

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENAH L SDN 04 GAREGEH KOTA BUKITTINGGI DENGAN METODE ANALISIS NON LINIER

HARRI SUMPENA, ELFANIA BASTIAN, ASIYA NURHASANAH HABIRUN

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Email: sumpenaharri17@gmail.com, elfania.umsb@gmail.com, asiya2021ce@gmail.com

Abstrak: *Earthquake disaster is a destructive natural phenomenon. One of the concepts and analysis of earthquake resistant buildings is the concept of Performance Based Seismic Evaluation (PBSE) with the method of static push load analysis or pushover analysis. This method is able to provide information on the collapse pattern of existing buildings when subjected to earthquake forces that exceed the building's capacity, when direct collapse occurs, or when the building is able to behave non-linearly before total collapse occurs. The performance of the structure is evaluated by nonlinear analysis using SAP2000 software version 22, and the performance of the building against earthquakes and its collapse pattern can be clearly expressed in the form of a curve using Nonlinear Static Pushover Analysis. Nonlinear Static Pushover Analysis produces a capacity curve that describes the relationship between the base shear force and the displacement of the reference point on the roof. The results of evaluating the structural performance of the SDN 04 Garegeh building in Bukittinggi City with the L plan, can be concluded based on nonlinear analysis or pushover analysis obtained ATC-40 displacement targets in the x-x direction of 0.02 and in the y-y direction of 0.02 shown in Table 5.5.4 ATC-40 (1996) the level of structural performance is a life safety condition, namely in the structure there is significant damage but has not yet collapsed, the major components of the structure will not collapse and the structure is not damaged.*

Keyword : *Earthquake, Pushover Analysis, SAP2000, Curve Capacity, ATC-40*

Abstrak: *Bencana gempa merupakan gejala alam destruktif. Konsep dan analisis bangunan tahan gempa salah satunya konsep performance based seismic evaluation (PBSE) dengan metode analisis beban dorong static atau analysis pushover. Metode ini mampu memberikan informasi pola keruntuhan bangunan eksis. Ketika terbebani gaya gempa yang melebihi kapasitas bangunan, apabila terjadi keruntuhan langsung atau bangunan mampu berperilaku non linier sebelum terjadi keruntuhan total. Karena pada dasarnya prinsip bangunan tahan gempa adalah boleh terjadi kerusakan pada bangunan tersebut, tetapi tidak pada elemen struktur. Kinerja struktur dievaluasi melalui analisis non linier menggunakan software SAP2000 versi 22, kinerja bangunan terhadap gempa dan pola keruntuhannya dapat dinyatakan secara jelas dalam bentuk kurva menggunakan Nonlinier Static Pushover Analysis. Nonlinier Static Pushover Analysis menghasilkan kurva kapasitas yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar terhadap perpindahan titik acuan pada atap. Hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi dengan denah L, dapat disimpulkan berdasarkan analisis nonlinier atau pushover analysis diperoleh target perpindahan ATC-40 pada arah x-x sebesar 0,02 dan pada arah y-y 0,02 yang diperlihatkan pada tabel 5.5.4 ATC-40 (1996) tingkat kinerja struktur merupakan kondisi Life Safety yaitu pada struktur timbul kerusakan yang signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, komponen utama struktur tidak runtuh dan bangunan masih dapat dipergunakan Kembali jika sudah dilakukan perbaikan.*

Kata Kunci: *Gempa, Analisis Non linier, SAP2000, Kurva Kapasitas, ATC-40*

A. Pendahuluan

Wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat seismisitas yang tinggi, potensi gempa berada disepanjang pesisir barat laut patahan Mentawai. Hasil penelitian di Kepulauan Mentawai menunjukkan bahwa periode ulang gempa besar adalah sekitar 200 tahun (Hilman, 2005). Dalam kajian hazard kegempaan perlu di identifikasikan secara geologi dan seismologi adanya beberapa zona sumber gempa aktif yang memiliki potensi dan kontribusi seismic signifikan terhadap wilayah Propinsi Sumatera Barat seperti zona subduksi Sumatera dan zona patahan semangko. Zona patahan semangko merupakan jalur patahan yang terbentuk akibat tabrakan lempeng Indo-Australia yang bergerak dengan kecepatan relative 50 sampai 60 mm/tahun, keberadaan patahan ini juga berpotensi menyebabkan sejumlah gempa bumi dangkal yang bersifat merusak. Suatu perencanaan struktur harus

berdasarkan kepada peraturan-peraturan yang berlaku, agar dihasilkan struktur bangunan yang kuat, aman, ekonomis, dan sesuai dengan standar yang ditentukan. Secara garis besar struktur gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur atas yang mencakup kolom, balok, dan pelat lantai, serta struktur bawah yang mencakup dari sloof dan pondasi. Dalam penelitian ini dipakai peraturan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dan SNI 1727:2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

