

# ANALISIS STRUKTUR BETON BERTULANG SRPMK TERHADAP BEBAN GEMPA STATIK DAN DINAMIK DENGAN PERATURAN SNI 1726 2012

Soelarso<sup>1)</sup>, Baehaki<sup>2)</sup>, Fajar Diantos Subhan<sup>3)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jln. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten

<sup>3)</sup> Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jln. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten.  
fajardsubhan@gmail.com

## INTISARI

Gempa bumi merupakan getaran yang terjadi akibat pelepasan energi yang menciptakan gelombang seismik. Indonesia merupakan Negara yang rawan terhadap gempa bumi karena memiliki tiga lempeng tektonik yang besar. Besarnya parameter gempa dan respon spektrum diatur dalam SNI 1726 2012 yang merupakan revisi dari SNI 03 1726 2002. Penelitian ini membahas tentang perencanaan struktur beton bertulang SRPMK dengan bangunan 9 lantai pada lokasi gempa di Serang dengan tanah keras dimodelkan pada program ETABS v.9.6. Material yang digunakan beton bertulang dengan  $f'_c$  30 Mpa. Pembebanan yang ditinjau meliputi beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) sesuai PPPURG 1987 dan beban horizontal (beban gempa dinamik respon spektrum dan statik ekuivalen) sesuai SNI 1726 2012. Struktur bangunan dianalisis terhadap, simpangan, perilaku struktur,  $p$ -delta dan torsi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pada dimensi kolom utama 550 mm x 550 mm balok utama 300 mm x 600 mm struktur gedung sudah mampu memikul beban gravitasi dan horizontal sesuai dengan faktor kenyamanan dan keamanan. Simpangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 26.4 mm (akibat respon spektrum) dan 25.85 mm (akibat statik ekuivalen) tidak melewati batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 67.31 mm, translasi tanpa mengalami torsi terjadi pada mode 1 dan 2, dan gaya geser dasar yang terjadi sebesar 1743.41 kN (akibat statik ekuivalen) dan 1481.9 kN (akibat respon spektrum).

**Kata Kunci :** Struktur beton bertulang, SRPMK, simpangan, torsi.

## ABSTRACT

*The earthquake is a vibration caused by the release of energy that creates seismic waves. Indonesia is a country prone to earthquakes due to have three major tectonic plates. The magnitude of the earthquake and the response spectrum parameters stipulated in SNI 1726 2012 which is a revision of SNI 03 1726 2002. This research discusses design of reinforced concrete structures SRPMK with 9-story building located in Serang and build on hard soil is modeled with program ETABS v.9.6. The material used is concrete reinforced with  $f'_c$  30 Mpa. The loads that included are gravity loads (dead load and live load) based on PPPURG 1987 and horizontal load (dynamic response spectrum earthquake load and static equivalent) based on SNI 1726 2012. The building structure is analyzed against drift,  $p$ -delta and torsion. Results from this research showed with the main column dimensions of 550 mm x 550 mm and beam dimension of 300 mm x 600 mm structure of the building has been able to bear gravity and horizontal load in accordance convenience and safety factor. Maximum story drift that occurs is 26.4 mm (due to response spectrum load) and 25.85 mm (due to static equivalent force) is still under limit story drift allowed of 67.31 mm, translation without rotation occurs in mode 1 and 2, and base shear force that occur at 1743.41 kN (due to static equivalent force) and 1481.9 kN (due to response spectrum load).*

