

Evaluasi Struktur Gedung Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Kabupaten Kuantan Singingi dengan Metode Analisis Pushover

Rama Dandi¹, Nanda², Mayozzi Chairi³ Rafki Imani^{4✉},

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang

rafimani17@yahoo.co.id

Abstract

The earthquake caused damage to buildings and loss of life. The city of Ternate has recorded an earthquake that recently occurred, namely on November 15, 2014 with a magnitude of 7.3 on the Richter scale (SR), on January 25, 2015 with a magnitude of 5.4 on the Richter Scale, on June 8, 2016 with a magnitude of 6.6 on the RichterScale and many more. earthquakes that have occurred. The purpose of this study was to determine the pushover analysis procedure to evaluate the performance of the building structure and to determine the pattern of the collapse of the building structure after being analyzed by pushover. This study uses the Static Pushover Analysis method with reference to the displacement coefficient method (FEMA 356, 2000). The lateral load used is the result of an equivalent static analysis which is carried out monotonically in one direction. Research shows that there are several conclusions. First, the maximum pushover displacement (δ_{max}) in the X direction is $S_a = 0.018$ and $S_d = 0.402$ while for the value of Push Y is $S_a = 0.014$ and $S_d = 0.403$ while the results of the Push X analysis value of δ_{max} total drift is 0.00097 and the value of δ_{max} is inelastic drift 0.018890, while Push Y, the value of δ_{max} total drift is 0.000871 and the maximum value of inelastic drift is 0.016990. Based on the ATC-40 the results of these calculations are included in the Immediate Occupancy (IO) class, which means that if an earthquake occurs, only slight structural damage will occur. The characteristics and capacity of the vertical and lateral force resisting system on the structure are still the same as the conditions where the earthquake had not occurred, so that the building is safe and can be used immediately.

Keywords: building structure, pushover analysis, plastic Joint, displacement, ATC-40

Abstrak

Gempa bumi menyebabkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Kota Ternate tercatat telah terjadi gempa bumi yang belum lama terjadi, yaitu pada 15 November 2014 berkekuatan 7,3 skala richter (SR), pada 25 Januari 2015 berkekuatan 5,4 SR, pada 8 Juni 2016 berkekuatan 6,6 SR dan masih banyak lagi gempa-gempa yang telah terjadi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui prosedur analisis *pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung dan untuk mengetahui pola keruntuhan struktur gedung setelah dianalisis dengan *pushover*. Penelitian ini menggunakan metode *Static Pushover Analysis* dengan mengacu pada metode koefisien perpindahan (ATC-40). Beban lateral yang digunakan merupakan hasil dari analisis statik ekuivalen yang dikerjakan bertahap secara monotonik dalam 1 arah. Penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa kesimpulan. Pertama, perpindahan hasil *pushover* maksimum (δ_{max}) arah X adalah $S_a=0,018$ dan $S_d=0,402$ sedangkan untuk nilai dari Push Y adalah $S_a=0,014$ dan $S_d=0,403$ sedangkan hasil analisis Push X nilai δ_{max} total drift 0,00097 dan nilai δ_{max} inelastic drift 0,018890, sedangkan Push Y, nilai δ_{max} total drift 0,000871 dan nilai maksimum inelastic drift 0,016990. Berdasarkan ATC-40 hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas system penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

Kata kunci: struktur gedung, pushover analysis, sendi plastis, perpindahan, ATC-40

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Dalam proses perencanaan struktur bangunan di Indonesia sangat penting bagi perencana untuk meninjau zona yang ada di Indonesia, hal ini dikarenakan Negara Indonesia menempati pertemuan tiga lempeng besar zona tektonik utama, diantaranya lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia yang

menyebabkan Indonesia menjadi sangat rawan terhadap gempa bumi [1].

Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Kabupaten Kuantan Singingi adalah salah satu tempat aktifitas umum yang sering digunakan oleh pengunjung dan terdiri dari 4 lantai dan berbagai macam ruangan dan beberapa lantai.

Maka dari itu perlu dilakukan pengecekan kinerja struktur gedung tersebut, seperti yang kita ketahui

sumatera merupakan jalur gempa terbanyak di Indonesia, seperti yang terjadi baru-baru ini maka dari itu untuk mengurangi korban jiwa serta materi perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja gedung bangunan perpustakaan dan kearsipan tersebut.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Analisis Pushover

Analisis Pushover adalah suatu cara analisis statik non-linier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan elastis [2].

