

# ANALISIS STATIK BEBAN GEMPA PADA PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG REKTORAT UNHASY TEBUIRENG JOMBANG

Titin Sundari<sup>1\*</sup>, Abdiyah Amudi, Totok Yulianto, Rahma Ramadhani

<sup>1</sup>Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng  
Jombang

\*Korespondensi: tari1273@yahoo.co.id

## ABSTRACT

*Static analysis is a simplification of dynamic analysis. Earthquake vibrations cause lateral forces at the base of the structure, and will be distributed on each floor of the building as lateral level forces. This analysis is suitable for regular building shapes. In accordance with SNI 1726: 2012, the value of the base shear force  $V$  is 103,039 kg for the X and Y directions. The displacement value is 54 mm and drift ratio  $\Delta < \Delta_a$  (allowable)*

**Keywords** : Analysis, base, displacement, drift, static, SNI 1726:2012

## 1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia sebagian besar daerahnya rawan gempa, untuk itu perencanaan gedung tahan gempa sangatlah penting. Hal ini telah diatur dalam standar gempa terbaru yaitu SNI 1726: 2012 tentang "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung" yang menggantikan standar sebelumnya yaitu SNI 03-1726-2002. Dalam perhitungan gaya gempa rencana ini bisa dihitung dengan analisis statik ekuivalen.

Analisis statik hanya untuk bangunan yang bentuknya beraturan dan yang diperhitungkan massa bangunan saja. Untuk analisis perhitungan beban gempa ini digunakan *software* SAP 2000 versi 14[1]. Hasil dari analisis ini didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*), *displacement*, dan simpangan antar lantai harus lebih kecil dari yang diijinkan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis beban statik ekuivalen merupakan analisis struktur yang mengasumsikan bahwa beban statik horizontal diperoleh dari pengaruh respon ragam getar gempa pertama. Analisis statik ini cocok untuk bangunan yang berbentuk beraturan, perhitungan beban gempa nominal dapat

diasumsikan sebagai beban gempa statik ekuivalen yang bekerja pada pusat massa lantai-lantai tingkat [2][3].

Berdasarkan SNI 03-1726-2002[4], persyaratan bangunan gedung beraturan sebagai berikut:

- (a) Tinggi maksimum 40 m atau 10 tingkat.
- (b) Denah gedung persegi panjang, tidak ada tonjolan dan jika ada harus  $\leq 25\%$  dari ukuran denah struktur gedung.
- (c) Denah struktur tidak ada coakan sudut dan jika ada, harus  $\leq 15\%$
- (d) Dalam arah vertikal tidak ada loncatan bidang muka sehingga luas menjulang  $< 75\%$  luas bagian bawahnya.
- (e) Sistem struktur, tanpa adanya tingkat lunak yaitu tingkat dengan kekakuan lateral  $< 75\%$  tingkat di atasnya.
- (f) Berat tiap lantai hampir sama, tidak ada berat yang  $> 150\%$  berat rata-rata.
- (g) Sistem struktur melalui sumbu-sumbu yang sejajar dan orthogonal.
- (h) Unsur vertikal penahan beban dan titik berat massa bangunan menerus ke bawah
- (i) Lubang pada lantai tingkat tidak melebihi 50% luas lantai.

Prosedur analisis beban gempa sesuai SNI 1726: 2012[2] untuk bangunan gedung adalah sebagai berikut, yaitu menentukan:

- (a) Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) dan kategori

- resiko struktur (I-IV)
- (b) Parameter gempa ( $S_s, S_I$ )
  - (c) Kelas situs ( $SA - SF$ )
  - (d) Koefisien situs dan parameter respons spektral gempa maksimum risiko-tertarget ( $MCE_R$ )
  - (e) Spektrum respons desain
  - (f) Kategori desain seismic/KDS (A-D)
  - (g) Sistem struktur dan parameternya ( $R, C_d, \Omega_o$ )
  - (h) Batasan Periode Fundamental Struktur ( $T$ )
  - (i) Geser Dasar Seismik

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8, gaya geser dasar seismic,  $V$ , dihitung dengan:

$$V = C_s \cdot W \quad (1)$$

$C_s$  = koefisien respon seismic  
 $W$  = berat seismic efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_E}\right)} \quad (2)$$

$S_{DS}$  = parameter percepatan respons desain periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respon

$I_E$  = faktor keutamaan gempa

$C_s$  pada rumus (2) tidak boleh lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_E}\right)} \quad (3)$$

dan tidak lebih kecil dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_E \geq 0,01 \quad (4)$$

Untuk struktur di lokasi  $S_1 \geq 0,6g$  maka  $C_s$  tidak lebih kecil dari

$$C_s = \frac{0,551}{\left(\frac{R}{I_E}\right)} \quad (5)$$

Dengan:

$S_{D1}$  = parameter percepatan respons desain periode 1 detik.

