

ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG WISMA MULYA BUKITTINGGI TERDAHAP BEBAN GEMPA DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*

INDAH NOVIANI CHANDRA, MASRIL, ASIYA NURHASANAH HABIRUN

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
indahnovianichandra@gmail.com, mril6030@gmail.com, asiya2021ce@gmail.com

Abstract: Indonesia is at the meeting of four tectonic plates called the Ring of Fire. The 2009 West Sumatra Earthquake occurred with a magnitude of 7.6 on the Richter Scale off the coast of Padang. The application of pushover analysis could be an anticipation and reference for construction organizers. The structure of the Wisma Mulya Syariah building is modeled according to the floor plan. The application of pushover analysis is guided by SNI Earthquake 1726:2019, and the pushover analysis method (ATC-40, 1996), so according to the calculations referring to ATC-40 the maximum total deviation and maximum inelastic deviation are declared to be included in the Immediate Occupancy (IO) category not exceeding a result of > 0.01 means that the building is still able to withstand the load of the earthquake that occurred with very little risk of loss of life.

Keywords: Ring of Fire; earthquake; homestead; pushover analysis; Immediate Occupancy (IO).

Abstrak: Indonesia berada di pertemuan empat lempeng tektonik disebut *Ring of Fire*. Gempa Bumi Sumatera Barat 2009 terjadi dengan kekuatan 7,6 Skala *Richter* di lepas pantai Padang. Penerapan *pushover analysis* sekiranya menjadi antisipasi dan acuan terhadap penyelenggara konstruksi, struktur gedung Wisma Mulya Syariah dimodelkan sesuai denah dilapangan. Penerapan *pushover analysis* berpedomankan SNI Gempa 1726:2019, dan metode analisis *pushover* (ATC-40,1996), Maka sesuai dengan perhitungan yang mengacu pada ATC-40 simpangan total maksimum dan simpangan *inelastic* maksimum dinyatakan termasuk kedalam kategori *Immediate Occupancy (IO)* tidak melebihi hasil $> 0,01$ artinya bangunan masih mampu menahan beban gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa sangat sedikit.

Kata Kunci: *Ring of Fire*; gempa bumi; wisma; *pushover analysis*; *Immediate Occupancy (IO)*.

A. Pendahuluan

Indonesia termasuk ke dalam salah dari 35 negara dengan resiko tinggi terhadap ancaman bencana alam di dunia. Salah satu tantangan yang dihadapi Indonesia yaitu gempa bumi, dimana dalam bidang konstruksi gedung bertingkat patut menjadi hal yang perlu diperhatikan. Menurut (Manalip, Windah, & Dapas, 2014) Indonesia terletak di daerah dengan 4 pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu Lempeng Eurasia, Filipina, Pasifik serta Indo-Australia sering disebut juga dengan *Ring Of Fire*.

Sama halnya dengan Provinsi Sumatera Barat yang merupakan satu dari beberapa provinsi di Indonesia yang rentan dengan adanya bencana gempa bumi. Menurut (Nasmirayanti, et al., 2022), Indonesia termasuk negara dengan persentase tingkat kegempaan tertinggi di dunia, yakni hampir mencapai 90%, termasuk Provinsi Sumatera Barat (Sumbar). Gempa bumi terjadi pada tahun 2009 di Sumatera Barat dengan kekuatan 7,6 skala *richter* tepatnya di lepas pantai Sumatera Barat sekiranya pukul 17:16:10 WIB terjadi pada tanggal 30 September 2009, sekitar 50 km barat laut di Kota Padang. Menurut data Satkorlak PB, korban jiwa sebanyak 1.117 orang meninggal dunia akibat gempa bumi ini, yang tersebar di 3 kota dan 4 kabupaten di Sumatera Barat, Adapun korban luka berat berjumlah 1.214 orang, luka ringan berjumlah 1.688 serta korban hilang berjumlah 1 orang. Untuk bangunan rumah yang rusak sebanyak 135.448 kategori rusak berat, 65.380 rumah kategori rusak sedang serta 78.604 rumah kategori rusak ringan. Gempa bumi juga terjadi pada 8 April 2023, pukul 12:21:22 WIB. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), menginformasikan pusat dari gempa bumi ini terletak di darat pada koordinat 100,28 BT dan 03 LS, jaraknya sekitar 9,8 barat Kota Bukittinggi, Sumatera Barat kedalaman 10 kilometer dengan maglitudo M 4,5.

