



ANALISIS KINERJA SEISMIK STRUKTUR GEDUNG TIDAK BERATURAN MENGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*

Elza Zeanti Slamet*¹, Euneke Widyaningsih¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung,
Jalan PH.H. Mustopa No. 23

Penulis korespondensi: elzazeanti@gmail.com

DISUBMIT 30 Januari 2026 DIREVISI 4 Februari 2026 DITERIMA 6 Februari 2026

ABSTRAK Indonesia merupakan wilayah dengan kegempaan yang tinggi, sehingga risiko kerusakan bangunan akibat gempa sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur gedung *Genesis Global Community School* yang memiliki ketidakberaturan struktur, terhadap beban gempa dengan berbagai intensitas. Metode yang digunakan adalah analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) dengan bantuan perangkat lunak ETABS. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur gedung memiliki ketidakberaturan H2, H3, V2, dan V4. Analisis elastik awal menunjukkan bahwa respons struktur terhadap beban gempa rencana masih memenuhi kriteria desain, namun evaluasi ketidakberaturan vertikal Tipe 4 mengindikasikan beberapa kolom tidak sepenuhnya memenuhi tuntutan gaya seismik, sehingga diperlukan analisis *pushover*. Berdasarkan hasil *pushover analysis*, kinerja struktur secara global pada keempat arah berada pada tingkat *Immediate Occupancy* (IO). Namun demikian, pada arah X, Y, dan -Y ditemukan beberapa kolom yang langsung melampaui batas *Collapse Prevention* (CP) tanpa melalui kondisi IO hingga *Life Safety* (LS), serta tingkat kerusakan gedung didominasi oleh kategori *extensive damage* dengan probabilitas yang tinggi, yang mengindikasikan adanya potensi kelemahan lokal pada elemen struktural di sekitar zona diskontinuitas vertikal.

KATA KUNCI Kurva Kerentanan; *Pushover*; Struktur Tidak Beraturan

1 PENGANTAR

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kegempaan tinggi karena berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, sehingga risiko kerusakan bangunan akibat gempa sangat besar. Gedung *Genesis Global Community School* yang berlokasi di Tangerang, Banten, memiliki fungsi vital sebagai sarana pendidikan. Sebagai bangunan publik yang menampung banyak orang dalam satu waktu, keberlangsungan fungsi dan keselamatan gedung sekolah menjadi sangat penting untuk menjamin keamanan penggunaannya.

Variasi ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada gedung beton bertulang menghasilkan perilaku seismik yang berbeda meskipun dengan kualitas material yang sama, sehingga ketidakberaturan sangat memengaruhi gaya geser, deformasi lateral, kekakuan, *drift ratio*, dan percepatan maksimum bangunan. Kondisi tersebut menimbulkan pertanyaan mengenai sejauh mana kinerja struktur dapat dipertahankan

ketika menghadapi gempa dengan berbagai tingkat intensitas. [1] [2]

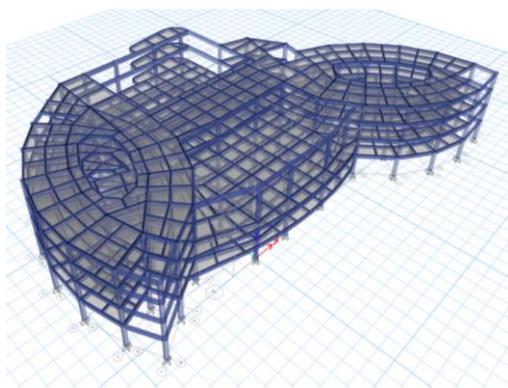
Analisis struktur umumnya dilakukan dengan pendekatan linier melalui metode statik ekuivalen atau respons dinamik, yang hanya memberikan informasi mengenai tingkat keamanan bangunan terhadap gempa rencana dengan asumsi perilaku material masih berada pada kondisi elastis. Sebagai alternatif, analisis *pushover* merupakan metode analisis statik nonlinier yang digunakan untuk mengevaluasi respons struktur secara bertahap hingga mencapai kondisi ultimit, menghasilkan kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan. Berdasarkan kurva tersebut, dapat ditentukan *performance point* sebagai titik keseimbangan antara kapasitas struktur dan tuntutan gempa, sehingga kinerja struktur dapat dievaluasi menurut kriteria ATC-40 atau FEMA 440 pada level *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP). [3] [4] [5]

Dengan mempertimbangkan bentuk Gedung *Genesis Global Community School* yang tidak beraturan, analisis *pushover* menjadi penting untuk mengetahui bagaimana respons struktur dengan ketidakberaturan tersebut terhadap gempa dengan berbagai tingkat intensitas.