$T$  = periode fundamental struktur (detik).

$S_I$  = parameter percepatan respon maksimum yang dipetakan.

Gaya lateral ( $F_x$ ) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan rumus:

$$F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} V \quad (6)$$

Dengan,

$V$  = gaya gempa desain

$W_i (W_x)$  = berat total seismic efektif pada tingkat  $i$  atau tingkat  $x$

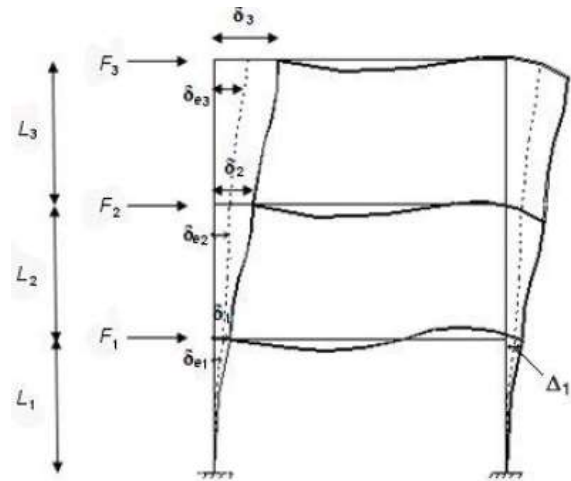
$h_i (h_x)$  = tinggi tingkat  $i$  atau tingkat  $x$  (m)

$k$  = eksponen yang berhubungan dengan  $T$  struktur, yang besarnya:

$k = 1$ , dengan periode  $\leq 0,5$  detik.

$k = 2$ , dengan periode  $\geq 2,5$  detik.

$k$  = interpolasi linier antara 1 dan 2 dengan periode 0,5 detik sampai dengan 2,5 detik. Simpangan antar lantai, sesuai SNI 1726:2012 seperti **Gambar 1**.



### Tingkat 3

$F_3$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e3}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_3 = C_d \delta_{e3} / I_E$  = perpindahan yang diperbesar

$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_E \leq \Delta_a$  (Tabel 16)

### Tingkat 2

$F_2$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e2}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_2 = C_d \delta_{e2} / I_E$  = perpindahan yang diperbesar

$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_E \leq \Delta_a$  (Tabel 16)

### Tingkat 1

$F_1$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e1}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_1 = C_d \delta_{e1} / I_E$  = perpindahan yang diperbesar

$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta_a$  (Tabel 16)

$\Delta_i$  = Simpangan antar lantai

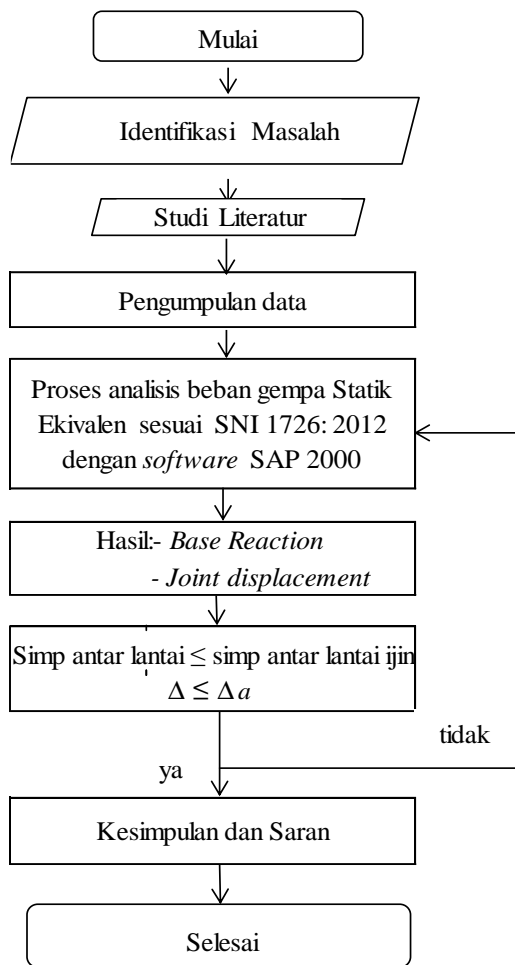
$\Delta_i / L_i$  = Rasio simpangan antar lantai

