

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN PEMODELAN STRUKTUR (3D) BERDASARKAN ANALISIS STATIK BEBAN DORONG (*PUSHOVER ANALYSIS*)

Diana Fika Aulia¹, Ignatius Sudarsono², Fauzia Mulyawati³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Langlangbuana

Email: dianafikha99@gmail.com

Abstrak: Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Pemodelan Struktur (3D) Berdasarkan Analisis Beban Dorong (*Pushover Analysis*)". Analisis pushover adalah prosedur statis yang menggunakan teknik nonlinier yang disederhanakan untuk memperkirakan deformasi struktural seismic atau gempa bumi, kemudian analisis pushover mensimulasikan fenomena ini dengan menerapkan beban sampai pelepasan (sendi plastis) pertama dalam struktur ditemukan dan kemudian merevisi model untuk memasukkan perubahan struktur yang disebabkan oleh sendi plastis. Analisis ini berupa kurva kapasitas yang dapat melihat titik kinerja gedung saat menerima gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur Gedung Hotel Jatiwangi, Majalengka, berdasarkan analisis beban dorong (*Pushover Analysis*)" dengan menggunakan SAP 2000 versi 2021. Hasil analisis pushover bahwa titik kinerja untuk pembebanan gempa arah-X adalah 0,131 meter dan diperoleh gaya geser sebesar 3321,385 ton, kemudian untuk arah-Y diperoleh titik kinerja sebesar 0,121 meter dan gaya geser di peroleh 2851031 ton, Sedangkan nilai drift ratio berdasarkan ATC-40 untuk arah-X 0,00483% dan untuk arah-Y sebesar 0,00446%. Maka dapat disimpulkan titik kinerja struktur bangunan ini sudah tercapai dan masuk kategori Immediate Occupancy (IO).

Kata Kunci: Analisis Pushover, Kurva Kapasitas, Titik Kinerja, Level kinerja, Sap 2000.

Abstract: *Performance Evaluation of Multi-story Building Structures Using 3D Structure Modeling Based on Pushover Analysis". Pushover analysis is a statistic that uses a simplified nonlinear technique to estimate structural seismic deformation procedures or earthquakes, then pushover analysis simulates this phenomenon by applying loads in the discovered structure and then revising the model to include structural changes caused by plastic send. This analysis is in the form of a capacity curve that can see the performance point of the building when it receives an earthquake. This study aims to achieve the structural performance of the Jatiwangi Hotel Building, Majalengka, based on a "Pushover Analysis" using SAP 2000 version 2021. Pushover analysis shows that the performance point for X-direction loading is 0.131 meters and the shear force is 3321,385 tons, Then for the Y-direction, the achievement point is 0.121 meters and the shear force is 2851,031 tons, while the drift ratio value based on ATC-40 for the X-direction is 0.00483% and for the Y-direction is 0.00446 %. So it can be said that the performance point of this building has been reached and is included in the Immediate Occupancy (IO) category.*

Keywords: *Pushover Analysis, Capacity Curve, Performance Point, Performance Level, Sap 2000.*