2.2 Konstruksi Bangunan Tahan Gempa

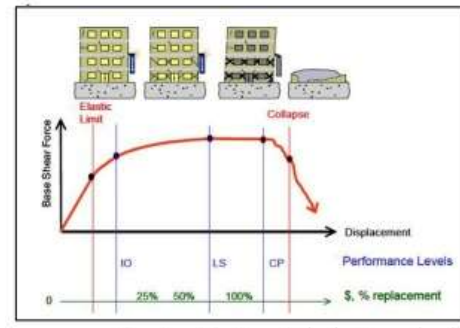
Menurut [1] mengemukakan bahwa membangun bangunan yang dapat menahan bangunan tahan gempa adalah tidak ekonomis. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun bangunan tahan gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari hal tersebut filosofi bangunan tahan gempa terbagi menjadi 3 macam, antara lain:

1. Pada saat terjadi gempa ringan/biasa, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (serviceable), sehingga struktur tetap kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa medium/edang, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen non-struktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural utama.
3. Pada saat terjadi gempa besar/tinggi, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan non-struktural, akan tetapi tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat menimbulkan jumlah korban jiwa

2.3 Batas Kinerja

Berdasarkan filosofi desain yang ada, tingkat kinerja struktur bangunan akibat gempa rencana adalah Life Safety, yaitu walaupun struktur bangunan mengalami tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena struktur bangunan tidak sampai runtuh. Pada Gambar 2.2, respon linier dimulai dari titik A (unloaded component) dan kelelahan mulai terjadi pada titik B. Respon dari titik B ke titik C merupakan respon elastis plastis. Titik C merupakan titik yang menunjukkan puncak kekuatan komponen, dan nilai absisnya yang merupakan deformasi menunjukkan dimulainya degradasi kekuatan struktur (garis C-D). Pada titik D, respon komponen struktur secara substansial menghadapi pengurangan

kekuatan menuju titik E. Untuk deformasi yang lebih besar dari titik E, kekuatan komponen struktur menjadi nol (FEMA 451, 2006).



Gambar 2.1 Kurva kriteria keruntuhan [2]

Antara titik B dan C terdapat titik-titik yang merupakan level kinerja dari struktur bangunan. Level kinerja bangunan [2] dibedakan menjadi lima level sebagai berikut:

1. Immediate Occupancy (IO) Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan struktur sangat terbatas. Sistem penahan beban vertikal dan lateral bangunan hampir sama dengan kondisi sebelum terjadinya gempa, dan resiko korban jiwa akibat keruntuhan struktur dapat diabaikan.
2. Damage Control Kondisi ini bukanlah merupakan level kinerja dari struktur, melainkan kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang terjadi berada dalam range antara IO dan LS.
3. Life Safety (LS) Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang penting terhadap struktur terjadi. Komponen utama struktur tidak terdislokasi dan runtuh, sehingga risiko korban jiwa terhadap kerusakan struktur sangat rendah.
4. Limited Safety Kondisi ini bukanlah level kinerja dari struktur, melainkan kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang terjadi berada dalam range antara LS dan CP.
5. Structural Stability/Collapse Prevention (CP) Pada tingkatan ini, kondisi struktur setelah terjadinya gempa sangat parah, sehingga bangunan dapat mengalami keruntuhan struktur baik sebagian maupun total. Meskipun struktur masih bersifat stabil, kemungkinan terjadinya korban jiwa akibat kerusakan struktur besar. Dalam dokumen FEMA 273, kondisi structural stability dikenal dengan istilah Collapse Prevention (CP).

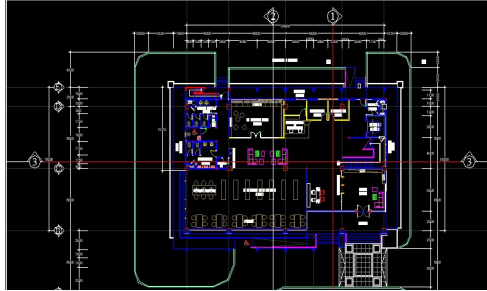
3. Hasil dan Pembahasan

A. Data Struktur Gedung

Data gedung meliputi tipikal gedung tiap lantai, data koordinat gedung, data elemen gedung, dan data material yang digunakan pada gedung.

1. Denah Struktur Gedung

Denah gedung ini merupakan tipikal dari denah tiap lantai dan hanya ditampilkan berupa tipikal saja, artinya hanya menampilkan garis besar saja.



Gambar 4.1 Tipikal gedung tiap lantai

2. Data Koordinat Struktur Gedung

Berikut data koordinat arah X, Y dan arah Z adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Koordinat Arah X

No	Label	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	A	6000	0
2	B	8000	6000
3	C	8000	14000
4	D	6000	22000
5	E	0	28000

(Sumber: Data Gedung)

Tabel 4.2 Koordinat Arah Y

No	Label	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	1	8000	0
2	2	8000	8000
3	3	0	16000

(Sumber: Data Gedung)

Tabel 4.3 Koordinat Arah Z

No	Label	Lantai	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	Z1	Base	2000	0
2	Z2	1	4000	4000
3	Z3	2	4000	8000
4	Z4	3	4000	12000
5	Z5	Atap	0	18000

(Sumber: Data Gedung)

3. Data Elemen Struktur Gedung

Data elemen gedung terdiri dari pelat atap, pelat lantai 1 – lantai 4, balok, kolom, dan dinding geser.