$\delta_3$  = Perpindahan total

**Gambar 1.** Simpangan Antar Lantai [2]

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kampus Universitas Hasyim Asy 'Ari dengan obyek penelitian beban gempa statik ekuivalen pada perencanaan struktur Gedung Rektorat Unhasy Tebuireng Jombang.

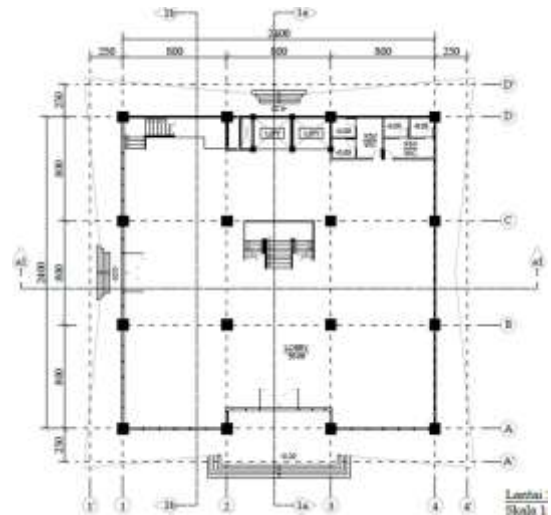


**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

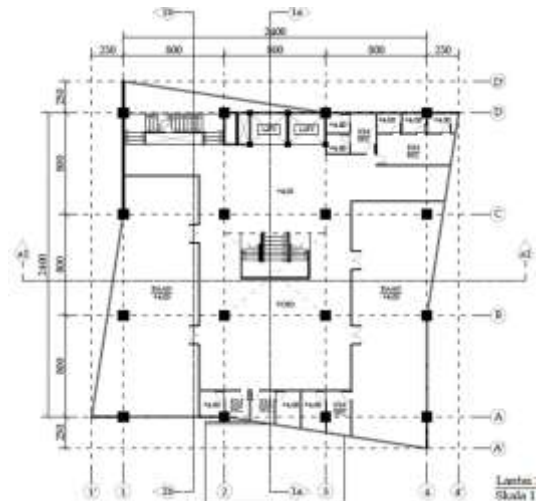
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Perencanaan

- Gambar rencana bangunan lantai sampai dengan lantai 8
- Mutu bahan  $f'_c = 30$  MPa  
 $f_y = 240$  MPa dan 400 MPa
- Penampang balok 350x600 mm<sup>2</sup>  
kolom 700x700 mm<sup>2</sup>  
pelat lantai tebal 130 mm  
pelat atap tebal 100 mm
- Data tanah, titik sondir:
  - (S-1), lapisan tanah keras 9,4 m.
  - (S-2), lapisan tanah keras 14,0 m.
  - (S-3), lapisan tanah keras 9,2 m.



