

# EVALUASI KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS PUSHOVER MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS ( STUDI KASUS : HOTEL DI WILAYAH KARANGANYAR )

Ibnu Khaldun Riantoby<sup>1)</sup>, Agus Setiya Budi<sup>2)</sup>, Edy Purwanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : ibnukharir@yahoo.co.id

## Abstract

Indonesian islands lies on the encounter between 3 large plates in the world: Australian, Eurasian, and Pacific. Eurasian and Australian plates are overlapping in the off-shore western part of Sumatra Island, off-shore southern part of Javanese Island, and off-shore part of Nusa Tenggara Islands and turning to the north to southern part of Maluku waters. There is an encounter between Australian and Pacific plates around Papua Island. Meanwhile, the encounter between those three plates occurs around Sulawesi. That is why the islands around the encounter of 3 plates experience earthquake frequently. Earthquake disaster results in building structure damage. During the earthquake, the structure is expected to have ability of receiving earthquake force at certain level without significant damage or when the structure of building should collapse, it can provide nonlinear behavior to post-elastic condition so that the security of building against the earthquake and the residents' life safety will be more guaranteed. Seismic is an important to building structure as the part of concrete performance reevaluation procedure in dealing with the effect of earthquake disaster. The performance evaluation can be done using pushover nonlinear static analysis referring to ATC-40 & FEMA. Considering the background above, An Evaluation was conducted on the multistoried building structure performance with Pushover Analysis. This research aimed to find out the performance of building by the mechanism of plastic joint establishment in column beam and the relationship between base shear and the displacement in pushover curve and seismic demand curve. The method employed was a nonlinear pushover statistic analysis using ETABS program. The conclusion of research showed that the friction force of pushover evaluation was 3325.592 tons to x direction and 3832.873 to y direction, while the displacement value was 0.175 to x and 0.261 m to y. The displacement of building did not exceed the maximum displacement, so that the building was safe to disaster earthquake. The maximum total drift was 0.00340 to y and 0.00507 to y < 0.01. Thus, the building belonged to Immediate Occupancy (IO) performance level.

**Keywords:** Pushover Analysis, Spectrum Demand, plastic joint

## Abstrak

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng besar di dunia yaitu lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Lempeng Eurasia dan Australia yang saling menumuk di lepas pantai barat Pulau Sumatera, lepas pantai selatan pulau Jawa, lepas pantai Selatan kepulauan Nusa Tenggara, dan berbelok ke arah utara ke perairan Maluku sebelah selatan. Antara lempeng Australia dan Pasifik terjadi pennumukan di sekitar Pulau Papua. Sementara pertemuan antara ketiga lempeng itu terjadi di sekitar Sulawesi. Itulah sebabnya mengapa di pulau-pulau sekitar pertemuan 3 lempeng itu sering terjadi gempa bumi. Bencana gempa menyebabkan terjadi kerusakan struktur bangunan. Saat terjadi gempa, diharapkan bangunan mampu menerima gaya gempa pada level tertentu tanpa terjadi kerusakan yang signifikan pada strukturnya atau apabila struktur bangunan harus mengalami keruntuhan mampu memberikan perilaku nonlinear pada kondisi pasca-elastik sehingga tingkat keamanan bangunan terhadap gempa dan keselamatan jiwa penghuninya lebih terjamin. seismik terhadap struktur bangunan, merupakan hal penting sebagai bagian langkah Re-evaluasi kinerja konkret dalam penanggulangan dampak dari bencana gempa. Evaluasi kinerja dapat dilakukan dengan analisis *static nonlinear pushover* yang mengacu pada ATC-40 & FEMA. Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis *Pushover*. Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui kinerja gedung berdasarkan mekanisme terbentuknya sendi plastis pada balok kolom serta hubungan *base shear* dengan *displacement* pada kurva *pushover* dan kurva *seismic demand*. Metode yang digunakan adalah analisis statik *nonlinear pushover* dengan menggunakan program ETABS. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa gaya geser dari evaluasi kinerja *pushover* pada arah x sebesar 3325,592 ton, arah y sebesar 3832,873 ton Nilai *displacement* adalah 0,175 m arah x dan 0,261 m arah y. *Displacement* pada gedung tidak melampaui *displacement* maksimal, sehingga gedung aman terhadap gempa rencana. Maksimum total *drift* adalah 0,00340 arah x dan 0.00507 arah y < 0.01. Sehingga gedung termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy (IO)*, dimana terjadi kerusakan kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadi gempa.

