

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN ANALISIS *PUSHOVER* PADA PROYEK GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS MAHASARASWATI DENPASAR

I Made Sastra Wibawa, I Ketut Diartama Kubon Tubuh, Pande Putu Lingga Aditya Prawira

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: sastrawibawa@unmas.ac.id

ABSTRAK: Evaluasi untuk memperkirakan kondisi struktur bangunan pada saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa. Salah satu tren dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu perencanaan berbasis kinerja (*performance-based design*). Konsep dari perencanaan ini merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan, dimana perencanaan ini memanfaatkan teknik analisa non-linier berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gempa, sehingga dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis. Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar yang berlokasi di Jalan Kamboja, Dangin Puri Kangin, Kec. Denpasar Utara, Kota Denpasar, Bali. Gedung ini memiliki ketinggian 20,40-meter dengan jumlah tingkat yaitu 4 lantai. Menurut peraturan SNI 1726:2012 fungsi Gedung ini ditunjukkan sebagai fasilitas Pendidikan dengan kategori resiko II. Kinerja struktur dievaluasi melalui analisis statik non linier *Pushover* menggunakan *software* SAP2000. Untuk mengetahui tingkat kinerja suatu struktur bangunan sesuai dengan dokumen FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) 356. Performance point dari analisis statik pushover berdasarkan metode koefisien perpindahan FEMA 356 diperoleh hasil target perpindahan (δT) pada arah X sebesar 0,178 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention* (CP) dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3820,91 kN. Sedangkan hasil target perpindahan (δT) pada arah Y sebesar 0,168 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention* (CP) dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3756,71 kN.

Kata kunci: *Analisis pushover, software SAP2000, performance level.*

ABSTRACT: Evaluation to estimate the condition of the building structure during an earthquake is necessary to guarantee that its performance is satisfactory during an earthquake. One of the trends in earthquake-resistant building planning is performance-based design. The concept of this plan is a combination of the resistance aspect and the serviceability aspect, where this plan utilizes computer-based non-linear analysis techniques to analyze the inelastic behavior of structures from various earthquake intensities, so that their performance can be known in critical conditions. This research takes a case study of the Rectorate Building of Mahasaraswati Denpasar University which is located on Kamboja Street, Dangin Puri Kangin, North Denpasar, Denpasar City, Bali. This building has a height of 20.40 meters with a total of 4 floors. According to the regulation of SNI 1726:2012, the function of this building is designated as an educational facility with risk category II. The performance of the structure was evaluated through Pushover non-linear static analysis using SAP2000 software. To determine the level of performance of a building structure in accordance with the FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) document 356. The performance point of the pushover static analysis based on the FEMA 356 displacement coefficient method results in the displacement target (δT) in the X direction of 0,178 m, the performance shown by the structure is *Collapse Prevention* (CP) where the building is only able to withstand an earthquake force of 3820,91 kN. While the result of the displacement target (δT) in the Y direction is 0,168 m, the performance shown by the structure is *Collapse Prevention* (CP) where the building is only able to withstand an earthquake force of 3756,71 kN.

Keywords: *Pushover analysis, SAP2000 software, performance level.*

PENDAHULUAN

Dalam membangun sesuatu bangunan yang diperuntukkan untuk kapasitas daya guna yang besar dengan kondisi lahan yang kurang memadai luasannya, maka dipilihlah bangunan tinggi sebagai salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Semakin tingginya suatu bangunan mempunyai resiko keruntuhan yang semakin tinggi pula. Oleh karena itu dalam membangun suatu struktur bangunan tinggi mempunyai persyaratan yang lebih kompleks. Apabila bangunan tersebut didirikan di Indonesia, maka bangunan tersebut harus memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI).