Tabel 4.4 Data Elemen Gedung

No	Elemen	Dimensi (mm)
1	Plat lantai 1 - lantai 4	200
2	Balok	500 x 350
3	Kolom	550 x 550

(Sumber: Data Gedung)

4. Data Material Struktur Gedung

Bangunan gedung perpustakaan dan kearsipan menggunakan bahan beton bertulang yang berarti menggunakan dua bahan yaitu beton dan baja tulangan, sehingga data spesifikasi material gedung ada dua yaitu data spesifikasi beton dan data spesifikasi baja tulangan.

Data material beton

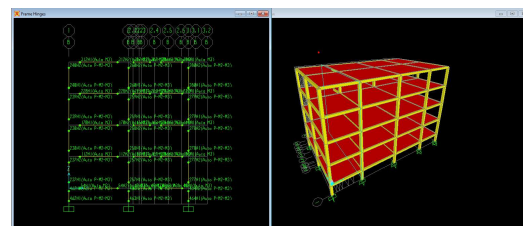
$$\begin{aligned} \text{Berat jenis beton (BJc)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Modulus elastisitas beton (Ec)} &= 4700\sqrt{f'_c} = 23,500 \text{ MPa} \\ \text{Angka poison beton (u)} &= 0,2 \\ \text{Kuat tekan beton (f'_c)} &= 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Data material baja tulangan

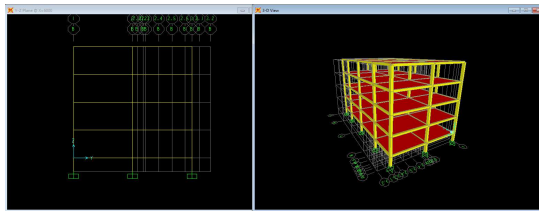
$$\begin{aligned} \text{Berat jenis baja (BJs)} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Modulus elastisitas baja (Es)} &= 200000 \text{ MPa} \\ \text{Angka poison baja (u)} &= 0,3 \\ \text{Tegangan leleh tulangan utama (fy)} &= 420 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan putus tulangan utama (fu)} &= 500 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan leleh tulangan sengkang (fys)} &= 240 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan putus tulangan sengkang (fus)} &= 370 \text{ MPa} \end{aligned}$$

B. Pemodelan Struktur Gedung

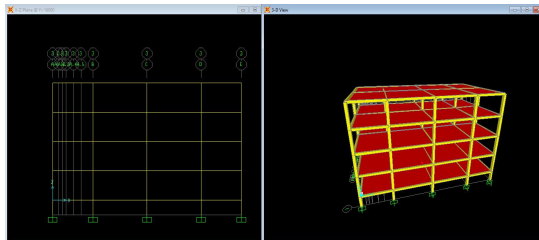
Pemodelan gedung 3D pada program SAP 2000 dibuat setelah data-data gedung telah lengkap, karena pemodelan gedung yang dibuat berdasarkan data-data tersebut.



Gambar 4.2 Gedung Arah XY dan 3D
(Sumber: Program SAP 2000)



Gambar 4.3 Arah YZ
(Sumber: Program SAP 2000)



Gambar 4.4 Arah XZ
(Sumber: Program SAP 2000)

C. Analisis Pembebanan Struktur Gedung

Analisis pembebanan bertujuan agar diinput pada struktur yang telah dibuat pemodelan 3D pada program SAP 2000 yang sesuai dengan data-gedung, yang meliputi analisa beban gravitasi dan analisa beban gempa.

1. Analisis beban gravitasi

Analisis beban gravitasi terdiri dari beban mati tambahan dan berat sendiri struktur. Untuk beban mati tambahan dihitung secara manual dan selanjutnya diinput pada program SAP2000, sedangkan untuk berat sendiri struktur sudah ada secara otomatis oleh program.

Tabel 4.5 Rekapitulasi beban gravitasi

No	Label	Beban Mati Tambahan (kN/m ²)	Berat Beban Sendiri Struktural	Beban Hidup (kN/m ²)
1	Balok	8,3	Otomatis	-
2	Pelat lantai 1 – 5	2,4	Program	4,7

(Sumber: Data Gedung)

2. Analisis beban gempa

Analisis beban gempa pada penelitian ini menggunakan analisis beban gempa statik ekuivalen (EQ) dan respons spektrum (RSP).

a. Data gempa

Data gempa hanya menampilkan rekapitulasi hasil dari pencarian data, baik dari SNI 1726–2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung maupun dari puskim.

