

EVALUASI KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG ASRAMA TIGA LANTAI MENGGUNAKAN *STATIC NONLINEAR PUSHOVER* *ANALYSIS*

Muhammad Ismail Nitisusilaharja^{1*}, Wachid Hasyim², Komarudin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213
Email: adisismail12@gmail.com

Abstract

Non-linear static analysis (pushover analysis) is a performance-based design that is useful for knowing the behavior of structures due to earthquake loads with the concept of adding loads to the building gradually until it meets the planned displacement target, the load that is inputted gradually is the lateral static load. On the analysis of the earthquake burden its scales are based on SNI 1726-2019, where the basic sliding force the result from the output of Etabs and Empirical programs should be qualified $V_t / V \geq 100\%$ on both axes. The result that we are gotten from this pushover analysis for the A building is gotten by the direction performance point -x (V,D) = (1.899.629,53, 0,023) and y direction (V, D) = (1.824.445,91, 0,028) by each direction is obtained maximum drifts, x direction = 0,00252 and maximum value drift y direction = 0,00142. Calculating with the Etabs program shows that the buildings covered are in performance level Immediate Occupancy (IO) (drift maximum < 0,01), which means that if an earthquake happens, the buildings will not be damaged so they will be used safely.

Keywords: *Pushover analysis, performance point, performance levels.*

Abstrak

Analisa statik non-linear (pushover analysis) merupakan salah satu performance based design yang berguna untuk mengetahui perilaku struktur akibat beban gempa dengan konsep penambahan beban pada bangunan secara bertahap sampai memenuhi target perpindahan yang direncanakan., beban yang di input secara bertahap ini adalah beban statik lateral. Pada analisis beban gempa desainnya ditentukan berdasarkan SNI1726-2019, dimana gaya geser dasar hasiloutput program Etabs dan Empiris harus memenuhi syarat $V_t/V \geq 100\%$ dikedua sumbu. Hasil yang diperoleh dari pushover analysis ini untuk gedung A didapat titik performa arah-x (V, D) = (1.899.629,53, 0,023) dan arah-y (V, D) = (1.824.445,91, 0,028) dengan masing-masing arah diperoleh nilai maksimum drift arah-x = 0,00124 dan nilai maksimum drift arah-y = 0,00151, sedangkan untuk gedung B didapat titik performa arah-x (V, D) = (1.561.008,00, 0,039) dan arah-y (V, D) = (1.381.172,42, 0,022) dengan masing-masing arah diperoleh nilai maksimum drift arah-x = 0,00252 dan nilai maksimum drift arah-y = 0,00142. Hasil perhitungan dengan bantuan program ETABS menunjukkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk dalam level kinerja Immediate Occupancy (IO) (maksimum drift < 0,01).

Kata kunci: *Analisis pushover, titik kinerja, level kinerja.*

I. PENDAHULUAN

Desain struktur bangunan gedung merupakan perencanaan bangunan yang di dalamnya memiliki tahapan perhitungan yang kompleks guna untuk memenuhi kaidah ketahanan struktur, hal ini merupakan bagian terpenting dari suatu perencanaan bangunan sebab menentukan apakah bangunan yang direncanakan mampu berdiri atau tidak. Konsep terbaru dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah perencanaan berbasis

kinerja (*Performance Based Design*). Ada beberapa cara untuk Menahan gaya lateral dari beban gempa diantaranya (a) pemasangan dinding geser (dinding geser) pada struktur; (b) perbesaran Dimensi kolom dan balok; (c) Aditif Identifikasi lateral pada elemen Struktur portal [1].

Indonesia dalam beberapa tahun terakhir sering terjadi bencana gempa bumi dalam skala yang cukup besar. Seperti gempa Aceh pada tahun 2004 ($M_w = 9.2$), gempa di Nias

pada tahun 2005 ($M_w = 8.7$), gempa di Yogyakarta tahun 2006 ($M_w = 6.3$), gempa di Bengkulu pada tahun 2007 ($M_w = 7.9$), gempa di Tasikmalaya, dan pada tahun 2009 ($M_w = 7.4$) serta gempa yang terjadi di kota Padang pada tahun 2009 ($M_w = 7.6$). Berdasarkan hasil rekapan data pada rentang waktu tahun 1900 sampai dengan tahun 2009, telah terjadi lebih dari 14.000 gempa utama (mainshocks) dengan skala magnitude $M > 5.0$. berdasarkan dengan peristiwa tersebut banyak bangunan yang mengalami kegagalan struktur, baik di dalam perencanaannya maupun pelaksanaan di lapangan yang kurang baik bahkan mungkin saja tidak direncanakan untuk ketahanan gempanya [2]