PENDAHULUAN

Saat mendesain gedung bertingkat, satu prinsip utama harus diperhitungkan, meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral. Hal ini dikarenakan semakin tinggi bangunan maka semakin rentan terhadap gaya lateral, terutama gaya gempa. Gaya gempa yang diterima dapat menyebabkan struktur bergeser secara horizontal. Kabupaten Majalengka salah satu wilayah yang cukup rentan terhadap gempa, yang berasal dari gempa Pangandaran. pada tahun 2020 terjadi gempa sebesar 5,9 skala richter, dan tahun 2021 terjadi gempa sebesar 3,5 skala richter dengan pusat gempa berada di 34 KM Barat Daya Kabupaten Majalengka Jawa Barat dengan kedalaman 163 KM (BMKG). Gedung Hotel Jatiwangi adalah bangunan yang berdiri pada tahun 2020 yang merupakan gedung baru dengan jumlah 7 lantai dan 1 rooftop dengan luas area 3200 m² hingga mencapai ketinggian $\pm 27,1$ m. Lokasi bangunan tersebut berada di wilayah yang tidak jauh dari laut sehingga bangunan tersebut harus memiliki struktur bangunan gedung yang tahan gempa. Salah satu cara untuk melihat kondisi bangunan tersebut apakah masih aman atau tidak adalah dengan melakukan pengecekan kinerja struktur dengan pemodelan struktur kembali pada suatu software tiga dimensi. Pushover analysis menggunakan ATC-40 merupakan salah satu komponen ini menggunakan analisis non-linier berbantuan komputer untuk menganalisis bangunan seismik dan memungkinkan mereka untuk melihat kinerja dalam kondisi berbahaya, dengan tujuan menentukan kinerja struktur di dalam bangunan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti pada Skripsi ini yaitu dengan menggunakan kuantitatif. Data kuantitatif yaitu jenis data yang dapat diukur atau

penjelasan yang dinyatakan dengan tabelarissdan grafik.

1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Untuk penyusunan laporan penelitian ini yang digunakan adalah data sekunder, yaitu:

- Data gambar arsitek Gedung Hotel Jatiwangi.
- Data tanah.

2. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini dengan menggunakan tabelaris dan grafik.

3. Metode Analisa Data

Tahap analisis perhitungan struktur terdiri dari 7 lantai 1 rooftop. Analisis dibantu oleh software SAP 2000 Versi 2021. Tahapan analisa data sebagai berikut:

- Pemodelan struktur menggunakan SAP 2000
- Memasukan material bangunan
- Memasukan parameter gempa
- Menentukan kurva pushover analysis
- Menentukan level kinerja menggunakan ATC – 40

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan struktur merupakan model yang menggambarkan struktur data yang digunakan pada suatu objek. Dalam penelitian ini model struktur menggunakan jenis beton yang akan dianalisis menggunakan program SAP 2000 Versi 2021

Analisa Data

a. Hasil Analisis partisipasi massa

Dari hasil tabel diatas diperoleh participacing massa bangunan beban gempa untuk UX 100% dan untuk UY 100% untuk RZ 100%, dari hasil ini sudah sesuai dengan SNI 1726 sehingga didapatkan patisipasi massa bangunan

minimal tercapai 100%.
 b. Parameter – parameter gempa

$$C_s = \frac{SDs}{T^{(R/I_e)}} = 0,584 / 1,2 \times (8000, /1,00) = 0,060 \text{ kN/m}^2$$

- Mencari Gaya Gempa static Arah X dan Y

Tabel 1. Parameter Gempa

Fungsi Bangunan	Hotel
Kategori Hotel	Kategori II
Factor keutamaan gempa, I_e	1.00
Tinggi gedung	27.100
Factor reduksi system struktur R	8.000
Koefisien modifikasi respon C_d	5.500
Faktor pembesaran defleksi Ω_u	3.000
Koefisien batas atas perioda C_u	1.400
C_t	0.466
X	0.9