**Keywords:** Design of reinforced concrete structures, SRPMK, story drift, torsion.

## 1. Pendahuluan

Gempa bumi merupakan getaran yang terjadi akibat pelepasan energi yang menciptakan gelombang seismik. Salah satu penyebabnya adalah pergeseran lempeng tektonik dan getaran yang diakibatkan meletusnya gunung api. Indonesia merupakan Negara yang rawan

terhadap gempa bumi karena memiliki pertemuan antara tiga lempeng tektonik yang besar yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo Australia. Besarnya parameter gempaan respon spektrum diatur dalam SNI 1726 2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk

struktur bangunan gedung dan non gedung) yang merupakan revisi dari SNI 03 1726 2002. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yoyong Afriadi dan ImanSatyarno (2013) didapati bahwa dalam jangka 10 tahun spektral desain di beberapa kota besar di Indonesia mengalami kenaikan dan sebagian kota mengalami penurunan nilai spectral desain, sehingga pada SNI lama sudah tidak relevan lagi untuk digunakan. Tingkat risiko gempa pada SNI gempa 2012 di bagi menjadi enam, yaitu kategori A, B, C, D, E dan F dimana masing-masing kategori tersebut mempengaruhi desain kategori seismik dalam perencanaan struktur untuk menentukan sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB), menengah (SRPMM) dan khusus (SRPMK). Masing-masing desain kategori seismik harus mampu menahan beban gempa terhadap simpangan, torsi, p delta pada gedung. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai perancangan struktur beton bertulang dilakukan perancangan gedung yang ditinjau berdasarkan SNI 1726 2012.

**2. Tinjauan Pustaka**

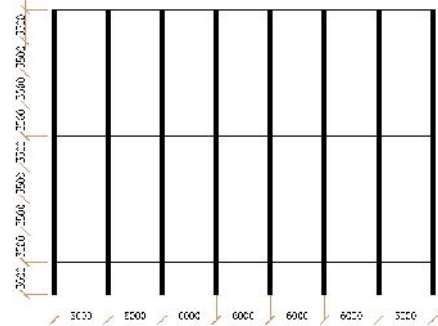
- a. Muhammad Rilly Aka Yogi, “Studi Komparatif *Fragility Curve* Desain Bangunan Beton Bertulang SRPMK dan SRPMM Wilayah Jakarta dengan peraturan RSNI 03-1726-201x”.
- b. Yoyong Afriadi dan ImanSatyarno (2013), “Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI gempa 2012 dan 2002”
- c. Regen Laudewik Kahiking J.D. Pangouw, R.E. Pandaleke “Evaluasi Struktur Kolom Kuat Balok Lemah pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Metode Desain Kapasitas”
- d. Achmad Damar Al Chamid (2012), “Perbandingan Tiga Metode Penentuan Sistem Ganda dari Struktur Portal-Dinding Geser Akibat Beban Gempa”.

**3. Metodologi Penelitian**

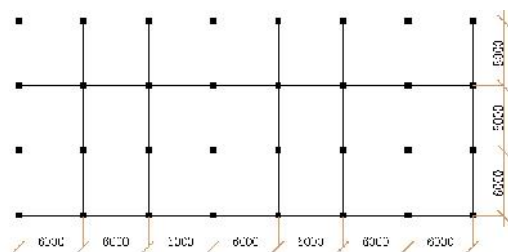
Analisis perbandingan desain struktur beton bertulang SRPMK dengan kategori desain seismik D sesuai dengan peraturan SNI 1726 2012 dan SNI 03 2847 2013. Model gedung 9 lantai direncanakan menggunakan program ETABS.

Tahapan pada penelitian ini adalah :

1. Studi pustaka, yaitu mencari referensi dan penelitian yang menjadi acuan dan membantu dalam penelitian yang dilakukan.
2. *Preliminary design*, yaitu langkah awal dalam menentukan dimensi struktur dengan rumus empiris yang ada serta menentukan geometri struktur (jumlah lantai).
3. Analisis pembebanan, meliputi beban horizontal (akibat beban gempa static dan dinamik) dan beban gravitasi (beban hidup dan mati).
4. Pemodelan gedung pada program ETABS sesuai dengan criteria perencanaan dan pembebanan yang ada.
5. Pemeriksaan hasil dari program ETABS untuk control kapasitas layan terhadap gempa sesuai SNI 1726 2012 yang meliputi analisis kenyamanan terhadap simpangan, torsi dan p-delta.
  - a. Deskripsi gedung :