**Kata kunci :** Analisis *Pushover* , Demand Spektrum, sendi plastis

## PENDAHULUAN

Gempa adalah Getaran pada permukaan tanah. Posis Indonesia (Rawan Gempa) yaitu berada di pertemuan lempeng tektonik ( Eurasia, Pasifik, Filipina, dan Indo-Australia) dan mempunyai banyak gunung berapi. Gempa bersifat merusak bangunan. Getaran gempa bersifat merusak segala sesuatu yang ada di permukaan bumi seperti struktur bangunan. Diperlukan suatu analisis mengenai kinerja struktur bangunan terhadap gempa bumi untuk

mengetahui kondisi bangunan pasca gempa sehingga dapat meminimalisir adanya kerusakan pada struktur bangunan. Bila gempa bumi terjadi, maka struktur bangunan akan ikut terpengaruh oleh getaran gempa. Selanjutnya struktur bangunan akan merespon gempa tersebut. Struktur akan beresonansi memberikan gaya-gaya dalam. Apabila gaya gempa lebih kecil dari gaya dalam struktur, maka struktur akan kuat dan aman menahan beban gempa. Sebaliknya bila gaya gempa lebih besar dari gaya dalam struktur, maka struktur tidak kuat dan tidak aman menahan beban gempa selanjutnya terjadi keruntuhan struktur.

Menurut SNI-1726-2002 pasal 1.3 dilakukannya perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung bertujuan untuk :

- Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
- Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
- Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang
- Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Menurut Dewobroto (2005), Proses evaluasi tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai kejadian gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (*level of damage*), ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang akan terjadi. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis *Pushover* dapat dilakukan dengan cara pemberian beban dorong statik pada pusat masa tiap lantai untuk mendapatkan pola keruntuhan dan bagian- bagian gedung mana sajakah yang perlu lebih diperhatikan, besar perpindahan dan gaya geser maksimal.

## METODE

Metode pada penelitian ini adalah metode analisis yang dibantu dengan *software* ETABS . Analisis dilakukan dengan cara pemodelan struktur gedung dari mulai kolom, balok, pelat lantai, dan struktur gedung lainnya ke dalam *software*. Setelah pemodelan selesai baru dilakukan analisis dari hasil *output* ETABS

Tabel 1. Deskripsi gedung

Diskripsi gedung	Keterangan
Sistem struktur	<i>Dual system Wall-frame</i> beton bertulang
Fungsi gedung	Tempat hunian / hotel / <i>apartement</i>
Jumlah lantai	11
Luas lantai tipikal	1260,66 m <sup>2</sup>
Elevasi tertinggi gedung	+ 45,2 m
Elevasi terendah gedung	9,5 m
Tinggi lantai tipikal	3,2 m
Jumlah lantai <i>basement</i>	3
Kedalaman <i>basement</i>	9,5 m
Luas total gedung termasuk <i>basement</i>	28255,02 m <sup>2</sup>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton yang digunakan dalam bangunan yang diteliti menggunakan K-350. Mutu tersebut digunakan untuk semua struktur bangunan baik struktur atas ataupun struktur bawah. Nilai  $f_c$  beton K-350 adalah 29,61 MPa dengan modulus elastisitas  $E_c$  adalah 25576,224 MPa.

