

Analisis *Pushover* Bangunan Peribadatan (Studi Kasus: Masjid *Islamic Center*, Jambi)

Azka Muahaemin^{1*}, Resti Nur Arini²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Bangunan masjid merupakan salah satu fasilitas publik yang memiliki nilai sosial dan keagamaan tinggi, sehingga perlu dipastikan memiliki ketahanan yang memadai terhadap beban gempa. Melihat kondisi berdirinya bangunan yang berlokasi di Jambi yang merupakan daerah dengan zona gempa tinggi sehingga akan mempengaruhi tingkat kinerja bangunan jika terjadi gempa, selain itu bangunan terdiri di tanah sedang yang akan mempengaruhi respon seismik terhadap getaran gempa. Getaran gempa dapat menimbulkan gelombang seismik yang dapat merusak bangunan di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur bangunan Masjid di Kota Jambi menggunakan metode analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) untuk mengetahui tingkat kinerja bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kurva kapasitas struktur pada arah X dan Y masing-masing mencapai perpindahan puncak sebesar 134,66 mm dan 128,898 mm, dengan gaya geser dasar maksimum sebesar 67.453,30 kN dan 69.317,14 kN. Nilai *story drift* yang diperoleh berada di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam peraturan teknis, menunjukkan bahwa bangunan memiliki kinerja lateral yang stabil dan respons seismik yang terkendali. Simpangan maksimum tercatat pada lantai dua di kedua arah, namun tetap dalam batas aman yang diizinkan. Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar aktual bangunan adalah sebesar 4.073,33 kN. Struktur bangunan dikategorikan berada dalam tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO), yaitu kondisi di mana bangunan tetap dapat digunakan. Secara keseluruhan, bangunan menunjukkan performa seismik yang baik dan memenuhi kriteria ketahanan gempa sesuai standar yang berlaku.

Kata kunci: Analisis *pushover*, *story drift*, *base shear*, *Immediate Occupancy*.

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Provinsi Jambi saat ini tengah melaksanakan pembangunan sebuah masjid megah yang berlokasi di Kota Jambi, berada pada wilayah yang termasuk dalam kawasan rawan gempa bumi karena berada di sepanjang jalur *Ring of Fire* atau Cincin Api Pasifik, khususnya di sisi barat Pulau Sumatra yang memiliki potensi aktivitas seismik cukup tinggi. Oleh karena itu, perencanaan dan pelaksanaan konstruksi masjid ini harus mengikuti standar bangunan tahan gempa sebagaimana yang telah ditetapkan dalam peraturan nasional. Pendekatan ini sangat penting untuk memastikan keamanan dan ketahanan bangunan, sekaligus meminimalkan risiko kerusakan fisik maupun korban jiwa apabila terjadi gempa bumi di masa mendatang [1][2].

Meskipun peristiwa gempa bumi merupakan bencana alam yang tidak dapat diprediksi secara pasti kapan dan di mana akan terjadi, namun dampak kerusakannya masih dapat diminimalkan melalui penerapan prinsip-prinsip rekayasa bangunan tahan gempa. Di wilayah Jambi, karakteristik tanah umumnya tergolong dalam kategori kelas situs tanah sedang, yang memengaruhi respon tanah terhadap getaran seismik. Oleh karena itu, setiap bangunan yang didirikan di kawasan ini perlu dirancang dengan kekuatan dan kekakuan struktural yang memadai agar mampu memikul dan meredam beban gempa secara efektif [3][4].

Gaya gempa terjadi karena pengaruh getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba. Getaran tersebut menciptakan gelombang seismik dan menimbulkan kerusakan pada bangunan di atasnya seperti rumah tinggal dan bangunan fasilitas lainnya. Jenis gempa bumi ini adalah

* Corresponden Author : azkamuhaemin22@gmail.com

gempa tektonik dan beresiko memunculkan gaya yang tidak beraturan/acak kesegala arah pada bangunan. Gaya yang dihasilkan adalah gaya dinamik yang disebut gaya gempa. Gaya gempa tersebut berbanding lurus dengan massa bangunan dan percepatan gempa di permukaan tanah dimana bangunan itu berada [5][6][7].