Pengaruh beban gempa horizontal dapat bekerja ke segala arah sumbu struktur bangunan utama, atau kedua arah pada sumbu utama struktur bangunan secara bersamaan. Pengaruh beban gempa yang bekerja secara simultan pada kedua arah sumbu utama dapat mengurangi kekuatan struktur, selain percepatan gerak tanah pada arah mendatar atau horizontal, terdapat juga percepatan gerak tanah dalam arah vertikal [3]

Suatu bangunan tanpa disadari menyimpan beberapa resiko dan bahaya yang diakibatkan oleh pembebanan, maka bangunan tersebut harus di pelihara, apabila tidak di pelihara sesuai dengan umur rencananya maka kekuatan atau ketahanannya akan berkurang dan mengakibatkan bangunannya rusak [4]. Dengan perkembangan teknologi untuk analisis kinerja dan perencanaan struktur bangunan bisa menggunakan SAP 2000 atau ETABS, Konsep ini memanfaatkan *static nonlinear* dengan menggunakan komputer untuk menganalisis perilaku inelastik dari struktur. Pada umumnya metode perhitungan yang digunakan berdasarkan hitungan manual seperti Finite Elemen Method (FEM) dan metode Elemen Hingga (M.E.H) dimana metode ini digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam bidang Engineering [5].

II. METODE PENELITIAN

Pemodelan dan Analisis Struktur:

- Pemodelan gedung asrama terdiri dari 3 lantai
- Tinggi gedung 18,5 m
- Material yang di gunakan adalah beton bertulang

- Mutu beton K-300 atau sama dengan $F_c' = 24,9$ MPa
- Beton tulangan dengan kuat tarik 400 MPa tulangan ulir (*deform*) serta kuat tarik 240 MPa tulangan polos (*plain*).
- Modulus elastisitas beton (E_c) = $4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{24,9} = 23.452,95$ MPa
- Analisis menggunakan program ETABS
- Tingkat kinerja struktur menggunakan *drift* sesuai ATC-40.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Gempa Dinamik Respon Spektrum dengan Wilayah Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019

1) Gedung A (Asrama 3 Lantai)

a) Pola Ragam Getar (Mode Shape)

Seperti Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Perbandingan Rasio Partisipasi Massa.

Mode	Periode	SumUX	SumUY
1	0,412631	0,0367	79,2823
2	0,361932	79,9158	79,9915
3	0,302573	85,9164	85,3129
4	0,155258	85,9194	85,3137
5	0,148896	86,272	93,4775
6	0,141173	91,7755	94,614
7	0,129923	93,2453	94,9408
8	0,112782	93,459	96,3412
9	0,112559	93,4598	96,3463
10	0,107104	97,654	96,5571
11	0,097723	97,9468	98,1714
12	0,087101	97,9539	99,5477
13	0,07895	99,8107	99,6025
14	0,070558	99,8108	99,603
15	0,069852	99,9312	99,9496

Berdasarkan hasil analisa pada pemodelan gedung A pada ETABS maka didapatkan output beberapa nilai periode arah X dan arah Y yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. Waktu Getar Alami dan Frekuensi Struktur Bangunan

Pola	Periode	Frekuensi
Getar	(detik)	(siklus/detik)
1	0,412631	2,423472788
2	0,361932	2,762949946
3	0,302573	3,304987557
4	0,155258	6,440891935
5	0,148896	6,716097142
6	0,141173	7,08350747
7	0,129923	7,696866606

8	0,112782	8,86666312
9	0,112559	8,884229604
10	0,107104	9,33671945
11	0,097723	10,23300554
12	0,087101	11,48092444
13	0,07895	12,66624446
14	0,070558	14,17273732
15	0,069852	14,31598236

Periode getar alami struktur yang memenuhi syarat dan akan digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut: $T_x = 0.644$ det, $T_y = 0.644$ detik

b) Koefisien respon seismik

Arah sumbu X

$$C_s (\text{hitung}) = \frac{S_{Ds}}{R/I_e} = \frac{0.5790}{8/1.25} = 0.0905$$

Arah sumbu Y

$$C_s (\text{hitung}) = \frac{S_{Ds}}{R/I_e} = \frac{0.5790}{8/1.25} = 0.0905$$

c) Gaya geser seismik

Tabel 3. Gaya Geser Dasar Seismik (Empiris)

	V (kg)	
Sumbu X	390.746,73	kg
Sumbu Y	390.746,73	kg

Beban gempa dikombinasikan dengan cara CQC (*Complete Quadratic Sum of Square*).