Tabel 2. Rekapitulasi berat struktur per lantai

No	Lantai	Beban Mati		Beban Hidup(ton)	Beban Total(ton)
		Struktur(ton)	Tambahan(ton)		
1	Atap LMR	89,166	9,429	3,693	102,288
2	Atap	951,049	83,241	32,601	1066,891
3	Lantai 10	1380,090	175,988	94,550	1650,627
4	Lantai 9	1439,719	175,988	94,550	1710,257
5	Lantai 8	1457,692	175,988	94,550	1728,230
6	Lantai 7	1457,692	175,988	94,550	1728,230
7	Lantai 6	1457,692	175,988	94,550	1728,230

Lanjutan Tabel

8	Lantai 5	1457,692	175,988	94,550	1728,230
9	Lantai 4	1457,692	175,988	94,550	1728,230
10	Lantai 3	1510,403	175,988	94,550	1780,940

11	Lantai 2	2342,629	552,543	182,097	3077,269
12	Lantai 1	3003,422	386,587	207,693	3597,702
13	Lantai 1'	110,173	19,544	10,500	140,217
14	Lantai dasar	2673,217	347,371	186,625	3207,212
15	Lantai dasar'	841,391	62,582	24,510	928,483
16	Basement 1	2939,549	330,125	378,729	3648,404
17	Basement 2	3446,288	259,965	298,239	4004,492
18	Basement 3	3061,299	198,024	642,240	3901,563
	Jumlah				<b>37457,496</b>

Pembuatan grafik respon spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai  $S_1$  0,32 g dan  $S_s$  0,76 g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai  $F_a$  1,196 dan  $F_v$  1,760.

$$S_{DS} = 2/3 \times F_a \times S_s \dots\dots\dots [1]$$

$$S_{D1} = 2/3 \times F_v \times S_1 \dots\dots\dots [2]$$

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 maka nilai  $S_{DS}$  adalah 0,606 dan  $S_{D1}$  adalah 0,375.

$$T_0 = 0,2(S_{D1} / S_{DS}) \dots\dots\dots [3]$$

$$T_s = (S_{D1} / S_{DS}) \dots\dots\dots [4]$$

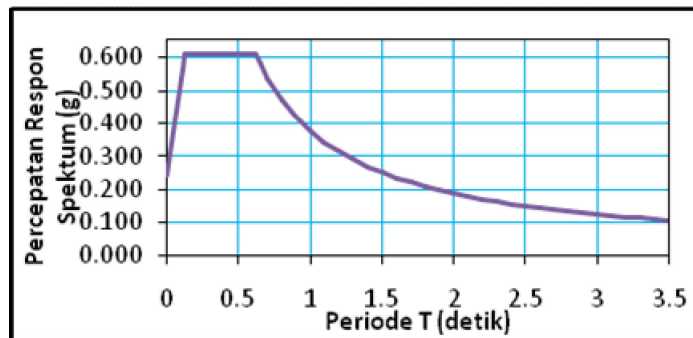
$$S_a \text{ untuk nilai } T = 0, \quad S_a = 0,4 S_{DS} \dots\dots\dots [5]$$

$$S_a \text{ untuk saat di } T_0 \leq T \leq T_s, \quad S_a = S_{DS} \dots\dots\dots [6]$$

$$S_a \text{ untuk nilai } T < T_0, \quad S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0)) \dots\dots\dots [7]$$

$$S_a \text{ untuk nilai } T > T_s, \quad S_a = (S_{D1} / T) \dots\dots\dots [8]$$

Sesuai persamaan 3 sampai 8 dapat dibuat grafik respon spektrum gempa rencana sesuai dengan lokasi bangunan.



Gambar 1. Grafik respon spektrum gempa rencana

Beban-beban lain yang diperhitungkan dalam pemodelan di ETABS adalah beban tekanan tanah pada dinding *basement* dan beban tekanan *uplift* pada *basement* paling dasar. Besarnya tekanan dinding *basement* 3,857 t/m<sup>2</sup> dan tekanan *uplift* 34,335 kN/m<sup>2</sup>. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil analisis *bored log* yang dilengkapi dengan data laboratorium dan berdasarkan letak M.A.T. atau muka air tanah.