Bangunan Masjid yang berlokasi di Jambi merupakan bangunan yang memiliki 2 material berbeda, dimana lantai 1 merupakan struktur beton dan lantai 2 struktur baja yang perlu dilakukan analisa terhadap tingkat kinerja bangunan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat kinerja suatu bangunan terhadap beban gempa adalah melalui analisis *pushover*. Metode ini merupakan jenis analisis statik *non-linear* yang dirancang untuk mensimulasikan respons struktur secara bertahap terhadap beban lateral yang semakin meningkat, hingga struktur mencapai kondisi keruntuhan[8]. Analisis *pushover* memungkinkan identifikasi bagian-bagian elemen struktur yang mengalami tegangan berlebih atau telah memasuki kondisi kritis[9][10][11]. Informasi tersebut sangat penting sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait kekuatan struktur, perbaikan desain, maupun tindakan preventif lainnya, terutama apabila hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur belum memenuhi persyaratan kinerja seismik yang ditetapkan dalam standar atau regulasi yang berlaku[12][13].

Dalam pelaksanaan analisis statik non-linear, salah satu hasil utama yang diperoleh adalah *capacity curve* atau kurva kapasitas. Kurva ini merepresentasikan hubungan antara perpindahan lateral pada titik kontrol (biasanya terletak di bagian atas struktur) dengan gaya geser dasar yang terjadi akibat pembebanan gempa lateral[10]. Kurva kapasitas ini menggambarkan bagaimana struktur merespons beban gempa secara bertahap hingga mencapai titik keruntuhan, berdasarkan pola pembebanan tertentu yang diterapkan selama analisis. Melalui kurva ini, dapat dilihat secara jelas sejauh mana struktur mampu mempertahankan kekuatannya sebelum mengalami penurunan kinerja yang signifikan[2][14]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian atau pembahasan ini akan difokuskan pada evaluasi kinerja seismik bangunan Masjid dengan menggunakan pendekatan analisis *pushover*, guna mengetahui sejauh mana bangunan tersebut mampu bertahan terhadap gaya gempa serta mengidentifikasi potensi kerusakan yang mungkin timbul [9][15].

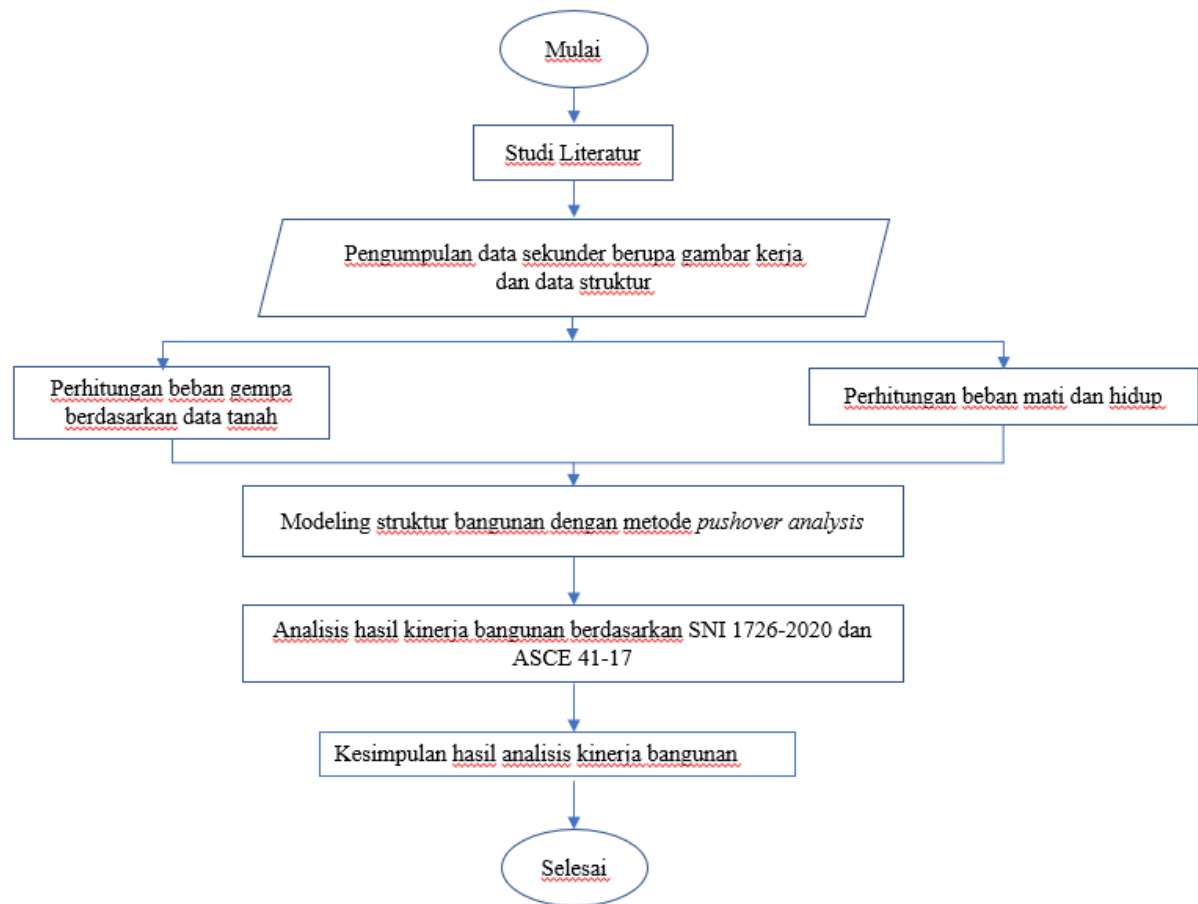
2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Masjid yang berlokasi di daerah Jambi secara geografis berada di 1° 37' Lintang Selatan dan 103° 38' Bujur Timur. Memiliki topografi yang relatif datar, sangat mudah diakses melalui jalur utama yang menghubungkan ke berbagai bagian kota.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder sebagai sumber utama dalam mendukung proses analisis data. Dalam konteks penelitian ini, data sekunder diperoleh melalui pengumpulan informasi terkait bangunan yang dianalisis, meliputi data umum bangunan seperti lokasi, fungsi, dan jumlah lantai, serta data teknis struktur bangunan gedung. Tahapan penelitian dapat dilihat berdasarkan Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Data yang digunakan dalam melakukan permodelan struktur dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Untuk mutu beton menggunakan $f_c'30$ MPa dan untuk baja menggunakan BJ 37. Kondisi tanah pada daerah ini merupakan jenis tanah sedang (SD).