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang berada diantara pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng Hindia Australia. Pertemuan ketiga lempeng utama ini membuat Indonesia menjadi negara dengan tingkat resiko terjadinya gempa bumi

sangatlah besar. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia banyak yang menimbulkan kerusakan struktur bangunan gedung di Indonesia. Dengan merencanakan suatu struktur dengan beban gempa, banyak aspek yang mempengaruhinya diantaranya adalah periode bangunan. Periode bangunan itu sangat dipengaruhi oleh massa struktur serta kekakuan struktur tersebut. Kekakuan struktur sendiri dipengaruhi oleh kondisi struktur, bahan yang digunakan serta dimensi struktur yang digunakan. Evaluasi untuk memperkirakan kondisi struktur bangunan pada saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa. Salah satu tren dalam perencanaan bangunan tahan gempa yaitu perencanaan berbasis kinerja (*performance based design*). Konsep dari perencanaan ini merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan, dimana perencanaan ini memanfaatkan teknik analisa non-linier berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gempa, sehingga dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis. Salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk menggambarkan perilaku inelastis struktur adalah analisis statik nonlinier (*static pushover analysis*) yang mengacu pada peraturan FEMA (*Federal Emergency Management Agency*)

Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung Beton Bertulang Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar. Gedung ini merupakan gedung baru yang dibangun pada tahun 2020. Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar terletak di Bali tepatnya di daerah Kota Denpasar yang merupakan daerah rawan gempa. Tinggi bangunan 20,40 meter dengan jumlah tingkat yaitu 4 lantai. Gedung ini menarik untuk dianalisis kinerjanya menggunakan analisis *static pushover* karena fungsi gedung ditujukan sebagai fasilitas perkantoran dengan kategori resiko II menurut SNI Gempa (SNI 1726:2012).

ANALISIS SPEKTRUM RESPON RAGAM RAGAM

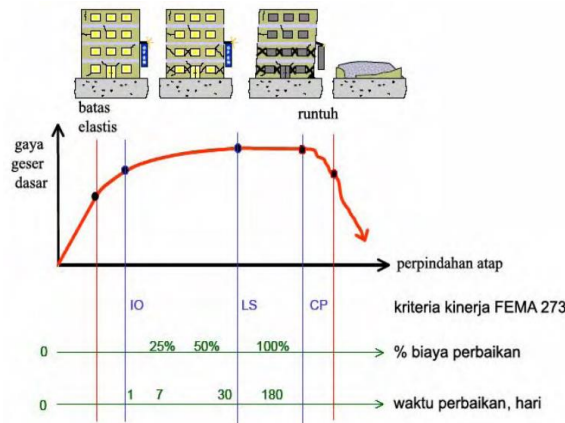
Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

DESAIN BERBASIS KINERJA

Berdasarkan ATC-40 dan FEMA 273, Desain Berbasis Kinerja atau *Performance Based Design* adalah desain struktur yang memperlihatkan batas kinerja dari tingkat kerusakan sebuah struktur yang diakibatkan oleh beban lateral gempa MCER. Batasan ini dinyatakan dalam tingkat kriteria atau *performance level* (Purwanto & Yanto, 2010).

Performance level adalah tingkat atau derajat kerusakan yang dikategorikan berdasarkan kerusakan yang dialami oleh struktur sehingga tidak membahayakan keselamatan pengguna struktur bangunan. Berdasarkan FEMA 273 (1997), kategori *performance level* struktur berdasarkan tingkat kerusakannya yaitu.

1. *Operational*, tak ada kerusakan berarti pada struktur dan non-struktur, bangunan tetap berfungsi.
2. *Immediate Occupancy* (IO), jika struktur tidak terdapat kerusakan yang berarti pada komponen struktural maupun non struktural. Tidak terjadi pergeseran permanen pada bangunan, sebagian besar struktur dapat mempertahankan kekuatan dan kekakuannya, sedikit retak serta semua sistem penting pada gedung dapat beroperasi dengan normal.
3. *Life Safety* (LS), jika struktur masih mampu menahan beban gempa dengan sedikit kerusakan. Komponen non-struktural masih aman tetapi terjadi kerusakan pada beberapa utilitas. Perbaikan kerusakan dapat dilakukan tanpa mengganggu fungsi dari struktur bangunan.
4. *Collapse Prevention* (CP), jika struktur mengalami kerusakan tetapi belum runtuh. Terjadi perubahan kekakuan struktur. Kecelakaan yang diakibatkan jatuhnya material sangat mungkin terjadi.