**Perhitungan Periode getar**

Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ )

Periode getar arah x

$$T_a \text{ minimum} = C_t h_n^x \dots\dots\dots [9]$$

$$C_t = 0,0488 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$x = 0,75 \quad (\text{Table 15 SNI 1726-2012})$$

$$h_n = 54,7 \text{ m} \quad (\text{Tinggi gedung})$$

Berdasarkan persamaan 9, nilai  $T_a$  minimum adalah 0,982 detik.

$$T_a \text{ maksimum} = C_u T_a \text{ minimum} \dots\dots\dots [10]$$

$$C_u = 1,4 \quad (\text{Table 14 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan persamaan 10, nilai  $T_a$  maksimum adalah 1,374 detik.

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah x adalah 2,120 detik. Karena  $T_a$  pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka  $T_a$  yang digunakan adalah  $T_a$  maksimal yaitu 1,374 detik.

Periode getar arah y

Untuk nilai  $T_a$  minimum dan  $T_a$  maksimum pada arah y sama dengan nilai pada arah x.

$T_a$  minimum = 0,982 detik

$T_a$  maksimum = 1,374 detik

Nilai periode getar alami bangunan dari program ETABS pada arah y adalah 2,342 detik. Karena  $T_a$  pada ETABS lebih besar dari syarat maksimal, maka  $T_a$  yang digunakan adalah  $T_a$  maksimal yaitu 1,374 detik.

### Koefisien Respon Seismik ( $C_s$ )

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, penentuan koefisien respon seismik suatu bangunan sama seperti penentuan periode getar bangunan yaitu terdapat batasan nilai minimum dan nilai maksimum berdasarkan arah bangunannya

$C_s$  arah x

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \dots \dots \dots [11]$$

$$S_{DS} = 0,606$$

$$I_e = 1,00 \quad (\text{Tabel 2 SNI 1726-2012})$$

Berdasarkan persamaan 11, nilai  $C_s$  minimum adalah 0,0267

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots \dots \dots [12]$$

$$S_{D1} = 0,375$$

$$R = 7 \quad (\text{Tabel 9 SNI 1726-2012})$$

$$T = 1,374 \text{ detik}$$

Berdasarkan persamaan 12, nilai  $C_s$  maksimum adalah 0,0390

$$C_s \text{ hitungan} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots \dots \dots [13]$$

Berdasarkan persamaan 13, nilai  $C_s$  hitungan adalah 0,0866. Karena  $C_s$  hitungan bernilai lebih dari  $C_s$  pada batas maksimal, maka  $C_s$  yang dipakai adalah  $C_s$  maksimum yaitu 0,0390

$C_s$  arah y

Gedung pada arah y sama-sama memiliki dinding geser sehingga nilai R adalah 7 sama pada arah x.  $C_s$  minimum,  $C_s$  maksimum, dan  $C_s$  hitungan mempunyai nilai yang sama pada arah x.

### Gaya Geser Dasar Seismik

Di dalam SNI 1726-2012 dijelaskan bahwa gaya geser seismik ditentukan dengan perkalian Koefisien respon Seismik dengan berat total gedung.

$$V = C_s \cdot W_t \dots \dots \dots [14]$$

Karena nilai  $C_s$  arah x dan arah y sama, maka besarnya gaya geser pada gedung mempunyai nilai yang sama. Berdasarkan persamaan 14 maka nilai V adalah 1462,089 ton.

### Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 gaya gempa lateral (F) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut

$$F = C_{vx} \cdot V \dots \dots \dots [15]$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \dots \dots \dots [16]$$

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal gaya gempa  $W_i$  dan  $W_x$  = berat tingkat struktur

V = gaya lateral atau gaya geser struktur  $h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dasar sampai tingkat i

K = eksponen terkait dengan periode,  $T \leq 0,5$  maka  $k = 1$  dan  $T \geq 2,5$  maka  $k = 2$

Nilai T dan V baik arah x maupun y adalah sama, sehingga distribusi vertikal gaya gempa arah x dan arah y bernilai sama. Perhitungan distribusi vertikal gempa dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 3. Distribusi vertikal gaya gempa dan arah pembebanan

Lantai	Tinggi (m)	Berat (ton)	$W_x h_x^k$	$C_{vx}$	F = $C_{vx}$ V (ton)	100%	30%
Atap LMR	54,700	102,288	32,170,392	0,009	13,658	13,658	4,097
Atap	51,500	1,066,891	307,699,589	0,089	130,632	130,632	39,190
Lantai 10	48,300	1,650,627	434,128,794	0,126	184,307	184,307	55,292
Lanjutan Tabel							
Lantai 9	45,100	1,710,257	407,613,097	0,118	173,050	173,050	51,915
Lantai 8	41,900	1,728,230	370,557,402	0,108	157,318	157,318	47,195
Lantai 7	38,700	1,728,230	330,576,351	0,096	140,345	140,345	42,103
Lantai 6	35,5	1,728,230	292,015,703	0,085	123,974	123,974	37,192

Lantai 5	32,3	1,728,230	254,946,314	0,074	108,236	108,236	32,471
Lantai 4	29,100	1,728,230	219,449,825	0,064	93,166	93,166	27,950
Lantai 3	25,900	1,780,940	191,283,062	0,056	81,208	81,208	24,362
Lantai 2	20,900	3,077,269	242,841,858	0,071	103,097	103,097	30,929
Lantai 1	15,500	3,597,702	184,768,964	0,054	78,443	78,443	23,533
Lantai 1'	12,900	140,217	5,531,065	0,002	2,348	2,348	0,704
Lantai dasar	9,500	3,207,212	81,507,278	0,024	34,604	34,604	10,381
Lantai dasar'	8,900	928,483	21,484,488	0,006	9,121	9,121	2,736
Basement 1	6,000	3,648,404	47,903,780	0,014	20,337	20,337	6,101
Basement 2	3,000	4,004,492	19,418,228	0,006	8,244	8,244	2,473
Basement 3	0,000	3,901,563	0	0	0	0	0
Total		37,457,496	3,443,896,191	1	<b>1,462,089</b>		

Arah gempa yang sebenarnya tidak dapat dipastikan. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka dalam SNI disebutkan bahwa pembebanan gempa arah utama dianggap efektif sebesar 100% dan ditambah dengan pembebanan gempa sebesar 30% pada arah tegak lurus nya. Selanjutnya besarnya gaya tersebut dibebankan pada pusat massa struktur tiap-tiap lantai tingkat.

### Hasil Analisis *Displacement* Akibat Beban Kombinasi

Analisis dilakukan dengan *software* ETABS dan dari program tersebut didapatkan hasil *displacement* pada bangunan yang diteliti. Selanjutnya dari berbagai kombinasi yang digunakan diambil nilai *displacement* yang paling besar.

Tabel 4. Kombinasi pembebanan yang digunakan

Kombinasi 1	1,4 D	1,4 D+ 1,4 SIDL
Kombinasi 2	1,2 D + 1,6 L	1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 L
Kombinasi 3	0,9 D ± 1,0 E	0,9 D + 0,9 SIDL + 1,0 EQX
Kombinasi 4		0,9 D + 0,9 SIDL + 1,0 EQY
Kombinasi 5		0,9 D + 0,9 SIDL - 1,0 EQX
Kombinasi 6		0,9 D + 0,9 SIDL - 1,0 EQY
Kombinasi 7	1,2 D + 1,0 L ± 1,0 E	1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L + 1,0 EQX
Kombinasi 8		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L + 1,0 EQY
Kombinasi 9		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L - 1,0 EQX
Kombinasi 10		1,2 D + 1,2 SIDL + 1,0 L - 1,0 EQY