a. Struktur kolom

Tabel 1. Data Struktur Kolom

Kolom			
Lantai	Kode Kolom	Dimensi (mm)	Spesifikasi
Lantai 1	K1	800	16D22
Lantai Mezanine	K1	800	16D22
Lantai 2	H	350×350×12×19	BJ 37
	WF	500×200×10×16	BJ 37

b. Struktur balok

Tabel 2. Data Struktur Balok

Balok			
Lantai	Kode Balok	Dimensi (mm)	Spesifikasi
Lantai 1	1B1A	400×700	10D19
	1B1B	400×700	10D19
	1B1C	400×700	6D19
	1B2	300×500	5D19
	1B3	600×600	5D19
	1B4	200×400	3D19
Lantai Mezanine	B1A	400×700	10D19
	B1B	400×700	7D19
	B1C	400×700	6D19
	B1D	400×700	8D19
	B1E	400×700	4D19
	B2	300×500	6D19

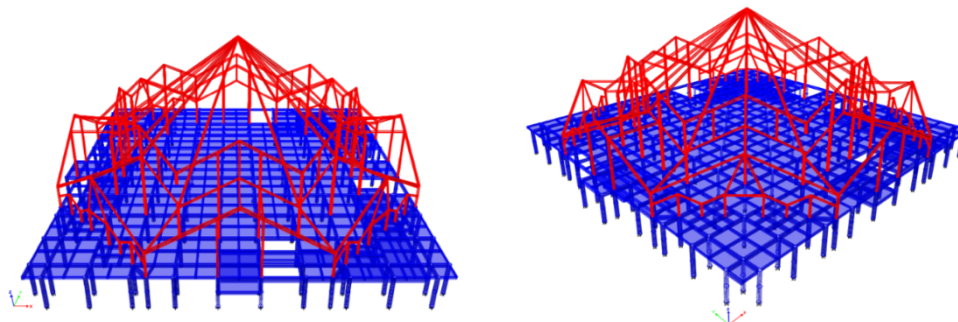
c. Struktur pelat

Tabel 3. Tabel Struktur Pelat

Pelat		
Lantai	Kode Pelat	Tebal Pelat (mm)
Lantai 1	S1	130

d. Denah dan modelling Gedung

Gambar ini merupakan gambar permodelan struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.