- Periode Getar Arah X dan Y

Mencari T Maksimum

- Arah X

$$C_t \times H_x$$

$$0,0466 \times 26,400^{0,9} = 0,9$$

- Arah Y

$$C_t \times H_x$$

$$0,0466 \times 26,400^{0,9} = 0,9$$

Mencari T Minimum

- Arah X = $T_a \times C_u$

$$= 0,9 \times 1,400$$

$$= 1,2$$

- Arah Y = $T_a \times C_u$

$$= 0,9 \times 1,400$$

$$= 1,2$$

- Koefisien Respon Seismik Arah X dan Arah Y

Mencari respon koefisien seismik (C_s) Arah x dan Arah Y

$$C_s = \frac{SDS}{(R/I_e)} = 0,584 / (8,000 / 1,00) = 0,073 \text{ kN/m}^2$$

Mencari Nilai Maksimum Arah X dan Arah Y

Tabel 2. Distribusi Gempa Arah X

Distribusi Gaya Gempa Statik Arah X							
Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	K	Wi x hi ^k (Kg.m)	Cvx	Fx (Kg)	Vx (Kg) (kN/m ²)
8	27,1	627989	1,35	54691443,8	0,34691	85474,2	838,5
7	24,1	349999		26004832,8	0,16495	40641,5	1237,2
6	20,1	457686		26597868,2	0,16871	41568,3	1645,0
5	16,6	454150		20370120,3	0,12921	31835,3	1957,3
4	13,1	461605		15025971,1	0,09531	23483,2	2187,7
3	9,5	483761		10192540,5	0,06465	15929,3	2343,9
2	5	540006		4771675,6	0,03027	7457,4	2417,1
TOTAL	116	3375195,74			157654452,21	1,00	

Tabel 3. Distribusi Gempa Arah Y

Distribusi Gaya Gempa Statik Arah Y							
Lantai	hi (Kg)	Wi (Kg)	K	Wi x hi ^k (Kg.m)	Cvy	Fy (Kg)	Vy (Kg) (kN/m ²)
8	27,1	62799	1,35	5469146,8	0,05044	10346,45	101,5
7	24,1	349999		26004832,8	0,23983	49195,58	584,1
6	20,1	457686		26597868,2	0,24530	50317,47	1077,7
5	16,6	454150		20370120,3	0,18786	38535,91	1455,8
4	13,1	461605		15025971,1	0,13857	28425,92	1734,6
3	9,5	483761		10192540,5	0,09400	19282,10	1923,8
2	5	540006		4771675,6	0,04401	9026	1923,8
TOTAL	115,5	2810005,74			108432155	1,0000	

- Mencari Simpangan Antar Lantai

a) Mencari simpangan antar lantai arah X

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai arah X

Story	hsx (mm)	h (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	KET
8	27100,00	3000,00	18,35	100,91	-58,77	60,00	OK
7	24100,00	4000,00	29,03	159,69	27,35	80,00	OK
6	20100,00	3500,00	24,06	132,34	26,32	70,00	OK
5	16600,00	3500,00	19,28	106,02	27,92	70,00	OK
4	13100,00	3500,00	14,20	78,10	26,33	70,00	OK
3	9600,00	4600,00	9,41	51,77	32,22	92,00	OK
2	5000,00	5000,00	3,55	19,55	19,55	100,00	OK

b) Mencari simpangan antar lantai arah Y

Tabel 5. Simpangan Antar Lantai arah Y

Story	hsx (mm)	h (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	KET
8	27100,00	3000,00	10,45	57,46	-41,29	60,00	OK
7	24100,00	4000,00	17,96	98,75	18,63	80,00	OK
6	20100,00	3500,00	14,57	80,12	17,29	70,00	OK
5	16600,00	3500,00	11,42	62,83	17,67	70,00	OK
4	13100,00	3500,00	8,21	45,16	16,87	70,00	OK
3	9600,00	4600,00	5,14	28,29	18,69	92,00	OK
2	5000,00	5000,00	1,74	9,59	9,59	100,00	OK

- Mencari P-Delta

a) Menentukan P- Delta arah X

Tabel 6. Pengaruh P-Delta Arah X

Story	h _{sx}	Δ _i	P	V _x	θ	θ max	Ket.
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)			
8	27100	-58,77	766,5411	10346,45	0,000	0,500	STABIL
7	24100	27,35	4502,424	59542,03	0,000	0,500	STABIL
6	20100	26,32	9078,348	109859,50	0,000	0,500	STABIL
5	16600	27,92	13635,96	148395,41	0,000	0,500	STABIL
4	13100	26,33	18282,11	176821,33	0,000	0,500	STABIL
3	9600	32,22	23258,73	196103,43	0,000	0,500	STABIL
2	5000	19,55	29254,7	196103,46	0,000	0,500	STABIL

