

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG 6 LANTAI DENGAN METODE *PUSHOVER* MENGGUNAKAN PROGRAM SAP2000 V22 (Studi Kasus: Gedung Hotel Bumi Nusantara)

Aldi Hardiana¹, Yanti Defiana², Taufik Martha³.

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email : aldihardiana49@gmail.com, yantidefiana@gmail.com, taufikmartha90@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a country located within the Pacific Ring of Fire, which causes frequent earthquakes. This condition requires special attention in designing and analyzing building structures, especially high-rise buildings, to ensure they can withstand earthquake-induced vibrations that may occur at any time. The Pushover method provides a more realistic representation of structural behavior when experiencing large deformations due to seismic loads. Unlike linear analysis, this method takes into account material and geometric nonlinearities that typically occur under extreme conditions. Thus, the Pushover method serves as an effective tool for evaluating structural performance under the design earthquake scenario. This study aims to analyze the structural performance of the Bumi Nusantara Hotel in Pangandaran Regency using the Pushover method, reviewed as a new building. The evaluation was carried out based on the Capacity Spectrum Method (CSM) according to ATC-40 provisions, with the aid of SAP2000 software.

The pushover analysis results indicate that the Bumi Nusantara Hotel structure achieves the Damage Control performance level, meaning that although some elements experience plastic hinge formation, the distribution is neither progressive nor leads to total collapse. The structure still retains residual capacity against the design earthquake load. Based on the capacity curve and the plastic hinge distribution pattern, it can be concluded that the structural failure mechanism is ductile and controlled, with plastic hinges predominantly forming in beams before columns, in accordance with the strong column–weak beam design principle.

Keyword: Earthquake, Pushover analysis, ATC-40, Performance level

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di area Cincin Api Pasifik, yang menyebabkan terjadinya banyak gempa bumi. Situasi ini memerlukan perhatian khusus dalam merancang dan menganalisis struktur bangunan, terutama untuk gedung-gedung tinggi, agar dapat bertahan dari guncangan gempa yang mungkin terjadi kapan saja. Ada beberapa metode analisis struktur yang sering digunakan untuk mengevaluasi struktur bangunan gedung, contohnya analisis *Time History*, *Capacity Spectrum Method*, dan *Pushover Analysis*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode analisis statik nonlinier atau analisis *Pushover* untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Kabupaten Pangandaran merupakan salah satu destinasi wisata unggulan di Jawa Barat,

mengalami pertumbuhan infrastruktur yang pesat, khususnya dalam sektor pariwisata dan perhotelan. Peningkatan jumlah wisatawan mendorong pembangunan hotel-hotel baru, termasuk bangunan bertingkat menengah seperti hotel 6 lantai. Namun, Pangandaran terletak di wilayah dengan potensi gempa tinggi karena berada dekat dengan zona subduksi lempeng Indo-Australia dan Eurasia serta dipengaruhi keberadaan Sesar Pangandaran yang membentang ±250 km dari Pangandaran hingga Cianjur. Sejarah mencatat gempa berkekuatan V skala MMI terjadi di Ciamis pada 5 Februari 1873, serta gempa M4,9 (25 Maret 2025) dan M3,9 (3 Februari 2025) di barat daya Pangandaran.

Gedung Hotel Bumi Nusantara yang berlokasi di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, merupakan salah satu prasarana penginapan yang sedang dalam proses pembangunan.

Hotel ini memiliki bentuk simetris dengan 6 lantai (elevasi total 21 m). Perencanaannya dilakukan menggunakan metode respons spektrum dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Metode *Pushover* memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap perilaku struktur ketika mengalami deformasi besar akibat beban gempa. Tidak seperti analisis linier, metode ini mempertimbangkan ketidaklinieran material dan geometri, sehingga lebih efektif dalam mengevaluasi performa struktur. Salah satu keunggulan utama *Pushover* adalah kemampuannya mengevaluasi respons nonlinier, mengidentifikasi urutan kegagalan, serta menghasilkan kurva kapasitas yang dapat dibandingkan dengan standar performa gempa (FEMA 356, FEMA 440, ATC-40, ASCE 41).

Bangunan baru dianalisis dengan asumsi kondisi ideal (material sesuai spesifikasi, tanpa degradasi), sehingga tujuan utama adalah mengevaluasi kapasitas struktur terhadap beban gempa rencana dengan kriteria *Immediate Occupancy* (IO), *Damage Control* (DC), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP). Selain SRPMK, sistem alternatif bangunan tahan gempa adalah *shear wall*, *bracing*, *base isolation*, *seismic dampers*, dan *confined masonry*. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi level performa seismik bangunan Hotel Bumi Nusantara menggunakan metode analisis *Pushover*.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui level performa kinerja struktur gedung setelah terjadi gempa dengan metode analisis *pushover* menggunakan pedoman ATC-40. Beberapa penelitian terdahulu mendukung relevansi penelitian ini. Afandi menggunakan metode *pushover* dengan SAP2000 untuk mengetahui kapasitas seismik aktual dan memperoleh hasil bahwa bangunan masih memenuhi kriteria *Immediate Occupancy*. Penelitian oleh Sudarman dkk. menganalisis gedung bertingkat tipe podium dan menemukan bahwa keberadaan podium memengaruhi kapasitas struktur, meskipun tetap berada pada kategori *Immediate*

Occupancy. Sementara itu, Sutoko menganalisis alih fungsi gedung bertingkat dengan metode *Pushover* dan hasilnya menunjukkan tingkat kinerja struktur *Immediate Occupancy* (IO), sehingga gedung masih aman digunakan setelah gempa.