Gambar 2. Permodelan struktur proyek Pembangunan masjid Jambi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gaya Geser Dasar

Periode Fundamental Pendekatan untuk rangka beton pemikul momen khusus:

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 41 \text{ m}$$

$$T_a = 1,318 \text{ detik}$$

a. Batas Atas Periode Fundamental

$$C_u = 1,4$$

$$T_{\max} = 1,845 \text{ detik}$$

Tabel 4. Parameter daktilitas struktur gedung.

Batas Atas Periode Fundamental	periode transisi (detik)
Arah X	0,410
Arah Y	0,406

Pada Tabel 4 didapatkan hasil ini nilai periode transisi (T_c) baik untuk arah X maupun arah Y masih berada di bawah nilai maksimum periode fundamental yang diizinkan (T_{max}).

b. Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien Respon Seismik diperoleh:

$$C_s \text{ max arah x} = 0,1601$$

$$C_s \text{ max arah y} = 0,1616$$

$$C_s \text{ min} = 0,0206$$

$$C_s \text{ perlu} = 0,0585$$

Maka karena $C_s \text{ min} < C_s \text{ perlu} < C_s \text{ max}$ digunakan nilai $C_s \text{ perlu}$ pada arah X dan arah Y sebesar 0,0585.

c. Gaya Geser Dasar Seismik dihitung setelah mendapatkan koefisien respon seismik, maka langkah selanjutnya adalah menghitung gaya geser dasar seismik (V) yaitu:

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,0585 \times 69630 \text{ kN} = 4073,33 \text{ kN} \quad (1)$$

Tabel 5. Distribusi Vertikal Dan Horizontal Gaya Seismik Struktur

Lantai	h_x^k	Berat W_x (kN)	$W_x h_x^k$ (Kn.mm)	C_{vx}	Gaya Seismik Perlantai F_x (kN)	Geser Perlantai V_x (kN)
Ruang Sholat	41	5173927.94	238455269.422	0,948	3688.518	3688.518
Mezanine	7	1609640.5	11979743.489	0,048	185.307	3873.825
Lantai Dasar	3,5	316672.54	1152966.246	0,005	17.835	3891.660
TOTAL			251587979.157			

Penskalaan Gaya dan Simpangan

Mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 1726:2019, khususnya pada Pasal 7.9.1.4.1, disebutkan bahwa apabila hasil perhitungan gaya geser dasar dari analisis dinamik ternyata lebih kecil dari 100% gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen, maka nilai gaya geser dinamik tersebut harus disesuaikan atau diskalakan agar paling tidak setara dengan gaya geser statik minimum yang disyaratkan, penskalaan simpangan juga harus dilakukakn jika gaya geser dinamik kurang dari $C_s \times W$, dimana C_s ditentukan dengan persamaan 35 pada SNI 1726 2019. Pengecekan kebutuhan penskalaan gaya pada struktur, disajikan pada tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 6. Penskalaan Gaya

Base Shear	Gaya Geser Dinamik (kN)	Gaya Geser Statik (kN)	100% Gaya Geser Statik (kN)	Kontrol $V_t \geq 100\% V_t$	Faktor Skala
Arah X	2912,640	4073.33	4073.33	TIDAK OK	1,399
Arah Y	3179,353	4073.33	4073.33	TIDAK OK	1,281

Pada Tabel 6, didapatkan bahwa diperlukan penskalaan gaya pada struktur, karena nilai gaya geser dinamik kurang dari 100% gaya geser statik.

Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai/*story drift* ditentukan berdasarkan SNI 1726 2019 pasal 7.8.6. Nilai simpangan lateral (δ_x) diperhitungkan oleh program bantu ETABS, yang nilainya akan digunakan untuk perhitungan *story drift*.