Menurut (M.T, 2019) untuk melakukan perancangan pada struktur bangunan di daerah rawan terhadap gempa bumi seperti Kota Bukittinggi, harus mengikuti aturan yang ditetapkan oleh pemerintah. Terlebih Kota Bukittinggi ini memiliki Ngarai Sianok dengan pergeseran 23mm per

tahunnya, dengan tipe pergeseran *strike slip* atau mendarat. Ngarai Sianok sendiri terletak memanjang dari sebelah barat daya dari Gunung Marapi sampai dengan Panjang 90 kilometer, tercatat ada 2 kali terjadi gempa, gempa pertama terjadi pada 6 Maret 2007, dengan kekuatan 6,4 skala richter, dan 6,3 skala richter. Sebagai upaya penanggulangan terhadap bahaya dan dampak bencana gempa bumi yang terjadi dengan melakukan metode kinerja desain seismik terhadap bangunan gedung sekiranya dapat menjadiantisipasi dan acuan terhadap penyelenggara konstruksi, terlebih Indonesia masih ada pemborosan material, adanya waktu tunggu, tahapan kerja yang kurang sesuai, perbaikan dan pengerjaan ulang, serta rendahnya pemahan penyelenggaraan konstruksi pembangun di Indonesia yang efisien dan efektif. Penyelenggaraan konstruksi di Indonesia masih bergelut pada ketidakefisienan penyelenggaraan konstruksi. Untuk menjawab permasalahan konstruksi tersebut pemerintah bekerjasama dengan Direktorat Jenderal Bina Marga Konstruksi atau disingkat DJBK, Kementerian pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) memperkenalkan solusi dengan penerapan konstruksi ramping (*lean construction*) yang dinilai mampu mengurangi pemborosan dan meningkatkan nilai dengan target utama dari konsep konstruksi ramping ialah mengidentifikasi dan mengemilnasi pekerjaan-pekerjaan tanpa nilai tambah (*weaste*) (Nabila, 2021).

Hal utama yang diperhatikan dalam perencanaan struktur gedung adalah kemampuan suatu gedung untuk menahan beban, apalagi gedung yang di pergunakan untuk penginapan dan peristirahatan setelah melakukan perjalanan atau kunjungan, tetapi dalam perkembangannya wisma atau hotel tidak hanya dijadikan tempat istirahat saja juga dapat digunakan sebagai tempat pertemuan ataupun rapat dengan rekan bisnis. Bangunan Wisma Mulya Syariah ini berdiri sejak tahun 2013 di tanah sedang di pusat Kota Bukittinggi Jalan Sutan Syahrir No.34, Tarok Dipo, Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat, yang notabennya adalah kota wisata yang banyak pengunjung dan wisatawan, bangunan wisma ini per lantai nya dihubungkan oleh tangga, dan memiliki 3 tingkat lantai dengan antar lantai tinggi antar lantai pertama dan kedua 3,76 meter, lantai ketiga 3,62meter dan lantai berikutnya merupakan *rooftop*, lantai 4 *rooftop* menggunakan dinding bata tinggi 1meter ditambah dengan baja berat dan atap spandek. Kuat tekan beton yang dipakai adalah K 300. Bangunan ini memiliki lebar 11,3meter dan panjang 16 meter. Dari perencanaan ukuran balok B1 = 350x500 mm, balok B2 = 250x400 mm, reng balok = 200x350 mm kolom K1 = 400x400mm, dan pelat yaitu 120mm. Bangunan wisma ini berada di tepian jalan kota yang ramai dan berada di pusat kota dan tidak memiliki pagar didepannya. Bangunan ini tidak memiliki *basement* serta jenis pondasi wisma ini adalah pondasi telapak.

Perkembangan teknologi sangat membantu sekali untuk para pekerja konstruksi dalam perencanaan serta metode terhadap kinerja suatu struktur bangunan. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan tersedianya program SAP2000 dinilai mampu untuk menjawab permasalahan tersebut dengan bentuk permodelan yang sangat *kompleks*. Oleh karena pemasalahan tersebut, penulis berkeinginan untuk menganalisa kinerja seismic struktur Gedung atas dengan penerapan *pushover analysis* sesuai dengan pedoman SNI Gempa 1726:2019, dan metode analisis *pushover* (ATC-40,1996), yang dipakai untuk salah satu sarana komponen *performed based design* yang menjadi sarana digunakan untuk mengetahui kapasitas suatu struktur. Metode ini sangat sederhana, dengan memberikan pola beban *static* tertentu dalam arah *leteral* yang besarnya ditingkatkan secara *incremental* sampai target *displacement* tertentu, dan mencapai pola keruntuhan. Dari hasil analisis, dapat. Penulis melakukan metode *pushover* bantuan program SAP2000 V.22 kemudian membahas terkait *output* yang dihasilkan pada program ini.

B. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini di lakukan pada gedung 4 lantai Wisma Mulya Syariah Jalan Sutan Syahrir No. 34, Tarok Dipo, Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat. Metode analisis yang dipakai adalah metode kuantitatif dimana melihat data angka yang didapatkan di awal survey ke lapangan kemudian di analisa dengan merujuk SNI 1726:2019 dengan metode ACT-40. Tahapan untuk menganalisis penelitian ini adalah datang ke lokasi penelitian untuk mendapatkan data gedung yang di perlukan, membuat metode permodelan 3D dari struktur bangunan yang akan di teliti dengan menggunakan Aplikasi Program SAP2000 V.22, kemudian di analisis menghasilkan program dengan menghasilkan grafik atau kurva, menghitung secara manual dari data yang didapat pada program yang digunakan. Data primer merupakan data yang di dapatkan langsung berdasarkan

investasi ke lapangan. adapun data tersebut terdiri dari ukuran bangunan, tinggi bangunan, ukuran dimensi penampang yang digunakan untuk di olah nantinya di program yang dipakai. Data sekunder merupakan data yang berasal dari pedoman, aturan, serta acuan berupa SNI 1726:2019, pedoman ATC-40, untuk ketentuan menganalisis struktur, berupa gambar kerja dari perencana gedung. Teknik yang digunakan yaitu kuantitatif, dalam pengambilan data dalam penelitian ini dengan *survey* dan ke lapangan dan mendapatkan gambar kerja dari pihak terkait yang akan dianalisis menggunakan *software* SAP2000 V.22.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Pengumpulan Data

