

## BAB III

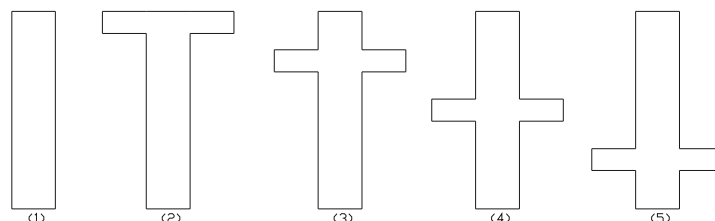
### MODELISASI DAN ANALISIS STRUKTUR

#### 3.1 VARIASI *OUTRIGGER* YANG AKAN DIANALISIS

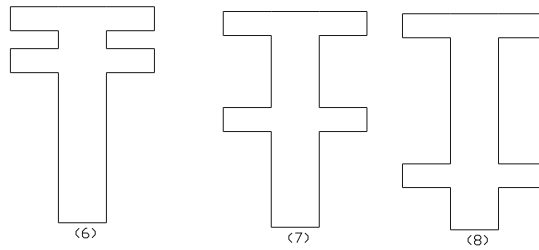
Varian yang dibuat untuk kemudian dianalisis perilakunya terdiri dari delapan jenis varian, yaitu sebagai berikut:

- (1) *Model* struktur tanpa *outrigger*
- (2) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan dipaling atas struktur bangunan (lantai 39-40).
- (3) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan  $\frac{3}{4}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 29-30).
- (4) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan  $\frac{1}{2}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 19-20)
- (5) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan  $\frac{1}{4}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 9-10)
- (6) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan dipuncak dan 1 *outrigger* di tempatkan di  $\frac{3}{4}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 39-40 & 29-30)
- (7) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan dipuncak dan 1 *outrigger* di tempatkan di  $\frac{1}{2}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 39-40 & 29-30)
- (8) *Model* struktur dengan 1 *outrigger* ditempatkan dipuncak dan 1 *outrigger* di tempatkan di  $\frac{1}{4}$  dari tinggi struktur bangunan, diukur dari dasar bangunan (lantai 39-40 & 9-10)

Ilustrasi delapan varian digambarkan sebagai berikut :



*Gambar 3.1. Variasi model struktur*



Gambar 3.1. (Lanjutan) Variasi model struktur

## 3.2 MODELISASI

Modelisasi dilakukan ada delapan jenis varian struktur yang disebutkan dalam bab 3.1. dengan denah tipikal keatas dan sama untuk tiap jenis bangunan. Untuk detail gambar *lay out* serta potongan selengkapnya terdapat pada lampiran 3 sampai dengan lampiran 23.

### 3.2.1 Dimensi dan Material

#### 3.2.1.1 Spesifikasi material

Dalam hal ini penulis menggunakan spesifikasi material yang dijabarkan dalam tabel 3.1.

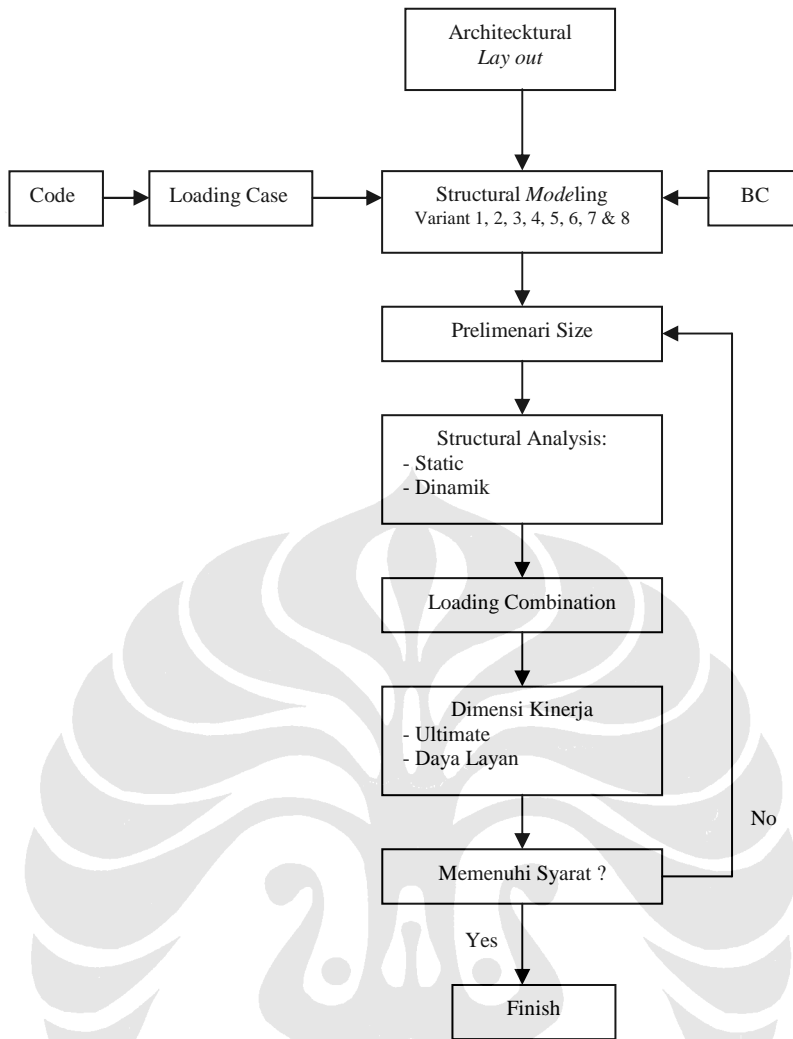
#### 3.2.1.2 Dimensi

Dimensi struktur bangunan untuk tiap jenis varian seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.1. Setelah dimodelisasi struktur bangunannya dan dilakukan pembebanan dan kemudian dianalisa dengan menggunakan program ETABS kemudian akan didapat dimensi struktur untuk tiap jenis varian.

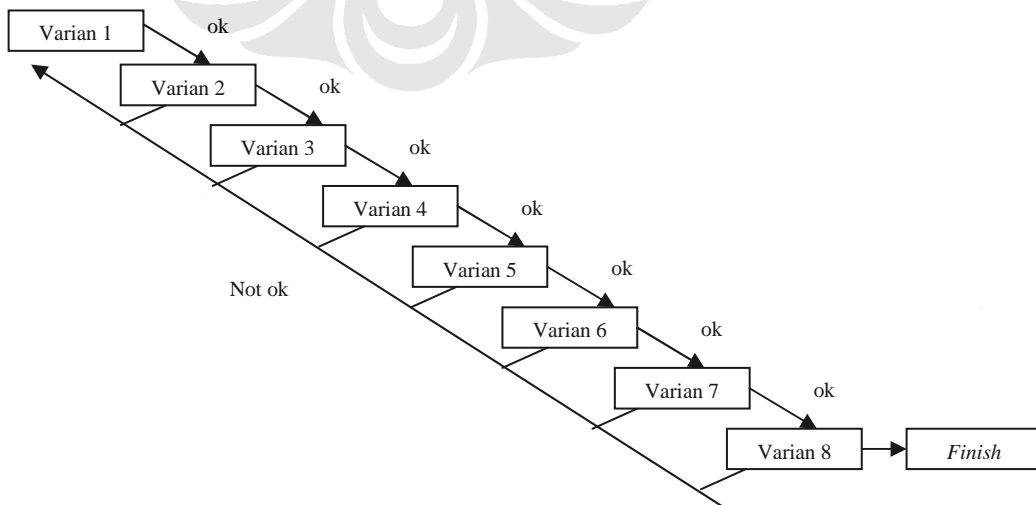
Pada gambar 3.5 dijelaskan mengenai langkah-langkah untuk memperoleh dimensi elemen struktur untuk tiap varian dengan program struktur ETABS. Dimensi yang digunakan sana untuk tiap varian. Kemudian dilakukan perbandingan kebutuhan tulangnya sehingga diperoleh varian struktur yang memberikan keuntungan dari segi ekonois. Dimensi dari *material section* yang digunakan ditunjukkan dalam tabel 3.1 setelah melalui alur seperti pada gambar 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.1 Spesifikasi material

Material Name	Data		Keterangan	
Beton 40	Tipe Design		Concrete	
	Tipe Material		Isotropic	
	Analysis Properties data	Massa Jenis	244,898	kg/m <sup>3</sup>
		Weight per unit volume	2402	kg/m <sup>3</sup>
		Modulus of elastisity	3,031.10 <sup>4</sup>	kg/m <sup>2</sup>
		Poison's ratio	0,2	
		Coeff of thermal expansion	9,9.10 <sup>-6</sup>	
		Shear Modulus	1,263.10 <sup>9</sup>	
	Design Property Data	Specified concrete compression strength, <i>f<sub>c</sub>'</i>	40	Mpa
		Bending Reinforcement, yield stress, <i>f<sub>y</sub></i>	400	Mpa
Shear reinforcement, yield stress <i>f<sub>ys</sub></i>		250	Mpa	
Beton 45	Tipe Design		Concrete	
	Tipe Material		Isotropic	
	Analysis Properties data	Massa Jenis	244,898	kg/m <sup>3</sup>
		Weight per unit volume	2402	kg/m <sup>3</sup>
		Modulus of elastisity	3,031.10 <sup>4</sup>	kg/m <sup>2</sup>
		Poison's ratio	0,2	
		Coeff of thermal expansion	9,9.10 <sup>-6</sup>	
		Shear Modulus	1,263.10 <sup>9</sup>	
	Design Property Data	Specified concrete compression strength, <i>f<sub>c</sub>'</i>	45	Mpa
		Bending Reinforcement, yield stress, <i>f<sub>y</sub></i>	400	Mpa
Shear reinforcement, yield stress <i>f<sub>ys</sub></i>		250	Mpa	
Beton 60	Tipe Design		Concrete	
	Tipe Material		Isotropic	
	Analysis Properties data	Massa Jenis	244,898	kg/m <sup>3</sup>
		Weight per unit volume	2402	kg/m <sup>3</sup>
		Modulus of elastisity	3,031.10 <sup>4</sup>	kg/m <sup>2</sup>
		Poison's ratio	0,2	
		Coeff of thermal expansion	9,9.10 <sup>-6</sup>	
		Shear Modulus	1,263.10 <sup>9</sup>	
	Design Property Data	Specified concrete compression strength, <i>f<sub>c</sub>'</i>	60	Mpa
		Bending Reinforcement, yield stress, <i>f<sub>y</sub></i>	400	Mpa
Shear reinforcement, yield stress <i>f<sub>ys</sub></i>		250	Mpa	



Gambar 3.2. Alur pendimensian dengan menggunakan program ETABS



Gambar 3.3. Alur Kerja Analisis Varian-varian

Tabel 3.2 Material Section yang digunakan untuk kedelapan varian

	Section	Dimensi		Material	Story	
		b (m)	h (m)			
Kolom	K1	1,2	1,2	Beton 45	1-5	
	K2	1,15	1,15	Beton 45	5-10	
	K3	1,1	1,1	Beton 45	11-15	
	K4	1,05	1,05	Beton 45	16-20	
	K5	1	1	Beton 45	21-25	
	K6	0,95	0,95	Beton 45	26-30	
	K7	0,9	0,9	Beton 45	30-35	
	K8	0,85	0,85	Beton 45	36-roof 1	
Balok	BUT-1	1	0,7	Beton 40	<i>all</i>	
	BUL-1	0,8	0,5	Beton 40	<i>all</i>	
	BA1	0,7	0,4	Beton 40	<i>all</i>	
	BA-T	0,3	0,2	Beton 40	<i>all</i>	
	CB1	1,2	1	Beton 40	1-5	
	CB2	1,2	0,9	Beton 40	5-10	
	CB3	1,2	0,8	Beton 40	11-15	
	CB4	1,2	0,7	Beton 40	16-20	
	CB5	1,2	0,6	Beton 40	21-25	
	CB6	1,2	0,5	Beton 40	26-30	
	CB7	1,2	0,4	Beton 40	30-35	
	CB8	1,2	0,35	Beton 40	36-roof 1	
	Shear wall	Section	Thicness (Shell)		Material	Story
			Membrane	Bending		
		AW1A	1,15	1,15	Beton 60	1
		SW1	1,05	1,05	Beton 60	2-5
SW2		0,9	0,9	Beton 60	5-10	
SW3		0,8	0,8	Beton 60	11-15	
SW4		0,7	0,7	Beton 60	16-20	
SW5		0,6	0,6	Beton 60	21-25	
SW6		0,6	0,6	Beton 60	26-30	
SW7		0,4	0,4	Beton 60	30-35	
SW8		0,35	0,35	Beton 60	36-roof 2	
ORTGR	0,7	0,7	Beton 60	<i>Outrigger</i>		
Section	Thicness (Membrane)	Material	Story			
				Membrane	Bending	
	LANTAI	0,15	0,15	Beton 40	1-39	
ATAP	0,15	0,15	Beton 40	roof 1-roof 2		

### 3.2.2 Pembebanan

Peraturan pembebanan yang digunakan adalah Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Fungsi bangunan yang digunakan adalah gedung untuk kantor.