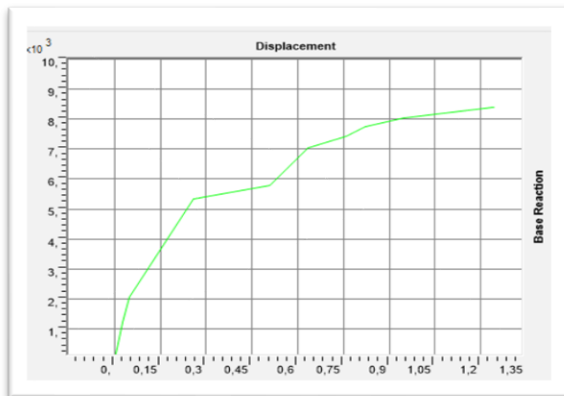
b) Menentukan P-Delta arah Y

Tabel 6. Pengaruh P-Delta Arah Y

Story	h _{sx}	Δ _i	P	V _y	θ	θ max	Ket.
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)			
8	27100	-41,29	0,090909	148,75	0,000	0,500	STABIL
7	24100	18,63	0,090909	584,11	0,000	0,500	STABIL
6	20100	17,29	0,090909	1077,72	0,000	0,500	STABIL
5	16600	17,67	0,090909	1455,76	0,000	0,500	STABIL
4	13100	16,87	0,090909	1782,90	0,000	0,500	STABIL
3	9600	18,69	0,090909	2128,31	0,000	0,500	STABIL
2	5000	9,59	0,090909	2404,72	0,000	0,500	STABIL

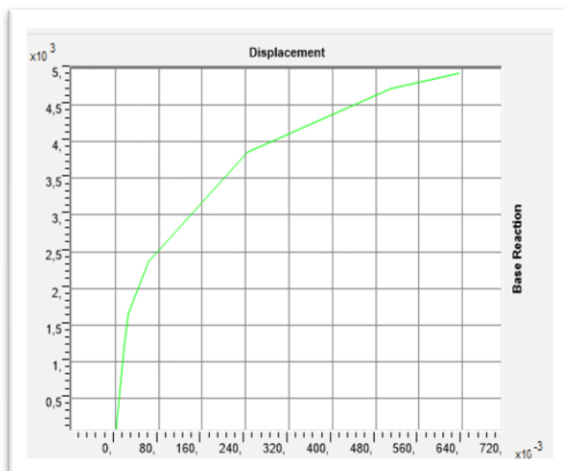
- Menentukan Kurva Pushover
Kurva kapasitas merupakan kurva yang berhubungan antara perpindahan lateral lantai teras/atap (displacement) dan gaya geser dasar (base shear).