Tabel 4. Gaya Reaksi Dasar (belum dikoreksi)

Output Case	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Ex	LinResp Spec	326.255,24	32.189,12
Ey	LinResp Spec	32.189,12	321.677,70

d) Evaluasi beban gempa arah X

Hasil repons spektrum dengan faktor skala awal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala arah } x &= \frac{\text{Faktor skala lama} \times \frac{V}{V_t}}{1,533 \times \frac{390.746,73}{326.255,24}} \\ &= \frac{1,533 \times 390.746,73}{326.255,24} \\ &= 1,837 \end{aligned}$$

5) Evaluasi beban gempa arah Y

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala arah } x &= \frac{\text{Faktor skala lama} \times \frac{V}{V_t}}{1,533 \times \frac{390.746,73}{321.677,70}} \\ &= 1,863 \end{aligned}$$

Tabel 5. Gaya Reaksi Dasar (setelah dikoreksi)

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Ex	LinRespSpec	390.952,95	38.572,35
Ey	LinRespSpec	39.118,29	390.923,39

2) Gedung B (Asrama 3 lantai)

a) Pola Ragam Getar (Mode Shape)

Tabel 6. Perbandingan Rasio Partisipasi Massa

Mode	Period	SumUX	SumUY
1	0,414968	83,588	1,291
2	0,334794	84,7619	84,1099
3	0,282871	85,4415	84,7571
4	0,147763	95,3786	84,8442
5	0,127288	95,5436	86,7517
6	0,122649	95,5655	94,3913
7	0,105446	98,0885	94,4294
8	0,097665	98,2722	96,7896
9	0,088791	98,4377	97,706
10	0,082939	99,8548	97,8264
11	0,074681	99,9835	99,887
12	0,063682	99,9999	99,9724
13	0,05033	99,9999	99,9724
14	0,050152	100	99,9837
15	0,031931	100	99,9837

Arah sumbu X pada pola getar ke-4 menunjukkan partisipasi massa sebesar 95,37 %, lalu untuk arah sumbu Y pada pola getar ke-6 menunjukkan partisipasi massa sebesar 94,39 %.

b) Menentukan Periode Getar Alami Struktur

Berdasarkan hasil analisa pemodelan gedung B pada ETABS maka didapatkan beberapa nilai periode arah x dan arah y yaitu sebagai berikut:

Tabel 7. Waktu Getar Alami dan Frekuensi Struktur Bangunan

Pola Getar	Periode (detik)	Frekuensi (siklus/detik)
1	0,414968	2,409824372
2	0,334794	2,986911354

3	0,282871	3,535180347
4	0,147763	6,767594053
5	0,127288	7,856200113
6	0,122649	8,153348172
7	0,105446	9,483527113
8	0,097665	10,23908258
9	0,088791	11,26240272
10	0,082939	12,05705398
11	0,074681	13,39028669
12	0,063682	15,7030244
13	0,05033	19,86886549
14	0,050152	19,93938427
15	0,031931	31,31752842

Periode getar alami struktur yang memenuhi syarat dan akan digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$T_x = 0,548 \text{ detik}, T_y = 0,548 \text{ detik}$$

2) Koefisien Respon Seismik

a) Arah sumbu X

$$\begin{aligned}
 C_{s(\max)} &= \frac{S_{D1}}{T(R/I_e)} \\
 &= \frac{0,5357}{0,548 \cdot (8/1,25)} \\
 &= 0,1529
 \end{aligned}$$

b) Arah sumbu Y

$$\begin{aligned}
 C_{s(\text{hitung})} &= \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} \\
 &= \frac{0,5790}{(8/1,25)} \\
 &= 0,0905
 \end{aligned}$$

c) Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2019, gaya geser dasar seismik desain sebagai berikut:

Tabel 8. Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	W (Berat)	
1	942686,14	Kg
2	892698,52	Kg
3-Atap	919907,31	Kg
Atap	124777,09	Kg
Jumlah (Σ)	2.880.069,05	Kg