B. Metodologi Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini :

- 1) Persiapan Literatur
 Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan informasi yang berkaitan dengan skripsi yang dikerjakan. Literatur ini yang digunakan sebagai acuan dan panduan dalam pengerjaan skripsi.
- 2) Pemodelan Struktur
 Pemodelan Struktur Gedung SDN 04 Garegeh dengan menggunakan *software* SAP2000 v.22. Data yang digunakan berdasarkan data dari perencanaan.
- 3) Analisis Pembebanan
 Pembebanan yang dilakukan yaitu beban mati, beban hidup, beban gempa. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan fungsi gedung, daerah gempa, serta kondisi tanah.
- 4) Hasil dan Pembahasan
 Setelah dilakukan pembebanan dan pemodelan struktur, maka dilakukan perhitungan analisis dengan *software* untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur gedung. Setelah itu dilakukan analisis nonlinier untuk bisa mengetahui kinerja dari struktur tersebut.
- 5) Kesimpulan
 Berupa hasil yang didapatkan dari analisis yang sudah dilakukan.

C. Analisa Dan Pembahasan

Analisis statik non linier atau *pushover analysis* pada struktur gedung beton bertulang dengan menggunakan *software* SAP2000, analisis statik nonlinier berguna untuk mengevaluasi struktur gedung guna mengetahui atau mengecek performa atau level kinerja struktur yang telah didesain sebelumnya. Dalam menentukan level kinerja struktur dengan metode analisis statik nonlinier yaitu mencari perpotongan antara kurva kapasitas spectra (*Capacity Spectrum Method*) dan kurva respon spektrum untuk mengestimasi perpotongan maksimum.

1. Menambah Tulangan Terpasang pada Elemen Struktur

Semua tulangan terpasang untuk elemen balok maupun kolom yang sudah di desain diinput kedalam SAP2000,

GAMBAR PENAMPANG	B1		B2		B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. ATAS	5D19	3D19	6D19	4D19	3D19	3D19
TUL. BAWAH	3D19	6D19	4D19	6D19	2D13	2D13
TUL. PINGGANG	2D13	2D13	2D16	2D16	3D19	3D19
SENGKANG	d10-100	d10-200	d10-100	d10-200	d10-100	d10-150
J. PEMABANGAN	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	35 mm	35 mm

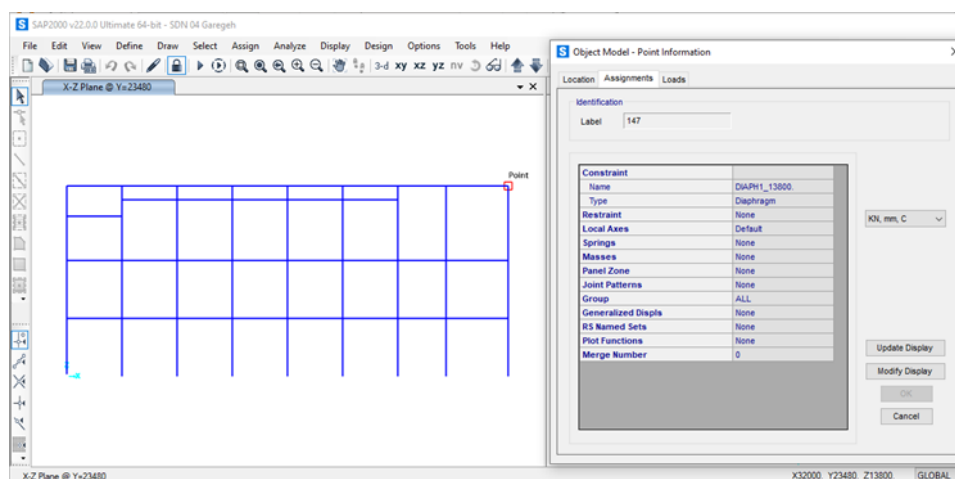
GAMBAR PENAMPANG	B5		RB (Reng Balok)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. ATAS	3D16	2D16	2d12	2d12
TUL. BAWAH	2D16	3D16	2d12	2d12
TUL. PINGGANG	—	—	2d12	2d12
SENGKANG	d10-100	d10-200	d8-160	d8-160
J. PEMASANGAN	1/4L	1/2L	1/4L	1/2L
SELIMUT BETON	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm

Gambar 1 Detail Penulangan Balok

Sumber : Dokumen Perencanaan

2. Membuat *Nonlinier Case*

Sebelum mendefinisikan *nonlinier case* diperlukan menentukan titik yang akan ditinjau atau titik yang akan digunakan sebagai dasar program dalam menghitung deformasi. Pada penelitian ini titik yang ditinjau ditetapkan pada lantai tiga (label147) atau pada atap,



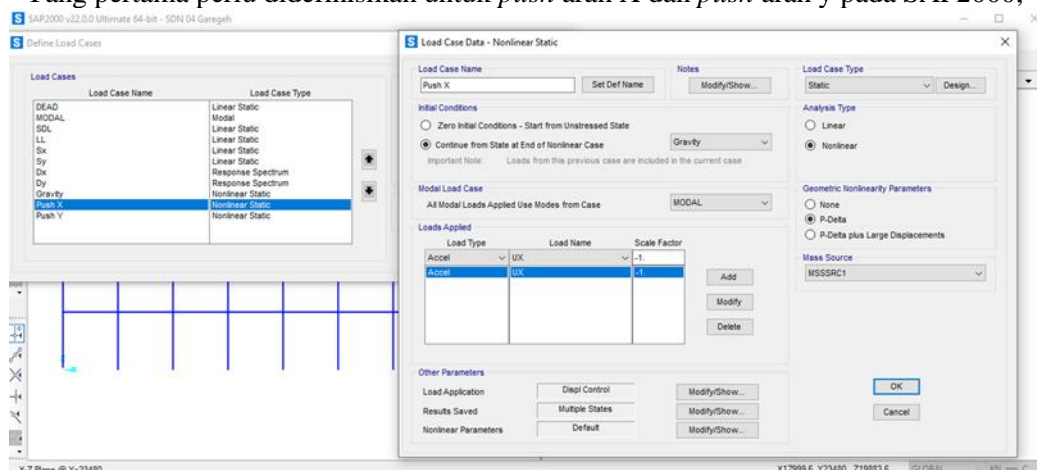
Gambar 2 Menentukan titik yang ditinjau (label 147)

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

Dalam penelitian ini beban yang digunakan dalam *pushover analysis* yaitu 100% beban mati termasuk beban mati tambahan dan beban hidup tidak diperhitungkan karena tidak terdapat lantai yang dipergunakan untuk penyimpanan berdasarkan SNI gempa tahun 2019 pasal 8.8.1.

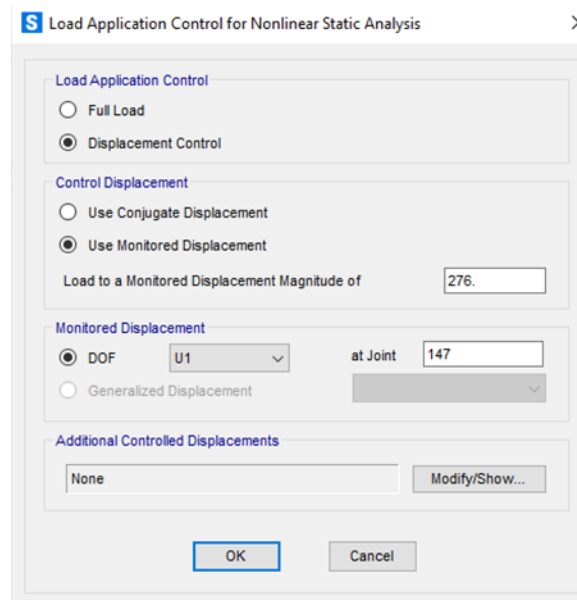
3. Menentukan *Nonlinier Pushover Case*

Yang pertama perlu didefinisikan untuk *push* arah X dan *push* arah y pada SAP2000,