**Gambar 1. Potongan Bangunan**



**Gambar 2. Denah Bangunan**

b. Data Umum gedung

- Fungsi Bangunan : Apartmen
- Luas bangunan : 756m<sup>2</sup>
- Tinggi bangunan : 31.5 m
- Tinggi antar lantai : 3.5 m
- Jumlah lantai : 9 lantai
- Lokasi : Serang

- c. Parameter struktur dan material
  - Mutubeton : 30 Mpa
  - Mutubesi
  - D < 12 mm, fy : 240 Mpa
  - D > 12 mm, fy : 400 Mpa
  - Ukuran balok Induk : 300 x 600
  - Ukuran balok Anak : 300 x 500
  - Ukuran kolom lt 6-9 : 450x450
  - Ukuran kolom lt 1-5 : 550 x 550
  - Tebal plat : 120 mm
  - KDS : D (SRPMK)

**4. Analisis dan Pembahasan**

a. Desain Kategori Seismik  
 Kategori seismic desain di bagi menjadi 3 kategori, yaitu SRPMB, SRPMM, SRPMK seperti dijelaskan pada gambar di bawah ini :

**Tabel 1. Tingkat risiko kegempaan**

Code	Tingkat Risiko Kegempaan (SNI 2847-201X)		
	Rendah	Menengah	Tinggi
R/SNI 1726-201X	KDS A, B	KDS C	KDS D, E, F

SRPMB/M/K SDSB/K	SRPMM/K SDSB/K	SRPMK SDSK
---------------------	-------------------	---------------

SRPM = SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
 SDS = SISTEM DINDING STRUKTUR  
 B; M; K = BIASA; MENENGAH; KHUSUS

(Sumber : Seminar HAKI 2011 “konsep SNI 1726 201X” oleh Prof.Dr.Ir. Bambang Budiono, M.E) Untuk nilai  $S_{DS} = 0.573$  dan  $S_{D1} = 0.328$  didapat kategori risiko D (SRPMK),

b. Menentukan Factor Keutamaan  $I_e$   
 Dari tabel 1 SNI 1726 2012 halaman 14 untuk gedung apartment didapatkan kategori risiko bangunan II dengan nilai factor keutamaan gempa  $I_e = 1$ .

c. Mencari Nilai Ssdan S1  
 Dipilih koordinat acak untuk wilayah Serang Banten dengan asumsi tanah keras : (Lat: -6.11853706370808, Long 106.152042390313)



**Gambar 3. Titik Pengambilan Parameter Gempa**

Dengan menggunakan aplikasi spektra Indonesia <http://puskim.pu.go.id> didapat parameter percepatan spektral :  $S_s = 0.793$  dan  $S_1 = 0.337$  dengan kelas situs = tanah keras.

d. Menentukan kategori seismic desain  
 Dari tabel 4 dan 5 pada SNI 1726 2012 didapatkan :

$F_a = 1.083$  dan  $F_v = 1.463$   
 Parameter respon spectral percepatan gempa maksimum :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1.083 \times 0.793 = 0.859$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1.463 \times 0.337 = 0.493$$

Parameter percepatan spectral desain :

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 0.859 = 0.573$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0.493 = 0.328$$

Dari tabel 6 dan 7 SNI 1726 2012 untuk nilai  $S_{DS} = 0.573$  dan  $S_{D1} = 0.328$  didapatkan kategori risiko D (SRPMK).

e. Membuat *Response Spectrum* Desain  
 Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spectrum respon percepatan desain  $S_a$  harus diambil menggunakan persamaan di bawah ini :

Diambil  $T = 0$  sec

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

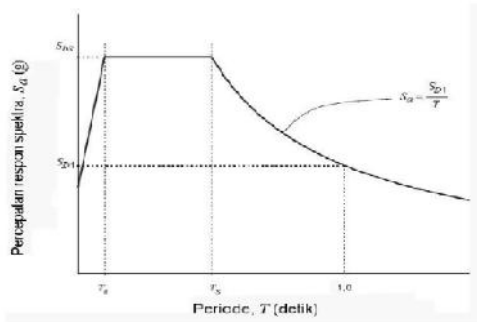
$$S_a = 0.573 \left( 0.4 + 0.6 \frac{0}{0.1145} \right) = 0.23$$