Di sisi lain, dalam konteks ketahanan gempa dibutuhkan informasi yang lebih detail mengenai probabilitas terjadinya kerusakan pada berbagai tingkat kerusakan (*damage state*). *damage state* dapat dikategorikan menggunakan metode HAZUS, yang

2 METODOLOGI

Objek dan Pemodelan Struktur. Struktur gedung yang akan dianalisis berupa gedung 4 lantai dengan fungsi sekolah. Data teknis yang digunakan mengacu pada dokumen *Detail Engineering Design* (DED) dan analisis struktur Pembangunan Gedung *Genesis Global Community School*. Data tersebut selanjutnya disesuaikan melalui proses pemodelan dan analisis struktur secara iteratif. Penyesuaian dilakukan ketika hasil analisis menunjukkan bahwa struktur belum memenuhi kriteria kinerja yang ditetapkan, dengan fokus pada peningkatan kapasitas struktur melalui perubahan dimensi penampang, mutu material, dan detail penulangan, tanpa mengubah konfigurasi geometrik bangunan.



Gambar 1 Struktur Gedung Sekolah yang Ditinjau

membedakan tingkat kerusakan antara *slight*, *moderate*, *extensive*, dan *complete*. Kombinasi pendekatan ini dapat digunakan untuk menyusun kurva kerentanan (*fragility curve*), yaitu kurva yang menggambarkan probabilitas struktur mencapai kondisi kerusakan tertentu terhadap intensitas gempa. Penelitian mengenai *fragility curve* dapat memberikan informasi penting mengenai tingkat kerentanan struktur terhadap gempa. Informasi tersebut dapat menjadi dasar dalam perencanaan retrofit, hingga perhitungan potensi kerugian akibat gempa bumi. [6] [7]

Spesifikasi kuat material dari struktur Kuat tekan beton (*f'c*) sebesar 35 Mpa dan Kuat leleh tulangan baja sebesar 420 Mpa. Elemen struktur balok dan kolom memiliki dimensi penampang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Dimensi Penampang Elemen Struktur

Elemen Struktur	Dimensi Penampang (mm)			
	Lebar	Tinggi	Diameter	Tebal
Balok, B1	400	800		
Balok, B2	300	800		
Balok, B3	300	700		
Balok, B4	300	600		
Balok, B7	300	600		
Balok, B8	250	600		
Balok, B9	250	500		
Kolom, K1			900	
Kolom, K2			800	
Pelat, S1				150
Pelat, S2				120

Pembebanan dan Parameter Seismik. Pembebanan yang diterima pada struktur Gedung yaitu beban gravitasi dan beban gempa, data pembebanan yang digunakan berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019. Beban mati pada struktur gedung ini berupa beban mati balok, pelat, dan kolom beton bertulang dengan nilai berat isi sebesar 24 kN/m³. Beban mati tambahan pada pelat disajikan pada Tabel 2 dan beban mati tambahan menurut SNI 1727:2020 Pasal 4.3.1 berdasarkan penggunaannya disajikan pada Tabel 3. [8] [9]

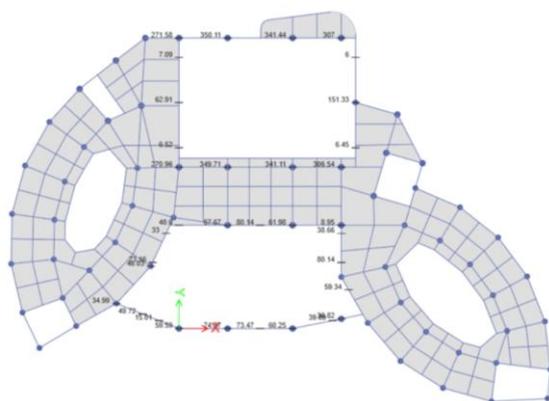
Tabel 2 Beban Mati Tambahan

Lantai	Elemen	Berat (kg/m ²)	Total (kg/m ²)
Lantai 2-4	Plesteran keramik	21	183
	Lantai keramik	24	
	Plafond dan rangka	18	
	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>	20	
	Dinding bata Hebel	100	
Atap	Plafond dan rangka	18	38
	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>	20	

Tabel 3 Beban Hidup

Lantai	Fungsi	Beban Hidup (kN/m ²)
Lantai 1	Ruang kelompok bermain	1,92
	<i>Lobby</i>	4,79
Lantai 2	Ruang kelas TK dan SD	1,92
	Laboratorium	2,87
Lantai 3	Ruang kelas SMP dan SMA	1,92
	Auditorium	4,79
	Gymnasium	4,79
Lantai 4	Ruang kelas SD dan SMA	1,92
Lantai 5	Taman atap	4,7

Atap rangka pada area gymnasium dan skylight diasumsikan sebagai beban atap (Lr) pada elemen lantai 4. Adapun Beban atap pada struktur ini ditentukan berdasarkan hasil analisis struktur rangka atap yang dimodelkan secara terpisah menggunakan ETABS v.21. Analisis rangka atap pada pemodelan terpisah menghasilkan reaksi tumpuan total yang kemudian digunakan sebagai beban yang bekerja pada elemen struktur utama gedung.