### 3.2.2.1 Beban mati

Termasuk beban mati yaitu berat sendiri elemen strukturnya juga ditambah dengan SIDL (*super impose dead load*), yaitu sebagai berikut:

- Balok sisi paling luar:
  - Beban kaca :  $40\text{kg} / \text{m}^2$
- Plat lantai:
  - Finishing (20 mm marble+20 mm screed) :  $94\text{kg} / \text{m}^2$
  - Ceilling :  $10\text{kg} / \text{m}^2$
  - M/E :  $15\text{kg} / \text{m}^2$
  - Dinding partisi :  $197\text{kg} / \text{m}^2$

---

+  
Beban mati total :  $316\text{kg} / \text{m}^2$
- Plat atap:
  - Ceilling :  $10\text{kg} / \text{m}^2$
  - M/E :  $15\text{kg} / \text{m}^2$

---

+  
Beban mati total :  $25\text{kg} / \text{m}^2$
- Pasangan Setengah Bata :  $250\text{kg} / \text{m}^2$

### 3.2.2.2 Beban Hidup

- bekerja pada lantai :  $250\text{kg} / \text{m}^2$
- Bekerja pada atap (dapat dicapai orang) :  $100\text{kg} / \text{m}^2$
- Beban lift :  $500\text{kg} / \text{m}^2$

### 3.2.2.3 Beban Tangga

- Detail tangga  
Data perencanaan:
  - Tebal plat tangga: 12 cm
  - Selimut beton: 2 cm
  - Tinggi optrid: 20 cm
  - Lebar antrid: 27 cm

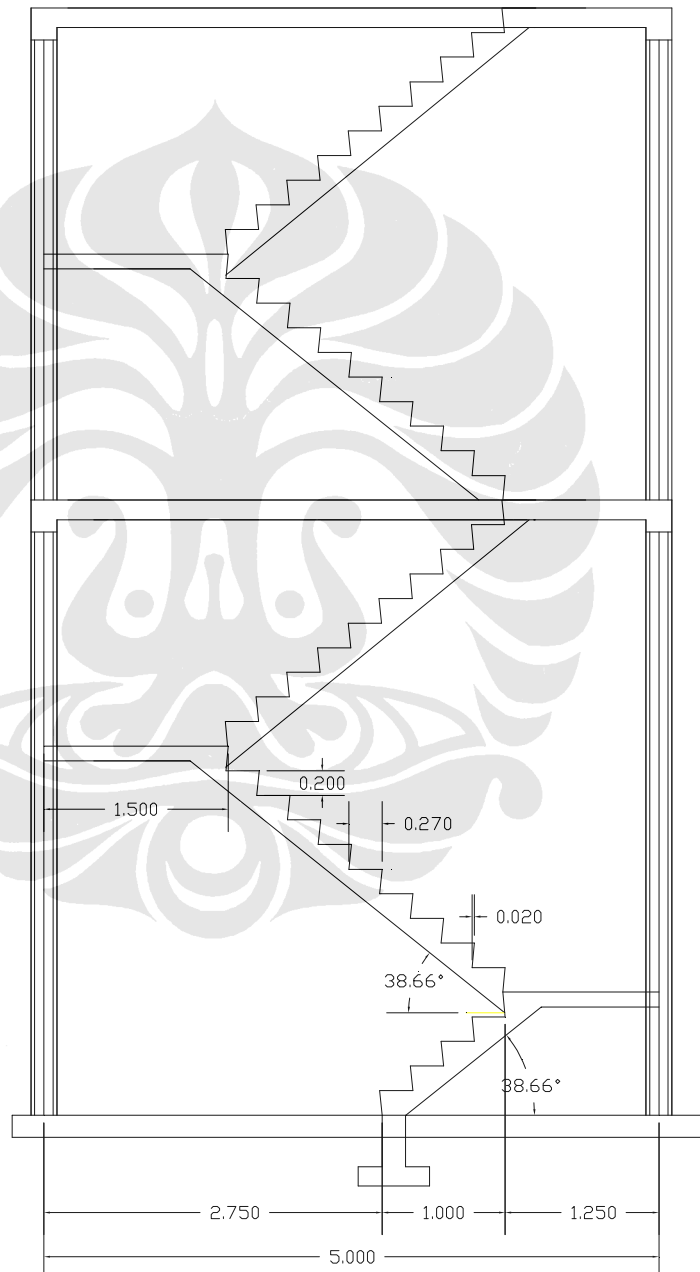
- Lebar bordes: 1,25 cm

Menentukan tebal plat pada anak tangga

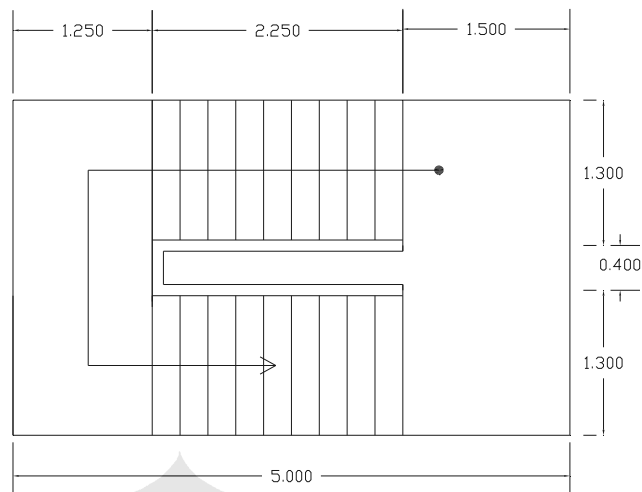
$$\tan \alpha = \frac{20}{(27 - 2)} = 0,8$$

$$\alpha = 38,66$$

$$t = \frac{(\sin \alpha \times 25)}{2} = 7,81 \text{ cm}$$



Gambar 3.4. Gambar Potongan Tangga



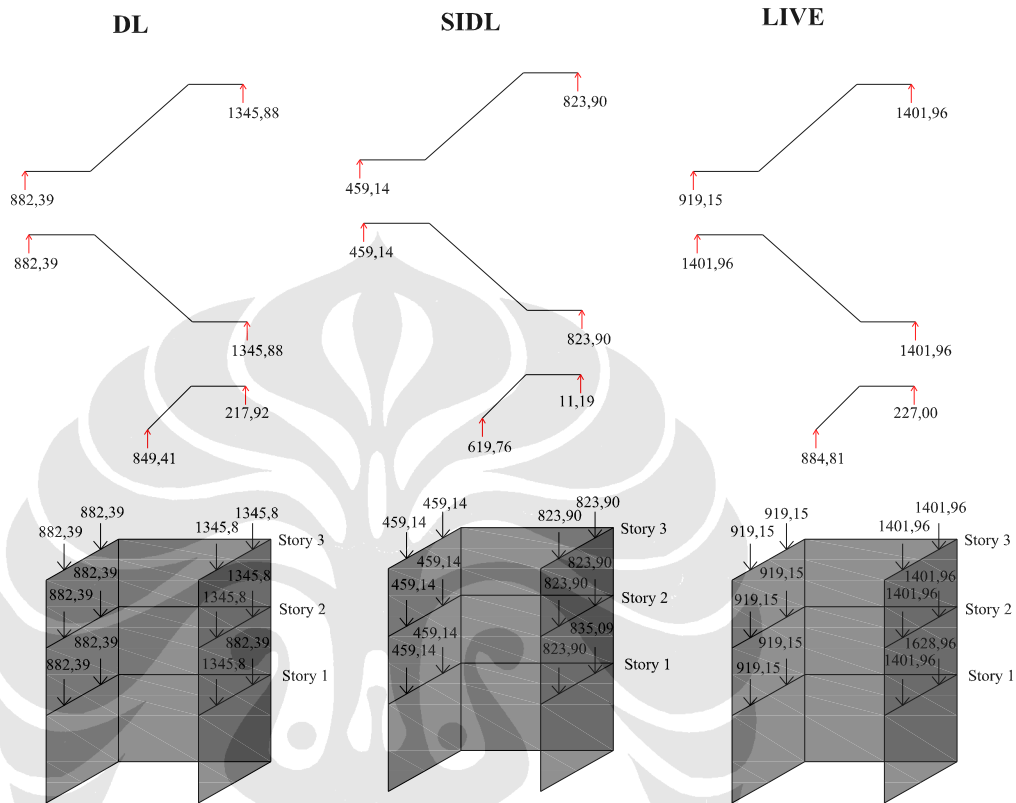
Gambar 3.5. Gambar Tampak Atas Tangga

- Pembebanan pada anak tangga:
  - Beban mati (SIDL):
    - Berat beton :  $0,0781m \times 1,3m \times 2400kg / m^2 = 243,672kg / m$
    - Keramik :  $0,01m \times 1,3m \times 2100kg / m^2 = 27,3kg / m$
    - Spesi ( $t = 0,02$ ) :  $0,02m \times 1,3m \times 2200kg / m^3 = 57,2kg / m$
    - SIDL :  $328,172kg / m$
  - Beban hidup (LL):  $300kg / m^2 \times 1,3m = 390kg / m$
- Pembebanan pada bordes:
  - Beban mati (SIDL):
    - Keramik :  $0,01m \times 1,3m \times 2100kg / m^2 = 27,3kg / m$
    - Spesi ( $t = 0,02$ ) :  $0,02m \times 1,3m \times 2200kg / m^3 = 57,2kg / m$
    - SIDL :  $84,5kg / m$
  - Beban Hidup (LL):  $300kg / m^2 \times 1,3m = 390kg / m$
- Reaksi perletakan modelisasi tangga dengan *software* ETABS

Tangga dimodelisasi dengan program ETABS sebagai struktur tersendiri, dimana analisa yang digunakan tanpa faktor reduksi beban. Kemudian hasil dari reaksi perletakan yang didapat digunakan sebagai beban dalam delapan varian struktur yang akan dianalisa. Baru disinilah faktor beban untuk tangga diterapkan.



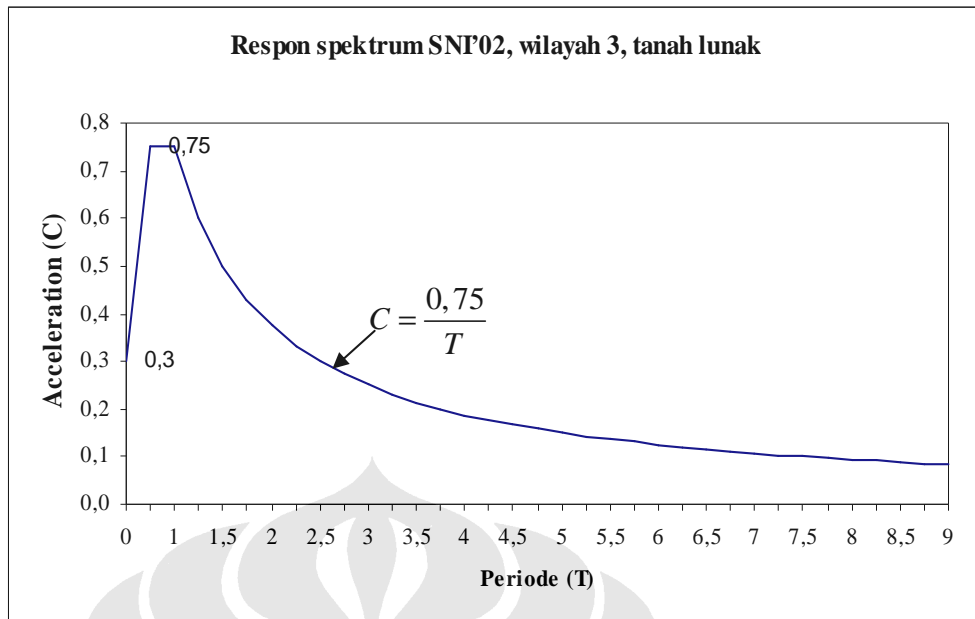
Adapun hasil reaksi perletakan dari tangga yang diperoleh seperti pada gambar 3.6. Dimana rincian detail dari hasil analisa terdapat dalam lampiran 17 dan 18.



Gambar 3.6. Reaksi Perletakan Tangga & Pembebanan Tangga Pada Strutur (kg)

#### 3.2.2.4 Beban gempa (SNI 03-1726-2002)

- Wilayah gempa : 3 (Jakarta)
- Jenis tanah : tanah lunak
- Analisa gempa : Respon spektrum (CQC)
- Keutamaan ( $I$ ) : 1,0
- Dumping ratio : 0,05
- Daktilitas : dalam hal ini dipakai nilai 5,5



Gambar 3.7. Respon spektrum SNI'02, wilayah 3, tanah lunak

### 3.3 ANALISIS

Modelisasi struktur dengan anggapan sebagai berikut:

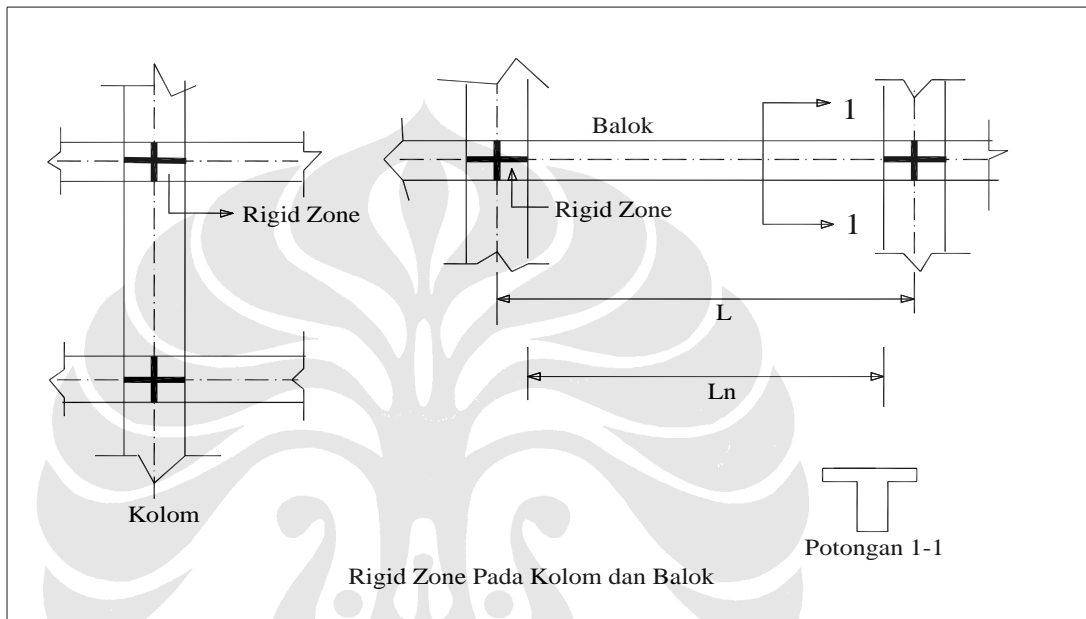
- (a) *Elastic analysis* berdasarkan 75 % stiffness member yields strength, cukup mewakili distribusi dari gaya dalam dibawah level beban rencana, mengingat respon pada level beban gempa umumnya dalam range inelastik.
- (b) *Nonstructural component* dan cladding dianggap tidak mempengaruhi respons elastik dari frame, dengan demikian perlu pemisahan nonstructural element dari frame.
- (c) *Inplane stiffness* dari lantai umumnya dianggap sangat kaku.
- (d) Analisa dua dimensi hanya valid untuk struktur reguler dan frame saling orthogonal. Untuk struktur irreguler, harus dianalisa sebagai struktur 3/D.
- (e) Lantai umumnya dicor monolith dengan baloknya. Balok dipandang sebagai T-beam baik untuk perencanaan kekuatan maupun kekakuan.
- (f) Deformasi aksial kolom umumnya diperhitungkan dan deformasi aksial balok umumnya diabaikan dalam hal *rigid* diaphragma.
- (g) Deformasi geser dari *slender member* biasanya sangat kecil, akan tetapi untuk *deep beam* (misal *shear wall*) harus diperhitungkan.

Idealisasi geometrik:

- a) Kolom/balok: batang lurus

Posisi: *centroidal axis* dari *gross area*, *mid depth* dari potongan persegi, T dan L dan lain-lain.

- b) Panjang span: panjang antara node (pertemuan sumbu balok dan kolom)
- c) Joint: *rigid*
- d) Daerah joint kolom-balok sebagian dianggap *rigid*. Dalam Analisa ini digunakan *rigid zone* faktor 0,75.