Tabel 5. *Displacement* maksimal gedung hasil output ETABS

No	Lantai	Elevasi (m)	Statik Ekuivalen <i>Displacement</i> (m)	
			Arah X	Arah Y
1	Atap	51,500	0,0877	0,1168
2	Lantai 10	48,300	0,0836	0,1073
3	Lantai 9	45,100	0,0783	0,0982
4	Lantai 8	41,900	0,0722	0,0887
5	Lantai 7	38,700	0,0652	0,0789
6	Lantai 6	35,500	0,0579	0,0687
7	Lantai 5	32,300	0,0500	0,0582
8	Lantai 4	29,100	0,0417	0,0476
9	Lantai 3	25,900	0,0356	0,0371
10	Lantai 2	20,900	0,0197	0,0244
11	Lantai 1	15,500	0,0089	0,0135
12	Lantai dasar	9,500	0,0005	0,0017
13	Basement 1	6,000	0,0044	0,0066
14	Basement 2	3,000	0,0044	0,0057
15	Basement 3	0	0	0

Tabel 6. Level kinerja struktur gedung berdasarkan ATC-40

Parameter	Statik Ekuivalen

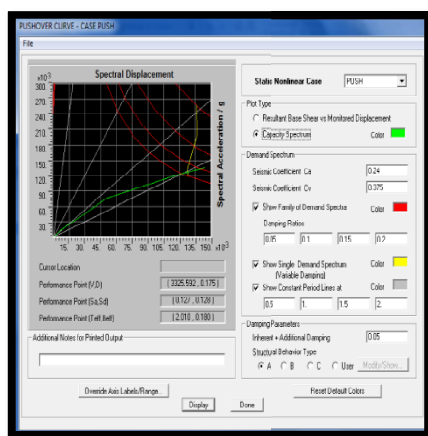
	Arah X	Arah Y
Maksimum Total Drift	0,00170	0,00227
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Maksimum Total Inelastik Drift	0,00162	0,00216
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>

### Analisis Pushover

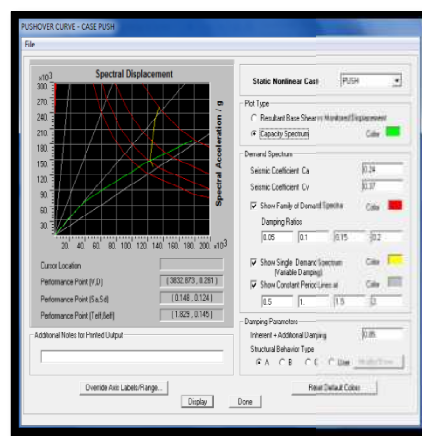
Hasil analisis *Pushover* berupa kurva kapasitas dan kurva kapasitas spektrum. Kurva kapasitas adalah kurva hubungan antara besar percepatan tanah terhadap periode waktu, sedangkan kurva kapasitas spektrum adalah gabungan antara kurva kapasitas dengan kurva *demand* spektrum rencana. perpotongan antar akurva kapasitas dengan kurva *demand* spektrum dinamakan *performance point* yaitu titik kinerja maksimal gedung.

Tabel 7. Nilai *Performance Point* menggunakan ETABS

Arah sumbu	V (ton)	D (m)	Sa (g)	Sd (m)	Teff (dtk)	Beff (%)
X	3325,592	0,175	0,127	0,128	2,010	18,0
Y	3832,873	0,261	0,148	0,124	1,829	14,5



Gambar 2. *Performance Point* Arah x



Gambar 3. *Performance Point* Arah y

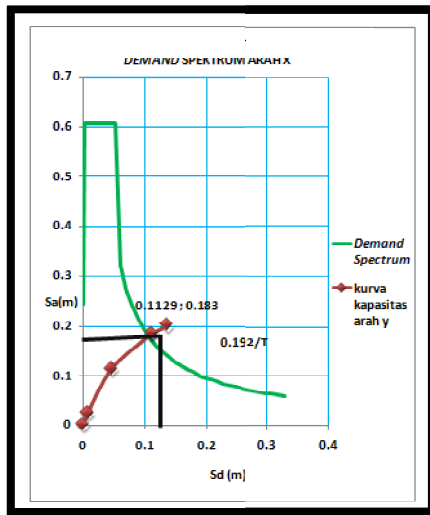
Tabel 8. Level kinerja struktur gedung berdasarkan ATC-40