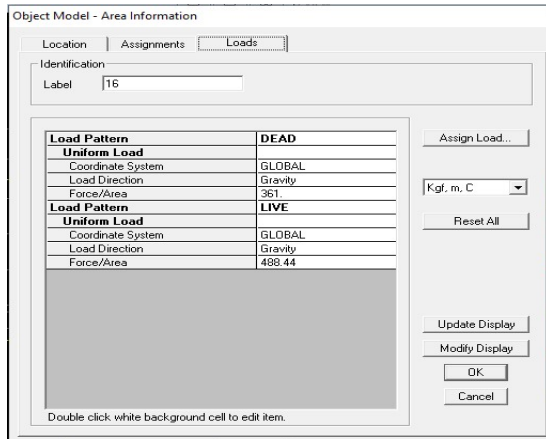
Tabel 4.6 Rekapitulasi data gempa

No	Label	Hasil	Keterangan
1	Fungsi bangunan	Perpustakaan	-
2	Lokasi	Riau, Kab.Kuantan Singingi	-
3	Kategori resiko bangunan	II	Tabel 2.1
4	Faktor keutamaan (Ie)	1	Tabel 2.2
5	Tanah dasar	Tanah sedang	-
6	Nilai Ca	0,309	SNI / Puskim
7	Nilai Cv	0,513	SNI / Puskim

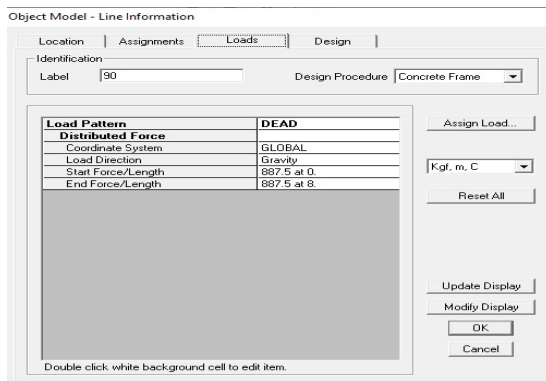
(Sumber: Data Gempa)

b. Analisis Beban Gempa Statik Ekuivalen (EQ)

Analisis beban gempa statik ekuivalen (EQ) pada penelitian ini menggunakan alat bantu program SAP 2000 dengan pola beban seismik UBC 97, sehingga hanya cukup diinput nilai beban gravitasi dan data gempa. Untuk beban gravitasi diinput pada setiap elemen bangunan yang sesuai dengan Tabel 4.6 dan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.8 s/d Gambar 4.10, sedangkan untuk data gempa pada Tabel 4.7, yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 s/d Gambar 4.6 berikut ini.



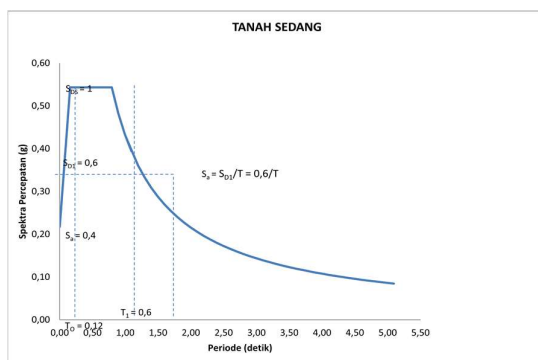
Gambar 4.5 Beban Pada Pelat Lantai 1 s/d lantai 5
(Sumber: Program SAP 2000)



Gambar 4.6 Beban pada balok
(Sumber: Program SAP 2000)

c. Analisis beban gempa respons spektrum

Grafik respons spektrum yang didapatkan dari rekaman gempa diinput pada puskim.co.id.

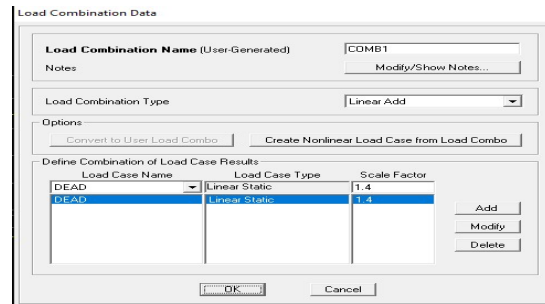


Gambar 4.7 Parameter Respon Spectral
(Sumber puskim.co.id)

3. Analisis Kombinasi Pembebanan

Analisis kombinasi pembebanan diinput ke pemodelan 3D pada program SAP 2000 agar dapat

membebani bangunan secara bersamaan baik beban mati tambahan, berat sendiri struktur, beban hidup, dan beban gempa.



