

Analisis Struktur Atas Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode Pushover (Studi Kasus: Asrama Putri Pondok Pesantren Tahfizul Qur'an Mu'allimin Muhammadiyah) Kota Bukittinggi

Jessyca Rizky Mutia^{*} , Masril , Zuheldi 
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
Bukittinggi, Indonesia

Abstrak. Sumatera Barat termasuk dalam zona 4 hingga 5 pada peta zonasi gempa bumi 2017 yang dikeluarkan oleh Kementrian PUPR. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bangunan Asrama Putri Pondok Pesantren Tahfizul Qur'an Muallimin Muhammadiyah Kota Bukittinggi kuat terhadap beban gempa sesuai dengan peraturan yang berlaku. Metode ini mengacu pada SNI 1726:2019 dengan pedoman ATC-40 (1996) untuk mengetahui kapasitas struktur. Berdasarkan hasil perhitungan simpangan total maksimum dan simpangan inelastic maksimum berada pada kategori *Damage Control* (DC) masih di rentang *Immediate Occupancy* (IO) dengan *Life Safety* (LS) yang menunjukkan bahwa bangunan masih kuat beban gempa dengan risiko korban jiwa kecil, tetapi dari hasil sendi plastis menunjukkan bangunan akan mengalami keruntuhan total jika sudah di step 38 – 41 pada arah x dan step 47 – 50 pada arah y, yang dimana pada step 41 arah x bangunan menerima beban gempa sebesar -1.673,675 ton dan pada step 50 arah y menerima beban gempa sebesar -1.697,997 ton.

Kata kunci: gempa bumi; SAP2000; analisis pushover; pesantren

1. Pendahuluan

Bangunan Asrama Putri Pondok Pesantren Tahfizul Qur'an Mu'allimin Muhammadiyah didirikan di pertengahan tahun 2024. Bangunan ini terletak di Garegeh Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, yang dimana Kota Bukittinggi merupakan kota rawan gempa karena terletak di wilayah yang memiliki kondisi geologi dan geofisika yang rentan terhadap aktivitas gempa bumi, juga karena Kota Bukittinggi berada di sepanjang Sesar Sianok, yang merupakan bagian dari Sesar Sumatera yang aktif. Sesar ini memiliki kecepatan

^{*} Penulis Korespondensi: jessycarizky27@gmail.com

pergeseran 23mm/tahun dan tipe pergeseran mendatar (*strike-slip*). Menurut Masril (2019) dalam (Rahmadina, 2024) perlu dirancang struktur bangunan pada daerah rawan dari gempa diantaranya Bukittinggi hendaknya sesuai aturan yang telah pemerintah tetapkan.

Menurut (Maryanti & Saputra, 2019) waktu gempa bumi tidak bisa diperkirakan kapan akan terjadi dan tidak pula ditandai dengan gejala gejalanya serta berapa besar kekuatan gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan seperti bangunan perumahan penduduk, perkantoran, dan gedung sekolah. Menurut (Tampubolon et al., 2022) gempa bumi memiliki kekuatan untuk menghentikan aktivitas suatu kota, menghancurkan property dan infrastruktur publik, dan bahkan merenggut nyawa. Dalam kontes ini, metode analisis struktur menjadi sangat penting. Untuk mengetahui ketahanan struktur bangunan pada beban gempa dipakai metode pushover. Metode ini membantu kita memahami bagaimana bangunan akan berperilaku saat menerima beban dinamis seperti gempa.

Telah banyak penelitian yang menganalisis struktur atas gedung terhadap beban gempa, seperti penelitian dari (Fauziah et al., 2024) dengan judul penelitian Analisis Stuktur Atas Gedung Ponpes Mu'allimin Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode *Pushover Analysis*, dari (Tatya Putri Utami & Niken Warastuti, 2019) juga membahas Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode Pushover Studi Kasus Gedung Asrama Pusdiklat PPATK, Depok, kemudian (Masril, 2019) membahas Analisis Struktur Atas 4 Lantai Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000 Studi Kasus Gedung Kantor Bersama Kabupaten Sijunjung.