**Gambar 3.** Rencana Lantai 1



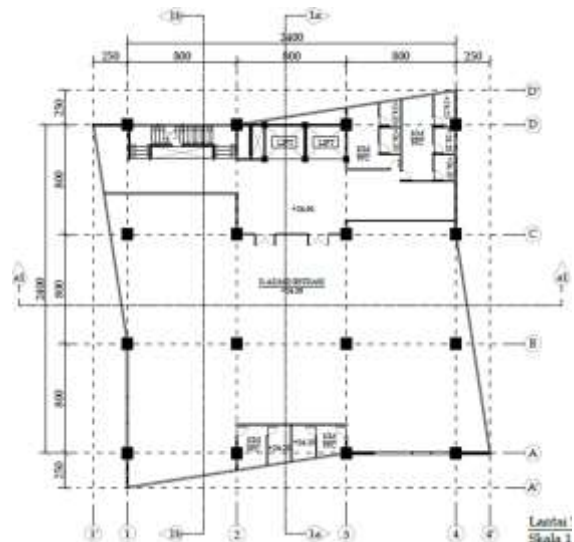
**Gambar 4.** Rencana Lanti 2



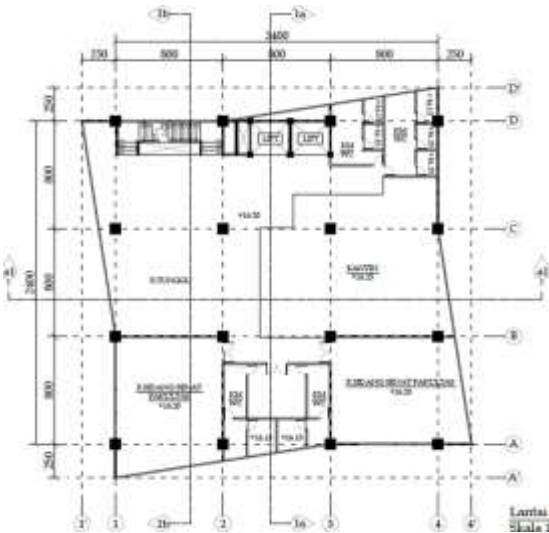
**Gambar 5.** Rencana Lantai 3



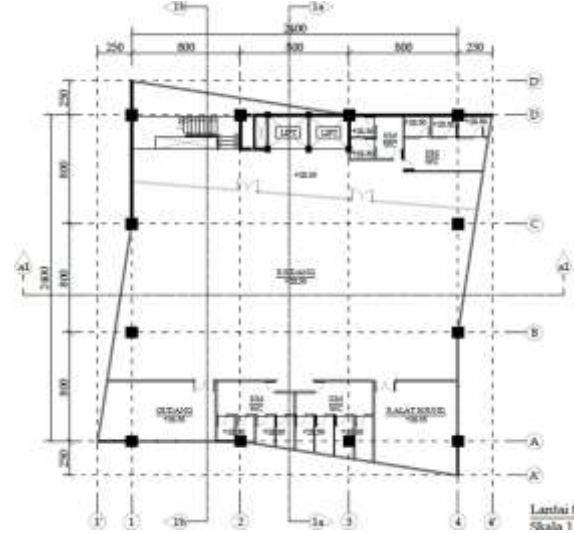
Gambar 6. Rencana Lantai 4



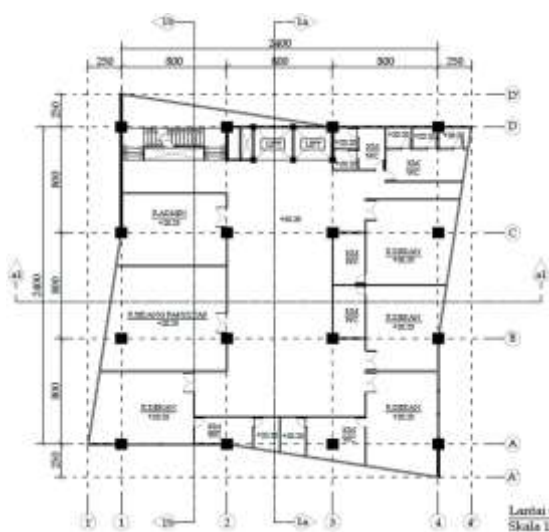
Gambar 9. Rencana Lantai 7



Gambar 7. Rencana Lantai 5



Gambar 10. Rencana Lantai 8



Gambar 8. Rencana Lantai 6

#### 4.2 Analisis Beban Gempa SNI 1726: 2012

- (a) Kategori resiko II,  $I_e = 1$
- (b) Parameter gempa  $S_S$  dan  $S_I$  [5]
- (c) Kelas situs = SC (batuan lunak, sangat padat, tanah keras)
- (d) Koefisien - koefisien dan parameter-parameter MCER (Tabel 1 dan 2)
- (e) Kategori desain seismik = D
- (f) Sistem struktur= SRPMK dengan parameter sistem faktor  $R = 8$ ;  $\Omega_0 = 3$ ;  $C_d = 5,5$
- (g) Periode fundamental struktur ( $T$ ) yang digunakan:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 32,4^{0,9} = 1,0663 \text{ detik}$$

$$T_c = 2,69369 \text{ detik}$$

$$C_u = 1,4$$

$C_u.T_a = 1,493$  detik

Jika  $T_c > C_u.T_a$  dipakai  $T = C_u.T_a$

$T_a < T_c < C_u.T_a$  dipakai  $T = T_c$

$T_c < T_a$  dipakai  $T = T_a$

$T_c > C_u.T_a$  dipakai  $T = 1,493$  detik detik untuk arah  $x$  dan  $y$ .