Untuk perioda yang lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan sama dengan  $T_s$  spectrum respon percepatan desain  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$   
 $T = 0.1145$  sec sd  $0.572$  sec,  $S_a = 0.573$

Untuk perioda yang lebih besar dari  $T_s$  spectrum respon percepatan desain  $S_a$  harus diambil menggunakan persamaan di bawah ini:

Diambil  $T = 3$  sec

$$S_a = S_{D1}/T = 0.328/3 = 0.11$$



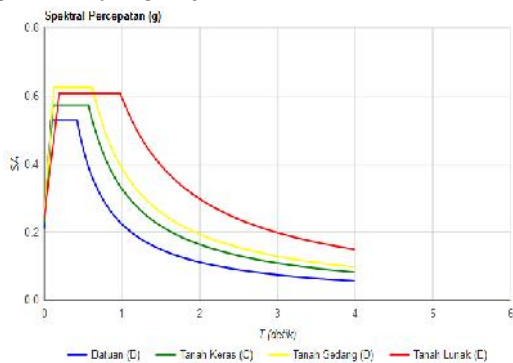
Gambar 4. Diagram Respon Spektrum

Keterangan :

$$T_0 = 0.2 S_{D1}/S_{DS} = 0.2 \times 0.328/0.573 = 0.1145$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0.328/0.573 = 0.572$$

Berikut di bawah ini merupakan grafik respon spectrum yang terjadi :



Gambar 5. Diagram respon spectrum sesuai SNI 1726 2012

f. Perencanaan Beban Static Ekuivalen

Beban statik ekuivalen merupakan beban gempa statik yang diasumsikan menumpu di joint pada struktur bangunan kearah horizontal. Beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk

Menentukan perioda :

Perioda fundamental  $T_a$  harus ditentukan dengan persamaan :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dari tabel 15 SNI 1726 2012 didapat nilai  $C_t = 0.0466$  dan  $x = 0.9$  (Rangka beton pemikul momen)

$$T_a = 0.0466 \times 31.5^{0.9} = 1.04 \text{ sec}$$

Untuk perioda struktur yang didapat dari program ETABS ( $T_c$ ) Diambil nilai  $T$  yang terbesar yaitu  $T_{cx} = 1.536$  dan  $T_{cy} = 1.556$  sec

Dari tabel 14 pada SNI 1726 2013 pasal 7.8.2.1 untuk  $S_{D1} > 3$  didapat nilai  $C_u = 1.4$ , maka  $C_u \cdot T_a = 1.4 \times 1.04 = 1.456$  sec

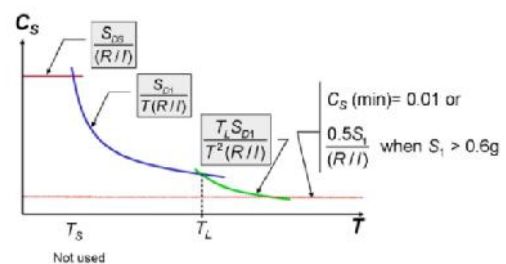
Perioda yang digunakan :

- Jika  $T_c > C_u \cdot T_a$  digunakan perioda  $T = C_u \cdot T_a$
- Jika  $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$  digunakan perioda  $T = T_c$
- Jika  $T_c < T_a$  digunakan perioda  $T = T_a$

Dari ketiga persamaan diatas didapatkan persamaan yang memenuhi yaitu

- $T_{cx} > C_u \cdot T_a = 1.536 > 1.456$  digunakan  $T_x = 1.456$  sec
- $T_{cy} > C_u \cdot T_a = 1.556 > 1.456$  digunakan  $T_y = 1.456$  sec

Batasan penggunaan beban static ekuivalen:



Gambar 6. Batasan Penggunaan Beban Static Ekuivalen

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0.328/0.573 = 0.572$$

$$T = 0.9$$

$$T \leq 3.5 T_s$$

$$T \leq 3.5 \times 0.572$$

$$1.456 \leq 2.002 \quad (\text{Ok})$$

Perencanaan beban statik ekuivalen diizinkan Koefisien respon seismik ( $C_s$ )

$C_s$  dihitung hanya satu kali dikarenakan nilai  $T_x = T_y$  maka  $C_{sx} = C_{sy}$ ,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0.573}{8} = 0.071625$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I_e}} = \frac{0.328}{1.456 \times \frac{8}{1}} = 0.028$$

$$C_{s \min} = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$= 0.044 \times 0.573 \times 1 \geq 0,01$$

$$= 0.025 \geq 0.01$$

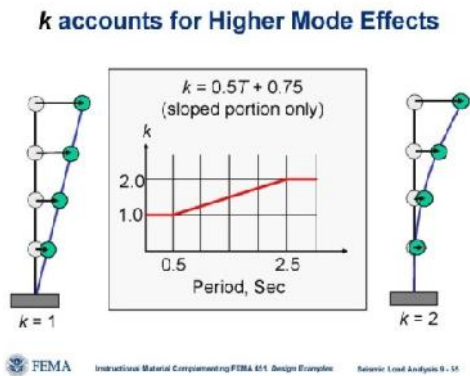
$$C_{s \max} \geq C_s \geq C_{s \min}$$

Dari berbagai nilai koefisien respons seismik yang didapat nilai  $C_s$  yang menentukan adalah  $C_{s \max} = 0.028$

Perhitungan Berat tiap bangunan Geser dasar seismik

$$V = C_s \times W_i$$

$$V = 0.028 \times 62264.8 \text{ kN} = 1743.4 \text{ kN}$$



**Gambar 7. Penentuan Nilai k**

$$k = 0.5 Ta + 0.75$$

$$= 0.5 \times 1.456 + 0.75$$

$$= 1.478$$

Dengan nilai T = 1.456 s didapatkan nilai k = 1.478

Beban statik ekuivalen di input berdasarkan beban horizontal *user load* dengan mengasumsikan pembebanan terpusat pada titik berat bangunan pada tiap lantai dikarenakan struktur gedung beserta pembebanannya simetris.

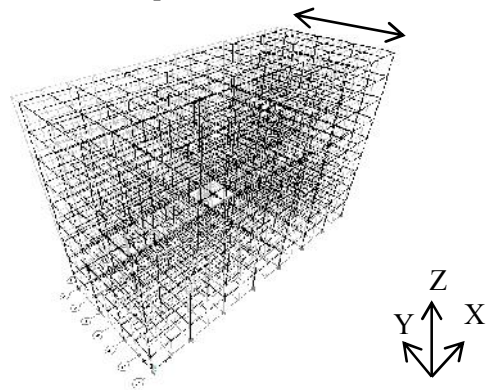
**Tabel 2. Beban statik ekuivalen**

lf	h <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> (kN)	k	W <sub>i</sub> x h <sub>i</sub> <sup>2</sup> (kNm)	C <sub>wk</sub>	V (eN)	I <sub>i</sub> (eN)
9	31.5	5152.885	1.478	844410	0.189	144.3	328.87
8	28	5951.55	1.478	957153	0.214	338.9	373.92
7	24.5	5951.55	1.478	785723	0.175	533.6	306.95
6	21	5951.55	1.478	675536	0.14	728.2	244.4
5	17.5	7067.6	1.478	485482	0.109	976	189.66
4	14	7197.03	1.478	355738	0.08	1127.5	138.97
3	10.5	7197.03	1.178	232526	0.052	1329	90.83
2	7	7197.03	1.178	127705	0.029	1530.5	49.9
1	3.5	7603.59	1.178	18137	0.011	1713.1	18.92
Σ		52267.8		4162807	1		1713.1