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena lokasi objek berada di daerah rawan gempa (Kabupaten Pangandaran). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam literatur dengan memperluas cakupan pada wilayah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada akhir bulan Mei sampai Agustus 2025, adapun yang menjadi objek penelitian yaitu proyek perencanaan pembangunan Hotel Bumi Nusantara yang berlokasi di Jalan Pantai barat No.17, Kecamatan Pangandaran Kabupaten Pangandaran Jawa Barat

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan metode analisis data kuantitatif, dimana data berupa angka, data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan bantuan software SAP2000 V22 Setelah data diperoleh maka akan dilakukan analisis menggunakan analisis *Pushover* metode kurva kapasitas, analisis mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1726:2020, SNI 2847:2019, SNI 1727:1989 dan ATC-40.

Tahapan analisis yang akan dilakukan yaitu pembuatan model struktur menggunakan program SAP2000 V22 berdasarkan DED gedung Hotel Bumi Nusantara meliputi, Pendefinisian beban gravitasi, analisis respon spektrum berdasarkan data gempa wilayah pangandaran berdasarkan data dari *web RSA* Cipta karya, pemberian sendi plastis pada elemen struktur sesuai pedoman ATC-40, pelaksanaan *pushover analysis* dengan pembebanan lateral bertahap hingga struktur mencapai kapasitas maksimum, pengolahan kurva kapasitas menjadi *capacity spectrum*, penentuan *performance point* dengan metode *capacity Spectrum Method*, evaluasi kinerja struktur berdasarkan kriteria ATC-40:

Immediate Occupancy (IO), Damage control (DC), Life Safety (LS), Limited Safety, Collapse Prevention (CP)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

1. Informasi Bangunan

Nama Bangunan	:	Gedung Hotel Bumi Nusantara
Lokasi	:	Kecamatan Pangandaran, Kabupaten Pangandaran
Fungsi Bangunan	:	Fasilitas Penginapan
Kelas Situs	:	SD (Tanah Sedang)
Panjang Bangunan	:	20 m
Lebar Bangunan	:	17 m
Jumlah Tingkat	:	6 Lantai
Tinggi Lantai	:	5 m; 4 m; 4 m; 4 m; 4 m;
Tinggi Total Bangunan	:	21 m

2. Dimensi Struktur

Tabel 1. Dimensi Struktur Gedung

No	Elemen Struktur	Dimensi
1.	Balok	B1 300x600 mm
		B2 250x500 mm
		B3 250x400 mm
		B4 250x500 mm
		B5 250x400 mm
		B6 200x400 mm
		B7 150x200 mm
2.	Kolom	K1 600x600 mm
		K2 500x500 mm
3.	Pelat Lantai	150 mm

4. Pelat Atap 150 mm

Sumber: Analisis Data

3. Data Material

a. Beton K-300/ FC = 25 Mpa
Spesifikasi material beton sebagai berikut:

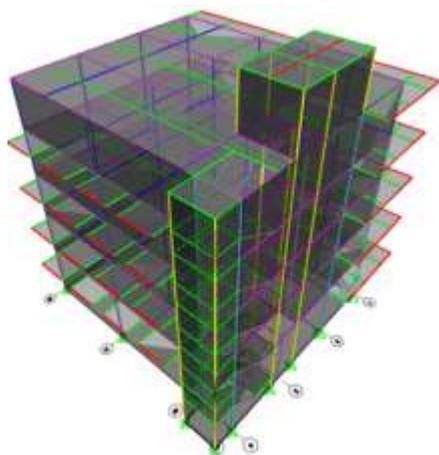
- Berat Jenis Beton	=	2400 Kg/m ³
- Modulus Elastisitas Beton	=	4700√fc Mpa
- Poisson Ratio	=	0,20

b. Material Baja
Spesifikasi material baja sebagai berikut:

- Tulangan Polos BJTP24	Fy =	235 Mpa
- Diameter Tulangan < φ13 mm	Fu =	380 Mpa
- Tulangan Deform/Ulir BJTS 420 B	Fy =	420 Mpa
- Diameter Tulangan ≥ D 13 mm	Fu =	525 Mpa
- Modulus Elastisitas Baja	=	200.000 Mpa
- Poisson Ratio	=	0,30
- Berat Jenis Baja	=	7850 Kg/m ³

3.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan software SAP2000 v22 dengan menggambar semua elemen kolom, balok, plat dan atap sesuai dengan Gambar DED dan spesifikasi material. Berikut ini adalah hasil pemodelan di SAP2000:



Gambar 1. Perspektif Gedung Hotel Bumi Nusantara (Sumber: Hasil Penelitian 2025)

3.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur meliputi perhitungan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban hujan, beban angin berdasarkan SNI 1727-2020 dan PPUIG 1987, pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726 2019.