**Tabel 1.** Nilai Parameter Gempa

Parameter	Nilai
PGA (g)	0.368
S <sub>s</sub> (g)	0.734
S <sub>1</sub> (g)	0.303
C <sub>RS</sub>	1.004
C <sub>R1</sub>	0.944
F <sub>PGA</sub>	1.032
F <sub>A</sub>	1.106
F <sub>V</sub>	1.497
PSA (g)	0.38
S <sub>MS</sub> (g)	0.812
S <sub>M1</sub> (g)	0.454
S <sub>DS</sub> (g)	0.541
S <sub>D1</sub> (g)	0.302
T <sub>0</sub> (detik)	0.112
T <sub>s</sub> (detik)	0.558

**Tabel 2.** Nilai Spektral Respon Percepatan

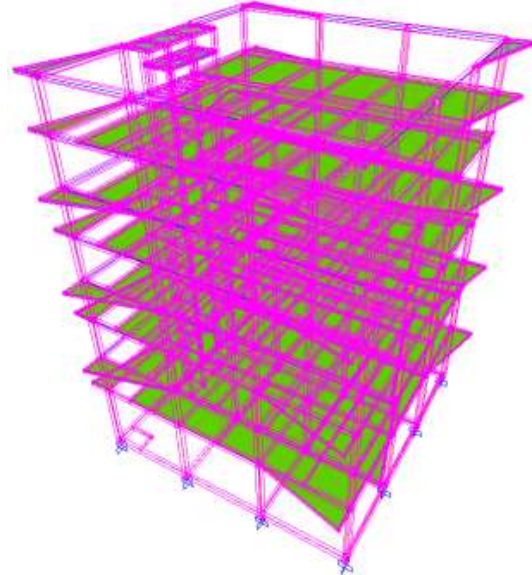
T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
-	-	Ts+1.6	0.134
0	0.216	Ts+1.7	0.128
To	0.541	Ts+1.8	0.123
Ts	0.541	Ts+1.9	0.118
Ts+0	0.459	Ts+2	0.114
Ts+0.1	0.399	Ts+2.1	0.11
Ts+0.2	0.352	Ts+2.2	0.106
Ts+0.3	0.316	Ts+2.3	0.102
Ts+0.4	0.286	Ts+2.4	0.099
Ts+0.5	0.261	Ts+2.5	0.096
Ts+0.6	0.24	Ts+2.6	0.093
Ts+0.7	0.223	Ts+2.7	0.09
Ts+0.8	0.207	Ts+2.8	0.087
Ts+0.9	0.194	Ts+2.9	0.085
Ts+1	0.182	Ts+3	0.083
Ts+1.1	0.172	Ts+3.1	0.08
Ts+1.2	0.163	Ts+3.2	0.078
Ts+1.3	0.154	Ts+3.3	0.076
Ts+1.4	0.147	4	0.076
Ts+1.5	0.14	-	-

(h) Gaya geser dasar seismik ( $V$ ) dan gaya lateral tingkat ( $F_i$ ) ditinjau dengan beban statik ekuivalen sesuai SNI 1726:

2012 dengan bantuan SAP 2000 V.14.