Gambar 1. Ilustrasi Performance Level
Sumber: (Dewobroto, 2007)

ANALISIS STATIK PUSHOVER

Analisis *statik non-linear pushover* merupakan salah satu komponen performance based design yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Dasar dari analisis pushover sebenarnya sangat sederhana, yaitu memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap pada suatu struktur sampai struktur tersebut mencapai target displacement tertentu atau mencapai pola keruntuhan tertentu. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui nilai-nilai gaya geser dasar untuk perpindahan lantai atap tertentu. Nilai-nilai yang didapatkan tersebut kemudian dipetakan menjadi suatu kurva kapasitas dari struktur. Selain itu, analisis pushover juga dapat memperlihatkan secara visual perilaku struktur pada saat kondisi elastis, plastis, dan sampai terjadinya keruntuhan pada elemen-elemen strukturnya.

Meskipun dasar analisis ini sangat sederhana, informasi yang dihasilkan akan berguna karena mampu menggambarkan respons inelastis bangunan ketika mengalami gempa. Analisis ini memang bukan cara yang terbaik untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah-masalah analisis maupun desain, tetapi merupakan suatu langkah maju dengan memperhitungkan karakteristik respons non-linear yang dapat dipakai sebagai ukuran performance suatu bangunan pada waktu digoncang gempa kuat. Pembuatan model komputer struktur yang akan dianalisis secara dua atau tiga dimensi (Dewobroto, 2007)

1. Waktu Getar Alami Efektif

Waktu getar alami yang memperhitungkan kondisi inelastis atau waktu getar efektif, T_e , dapat diperoleh dengan bantuan kurva hasil analisa *pushover*. Untuk itu, kurva *pushover* diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral efektif bangunan, K_e , dan kuat leleh bangunan, V_y . Kekakuan lateral efektif dapat diambil dari kekakuan secant yang dihitung dari gaya geser dasar sebesar 60% dari kuat leleh. Karena kuat leleh diperoleh dari dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis (K_e) dan kondisi inelastis (αK_e), maka prosesnya dilakukan secara trial-error. Selanjutnya waktu getar alami efektif, T_e dihitung sebagai:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

T_i dan K_i adalah perioda alami awal elastis (dalam detik) dan kekakuan awal bangunan pada arah yang ditinjau.

2. Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Merupakan metode utama dalam prosedur analisis static nonlinier. Perhidungan dilakukan dengan memodifikasi respons elastis linier dari sistem SDOF ekuivalen dengan faktor koefisien C_0, C_1, C_2 dan C_3 sehingga diperoleh perpindahan global maksimum (elastis dan inelastis) yang disebut target perpindahan (δ_T).

Target perpindahan pada titik kontrol δ_T , ditentukan dari persamaan 1 berikut:

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \dots\dots\dots(2)$$

dimana: T_e = waktu getar alami efektif;

- C_0 = koefisien faktor bentuk;
- C_1 = faktor modifikasi;
- T_s = waktu getar karakteristik;
- $R = (S_a/(V_y/W)) C_m$
- S_a = akselerasi respon spektrum;
- V_y = gaya geser dasar pada saat leleh;
- W = total beban;
- C_m = factor massa efektif;
- C_2 = koefisien untuk memperhitungkan efek pinching;
- C_3 = koefisien untuk memperhitungkan pembesaran;
- α = rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastic efektif; dan
- g = percepatan grafitasi.

3. Displacement Control

Displacement control merupakan parameter yang digunakan sebagai besarnya perpindahan struktur jika besar beban tidak diketahui. *Displacement control* berguna untuk menganalisis struktur dalam kondisi inelastis dan kehilangan kapasitas angkut beban selama berlangsungnya analisis. Berdasarkan FEMA 356, besar perpindahan untuk displacement control sebesar 2% dari tinggi struktur.