Tabel 2. Pembebanan pada balok

Fungsi Balok	Konstruksi	Berat Volume (KN/m ³)	H(m)	Super Dead Load (KN/m ³)
Atap/Lantai 6	Dinding Hebel	0,9	1	0,9
			3,6	3,24
Lantai 2-5	Dinding Hebel	0,9	3,4	3,06
			3,5	3,15
Total				9,45

Sumber: Data Penelitian

Tabel 3. Pembebanan pada pelat tiap lantai

Fungsi Pelat	Beban	Tebal (m)	Berat Volume	Super Dead Load	Live Load (KN/
--------------	-------	-----------	--------------	-----------------	----------------

		(KN/m ³)	(KN/m ³)	m ³)
Lantai 1	ME	-	-	0,098
	Plafon	-	-	0,177
	R.makan dan Restoran	-	-	-
	Total			0,275
Lantai 2-5	Spesi	0,05	0,21	0,004
	Keramik	-	-	0,151
	ME	-	-	0,098
	Plafond	-	-	0,177
	Kamar Tidur	-	-	-
	Kamar Mandi	-	-	-
	Total			0,43
Atap	Spesi	0,05	0,21	0,004
	Keramik	-	-	0,151
	ME	-	-	0,098
	Plafon	-	-	0,177
	Air hujan Tandon air	-	-	-
	Total			0,43
				2,139

Sumber: Data Penelitian

Tabel 4. Pembebanan pada Tangga

Konstruksi	Tebal (m)	Berat Volume (KN/m ³)	Super Dead Load (KN/m ³)	Live Load (KN/m ³)
Tangga				
Beban Hidup	-	-	-	4,79
Keramik	-	-	0,151	-
Spesi	0,05	0,21	0,004	-
Total			0,155	4,79

Sumber: Data Penelitian

Tabel 5. Berat Seismik Efektif Tiap Lantai

Lantai	Beban Mati (KN/m ³)	Beban Mati Tambahan (KN/m ³)	Beban Hidup (25%)	Beban Total
Lantai Atap	1.768,49	248,2	340	2.356,69
Lantai 5	2.821,09	513,4	407,15	3.741,64
Lantai 4	2.897,52	513,4	407,15	3,818,07
Lantai 3	2.897,52	513,4	407,15	3,818,07
Lantai 2	2.897,52	513,4	407,15	3,818,07
Berat Total Bangunan				17,552,54

Sumber: Hasil Penelitian 2025

3.4 Analisis Pembebanan

1. Jumlah Ragam/Partisipasi Massa

Tabel 6. Tabel Partisipasi Massa Running SAP2000

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase Text	StepNum Text	SumUX Unitless	SumUY Unitless
MODAL	1	0,42977	0,22398
MODAL	2	0,80966	0,63167
MODAL	3	0,84823	0,8626
MODAL	4	0,90397	0,88339
MODAL	5	0,94665	0,94062
MODAL	6	0,95298	0,95861
MODAL	7	0,97011	0,9591
MODAL	8	0,97019	0,97504
MODAL	9	0,97091	0,97524
MODAL	10	0,98306	0,98262
MODAL	11	0,98347	0,98316
MODAL	12	0,98347	0,98316

Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025)

Berdasarkan hasil analisis pada pemodelan ini menunjukkan bahwa jumlah ragam yang diambil telah mencakup lebih dari 90% partisipasi massa dalam arah x dan y. Pada tabel dapat dilihat untuk arah X modal partisipasi massa 90% didapatkan pada modal ke 4 dan untuk arah sumbu Y didapatkan pada modal ke 5.

2. Perbandingan Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamik

Tabel 7. Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamik

	Dinamik (VD)	Statis (VS)	Faktor Skala VS/VD	Cek
Base Shear	Gaya geser dasar (KN)	Gaya geser dasar (KN)		
Arah X	1418,5420	1418,5380	1,0	OK
Arah Y	1441,3750	1441,3710	1,0	OK

Sumber: Hasil Penelitian 2025

Analisis gaya geser dasar dilakukan dengan membandingkan hasil analisis statik ekuivalen dan respons spektrum pada arah X dan Y. Berdasarkan Tabel 6, nilai gaya geser dasar statik pada arah X sebesar 1418,538 kN dan arah Y sebesar 1441,371 kN. Hasil analisis dinamik menunjukkan nilai yang

hampir identik, yaitu sebesar 1418,542 kN untuk arah X dan 1441,375 kN untuk arah Y. Perbandingan kedua hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar dari analisis dinamik (Vd) telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019, yaitu tidak boleh lebih kecil dari 100% gaya geser dasar statik ekuivalen (Vs). Dengan demikian, faktor skala yang digunakan adalah 1,0 dan kondisi struktur dinyatakan OK baik untuk arah X maupun arah Y. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur yang dianalisis telah memenuhi syarat penskalaan gaya gempa, sehingga dapat dilanjutkan pada tahap pemeriksaan simpangan antar lantai (*story drift*) dan kinerja struktur secara keseluruhan.

3. Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Tabel 8. Joint Displacement hasil Running SAP 2000

TABLE: Joint Displacements

Joint Text	OutputCase Text	U1 mm	U2 mm
19	ED X	0	0
19	ED Y	0	0
29	ED X	7,656	6,858
29	ED Y	5,198	8,300
124	ED X	15,447	13,643
124	ED Y	10,350	16,614
214	ED X	22,193	19,387
214	ED Y	14,790	23,694
302	ED X	27,217	23,494
302	ED Y	18,061	28,782
390	ED X	30,244	25,786
390	ED Y	19,991	31,653

Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025)

Tabel 9. Simpangan antar lantai arah X

Lantai	Hsx (mm)	Dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin)	Cek
ATAP	4000	30	17	100	OK
LT.5	4000	27	28	100	OK
LT.4	4000	22	37	100	OK
LT.3	4000	15	43	100	OK
LT.2	5000	8	42	125	OK
Dasar	0	0	0	0	

Sumber: Hasil Penelitian 2025

Tabel 10. Simpangan antar lantai arah Y

Lantai	Hsy (mm)	Dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin)	Cek
ATAP	4000	32	16	100	OK
LT.5	4000	29	28	100	OK
LT.4	4000	24	39	100	OK
LT.3	4000	17	46	100	OK
LT.2	5000	8	46	125	OK
Dasar	0	0	0	0	

Sumber: Hasil Penelitian 2025

Hasil analisis simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Parameter yang digunakan meliputi simpangan absolut (Dx/Dy), simpangan relatif antar lantai ($\Delta x/\Delta y$), serta batas simpangan ijin (Δa) sesuai ketentuan SNI Gempa. Pada arah X, simpangan relatif terbesar adalah 42 mm pada lantai dasar, sedangkan pada arah Y simpangan relatif terbesar adalah 46 mm pada lantai 2. Kedua nilai ini masih lebih kecil dibandingkan batas simpangan ijin (100–125 mm), sehingga hasil analisis menunjukkan struktur aman terhadap kriteria simpangan antar lantai. Dengan demikian, struktur yang dianalisis memenuhi syarat kinerja simpangan baik pada arah X maupun arah Y, yang berarti struktur cukup fleksibel namun tetap berada dalam batas aman terhadap pengaruh gempa.

3.5 Analisis Statik Non Linier *Pushover*

Analisis statik nonlinier memerlukan titik acuan sebagai kontrol perpindahan, yang ditetapkan pada kolom terdekat dengan pusat massa lantai teratas, yaitu joint 393 pada Gedung Hotel Bumi Nusantara. Berdasarkan SNI 1726:2019, batas perpindahan maksimum adalah 0,02 kali tinggi total bangunan. Dengan ketinggian 21 m dari hasil pemodelan SAP2000, diperoleh target perpindahan kontrol sebesar 420 m.

3.6 Pendefinisian Beban Non Linear

Struktur pertama dibebani oleh beban gravitasi yang diperhitungkan dalam kondisi nonlinear. Adapun beban gravitasi yang dipakai yaitu beban mati dan beban mati tambahan. Untuk beban gravitasi, kontrol beban yang digunakan adalah Full Load dan kontrol perpindahan diatur sebagai U3 yang menunjukkan beban diaplikasikan sesuai arah gravitasi yaitu ke bawah. Kemudian untuk untuk result saves dan non-linears parameters menggunakan default bawaan dari SAP2000. Geometrik Parameter nonlinear pada P delta dan mass source yang digunakan mass source gedung yang sudah di definisikan sebelumnya.

Setelah diberikan beban gravitasi, struktur dilanjutkan dengan pembebanan dorong yang diperoleh dari distribusi gaya geser. Gaya geser didistribusikan pada masing-masing pusat massa lantai yang sudah didefinisikan lewat diafragma tiap lantai. Untuk beban dorong arah x (*Pushover X*) akan menggunakan beban statik arah X (E_x), sedangkan beban dorong arah Y (*Pushover Y*) akan menggunakan beban statik arah Y (E_y). Sama seperti beban gravitasi nonlinear, beban dorong juga diperhitungkan dalam kondisi nonlinear.

Kemudian untuk hasil yang tersimpan dipilih menggunakan multi langkah dengan minimum 10 langkah dan maksimal 100 langkah. Parameter nonlinear yang digunakan menyesuaikan dengan bawaan dari aplikasi SAP 2000.