Berikut adalah data bangunan Gedung Wisma Mulya Syariah yang akan diteliti sebagai berikut:

Jenis bangunan : Bangunan Gedung Wisma/Pengunapan

Banyak Lantai : 4 Lantai

Tinggi perlantai : Lantai 1 ke Lantai 2 = 3,76 meter
Lantai 3 = 3,62meter
Rooftop = 1 meter

Ukuran bangunan : 11,3 x 16 meter

Mutu material : $F_c = K300m = 24,90$ Mpa

$F_y = 240$ Mpa

Poisson baja = 0,30

Ukuran penampang balok : B1 = 350x500 mm

B2 = 250x400 mm

Reng balok 200x350 mm

Ukuran penampang kolom : K1 = 400x400 mm

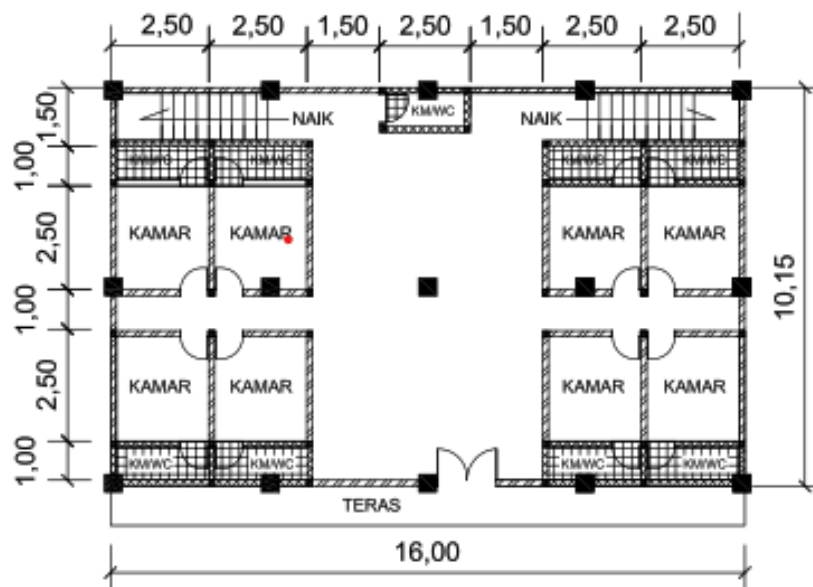
Tulangan balok : Tulangan utama :

Tumpuan atas (8D 19 mm)

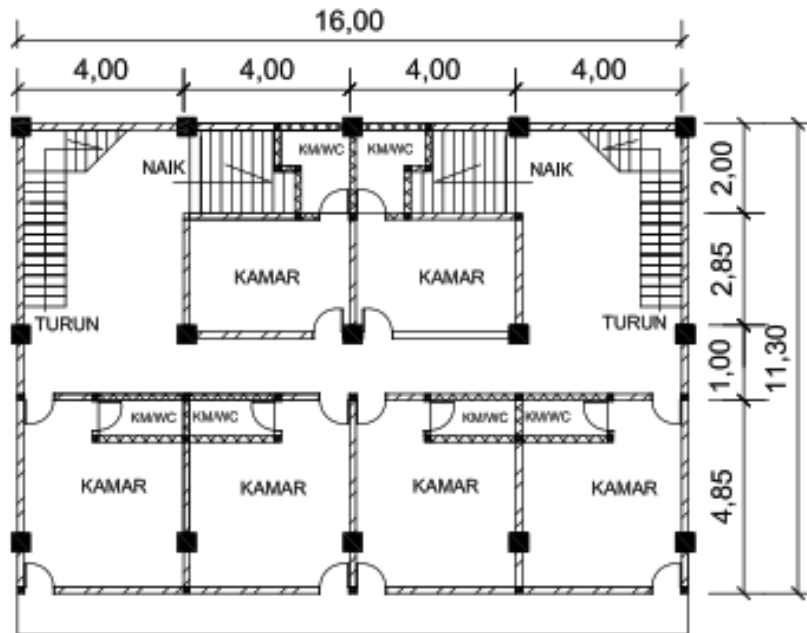
Tumpuan bawah (2D 19mm)

Lapangan atas (2D 19 mm)