SENDI PLASTIS

Struktur gedung apabila menerima beban gempa pada tingkatan / kondisi tertentu, akan terjadi sendi plastis (hinge) pada balok pada gedung tersebut. Sendi plastis merupakan bentuk ketidak mampuan elemen struktur (balok dan kolom) menahan gaya dalam. Perencanaan suatu bangunan harus sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah. Apabila terjadi suatu keruntuhan struktur, maka yang runtuh adalah baloknya dahulu. Apabila kolomnya runtuh dahulu, maka struktur langsung hancur (Hasan & Astira, 2013)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai pokok bahasan berdasarkan pada refrensi berbagai literatur serta ilmu yang diperoleh. Dan adapun penggunaan program analisis struktur SAP2000 digunakan untuk membuat pemodelan struktur gedung hingga menjalankan analisis *pushover* untuk mengetahui kinerja struktur gedung.

PENGUMPULAN DATA

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer (dimensi struktur) dan data sekunder (gambar struktur, data beban dan data material). Langkah awal dari analisis ini yaitu membuat pemodelan struktur 3D pada software SAP2000 sesuai dengan geometri dan dimensi struktur pada soft drawing, adapun data geometri dan dimensi struktur yaitu sebagai berikut:

1. Data Geometrik Struktur

- a. Panjang bangunan : 42 meter
- b. Lebar bangunan : 18,5 meter
- c. Tinggi bangunan : 20,40 meter
- d. Jumlah lantai : 5 lantai

2. Data Material

Adapun data material yang diinput pada program SAP2000 yaitu sesuai dengan data berikut:

- a. Mutu beton :
 - Mutu Beton struktur $f_c' = 25$ MPa
 - Berat / volume = 2400 kg/m³
 - Angka poisson = 0,2
 - Modulus elastisitas = $4700 \cdot (f_c'^{0,5}) = 4700 \cdot (25^{0,5}) = 23500$
- b. Mutu baja :
 - BJT 40 ($f_y = 400$ MPa dan $f_u = 500$ MPa) untuk besi ulir
 - BJTP 32 ($f_y = 320$ MPa dan $f_u = 400$ MPa) untuk besi polos

3. Elemen struktur yang digunakan

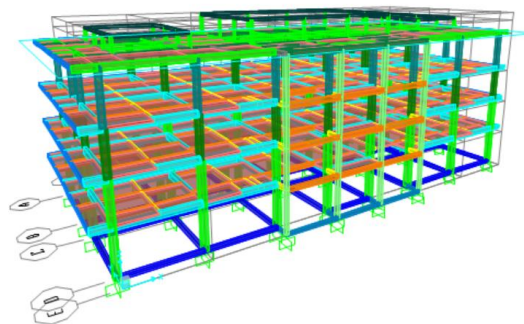
Tabel 1. Elemen struktur yang digunakan

Kolom	Balok	Pelat
C1 (50cm × 50cm)	B1 (30cm × 50cm)	Pelat lantai 2 (t = 13cm)
C2 (Ø50cm)	B2 (25cm × 40cm)	Pelat lantai 3 (t = 13cm)
C3 (35cm × 35cm)	B3 (20cm × 35cm)	Pelat lantai 4 (t = 13cm)
C4 (45cm × 45cm)	B4 (15cm × 30cm)	Pelat lantai atap (t = 12cm)
C5 (40cm × 40cm)	B5 (30cm × 60cm)	
C6 (20cm × 20cm)	B6 (30cm × 45cm)	
	B7 (25cm × 40cm)	
	B8 (20cm × 35cm)	
	R1 (20cm × 25cm)	

PEMODELAN STRUKTUR DENGAN SAP 2000

Struktur gedung dimodelkan secara 3D pada program SAP 2000 dengan langkah-langkah pemodelan sebagai berikut:

1. Menentukan geometri struktur
2. Mendefinisikan material
3. Mendefinisikan *element propert*
4. Menggambar elemen struktur
5. Mengubah perletakan menjadi jepit
6. Pengerjaan beban pada struktur dan pendefinisian kombinasi beban



Gambar 2. Pemodelan 3D SAP2000

ANALISIS PUSHOVER

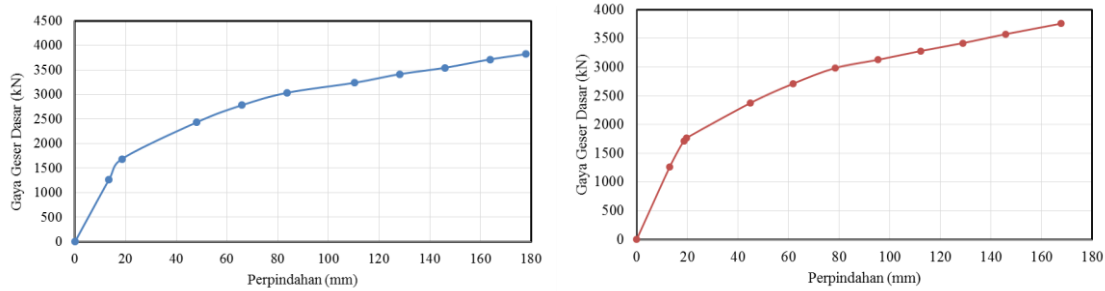
Evaluasi kinerja struktur dengan analisis statik non linier *Pushover* dilakukan setelah rancangan struktur telah memenuhi syarat dan ketentuan dari peraturan-peraturan yang digunakan untuk mendesain.

Analisis *pushover* meliputi penetapan sendi plastis, pengaturan beban menjadi beban non-linear dan penetapan target perpindahan untuk masing-masing arah memanjang dan melintang. Hasil keluaran dari analisis *pushover* adalah kurva *pushover* yang berupa hubungan antara gaya geser dasar dengan perpindahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Pushover

Kurva pushover adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya gempa dan perpindahan yang terjadi sampai struktur tersebut runtuh. Perpindahan yang ditinjau adalah perpindahan pada atap dan gaya geser dasar (*base shear*).

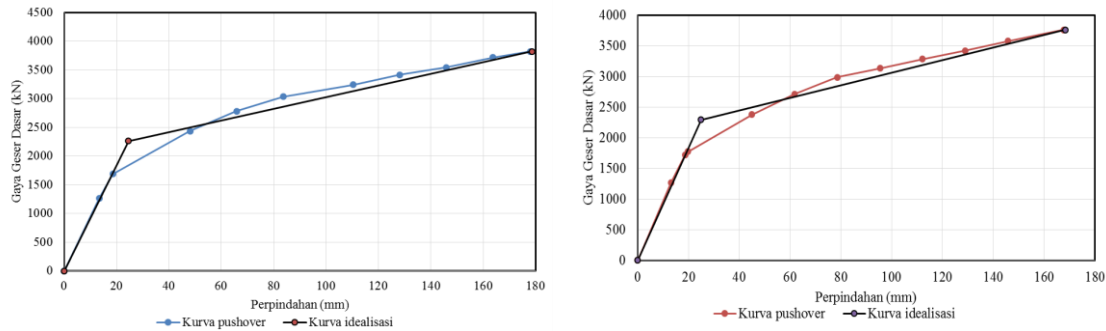


Gambar 3. Kurva *Pushover* akibat PUSH X dan PUSH Y

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa gaya lateral maksimum yang mampu ditahan oleh struktur untuk arah X adalah sebesar 3820,91 kN dengan *displacement* sebesar 177,98 mm. Sedangkan arah Y kurva *pushover* dapat dilihat bahwa gaya lateral maksimum yang mampu ditahan oleh struktur adalah sebesar 3756,71 kN yang terjadi pada dengan *displacement* sebesar 167,70 mm.