Berdasarkan hasil dari perhitungan gaya geser dasar seismik diatas dapat disimpulkan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 9. Gaya Geser Dasar Seismik (Empiris)

	V (kg)	
Sumbu X	260.539,48	Kg
Sumbu Y	260.539,48	Kg

Beban gempa dikombinasikan dengan cara CQC (*Complete Quadratic Sum of Square*), dengan hasil:

Tabel 10. Gaya Reaksi Dasar (belum dikoreksi)

Output Case	Case Type	GlobalFX	GlobalFY
Ex	LinResp Spec	221.377,11	34.465,44
Ey	LinResp Spec	34.465,44	219.494,02

4) Evaluasi beban gempa arah X

Hasil repons spektrum dengan faktor skala awal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor skala arah X} &= \text{Faktor skala lama} \times \frac{V}{V_t} \\
 &= \frac{1,533 \times 260.539,48}{221.377,11} \\
 &= 1,805
 \end{aligned}$$

5) Evaluasi beban gempa arah Y

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor skala arah Y} &= \text{Faktor skala lama} \times \frac{V}{V_t} \\
 &= 1,533 \times \frac{260.539,48}{219.494,02} \\
 &= 1,820
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai baru kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) :

Tabel 11. Gaya Reaksi Dasar (setelah dikoreksi)

Output Case	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Ex	LinRespSpec	260656,02	40580,63
Ey	LinRespSpec	40917,87	260586,51

3) Simpangan Struktur

a) Gedung A (Asrama 3 lantai)

Tabel 12. Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu-X

Lantai	H	δ_e (total)	δ_{xe}	Cd	δ_x	$\Delta a/p$	Ket.
--------	---	--------------------	---------------	----	------------	--------------	------

	mm	mm	mm	mm	mm	
Atap	3450	5,0888	1,0362	5,5	4,5593	53,0769 OK
3 (Atap)	4000	4,0526	1,0601	5,5	4,6644	61,5385 OK
2	4000	2,9925	1,6279	5,5	7,1628	61,5385 OK
1	4000	1,3646	1,3646	5,5	6,0042	61,5385 OK

Tabel 13. Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu-Y

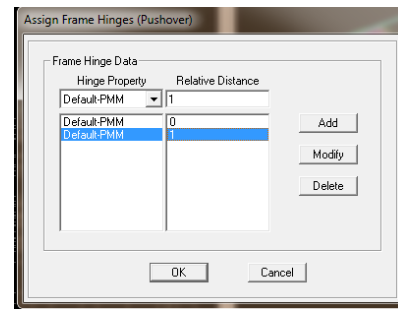
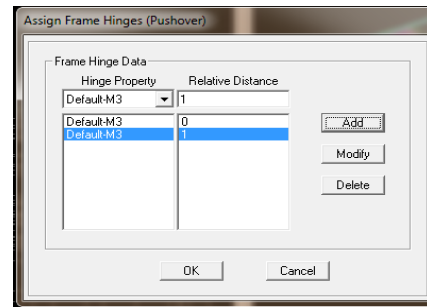
Lantai	H	δ_e (total)	δ_{ye}	Cd	δ_y	$\Delta a/p$	Ket
	mm	mm	mm		mm	mm	
Atap	3450	5,6246	0,3020	5,5	1,3288	53,077	OK
3 (Atap)	4000	5,3226	1,3686	5,5	6,0218	61,5385	OK
2	4000	3,9540	2,2136	5,5	9,7398	61,5385	OK
1	4000	1,7404	1,7404	5,5	7,6578	61,5385	OK

b) Gedung B (Asrama 3 lantai)**Tabel 14.** Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu-X

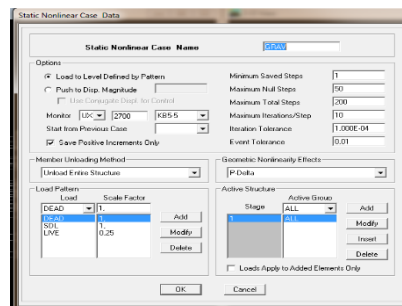
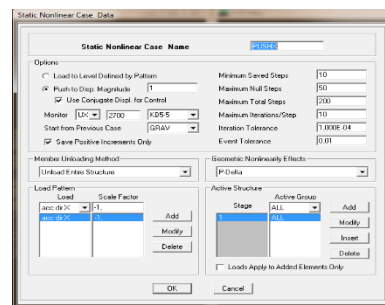
Lantai	H	δ_e (total)	δ_{xe}	Cd	δ_x	$\Delta a/p$	Ket
	mm	mm	mm		mm	mm	
Atap	3450	6,2103	0,7699	5,5	3,3876	53,0769	OK
3 (Atap)	4000	5,4404	1,4569	5,5	6,4104	61,5385	OK
2	4000	3,9835	2,1917	5,5	9,6435	61,5385	OK
1	4000	1,7918	1,7918	5,5	7,8839	61,5385	OK