3.7 Pendefinisian Sendi Plastis

Sendi Plastis pada SAP2000 untuk *Relative Distancenya* 0,05 dan 0,95 pada *Frame Hinge Assigmen Data*, yang menunjukkan bahwa sendi plastis pada balok di letakkan pada ujung balok. kemudian pada kolom *Auto Hinge Type* memakai tabel ASCE 41-13 dan pada bagian kolom pilih *Hinge Table 10-7 (Concrete Beams – Flexure) item I* – pada kolom *Degree of Freedom* pilih M3. Setelah semua *frame* didefinisikan dengan *Hinge*, maka tinggal dilakukan *run analysis* pada program SAP 2000.

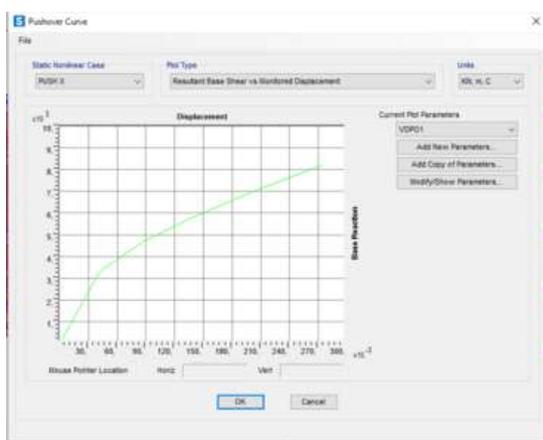
3.8 Hasil Analisis *Pushover*

Analisis *Pushover* yang telah selesai di *running* akan menghasilkan *output* berupa kurva kapasitas dan *performance point*. Selain itu hasil akhir dari analisis *Pushover* ini akan menunjukkan skema sendi plastis yang terjadi pada pemodelan ini. Nilai pada *performance point* nantinya digunakan untuk menentukan dan mengetahui tingkat kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

1. Kurva Kapasitas

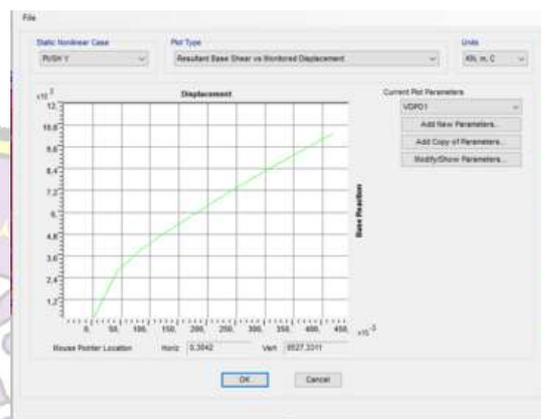
Kurva kapasitas menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base force*) dengan

perpindahan lateral (*displacement*) pada semua lantai. Berikut bentuk kurva kapasitas dari hasil analisis *Pushover* pada arah x dan arah y yang dapat dilihat pada Gambar dibawah:



Gambar 2. Kurva Kapasitas *Pushover* arah X
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Kemudian kapasitas maksimum struktur dicapai pada step 11 dengan perpindahan maksimum sebesar 273 mm dan V_{base} 8188 kN. Sebagian besar elemen berhenti pada kondisi *Life Safety*. Namun, pada kondisi akhir sudah ada elemen yang masuk ke *Collapse Prevention* menandakan gedung mulai mendekati ambang keruntuhan jika beban terus ditambah.



Gambar 3. Kurva Kapasitas *Pushover* arah Y
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Tabel 11. Tabel Kurva Kapasitas *Pushover* arah X

TABLE: Pushover Capacity Curve

LoadCase	Step	Displacement	BaseForce
Text	Unitless	mm	KN
PUSH X	0	0,276	0
PUSH X	1	21,276	1713,11
PUSH X	2	38,943	3075,032
PUSH X	3	38,948	3072,99
PUSH X	4	40,022	3145,587
PUSH X	5	40,026	3145,921
PUSH X	6	45,276	3451,87
PUSH X	7	87,276	4706,554
PUSH X	8	139,776	5834,391
PUSH X	9	202,776	7010,033
PUSH X	10	265,776	8072,238
PUSH X	11	273,651	8188,119

Sumber: Hasil Penelitian 2025

Dari tabel 10 dapat diketahui pada kurva *Pushover X*, dimana gedung mulai mengalami leleh yaitu pada step 1 dengan V_{base} 1713,11 kN dan perpindahan 21 mm.