Gambar 4.8 Hasil Input Kombinasi Pembebanan 1
(Sumber Program SAP 2000)

D. Kontrol Struktur Gedung

1. Kontrol partisipasi massa

Berdasarkan hasil modifikasi peningkatan jumlah Mode, telah didapatkan jumlah partisipasi massa minimum lebih dari 90%. Hal ini telah sesuai dengan SNI Gempa 03-1726-2019.

2. Kontrol perioda fundamental struktur

Perioda fundamental pendekatan (T_a)

Perioda fundamental maksimum (T_{maks})

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot H_n^x \\ &= 0,0466 \times 12,2^{0,8} \\ &= 0,3447 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \cdot T_a \\ &= 1,4 \times 0,3447 \\ &= 0,4816 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perioda fundamental program (T_c)

$$T_{cx} = 0,4739 \text{ (Hasil Analisa sap 2000)}$$

$$T_{cy} = 0,4694 \text{ (Hasil Analisa sap 2000)}$$

Kontrol batasan perioda fundamental struktur (T)

$$T_{cx} < T_{max}$$

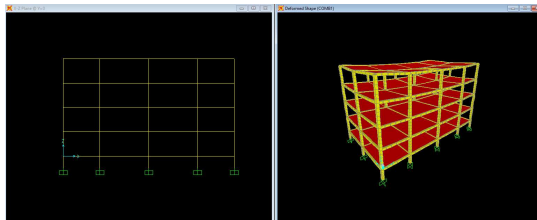
$0,4739 < 0,4816$ Ok, karena batasan perioda fundamental struktur terpenuhi

$$T_{cy} < T_{max}$$

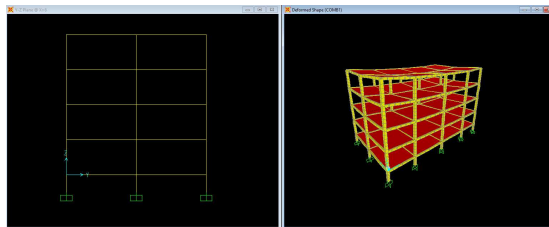
$0,4694 < 0,4816$ Ok, karena batasan perioda fundamental struktur terpenuhi

3. Kontrol Simpangan antar lantai

Simpangan gedung diambil pada bagian yang memiliki simpangan yang lebih besar dari pada bagian-bagian yang lain.



Gambar 4.9 Simpangan Gedung Akibat COMB1
(Sumber Program SAP 2000)

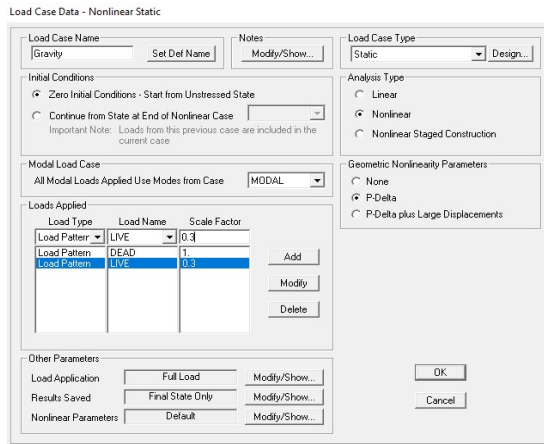


Gambar 4.10 Simpangan Gedung Akibat COMB2
(Sumber Program SAP 2000)

E. Analisis Pushover

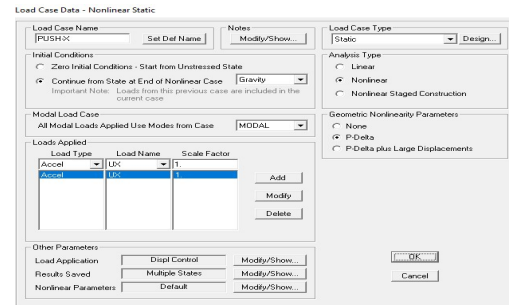
1. Analisis Pembebanan

Analisis pushover dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama yaitu struktur di bebani dengan beban gravitasi untuk lebih jelas hasil input beban gravitasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

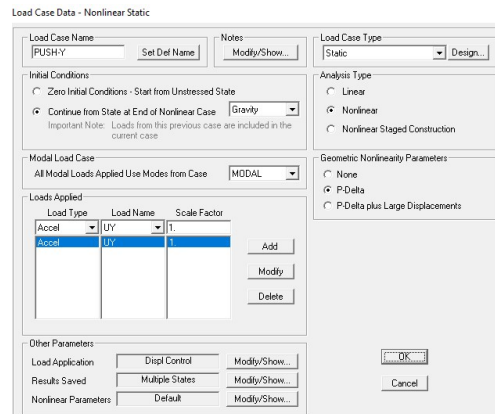


Gambar 4.11 Input Pembebanan Gravitasi
(Sumber Program SAP 2000)

