* (analisis riwayat waktu). Data gempa riwayat waktu yang digunakan yaitu rekaman gempa El-Centro (US), Miyako (Jepang), dan Marlborough (New Zealand). Bangunan yang ditinjau pada penelitian ini adalah bangunan baja bertingkat dengan fungsi sebagai café. Pengecekan level kinerja struktur menggunakan metode FEMA 356. Pada studi literatur sebelumnya evaluasi kinerja bangunan menggunakan data riwayat gempa California, Santa Cruz dan Northridge, juga menggunakan bangunan baja dengan fungsi sebagai *showroom* yang memiliki nilai jual yang tinggi serta terletak di Denpasar, Bali [13-14] [17] [22].

2. METODOLOGI PENELITIAN

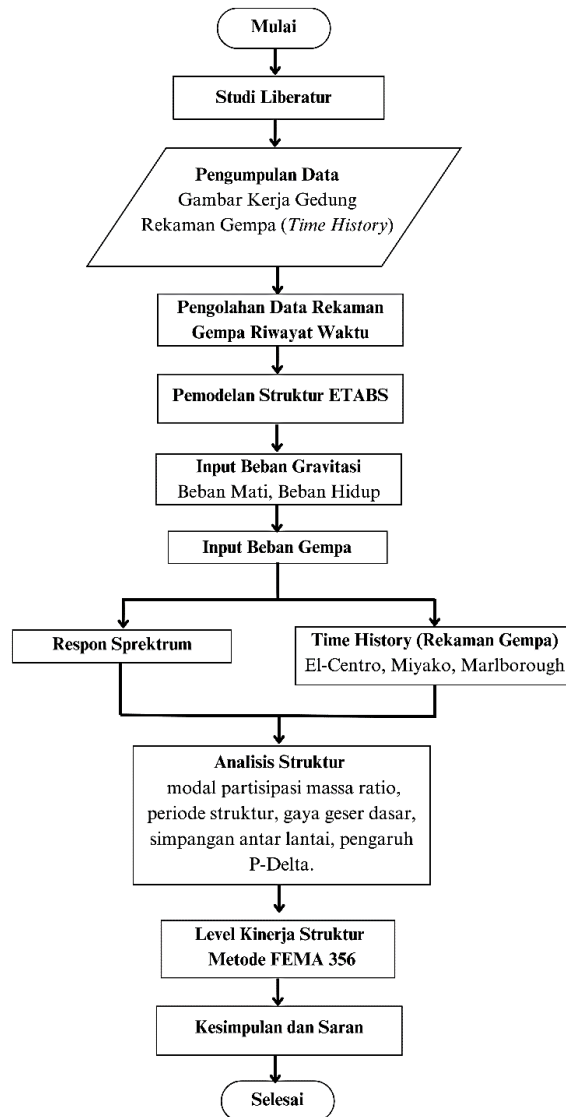
Metode pengolahan data yang digunakan berupa analisis kualitatif. Peraturan perencanaan yang digunakan antara lain SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, SNI 1729:2020, dan SNI 7860:2020 [2-5]. Langkah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Data primer yang digunakan yaitu data eksisting yang dikumpulkan dan didapat dari pengamatan. Sementara itu, data sekunder yang digunakan yaitu studi literatur yang berhubungan dengan topik penelitian dan peraturan-peraturan yang mengikutinya, khususnya dalam penelitian ini adalah SNI (Standar Nasional Indonesia).

Data teknis dari bangunan yang ditinjau adalah:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| a. Lokasi penelitian | : Café di Kabupaten Bandung |
| b. Fungsi bangunan | : Fasilitas Wisata |
| c. Luas bangunan | : 8.944,56 m ² |
| d. Jumlah lantai | : 7 lantai |
| e. Fungsi bangunan per lantai | : dapat dilihat pada Tabel 1 |

Bangunan café dimodelkan hanya pada elemen struktur kolom, balok, dan pelat. Sementara itu, beban yang melekat digunakan asumsi sebagai beban mati tambahan. Beban angin tidak diperhitungkan. Sambungan yang digunakan, diasumsikan berupa sambungan *rigid* (kaku). Karena bangunan merupakan bangunan komersil yang terletak di Kabupaten Bandung, maka sesuai dengan SNI 1726:2019 bangunan akan dimodelkan dengan menggunakan sistem struktur bangunan baja SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) [8-9]. Data struktur untuk pemodelan tersaji pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Café di Kabupaten Bandung dengan Time History Berdasarkan FEMA 356