Tabel 12. Tabel Kurva Kapasitas *Pushover* arah Y

TABLE: Pushover Capacity Curve

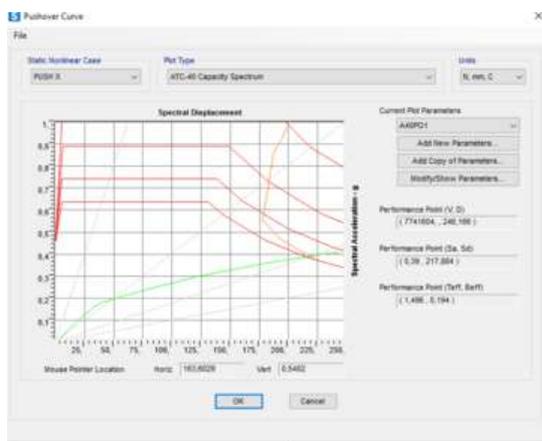
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce
Text	Unitless	mm	KN
PUSH Y	0	1,538	0
PUSH Y	1	19,462	1713,11
PUSH Y	2	43,046	3075,032
PUSH Y	3	85,343	3072,99
PUSH Y	4	129,258	3145,587
PUSH Y	5	176,508	3145,921
PUSH Y	6	234,258	3451,87
PUSH Y	7	297,258	4706,554
PUSH Y	8	339,258	5834,391
PUSH Y	9	381,258	7010,033
PUSH Y	10	418,462	8072,238

Sumber: Hasil Penelitian 2025

Dari Tabel 11 dapat diketahui pada kurva *Pushover Y*, dimana gedung mulai mengalami leleh yaitu pada step 1 dengan V_{base} 1352 kN

dan perpindahan 19 mm. Kemudian kapasitas maksimum terjadi pada step ke 10 dengan perpindahan maksimum sebesar 418 mm dan V_{base} 10336 kN. Sebagian besar elemen berhenti pada kondisi *Life Safety*. Namun, pada pada kondisi akhir sudah ada 12 elemen masuk pada kategori CtoD (hampir runtuh), artinya gedung sudah mulai menunjukkan tanda-tanda merusakkan serius jika gempa lebih besar terjadi.

3.9 Performance Point Berdasarkan ATC-40



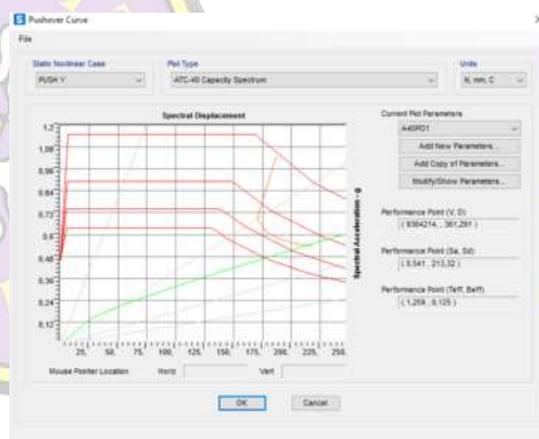
Gambar 4. Performance Point arah X (ATC40)
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Kurva kapasitas (garis hijau) Merupakan hasil dari analisis non-linear statik (*Pushover*) yang menggambarkan kapasitas struktur dalam bentuk spektral. Kurva ini menunjukkan respons struktur terhadap beban lateral hingga terjadi keruntuhan plastis. Kurva disajikan dalam bentuk perpindahan spektral terhadap percepatan spektral. Kurva Permintaan (Garis Merah): Menunjukkan spektrum respons gempa yang telah direduksi berdasarkan nilai redaman tertentu (biasanya 5% hingga 20%). Kurva ini menggambarkan tuntutan gempa terhadap struktur. Titik Kinerja (Performance Point): Titik potong antara kurva kapasitas dan kurva permintaan yang menunjukkan kondisi struktur saat mencapai batas kinerja terhadap gempa.

Performance Point (V, D): Gaya geser total struktur (V) sebesar 7741.604 kN, dan simpangan atap (D) sebesar 246 mm, Performance Point (Sa, Sd): Spektral akselerasi (Sa) sebesar 0.39 g, dan spektral perpindahan (Sd) sebesar 217,88 mm, Performance Point (Teff, Beff): Periode

dominan efektif struktur (Teff) sebesar 1.496 detik, dengan redaman efektif (Beff) sebesar 19.4%.

Berdasarkan grafik kapasitas-spektrum ATC-40, titik kinerja struktur tercapai pada spektral perpindahan sebesar 217,884 mm dan spektral akselerasi sebesar 0.39 g, dengan gaya lateral total sebesar 7741.604 kN. Simpangan total struktur pada titik kinerja adalah 246 mm. Nilai ini menunjukkan bahwa struktur gedung Hotel Bumi Nusantara masih mampu menahan beban gempa yang diberikan hingga mencapai kondisi inelastik tertentu. Periode dominan struktur saat itu adalah 1.496 detik dengan redaman efektif 19.4%. Maka dapat disimpulkan bahwa struktur memenuhi batas kinerja seismik berdasarkan metode ATC-40.