Parameter	Pushover	
	Arah X	Arah Y
Maksimum Total Drift	0,00340	0,00507
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>
Maksimum Total Inelastik Drift	0,00331	0,00496
<i>Performance Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Immediate Occupancy</i>

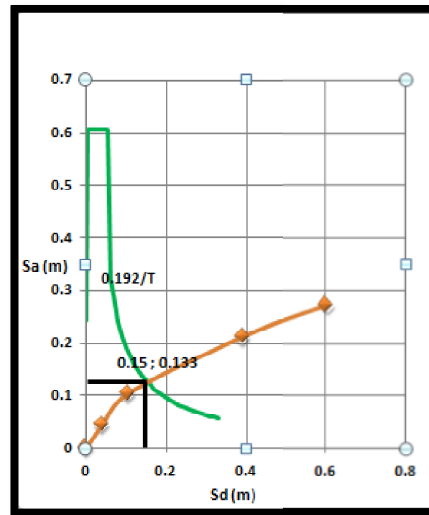
Tabel 9. Nilai *Performance Point* menggunakan perhitungan format ADRS menurut ATC 40

Arah sumbu	PF	X Roof	Sa (g)	Sd (m)	H	X Roof/H
X	1,460	0,164	0,112	0,183	51,50	0,0032
Y	1,569	0,235	0,15	0,133	51,50	0,0045

Nilai  $x_{roof} < 0,01$  maka pola keruntuhan termasuk *Immediate Occupancy* (IO) dimana terjadi kerusakan kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadi gempa.



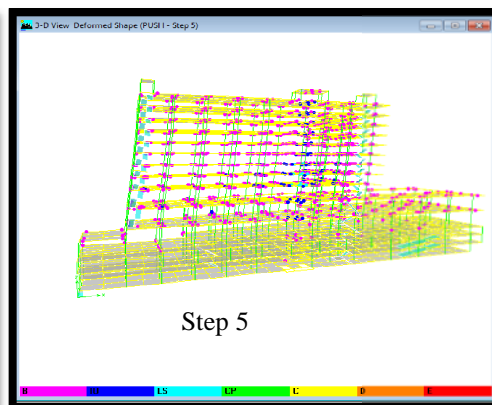
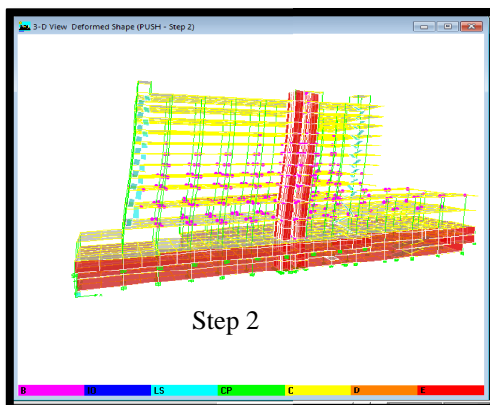
Gambar 4. Performance Point Arah x Format ADRS