Gambar 1. Bagan alir metode penelitian

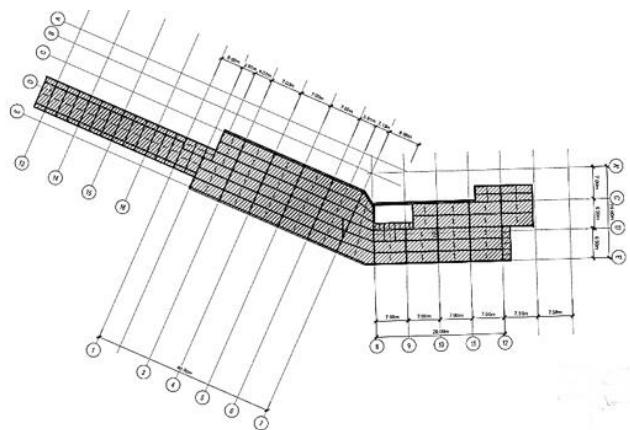
Tabel 1. Fungsi Bangunan per Lantai

Lantai	Elevasi [m]	Fungsi
Lt. 1	±0,00	R. Pompa & <i>Water Tank</i> , R. Mekanikal Elektrikal, R. Genset, Gardu PLN, Tempat Parkir
Lt. 2	3	R. <i>Ticketting</i> , <i>Control Room</i> , Area <i>Gokart</i> , Toilet, R. Janitor
Lt. 3	6,2	Area Trampolin, Toilet
Lt. 4	9,4	<i>Void</i> , Toilet, Mushola
Lt. 5	12,6	<i>Void</i> , Area <i>Bumper Car</i> , <i>Station</i> Sepeda Gantung, Toilet
Lt. 6	15,8	<i>Pool</i> , <i>Rooftop</i> , <i>Café</i> , <i>Private Dinning</i> , <i>Kitchen</i> , Toilet
Lt. 7	19	Gudang

Tabel 2. Material dan Mutu Elemen Struktur

	Balok	Kolom	Pelat
Material	Baja Profil IWF	Baja Profil H-Beam	Beton Bertulang + <i>Steel Deck</i>
Mutu	SS400/BJ41	SS400/BJ41	K-300, Tulangan BJTS 420, G550

Denah bangunan yang dimodelkan tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah bangunan café di Kabupaten Bandung

Tabel 3. Tipe dan Dimensi Elemen Struktur

Balok		Kolom		Pelat	
B1	IWF 600x200x11x17	K1	H 400x400x13x21	A1	t = 120 mm
B2	IWF 500x200x10x16	K2	H 250x250x9x14	A2	t = 150 mm
B3	IWF 450x200x9x14	K3	H 200x200x8x12	A3	t = 150 mm
B4	IWF 400x200x8x12	K4	H 150x150x7x10		
B5	IWF 350x175x7x11				
B6	IWF 300x159x6x9				
B7	IWF 250x125x6x9				
B8	IWF 200x100x5,5x8				

Pembebanan struktur bangunan mengikuti SNI 1727:2020, antara lain:

1. Beban Mati dan Beban Mati Tambahan

Beban mati adalah berat sendiri bangunan yang dimodelkan dan dihitung secara otomatis oleh *software* ETABS. Beban mati tambahan adalah semua beban yang melekat pada struktur utama, **Tabel 4** menyajikan jenis beban mati tambahan yang diaplikasikan.

Tabel 4. Beban Mati Tambahan

Jenis Beban	Berat [kN/m ²]
Beban Pelat Lt. 2 – Lt. 6	
Finishing	1,08
Plafond dan Rangka	0,18
Mechanical, Electrical dan Plumbing	0,15
Total	1,41
Beban Balok Lt. 1 (Tinggi Lantai 3 meter)	
Dinding Bata Ringan	4,245
Dinding Exterior Frame	1,59
Dinding Kaca	1,14
Beban Balok Lt. 2 – Lt. 6 (Tinggi Lantai 3,2 meter)	
Dinding Bata Ringan	4,245
Dinding Exterior Frame	1,59
Dinding Kaca	1,14

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh penghuni atau penggunaan suatu bangunan. Beban hidup yang biasanya diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. **Tabel 5** menyajikan jenis beban hidup yang diaplikasikan.