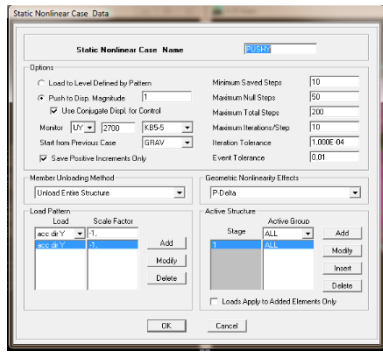
Tabel 15. Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu-Y

Lantai	H	δ_e (total)	δ_{ye}	Cd	δ_y	$\Delta a/p$	Ket
	mm	mm	mm		mm	mm	
Atap	3450	4,3325	0,7631	5,5	3,3576	53,077	OK
3 (Atap)	4000	3,5694	0,9742	5,5	4,2865	61,5385	OK
2	4000	2,5952	1,4714	5,5	6,4742	61,5385	OK
1	4000	1,1238	1,1238	5,5	4,9447	61,5385	OK

4) Static Nonlinear Pushover Analysis
a) Distribusi sendi**Gambar 1.** Input sendi pada elemen kolom**Gambar 2.** Input sendi pada elemen balok**b) Menentukan Static Nonlinear Case**

Kombinasi efek beban yang menyatakan kombinasi beban digunakan mencakup beban hidup diperkenankan untuk menggunakan faktor beban 25% pada beban hidup.

**Gambar 3.** Input static nonlinear case gravity**Gambar 4.** Input static nonlinear case (PushX)

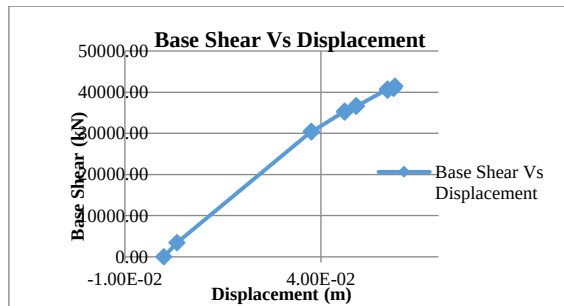


Gambar 5. Input static nonlinier case (PushY)

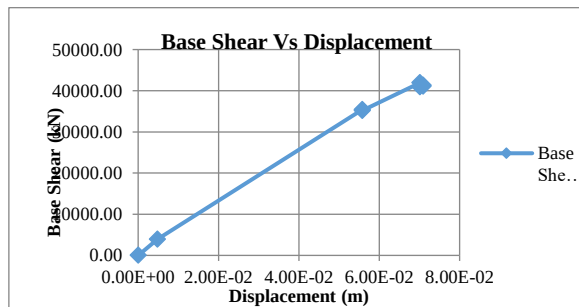
5) Penentuan Kurva Kapasitas

1) Gedung A (Asrama 3 Lantai)

Hasil dari analisis *pushover* pada masing-masing sumbu yang disajikan dalam gambar dibawah ini :

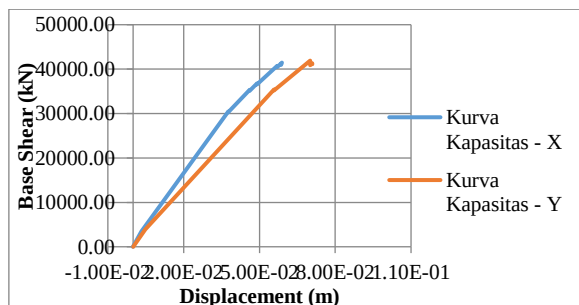


Gambar 6. Kurva Kapasitas Arah-X



Gambar 7. Kurva Kapasitas Arah-Y

Grafik dari masing-masing kedua sumbu kurva pushover yang akan dibandingkan untuk arah-x dan arah-y :