Gambar 3.8. Rigid zone pada elemen balok dan kolom

### 3.3.1 Parameter Disain yang Digunakan

Beberapa parameter disain yang digunakan dalam analisa akan dijelaskan berikut ini

#### (a). Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

1.  $U = 1.4 D$
2.  $U = 1.2 D + 1.6 L$
3.  $U = 1.2 D + 0,5 L \pm 1.0 (Ex \pm 0.3 Ey)$
4.  $U = 1.2 D + 0,5 L \pm 1.0 (0.3Ex \pm Ey)$
5.  $U = 0.90 D \pm 1.0(Ex \pm 0.3Ey)$
6.  $U = 0.90 D \pm 1.0(0.3Ex \pm Ey)$
7. Terdapat total 18 kombinasi

Namun untuk penggunaan analisa dinamik, dalam penentuan kebutuhan tulangan digunakan kombinasi pembebanan yang diringkas menjadi enam kombinasi yaitu:

1.  $U = 1.4 D$
2.  $U = 1.2 D + 1.6 L$
3.  $U = 1.2 D + 0,5 L \pm 1.0 Spec 1$
4.  $U = 1.2 D + 0,5 L \pm 1.0 Spec 2$
5.  $U = 0.90 D \pm 1.0 Spec 1$
6.  $U = 0.90 D \pm 1.0 Spec 1$

**(b). Faktor Reduksi kekakuan**

Faktor reduksi kekakuan berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah:

- Balok rectangular :  $0,35 I_g$
- Balok T :  $0,7 I_g$  ( dua kali dari balok rectangular)
- Kolom :  $0,7 I_g$
- Dinding :  $0,7 I_g$

**(c). Spesifikasi massa**

Menurut SNI 03-1726-2002 spesifikasi massa meliputi berat total gedung ditambah dengan beban hidup yang sesuai. Rinciannya sebagai berikut:

$$1 D + 1 Lift + 0,3 L$$

**(d). Faktor reduksi kekuatan  $\phi$  (phi)**

Faktor reduksi kekuatan yang digunakan dalam analisa sebagai berikut:

*Concrete frame design:*

- $\phi = 0.80$  untuk aksial tarik dan lentur (*Bending- Tension*)
- $\phi = 0.6$  untuk aksial, aksial tekan dan lentur, dengan tulangan sengkang biasa,
- $\phi = 0.65$  untuk aksial tekan, aksial tekan dan lentur, dengan tulangan spiral.
- $\phi = 0.75$  untuk geser

Wall pier/ spendrel design:

- $\phi = 0.80$  untuk aksial tarik dan lentur (*Bending- Tension*)
- $\phi = 0.6$  untuk aksial, aksial tekan dan lentur, dengan tulangan sengkang biasa,
- $\phi = 0.75$  untuk geser
- $\phi = 0.55$  untuk geser pada komponen struktur penahan gempa yg kuat geser nominalnya < gaya geser yg timbul sehubungan dgn pengembangan kuat lenturnya nominalnya.

**(e). Reduksi Beban Hidup**

Untuk peninjauan gempa reduksi beban hidup yang digunakan 0,3. Sedangkan untuk reduksi beban hidup kumulatifnya lihat table 3.3 dibawah ini.

*Tabel 3.3 Reduksi Beban Hidup Kumulatif yang Digunakan dalam Analisa*

<b>Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif</b>			
<b>Jumlah lantai yang dipikul</b>	<b>Koefisien reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif</b>	<b>Jumlah lantai yang dipikul</b>	<b>Koefisien reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif</b>
1	1	21	0,4
2	1	22	0,4
3	0,9	23	0,4
4	0,8	24	0,4
5	0,7	25	0,4
6	0,6	26	0,4
7	0,5	27	0,4
8	0,4	28	0,4
9	0,4	29	0,4
10	0,4	30	0,4
11	0,4	31	0,4
12	0,4	32	0,4
13	0,4	33	0,4
14	0,4	34	0,4
15	0,4	35	0,4
16	0,4	36	0,4
17	0,4	37	0,4
18	0,4	38	0,4
19	0,4	39	0,4
20	0,4		

### 3.3.2 Analisa Struktur Gempa

Analisa kegunaan yang ditinjau meliputi waktu getar, Gaya geser dasar, gaya geser tingkat, momen guling, *Displacement*, *drift*, serta tulangan yang dibutuhkan oleh struktur.

#### 3.3.2.1 Waktu Getar

Sesuai SNI 03\_1726-2002 pasal 7.2.1 dalam analisa dinamik respon spektrum jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Dalam analisa dinamik yang dilakukan digunakan 16 pola ragam getar, dan partisipasi masa yang disumbangkan oleh masing-masing pola getaran untuk tiap variannya akan dijelaskan lebih lanjut.

Sementara menurut SNI 03-1726-2002. Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel. Nilai waktu getar fundamental  $T_1$  struktur gedung dibatasi yaitu:

$$T_1 = \zeta n = 0,18 \times 40 = 7,2 \text{ sec}$$

$\zeta$  = koefisien batasan waktu getar (tabel 8, SNI 03-1726-2002)

$n$  = Jumlah lantai

##### (a). Waktu Getar Struktur variasi 1

Dari tabel pada lampiran 26 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 15 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-15), dan 9 *mode* pertama untuk arah Y (sum Y-9), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 91% (Sum X-16) dan 96 % (Sum Y-16).

##### (b). Waktu Getar Struktur variasi 2

Dari tabel pada lampiran 26 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 15 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-15), dan 9 *mode* pertama untuk arah Y (sum Y-9), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 92% (Sum X-16) dan 95 % (Sum Y-16).

##### (c). Waktu Getar Struktur variasi 3

Dari tabel pada lampiran 27 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 15 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-15), dan 9 *mode* pertama

untuk arah Y (sumY-9), dan di *mode* yang ke 15 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 92% (Sum X-16) dan 96 % (Sum Y-16).

**(d). Waktu Getar Strutur variasi 4**

Dari tabel pada lampiran 27 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 14 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-14), dan 9 *mode* pertama untuk arah Y (sumY-9), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 92% (Sum X-16) dan 95 % (Sum Y-16).

**(e). Waktu Getar Strutur variasi 5**

Dari tabel pada lampiran 28 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 13 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-13), dan 7 *mode* pertama untuk arah Y (sumY-7), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 92% (Sum X-16) dan 94 % (Sum Y-16).

**(f). Waktu Getar Strutur variasi 6**

Dari tabel pada lampiran 28 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 14 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-14), dan 9 *mode* pertama untuk arah Y (sumY-9), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 92% (Sum X-16) dan 96 % (Sum Y-16).

**(g). Waktu Getar Strutur variasi 7**

Dari tabel pada lampiran 29 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 15 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-15), dan 9 *mode* pertama untuk arah Y (sumY-9), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 91% (Sum X-16) dan 96 % (Sum Y-16).

**(h). Waktu Getar Strutur variasi 8**

Dari tabel pada lampiran 29 dapat dilihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 13 *mode* pertama untuk arah X (Sum X-13), dan 7 *mode* pertama untuk arah Y (sumY-7), dan di *mode* yang ke 16 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 93% (Sum X-16) dan 95 % (Sum Y-16).

### 3.3.2.2 Gaya Geser Dasar

Dari hasil analisa dinamik dengan menggunakan program ETABS dapat disimulasikan sesuai kombinasi yang diberikan. Gaya dinamik dari hasil

perhitungan ETABS terlampir pada tabel (Gempa arah X) tabel (Gempa arah Y) pada lampiran

Sesuai SNI 03-1726-2002 PASAL 7.1.3 Nilai gaya geser dasar dari hasil analisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh kurang dari 80% nilai respon ragam yang pertama, dimana dalam hal ini gaya geser nominal ialah 0,8 kali gaya geser dari ragam pertama.

**(a). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 1**

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$

- Waktu getar alami

$$T_y = 6,714405 \text{ sec, dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 5,696826 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,714405} = 0,111700$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{5,696826} = 0,131652$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 113308198,093 \text{ kg (tabel lampiran 30)}$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_1$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,131652 \times 1}{5,5} 113308198,093 = 2712232,728 \text{ kg}$$



$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,111700 \times 1}{5,5} 113308198,093 = 2301189,446 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $0,8V_1$ )

$$0,8V_{x_1} = 0,8 \times 2712232,728 = 2169786,182 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2301189,446 = 1840951,557 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 38 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3214103,920 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.509.768,960 \text{ kg}$$

- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik.

Perhitungan gaya lateral tiap lantai dapat dihitung dengan rumus:

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{j=1}^N W_j Z_j} V$$

Dimana:

$W_i$  = Berat beban lantai

$Z_i$  = Tinggi lantai dari dasar

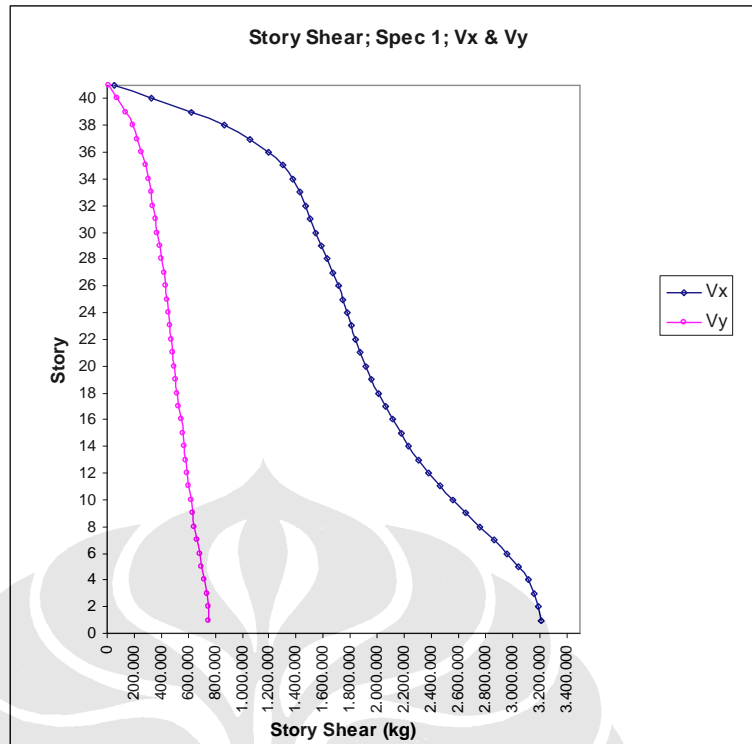
$V$  = Gaya geser dasar

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 38. Dengan plot grafik gambar 3.9 dan 3.10.

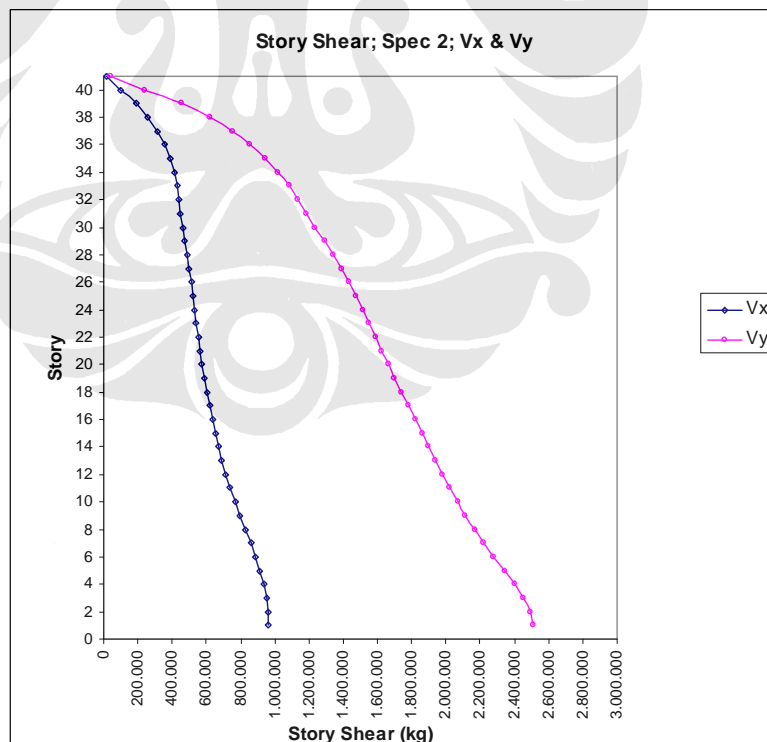
#### (b). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 2

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$



Gambar 3.9. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 1



Gambar 3.10 . Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 1

- Waktu getar alami

$$T_y = 6,896402 \text{ sec, dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 5,748948 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,896402} = 0,108752$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{5,748948} = 0,130459$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 114.359.120,203 \text{ kg (tabel lampiran 31)}$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_I$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,130459 \times 1}{5,5} 114.359.120,203 = 2712570,279 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,108752 \times 1}{5,5} 114.359.120,203 = 2261240,786 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_s$ )

$$0,8V_{x_1} = 0,8 \times 2712570,279 = 2170056,223 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2261240,786 = 1808992,629 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 39 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3.303.610,220 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.515.478,830 \text{ kg}$$

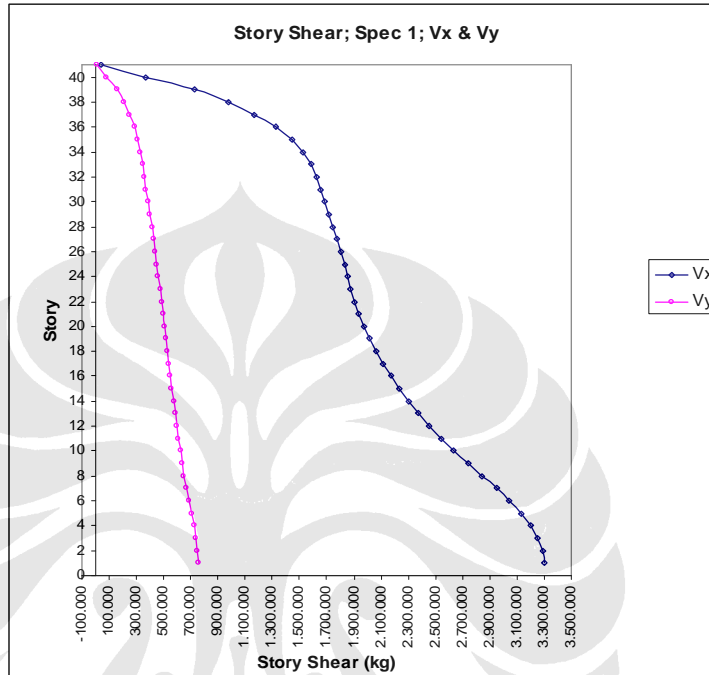
- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

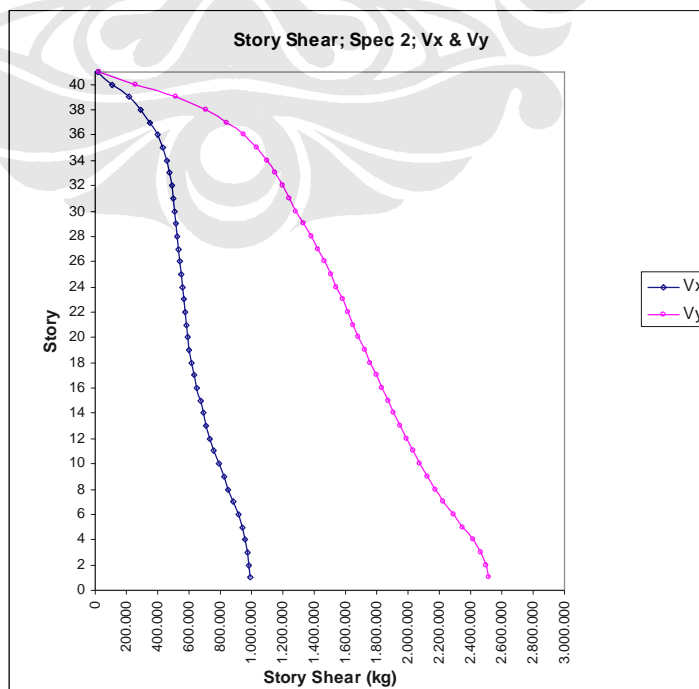
$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 39. Dengan plot grafik gambar 3.11 dan 3.12 sebagai berikut:



Gambar 3.11. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 2.