Tabel 5. Beban Hidup

Fungsi Ruang	Berat [kN/m ²]	Fungsi Ruang	Berat [kN/m ²]
Lantai 2		Lantai 5	
Ruang <i>Ticketing</i>	1,08	Area <i>Bumper Car</i>	3,59
<i>Control Room</i>	0,18	<i>Station</i> Sepeda Gantung	3,59
Area Gokart	0,15	Toilet	1,92
Toilet	1,41	Lantai 6	
Ruang <i>Janitor</i>	0,96	<i>Pool</i>	3,00
Lantai 3		<i>Rooftop, Café, Private Dinning</i>	4,79
Area Trampolin	3,59	<i>Kitchen</i>	4,79
Toilet	1,92	Toilet	1,92
Lantai 4			
Toilet	1,92		
Mushola	1,92		

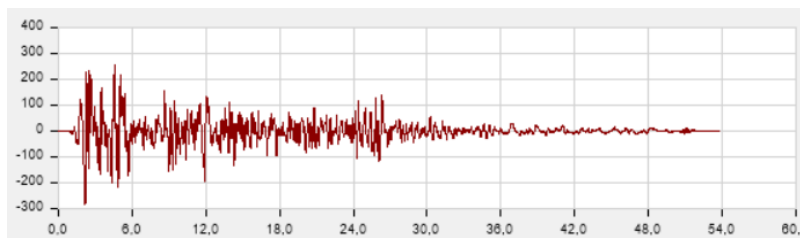
3. Beban Gempa

Beban gempa [19] [21] berdasarkan SNI 1726:2019 dengan parameter desain respon spektrum pada **Tabel 6** berikut.

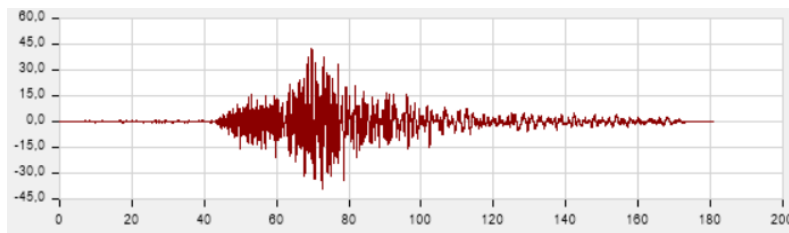
Tabel 6. Parameter Desain Respon Spektrum

Lokasi Penelitian	Kabupaten Bandung
Kelas Situs	Tanah Sedang (SD)
PGA MCE _G	0,547505 g
S _S MCE _R	1,278253 g
S _I MCE _R	0,540074 g
F _a	1,00000
F _v	1,75992
S _{MS}	1,27825 g
S _{M1}	0,95049 g
S _{DS}	0,85217 g
S _{D1}	0,63366 g
T ₀	0,14872 g
T ₁	0,74359 g

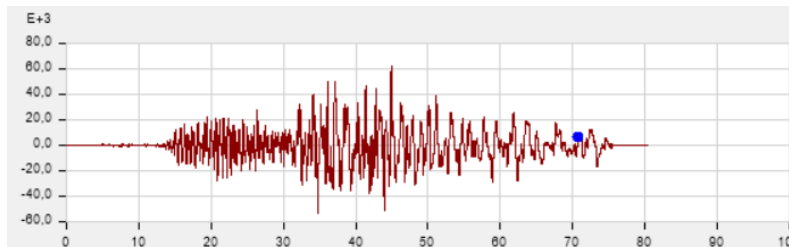
Menurut SNI 1726:2019 percepatan gempa masukan (akselerogram) terutama mengenai pemilihan data riwayat percepatan gerak tanah yang digunakan untuk analisis riwayat waktu [10] [20], yaitu minimum 3 pasang komponen *orthogonal* yang telah dicocokkan dengan respon spektrum biasanya diturunkan dari data rekaman gerak tanah atau gerak tanah tiruan. **Gambar 3 hingga Gambar 5** menyajikan 3 data rekaman gempa yang digunakan.