Dari banyaknya penelitian ini peneliti sangat ingin menganalisis kinerja seismic struktur atas gedung Asrama Putri Pondok Pesantren Tahfizul Qur'an Mu'allimin Muhammadiyah Kota Bukittinggi dengan menerapkan metode pushover sesuai dengan SNI 1726:2019 tentang gempa dengan (ATC-40,1996) digunakan untuk mengetahui kapasitas struktur dengan sarana komponen *peformed based design*. Metode ini menggunakan penerapan beban statis tertentu secara lateral, meningkatkan besarnya beban secara bertahap hingga mencapai perpindahan tertentu dan menunjukkan pola keruntuhan. Penulis menggunakan bantuan software SAP2000 untuk melakukan analisis pushover dan setelah itu mengkaji output yang di dapatkan dari program ini.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Asrama Putri Pondok Pesantren Tahfizul Qur'an Mu'allimin Muhammadiyah yang beralamat di Garegeh, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1: Lokasi Penelitian

Data primer dan sekunder digunakan penelitian ini. Survei lapangan menghasilkan data primer, seperti tinggi bangunan, dimensi atau data struktur bangunan yang nanti diolah menggunakan software SAP2000 V22 yang dipakai di penelitian ini, sedangkan data sekunder digunakan dalam penelitian ini sebagai acuan, pedoman ataupun aturan. Data sekunder berasal dari SNI 1726:2019 dan ATC-40 pedoman yang digunakan untuk menentukan kerusakan bangunan akibat gempa. Tahap – tahap dalam menganalisis penelitian ini dimulai dengan survey ke lokasi, lalu membuat menggunakan software SAP2000 V22 untuk membuat permodelan 3D dari struktur bangunan yang akan dianalisis, setelah itu dianalisis dan akan menghasilkan grafik ataupun kurva kapasitas pada struktur.

3. Hasil dan Pembahasan

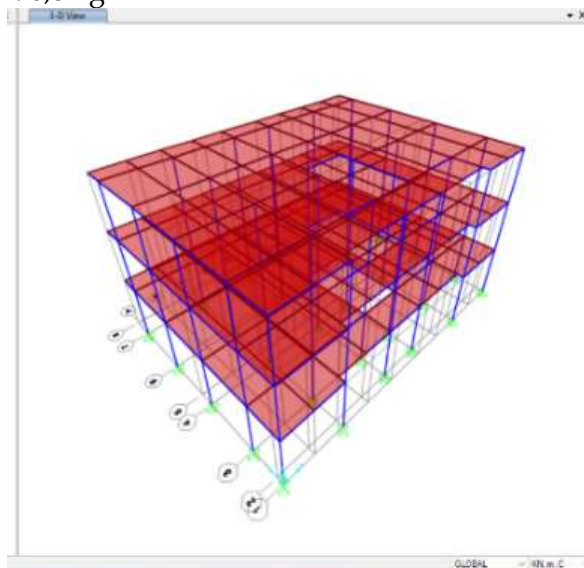
Membuat permodelan struktur berdasarkan data struktur , lalu data gempa merupakan langkah pertama yang dilakukan.

a. Data Struktur

Tipe Bangunan		: Gedung Bertingkat
Jumlah Lantai		: 3 Lantai
Tinggi Bangunan		: 12 m
Ukuran bangunan		: 1.008 m ²
Mutu Material	Fc	: 23 MPa
	Fy	: 390 MPa
Penampang Kolom	K1	: 40 cm x 40 cm
	K2	: 20 cm x 30 cm
Penampang Balok	B1	: 30 cm x 50 cm
	B2	: 20 cm x 30 cm
Penampang Plat	P	: 12 cm
Tulangan Kolom	K1	: 8 D 19 mm
	K2	: 8 D 16 mm
Tulangan Balok	B1	: 10 D 19 mm
	B2	: 5 D 16 m
Tulangan Plat	P	: Wiremash M 8 – 150 mm

b. Data Gempa

Kelas tanah	: Tanah Sedang
Ss	: 1,8707 g
S1	: 0,7413 g
TL	: 8 detik
Ts	: 0,67 detik
Sds	: 1,25 g
Sd1	: 0,84 g



Gambar 2. Permodelan Struktur 3D

Pengecekan perilaku struktur meliputi perbandingan geser, pemeriksaan jumlah ragam, dan perhitungan simpangan antar lantai setelah permodelan dan pembebanan struktur selesai. Peraturan yang berlaku, yaitu SNI 1726:2019 yang menjadi dasar pemeriksaan perilaku struktur ini.

a. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Berdasarkan output yang didapatkan pada jumlah partisipasi masa pada mode yang ke 12 yaitu sebesar 0,999777 dan 0,999971 atau sebesar 99%, telah memenuhi syarat yaitu besar dari 90%.

b. Perbandingan Geser Dasar V_{Statik} Vs V_{Dinamik}

Tabel 1: Hasil penjumlahan gaya geser dasar

Base Shear	Dinamik (VD) Geser Dasar (kN)	Statik (VS) Geser Dasar (kN)	Faktor skala VS / VD	kontrol (VD) $\geq 100\%$ Vs
arah x	1914.09	1914.07	0.99998642	OK
arah y	1914.09	1914.07	0.9999864	OK