Gambar 3.12. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 2

**(c). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 3**

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$

- Waktu getar alami

$$T_y = 6,637329 \text{ sec, dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 5,219725 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,637329} = 0,112997$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{5,219725} = 0,143686$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 113819758,221 \text{ kg (tabel lampiran 32)}$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_{s1}$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,143686 \times 1}{5,5} 113819758,221 = 2973504,566 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,112997 \times 1}{5,5} 113819758,221 = 2338421,995 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_1$ )

$$0,8V_{x_1} = 0,8 \times 2973504,566 = 2378803,653 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2338421,995 = 1870737,596 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 40 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3.398.589,730 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.600.715,740 \text{ kg}$$

- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 40. Dengan plot grafik gambar 3.13 dan 3.14.

**(d). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 4.**

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$

- Waktu getar alami

$$T_y = 6,18949 \text{ sec}, \text{ dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 4,652641 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,18949} = 0,121173$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{4,652641} = 0,161199$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

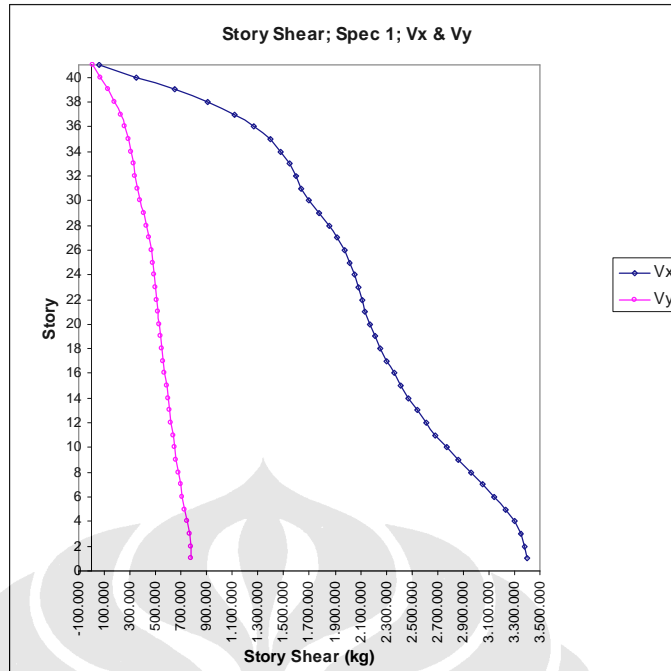
$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

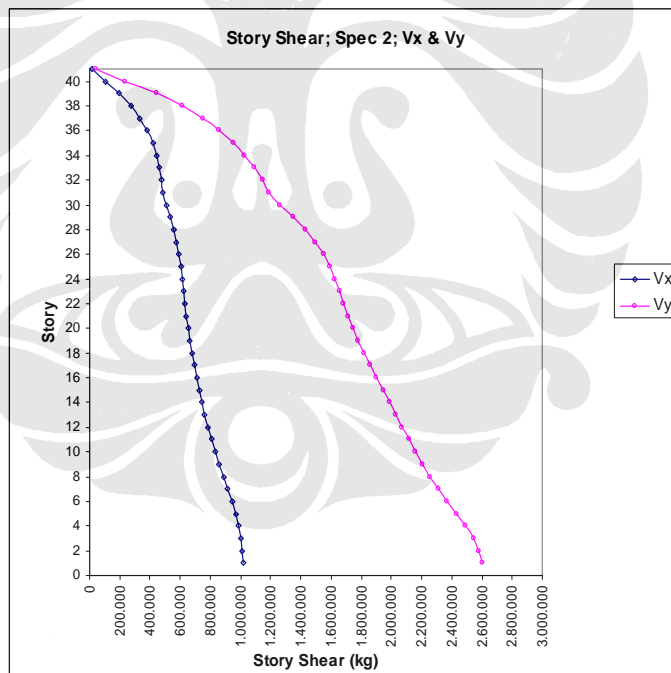
$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 114328675,132 \text{ kg} \text{ (tabel lampiran 33)}$$



Gambar 3.13. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 3.



Gambar 3.14. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 3.

- Gaya geser dasar statik ( $V_{s1}$ )

$$V_{x1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,161199 \times 1}{5,5} 114328675,132 = 3350843,936 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,121173 \times 1}{5,5} 114328675,132 = 2518830,127 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_s$ )

$$0,8V_{x_{s1}} = 0,8 \times 3350843,936 = 2680675,149 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2518830,127 = 2015064,101 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 41 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3.602.432,890 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.726.821,880 \text{ kg}$$

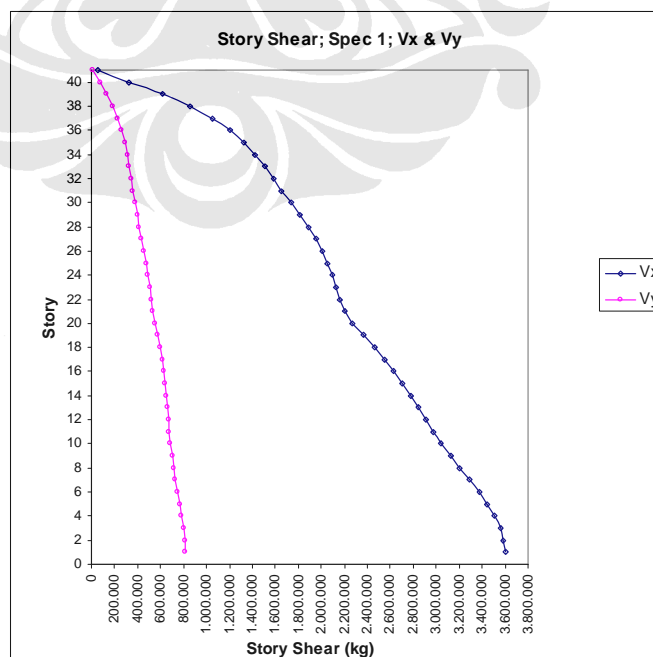
- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

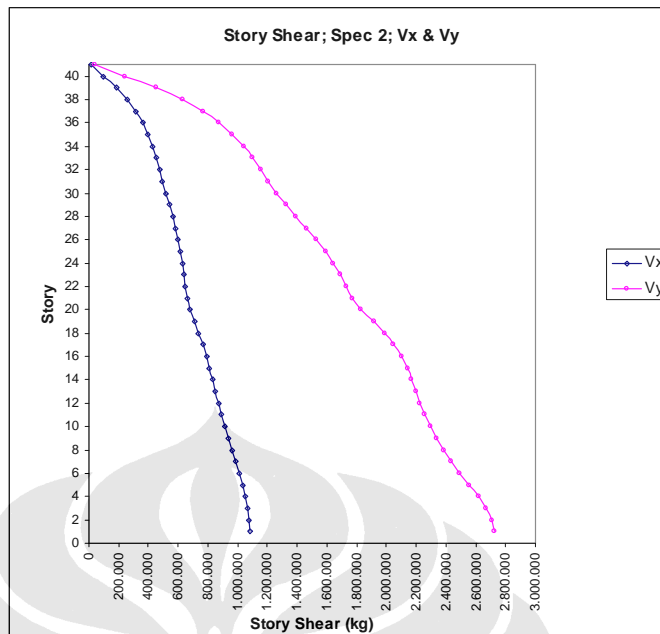
Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 41. Dengan plot grafik gambar 3.15 dan 3.16 sebagai berikut:



Gambar 3.15. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 4.





Gambar 3.16. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 4.

(e). **Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 5**

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$

- Waktu getar alami

$$T_y = 5,974087 \text{ sec, dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 4,871805 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{5,974087} = 0,125542$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{4,871805} = 0,153947$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 114313452,602 \text{ kg} \quad (\text{tabel lampiran 34})$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_{s1}$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,153947 \times 1}{5,5} 114313452,602 = 3199676,112 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,125542 \times 1}{5,5} 114313452,602 = 2609302,155 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_s$ )

$$0,8V_{x_1} = 0,8 \times 3199676,112 = 2559740,890 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2609302,155 = 2087441,724 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 42 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 4.366.239,510 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.994.302,410 \text{ kg}$$

- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

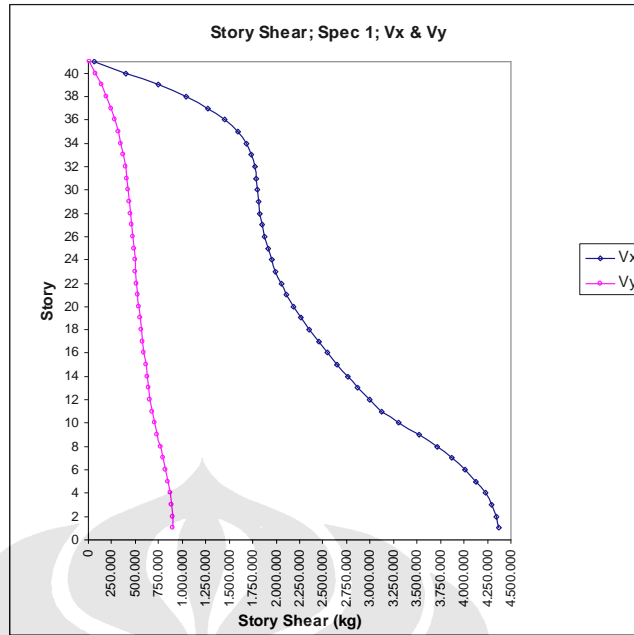
Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 42. Dengan plot grafik gambar 3.17 dan 3.18.

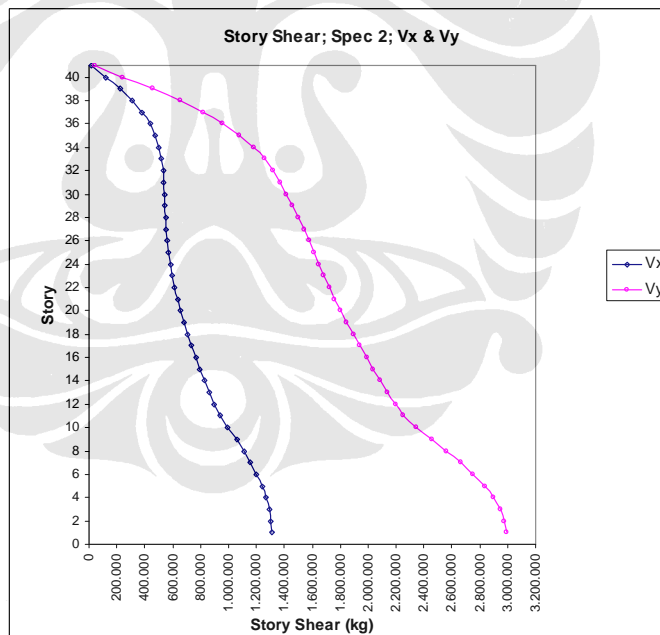
#### (f). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 6

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$



Gambar 3.17. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 5.



Gambar 318. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 5.

- Waktu getar alami

$T_y = 6,819727 \text{ sec}$  , dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS

$T_x = 5,358062 \text{ sec}$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,819727} = 0,109975$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{5,358062} = 0,139976$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 114870662,299 \text{ kg} \text{ (tabel lampiran 35)}$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_{s1}$ )

$$V_{x1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,139976 \times 1}{5,5} 114870662,299 = 2923478,904 \text{ kg}$$

$$V_{y1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,109975 \times 1}{5,5} 114870662,299 = 2296892,709 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_I$ )

$$0,8V_{x1} = 0,8 \times 2923478,904 = 2338783,123 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y1} = 0,8 \times 2296892,709 = 1837514,167 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 43 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3.464.408,610 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.607.911,240 \text{ kg}$$

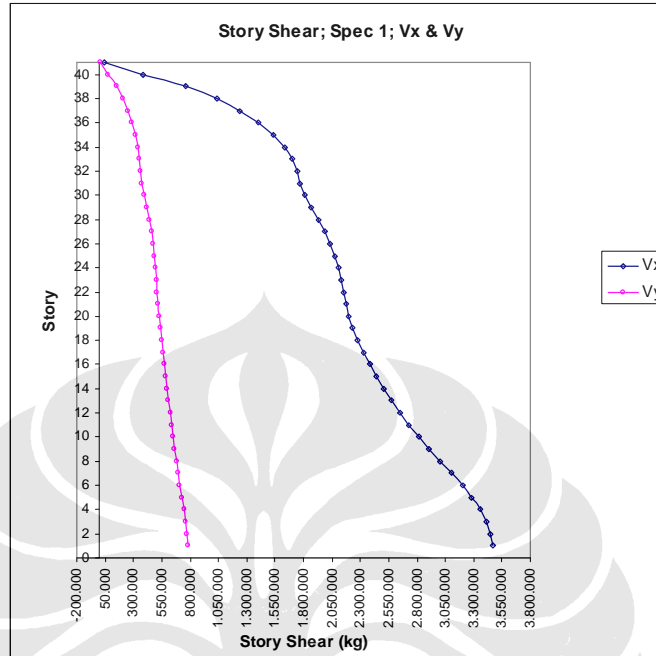
- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x1}$$

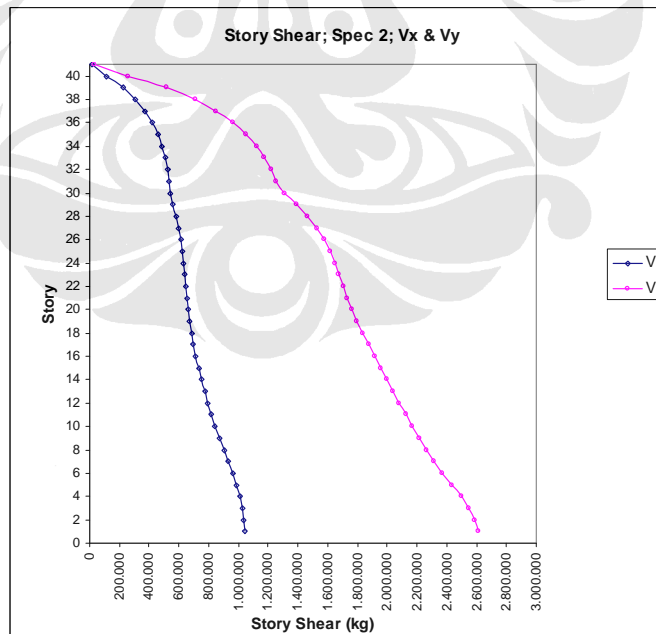
$$V_y \geq 0,8V_{y1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik.