Gambar 3 *Static nonlinier push x*

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

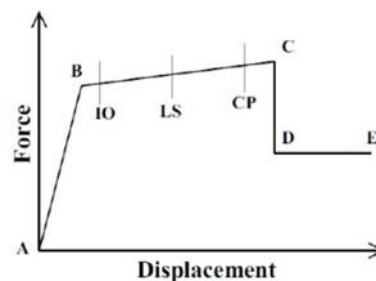


Gambar 4 Load application control for static nonlinier push x (mm)

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

4. Menampilkan Kurva Kapasitas *Pushover*

Tingkat kondisi plastifikasi pada sendi plastis elemen struktur dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 5 Tingkat plastifikasi sendi plastis elemen

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

- A : Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis
- B : Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali
- IO : Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen *Immediately Occupancy*
- LS : Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis)
- CP : Elemen pada level kinerja *Collapse Prevention* (kondisi hampir runtuh)
- C : Merupakan kapasitas ultimit dari elemen
- D : Kekuatan sisa dari elemen
- E : Merupakan batas elemen sudah mengalami keruntuhan

Setelah dilakukan *running pushover analysis* dengan *software* SAP2000 *versi* 22 untuk arah $x-x$ didapatkan 13 step pada beban dorong yang diberikan, dan pada arah $y-y$ didapatkan 10 step pola beban dorong yang diberikan kepada struktur sehingga struktur mengalami keruntuhan.

Tabel 0-1 *Display table pushover curve x-x*

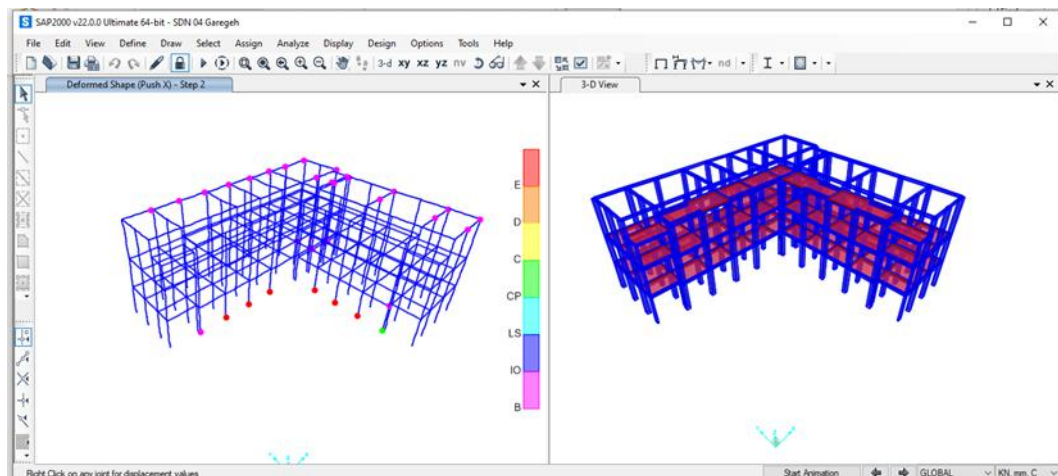
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	KN	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Push X	0	0.084636	0	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push X	1	25.241.036	3050602.36	961	1	0	0	0	0	0	0	962
Push X	2	53.523.512	6350536.39	928	27	0	0	1	0	0	6	962
Push X	3	82.189.709	8946328.19	793	125	0	0	1	0	0	43	962
Push X	4	112.482.711	10630543.5	694	178	33	0	1	0	0	56	962
Push X	5	143.235.389	11867864.2	647	119	129	1	0	1	0	65	962
Push X	6	17.242.086	12882905.6	618	49	215	0	0	2	0	78	962
Push X	7	226.499.006	14531198.2	602	16	258	0	0	2	0	84	962
Push X	8	254.099.006	15358514.6	594	6	266	1	0	3	0	92	962
Push X	9	276.084.636	16009441.7	581	4	232	1	0	39	0	105	962