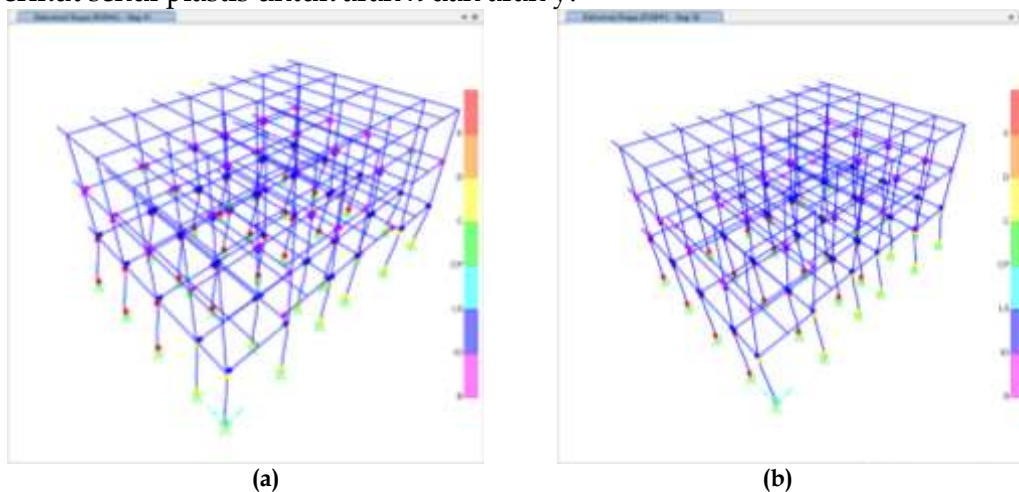
c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Tabel 2: Perhitungan simpangan antar lantai

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
3	4000	0.0598	0.0559	0.0137	0.0125	0.0501	0.0459	60.00	Oke
2	4000	0.0462	0.0434	0.0249	0.0231	0.0913	0.0849	60.00	Oke
1	4000	0.0213	0.0203	0.0213	0.0203	0.0780	0.0744	60.00	Oke

Berdasarkan hasil perhitungan, simpangan antar lantai sudah sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu simpangan antar lantai izin lebih dari simpangan antar lantai desain sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1.

Dari hasil analisis pushover terbentuknya sendi plastis, yang dimana pada arah x terdapat 41 step dan pada arah y terdapat 50 step. Untuk arah x step 38 – 41 sudah muncul sendi plastis berwarna merah dan pada arah y step 47 – 50 juga sudah muncul sendi plastis berwarna merah. Yang artinya pada step 38 – 41 arah x dan step 47- 50 arah y tersebut bangunan sudah mengalami keruntuhan karena bangunan sudah tidak kuat menahan beban gempa yang diterima, dibawah berikut sendi plastis untuk arah x dan arah y.



Gambar 3: (a) step 41 arah x, (b) step 50 arah y

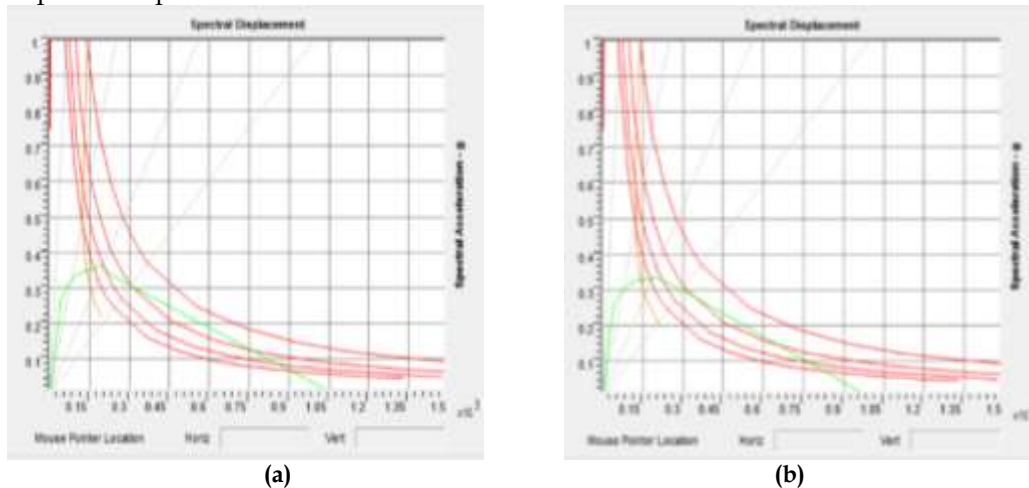
ATC-40 berfungsi sebagai acuan untuk pedoman saat menentukan level kinerja struktur. Rasio nilai perpindahan atap pada level kinerja struktur terhadap tinggi keseluruhan bangunan dapat digunakan untuk menentukan level kinerja struktur. Tabel dibawah ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat kinerja struktur.