Tahap kedua, analisis selanjutnya dengan memberikan pola beban lateral pada struktur, dengan masing-masing arah yaitu arah X dan arah Y. Untuk lebih jelas hasil input beban lateral dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.12 Input Pembebanan Arah X
(Sumber Program SAP 2000)



Gambar 4.13 Input Pembebanan Arah Y
(Sumber Program SAP 2000)

2. Analisis Target Perpindahan

Metode ini terdapat secara langsung pada program SAP2000, input yang diperlukan hanya parameter untuk metode koefisien *ATC-40*. Hasil output pada metode koefisien *ATC-40* Capacity yang dioutput oleh program SAP2000 yaitu kurva kapasitas dan target perpindahan.

Parameters For ATC-40 Capacity Spectrum

Pushover Parameters Name: [A40PD1] Units: [Kgf, m, C]

Plot Axes: ☒ Sa - Sd ☐ Sa - T ☐ Sd - T Axis Labels and Range: [Set Axis Data...]

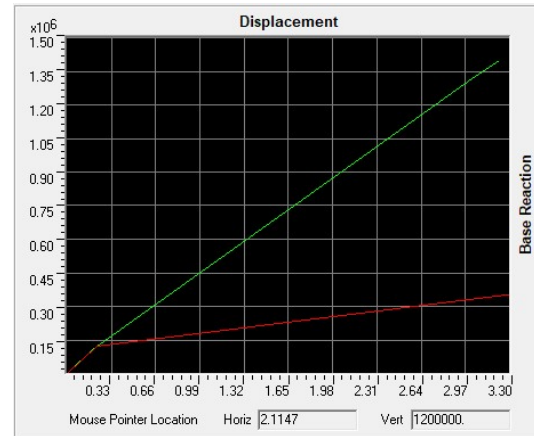
Demand Spectrum Definition: ☐ Function ☒ User Coeffs Ca: [0.4] Cv: [0.4]

Damping Parameters Definition: Inherent + Additional Damping: [0.05] Structural Behavior Type: ☐ A ☐ B ☐ C ☐ User [Modify/Show...]

Items Visible On Plot: ☒ Show Capacity Curve Color: [Green] ☒ Show Family of Demand Spectra Color: [Red] Damping Ratios: [0.05] [0.1] [0.15] [0.2] ☒ Show Single Demand Spectrum (ADRS) (Variable Damping) Color: [Yellow] ☒ Show Constant Period Lines at: [0.5] [1] [1.5] [2] Color: [Grey] [Reset Default Colors]

[Update Plot] [OK] [Cancel]

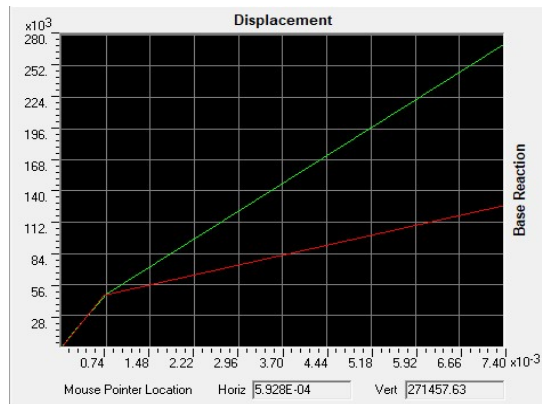
Gambar 4.14 Input Parameter Metode Koefisien ATC-40 (Sumber: Program SAP 2000)



Gambar 4.16 Curve Capacity Push Y (Sumber : Program SAP 2000)

a. Kurva kapasitas

Kurva kapasitas (*Capacity Curve*) merupakan kurva hubungan antara perpindahan lateral lantai teratas/atap (*Displacement*) dengan gaya geser dasar (*Base Shear*) sebagai hasil dari *pushover* yang disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Curve Capacity Push X (Data Program SAP 2000)

Dari kurva kapasitas Push arah X (*Capacity Curve*) diatas menandakan bahwa garis yang berwarna hijau dalam keadaan aman atau tetap dan garis yang berwarna merah tersebut menandakan perpindahan.

Tabel 4.7 Pushover curve demand – ATC-40 - PUSH-X
TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSH-X

Step	Displacement	Base Force
	Mm	Kgf
0	0	0
1	0.000192	1.304
2	0.00075	4.607
3	0.007396	26.117

(Sumber: Program SAP 2000)

Dari kurva kapasitas Push arah Y (*Capacity Curve*) diatas menandakan bahwa garis yang berwarna hijau dalam keadaan aman atau tetap dan garis yang berwarna merah tersebut menandakan perpindahan.