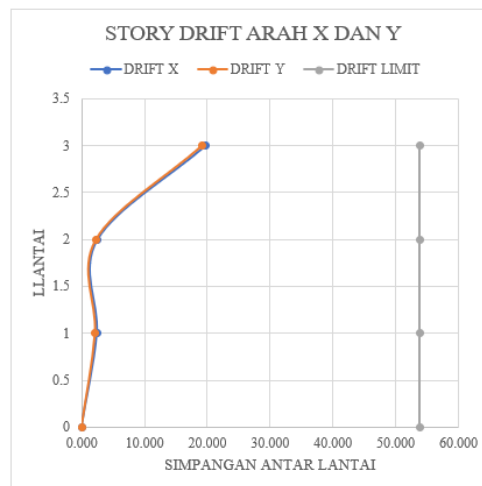
Tabel 7. *Story Drift* Arah X

Lantai	Tinggi (mm)	Perpindahan δ_x (mm)	Perpindahan Elastik δ_{ex} (mm)	Story Drift Δ_x (mm)	Drift Limit Δ_a (mm)	Cek
Atap	34000	6,718	5,359	19,650	523,077	OK
Lantai 2	3500	1,359	0,694	2,545	53,846	OK
Mezanine	3500	0,665	0,665	2,438	53,846	OK
Lantai Dasar	0	0,000	0,000	0,000	0,000	OK

Tabel 8. *Story Drift* Arah Y

Lantai	Tinggi (mm)	Perpindahan δ_y (mm)	Perpindahan Elastik δ_{ey} (mm)	Story Drift Δ_y (mm)	Drift Limit Δ_a (mm)	Cek
Atap	34000	6,414	5,207	19,092	523,077	OK
Lantai 2	3500	1,207	0,624	2,288	53,846	OK
Mezanine	3500	0,583	0,583	2,138	53,846	OK
Lantai Dasar	0	0,000	0,000	0,000	0,000	OK

maka dari Tabel 7 dan 8, didapatkan kurva simpangan antar lantai (*Story Drift*) baik untuk arah X maupun arah Y pada Gambar 4.


Gambar 3. Kurva *Story Drift*

Dari Gambar 3 bahwa nilai simpangan antar lantai (*story drift*) pada setiap tingkat bangunan masih berada di bawah ambang batas maksimum lantai yang diperbolehkan (Δ_a). Simpangan antar lantai terbesar terjadi pada lantai 2 di diarah X sebesar 2,545 mm dan pada arah Y sebesar 2,288 mm dengan batas simpangan antar lantai sebesar 53.846 mm.

Efek P Delta

Pada perhitungan ini, akan didapatkan salah satu dari tiga kemungkinan pada struktur, yaitu struktur tersebut aman, efek P Delta harus diperhtungkan, atau struktur tidak stabil (perlu desain ulang).

Tabel 9. Efek P Delta Arah X

Lantai	Tinggi (mm)	Δ_x (mm)	P (kN)	V_x (kN)	Koefisien Stabilitas Θ_x	Pengaruh P-DELTA	Θ_{max}	Kontrol
Atap	34000	19,650	0,00	209,81	0,0	0,100	0,091	OK
Ruang Sholat	3500	2,545	78365,69	2536,93	0,0031	0,100	0,091	OK
Mezanine	3500	2,438	103787,44	2837,64	0,0069	0,100	0,091	OK
Lantai Dasar	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,091	OK

Tabel 10. Efek P Delta Arah Y

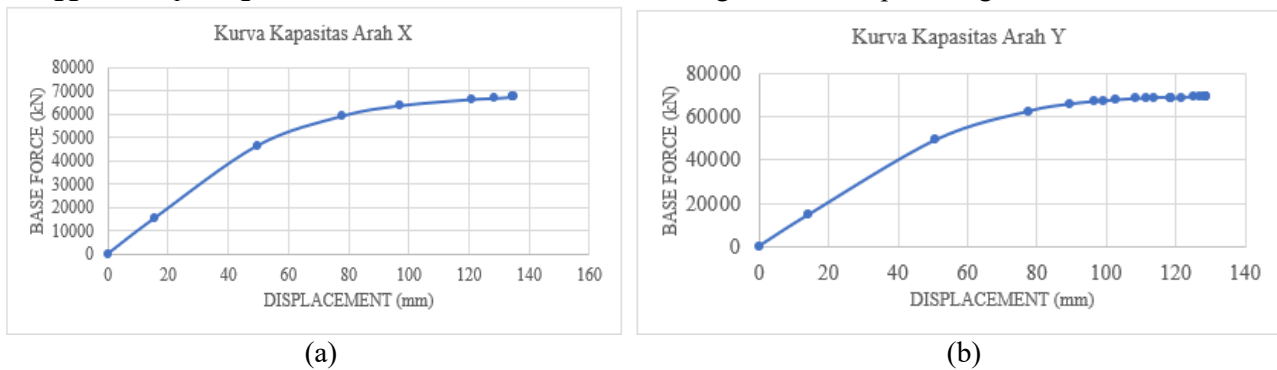
Lantai	Tinggi (mm)	Δr (mm)	P (kN)	V_y (kN)	Koefisien Stabilitas Θ_x	Pengaruh P-DELTA	Θ_{max}	Kontrol
Atap	34000	19,092	0,00	203,36	0,0	0,100	0,091	OK
Ruang Sholat	3500	2,288	78365,69	2758,71	0,0025	0,100	0,091	OK
Mezanine	3500	2,138	103787,44	3075,80	0,0056	0,100	0,091	OK
Lantai Dasar	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,091	OK

