

**ANALISIS LEVEL KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER*
BERDASARKAN SNI 1726:2019
(Studi Kasus : Gedung Graha Wiyata Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)**

Mahega Adi Prasetya¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
Jl. Semolowaru 45 Surabaya

Retno Trimurtiningrum²⁾

Email ¹⁾: mahega803@gmail.com

Abstrak

Pembangunan struktur gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas moderat hingga tinggi. Dan Graha Wiyata merupakan salah satu gedung yang ada di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Gedung ini dibangun pada tahun 1988/1990. Gedung ini sebagai obyek karena gedung ini masih memakai SNI pembebanan gempa tahun 1987 maka perlunya di evaluasi kembali ketahanannya untuk SNI 1726:2019 gempa menggunakan pembebanan gempa terbaru.

Secara umum analisis struktur terhadap gempa dibagi menjadi 2 macam yaitu analisis secara static dan analisis dinamik (respon spektra dan pushover). Dan hasil analisis didapatkan berdasarkan pengaruh gaya beban lateral dengan menggunakan metode Pushover didapatkan nilai displacement dan base shear terbesar, arah $x = 0,399$ m dengan nilai base shear 161620,47 kgf dan untuk arah $y = 0,115$ m dengan nilai base shear 6036499,16 kgf. Dan dari hasil Analisis level kinerja pushover berdasarkan ATC-40, FEMA-356, dan FEMA – 440 dapat diketahui bahwa drift story maksimum yang terjadi pada gempa arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dan kurang dari 0,01. Hal ini dapat dikategorikan untuk Analisis pushover dan nonlinear time history dalam kondisi IO (Immediate Occupancy).

Kata Kunci : Analisa Dinamik, ATC-40, Evaluasi Kinerja, Pushover, Immediate Occupancy (IO).

Abstract

Building the structure of earthquake resistant buildings is very important in Indonesia, considering that most of the region is located in the earthquake area with moderate to high intensity. And Graha Wiyata is one of the buildings in the University 17 August 1945 Surabaya. The building was built in 1988/1990. This building as an object because the building is still using SNI to load the earthquake in 1987, it is necessary to re-evaluate its resistance to SNI 1726:2019 earthquake using the latest earthquake loading.

In general, analysis of the structure of the earthquake divided into 2 kinds of static analysis and dynamic analysis (Spectra and pushover response). And the results of analysis obtained based on the influence of lateral load force by using the Pushover method obtained the largest displacement and base shear value, direction $x = 0.399$ m with the base shear value of 161620.47 kgf and for y direction = 0.115 m with base shear value of 6036499.16 kgf. And from the results of a pushover performance level analysis

based on ATC-40, FEMA-356, and FEMA – 440 It can be noted that the maximum drift story that occurs in the X and Y earthquake directions has a smaller value and is less than 0.01. It can be categorized for pushover analysis and nonlinear time history in IO (Immediate Occupancy) conditions.

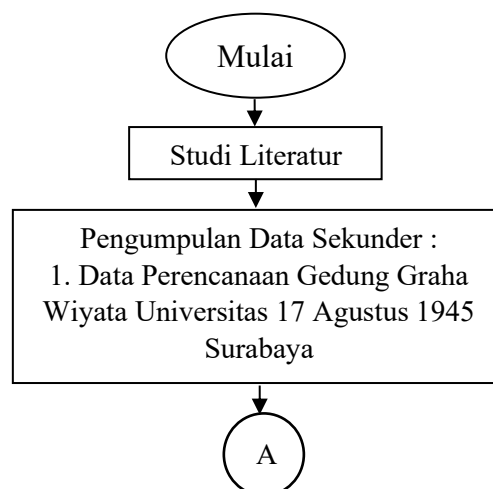
Keywords: dynamic analysis, ATC-40, performance evaluation, Pushover, Immediate Occupancy (IO).