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 43. Dengan plot grafik gambar 3.19 dan 3.20 sebagai berikut:



Gambar 3.19. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 6.



Gambar 3.20. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 6.

**(g). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 7**

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{CI}{R} W_t$$

- Waktu getar alami

$T_y = 6,369230$  sec , dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS

$$T_x = 4,734997 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,369230} = 0,117754$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{4,734997} = 0,158395$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_t = 115379579,221 \text{ kg} \quad (\text{tabel lampiran 36})$$

- Gaya geser dasar statik ( $V_1$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,158395 \times 1}{5,5} 115379579,221 = 3322827,656 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,117754 \times 1}{5,5} 115379579,221 = 2470248,207 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_1$ )

$$0,8V_{x_1} = 0,8 \times 3322827,656 = 2658262,125 \text{ kg}$$

$$0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2470248,207 = 1976198,565 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 44 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 3.683.148,280 \text{ kg}$$

$$V_y = 2.734.926,490 \text{ kg}$$

- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik.

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 44. Dengan plot grafik gambar 3.21 dan 3.22.

#### (h). Gaya Geser dasar dan Peninjauan Beban Gempa Struktur Variasi 8

Untuk menentukan peninjauan beban gempa yang mana yang akan digunakan apakah analisa statik atau dinamik. Terlebih dahulu dilakukan analisa sebagai berikut.

$$V_i = \frac{CI}{R} W_i$$

- Waktu getar alami

$$T_y = 6,160652 \text{ sec}, \text{ dari hasil analisa dinamik dengan program ETABS}$$

$$T_x = 4,915343 \text{ sec}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak:

$$C_y = \frac{0,75}{T_y} = \frac{0,75}{6,160652} = 0,121740$$

$$C_x = \frac{0,75}{T_x} = \frac{0,75}{4,915343} = 0,152583$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan untuk kantor:

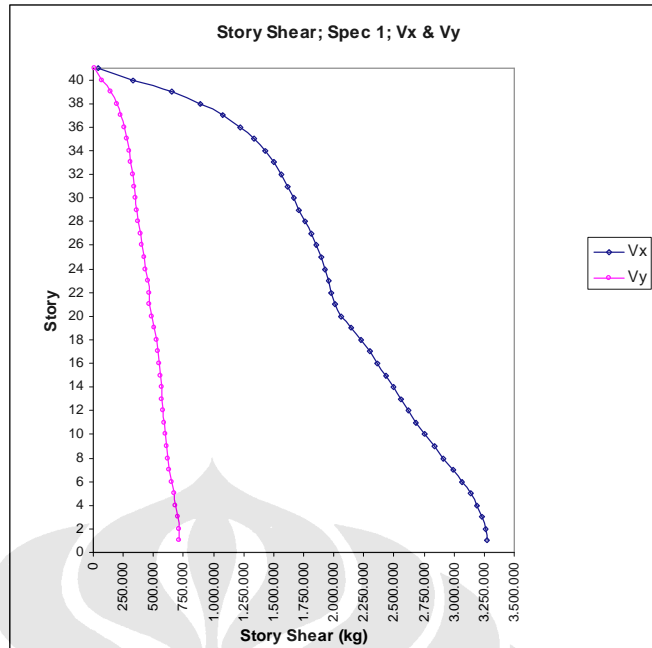
$$I = 1,0$$

- Faktor daktilitas struktur tidak umum yang menggunakan *outrigger*

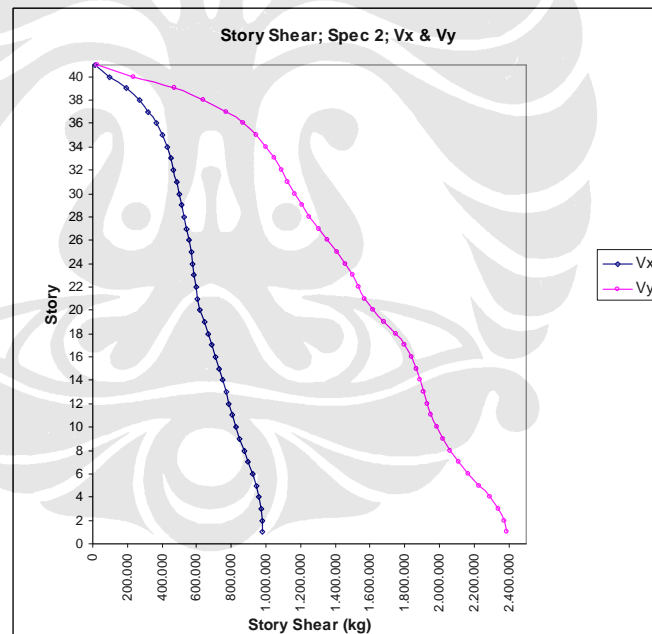
$$R = 5,5$$

- Massa total kombinasi dari beban mati ditambah 30% beban hidup

$$W_i = 115364356,690 \text{ kg} \text{ (tabel lampiran 37)}$$



Gambar 3.21. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 7.



Gambar 3.22. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 7.

- Gaya geser dasar statik ( $V_1$ )

$$V_{x_1} = \frac{C_x I}{R} W_t = \frac{0,152583 \times 1}{5,5} 115364356,690 = 3200489,403 \text{ kg}$$

$$V_{y_1} = \frac{C_y I}{R} W_t = \frac{0,121740 \times 1}{5,5} 115364356,690 = 2553545,174 \text{ kg}$$



- Gaya geser dasar statik nominal ( $V_I$ )  
 $0,8V_{x_1} = 0,8 \times 3200489,403 = 2560391,523 \text{ kg}$   
 $0,8V_{y_1} = 0,8 \times 2553545,174 = 2042836,139 \text{ kg}$
- Gaya geser dasar dinamik (analisa program ETABS lampiran 45 dengan kombinasi beban *Spec1*: gaya gempa 100% arah X, *Spec 2*: gaya gempa 100% arah Y)

$$V_x = 4.520.243,290 \text{ kg}$$

$$V_y = 3.011.747,220 \text{ kg}$$

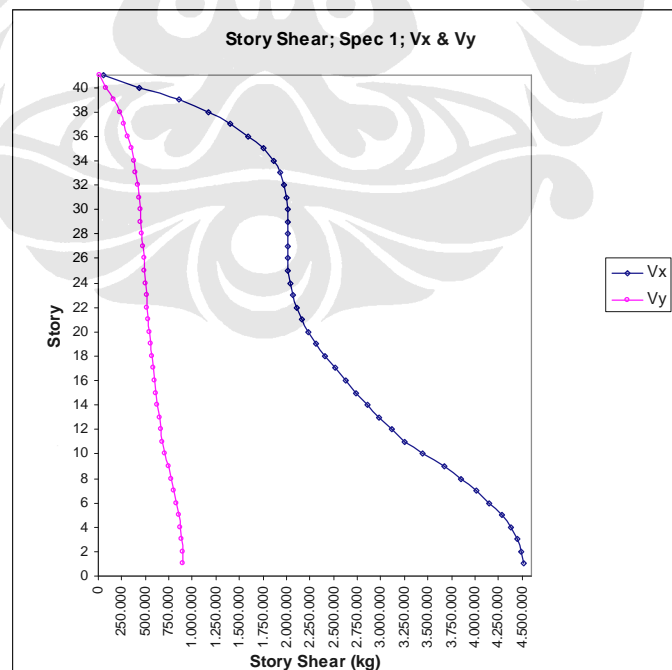
- Penentuan Beban gempa:

$$V_x \geq 0,8V_{x_1}$$

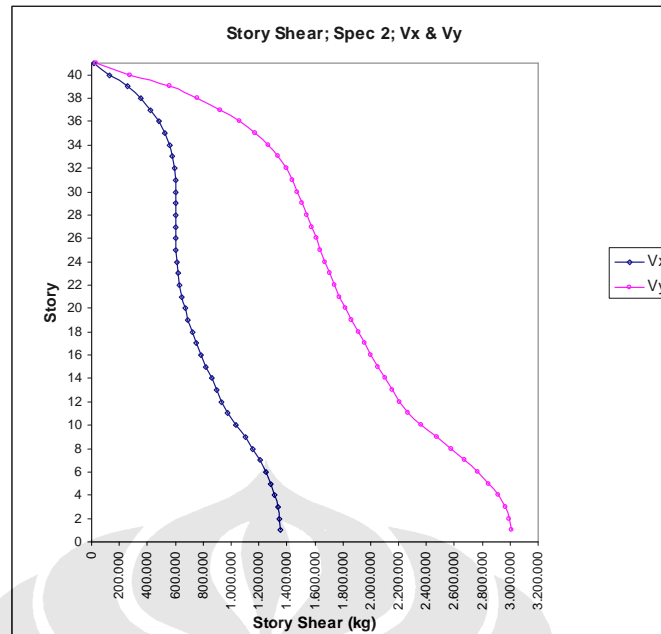
$$V_y \geq 0,8V_{y_1}$$

Maka dalam analisa digunakan peninjauan beban gempa dinamik.

Melalui analisa perhitungan dengan software ETABS diperoleh gaya lateral tiap lantai terlampir dalam lampiran 45. Dengan plot grafik gambar 3.23 dan 3.24 sebagai berikut:



Gambar 3.23. Grafik Story Shear Spectrum 1 varian 8.



Gambar 3.24. Grafik Story Shear Spectrum 2 varian 8.

### 3.3.2.3 Drift

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 8.1.2, untuk memenuhi kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $\frac{0,03}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar ringkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut SNI 03-1726-2002 pasal 8.2.1 dimana simpangan dikali dengan faktor pengali  $\xi$ . untuk struktur gedung tidak beraturan:

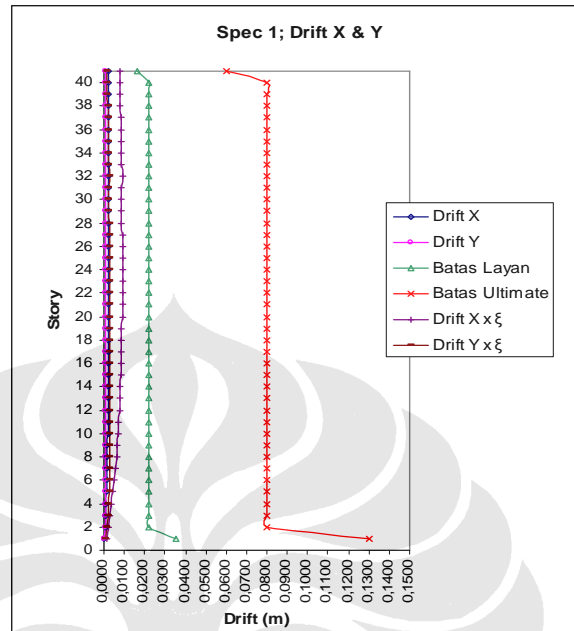
$$\xi = \frac{0,7R}{\text{Faktor Skala}}$$

Faktor Skala = 1 untuk  $V_D \geq 0,8V_S$

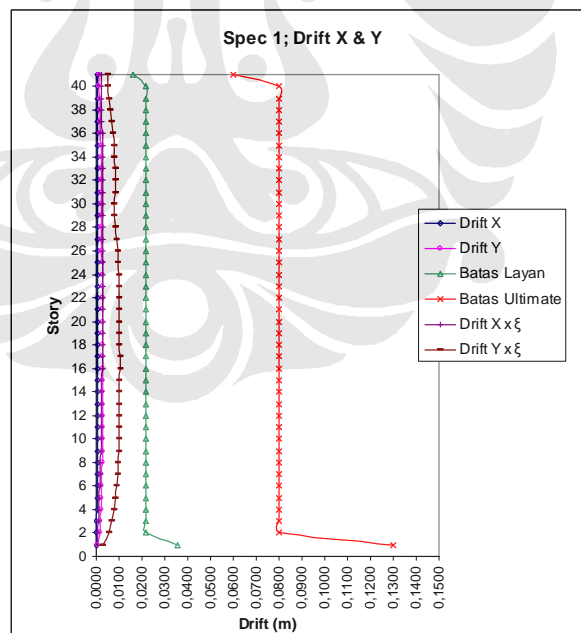
#### (a). Drift Struktur Variasi 1

Peninjauan *drift* variasi struktur 1 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran

46.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 46.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik dibawah ini.



Gambar 3.25. Grafik Drift Spectrum 1 varian 1.



Gambar 3.26. Grafik Drift Spectrum 2 varian 1.

Dari kedua grafik diatas dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- akibat *Spec 1*: 0,002356 m arah X (*story* 24)

- 0,000803 m arah Y (*story* 16)
- Akibat *Spec* 2: 0,000707 m arah X (*story* 24)
- 0,002676 m arah Y (*story* 16)

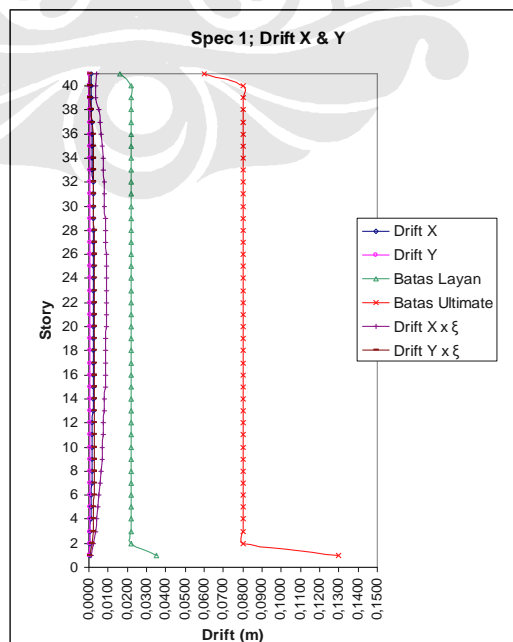
**(b). Drift Struktur Variasi 2**

Peninjauan *drift* variasi struktur 2 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec* 1 (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 47.1 dan *Spec* 2 (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 47.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik gambar 3.27 dan 3.28 dibawah ini.

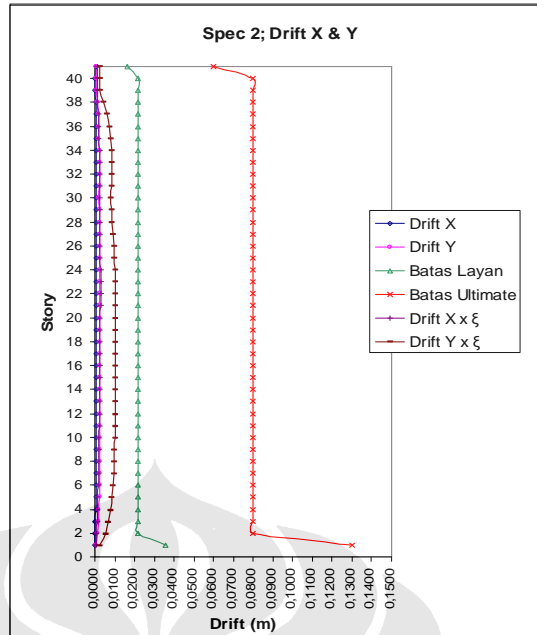
Dari kedua grafik, gambar 3.27 dan 3.28 dibawah dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec* 1: 0,002370 m arah X (*story* 22,23)
- 0,000812 m arah Y (*story* 16,17)
- Akibat *Spec* 2: 0,000711 m arah X (*story* 22,23)
- 0,002706 m arah Y (*story* 16)

Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 2 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai.39-40.