Dilihat dari Tabel 9 dan 10, bahwa nilai koefisien stabilitas tidak ada yang melebihi batas maksimum yang diperkenankan menurut standar. Hal ini menunjukkan bahwa struktur berada dalam kondisi stabil secara lateral, dan pengaruh dari efek P-Delta masih berada dalam ambang yang dapat ditoleransi.

Hasil Analisis Pushover

a. Kurva Kapasitas

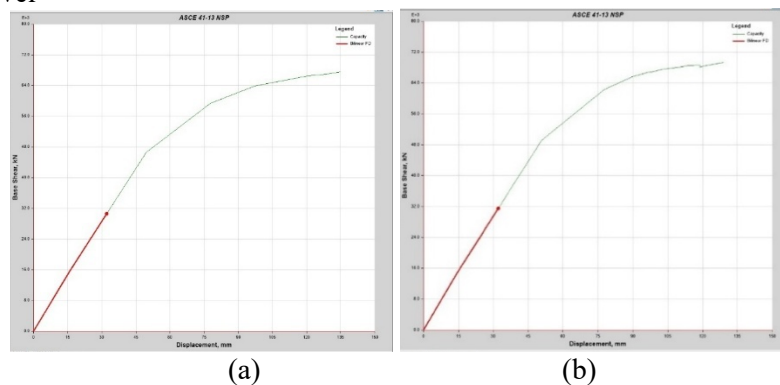
kurva kapasitas struktur yang diperoleh dari hasil analisis pushover pada arah X dan arah Y, menggunakan perangkat lunak analisis struktur ETABS sebagai alat bantu perhitungan.



Gambar 4. Grafik a. Kurva Kapasitas Arah X, b. Kurva Kapasitas Arah Y

Dari Gambar 4(a), hasil analisa *pushover* pada arah X, kelelahan pertama terjadi pada perpindahan $D = 49,58$ mm dengan *base force* $V = 46582,1712$ kN, kemudian perpindahan puncak terjadi pada perpindahan $D = 134,66$ mm dengan *base force* $V = 67453,3003$ kN. Sedangkan untuk Gambar 4(b) hasil analisa *pushover* pada arah Y, kelelahan pertama terjadi pada perpindahan $D = 50,97$ mm dengan *base force* $V = 49141,196$ kN, kemudian perpindahan puncak terjadi pada perpindahan $D = 128,898$ mm dengan *base force* $V = 69317,139$ kN.

b. Performance Level



Gambar 5. (a) Kurva Performance Level Arah X, (b) Kurva Performance Level Arah X

Dari Gambar 5, hasil kurva *performance* level pada arah X dan Y, dari kurva tersebut didapatkan beberapa parameter untuk menentukan level kinerja bangunan berdasarkan ASCE 41-17 pada arah X dan Y sebagai berikut:

Tabel 11. Penentuan Parameter level kinerja

(a) arah X		(b) arah Y	
Parameter	Koefisien	Parameter	Koefisien
C0	2,710035	C0	2,735267
C1	1,218365	C1	1,257227
C2	1,017879	C2	1,023725
Sa (g)	0,466896	Sa (g)	0,466896
Te (s)	0,289	Te (s)	0,282
g (m/s ²)	9,806	g (m/s ²)	9,806