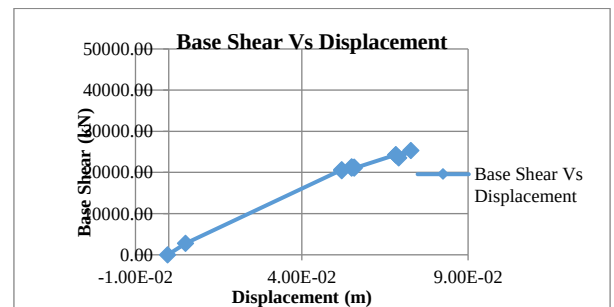


Gambar 8. Perbandingan kurva kapasitas gedung arah-x dan arah-y

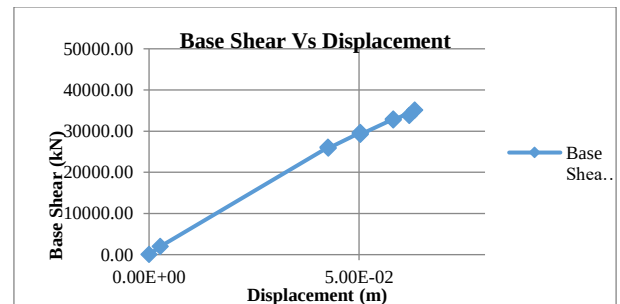
Dari gambar 8, tampak bahwa kinerja gedung akibat beban lateral arah-x menerima gaya gempa dasar yang lebih besar dari arah-y dengan nilai sangat tipis, pada peningkatan *displacement* gedung yang dominan lebih besar pada arah-y.

2) Gedung B (Asrama 3 Lantai)

Hasil dari analisis pushover yang di sajikan dalam gambar dibawah ini :

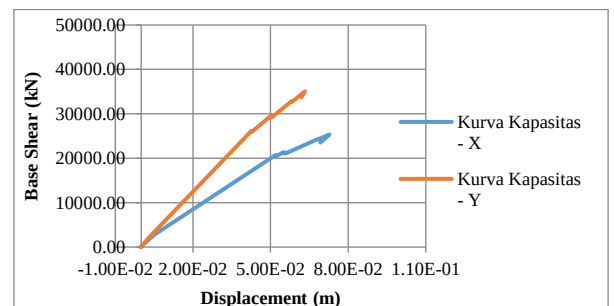


Gambar 9. Kurva Kapasitas Arah-X



Gambar 10. Kurva Kapasitas Arah-Y

Berikut ini adalah grafik dari masing-masing kedua sumbu kurva pushover yang akan dibandingkan untuk arah-x dan arah-y :



Gambar 11. Perbandingan kurva kapasitas gedung arah-x dan arah-y

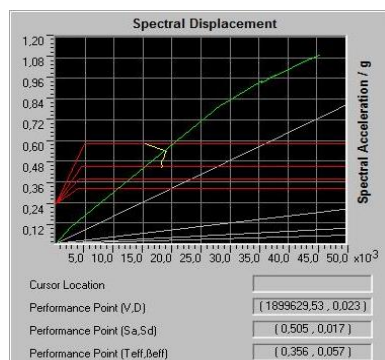
Dari gambar 11, tampak bahwa kinerja gedung akibat beban lateral arah-y menerima

gaya gempa dasar yang lebih besar dari arah-x dengan jelas sangat terlihat, pada peningkatan *displacement* gedung yang dominan lebih besar pada arah-x.

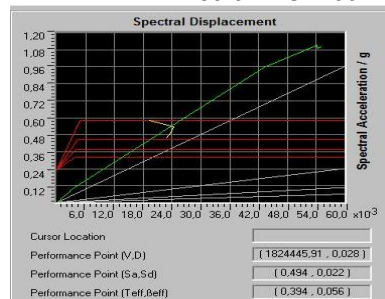
6) Menentukan Target Perpindahan dengan Metode Spectrum Kapasitas (ATC-40)

1) Gedung A (Asrama 3 Lantai)

Wilayah gempa Indramayu dengan jenis tanah lunak diperoleh $C_a = 0,232$ dan $C_v = 0,536$. Dimana C_a didapat dari nilai S_a pada saat $T = 0,0$ detik dan C_v didapat dari nilai S_a pada $T = 1,0$ detik. Tipe *Structural Behavior* termasuk tipe B.