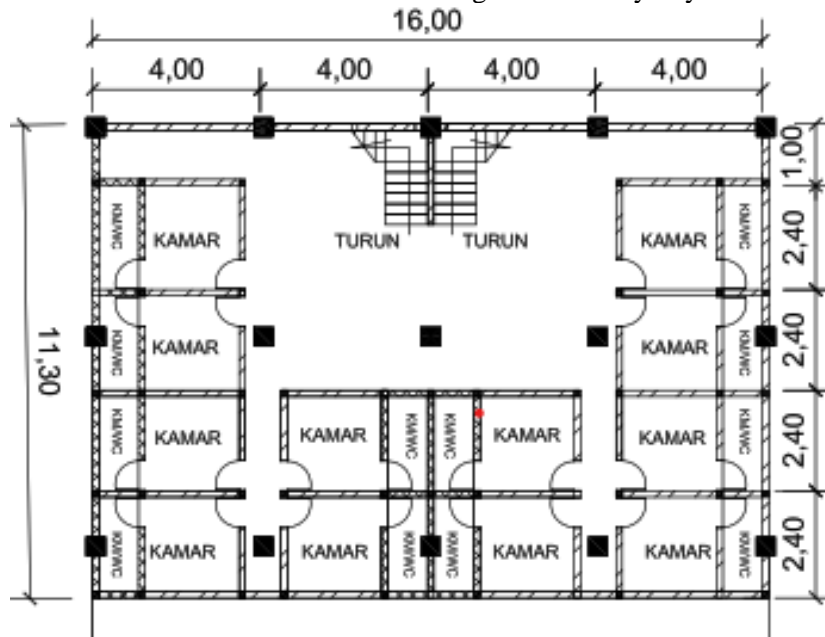
Lapangan bawah (8D 19mm)



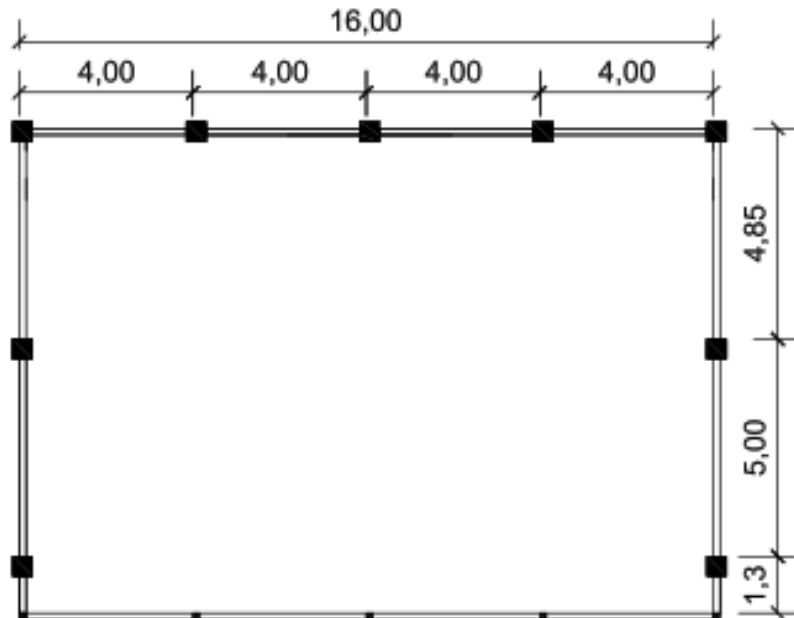
Gambar 1 Denah lantai 1 Gedung Wisma Mulya Syariah



Gambar 2 Denah lantai 1 Gedung Wisma Mulya Syariah



Gambar 3 Denah lantai 3 Gedung Wisma Mulya Syariah



Gambar 4 Denah lantai 4 Gedung Wisma Mulya Syariah

2. Pembebanan Struktur Gedung

1. Pelat Lantai

A. Lantai 2 – 3 - 4

Beban Mati (DL)

Plesteran (2,5 cm)	=	52,50	kg/m ²
<i>Mechanical & Electrical</i>	=	25,00	kg/m ²
<i>Spesi</i>	=	10,50	kg/m ²
Keramik	=	24,00	kg/m ²
Plafon + penggantung	=	18,00	kg/m ² +
		130,00	kg/m ²
	=	1,275	kN/m ²

Beban Hidup (LL)

Untuk Lantai Beton	=	195,78	kg/m ²
	=	1,92	kN/m ²

2. Balok Tepi

Balok tepi yang dimaksud hanya pada balok tepi struktur yang menggunakan dinding, untuk balok tengah selanjutnya juga dimaksud dengan dinding yang membebani balok *interior* dan struktur.berikut ini beban balok tepi dan tengah pada lantai 1 merupakan beban mati (DL):

Berikut besar beban balok tepi tersebut:

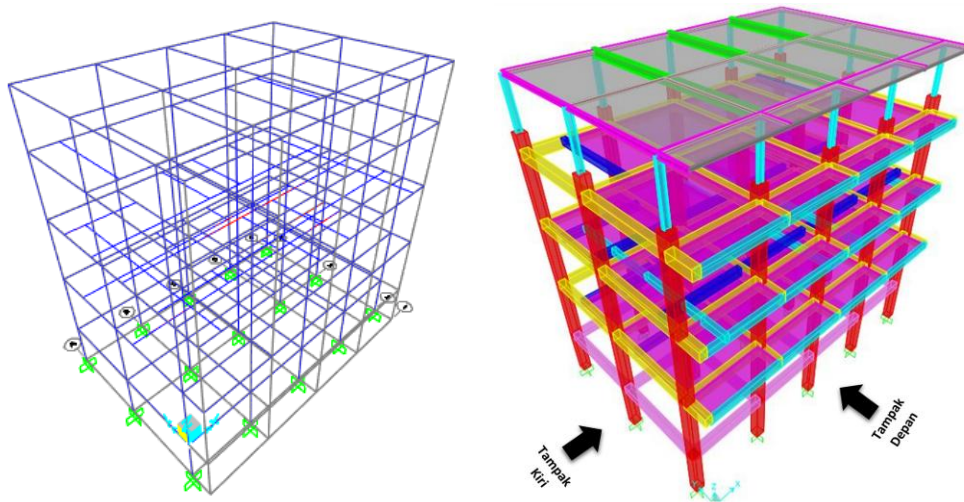
$$\text{Berat dinding pasangan } \frac{1}{2} \text{ bata merah} = 250,00 \text{ kg/m}^2$$

Maka berat dinding pada balok Lantai 1 s/d Lantai 3 adalah berat dinding dikalikan dengan tinggi dinding (per lantai), yaitu:

$$\text{Berat dinding} = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,12 \text{ m} = 780 \text{ kg/m} = 7,652 \text{ kN/m}^2$$

Berat dinding pada balok Lantai 4 adalah berat dinding dikalikan dengan tinggi dinding(per lantai), yaitu:

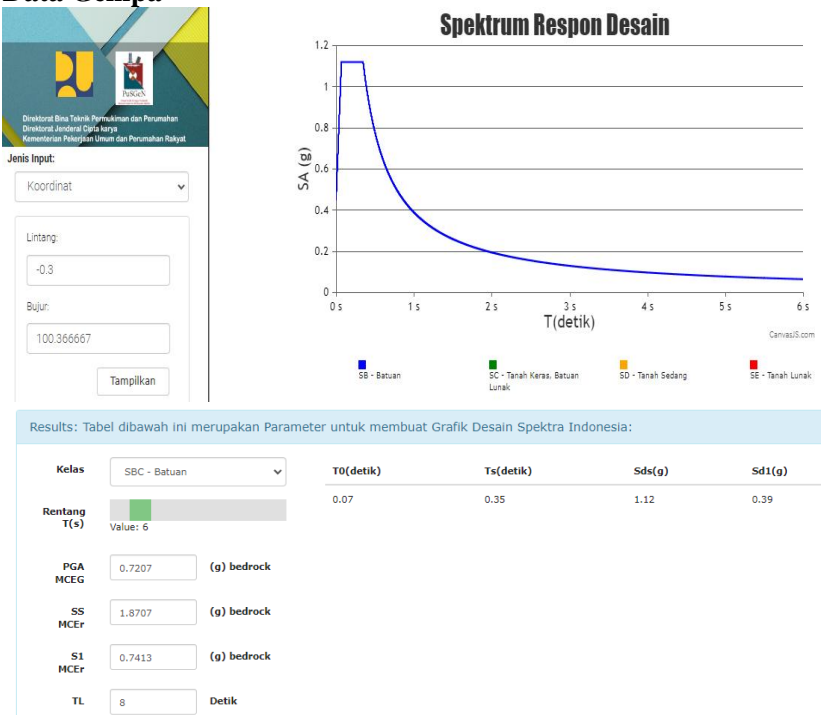
$$\text{Berat dinding} = 250 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 250 \text{ kg/m} = 2,453 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 5 Desain Permodelan Struktur 3D Pada program SAP2000 V22

Sumber: SAP2000

3. Data Gempa



Gambar 6 Desain Spektrum Respon Kota Bukittinggi, Sumatera Barat

Sumber: ciptakarya.pu.go.id

4. Pengecekan Perilaku Struktur

Tabel 4 Hasil penjumlahan geser dasar

Geser Datar	Dinamik (Vd)	Statik (Vs)	Faktor Skala (Vs/Vd)
X	544,248	148,606	3,662
Y	544,248	148,606	3,662