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

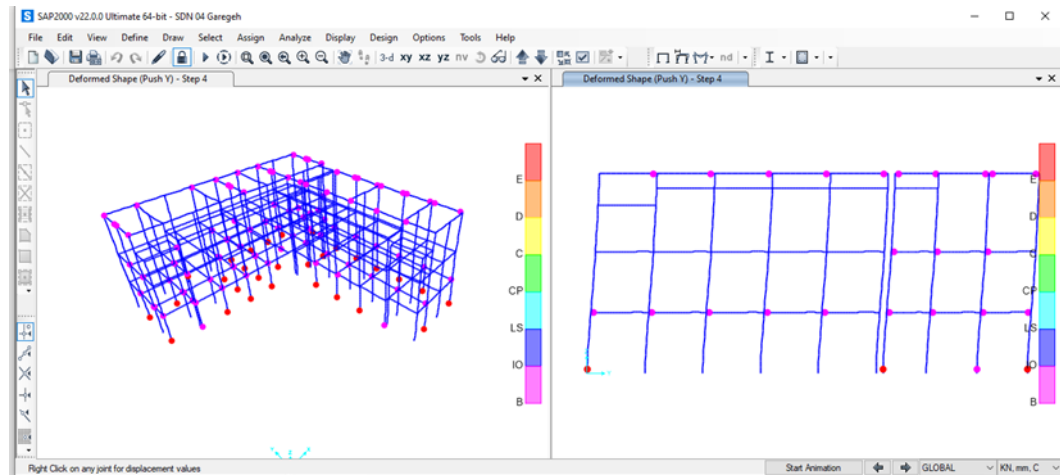
Tabel 0-1 *Display table pushover curve y-y*

LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
Text	Unitless	mm	N	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Push Y	0	0.186442	0	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	1	27.786442	2704114.39	962	0	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	2	30.155931	2936265.23	961	1	0	0	0	0	0	0	962
Push Y	3	58.168633	5639483.19	935	21	0	0	0	0	0	6	962
Push Y	4	87.482048	8055616.37	835	98	0	0	0	0	0	29	962
Push Y	5	116.824482	9722219.7	723	159	23	0	0	0	0	57	962
Push Y	6	147.906262	10903387.5	674	129	94	1	0	1	0	63	962
Push Y	7	176.350056	11812429.7	656	53	178	0	0	2	0	73	962
Push Y	8	206.636732	12659691.5	632	34	216	0	0	2	0	78	962
Push Y	9	244.76079	13658704	622	20	234	0	0	2	0	84	962
Push Y	10	275.159871	14450532.9	614	8	240	1	0	8	0	91	962
Push Y	11	276.186442	14476902.9	614	8	240	1	0	8	0	91	962

Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)



Gambar 6 Step 2 sendi plastis arah x
 Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)



Gambar 7 Step 4 sendi plastis arah y
 Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

5. Level Kinerja Struktur

Level kinerja struktur pada ATC-40 ditentukan pada tabel 5.5.4, level kinerja struktur secara global ditentukan berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* dengan tinggi total bangunan. Berdasarkan tabel 5.5.4, ATC-40 diperoleh Batasan tingkat kinerja struktur sebagai berikut :

Tabel 0-2 Batas simpangan pada tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996 11-4)

Tingkat Kinerja Struktur				
Batas Simpangan Antar Lantai	<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	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Sumber : ATC-40 (1996)

Untuk memperoleh rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* berdasarkan SNI 1726-2019 respon gempa untuk wilayah Bukittinggi dengan tanah sedang diketahui :

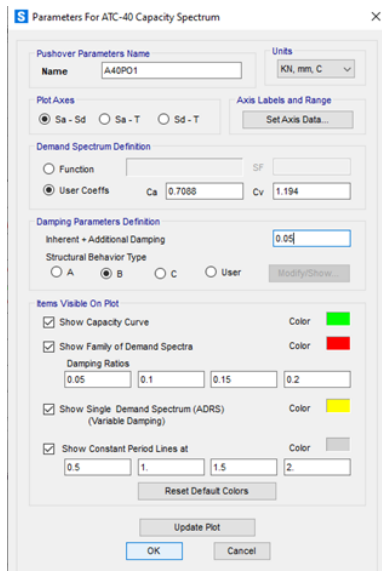
Parameter respon percepatan pada periode 0,2 dt, $S_{MS} = 1,772$ g