g. Mode Pada Struktur

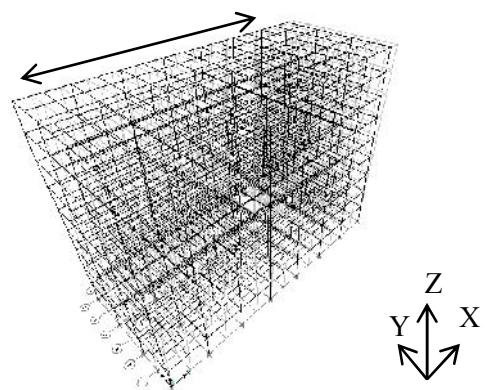
Mode merupakan perilaku yang terjadi pada struktur. Umumnya terdapat dua jenis perilaku yaitu translasi dan rotasi, untuk mode yang paling berpengaruh yaitu mode 1 dan 2 diharapkan jangan sampai terjadi torsi.

- Mode 1 pada struktur



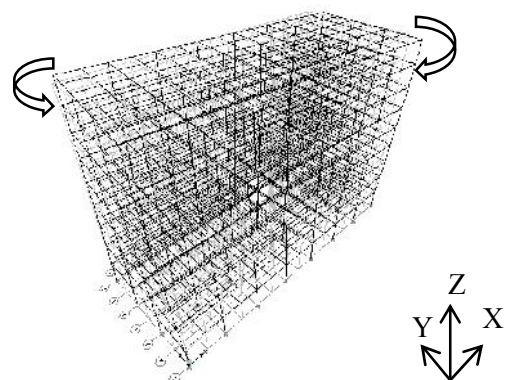
**Gambar 8. Mode 1 Translasi Sumbu Lemah (Sumbu Y)**

- Mode 2 pada struktur



**Gambar 9. Mode 2 Translasi Sumbu Kuat (Sumbu X)**

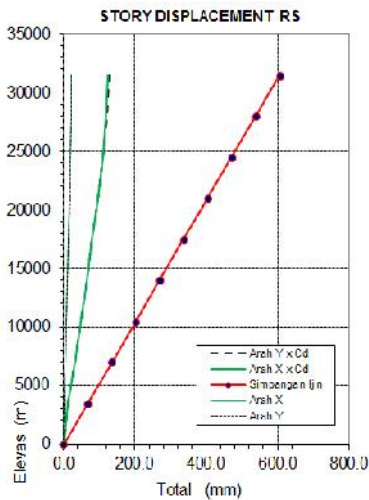
- Mode 3 pada struktur :



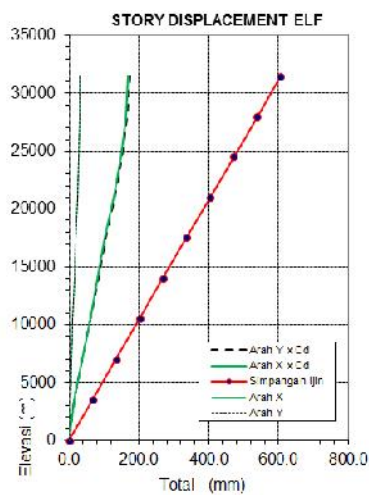
**Gambar 10. Mode 3 Rotasi**

h. Perencanaan struktur gedung terhadap gempa :

- Analisis terhadap simpangan :



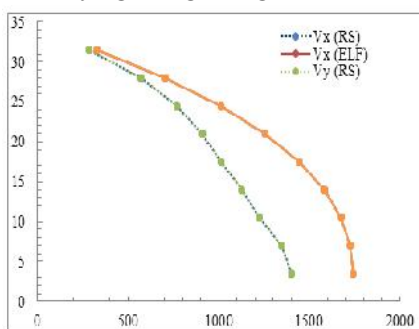
Gambar 11. Defleksi Akibat RS



Gambar 12. Defleksi Akibat ELF

Dari gambar 3 dan 4 dapat disimpulkan simpangan yang terjadi < simpangan izin maka struktur gedung sudah memenuhi factor kenyamanan.