Sumber: Perhitungan Excel

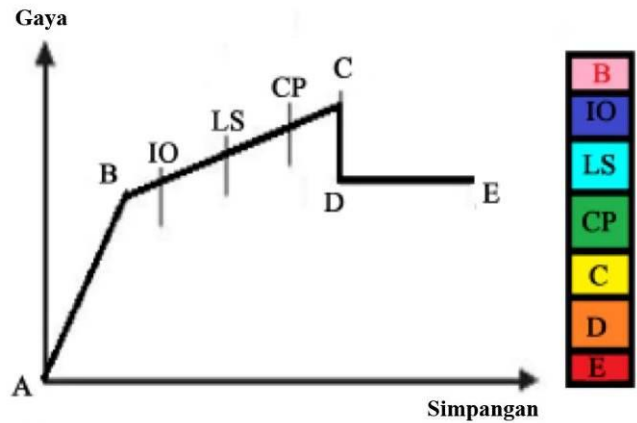
Untuk menentukan simpangan antar lantai maka ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_d > 100\% V_s$$

$$544,248 > 100\% 148,606$$

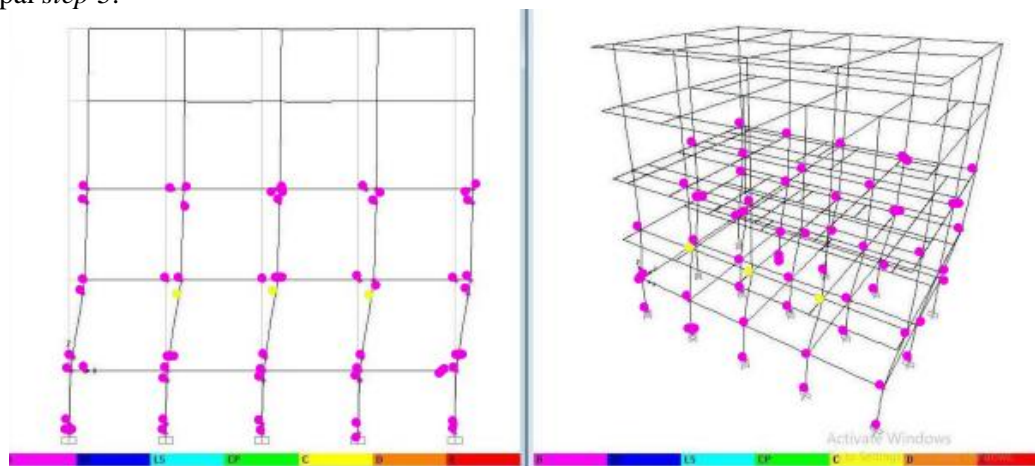
$$544,248 > 148,606 \dots \dots \dots \text{OK}$$

5. Letak Sendi Plastis



Gambar 7 Tahapan Keruntuhan Sendi Plastis

Dari hasil *running* SAP2000 untuk arah-x di *step* 0 sampai *step* 7. Sedangkan di arah-y di *step* 0 sampai *step* 5.



Gambar 8 Step 7 Arah-X

Sumber: SAP2000 V.22

Pada gambar *step* 7 Arah-X diatas, dengan penambahan beban 165.966,1 kg, pola keruntuhan struktur sudah diambang keruntuhan ditandai dengan terbentuknya sendi plastis berwarna kuning, dengan penambahan sedikit beban dorong saja gedung akan mengalami keruntuhan.

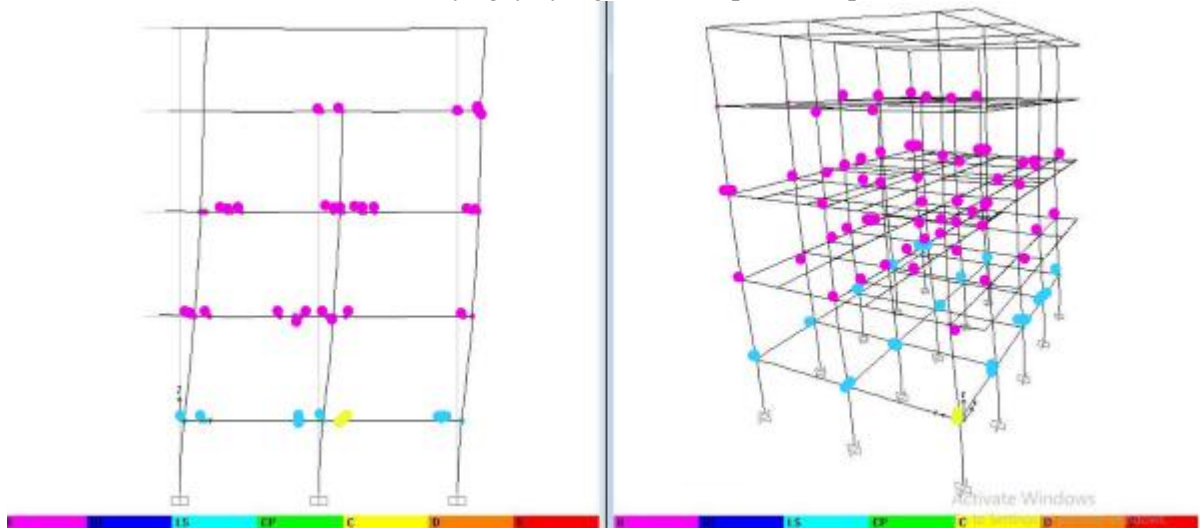
Dari hasil *running* SAP2000 untuk arah-x di *step* 0 sampai *step* 7. Sedangkan di arah-y di *step* 0 sampai 5. Kondisi sendi plastisnya berada di daerah *Immediate Occupancy*, yaitu bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