Gambar 3. Gempa El-Centro, California 1940



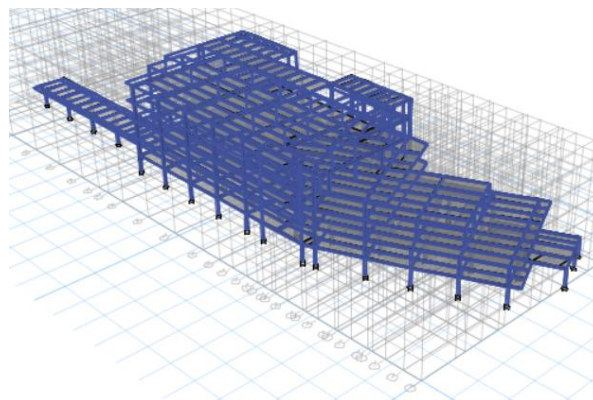
Gambar 4. Gempa Miyako, Jepang 1989



Gambar 5. Gempa Marlborough, New Zealand 2013

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis bangunan dilakukan setelah pemodelan bangunan pada ETABS v22 selesai dilakukan. Pemodelan 3D struktur bangunan tersaji pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pemodelan 3D bangunan cafe di Kabupaten Bandung

3.1 Modal Participating Mass Ratio

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1, analisis harus dilakukan untuk menentukan jumlah dan arah ragam getar alami struktur. Analisis ini menyertakan jumlah ragam yaitu 100% dari massa aktual masing-masing arah *horizontal orthogonal* agar mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi. Hasil analisis dari partisipasi massa menghasilkan jumlah ragam sebesar 100% yaitu pada mode 21. Arah ragam yaitu translasi baik arah X (mode 1) maupun arah Y (mode 2), serta rotasi arah Z (mode 3).

3.2 Periode Struktur

Periode struktur adalah lamanya waktu struktur dalam menahan getaran akibat beban gempa. Nilai periode yang dihasilkan dari *output* ETABS v22 akan dibandingkan dengan perhitungan periode maksimum ($T_{a\ maksimum}$) dan minimum ($T_{a\ minimum}$). Nilai tersebut menjadi acuan dasar perbandingan nilai periode struktur (T), ketinggian struktur (h_n) dan koefisien (C_t dan α). Batas atas periode struktur yang dihitung (C_t), periode struktur fundamental pendekatan (T_a). Dari hasil perhitungan pada **Tabel 7** maka diperoleh nilai untuk arah-X sebesar 1,069 detik dan untuk arah-Y sebesar 1,069 detik.

Tabel 7. Penentuan Periode Struktur

Arah	T_a minimum [detik]	T_a maksimum [detik]	T_a ETABS [detik]	T_a yang Digunakan [detik]
X	0,763	1,069	1,759	1,069
Y	0,763	1,069	1,604	1,069

3.3 Gaya Geser Dasar

Analisis gaya geser dasar gempa dilakukan berdasarkan koefisien seismik (C_s) dan berat struktur pada bangunan (W). Nilai koefisien seismik didapat dari data respon spektrum seperti percepatan respon spektral desain periode (S_{DS}), percepatan respon spektral desain periode sebesar 1 detik (S_{D1}), percepatan respon spektral maksimum (S_1), koefisien modifikasi respon (R), periode fundamental struktur (T) dan faktor keutamaan gempa (I_e). **Tabel 8** menyajikan nilai koefisien respon seismik yang telah dihitung (C_s).

Tabel 8. Penentuan Koefisien Seismik

Arah	C_s minimum [g]	C_s maksimum [g]	C_s hitung [g]	C_s yang Digunakan [g]
X	0,046	0,093	0,132	0,093
Y	0,042	0,093	0,132	0,093

Analisis pada pengecekan struktur dengan menggunakan respon spektrum, rekaman gempa El-Centro, Miyako dan Marlborough pada arah-X dan arah-Y perlu dilakukan perkalian skala gaya gempa karena nilai perbandingan gaya geser. Analisis perbandingan gaya geser dasar dinamik (V_t) terhadap gaya geser statik (V) ternyata $< 100\%$ maka faktor skala beban gempa perlu dikalikan V/V_t .