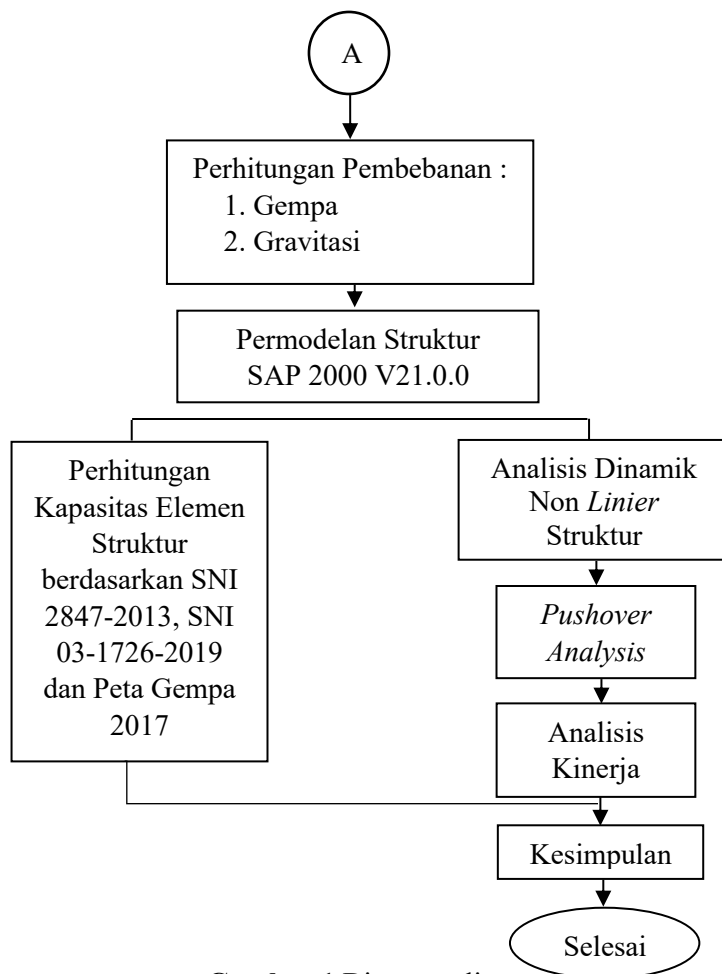
1. PENDAHULUAN

Analisis struktur tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas moderat hingga tinggi. Untuk mengurangi dampak gempa tersebut dalam pembangunan struktur bertingkat harus mempertimbangkan aspek keamanan dalam perencanaannya. Gedung direncanakan agar efisien dengan cara mendesain sesuai fungsi dari struktur tersebut. Aspek keamanan merupakan aspek yang penting diperhatikan dalam merencanakan struktur, karena menyangkut hidup orang. Dan pemilihan gedung ini sebagai obyek karena, gedung ini masih memakai PPTGIUG 1981 maka perlunya di evaluasi kembali kinerja ketahanannya menggunakan pembebanan gempa terbaru yaitu SNI 1726-2019. Dan dalam metode analisis yang digunakan, baik itu elastik (*linear*) dan inelastik (*nonlinear*) harus dapat digunakan untuk memprediksi perilaku struktur terhadap beban lateral. Metode analisis inelastik meliputi analisis beban dorong (*static nonlinear pushover analysis*). Yang dimana peraturan yang digunakan dalam analisa *pushover* ini adalah peraturan ATC-40 (1997), FEMA 356 (2000), FEMA 440 (2000). Dan dari analisis ini bertujuan untuk agar dapat menentukan titik kinerja, *target displacement* dan *max displacement* yang didapat dalam analisis *pushover*. Sedangkan, untuk manfaat dari penelitian ini adalah mampu mengetahui hasil analisis level kinerja pushover.