Kurva Idealisasi dan Perpindahan Target

Kurva *Pushover* selanjutnya diidealisasikan sebagai kurva bilinear untuk memperoleh waktu getar alami efektif berdasarkan metode pada FEMA 356. Kemudian perpindahan target (δ_T) dihitung berdasarkan metode *Coefficient Method* FEMA 356 yang *built-in* pada program SAP2000.



Gambar 4. Kurva *Pushover* dan kurva idealisasi akibat PUSH X dan PUSH Y

Parameter-parameter terhitung dari kurva idealisasi dan nilai perpindahan target oleh SAP2000 ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter kurva idealisasi dan perpindahan target (δ_T)

	PUSH X	PUSH Y
C₀	1.39	1.33
C₁	1.00	1.00
C₂	1.00	1.00
C₃	1.00	1.00
S_a	0.70	0.71
T_e	0.86	0.85
T_i	0.86	0.85
V_y (kN)	2262.68	2288.97
K_i (kN/mm)	92.42	96.59
K_e (kN/mm)	91.43	96.59
α	0.11	0.09
R	8.73	9.21
W (kN)	28002.59	28002.59
C_m	1.00	1.00
δ_T (mm)	178.55	168.37
V_T (kN)	3820.92	3756.72

Evaluasi Kinerja Struktur

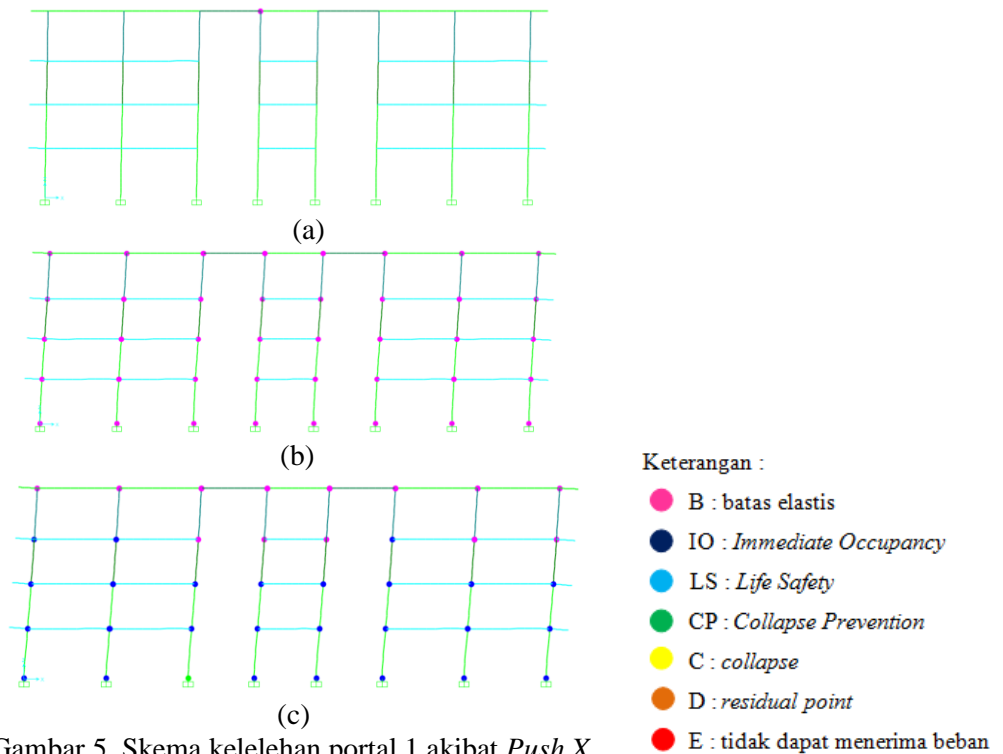
Dari perpindahan target selanjutnya dapat ditentukan evaluasi kinerja struktur yang ditunjukkan dengan mekanisme terjadinya sendi plastis (skema keelehan) dan level kinerja pada perpindahan target tersebut. Mekanisme terjadinya sendi-sendi plastis dari hasil analisis statik non linier *Pushover* untuk masing-masing model ditampilkan pada Tabel 3 sampai dengan tabel 4.