Gambar 2 Beban Atap Gymnasium dan Auditorium

Beban gempa diterjemahkan ke dalam parameter teknis yang ditentukan berdasarkan parameter seismik yang diatur dalam SNI 1726:2019. Data variabel gempa dan respons spektrum desain untuk lokasi Gedung *Genesis Global Community School* dengan koordinat 6.286127° LS, 106.618192° yang diperoleh dari Desain Spektra Indonesia, disajikan pada Tabel 4. Dengan Kombinasi pembebanan merujuk SNI 1726:2019. [8]

Analisis Struktur. Tahap analisis struktur dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas struktur eksisting terhadap beban rencana yang telah ditetapkan. Parameter yang dianalisis meliputi kapasitas elemen struktur (kolom dan balok) dan analisis gaya lateral berdasarkan SNI 1726:2019. Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas struktur eksisting tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan modifikasi atau perkuatan struktur untuk mencapai kinerja yang diharapkan.

Tabel 4 Parameter Seismik

Parameter Seismik	
Kategori Resiko Bangunan	IV
Faktor Keutamaan	$I_e = 1,5$
Kelas Situs	SE
Percepatan Respons Spektral MCE Terpetakan:	$S_s = 0,8731$
	$S_1 = 0,4211$
Koefisien Situs	$F_a = 1,202$
	$F_v = 2,351$
Percepatan Respons Spektral	$S_{DS} = 0,70$
	$S_{D1} = 0,66$
Kategori Desain Seismik	D
Sistem Struktur Penahan Gaya Seismik	SRPMK Beton Bertulang
Koefisien Modifikasi Respons	$R = 8$
Faktor Perbesaran Defleksi	$\Omega_0 = 3$
Faktor Kuat Lebih	$C_d = 5,5$
Faktor Redundansi	$\rho = 1,3$

Identifikasi Ketidakberaturan Struktur.

Pengecekan ketidakberaturan struktur dilakukan untuk memastikan bahwa gedung eksisting memenuhi kriteria regularitas struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Pemeriksaan ini mencakup dua aspek utama, yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. [8]

Analisis Pushover. Pada analisis ini, struktur dibebani oleh beban dorong sesuai dengan distribusi beban gempa CQC hingga mencapai deformasi maksimal. Pembebanan yang dilakukan dibagi menjadi dua tahap yakni pembebanan gravitasi dan pembebanan dorong. Beban gravitasi yang digunakan adalah berat seismik efektif struktur (W) yang diasumsikan hanya terdiri dari beban mati dan beban mati tambahan saja. Pembebanan dorong dilakukan merupakan kontrol perpindahan pada suatu titik acuan pada joint di lantai atap yang paling dekat dengan pusat massa struktur. [10]

Perpindahan maksimum yang diizinkan berdasarkan stabilitas dari SNI 1726:2019 adalah 2% dari tinggi bangunan. [8]

$$\Delta_{maks} = 2\% \times 15900 \text{ mm} = 318 \text{ mm}$$

Digunakan perpindahan maksimum sebesar 320 mm sebagai perpindahan target dalam analisis untuk beban pushover arah X, -X, Y, dan -Y.

Metode yang digunakan dalam menentukan *performance point* pada penelitian ini adalah metode *capacity spectrum*. Metode ini dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur. Kemudian hasilnya diplot-kan dalam format *Acceleration Displacement Response Spectrum* (ADRS). Gerakan tanah gempa juga dikonversi ke format ADRS. Sehingga kurva kapasitas dapat diplot-kan pada sumbu yang sama sebagai gaya gempa perlu. Tingkat kinerja struktur selanjutnya ditentukan berdasarkan nilai simpangan total maksimum dan simpangan inelastis maksimum yang ditentukan pada ATC-40 dan disajikan pada Tabel 5. Pendefinisian sendi plasti dilakukan pada seluruh elemen balok dan kolom. Sendi plastis merepresentasikan perilaku nonlinier pada elemen-elemen tersebut. Sendi plastis akan terjadi jika kapasitas nominal dari elemen telah terlampaui. Panjang sendi plastis diasumsikan diambil 0,05 dari Panjang elemen yang ditinjau. [3]

Tabel 5 Batasan Level Kinerja Berdasarkan ATC-40

Batasan simpangan antar tingkat	Level Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Live Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan total maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	$0,03 \frac{v_t}{p_i}$
Simpangan <i>inelastic</i> maksimum	0,005	0,005-0,015	Tidak dibatasi	Tidak dibatasi

Pengembangan Fragility Curve. Kurva kerapuhan menunjukkan peluang suatu bangunan berada pada atau melampaui tingkat kerusakan tertentu sebagai fungsi dari parameter tuntutan gempa seperti *spectral displacement*. Setiap kurva fragilitas didefinisikan oleh nilai median dari parameter tuntutan gempa yang merepresentasikan ambang batas suatu tingkat kerusakan, serta parameter variabilitas yang mencerminkan ketidakpastian respons struktur. Secara matematis, probabilitas suatu bangunan berada pada atau melampaui tingkat kerusakan tertentu dinyatakan melalui fungsi distribusi kumulatif berbasis lognormal. [6]

$$P[ds|s_d] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{s_d}{\bar{s}_{d,ds}} \right) \right]$$

Dimana:

$\bar{s}_{d,ds}$ = Nilai median *spectral displacement* pada saat bangunan mencapai ambang batas tingkat kerusakan, ds.