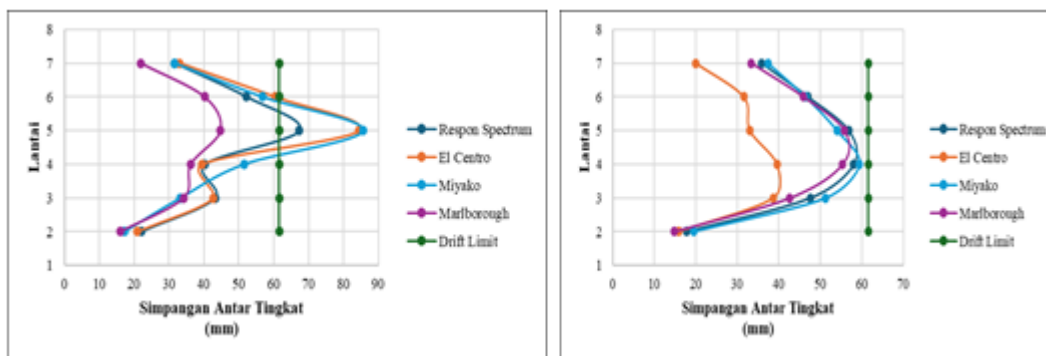
Tabel 9. Gaya Geser Dasar terhadap Beban Gempa

Gaya Geser terhadap Respon Spektrum				Gaya Geser Dasar terhadap Gempa Miyako			
Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser		Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y			X	Y
Faktor Skala Baru	[mm/s ²]	3.473,70	2.945,04	Faktor Skala Baru	[mm/s ²]	3.473,70	2.945,04
W	[kN]	28.979	28.979	W	[kN]	28.979	28.979
C_s	[g]	0,093	0,093	C_s	[g]	0,093	0,093
V	[kN]	2.684,66	2.684,66	V	[kN]	2.684,66	2.684,66
V_t	[kN]	2.684,66	2.684,66	V_t	[kN]	2.684,66	2.684,66
Cek (V/V_t)		1	1	Cek (V/V_t)		1	1
		ok	ok			ok	ok
Gaya Geser terhadap Gempa El-Centro				Gaya Geser Dasar terhadap Gempa Marlborough			
Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser		Keterangan	Notasi	Nilai Gaya Geser	
		X	Y			X	Y
Faktor Skala Baru	[mm/s ²]	3.473,70	2.945,04	Faktor Skala Baru	[mm/s ²]	3.473,70	2.945,04
W	[kN]	28.979	28.979	W	[kN]	28.979	28.979
C_s	[g]	0,093	0,093	C_s	[g]	0,093	0,093
V	[kN]	2.684,66	2.684,66	V	[kN]	2.684,66	2.684,66
V_t	[kN]	2.684,66	2.684,66	V_t	[kN]	2.684,66	2.684,66
Cek (V/V_t)		1	1	Cek (V/V_t)		1	1
		ok	ok			ok	ok

3.4 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat mengacu pada SNI 1726:2019 pasal 7.12.1 dengan simpangan antar tingkat desain (Δ), seperti ditentukan dalam pasal 7.8.6 tidak boleh lebih dari simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Dengan parameter sebagai berikut:

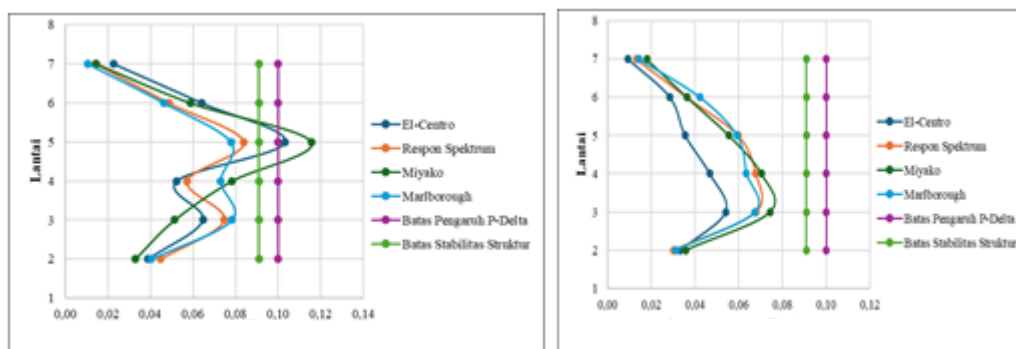
1. Simpangan antar tingkat izin : $\Delta_a = 0,02h$
2. Faktor redundansi : $\rho = 1,3$
3. Story *drift inelastic* izin : $\Delta_{max} = \Delta/\rho$
4. Faktor pembesaran defleksi : $C_d = 5,5$
5. Faktor keutamaan gempa : $I_e = 1,25$
6. Story *drift inelastic* : $\Delta = \delta * C_d/I_e$



(a) (b)
Gambar 7. Simpangan antar lantai (a) arah X dan (b) arah Y

3.5 Pengaruh P-Δ

Berdasarkan SNI 1726:2019, pengaruh P-Delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan apabila koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,1 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{max} . Jika θ lebih besar dari θ_{max} , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.