Tabel 5. Gaya geser dasar setiap *step pushover* arah-x

PUSHOVER ARAH X		
Step	Displacement (mm)	Base Force (ton)
0	0,0172	0
1	15,0274	67,4237
2	40,9662	140,6102
3	44,6435	144,0678
4	59,524	155,5932
5	62,0536	156,1695

6	120,9095	164,8136	keruntuhan
7	129,2735	165,9661	

Tabel gata geser dasar setiap *step pushover* diatas pada arah-x diambil dengan *output* SAP2000 V.22, dengan *step* mulai dari 0 sampai *step* 7 arah-x. Yang dimaksud *displacement* pada tabel diatas ialah nilai perpindahan dari posisi awal akibat adanya *respon* bangunan terhadap gaya lateral. Kemudian *base force* adalah besarnya gaya yang diberikan pada setiap *step pushover*.



Gambar 9 Step 5 Arah- Y
 Sumber: SAP2000 V.22

Pada Gambar *Step* 5 Arah-Y diatas, pola keruntuhan terbentuk sendi plastis berwarna merah jambu pada kolom lantai 2, lantai 3 dan lantai 4. Juga terbentuknya sendi plastis berwarna biru muda dan kuning di balok lantai dasar, ketika struktur di beri gaya dorong pada arah-y sebesar 241.355,9 kg.

Tabel 3 Gaya geser dasar setiap step pushover arah-y

PUSHOVER ARAH Y		
Step	Displacement (mm)	Base Force (ton)
0	-2,6195	0
1	6,2309	27,1186
2	83,3895	158,6441
3	147,6631	241,3559
4	200,6594	306,4407
5	250,9192	362,0339

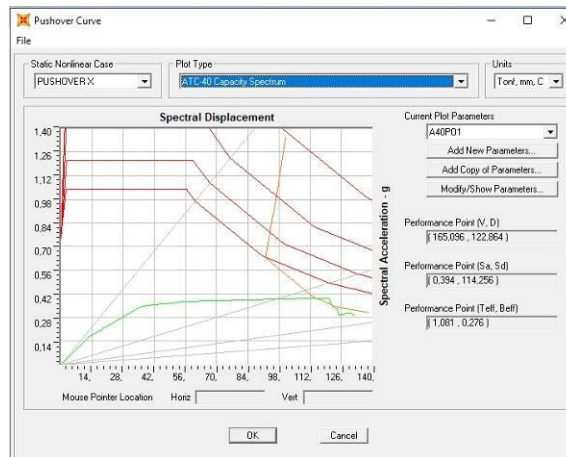
keruntuhan

Level kinerja struktur dapat berpedoman pada ATC-40. Level kinerja struktur sendiri dapat ditentukan berdasarkan nilai rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* dengan elevasi bangunan sesuai dengan ATC-40. Level kinerja struktur dapat ditentukan melalui tabel berikut ini:

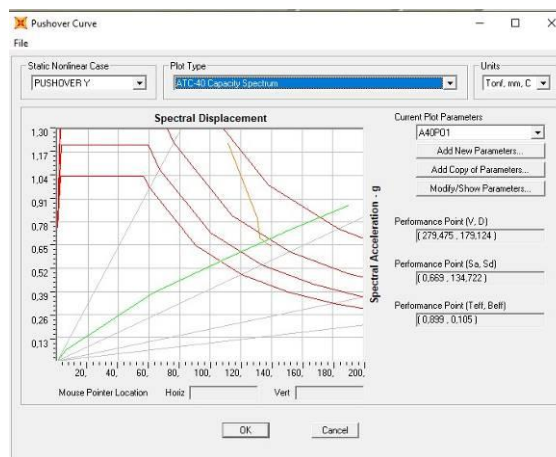
Tabel 4 Batas simpangan pada tingkat kinerja struktur

Tingkat Kinerja Struktur				
Batas Simpangan Antar Lantai	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V/P_1
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	No Limit	No Limit

Sumber: ATC-40 1996



Gambar 10 Spektrum kapasitas arah x-x
 Sumber: SAP2000



Gambar 11 Spektrum kapasitas arah y-y
 Sumber: SAP2000

Untuk melanjutkan tingkat kinerja parameter yang diperlukan adalah nilai perpindahan atap saat *performance point* serta nilai perpindahan atap saat *first yield* (beban dorong ke-2), dimana elevasi bangunan Gedung Wisma Mulya Syariah adalah 14,14 meter.

Simpangan total maksimum:

$$\text{Arah x-x} = \frac{H_{total}}{DT} = \frac{14,14}{122,864} = 0,008 \text{ mm} = \textit{Immediate Occupancy (IO)}$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{H_{total}}{DT} = \frac{14,14}{179,124} = 0,001 \text{ mm} = \textit{Immediate Occupancy (IO)}$$

Simpangan *inelastic* maksimum:

$$\text{Arah x-x} = \frac{H_{total}}{Dt-D3} = \frac{14,14}{122,864-42,37} = 0,002 \text{ mm} = \textit{Immediate Occupancy (IO)}$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{H_{total}}{Dt-D3} = \frac{14,14}{179,124-59,96} = 0,004 \text{ mm} = \textit{Immediate Occupancy (IO)}$$

Maka sesuai dengan perhitungan diatas yang mengacu pada ATC-40 simpangan total maksimum dan simpangan *inelastic* maksimum dinyatakan termasuk kedalam kategori *Immediate Occupancy (IO)* tidak melebihi hasil > 0,01 mm yang artinya bangunan masih mampu menahan beban gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa sangat sedikit.