β_{ds} = Simpangan baku dari logaritma natural *spectral displacement* untuk tingkat kerusakan, ds.

Φ = Fungsi distribusi kumulatif normal standar.

HAZUS menyediakan nilai median dan simpangan baku berdasarkan klasifikasi tipe bangunan dan tingkat kode bangunan. Namun, Nilai median tersebut disesuaikan berdasarkan nilai ambang batas kerusakan yang dihitung menggunakan pendekatan Barbat dkk. (2008). [6] [2]

Tabel 6 Nilai Median Menggunakan Pendekatan

Level Kerusakan	Median
<i>Slight</i>	$S_d = 0,7 D_y$
<i>Moderate</i>	$S_d = D_y$
<i>Extensive</i>	$S_d = D_y + 0,25(D_u - D_y)$
<i>Complete</i>	$S_d = D_u$

Dimana,

S_d = median *spectral displacement*

D_y = *spectral displacement* kondisi leleh

D_u = *spectral displacement* kondisi ultimit

Tabel 7 Nilai Standar Deviasi Berdasarkan HAZUS

Damage state	Standar deviasi (Inch)	Standar deviasi (m)
SD	0,68	0,017272
MD	0,67	0,017018
ED	0,68	0,017272
CD	0,81	0,020574

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur. Pemeriksaan kapasitas elemen dilakukan dengan memeriksa rasio kapasitas kolom dan balok, dimana diperoleh rasio kapasitas kolom maksimum sebesar 0,919 yang berada pada story 1, serta rasio kapasitas minimum sebesar 0,163 pada story 4. Respons struktur terhadap beban gempa rencana secara elastik menunjukkan distribusi gaya, simpangan antar lantai, serta gaya geser dasar yang masih memenuhi ketentuan peraturan yang berlaku. nilai partisipasi massa yang diperoleh telah melampaui batas minimal 90% pada masing – masing arah horizontal dengan ragam getar yang terjadi berturut – turut pada *mode shape* 1, 2, dan 3 adalah translasi arah y, translasi arah x, dan rotasi. Nilai gaya geser dasar statik (V) diperoleh sebesar 8456,042 kN.

Perhitungan simpangan antar tingkat disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Simpangan Antar Lantai

Lantai	h_{sx} (mm)	Total Drift		Perpindahan Pusat Massa (δ_{xe})		Story Drift (Δ)		Story Drift Izin (Δ_a/ρ)	Keterangan $\Delta_a/\rho > \Delta$
		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	
		X	Y	X	Y	X	Y		
4	3800	24,53	27,85	5,31	6,53	19,48	23,93	29,23	OKE
3	3800	19,22	21,32	6,82	7,84	25,01	28,73	29,23	OKE
2	3800	12,40	13,48	7,07	7,84	25,93	28,73	29,23	OKE
1	4500	5,32	5,65	5,32	5,65	19,51	20,71	34,62	OKE

Hasil Identifikasi Ketidakberaturan Struktur. Kriteria ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal yang diidentifikasi berdasarkan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10. Struktur Gedung ini memiliki dua ketidakberaturan horizontal yaitu ketidakberaturan sudut dalam (H.2) dan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

(H.3) serta memiliki dua ketidakberaturan vertikal yaitu ketidakberaturan berat (V.2) dan ketidakberaturan Akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral (V.4). Berdasarkan SNI 1726:2019 struktur dengan ketidakberaturan tersebut harus memenuhi pasal referensi yang ditentukan, yaitu pasal 7.3.3.3, 7.3.3.4, dan Tabel 16 pada SNI 1726:2019. [8]

Tabel 9 Ketidak beraturan Horizontal

No.	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Status
1a.	Ketidakteraturan torsi	7.3.3.4, 7.7.3, 7.8.4.3, 7.12.1, Tabel 16, 11.3.4	Tidak memenuhi
1b.	Ketidakteraturan torsi	7.3.3.1, 7.3.3.4, 7.3.4.2, 7.7.3, 7.8.4.3, 7.12.1, Tabel 16, 11.3.4	Tidak memenuhi
2.	Ketidakteraturan sudut dalam	7.3.3.4, Tabel 16	Memenuhi
3.	Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma	7.3.3.4, Tabel 16	Memenuhi
4.	Ketidakteraturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang	7.3.3.3, 7.3.3.4, 7.7.3, Tabel 16, 11.3.4	Tidak memenuhi
5.	Ketidakteraturan sistem nonparalel	7.5.3, 7.7.3, Tabel 16, 11.3.4	Tidak memenuhi