Gambar 5. Performance Point arah Y (ATC40)
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Berdasarkan grafik diatas, Performance Point (V, D): Gaya geser total struktur (V) sebesar 9364.214 kN, dan simpangan maksimum struktur (D) sebesar 361 mm, Performance Point (Sa, Sd): Spektral akselerasi (Sa) sebesar 0.541 g, dan spektral perpindahan (Sd) sebesar 213,52 mm, Performance Point (Teff, Beff): Periode dominan efektif struktur (Teff) sebesar 1.259 detik, dengan redaman efektif (Beff) sebesar 12,5%.

Berdasarkan grafik kapasitas-spektrum arah Y, struktur mencapai titik kinerja pada spektral perpindahan sebesar 213.52 mm dan spektral akselerasi sebesar 0.541 g. Simpangan total struktur pada titik kinerja adalah sebesar 361 mm, dengan gaya lateral total mencapai 9364.214 kN. Struktur memiliki periode dominan sebesar 1.259 detik

dan redaman efektif sebesar 12.5%, yang menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban gempa arah Y hingga mencapai kondisi inelastik yang masih dalam batas aman. Maka dapat disimpulkan bahwa struktur memenuhi kriteria kinerja seismik arah Y berdasarkan pendekatan ATC-40.

3.10 Evaluasi Kinerja Struktur

Evaluasi kinerja struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan kriteria *drift* yang didapat saat titik kinerja tercapai.

1. Pushover arah X

- Maksimum total $drift = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{246,166mm}{21000mm} = 0,0117 < 0,02$ (*Damage Control*)

- Maksimum in-elastic $drift = \frac{Dt-D1}{H_{total}} = \frac{246,166mm-21mm}{21000mm} = 0,0107 < 0,02$ (*Damage Control*)

2. Pushover arah Y

- Maksimum total $drift = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{361,291mm}{21000mm} = 0,0172 < 0,02$ (*Damage Control*)

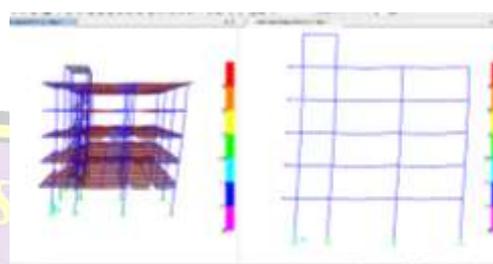
- Maksimum in-elastic $drift = \frac{Dt-D1}{H_{total}} = \frac{361,291mm-21mm}{21000mm} = 0,0162 < 0,02$ (*Damage Control*)

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tingkat kinerja struktur Gedung Hotel Bumi Nusantara berada pada kategori *Damage control* untuk arah X dan arah Y sebagaimana yang tercantum dalam Dokumen ATC-40 tentang batasa *drift ratio* namun untuk arah Y sendiri hampir mendekati kategori *Life safety* sehingga perlu perhatian khusus pada elemen-elemen struktural utama di arah tersebut. Pada level kinerja *Damage Control* ini, struktur bangunan masih berdiri dan tidak mengalami kegagalan besar, kerusakan yang terjadi bersifat terbatas dan masih dapat diperbaiki, dan fungsi utama bangunan dapat dipulihkan

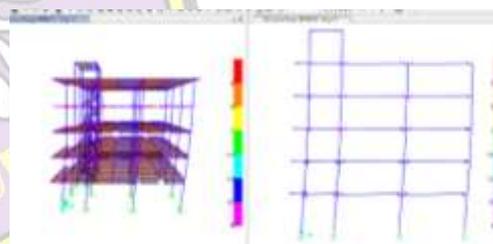
dalam waktu singkat. Jadi dapat disimpulkan bahwa tingkat kinerja struktur masih sangat aman, namun sudah mulai menunjukkan adanya kerusakan yang perlu penanganan. Tujuannya agar bangunan tidak hanya selamat dari gempa, tetapi juga tetap fungsional dan cepat dipulihkan.

3.11 Mekanisme Sendi Plastia

1. Skema Distribusi Sendi Plastis Akibat Push X



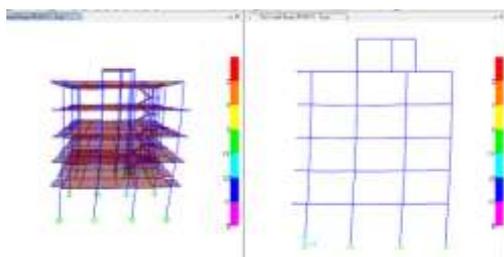
Gambar 6. Push X step 1
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))



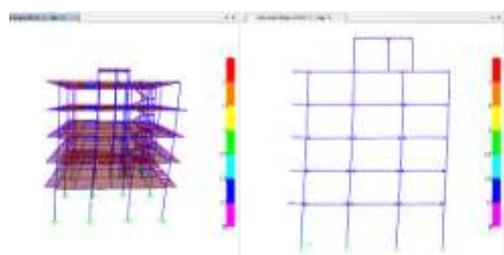
Gambar 7. Push X step 11
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Berdasarkan hasil analisis *Pushover* arah X, pada step pertama gedung sudah mengalami sendi plastis yang terjadi pada balok, dengan di tandai warna merah muda yang berarti pada level kinerja B, pada kondisi awal ini struktur dianggap masih elastis dan tidak ada kerusakan yang signifikan. Pada step 8 balok bagian bawah mulai muncul titik biru tua yang menandakan struktur berada pada level kinerja IO dan pada step ke terakhir atau 11 struktur sendi plastis berwarna kuning namun hanya pada bagian kolom paling bawah saja yang menandakan struktur bangunan mulai terjadi keruntuhan yang signifikan namun tidak sampai terjadi keruntuhan.