(a) (b)
Gambar 7. Pengaruh P-Δ (a) arah X dan (b) arah Y

3.6 Level Kinerja Struktur dengan Metode FEMA 356

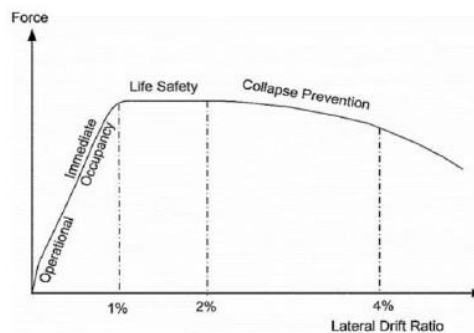
Analisis dengan menggunakan metode FEMA 356 [12] [16], dilakukan perhitungan target perpindahan (δ). Parameter yang digunakan pada analisis target perpindahan tersaji pada **Tabel 10**. C_0 merupakan faktor modifikasi untuk bangunan di atas 5 lantai, C_1 merupakan faktor modifikasi untuk $T_e \leq T_s$, C_2 merupakan faktor modifikasi asumsi *frame type 2* dan *immediate occupancy*, C_3 merupakan faktor modifikasi dengan kekakuan pasca leleh positif dan C_m merupakan faktor modifikasi karena struktur berupa *steel moment frame*. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 10**, diperoleh hasil target perpindahan pada arah X sebesar 0,3882 m dan pada arah Y sebesar 0,3539 m. Dari target perpindahan pada **Tabel 11** dapat diketahui perhitungan *drift ratio* yang terjadi. Secara umum *drift ratio* dihitung dari rasio perbandingan antara target perpindahan dengan tinggi total struktur.

Tabel 10. Parameter yang Mempengaruhi Target Perpindahan Berdasarkan FEMA 356

Keterangan	Arah	
	X	Y
T_e (waktu getar alami) [s]	1,759	1,604
T_s [s]	0,7521	0,7521
C_0	1,4	1,4
C_1	1	1
C_2	1	1
C_3	1	1
C_m	0,9	0,9
S_a	0,3602	0,3950
g [m/s^2]	9,81	9,81
δ_t [m]	0,3882	0,3539

Tabel 11. Level Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356

Parameter	Arah	
	X	Y
δ_t [m]	0,3882	0,3539
h_{total} [m]	19	19
Lateral Drift Ratio [%]	0,024	0,0186
Level Kinerja	CP	LS



Gambar 8. Level kinerja struktur *frame buildings* [7] [12]

Berdasarkan **Tabel 11** dan **Gambar 8** di atas, karena nilai *lateral drift ratio* untuk arah X > 2% dan < 4% maka level kinerja struktur pada bangunan café di Kabupaten Bandung dapat dinyatakan pada level CP (*Collapse Prevention*). Sementara itu, nilai *lateral drift ratio* untuk arah Y > 1% dan < 2% maka level kinerja struktur pada bangunan café di Kabupaten Bandung tersebut dapat dinyatakan pada level LS (*Life Safety*). Untuk level kinerja struktur LS, struktur bangunan masih memberikan perlindungan yang memadai terhadap penghuninya walaupun terdapat kerusakan struktural yang signifikan. Untuk level kinerja struktur CP, struktur bangunan masih memiliki kekuatan struktural yang cukup untuk menahan beban dari keruntuhan total akibat gempa bumi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari penelitian terkait analisis struktur dengan menggunakan analisis riwayat waktu dan dengan parameter respon spektrum, bahwa ada beberapa aspek dari struktur yang belum terpenuhi. Hal yang paling terlihat adalah pada simpangan antar lantai dan pengaruh P- Δ terutama arah X. Pada arah X bangunan simpangan antar lantai dan pengaruh P- Δ tidak memenuhi persyaratan pada lantai 5 yang selanjutnya harus diberi perkuatan. Perkuatan yang

dapat dilakukan untuk mengurangi besaran simpangan antar lantai, yaitu dapat digunakan *bracing* pada area perimeter untuk menambah kekakuan, dan selanjutnya dicek ulang dengan sistem struktur baru yang terbentuk akibat *bracing*.