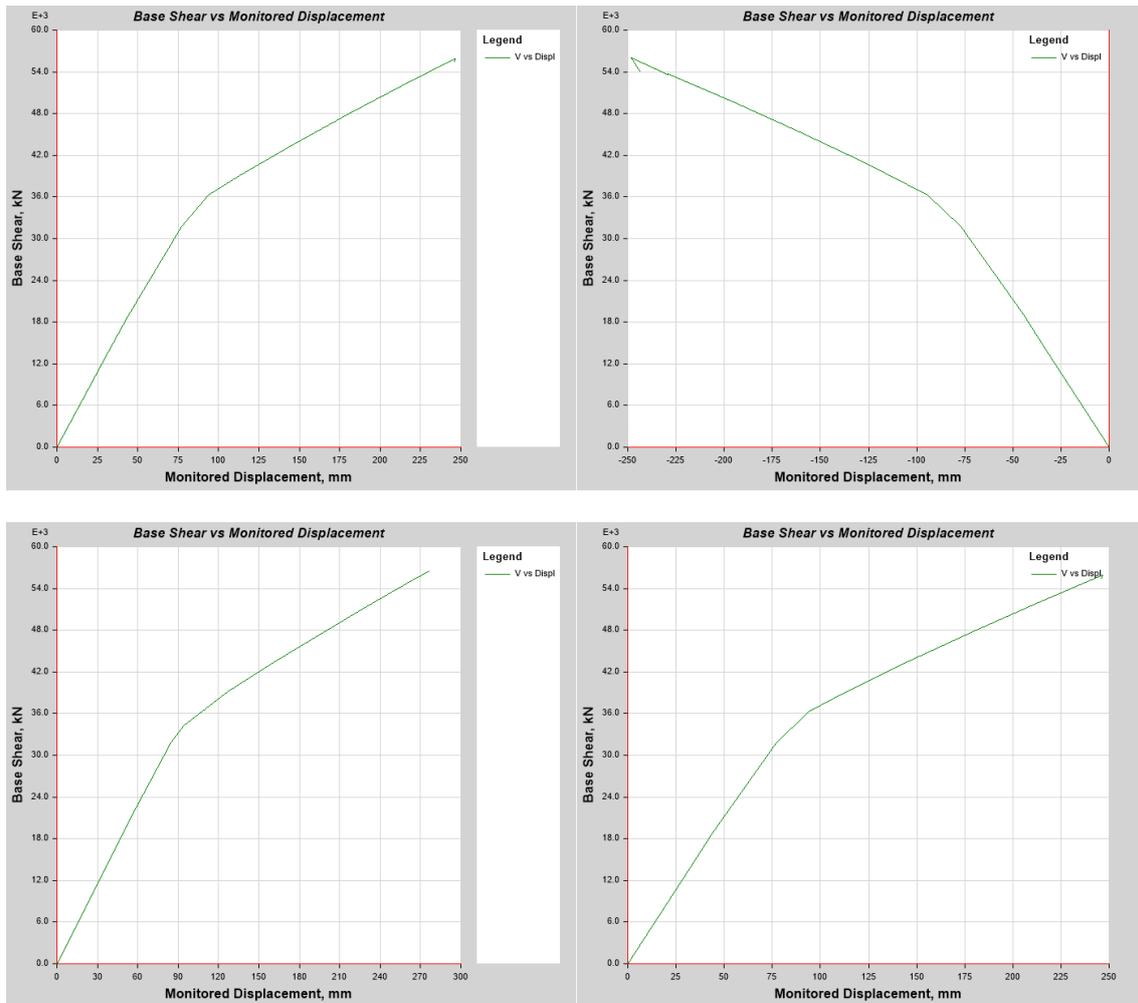
Tabel 10 Ketidak beraturan Vertikal

No.	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Status
1a.	Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak	Tabel 16	Tidak memenuhi
1b.	Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak berlebihan	7.3.3.1, Tabel 16	Tidak memenuhi
2.	Ketidakteraturan berat (massa)	Tabel 16	Memenuhi
3.	Ketidakteraturan geometri vertikal	Tabel 16	Tidak memenuhi
4.	Ketidakteraturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral	7.3.3.3, 7.3.3.4, Tabel 16	Memenuhi
5a.	Ketidakteraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat	7.3.3.1, Tabel 16	Tidak memenuhi
5b.	Ketidakteraturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat	7.3.3.1, 7.3.3.2, Tabel 16	Tidak memenuhi

Dalam memenuhi pasal 7.3.3.4 SNI 1726:2019, struktur harus didesain untuk memikul efek gaya seismik termasuk faktor kuat lebih sesuai Pasal 7.4.3 SNI 1726:2019. Berdasarkan tahapan analisis yang dilakukan, elemen kolom tertentu tidak mampu memenuhi tuntutan gaya seismik yang diperbesar dengan faktor kuat lebih. Analisis *pushover* selanjutnya dilakukan

untuk menganalisis mekanisme plastis yang terjadi.

Kurva Kapasitas. Analisis Pushover menghasilkan kurva kapasitas berupa hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan. Kurva kapasitas arah X, -X, Y, dan -Y yang didapatkan dari analisis ditunjukkan pada Gambar 3.