Tabel 3. Hasil analisa *pushover* akibat PUSH X

TABLE: Pushover Capacity Curve - PUSH X											
Step	δ mm	V kN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	0	0	1008	0	0	0	0	0	0	0	1008
1	13	1262	1007	1	0	0	0	0	0	0	1008
2	19	1685	922	86	0	0	0	0	0	0	1008
3	48	2433	790	218	0	0	0	0	0	0	1008
4	66	2780	785	223	0	0	0	0	0	0	1008
5	84	3033	743	265	0	0	0	0	0	0	1008
6	110	3239	739	263	0	0	6	0	0	0	1008
7	128	3414	737	260	5	0	6	0	0	0	1008
8	146	3543	734	238	30	0	6	0	0	0	1008
9	164	3714	726	140	136	0	6	0	0	0	1008
10	178	3821	723	119	160	0	6	0	0	0	1008

δ_T 178,55

Tabel 3 menunjukkan menunjukkan perpindahan target akibat *Push X* tercapai di *step* ke 10. Pada *step* pembebanan ke 10 terdapat 119 sendi plastis yang berada pada tingkat keelehan B-IO, 160 buah pada IO-LS dan 6 buah pada CP-C. Bagian struktur yang mengalami keelehan saat leleh pertama, pada perpindahan targetnya, dan saat mencapai pembebanan maksimum dapat dikerjakan,



Gambar 5. Skema keelehan portal 1 akibat *Push X*

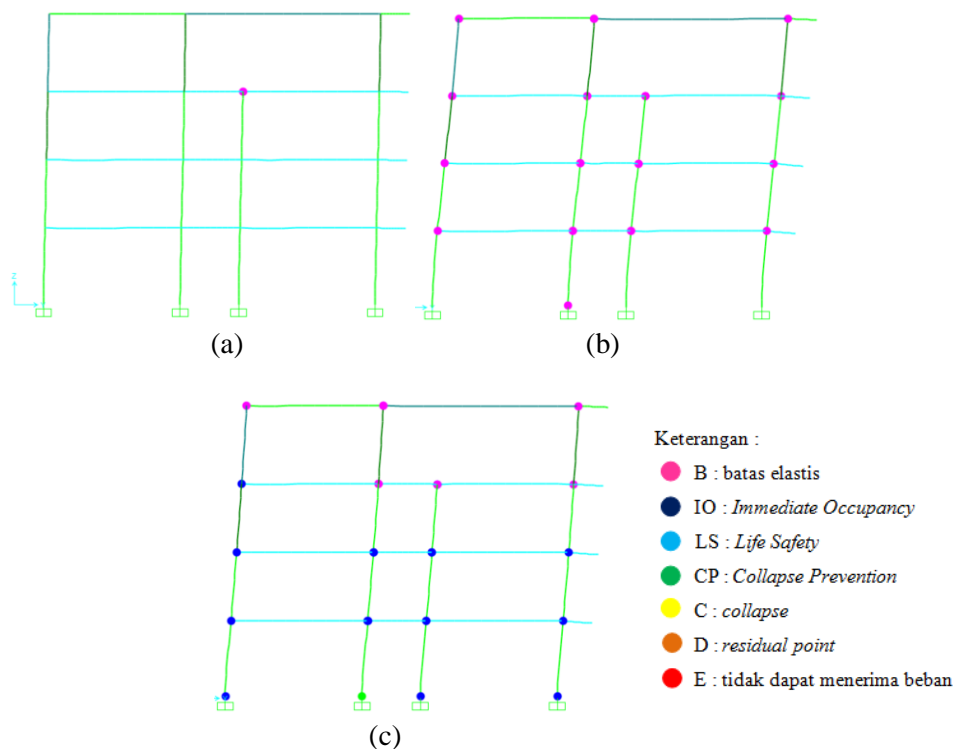
(a) Saat leleh pertama ($\delta = 13,39$ mm), (b) Pada leleh pertengahan ($\delta = 83,63$ mm), (c) Mencapai perpindahan target ($\delta_T = 178,55$ mm)