Gambar 12. Kurva kapasitas spektrum arah-x dalam format ADRS



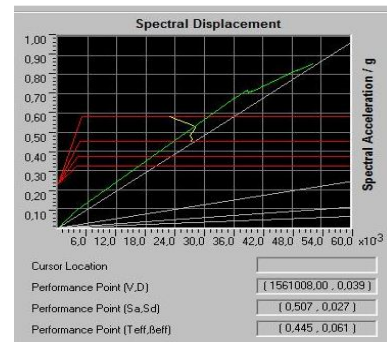
Gambar 13. Kurva kapasitas spektrum arah-y dalam format ADRS

Tabel 18 Perpindahan dan Gaya Geser pada Titik Kinerja

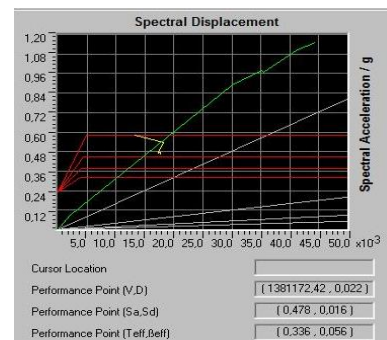
	Target perpindahan (m)	Gaya geser dasar (kg)
Arah-X	0,023	1.899.629,53
Arah-Y	0,028	1.824.445,91

2) Gedung B (Asrama 3 Lantai)

$C_a = 0,232$ dan $C_v = 0,536$. Dimana C_a didapat dari nilai S_a pada saat $T = 0,0$ detik dan C_v didapat dari nilai S_a pada $T = 1,0$ detik. Tipe bangunan termasuk tipe bangunan B.)



Gambar 14 Kurva kapasitas spektrum arah-x dalam format ADRS



Gambar 15. Kurva kapasitas spektrum arah-y dalam format ADRS

Nilai target perpindahan dan gaya geser dasar pada titik kontrol tinjauan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 16. Perpindahan dan Gaya Geser pada Titik Kinerja

	Target perpindahan (m)	Gaya geser dasar (kg)
Arah-X	0,039	1.561.008,00
Arah-Y	0,022	1.381.172,42

7) Evaluasi Kinerja Struktur

1) Gedung A (Asrama 3 Lantai)

Tingkat kinerja struktur yang dibandingkan dengan *roof drift ratio* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 17. Tingkat Kinerja Struktur gedung A

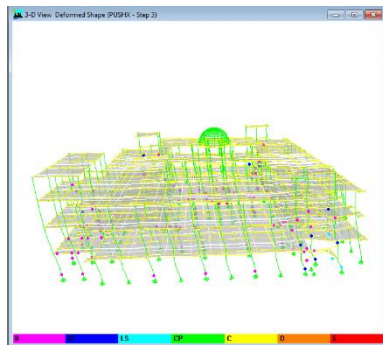
	H	Drift	Tingkat kinerja struktur
Arah-x	18,50	0,00124	immediate occupancy
Arah-y	18,50	0,00151	immediate occupancy

2) Gedung B (Asrama 3 Lantai)**Tabel 18.** Tingkat Kinerja Struktur gedung B

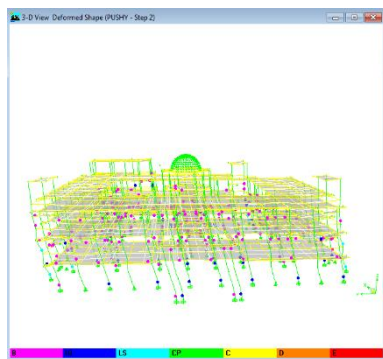
	H	Drift	Tingkat kinerja struktur
Arah-x	15,45	0,00252	immediate occupancy
Arah-y	15,45	0,00142	immediate occupancy

f) Mekanisme Sendi Plastis**1) Gedung A (Asrama 3 Lantai)****a. Arah-x**

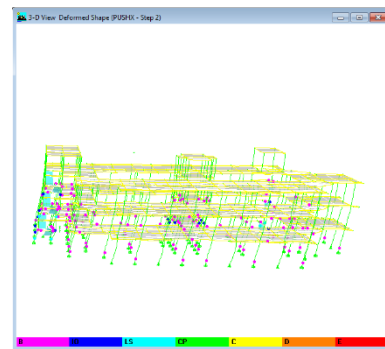
Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah-x gedung adalah 0,023 m berada diantara step-1 dan step-2, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 2 dengan displacement yang terjadi 0,0376 m > 0,023 m (δ_t).