a) Menentukan Kurva Pushover arah X



Gambar 1. Kurva Kapasitas Arah X

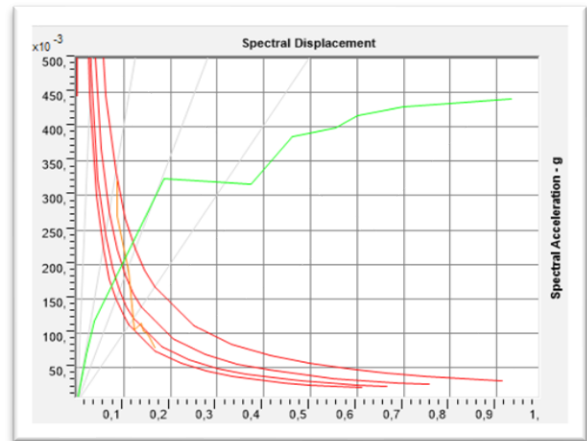
b) Menentukan Kurva Pushover arah Y



Gambar 2. Kurva Kapasitas Arah Y

• Menentukan Target Perpindahan Spektrum Kapasitas ATC – 40

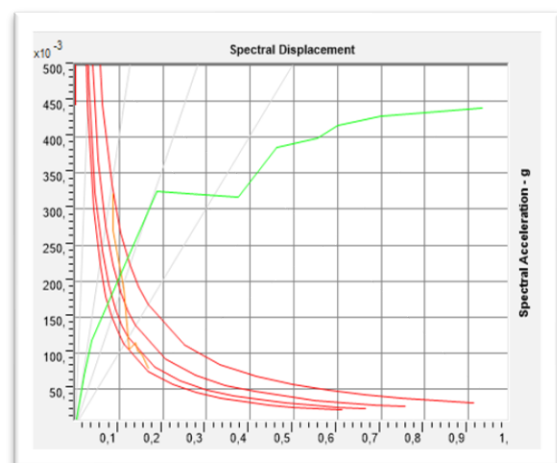
a) Menentukan Kurva Pushover arah X



Gambar 3. Kurva Kapasitas Arah X

Keterangan: Hijau yang artinya nilai kurva kapasitas, Merah family of demand spectra, Orange artinya titik kinerja perpotongan (performance point), yang menunjukkan hasil kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan. Sehingga dari grafik tersebut didapat nilai displacement sebesar 0,131 m dan gaya geser sebesar 3321,385 ton (ditunjukkan pada garis putus - putus warna merah).

b) Menentukan Kurva Pushover arah Y



Gambar 4. Kurva Kapasitas Arah Y

Keterangan: Hijau yang artinya nilai kurva kapasitas, Merah family of demand spectra, Orange artinya titik kinerja perpotongan (performance point), yang menunjukkan hasil kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan. Sehingga dari grafik tersebut didapat nilai displacement sebesar 0,121 m dan gaya geser sebesar 2851,097 ton (ditunjukkan pada garis putus - putus warna merah).

Menentukan Level kinerja Struktur

a) Menentukan Level Kinerja arah X

Target Perpindahan	3321,385 (Ton)
Gaya Geser Dasar	0,131 (Meter)

Untuk nilai target perpindahan arah X, diperoleh target perpindahan sebesar 0,131 m, dan nilai gaya geser dasar (base shear) sebesar 3321,385 ton.

b) Menentukan Level Kinerja arah Y

Target Perpindahan	2851,097 (Ton)
Gaya Geser Dasar	0,121 (Meter)

Untuk nilai target perpindahan arah Y, diperoleh target perpindahan sebesar 0,121 m, dan nilai gaya geser dasar (base shear) sebesar 2851,031 ton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis bangunan Gedung Hotel Jatiwangi, Majalengka dengan menggunakan Analysis Pushover berdasarkan ATC-40 dan dibantu program SAP 2000 versi 2021 dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

Level kinerja termasuk kategori Immediate Occupancy (IO), Artinya jika suatu struktur bangunan gedung dikenai beban gempa, harus bebas dari simpangan permanen atau kerusakan yang berarti agar gedung tersebut berfungsi dan tidak rusak oleh masalah perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (BSN), Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan (SNI 2847:2019)." Standar Nasional Indonesia (SNI) (8): 653–59.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2018. "RSNI2 1727:2018 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain." Badan Standarisasi Nasional: 196. www.bsn.go.id.
- [3] Nurdianti, Ulfa. 2013. "Studi Keandalan Struktur Gedung Tinggi Tidak Beraturan Menggunakan Pushover Analysis Pada Tanah Medium." Universitas Hasanuddin.
- [4] SNI 1726-2019. 2019. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung." (8).
- [5] Tavio, and Usman Wijaya. 2018. "Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)." Penerbit ANDI.
- [6] Wangsadinata, Wiratman. 2002. "SNI-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung." Pusat Penelitian dan Pengembang Teknologi Permukiman 7798393(April): 6