- Gaya geser gedung :



Gambar 13. Gaya Geser

- Analisis terhadap p delta :

Tabel 3.P Delta Akibat Static Ekuivalen

Lt	h <sub>ec</sub> (mm)	Δ <sub>x</sub> (mm)	Δ <sub>y</sub> (mm)	θ <sub>x</sub>	θ <sub>y</sub>	θ <sub>max</sub>	θ < θ <sub>max</sub>
9	31500	7.26	8.085	0.00087	0.00097	0.1	Ok
8	28500	14.19	14.905	0.00204	0.00214	0.1	Ok
7	24500	20.295	21.285	0.00363	0.0038	0.1	Ok
6	21000	24.97	25.85	0.0057	0.0059	0.1	Ok
5	17500	20.185	20.845	0.00611	0.00631	0.1	Ok
4	14000	21.855	22.44	0.00915	0.0094	0.1	Ok
3	10500	22.88	23.43	0.01422	0.01457	0.1	Ok
2	7000	22.55	23.045	0.02348	0.024	0.1	Ok
1	3500	15.4	15.455	0.03586	0.03599	0.1	Ok

Tabel 4.P delta akibat respon spektrum

Lt	P (kN)	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)	Δ <sub>x</sub>	Δ <sub>y</sub>	θ <sub>x</sub>	θ <sub>y</sub>	θ <sub>max</sub>
9	8895.2	395.58	397.12	6.6	7.7	0.00086	0.001	0.1
8	16232	794.68	794.11	13.2	13.8	0.00219	0.00228	0.1
7	25809.4	1070.37	319.56	19.3	20.3	0.00422	0.00448	0.1
6	33219.9	1266.47	376.62	24	24.2	0.00703	0.00718	0.1
5	19545.5	1414.71	1358.69	19.5	19.8	0.00784	0.00805	0.1
4	23816.8	1377.76	1339.02	22.5	23.1	0.0123	0.01278	0.1
3	27680.3	1738.93	515.92	25.3	25.3	0.01969	0.01991	0.1
2	34710.9	1880.01	558.43	26.4	26.4	0.03278	0.03311	0.1
1	101603	1956.16	1938.03	18.2	18.2	0.04897	0.04943	0.1

$\theta_{lt 1-9} < \theta_{max} \text{ Ok}$

- Torsi pada gedung :

Pada perancangan gedung ini tidak terjadi torsi dikarenakan pembebanan gedung dan strukturnya simetris.

5. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan :

Hasil dari penelitian ini menunjukkan dengan dimensi kolom utama 550 mm x 550 mm balok utama 300 mm x 600 mm struktur gedung sudah mampu memikul beban gravitasi dan horizontal (beban gempa statik dan dinamik) dan sudah memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan gedung terhadap simpangan, torsi dan p delta.

Simpangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 26.4 mm (akibat respon spektrum) dan 25.85 mm (akibat statik ekuivalen) tidak melewati batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 67.31 mm, translasi tanpa mengalami torsi terjadi pada mode 1 dan 2, dan gaya geser dasar yang terjadi sebesar 1743.41 kN (akibat

statik ekuivalen) dan 1481.9 kN (akibat respon spektrum).

b. Saran :

- Untuk model gedung dengan KDS D (SRPMK) hendaknya dilakukan *preliminary design* terlebih dahulu agar didapatkan dimensi penampang yang sesuai (tidak besar dan boros).
- Untuk wilayah Indonesia dalam perencanaan beban gempa static maupun dinamik hendaknya menggunakan SNI 1726 2012 dikarenakan pada SNI 1726 sudah tidak relevan untuk digunakan dimanater dapat perubahan percepatan parameter spektra di bererapa wilayah di Indonesia.

6. **DaftarPustaka**

Buku Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987.

Afriadi, Yoyong dan ImanSatyano, 2013, *Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI gempa 2012 dan 2002*.

Yogi, M.R.A, *Studi Komparatif Fragility Curve Desain Bangunan Beton Bertulang SRPMK dan SRPMM Wilayah Jakarta dengan peraturan RSNI 03-1726-201x*.

SNI 1726 2012 *Tata cara perencanaan struktur ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, Jakarta.