Gambar 3.27. Grafik Drift Spectrum 1 varian 2.



Gambar 3.28. Grafik Drift Spectrum 2 varian 2.

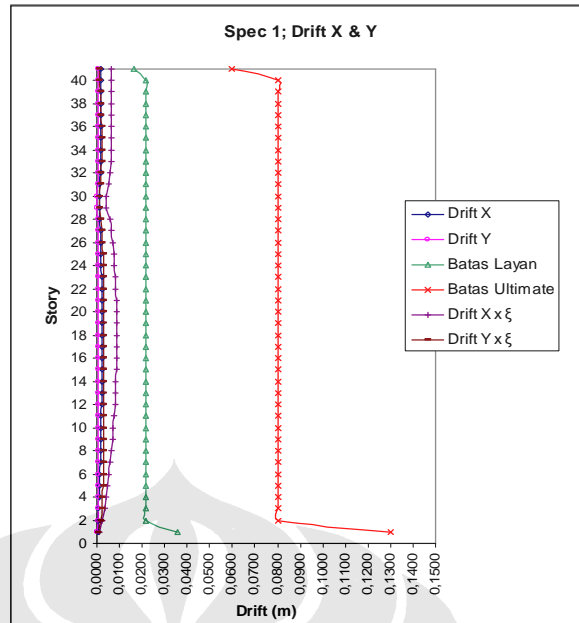
**(c). Drift Struktur Variasi 3**

Peninjauan *drift* variasi struktur 3 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 48.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 48.1. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik gambar 3.29 dan 3.30 dibawah ini.

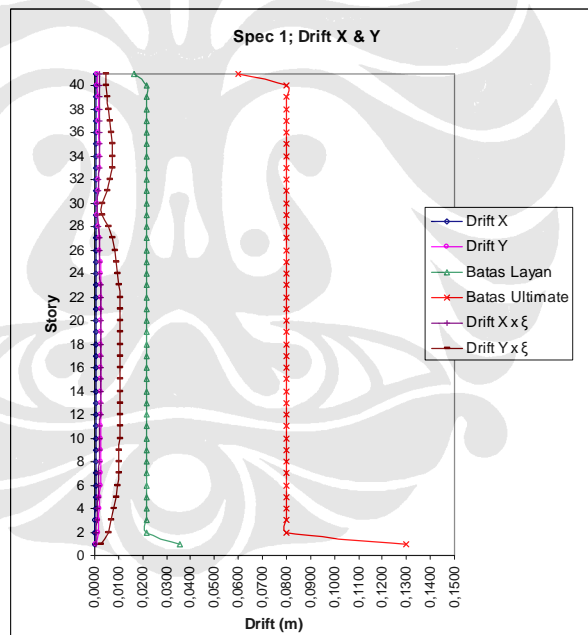
Dari kedua grafik gambar 3.29 dan 3.30 dibawah dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002259 m arah X (*story* 18)  
0,000831 m arah Y (*story* 16)
- Akibat *Spec 2*: 0,000678 m arah X (*story* 17,18)  
0,002771 m arah Y (*story* 16)

Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 3 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai.29-30.



Gambar 3.29. Grafik Drift Spectrum 1 varian 3.

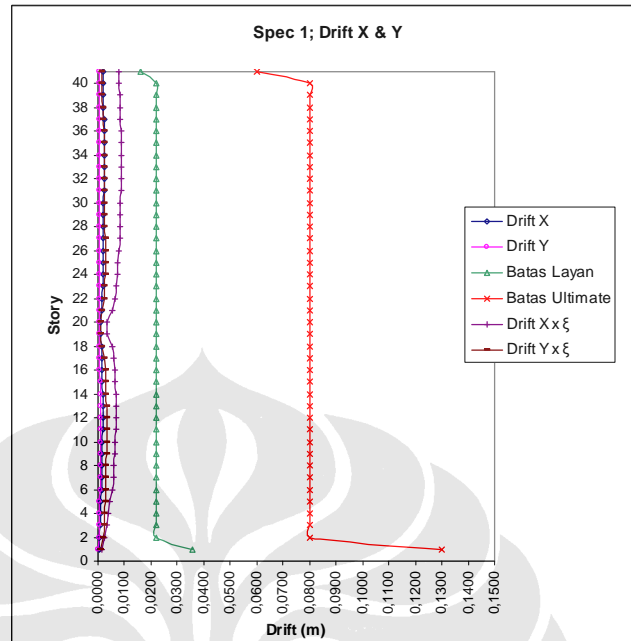


Gambar 3.30. Grafik Drift Spectrum 2 varian 3.

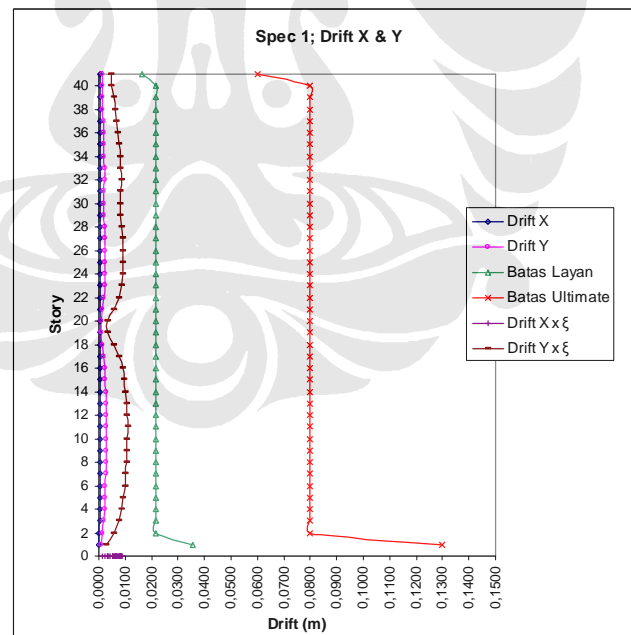
#### (d). Drift Struktur Variasi 4

Peninjauan *drift* variasi struktur 4 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 49.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam

lampiran 49.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik gambar 3.31 dan 3.32 dibawah ini.



Gambar 3.31. Grafik Drift Spectrum 1 varian 4.



Gambar 3.32. Grafik Drift Spectrum 2 varian 4.

Dari kedua grafik diatas dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002294 m arah X (*story 33*)  
0,000843 m arah Y (*story 11*)

- Akibat *Spec 2*: 0,000688 m arah X (*story 32,33*)  
0,002810 m arah Y (*story 11*)

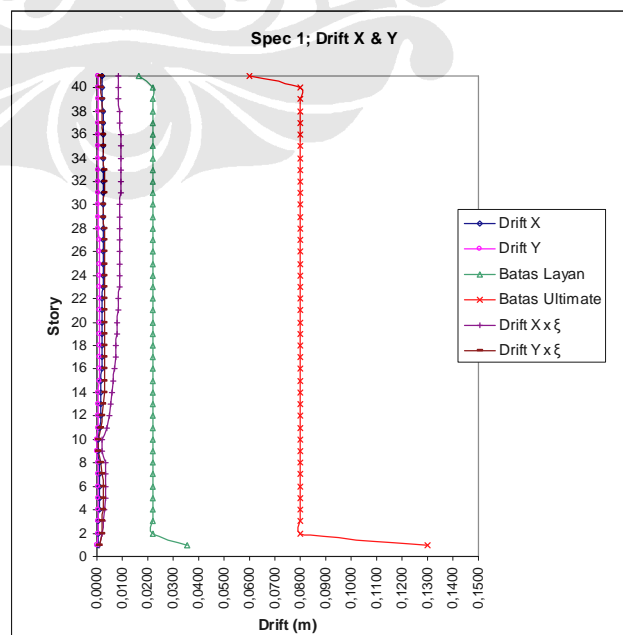
Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 4 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai.19-20.

**(e). Drift Struktur Variasi 5**

Peninjauan *drift* variasi struktur 5 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 50.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 50.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik gambar 3.33 dan 3.34 dibawah ini.

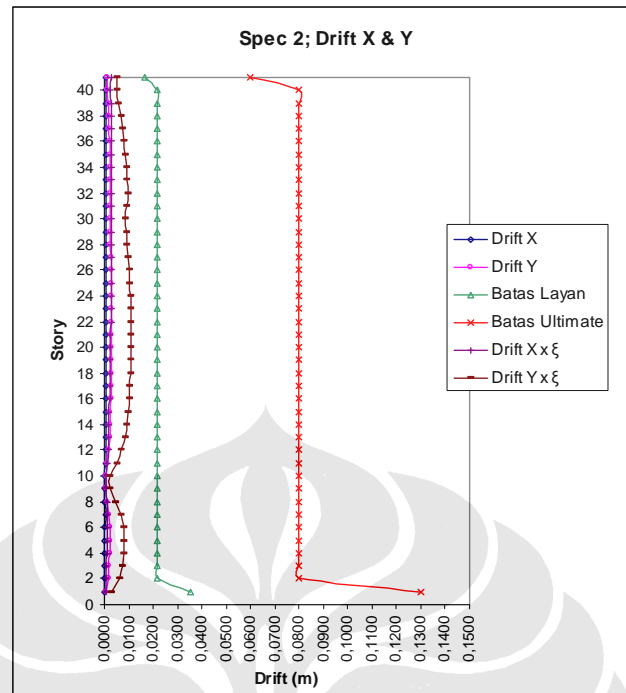
Dari kedua grafik, gambar 3.33 dan 3.34 dibawah dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002465 m arah X (*story 32*)  
0,000844 m arah Y (*story 21,22*)
- Akibat *Spec 2*: 0,000740 m arah X (*story 32*)  
0,002814 m arah Y (*story 22*)



Gambar 3.33. Grafik Drift Spectrum 1 varian 5.





Gambar 3.34. Grafik Drift Spectrum 2 varian 5.

Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 5 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai 9-10.

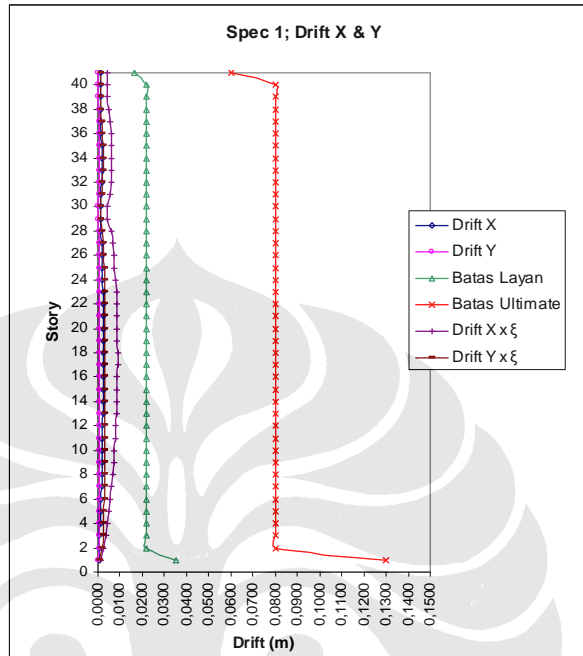
#### (f). Drift Struktur Variasi 6

Peninjauan *drift* variasi struktur 6 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 51.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 51.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik gambar 3.35 dan 3.36 dibawah ini.

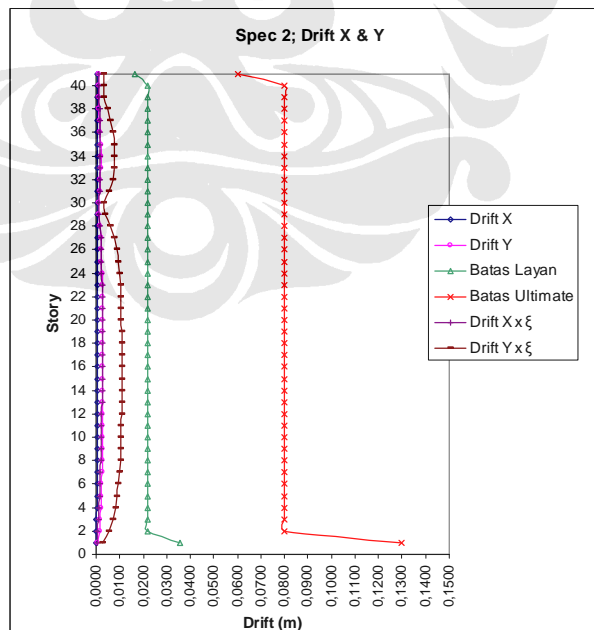
Dari kedua grafik gambar 3.35 dan 3.36 dibawah dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002295 m arah X (*story* 18)  
0,000840 m arah Y (*story* 16)
- Akibat *Spec 2*: 0,000689 m arah X (*story* 18)  
0,002801 m arah Y (*story* 16)

Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 6 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai.29-30 dan lantai 39-40.



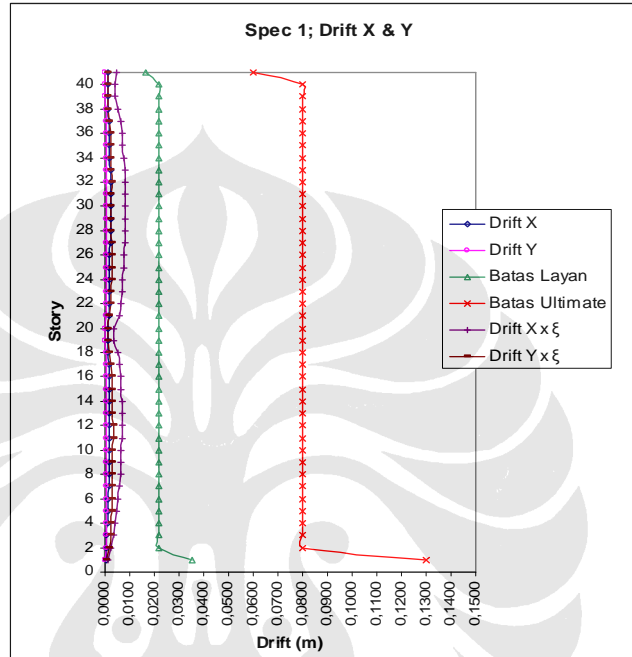
Gambar 3.35. Grafik Drift Spectrum 1 varian 6.