D. Penutup

Simpulan

1. Pada *Step 7* Arah-X, pola keruntuhan gedung setelah di lakukannya analisa dengan metode pushover dengan penambahan beban 165.966,1 kg, struktur sudah diambang keruntuhan

- ditandai dengan terbentuknya sendi plastis berwarna kuning, dengan penambahan sedikit beban dorong saja gedung akan mengalami keruntuhan.
2. Pada *Step 5* Arah-Y, pola keruntuhan gedung setelah di lakukannya analisa dengan metode pushover telah terbentuk sendi plastis berwarna merah jambu pada kolom lantai 2, lantai 3 dan lantai 4. Juga terbentuknya sendi plastis berwarna biru muda dan kuning di balok lantai dasar, ketika struktur di beri gaya dorong pada arah-y sebesar 241.355,9 kg.
 3. Menurut peraturan SNI 1926:2019 tentang tata cara perencanaan tahan gempa untuk gedung dan *non* gedung. Gedung Wisma Mulya Syariah Kota Bukittinggi termasuk Kategori/Resiko II (Gedung Apartemen / Rumah Susun).
 4. Maka sesuai dengan perhitungan yang mengacu pada ATC-40 simpangan total maksimum arah x-x yaitu 0,008 mm, arah y-y yaitu 0,001 mm dan simpangan *inelastic* maksimum arah x-x yaitu 0,002 mm, arah y-y yaitu 0,004 mm dinyatakan ternasuk kedalam kategori *Immediate Occupancy* (IO) tidak melebihi hasil $> 0,01$ yang artinya bangunan masih mampu menahan beban gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa sangat sedikit.

Saran

Dari analisis struktur Gedung Wisma Mulya Syariah Kota Bukittinggi, maka peneliti ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis gedung yang bertingkat sebaiknya sesuai dengan parameter perencanaan bangunan.
2. Sebaiknya saat *survey* ke lapangan menggunakan *hammer test* untuk melihat keakuratan nilai kuat tekan beton yang terpasang.
3. Diharapkan menjadi sumber informasi bagi pemilik Gedung Wisma Mulya Syariah Kota Bukittinggi.

Daftar Pustaka

- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000 (Vol. 3). Jurnal Teknik Sipil.
- Google Maps. (2019). Google Maps, diakses pada 18 November 2023 <https://www.google.com/maps>.
- <https://www.facebook.com/puprbinakonstruksi>. (2016, September 30). Konstruksi Ramping, Solusi Peningkatan Efisiensi Dan Efektifitas Penyelenggaraan Konstruksi - Direktorat Jenderal Bina Konstruksi. diakses pada 16 November 2023.
- IT BNPB. (2023)., from BNPB, diakses pada 16 November 2023 <https://www.bnpb.go.id/potensi-ancaman-bencana>
- K. (2009, October). Gempa yang terjadi di Sumatra Barat pada tanggal 30 September 2009. diakses pada 18 November 2023.
- M.T, M. (2019). Analisis Perilaku Struktur Atas Gedung Asrama Dusliklat IPDN Baso, Bangunan Wing 1 Dengan Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012 (Vol. 2 No.1). Rang Teknik Journal.
- Manalip, H., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (2014). Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium (Vol. 2). Jurnal Sipil Statik.
- Mitigasi, dan. (2023). Laporan Tanggapan Gempa Bumi Pusat gempa berada di darat 9 km Barat Laut Bukittinggi, diakses pada 16 November 2023, from Esdm.go.id.
- Nabila, F. (2021). Kajian Implementasi Prinsip-Prinsip Konstruksi Ramping Menggunakan Building Information Modeling di Industri Konstruksi.
- Nasmirayanti, R., Imani, R., Fitri, M., Melasari, J., Chairi, M., & Arsyad, N. (2022, Maret). Literasi Kesigapan Gempa Sumatera Barat: Sebuah Review. 4, hal. 39-48.
- Newswire, & Miftahul Ulum. (2018, July 17). Gempa Bukittinggi Akibat Aktivitas Sesar Semangka, diakses pada 16 November 2023, from Bisnis.com.
- Saputra, A., & Firmanto, A. (2017, April). Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon. Vol. VI, No. 6, hal. 565-584.
- Sijabat, K., Putera, R. E., & Rahayu, W. K. (2020). Kapabilitas Pemerintah Kota Padang Dalam Mitigasi Bencana. Jurnal Administrasi Publik dan Pembangunan.

Tampubolon, S. P., Elsa Sarasantika, I. P., & Gede Suarjana, I. W. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksidi Palu. hal. 169-186.