2. METODOLOGI PENELITIAN

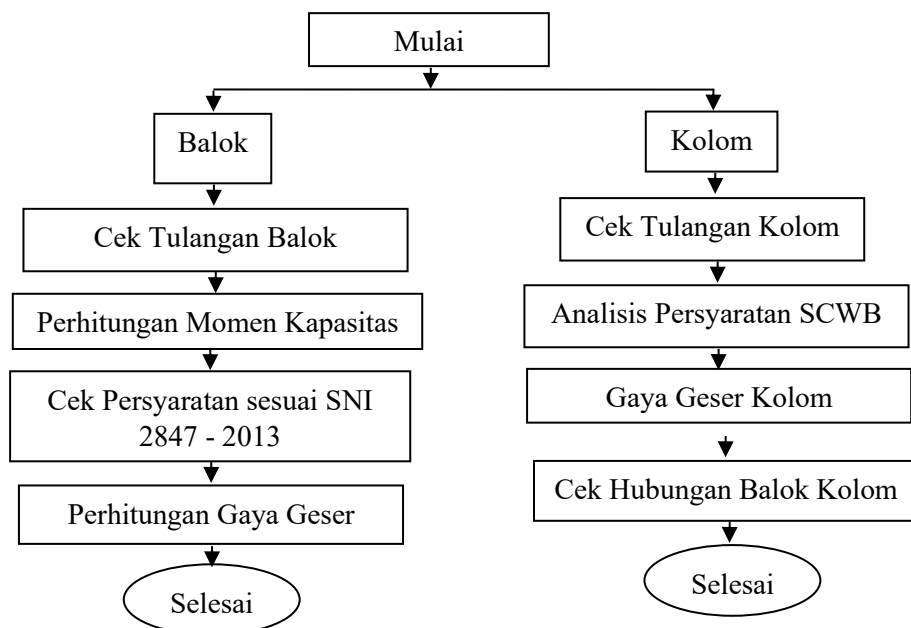
Langkah – langkah dalam analisis ini ditampilkan dalam Diagram Alir (*Flow Chart*) Sebagai berikut :





Gambar 1 Diagram alir

Cek Elemen Struktur pada SAP 2000 v21.0.0

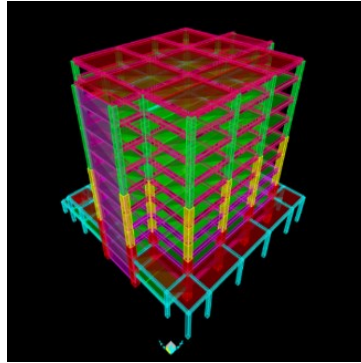


Gambar 2 Langkah Cek Stuktur Balok dan Kolom

3. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Deskripsi Bangunan

No	Lebar Struktur m	Tinggi Struktur m	Tinggi Struktur m	Fungsi Struktur	Zona Daerah
1	41	39	45	Kuliah	Surabaya



Gambar 2 Permodelan Struktur SAP2000 V21.0.0

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Cek SCWB (Strong Coloumn Weak Beam)

Jenis Kolom	Arah	Σ Momen Kolom (Kn.m)		$6/5 \Sigma$ Momen Balok (Kn.m)	Cek
Interior	X	13832	>	2166,058	OK
	Y	8551	>	2318,88	OK
Eksterior	X	9028,5	>	2166,058	OK
	Y	8551	>	1509,901	OK
Eksterior Tepi	X	6032,8	>	1509,901	OK
	Y	6116	>	1509,901	OK

Berdasarkan perhitungan cek SCWB (Strong Coloumn Weak Beam) dari Tabel 2 didapatkan bahwa hasil analisa kolom arah X maupun arah Y memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 yang dimana hasil nilai Σ Momen Kolom harus lebih besar dari nilai $6/5 \Sigma$ Momen Balok.

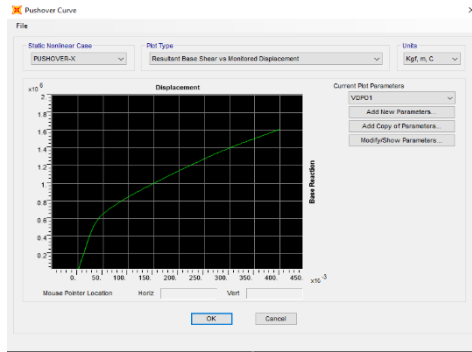
Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Cek HBK (Hubungan Balok Kolom)

Jenis Kolom	Arah	$\phi^*(V_c+V_s)$ (Kn.m)		V_u (Kn.m)	Cek
Interior	X	2919,948	>	2819,949	OK
	Y	3513,150	>	3129,355	OK
Eksterior	X	2.919,949	>	2.919,949	OK
	Y	1830,384	>	1630,73	OK
Eksterior Tepi	X	2702,866	>	2092,865	OK
	Y	2702,866	>	2092,865	OK

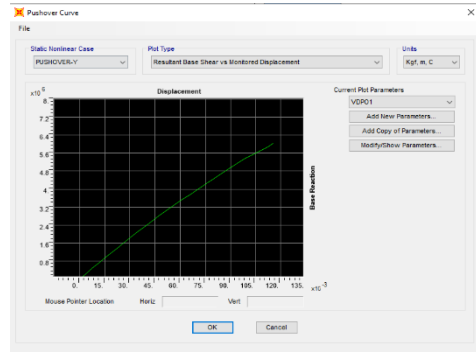
Berdasarkan perhitungan cek HBK (Hubungan Balok Kolom) dari Tabel 3 didapatkan bahwa hasil analisa kolom Interior, Eksterior, dan Eksterior tepi memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 karena nilai geser beton lebih besar dari nilai gaya geser rencana.