Parameter respon percepatan pada periode 1,0 dt, $S_{MI} = 1,194$ g

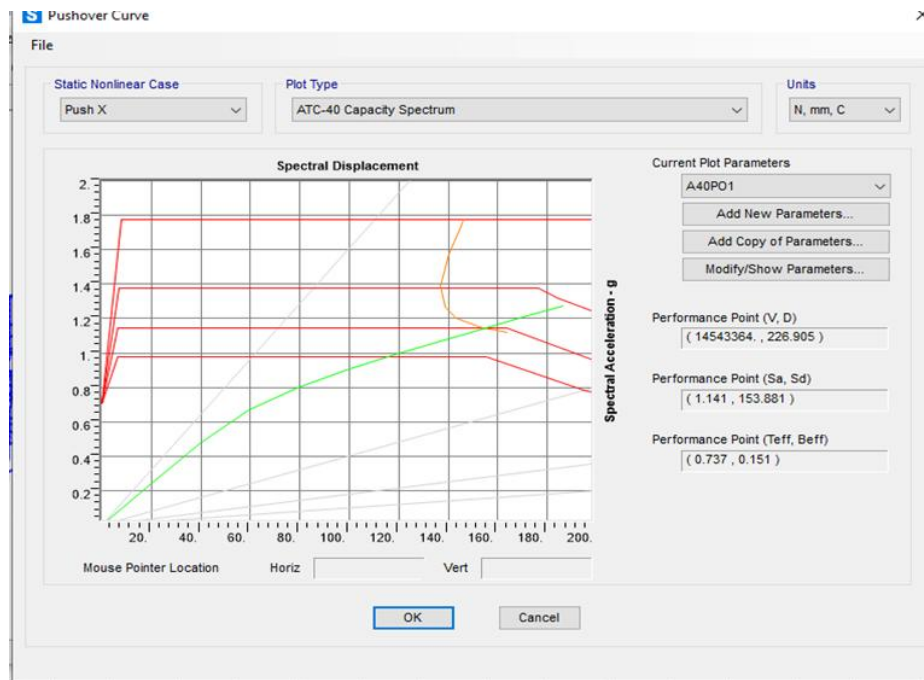
Berdasarkan ATC-40 pasal 4.4.3.1 dapat dihitung parameter nilai C_A dan C_V sebagai berikut :

$$C_A = 0,4 \quad S_{MS} = 0,4 \times 1,772 = 0,7088 \text{ g}$$

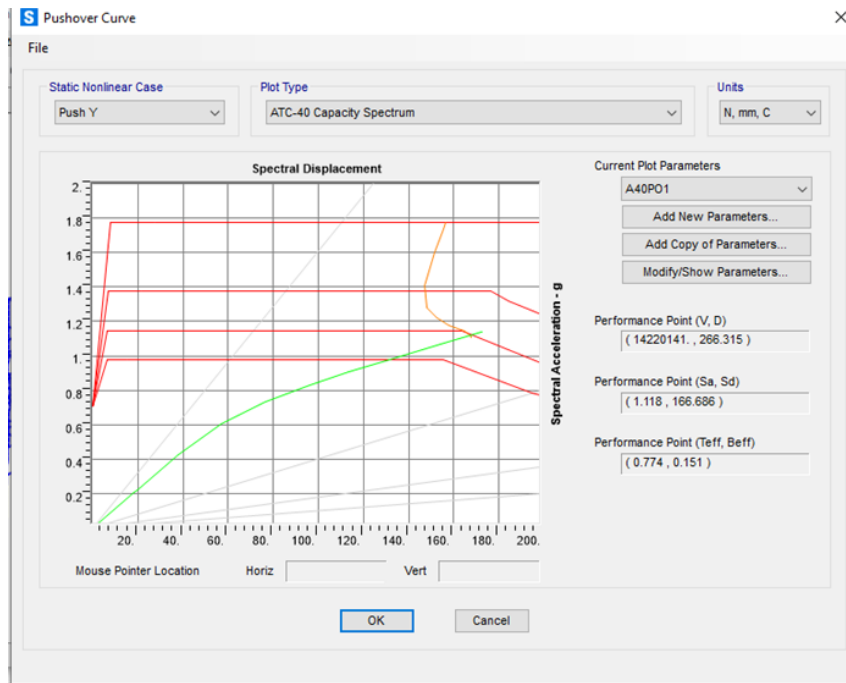
$$C_V = S_{MI} = 1,194 \text{ g}$$



Gambar 8 *Input* parameter kapasitas spektra ATC-40
Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)