2. Skema Distribusi Sendi Plastis Akibat Push Y



Gambar 8. Push Y step 1
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))



Gambar 9. Push Y step 10
(Sumber: SAP2000 v.22.2.0.(2025))

Berdasarkan hasil analisis *Pushover* arah Y, pada step pertama gedung sudah mengalami sendi plastis yang terjadi pada balok, dengan di tandai merah muda yang berarti pada level kinerja B, pada kondisi awal ini struktur dianggap masih elastis dan tidak ada kerusakan yang signifikan.

Kemudian hasil analisis *Pushover* untuk arah Y berhenti pada step ke-10 dengan nilai perpindahan sebesar 418 mm dengan V_{base} 10366 kN, dan sendi plastis sudah menyebar ke seluruh joint, dengan di tandai biru tua yang berarti berada pada level kinerja IO (*Immediate Occupancy*) yaitu terjadi kerusakan kecil (tidak berarti) pada struktur dan kekakuan struktur hampir sama saat sebelum terjadinya gempa, dan warna kuning yang berarti berada pada level kinerja C, biasanya menandakan *Structural Damage* (kerusakan struktural yang signifikan) atau batas maksimum gaya geser masih mampu ditahan gedung.

IV. SIMPULAN

Setelah dilakukan analisa *Pushover* pada Gedung Hotel Bumi Nusantara Pangandaran, maka dapat disimpulkan, hasil analisis *Pushover* menggunakan metode *Capacity Spectrum Method* (ATC-40), maka dapat disimpulkan bahwa Gedung Hotel Bumi Nusantara memiliki nilai *Push X* Maksimum total *drift* sebesar 0,0117, dan Maksimum in-elastic *drift* sebesar 0,0107 < 0,02 termasuk dalam level kinerja *Damage Control* dan untuk *Push Y* memiliki nilai Maksimum total sebesar *drift* 0,0172, dan nilai Maksimum in-

elastic *drift* sebesar 0,0161 < 0,02 masih termasuk dalam level kinerja *Damage Control* namun dalam batas hampir menyentuh level kinerja *Life Safety*, artinya struktur masih mampu berfungsi setelah gempa dengan tingkat kerusakan ringan hingga sedang yang bersifat non-struktural/dapat diperbaiki, tanpa mengganggu stabilitas utama struktur. Level *Damage control* mengindikasikan bahwa meskipun beberapa elemen mengalami pembentukan sendi plastis, penyebarannya tidak bersifat progresif atau menyebabkan keruntuhan menyeluruh. Struktur masih memiliki kapasitas sisa terhadap beban gempa rencana. Hasil kurva kapasitas dan pola distribusi sendi plastis, dapat disimpulkan bahwa mekanisme kegagalan struktur bersifat duktail dan terkontrol, dengan pembentukan sendi plastis dominan terjadi pada elemen balok sebelum kolom, sesuai dengan prinsip desain *strong column-weak beam*. Simpangan inelastis maksimum yang terjadi berada dalam batas aman sesuai dengan kriteria kinerja struktur pada SNI 1726:2019, yang menunjukkan bahwa struktur mampu menyerap energi gempa tanpa mengalami keruntuhan. Dengan demikian, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa struktur gedung Hotel Bumi Nusantara ini layak dan aman terhadap beban gempa rencana untuk wilayah Pangandaran, dan telah memenuhi kriteria desain berbasis kinerja (*Performance-Based Design*).

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California: Report SSC 96-01.
- Abdillah, A. H. (2024). *Analisis Kinerja Struktur Gedung Learning Solution BPKP Ciawi Bogor Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Pushover*. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Galuh: Ciamis).
- Afandi, N. R. (2010). *Evaluasi kinerja seismik struktur beton dengan analisis Pushover menggunakan program sap 2000*. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret: Surakarta).

- Departemen Pekerjaan Umum. (2008). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Sudarman, S., Manalip, H., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (2014). *Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium*. *Jurnal sipil statik*, 2(4), 130731. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi: Manado).
- Sutoko, R. A. R. (2023). *Evaluasi Struktur Gedung Bertingkat Banyak Akibat Alih Fungsi dengan Analisis Pushover (Structure Evaluation of Multi-Story Building With Pushover Analysis Due To Function Changing) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia)*. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta).