Analisis Kinerja Pushover Berdasarkan ATC-40, FEMA 356, dan FEMA 440

Kurva kapasitas hasil analisis pushover yang ditampilkan dibawah :



Gambar 4 Kurva Kapasitas Pushover arah X berdasarkan ATC-40

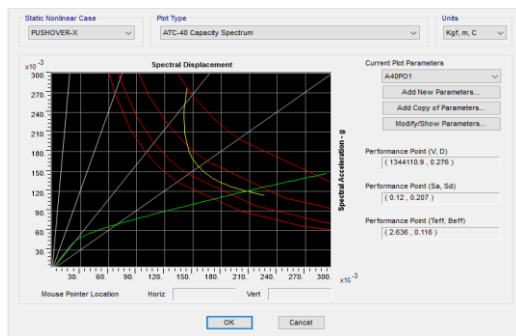


Gambar 5 Kurva Kapasitas Pushover arah Y Berdasarkan ATC-40

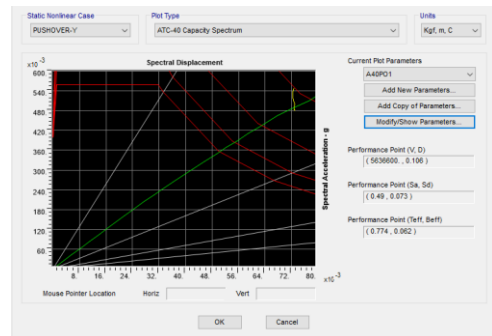
Berdasarkan hasil analisis *Pushover* gaya yang dimampu ditahan oleh struktur sebesar 1616120,47 Kgf yang terjadi pada step 86 dengan *displacement* 0,399 m pada *pushover* arah X. Sedangkan untuk arah y gaya yang dimampu ditahan oleh struktur sebesar 6036499,16 Kgf yang terjadi pada step 27 dengan *displacement* 0,115 m.

Performance Point ATC-40

Dari kurva response spektrum rencana, didapatkan hasil seperti gambar dibawah ini



Gambar 6 Kurva Kapasitas Pushover arah X berdasarkan ATC-40



Gambar 7 Kurva Kapasitas Pushover arah Y Berdasarkan ATC-40

Dapat dilihat dari gambar didapatkan target dari perpindahan dan gaya geser dasar pada titik kontrol tinjauan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4 Evaluasi Kinerja ATC-40 Arah X

Performance Point					
V(kgf)	Dt	Sa	Sd	Beff (%)	Teff (Detik)
1344110,9	0,276	0,12	0,207	0,116	2,636

$$\begin{aligned}
 \text{Maksimum Total Drift arah X} &= \frac{Dt}{H} \\
 &= \frac{0,276}{39} \\
 &= 0,007 \text{ m}
 \end{aligned}$$

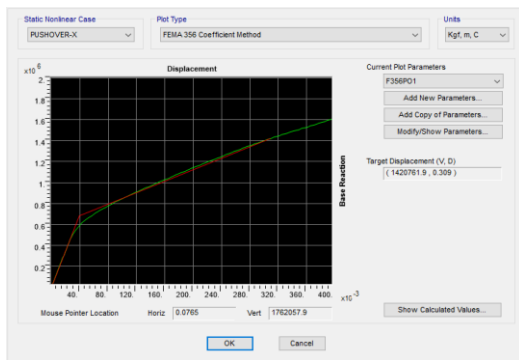
Tabel 5 Evaluasi Kinerja ATC-40 Arah Y

Performance Point					
V(kgf)	Dt	Sa	Sd	Beff (%)	Teff (Detik)
1344110,9	0,276	0,12	0,207	0,116	2,636