**Gambar 16.** Distribusi sendi plasti pada step-2 untuk pembebanan arah-X**b. Arah-Y**

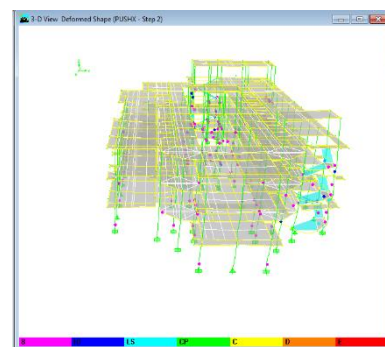
Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah-Y gedung adalah 0,028 m berada diantara step-1 dan step-2, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 2 dengan displacement yang terjadi 0,0558 m > 0,028 m (δ_t).

**Gambar 17.** Distribusi sendi plastis pada step-2 untuk pembebanan arah-y**2) Gedung B (Asrama 3 Lantai)****a. Arah-x**

Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah-x gedung adalah 0,039 m berada diantara step-1 dan step-2, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 2 dengan displacement yang terjadi 0,052 m > 0,039 m (δ_t).

**Gambar 18.** Distribusi sendi plastis pada step-2 untuk pembebanan arah-X**b. Arah-Y**

Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah-Y gedung adalah 0,028 m berada diantara step-1 dan step-2, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 2 dengan displacement yang terjadi 0,0558 m > 0,028 m (δ_t).

**Gambar 19.** Distribusi sendi plasti pada step-2 untuk pembebanan**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

1. Pola ragam getar struktur diperoleh 15 ragam, dengan perilaku yang baik yaitu pola pertama bertranslasi arah x pola kedua bertranslasi arah y dan pola

- ketiga berotasi arah z. T_x dan T_y tidak digunakan karena tidak memenuhi syarat karena kurang dari batas $T_{a(min)} = 0,644$ detik. Sehingga $T_{a(min)}$ dapat ditetapkan sebagai waktu getar alami struktur. Gedung B tidak memenuhi syarat karena kurang dari batas $T_{a(min)} = 0,548$ detik. Sehingga $T_{a(min)}$ dapat ditetapkan sebagai waktu getar alami struktur.
2. Titik kinerja gedung A untuk pembebanan gempa arah-x adalah 0,023 meter dengan gaya geser dasar yang terjadi 1.899.629,53 kg, sedangkan untuk pembebanan gempa arah-y diperoleh titik kinerja gedung yaitu 0,028 meter dengan gaya geser yang terjadi adalah 1.824.445,91 kg. Sedangkan untuk gedung B pembebanan gempa arah-x adalah 0,039 meter dengan gaya geser dasar yang terjadi 1.561.008,00 kg, sedangkan untuk pembebanan gempa arah-y diperoleh titik kinerja gedung yaitu 0,022 meter dengan gaya geser yang terjadi adalah 1.381.172,42 kg.
 3. Distribusi sendi plastis gedung A dan B yang terjadi pada saat titik kinerja tercapai memperlihatkan komponen struktur yang dominan pada batas kinerja Immediate Occupancy (IO).
- [3] A. B. Siswanto and M. A. Salim, "Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa," *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. July, pp. 59–72, 2018.
 - [4] R. R. Darmawan, "Simulasi Operasi Konstruksi Pekerjaan Beton Pada Hotel Dafam Kayon Surabaya menggunakan Cyclone." Library ITS, 2018.
 - [5] A. Setiawan, "Tinjauan Perencanaan Struktur Beton Gedung Rawat Inap Vip Rsud Jend. A. Yani Kota Metro Menggunakan Program Etabs (Extended Three Dimensional Analysis ...," ... *Apl. Konstr. J. Progr. Stud. Tek. ...*, vol. 6, no. 1, pp. 71–77, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.umm metro.ac.id/index.php/tapak/article/view/268>.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. Putera, A. Faisal, and . S., "Evaluasi Perbandingan Simpangan Struktur Srpms Akibat Permodelan Struktur Yang Berbeda," *Educ. Build.*, vol. 4, no. 1, pp. 18–24, 2018, doi: 10.24114/eb.v4i1.10040.
- [2] N. Yanto, R. Imani, and Z. Andika, "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Paru Sumatera Barat dengan Pushover Analysis," *Civ. Eng. Collab.*, vol. 4, pp. 1–9, 2019, doi: 10.35134/jcivil.v4i2.1.