### 4.3 Gaya Geser Statik Ekuivalen

(a) Pemodelan Struktur



**Gambar 11.** Pemodelan Struktur

(b) Mendefinisikan respon spectrum gempa rencana

(c) Berat seismic struktur, dari hasil SAP 2000 diperoleh berat sendiri struktur kemudian ditambahkan berat mati dan beban hidup sehingga diperoleh berat seismic struktur,  $W = 4.072.678$  kg seperti ditabelkan pada **Tabel 3.**

**Tabel 3.** Berat Seismik Struktur ( $W$ )

Lantai	B. mati tambahan (kg)	B. hidup tambahan (kg)	Berat sendiri (kg)	Beban total (kg)
LANTAI DASAR	0	0	185,207	185,207
LANTAI 1 (+4.05)	82,520	55,440	283,157	420,917
LANTAI 2 (+8.10)	82,520	55,440	282,941	420,701
LANTAI 3 (+12.15)	90,552	60,984	282,941	434,477
LANTAI 4 (+16.20)	90,552	60,984	282,941	434,477
LANTAI 5 (+20.25)	90,552	60,984	282,941	434,477
LANTAI 6 (+24.30)	90,552	60,984	282,941	434,477
LANTAI 7 (+28.35)	90,552	60,984	283,372	435,108
ATAP LIFT (+30.55)	713	375	8,820	9,908
ATAP GEDUNG (+32.40)	3,648	1,920	66,915	72,473
			790,459	790,459
Beban total, W =				4.072.678

(d) Menghitung nilai gaya geser dasar seismik,

$$V = C_s \cdot W$$

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,541}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0,067625$$

$$C_{s maks} = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,302}{1,493 \left( \frac{8}{1} \right)} = 0,025285$$

$$C_{s min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,541 \cdot 1 = 0,0238 \geq 0,01$$

Maka dipakai nilai  $C_s = 0,0253$  sehingga diperoleh nilai,  $V = 0,0253 \times 4.072.678 = 103.039 \text{ kg}$

- (e) Menghitung gaya lateral gempa  
 Nilai gaya lateral tingkat statik ekuivalen ( $F_i$ ) seperti pada Tabel 4 dengan nilai  $k = 2$ .

**Tabel 4.** Gaya Lateral Gempa Tiap Tingkat

Tingkat Lantai	Beban Total (kg)	z (m)	z <sup>k</sup>	W <sub>i</sub> z <sup>k</sup>	F <sub>i</sub> = $\frac{W_i z^k}{\sum W_i z^k} V$ (kg)
LANTAI DASAR	185.207				
LANTAI 1 (+4.05)	420.917	4.05	16.40	6.904.085	657
LANTAI 2 (+8.10)	420.701	8.10	65.61	27.602.149	2.628
LANTAI 3 (+12.15)	434.477	12.15	147.62	64.138.518	6.106
LANTAI 4 (+16.20)	434.477	16.20	262.44	114.024.049	10.854
LANTAI 5 (+20.25)	434.477	20.25	410.06	178.162.577	16.960
LANTAI 6 (+24.30)	434.477	24.30	590.49	256.554.111	24.422
LANTAI 7 (+28.35)	435.108	28.35	803.72	349.706.411	33.290
ATAP LIFT (+30.55)	9.908	30.55	933.30	9.246.695	880
ATAP GEDUNG (+32.40)	72.473	32.40	1049.76	76.078.879	7.242
$\sum W_i$	4.072.678				
			$\sum (W_i z^k)$	1.082.417.504	

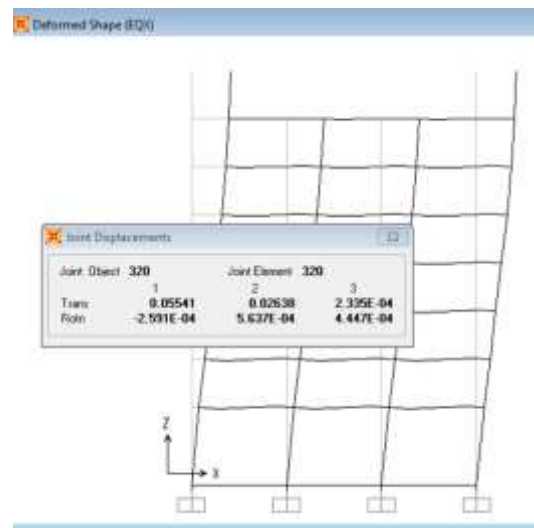
- (e) *Input* beban lateral gempa arah X dan Y  
 Pada kasus beban EQX, diberikan beban gempa arah X 100% dan arah Y 30%. Begitu pula sebaliknya, pada kasus beban EQY diberikan beban gempa arah Y sebesar 100% dan arah X sebesar 30% (**Tabel 5**).