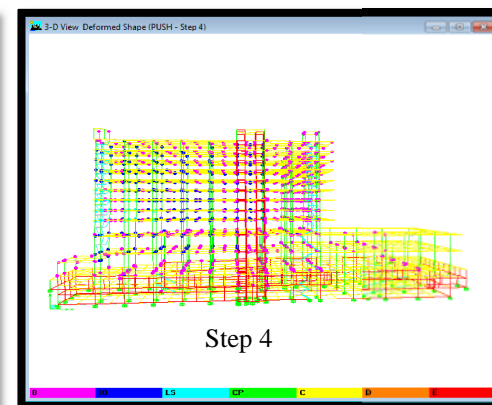
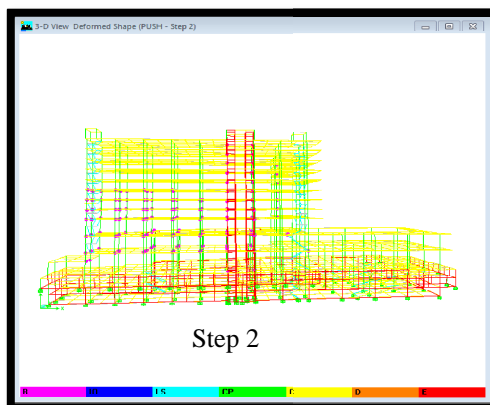
Gambar 5. Performance Point Arah y Format ADRS

### Penentuan Sendi Plastis

Sendi plastis merupakan ketidakmampuan elemen struktur menahan gaya dalam. Perencanaan suatu bangunan harus sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah. Apabila terjadi suatu keruntuhan struktur, maka yang runtuh adalah baloknya dahulu. Apabila kolomnya runtuh dahulu maka struktur langsung hancur. Pada gedung yang ditinjau arah x sendi plastis terjadi pada step ke 2 dan mengalami runtuh pada step 5 sedangkan pada arah y sendi plastis terjadi pada step 2 dan runtuh pada step 4 hal ini ditunjukkan dengan adanya salah satu elemen struktur yang mengalami *collapse*. Pada analisis *Pushover* apabila salah satu elemen struktur yang mengalami *collapse* maka ETABS nya akan berhenti iterasi karena system gedung apabila salah satu elemen struktur yang hancur maka sangat berpengaruh pada elemen struktur lainnya.



Gambar 6 .Sendi Plastis pada arah x



Gambar 7. Sendi Plastis pada arah y

## SIMPULAN

simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa gaya geser dari evaluasi kinerja *pushover* pada arah x sebesar 3325,592 ton, arah y sebesar 3832,873 ton Nilai *displacement* adalah 0,175 m arah x dan 0,261 m arah y. *Displacement* pada gedung tidak melampaui *displacement* maksimal, sehingga gedung aman terhadap gempa rencana. Maksimum total *drift* adalah 0,00340 arah x dan 0,00507 arah y < 0.01 , sehingga gedung termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy (IO)*, dimana terjadi kerusakan kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadi gempa.

## REKOMENDASI

Pemodelan struktur pada *software* ETABS harus dilakukan secara teliti dan dimodelkan sesuai dengan gambar acuan yang digunakan. Selain itu penelitian yang selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah analisis kinerja gedung dengan metode dan acuan yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk membandingkan hasil analisis yang telah dilakukan. Analisis *Pushover* dicoba pada gedung-gedung lainnya dengan tinjauan FEMA.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Edy Purwanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 dalam penelitian ini. Terima kasih kepada ayah, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa serta semangatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

## REFERENSI

- ATC- 40. (1996). "*seismic evaluation and retrofit of concrete building volume 1 california* ", seismic safety commission state of California.
- Badan Standardisasi Nasional, 1989, "*Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989*", BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002*", BSN, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, "*Peta Hazard Gempa Indonesia*", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dewobroto, W. (2005). "Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover". Jurusan Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan. Surabaya.
- Prasetya, B.A. (2011). "Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Prosedur A Menggunakan Software ETABS V 9.50", Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pranata, Y.A. (2006). "Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis Jurnal Teknik Sipil Vol. 3 No. 1", Januari 2006, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Setiawan, H.B. (2013). "Evaluasi Perilaku Gedung Solo *Center Point* Dengan Metode Analisis Pushover Menggunakan Program ETABS V 9.50", Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Satyarno, I. (2010). "Analisis Gempa *Static Nonlinear*", Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Satyarno, I. (2010). "Evaluasi dan Tindakan Pengurangan Kerentanan Bangunan Dalam Rangka Mitigasi Bencana Gempa". Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- SNI 03-1726-2012, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung", Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.