Dari Tabel 11, dapat ditentukan target perpindahan (δt) arah X dan Y untuk menentukan *drift ratio* sebagai berikut:

$$\delta t = C_0 \times C_1 \times C_2 \times S_a \times \frac{T_e^2}{4 \times \pi^2} \times g \quad (2)$$

$$\delta t = 0,033 \text{ m}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta t}{H} \times 100$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{0,033}{41} \times 100$$

$$\text{Drift Ratio} = 0,081\%$$

Dari hasil perhitungan dapatkan nilai *drift ratio* arah X sebesar 0,081%, maka dari itu struktur pada arah X termasuk dalam level kinerja IO (*Immediate Occupancy*), dimana hanya terjadi kerusakan ringan pada bangunan (tidak ada pergeseran permanen). Struktur ini menunjukkan bahwa saat dikenai beban gempa setara dengan 2/3 dari *Maximum Considered Earthquake* (MCER) atau yang dikenal dengan BSE-1N, bangunan mampu mempertahankan kondisi *Immediate Occupancy*. Sedangkan untuk arah Y dapat ditentukan target perpindahan (δt) untuk menentukan *drift ratio* sebagai berikut :

$$\delta t = C_0 \times C_1 \times C_2 \times S_a \times \frac{T_e^2}{4 \times \pi^2} \times g$$

$$\delta t = 0,033 \text{ m}$$

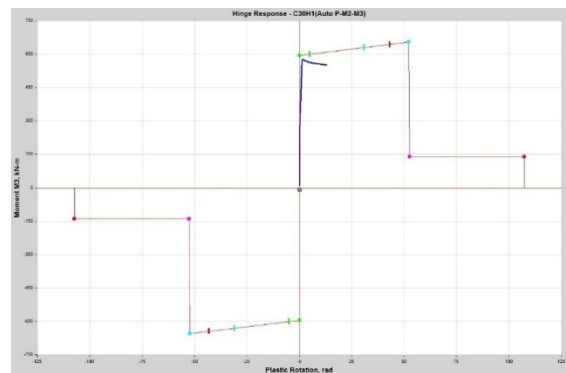
$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta t}{H} \times 100$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{0,033}{41} \times 100$$

$$\text{Drift Ratio} = 0,081\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *drift ratio* sebesar 0,081%, maka dari itu struktur pada arah Y termasuk dalam level kinerja IO (*Immediate Occupancy*), dimana hanya terjadi kerusakan ringan pada bangunan (tidak ada pergeseran permanen). Standar mensyaratkan agar struktur mampu mencapai level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) saat menghadapi beban gempa desain, yaitu setara dengan 2/3 dari nilai gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCER) atau dikenal sebagai BSE-1N. Kondisi *Immediate Occupancy* menunjukkan bahwa setelah terjadi gempa dengan intensitas tersebut, struktur tetap dalam kondisi aman, stabil, dan dapat langsung difungsikan kembali tanpa memerlukan perbaikan signifikan.

c. Kurva Kapasitas *Frame*



Gambar 6. Respon Sendi Plastis pada kolom C30

Pada gambar 6 terlihat kurva kapasitas pada elemen kolom yang menunjukkan kondisi plastis yang terjadi, kondisi plastis dapat terbentuk akibat beban dorong untuk mengetahui kapasitas dari elemen tersebut. Elemen tersebut menunjukkan dalam kondisi life safety berdasarkan ASCE 41-17.

Daktilitas Struktur

Berdasarkan hasil analisis tingkat kinerja struktur (*performance level*), dapat diidentifikasi nilai-nilai penting yang merepresentasikan respons seismik struktur, yaitu nilai perpindahan pada saat leleh pertama (δ_y) dan nilai ambang keruntuhan maksimum (δ_m). Sehingga nilai tersebut dapat dihitung untuk mendapatkan nilai dari pada daktilitas struktur gedung. sehingga dapat dihitung daktilitas dari struktur masjid Jambi sebagai berikut:

Tabel 12. Daktilitas Struktur Masjid Jambi

Arah	δ_y	δ_m	Daktilitas (μ)
X	49,58	134,66	2,71
Y	50,97	128,898	2,52

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Tabel 12, dapat disimpulkan bahwa tingkat daktilitas struktur untuk arah X maupun Y masih berada dalam kategori daktilitas parsial. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan masih dalam batas aman dalam untuk digunakan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan pada tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa analisis Masjid Jambi sebagai berikut:

- Hasil *Story Drift* didapatkan kurva kapasitas pada arah X dengan perpindahan puncak sebesar 134,66 mm dengan *base force* sebesar 67453,3003 kN, dan pada arah Y dengan perpindahan puncak sebesar 128,898 mm dengan *base force* 69317,139 kN.
- Hasil analisis performa kinerja:
 - Didapatkan hasil kurva *performance level* Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, diketahui bahwa nilai rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) mencapai sebesar 0,081% baik pada arah X maupun arah Y. Nilai ini tergolong sangat kecil dan masih jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan untuk struktur tahan gempa. Dengan demikian, struktur dikategorikan berada dalam tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO), yaitu level kinerja di mana bangunan tetap dapat difungsikan segera setelah terjadi gempa tanpa memerlukan perbaikan signifikan.
 - Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kapasitas deformasi, diketahui bahwa tingkat daktilitas struktur pada bangunan ini masih tergolong dalam kategori daktilitas parsial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hamidi, D. Yasri, and A. R. Irsyel, “Respon Spectrum pada Bangunan Gedung terhadap Kelas Situs Tanah,” *JICE-Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 150–162, 2023.
- [2] J. Tanjung and N. T. Putri, “Identifikasi Penyebab Kerusakan Konstruksi Bangunan Beton Bertulang Pasca Bencana Gempa Bumi,” *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.25077/jbkd.1.2.72-78.2023.
- [3] L. N. Musyarofah, I. L. Resta, and N. Mz, “ANALYSIS OF SHEAR WAVE VELOCITY (V_s) USING MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) IN JAMBI LUAR KOTA SUB-DISTRICTS,” pp. 35–45, 2024.
- [4] A. Telling and E. Tuwanakotta, “Analisis Perbandingan Parameter Respons Spektrum Desain Antara Sni 1726-2012 Dan Sni 1726-2019 Di Kota Sorong,” *Jurnal Karkasa*, vol. 10, no. 2, 2024.
- [5] Simanjuntak, “EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA DI INDONESIA (Pinondang Simanjuntak 1),” *e-Journal CENTECH*, vol. 1, no. 1, pp. 44–53, 2020.
- [6] S. A. Fuzairi, M. D. J. Sumajouw, and R. E. Pandaleke, “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Asrama 5 Lantai di Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara,” *Tekno*, vol. 21, no. 83, 2023.
- [7] I. Takewaki, “Toward greater building earthquake resilience using concept of critical excitation: A review,” 2013. doi: 10.1016/j.scs.2013.02.001.
- [8] H. Istiono and A. Y. Ramadhan, “Analisis Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus : Non-Highrise Building),” *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 3, 2020, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.03.8.
- [9] H. P. Suwandi, “ANALISIS GEMPA NON-LINEAR STATIC PUSHOVER DENGAN METODE ATC-40 UNTUK EVALUASI KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG,” *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.32585/modulus.v1i1.379.
- [10] F. A. Nugraha *et al.*, “Kinerja Struktur Gedung Baja Tahan Gempa Menggunakan Analisis Pushover Pada Gedung Office Momen Surabaya,” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan X*, 2022.
- [11] L. J. Restu, E. Juliafad, and F. Yusmar, “Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok IV Gedung B dengan Metode Pushover,” *CIVED*, vol. 8, no. 3, 2021, doi: 10.24036/cived.v8i3.113638.
- [12] A. Kholil, T. Sundari, M. W. Nugroho, and R. Ramadhani, “Evaluasi Kinerja Struktur Tahan Gempa Dengan Metode Pushover Analisis Pada Gedung RS. Muhammadiyah Siti Khodijah Gurah - Kediri,” *Jurnal Sipil Terapan*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [13] F. Tarigan, A. Kurniawandy, and D. Djauhari, “Aspek Rasio Vertikal terhadap Kestabilan Struktur,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.56208/jtrs.v2.i1-hal39-45.
- [14] K. Nuraga *et al.*, “Analisis Daktilitas Struktur Gedung Rangka Beton Bertulang Dengan Metode Analisis Pushover (Studi: Gedung Tugu Reasuransi Indonesia Jakarta),” *Jurnal Ilmiah TELSINAS*, vol. 4, no. 2, 2021.
- [15] A. Kholil, T. Sundari, M. W. Nugroho, and R. Ramadhani, “Evaluasi Kinerja Struktur Tahan Gempa Dengan Metode Pushover Analisis Pada Gedung RS. Muhammadiyah Siti Khodijah Gurah - Kediri,” *Jurnal Sipil Terapan*, vol. 1, no. 2, pp. 35–49, 2023.