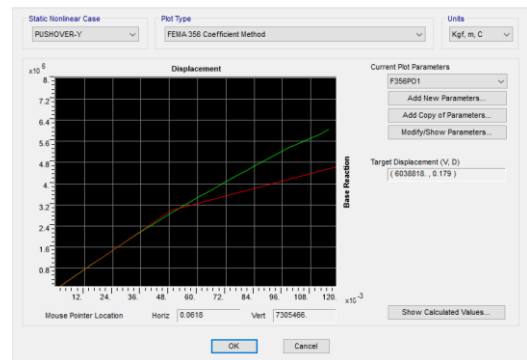
$$\begin{aligned} \text{Maksimum Total Drift arah Y} &= \frac{Dt}{H} \\ &= \frac{0,106}{39} \\ &= 0,0027 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Kinerja (Performance Point) Berdasarkan FEMA-356

Dari kurva response spektrum rencana, didapatkan hasil seperti gambar dibawah ini



Gambar 8 Kurva Kapasitas Pushover arah X berdasarkan FEMA 356



Gambar 9 Kurva Kapasitas Pushover arah Y Berdasarkan FEMA 356

Tabel 6 Evaluasi Kinerja FEMA 356 Arah X

Pushover Curve Parameter							
V(kgf)	Dt	Sa	Te	C0	C1	C2	C3
1420761	0,309	0,438	1,459	1,342	1	1	1

Kinerja struktur FEMA 356

Perhitungan Arah X

$$Sa = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{1,459} = 0,287 \text{ g}$$

Maka target perpindahan dapat dihitung :

$$(\delta_T) = C_0 * C_1 * C_2 * C_3 * Sa * \frac{Te^2}{4 \pi^2} \text{ g}$$

$$(\delta_T) = 1,342 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,287 \times \frac{1,459^2}{4 \pi^2} \times 9,81$$

$$(\delta_T) = 0,139 \text{ m}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta_T}{H_{Total}} = \frac{0,139}{39} = 0,003 \text{ m}$$

Tabel 7 Evaluasi Kinerja FEMA 356 Arah Y

Pushover Curve Parameter							
V(kgf)	Dt	Sa	Te	C0	C1	C2	C3
6038818	0,179	0,839	0,762	1,484	1	1	1

Kinerja struktur FEMA 356

Perhitungan Arah Y

$$S_a = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{0,762} = 0,551 \text{ g}$$

Maka target perpindahan dapat dihitung :

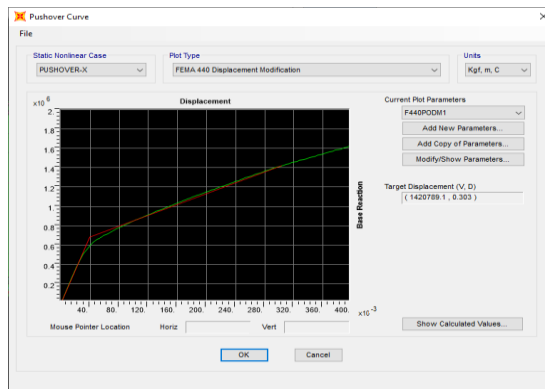
$$(\delta_T) = C_0 * C_1 * C_2 * C_3 * S_a * \frac{T e^2}{4 \pi^2} \text{ g}$$

$$(\delta_T) = 1,484 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,551 \times \frac{0,762^2}{4 \pi^2} \times 9,8$$

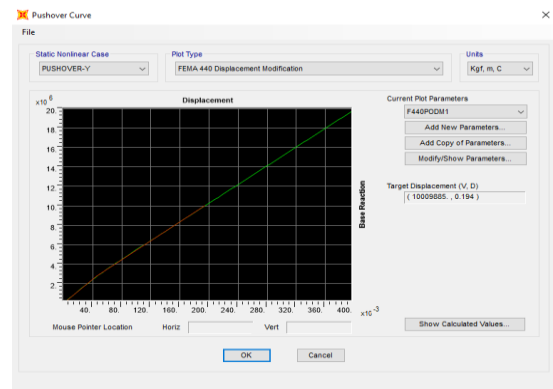
$$(\delta_T) = 0,106 \text{ m}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta_T}{H_{Total}} = \frac{0,106}{39} = 0,002 \text{ m}$$