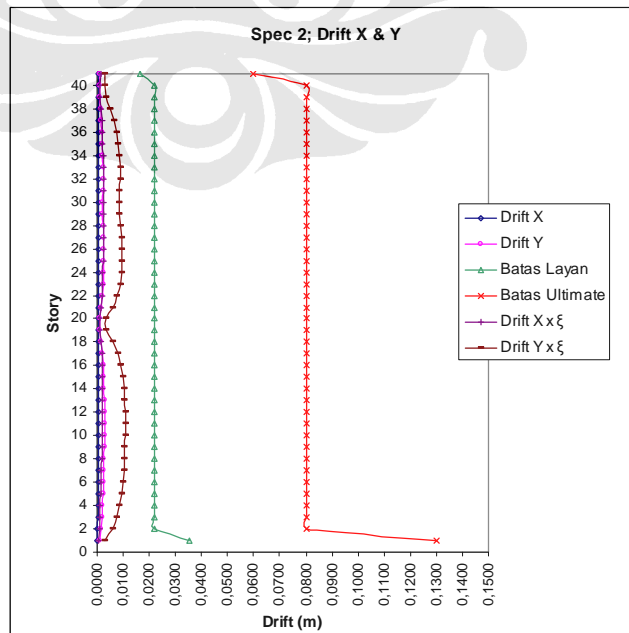
Gambar 3.36. Grafik Drift Spectrum 2 varian 6.

**(g). Drift Struktur Variasi 7**

Peninjauan *drift* variasi struktur 7 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 52.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 52.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik dibawah ini.



Gambar 3.37. Grafik Drift Spectrum 1 varian 7.



Gambar 3.38. Grafik Drift Spectrum 2 varian 7.

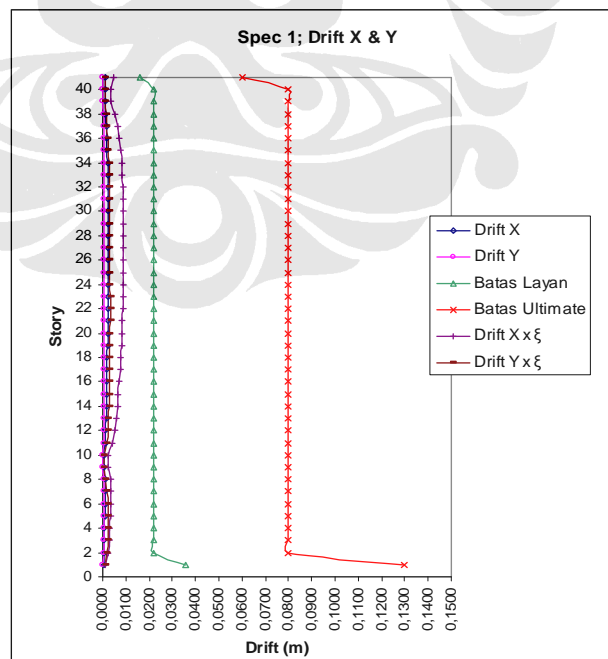
Dari kedua grafik, gambar 3.37 dan 3.38 diatas dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002140 m arah X (*story 31*)  
0,000847 m arah Y (*story 11*)
- Akibat *Spec 2*: 0,000642 m arah X (*story 31*)  
0,002822 m arah Y (*story 11*)

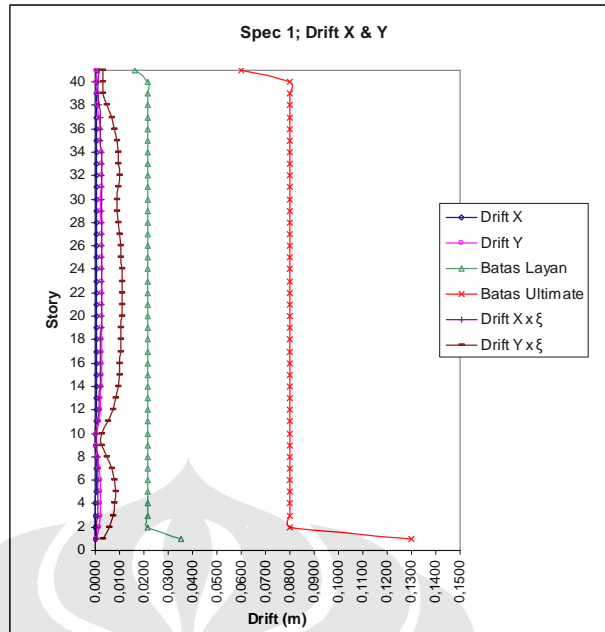
Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 7 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *outrigger* pada lantai. 19-20 dan lantai 39-40.

#### (h). Drift Struktur Variasi 8

Peninjauan *drift* variasi struktur 8 terhadap kinerja batas layan dan batas ultimitnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) yang dijabarkan dalam lampiran 53.1 dan *Spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) dijabarkan dalam lampiran 53.2. *Drift* tersebut diplot seperti pada grafik dibawah ini.



Gambar 3.39. Grafik Drift Spectrum 1 varian 8.



Gambar 3.40. Grafik Drift Spectrum 2 varian 8.

Dari kedua grafik diatas dapat diketahui maximum *drift* yang terjadi:

- Akibat *Spec 1*: 0,002368 m arah X (*story 27*)  
0,000855 m arah Y (*story 22*)
- Akibat *Spec 2*: 0,000710 m arah X (*story 26,27*)  
0,00285 m arah Y (*story 22*)

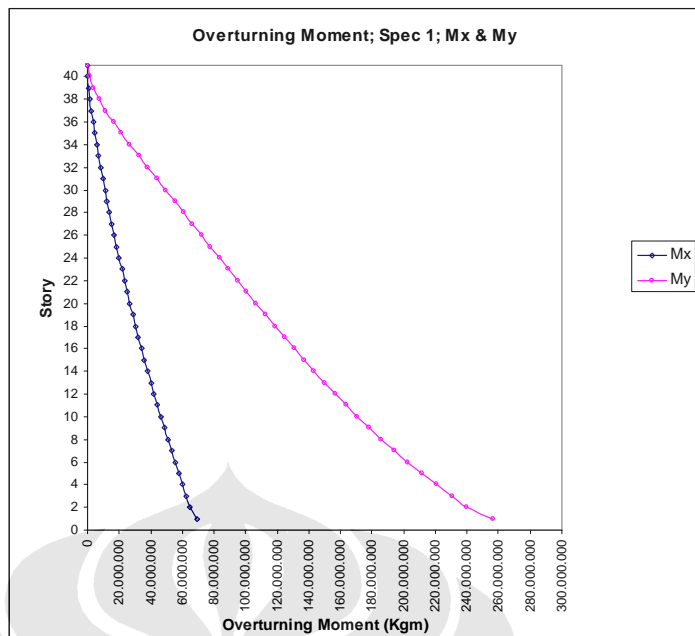
Dari pola grafik di atas juga dapat diamati bahwa pada varian 8 ini pengecilan *drift* terjadi akibat pemasangan *aoutrigger* pada lantai.9-10 dan lantai 39-40.

### 3.3.2.4 Momen Guling

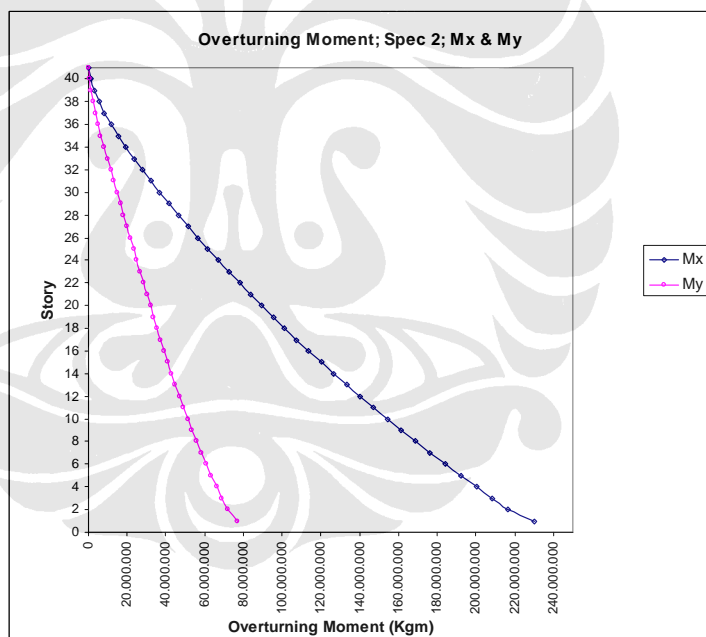
Momen guling adalah momen yang diakibatkan oleh gaya-gaya lateral akibat gempa. Yang dianalisa dengan kombinasi beban *spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) dan *spec 2* (gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X).

#### (a). Momen Guling Struktur Variasi 1.

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 1 terdapat pada lampiran tabel 38 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2*: gempa 100% arah Y), dengan plot grafik  $M_x$  untuk momen guling arah X dan  $M_y$  untuk momen guling arah Y, seperti grafik berikut ini.



Gambar 3.41. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 1.



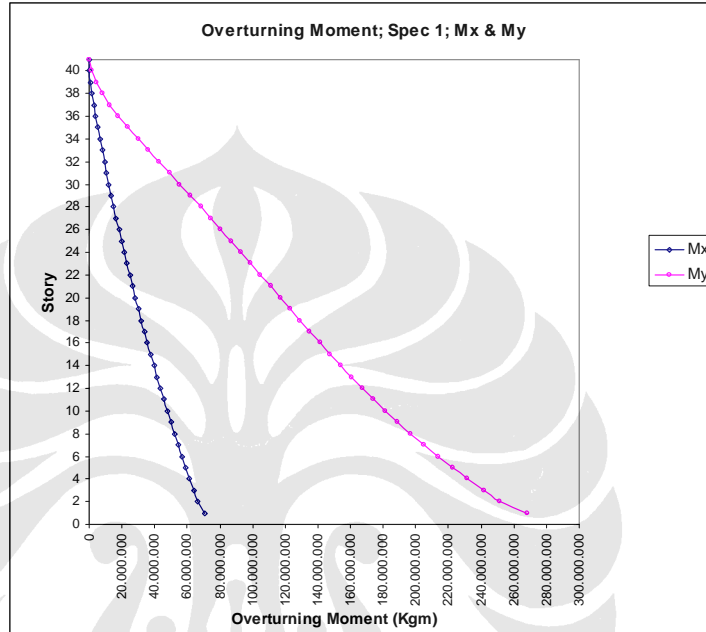
Gambar 3.42. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 1.

Dari Plot garfik gambar 4.41 dan 3.42 diatas diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 1 yang terjadi:

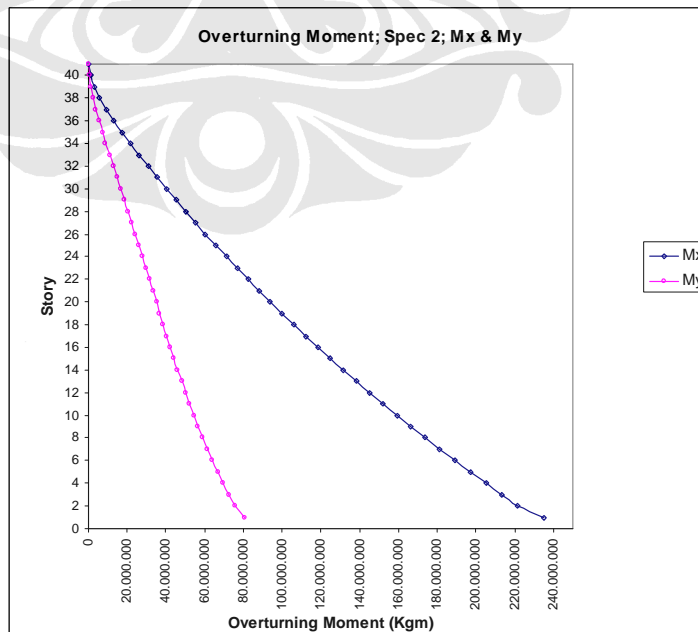
- Spec 1:           69.042.701,540 Kg m (arah X)  
                      256.657.071,310 Kg m (arah Y)
- Spec 2:           230.133.736,620 Kg m ( arah X)  
                      76.999.999,360 Kg m (arah Y)

**(b). Momen Guling Struktur Variasi 2.**

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 2 terdapat pada lampiran tabel 39 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2*: gempa 100% arah Y) dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik berikut ini.



Gambar 3.43. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 2.



Gambar 3.44. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 2.

Dari Plot garfik gambar 3.43 dan 3.44 diatas diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 2 yang terjadi:

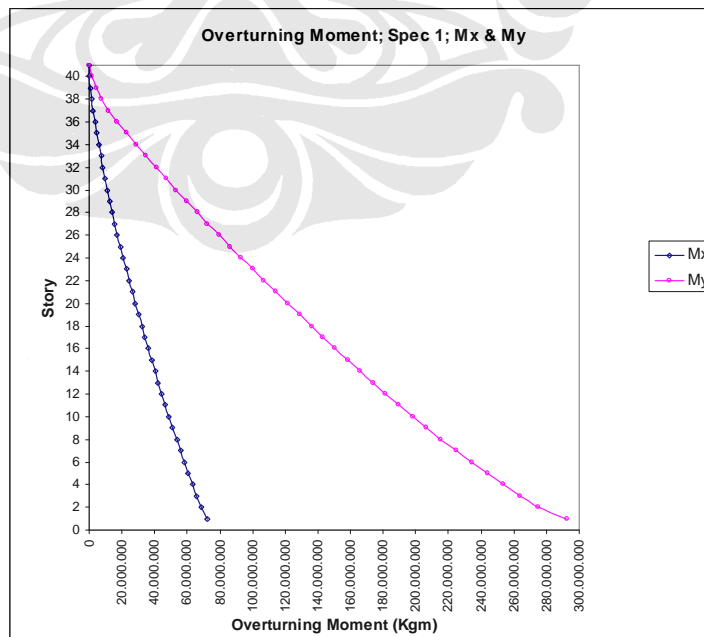
- *Spec 1*:           70.528.941,560 *Kg m* (arah X)  
                          268.001.673,560 *Kg m* (arah Y)
- *Spec 2*:           235.087.684,860 *Kg m* ( arah X)  
                          80.403.507,250 *Kg m* (arah Y)

**(c). Momen Guling Struktur Variasi 3**

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 3 terdapat pada lampiran tabel 40 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2* :gempa 100% arah Y) dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik berikut ini.

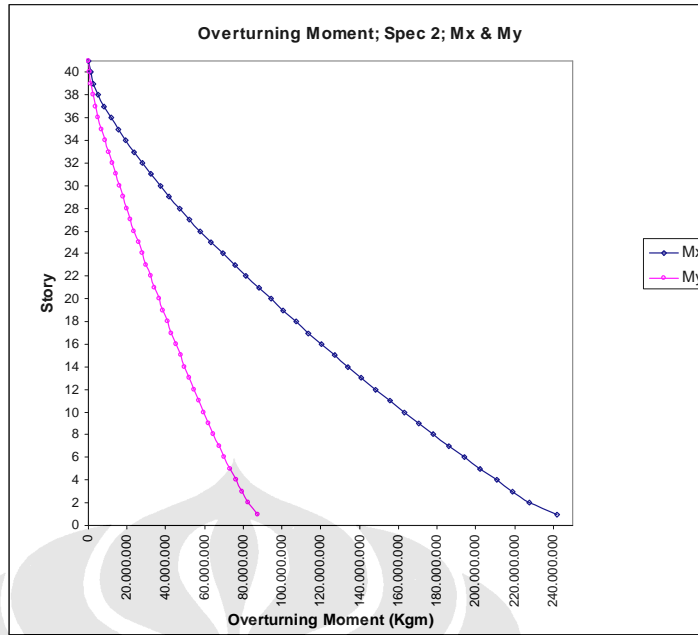
Dari Plot garfik gambar 3.45 dan 3.46 dibawah diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 3 yang terjadi:

- *Spec 1*:           72.575.195,780 *Kg m* (arah X)  
                          292.460.068,010 *Kg m* (arah Y)
- *Spec 2*:           241.908.277,320 *Kg m* ( arah X)  
                          87.741.299,840 *Kg m* (arah Y)



Gambar 3.45. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 3.