**Tabel 5.** Beban Lateral per Tingkat Arah X dan Y

Tingkat Lantai	Gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus	
	F <sub>i</sub> (kg)	30% F <sub>i</sub> (kg)
LANTAI DASAR		
LANTAI 1 (+4.05)	657	197
LANTAI 2 (+8.10)	2.628	788
LANTAI 3 (+12.15)	6.106	1.832
LANTAI 4 (+16.20)	10.854	3.256
LANTAI 5 (+20.25)	16.960	5.088
LANTAI 6 (+24.30)	24.422	7.327
LANTAI 7 (+28.35)	33.290	9.987
ATAP LIFT (+30.55)	880	264
ATAP GEDUNG (+32.40)	7.242	2.173

- (f) Simpangan antar lantai  
 Untuk mengetahui kinerja batas layan dan ultimat, diperlukan data hasil simpangan per

lantai dengan menampilkan deformasi akibat EQX (**Gambar 12**) atau EQY (**Gambar 13**).



**Gambar 12.** Deformed Shape (EQX)



**Gambar 13.** Deformed Shape (EQY)

Perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat tearatas dan terbawah digunakan untuk menentukan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ). Simpangan antar lantai arah sumbu X diambil Portal B (Tabel 6) dan arah sumbu Y diambil Portal 2 (Tabel 7).

Sedangkan simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) =  $0,020 h_{sx}$   
 =  $0,020 \times 4050\text{mm} = 81\text{mm}$   
 Karena  $\Delta_i < \Delta_a \implies \text{OK!} \dots$

**Tabel 6.** Simpangan Antar Lantai (EQx)

Tingkat lantai	h <sub>sx</sub> (mm)	joint	δ <sub>ei</sub> (mm)	$\Delta i = \frac{(\delta_{ei} - \delta_{ei'}) \times Cd}{I_e}$ (mm)	Δa = 0,02 × h <sub>sx</sub> (mm)
Atap	4050	320	55.40	13.75	81
Lantai 7	4050	264	52.90	23.65	81
Lantai 6	4050	224	48.60	34.1	81
Lantai 5	4050	184	42.40	41.25	81
Lantai 4	4050	144	34.90	44	81
Lantai 3	4050	91	26.90	45.65	81
Lantai 2	4050	47	18.60	45.1	81
Lantai 1	4050	6	10.40	57.2	81

**Tabel 7.** Simpangan Antar Lantai (EQy)

Tingkat lantai	h <sub>sx</sub> (mm)	joint	δ <sub>ei</sub> (mm)	$\Delta i = \frac{(\delta_{ei} - \delta_{ei'}) \times Cd}{I_e}$ (mm)	Δa = 0,02 × h <sub>sx</sub> (mm)
Atap	4050	318	52.00	12.1	81
Lantai 7	4050	262	49.80	20.9	81
Lantai 6	4050	222	46.00	31.9	81
Lantai 5	4050	182	40.20	39.05	81
Lantai 4	4050	142	33.10	41.8	81
Lantai 3	4050	106	25.50	42.9	81
Lantai 2	4050	49	17.70	43.45	81
Lantai 1	4050	8	9.80	53.9	81

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil, bahwa perhitungan manual sesuai SNI 1726 : 2012,

nilai gaya geser dasar *V* dari analisis statik didapatkan 103.039 kg untuk arah *x* dan *y*. Sedangkan simpangan antar lantai struktur lebih kecil dari simpangan antar lantai ijin ( $\Delta i < \Delta a$ ).

### 5.2 Saran

Nilai gaya geser dasar *V* statik ini bisa dipakai acuan untuk perencanaan struktur gedung rektorat Unhasy Tebuireng Jombang, karena bentuk gedungnya yang beraturan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Satyarno, Iman, dkk, Belajar SAP 2000 Analisis Gempa (seri 2), Yogyakarta: Zamil Publishing, 2012.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1726: 2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, BSN, 2012.
- [3] Indarto, Himawan, dkk, Aplikasi SNI Gempa 1726: 2012 for Dummies, hand-out Shortcourse Teknik Sipil UNNES 2013-A Tribute To Bambang Dewasa. 2013.
- [4] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, Bandung, 2003.
- [5] [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)