Gambar 9 Spektrum kapasitas arah x-x
Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)



Gambar 10 Spektrum kapasitas arah y-y
 Sumber : Dokumen Pribadi (SAP2000)

Untuk menentukan tingkat kinerja parameter yang diperlukan nilai perpindahan atap saat *performance point* dan nilai perpindahan atap saat *first yield* (beban dorongan) dimana tinggi total bangunan = 13,80 m.

A. Simpangan Total Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{226,905}{13800} = 0,02$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{266,315}{13800} = 0,02$$

B. Simpangan Inelastis Maksimum

$$\text{Arah } x - x = \frac{D_t - D_1}{H_{total}} = \frac{226,905 - 25,241}{13800} = 0,015$$

$$\text{Arah } y - y = \frac{D_t - D_2}{H_{total}} = \frac{266,315 - 30,156}{13800} = 0,017$$

Maka sesuai ATC-40 struktur termasuk dalam level kategori *Life Safety* (LS) yang mana walaupun struktur bangunan mengalami masalah atau tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena bangunan tidak sampai runtuh.

D. Penutup
Simpulan

Hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi dengan denah L, dapat disimpulkan berdasarkan analisis nonlinier atau *pushover analysis* diperoleh target perpindahan ATC-40 pada arah x-x sebesar 0,02 m dan pada arah y-y 0,02 m yang diperlihatkan pada tabel 5.5.4 ATC-40 (1996) tingkat kinerja struktur merupakan kondisi *Life Safety* yaitu pada struktur timbul kerusakan yang signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, komponen utama struktur tidak runtuh dan bangunan masih dapat dipergunakan Kembali jika sudah dilakukan perbaikan.

Saran

Dalam pengerjaan Skripsi Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Denah L, SDN 04 Garegeh Kota Bukittinggi dengan Metode Analisa Nonlinier Menggunakan *Software SAP2000 versi 22*, masih jauh dari kata sempurna dan pentingnya referensi-referensi dari banyak sumber data sebagai pedoman dalam pengerjaannya.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.” 2019.
- Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.” 2020.
- Cornelis, R. Bunganaen, W and B. H. U. Tay, “Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat , Gaya Geser Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012,” Tek. Sipil, vol. III, no. 2, pp. 205– 216, 2014.
- Junita, B “Respon Struktur Bangunan Tinggi dengan Variasi Penempatan Outrigger Terhadap Beban Lateral (Studi Kasus: Bangunan Tower A ST. Moritz Panakukang),” Universitas Negeri Jakarta, 2018
- Gunawan, A. P. (2022). *Analisa Penggunaan Alat Berat Pada Pembangunan Jembatan Sikabu Kabupaten Padang Pariaman* . Muhammadiyah Sumatera Barat University, Padang.
- Natawidjaya, D.H. (2005). Patahan Mentawai Sumber Gempa Baru. *Nasional Tempo*.
- Purba. (2014). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidak Beraturan. *Tabloid Metropolitan*.
- Pawirodikromo, W. (2012). Filosofi Desain Bangunan Tahan Gempa Dapat di Kelompokkan Berdasarkan Kekuatan Gempa. *Scholar.google.co.id*.
- Pujianto, R.N. (2019). “Analisis Gempa Non-Linier Statik Pushover Dengan Metode ATC-40 Untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung,” in Prosiding Seminar Nasional : Keandalan Infrastruktur Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Bagi Kemajuan Bangsa, pp. 129–142.
- Purnamasari, D “Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang dengan Variasi Konfigurasi Dinding Geser Menggunakan Pushover Analysis,” Universitas Sriwijaya, 2019.
- Samsya, I. (2017). “Evaluasi Aplikasi Penggunaan Base Isolation pada Gedung Grand Keisha Menggunakan Analisa Pushover,” Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Tavio and Wijaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*, 2nd ed. Andi.