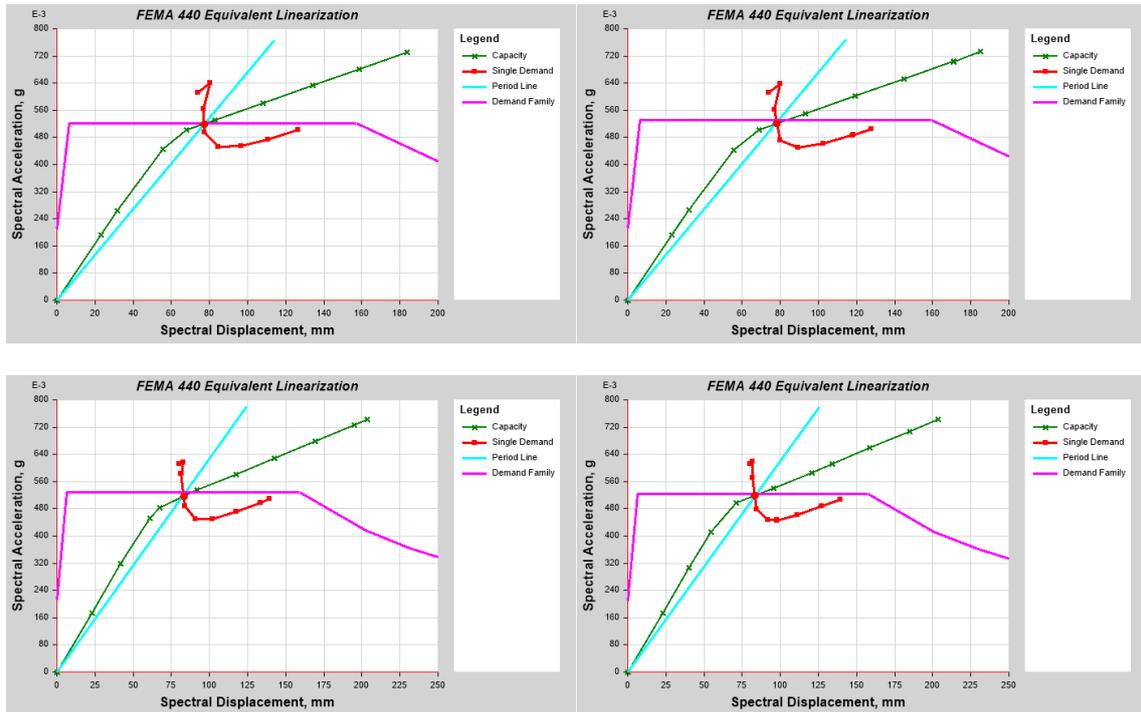
Gambar 3 Kurva Kapasitas Arah X, -X, Y, dan -Y

Pelelehan pertama. Pada arah X, -X, Y, dan -Y pelelehan pertama terjadi pada balok pada step kedua saat gaya geser dasar berturut – turut sebesar 18837,9705 kN, 19042,0916 kN, 22449,6397 kN, dan 21588,186 kN dan perindahan berturut – turut sebesar 43,972 mm, 44,449 mm, 58,452mm, dan 56,209 mm. dari mekanisme sendi plastis yang terbentuk, struktur menunjukkan pola *strong column–weak beam*, menandakan bahwa

mekanisme keruntuhan yang terjadi sesuai dengan konsep desain struktur tahan gempa yang ideal. [11]

Performance Point. Penentuan *performance point* di keempat arah ditunjukkan pada Gambar 4. *Performance point* didapat pada saat S_a masing – masing arah X, -X, Y, dan -Y berturut – turut sebesar 0,519 g, 0,521g, 0,516 g, dan 0,519 g serta

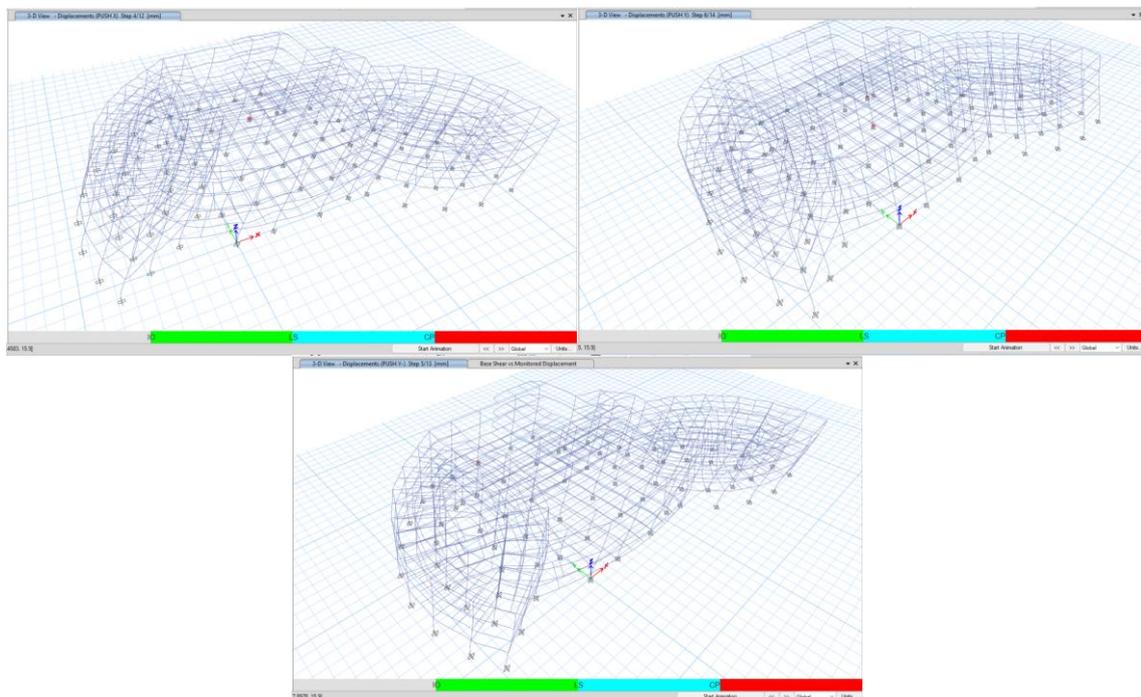
berturut – turut S_d sebesar 77,272 mm, 78,178 mm, 83,171 mm, dan 83,315 mm.