Titik Kinerja (Performance Point) Berdasarkan FEMA-440



Gambar 8 Kurva Kapasitas Pushover arah X berdasarkan FEMA 440



Gambar 9 Kurva Kapasitas Pushover arah Y Berdasarkan FEMA 440

Tabel 8 Evaluasi Kinerja FEMA 440 X

Pushover Curve Parameter							
V(kgf)	Dt	Sa	Te	C0	C1	C2	C3
1420789.1	0,303	0,447	1,432	1,343	1	1	1

Kinerja struktur FEMA 440

Perhitungan Arah X

$$S_a = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{1,432} = 0,293 \text{ g}$$

Maka target perpindahan dapat dihitung :

$$(\delta_T) = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T e^2}{4 \pi^2} \text{ g}$$

$$(\delta_T) = 1,343 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,293 \times \frac{1,432^2}{4 \pi^2} \times 9,81$$

$$(\delta_T) = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta_T}{H_{Total}} = \frac{0,200}{39} = 0,005 \text{ m}$$

Tabel 9 Evaluasi Kinerja FEMA 440 Arah Y

Pushover Curve Parameter							
V(kgf)	Dt	Sa	Te	C0	C1	C2	C3
6038818	0,194	0,858	0,745	1,469	1	1	1

Kinerja struktur FEMA 440

Perhitungan Arah Y

$$S_a = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{0,745} = 0,563 \text{ g}$$

Maka target perpindahan dapat dihitung :

$$(\delta_T) = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T e^2}{4 \pi^2} \text{ g}$$

$$(\delta_T) = 1,469 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,563 \times \frac{0,745^2}{4 \pi^2} \times 9,8$$

$$(\delta_T) = 0,113 \text{ m}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\delta_T}{H_{Total}} = \frac{0,113}{39} = 0,002 \text{ m}$$

Evaluasi Kinerja Struktur

Displacement dari berbagai peraturan dirangkum dalam tabel berikut dibawah ini :

Tabel 4.33 Rekapitulasi Hasil Kinerja Pushover berdasarkan Peraturannya

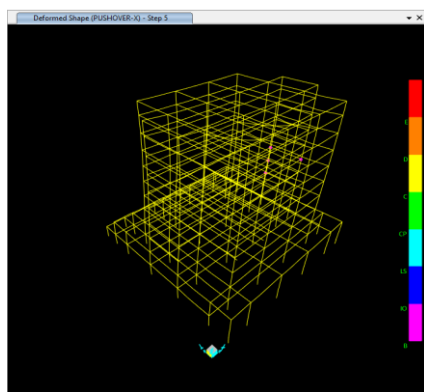
Kriteria	Arah	Titik Kinerja (kg)	Target Perpindahan Maximum Total Drift (m)	Level Kinerja
ATC - 40	X	1344110,9	0.007	IO
	Y	5636600	0.0027	IO
FEMA - 356	X	1420761	0,003	IO
	Y	6038818	0.002	IO
FEMA - 440	X	1420789.1	0.005	IO
	Y	6038818	0.002	IO

Berdasarkan Analisis *pushover*, dibandingkan 3(tiga) peraturan didapat nilai maksimum total drift terbesar terdapat di ATC-40 arah x dengan nilai perpindahan sebesar 0,007 dengan nilai titik kinerja 1344110,9 Kg. Dan yang terkecil dan memiliki nilai sama yaitu FEMA 356 dan FEMA 440 arah Y dengan nilai perpindahan sebesar 0,007 dengan nilai titik kinerja 6038818 Kg. Dan hasil kinerja dari ketiga peraturan tersebut masih dalam kategori Immediate Occupancy (IO) Terjadi kerusakan kecil atau tidak berarti pada struktur , kekakuan struktur hampir sama pada saat belum terjadi gempa.

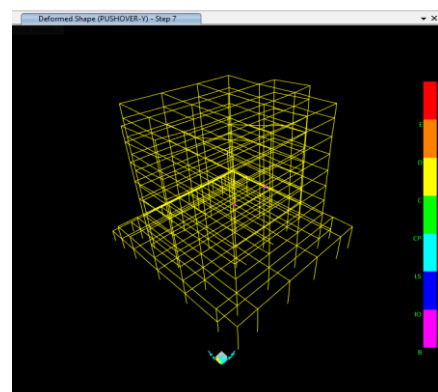
Sendi Plastis

Sendi plastis merupakan suatu kondisi dimana terjadi rotasi secara terus menerus akibat adanya penambahan beban – beban pada struktur tersebut dan pada kondisi ini nilai momen tidak mengalami perubahan.