Tabel 4.8 Pushover Curve Demand – ATC-40 - PUSH-Y

TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSH-Y		
Step	Displacement	Base Force
	Mm	Kgf
0	0	0
1	0.000187	1.026
2	0.003018	12.921
3	0.003021	12.921
4	0.003223	13.734

(sumber: Program SAP 2000)

Berdasarkan hasil perhitungan analisis pushover gaya lateral maksimum yang mampu ditahan adalah sebagai berikut:

Push x:

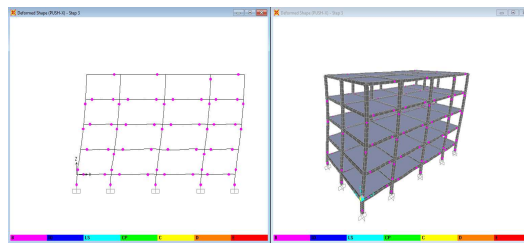
Gaya lateral maksimum = 26.117 kN pada step 3

Displacement = 0,007396 m

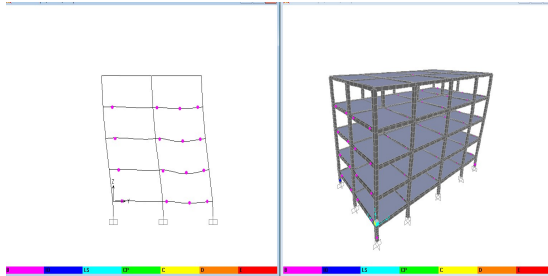
Push y:

Gaya lateral maksimum = 13.734 kN pada step 4

Displacement = 0,003223 m.

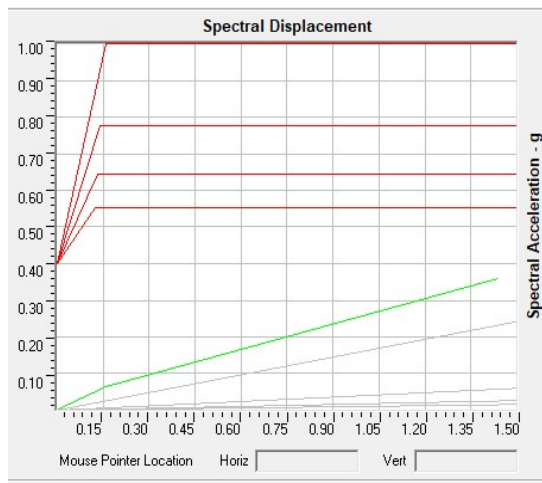


Gambar 4.17 2D dan 3D Sendi Plastik Push X Step 3
(Sumber: Program SAP 2000)



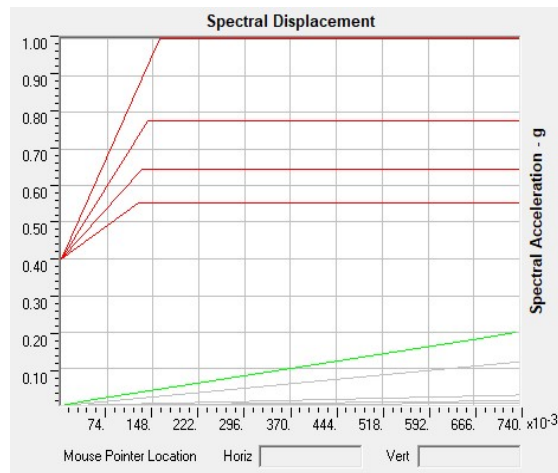
Gambar 4.18 2D dan 3D Sendi Plastik Push Y Step 5
(Sumber: Program SAP 2000)

b. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Metode Pushover Analysis ATC-40



Gambar 4.19 Pushover Curve Plot Type ATC-40 Push X
(Sumber: Program SAP 2000)

Berdasarkan kurva pushover Push X diatas dapat diketahui nilai gaya geser dasar (V) dan perpindahan titik kontrol, dan percepatan spectra (Sa), perpindahan spectra (Sd), waktu getar alami efektif (Teff) dan redaman viscous efektif (Beff).



Gambar 4.20 Pushover Curve Plot Type ATC-40 Push Y
(Sumber: Program SAP 2000)

Berdasarkan kurva pushover Push Y diatas dapat diketahui nilai gaya geser dasar (V) dan perpindahan titik kontrol, dan percepatan spectra (Sa), perpindahan spectra (Sd), waktu getar alami efektif (Teff) dan redaman viscous efektif (Beff). Parameter-parameter tersebut dirangkum dalam tabel 4.12. Data tabel nilai pushover curve demand capacity-ATC 40 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Pushover Curve Demand – ATC-40 - PUSH-X