Gambar 4 Performance Point Arah X, -X, Y, dan -Y

Level Kinerja. Pada arah X, -X, Y, dan -Y Level kinerja struktur secara global berdasarkan nilai simpangan total maksimum berada pada kategori IO. Namun demikian, pada

tahap *performance point* pada arah X, Y, dan -Y terdapat kolom yang mengalami deformasi plastis dan langsung melampaui batas CP ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Performance Level pada Saat Performnace Point Arah X, Y, dan -Y

Fragility Curve. Nilai ambang batas kerusakan atau median yang diperoleh dari nilai D_y dan D_u

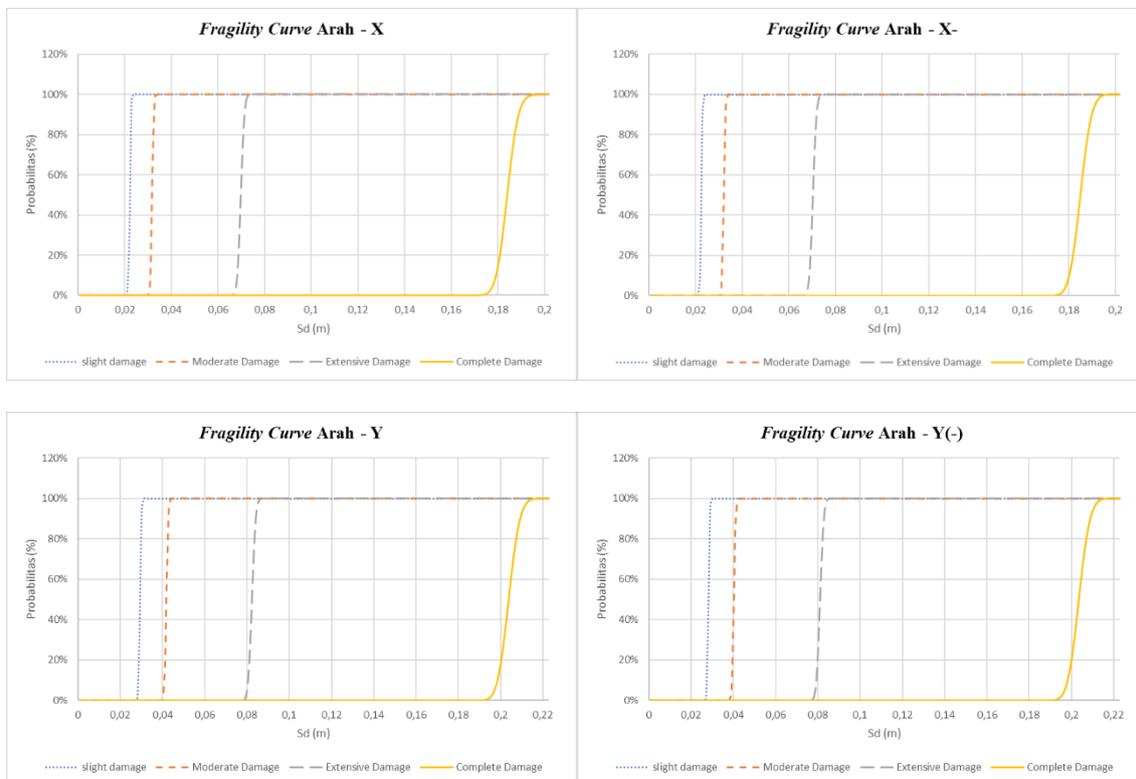
berdasarkan hasil analisis *Pushover* disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Nilai ambang batas kerusakan

Damage state	Median (m)			
	X	-X	Y	-Y
Slight	0,0222	0,0224	0,0292	0,0281
	43	85	23	02
Moderate	0,0317	0,0321	0,0417	0,0401
	76	21	47	45
Extensive	0,0698	0,0703	0,0822	0,0809
	19	32	51	66
Complete	0,1839	0,1849	0,2037	0,2034
	49	63	61	28