Tabel 4. Hasil analisa *pushover* akibat PUSH Y

TABLE: Pushover Capacity Curve - PUSH Y											
Step	δ mm	V kN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
0	0	0	1008	0	0	0	0	0	0	0	1008
1	13	1264	1007	1	0	0	0	0	0	0	1008
2	19	1717	901	107	0	0	0	0	0	0	1008
3	20	1769	874	134	0	0	0	0	0	0	1008
4	45	2376	801	207	0	0	0	0	0	0	1008
5	62	2711	782	226	0	0	0	0	0	0	1008
6	79	2985	755	253	0	0	0	0	0	0	1008
7	95	3128	747	259	0	0	2	0	0	0	1008
8	112	3280	739	263	3	0	3	0	0	0	1008
9	129	3419	735	243	26	0	4	0	0	0	1008
10	146	3573	719	218	66	0	5	0	0	0	1008
11	168	3757	712	142	149	0	5	0	0	0	1008

$\delta_T = 168,37$ mm

Tabel 4. perpindahan target akibat *Push Y* tercapai di *step* ke 11. Pada *step* pembebanan ke 11 terdapat 142 sendi plastis yang berada pada tingkat kelelahan B-IO, 149 buah pada IO-LS, dan 5 buah pada CP-C. Bagian struktur yang mengalami kelelahan saat leleh pertama, pada perpindahan targetnya, dan saat mencapai pembebanan maksimum dapat dikerjakan.



Gambar 6. Skema kelelahan portal E akibat *Push Y*

(a) Saat leleh pertama ($\delta = 13,08$ mm), (b) Pada leleh pertengahan ($\delta_T = 61,80$ mm), (c) Mencapai perpindahan target ($\delta_T = 168,37$ mm)

Bagian struktur yang mengalami kelelahan saat leleh pertama adalah balok pada lantai 4. Sedangkan saat mencapai perpindahan target adalah balok dan kolom pada lantai 2, lantai 3, dan lantai 4. Struktur ini level kinerjanya adalah CP (*Collapse Prevention*).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis respon spektrum dan statik *pushover* pada Gedung Universitas Mahasaraswati Denpasar, didapatkan simpulan *Performance point* dari analisis statik *pushover* berdasarkan metode koefisien perpindahan FEMA 356 diperoleh hasil target perpindahan (δ_T) pada arah X sebesar 0,178 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention* (CP) dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3820,91 kN. Sedangkan hasil target perpindahan (δ_T) pada arah Y sebesar 0,168 m, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur adalah *Collapse Prevention* (CP) dimana gedung hanya mampu menahan gaya gempa sebesar 3756,71 kN

hasil analisis dari metode koefisien perpindahan FEMA 356 dapat disimpulkan bahwa Gedung Rektorat Universitas Mahasaraswati Denpasar masuk pada *level Collapse Prevention* (CP) yakni, struktur mengalami kerusakan tetapi belum runtuh. Terjadi perubahan kekakuan struktur. Kecelakaan yang diakibatkan jatuhnya material mungkin terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC-40, 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California: Seismic Safety Commission State of California.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *SNI-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dewobroto, W. (2007). *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. http://blog.ub.ac.id/bagoestif/files/2010/03/wiryanto_di_soegijapranata.pdf
- Hasan, A., dan Astira, I. (2013). Analisis Perbandingan Simpangan Lateral Bangunan Tinggi dengan Variasi Bentuk dan Posisi Dinding Geser. Studi Kasus: Proyek Apartemen The Royale Springhill Residences. *Universitas Sriwijaya*.