Tabel 2: Batas simpangan pada tingkat kinerja struktur (ATC-40)

Batas Simpangan Antar Lantai	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01 – 0,02	0,02	$0,33 V_i / P_i$

Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005 – 0,015	No Limit	No Limit
------------------------------	-------	---------------	----------	----------

Dari gambar dibawah dapat dilihat kurva kapasitas spektrum masing-masing arah yang berpedoman pada ATC-40:



Gambar 5: (a) Spectral displacement arah x-x, (b) Spectral displacement arah y-y

Nilai perpindahan atap kemudian diukur pada titik kinerja pada *first yield* (beban dorong ke-3) dimana tinggi total bangunan = 12 m, merupakan parapemert yang dibutuhkan untuk menentukan tingkat kinerja.

a. Simpangan Total Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{162,979 \text{ mm}}{12000 \text{ mm}} = 0,013 \quad (\text{DC})$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{170,384 \text{ mm}}{12000 \text{ mm}} = 0,014 \quad (\text{DC})$$

b. Simpangan Inelastis Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{Dt-D3}{H_{total}} = \frac{162,979 \text{ mm}-53,074 \text{ mm}}{12000 \text{ mm}} = 0,009 \quad (\text{DC})$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{Dt-D3}{H_{total}} = \frac{170,384 \text{ mm}-60,180 \text{ mm}}{12000 \text{ mm}} = 0,009 \quad (\text{DC})$$

Simpangan total maksimum dan simpangan inelastis maksimum termasuk dalam kategori *Damage Control* (DC) yaitu di antara *Immediate Occupancy* (IO) dengan *Life Safety* (LS). Menurut hasil perhitungan diatas, yang didasarkan pada ATC-40, hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya korban jiwa sangat kecil dan bangunan masi

4. Kesimpulan

Bangunan ini termasuk dalam kategori *Damage Control* (DC), yaitu berada dalam rentang *Immediate Occupancy* (IO) dan *Life Safety* (LS) yang menunjukkan bahwa bangunan tersebut masih dapat menahan beban gempa dengan risiko kematian minimal, ini berdasarkan hasil analisis simpangan total maksimum dan simpangan inelastis maksimum. Namun, analisis menunjukkan terbentuknya sendi plastis pada bangunan. Pada arah-x, sendi plastis muncul sebanyak 41 step dengan gaya terbesar pada step ke 41 yaitu sebesar -1.673,675 ton, sedangkan

pada arah-y muncul step sebanyak 50 step dengan gaya terbesar pada step ke 50 yaitu sebesar -1.697,998 ton, yang ditandai dengan warna merah sebagai indikasi keruntuhan elemen struktur. Meskipun bangunan masih dinilai aman, bila beban gempa terus meningkat dan mencapai step 38-41 (arah-x) dan step 47-50 (arah-y) struktur sudah mengalami keruntuhan total.

5. Referensi

- Fauziah, R., et al (2024). Analisis Struktur Atas Gedung Ponpes Mu'allimin Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode Pushover Analisis. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 3(2), 41–47.
- Kembuan, P., et al (2018). Desain Praktis Pelat Konvensional Dua Arah Beton Bertulang. *Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado*, 6(9), 705–714.
- Maryanti, S., & Saputra, A. (2019). *Analisis Spasial Kerusakan Bangunan Fasilitas Sosial Akibat Gempabumi Tahun 2018 Di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Masril, M. (2019). Analisis Struktur atas Empat Lantai dengan Analisis Pushover Menggunakan Program Sap 2000 Studi Kasus: Gedung Kantor Bersama Kabupaten Sijunjung. *Ensiklopedia of Journal*, 2(1).
- Muhammad Hilmi, et al (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(3), 143–158. <https://doi.org/10.29244/jsil.6.3.143-158>
- Nasution, A., & Islam, M. (2019). Analisis Kolom Beton Bertulang Pada Penampang Persegi Berlubang. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 19–26. <https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.19-26>
- Rahmadina, F. (2024). *Analisis Struktur Atas Gedung Ponpes Mu'alimin Lima Lantai Di Kabupaten Agam Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode Pushover Analisis*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Tampubolon, S. P., et al (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu. *Bentang: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2), 169–186. <https://doi.org/10.33558/bentang.v10i2.3263>
- Tatya Putri Utami, & Niken Warastuti. (2019). Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode Pushover Studi Kasus Gedung Asrama Pusdiklat Ppatk, Depok. *Jurnal Infrastruktur*, 3(2), 99–106. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v3i2.709>