Berdasarkan analisis, kurva kerapuhan seismik dalam keempat arah dengan 4 tipe

kerusakan dapat dilihat pada [Gambar 6](#). Kurva kerapuhan hasil plot antara perpindahan dan probabilitas kerusakan pada performance point pada arah X, -X, Y, dan -Y yang berturut – turut memiliki nilai perpindahan sebesar 0,0773 m, 0,0782 m, 0,0832 m, dan 0,0833 m memiliki probabilitas terjadinya kerusakan slight damage, moderate damage, extensive damage, complete damage berturut – turut sebesar 100%, 100%, 70,028%, dan 0% untuk arah X dan -X, 100%, 100%, 70,028%, dan 0% untuk arah Y, dan 100%, 100%, 92,46%, dan 0% untuk arah -Y



Gambar 6 Fragility Curve Arah X, -X, Y, dan -Y

4 KESIMPULAN

Struktur Gedung ini memiliki ketidakberaturan sudut dalam, ketidakberaturan diskontinuitas diafragma, ketidakberaturan berat, dan ketidakberaturan Akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral. Berdasarkan hasil analisis struktur sebelum dilakukan analisis *pushover*, struktur dengan ketidakberaturan menunjukkan respons seismik yang masih berada dalam batas kriteria desain yang dipersyaratkan. Namun, Berdasarkan evaluasi ketidakberaturan vertikal Tipe 4, beberapa kolom pendukung rangka tak menerus tidak sepenuhnya memenuhi tuntutan gaya seismik dengan faktor kuat lebih. Maka, Analisis *pushover* dilakukan untuk menganalisis mekanisme plastis yang terjadi.

Namun demikian, Level kinerja struktur secara global pada keempat arah berdasarkan *pushover analysis* berada pada kategori IO. pencapaian level kinerja IO pada gempa dengan tingkat demand 2500 tahunan menunjukkan bahwa struktur secara global masih tergolong *overdesign* terhadap target kinerja minimum yang disyaratkan. Pada *pushover analysis* arah X, Y, dan -Y terdapat kolom yang mengalami deformasi plastis dan langsung melampaui batas CP, tanpa didahului oleh kondisi IO hingga LS. Hal ini mengindikasikan adanya potensi kelemahan lokal yang perlu mendapatkan perhatian khusus.

Tipe kerusakan gedung saat diberikan beban *pushover* arah X dan -X pada performance point adalah *Extensive damage* dengan probabilitas kerusakan yang terjadi sebesar 100%. Selain itu, beban *pushover* arah Y dan -Y menghasilkan tipe kerusakan *Extensive damage* dengan probabilitas terjadi sebesar 70,028% dan 92,46%. Dimana *extensive damage* didefinisikan dalam HAZUS sebagai kerusakan dengan beberapa elemen telah melampaui batas ultimit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prayuda, T. I. Maulana dan F. Mahrez, "Pengaruh Ketidakberaturan Bentuk Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Tinggi Terhadap Perilaku Seismik," *Jurnal Teknik Sipil ITB Vol.30 No.2, Agustus 2023*, vol. 30, pp. 307-320, 2023.
- [2] W. Hasyim, "Analisis Kerapuhan Seismik Struktur Gedung Tak Beraturan dengan Analisis Pushover," *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIIA Volume 13, No. 1, April 2025*, vol. 13, pp. 119-130, 2025.
- [3] ATC-40, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings," Applied Technology Council, Redwood City, California, 1996.
- [4] FEMA 440, "Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures," Federal Emergency Management Agency (FEMA), Washington D.C, 2005.
- [5] K. K. Kurnia dan O. K. Kegyes-Brassai, "Nonlinear Static Analysis for Seismic Evaluation of Existing RC Hospital Building," *Appl. Sci. 2023, 13, 11626*, vol. 13, pp. 1-17, 2023.
- [6] HAZUS, "Hazus Earthquake Model Technical Manual," Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2020.
- [7] W. Sucipto, H. T. Kalangi dan J. Tanijaya, "Analisis Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang (Studi Kasus: Tower "A" Gedung Ciputra School of Business Makassar)," *JURNAL MEDIA TEKNIK SIPIL VOLUME 1, NO. 1, MEI 2023*, vol. 1, pp. 16-26, 2023.
- [8] Badan Standar Nasional, "SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan NonGedung," Badan Standar Nasional, Jakarta, 2019.
- [9] Badan Standar Nasional, "SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Nongedung," Badan Standar Nasional, Jakarta, 2020.
- [10] B. Budiono, N. T. H. Dewi, M. Kristalya, S. L. C. Manik dan E. H. K. Ong, Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktur Khusus Di Jakarta, Bandung: ITB, 2017.
- [11] E. A. Krisdanti, K. K. D. Sungkono dan G. , "Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Pushover Berdasarkan ATC-40," *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur Vol. 29 No. 2 Juli 2024*, pp. 7-16, 2024.