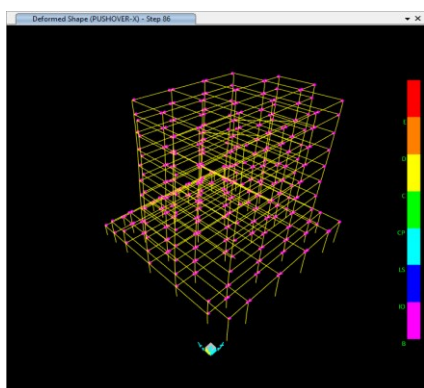
Dari analisis, dapat peningkatan beban lateral serta saat kinerja tercapai. Jumlah elmen – elmen struktur yang telah melewati batas kinerja penerimaan (*acceptance criteria*) atau distribusi sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur gedung karebosi condotel menurut arah pembebanannya dapat dilihat pada gambar dibawah :



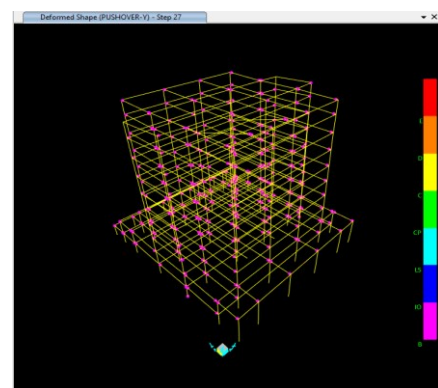
Gambar 11 Keruntuhan Pertama arah X



Gambar 12 Keruntuhan Pertama Arah Y



Gambar 13 Keruntuhan Terakhir arah X



Gambar 12 Keruntuhan Terakhir Arah Y

Berdasarkan hasil analisis *Pushover* dengan peraturan yang dipakai untuk mencari nilai *Maximum Displacement* masi berada dibawah 0,01. Sehingga dapat dikategorikan level Kinerja IO (*Immediate Occupancy*).

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan peraturan ATC-40, FEMA-356, dan FEMA – 440 dengan menggunakan metode *Pushover* didapatkan nilai perpindahan seperti berikut : Untuk ATC-40 untuk arah x sebesar 0,276 m dan untuk arah y sebesar 0,106, Untuk FEMA-365 untuk arah x sebesar 0,309 m dan untuk arah y sebesar 0,179 m dan untuk FEMA-440 untuk arah x sebesar 0,303 m dan untuk arah y sebesar 0,194 m dari hasil Analisis tersebut masih dikatakan aman karena nilai kurang dari target perpindahan maksimum sebesar 0,39 m. Berdasarkan maksimum total drift didapatkan hasil Analisis sebagai berikut : Untuk ATC-40 didapatkan nilai maksimum untuk arah x sebesar 0,007 m dan untuk arah y sebesar 0,0027 m, untuk FEMA 356 didapatkan nilai maksimum untuk arah x sebesar 0,003 dan untuk arah y sebesar 0,002, untuk FEMA-440 didapatkan nilai maksimum untuk arah x sebesar 0,005 m dan untuk arah y sebesar 0,002 m .
2. Dari hasil Analisis peraturan ATC-40, FEMA-356, dan FEMA – 440 dapat diketahui *drift* Analisis *pushover* didapatkan nilai perpindahan maksimum total drift yang terjadi arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dari 0,01. sehingga dikategorikan kondisi IO (*Immediate Occupancy*).

DAFTAR PUSTAKA

- Pranata, Y.A., 2006. "Evaluasi Kinerja Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analisis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440), Jurnal Teknik Sipil. Universitas Kristen Maranatha. Bandung.
- PUSKIM, 2017 Available at : <http://puskim.pu.go.id>.
- SNI 1726-2019 ' **Standart Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung** ,
- SNI 03-2847-2013 ' **Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Struktur Gedung** '
- Tavio, dkk. 2018 " **Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja** " .