Merunut dari hasil analisis terkait level kinerja struktur menurut FEMA 356 struktur bangunan termasuk ke dalam level kinerja IO to LS dan LS to CP. Level kinerja struktur ini memberikan cukup waktu bagi pengunjung bangunan café di Kabupaten Bandung untuk dapat melakukan mitigasi bencana jika terjadi gempa bumi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa evaluasi kinerja struktur bangunan café di Kabupaten Bandung saat ini menjadi hal penting dan harus dilakukan, karena saat level kinerja struktur diketahui maka akan didapatkan pengetahuan langkah selanjutnya untuk pemeliharaan serta peningkatan kualitas.

Dengan melihat hasil simpangan antar lantai dan $P-\Delta$ pada arah X tidak memenuhi syarat bahkan ketika ketidakberaturan bangunan diabaikan maka sebaiknya dilakukan penelitian lebih mendalam terkait tambahan *drift* yang dihasilkan akibat ketidakberaturan struktur jika ternyata terbukti memiliki nilai ketidakberaturan vertikal maupun horizontal. Penelitian ini juga dapat dilanjutkan dengan membandingkan metode analisis dinamik non-linier lainnya misal *pushover* [6-7] [11] [15] dengan metode FEMA-440 ataupun ATC-40 untuk mendapatkan hasil perbandingan level kinerja struktur yang lebih beragam dan lebih mendekati akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 7860:2020 tentang Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] Desimaliana, E. D. (2022). Analisis Pushover terhadap Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur Gedung Baja Komposit. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 118-124.
- [7] Desmaliana, E. &. (2021). Analisis Pushover terhadap Variasi Penempatan High Damping Rubber Bearing (HDRB) pada Struktur Gedung Bertingkat. *JoSC (Journal of Sustainable Construction)*, 1(1), 11-20.
- [8] Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 7-24.
- [9] Dewobroto, W. (2015). *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010 Edisi ke-2*. Jakarta: LUMINA Press.
- [10] Diredja, N. P. (2012). Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama dan Gempa Susulan. *Dinamika Teknik Sipil*, 12(1), 70-77.
- [11] Fathoni, R. &. (2024). Evaluasi Kinerja Struktur Tribun Barat Stadion RAA Adiwijaya Kabupaten Garut dengan Analisis Pushover Metode ATC-40. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 133-139.
- [12] Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356 Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency.

- [13] Listyorini, P. E. (2015). EValuasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 3(4), 1047-1055.
- [14] Nada, I. T. (2023). Analisis Kinerja Struktur Baja dengan dan Tanpa Dinding Pengisi. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 12(1), 45-52. doi:10.36733/jikt.v12i1.6560
- [15] Nuranita, B. D. (2022). Analisis Pushover terhadap Variasi Penampang Kolom pada Struktur Gedung Special Plate Shear Wall. *JoSC (Journal of Sustainable Construction)*, 1(2), 1-9.
- [16] Pranata, Y. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dab FEMA 440). *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 41-52.
- [17] Pratama, F. B. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS. *Matriks Teknik Sipil*, 2(3), 377-384. doi:10.20961/mateksi.v2i3.37405
- [18] Rendra, R. K. (2015). Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa dengan Metode Respon Spektrum dan Time History (Studi Kasus: Hotel SKA Pekanbaru). *JOM FTEKNIK*, 2(2), 1-15.
- [19] Sundari, T. A. (2020). Analisis Statik Beban Gempa pada Perencanaan Struktur Gedung Rektorat UNHAS Y Tebuireng Jombang. *Rekayasa Sipil*, 14(3), 211-217.
- [20] Turu'allo, G. &. (2023). Analisis Struktur Baja dengan Perhitungan Beban Gempa Menggunakan Metode Time History Berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1729:2015. *REKONSTRUKSI TADULAKO*, 4(1), 29-40.
- [21] Utami, A. (2019). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Respon Spektrum Ditinjau pada Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 65-71.
- [22] Zega, B. N. (2022). Desain Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan SNI 1729:2020. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 108-113. doi:10.26740/proteksi.v4n2.p108-113