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PPPhi
0	0.295253	0.005	0	0	21.655	1	1	1
1	0.295253	0.005	0.2791667	0.018563	21.655	1	0.750835	0.477333
2	0.311834	0.062484	1.587	0.065694	22.378	0.926422	0.749377	0.472561
3	0.400577	0.08085	14.39	0.361014	33.632	0.843772	0.773014	0.513977

(Sumber: Program SAP 2000)

Tabel 4.10 Pushover Curve Demand – ATC-40 - PUSH-X

Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Alpha	PPPhi
0.331693	0.05	0	0	27.33	1	1	1
0.331693	0.05	0.403	0.014741	27.33	1	0.744035	0.459261
0.384394	0.058572	6.88	0.187452	34.765	0.947161	0.736457	0.438415
0.384594	0.059003	6.888	0.187481	34.714	0.944809	0.736435	0.438339
0.38525	0.059313	7.345	0.199237	34.771	0.943128	0.736566	0.438535

(Sumber: Program SAP 2000)

Berdasarkan dari tabel diatas dapat diketahui bahwa batasan ratio drift atap yang dievaluasi pada Performance Point adalah maximum total drift dan maximum inelastic drift. Perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Nilai ratio drift } x \\ D_t &= 0,019 \text{ m} \\ H_{tot} &= 19,5 \text{ m} \\ \text{Max. total drift} &= \frac{D_t}{H_{tot}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,019}{19,5} \\
 &= 0,00097 \\
 \text{Max. inelastic drift} &= \frac{\frac{D_t - D_1}{H_{tnt}}}{\frac{0,019 - 0,000192}{19,5}} \\
 &= 0,018990 \\
 \text{Nilai ratio drift y} & \\
 D_t &= 0,017 \text{ m} \\
 H_{tot} &= 19,5 \text{ m} \\
 \text{Max. total drift} &= \frac{\frac{D_t}{H_{tnt}}}{\frac{0,017}{19,5}} \\
 &= 0,000871 \\
 \text{Max. inelastic drift} &= \frac{\frac{D_t - D_1}{H_{tnt}}}{\frac{0,017 - 0,000187}{19,5}} \\
 &= 0,016990
 \end{aligned}$$

Berdasarkan *ratio drift* menurut ATC-40, maka hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk kedalam level *Immediiate Occupancy* (IO) Bila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa tersebut, struktur tidak mengalami kerusakan structural dan tidak mengalami kerusakan non-structural, sehingga dapat langsung dipakai.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis diatas, di dapatkan nilai titik kinerja (performance point) gedung tersebut untuk push x adalah $S_a = 0,018$ dan $S_d = 0,402$ sedangkan untuk nilai dari push y adalah $S_a = 0,014$ dan $S_d = 0,403$.
2. Sedangkan hasil analisis push x, nilai maksimum total drift 0,00097 dan nilai maksimum inelastic drift 0,018990. Sedangkan push y, nilai maksimum total drift 0,000871 dan nilai maksimum inelastic drift 0,016990. Berdasarkan ATC-40 hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan structural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai. Se jauh mungkin pembahasan dikaitkan dengan hasil sebelumnya. Diutamakan berisi *major conclusion* atau *recommendations*.

Daftar Rujukan

- [1] M. N. Alvin, I. G. Sarya, N. Rochmah, and M. Sc, "Studi Perilaku Kinerja Struktur Bangunan Atas Dengan Menggunakan Metode Analisis Non-Linier Pushover Studi Kasus :

- Perencanaan Bangunan Gedung Perkantoran Mako Polda Jatim Surabaya," pp. 1–12, 2015.
- [2] N. Yanto, R. Imani, and Z. Andika, "Civil Engineering Collaboration Civil Engineering Collaboration," vol. 4, pp. 1–9, 2019.
- [3] SNI 1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung.
- [4] SNI 1727-2020. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- [5] T. Hermawan, I. Suharyanto, and A. Mughits, "Penguatan Peran Takmir Masjid dalam Tanggap Bencana Gempa Bumi di Desa Bangunharjo," vol. 5, no. 2, pp. 63–74, 2020.
- [6] A. P. Yosafat, "Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis," *J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 41–52, 2006.
- [7] Widyaningrum, A., & Haryanto, Y. (2019). *Evaluasi Kinerja Gedung Dinas Kependudukan Dan Catatan Sipil Purbalingga Dengan Analisis Pushover*. 15(2), 87–94.
- [8] R. G. Wibowo, R. K. Rohman, and S. D. Cahyono, "Seismic Evaluation of Existing Building Structures in the City of Madiun using Pushover Analysis," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, pp. 0–6, 2021.
- [9] Sholihin, M., Astiahmir & Safriani, Meylis. (2022). Perencanaan Ulang Struktur Atas Beton Bertulang Mesjid Akue Bilie Menggunakan Program SAP 2000. Vol 3. 1-12.