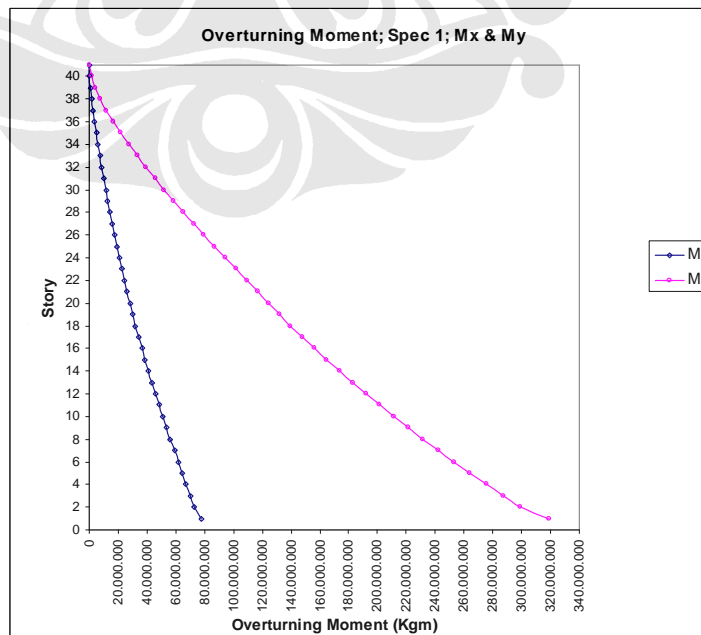




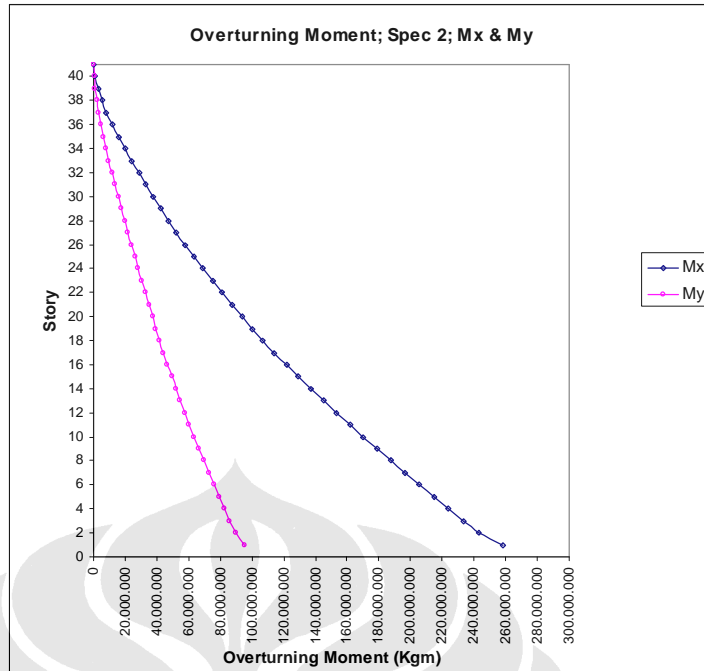
Gambar 3.46. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 3.

**(d). Momen Guling Struktur Variasi 4**

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 4 terdapat pada lampiran tabel 41 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2*: gempa 100% arah Y) dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik berikut ini.



Gambar 3.47. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 4.



Gambar 3.48. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 4.

Dari Plot garfik gambar 3.47 dan 3. 48 diatas diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 4 yang terjadi:

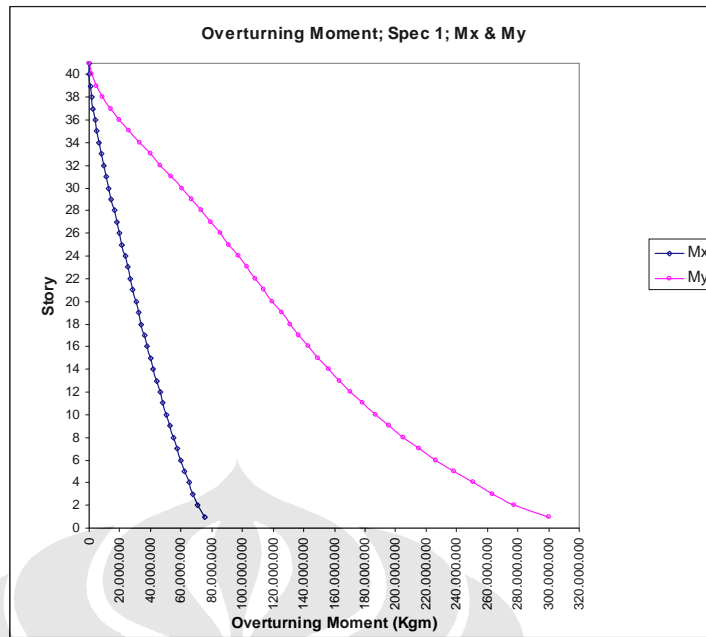
- Spec 1:            77.405.488,400 Kg m (arah X)  
                         318.775.912,700 Kg m (arah Y)
- Spec 2:            258.008.650,910 Kg m ( arah X)  
                         95.636.348,330 Kg m (arah Y)

**(e). Momen Guling Struktur Variasi 5.**

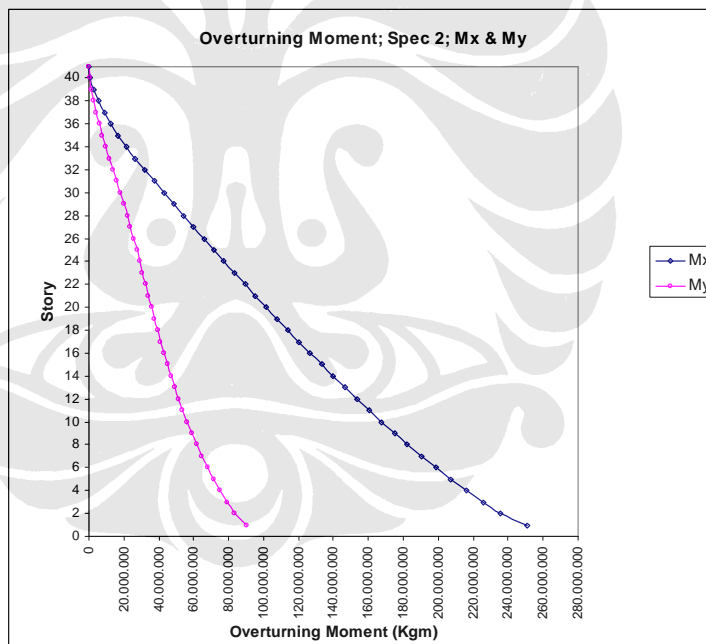
Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 5 terdapat pada lampiran tabel 42 (untuk Spec 1: gempa 100% arah X dan untuk Spec 2 :gempa 100% arah Y)dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik gambar 3.49 dan 3.50.

Dari Plot garfik gambar 3.49 dan 3.50 dibawah diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 5 yang terjadi:

- Spec 1:            75.344.483,520 Kg m (arah X)  
                         299.991.472,890 Kg m (arah Y)
- Spec 2:            251.138.891,430 Kg m ( arah X)  
                         90.000.805,760 Kg m (arah Y)



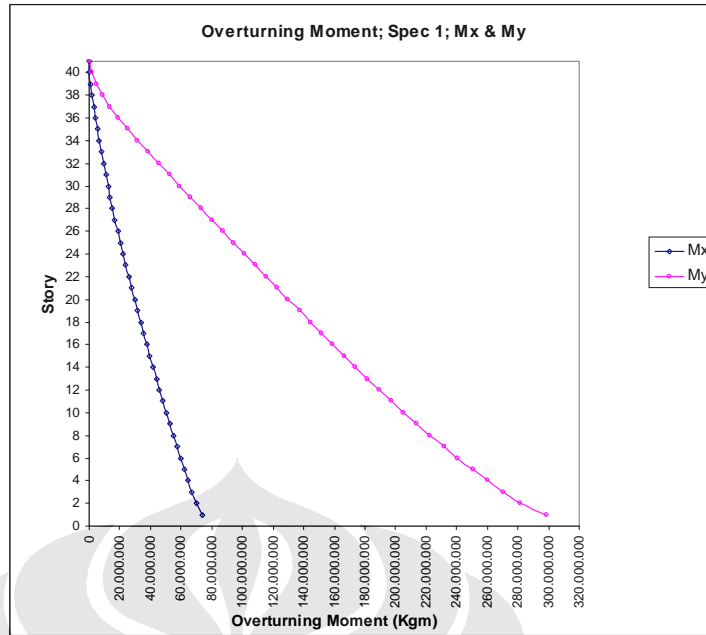
Gambar 3.49. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 5.



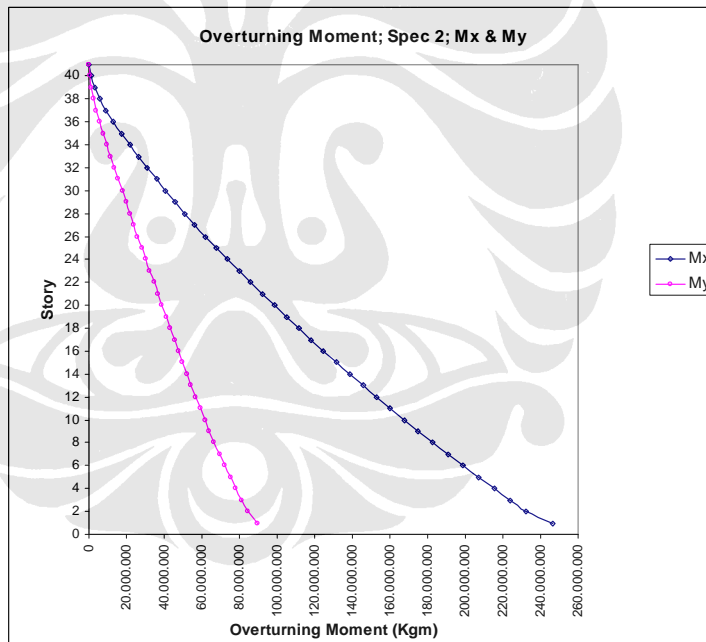
Gambar 3.50. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 5.

**(f). Momen Guling Struktur Variasi 6**

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 6 terdapat pada lampiran tabel (untuk Spec 1: gempa 100% arah X dan untuk Spec 2 :gempa 100% arah Y) dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik gambar 3.51 dan 3.52 berikut ini.



Gambar 3.51. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 6.



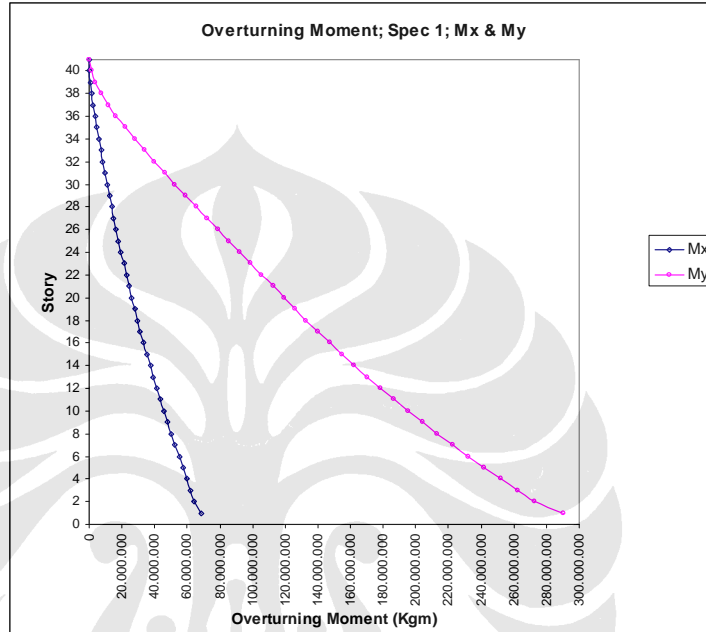
Gambar 3.52. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 6.

Dari Plot garfik gambar 3.51 dan 3.52 diatas diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 6 yang terjadi:

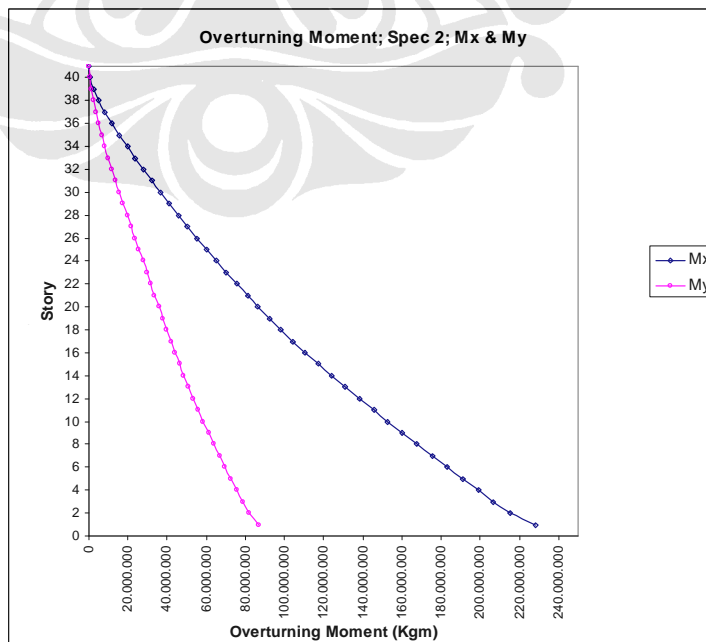
- Spec 1:            73.966.838,740 Kg m (arah X)  
                         299.065.724,010 Kg m (arah Y)
- Spec 2:            246.546.913,810 Kg m ( arah X)  
                         89.723.070,710 Kg m (arah Y)

**(g). Momen Guling Struktur Variasi 7**

Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 7 terdapat pada lampiran tabel 44 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2*: gempa 100% arah Y) dengan plot grafik Mx untuk momen guling arah X dan My untuk momen guling arah Y, seperti grafik gambar 3.53 dan 3.54.



Gambar 3.53. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 7.



Gambar 3.54. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 7.

Dari Plot garfik gambar 3.53 dan 3. 54 diatas diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 7 yang terjadi:

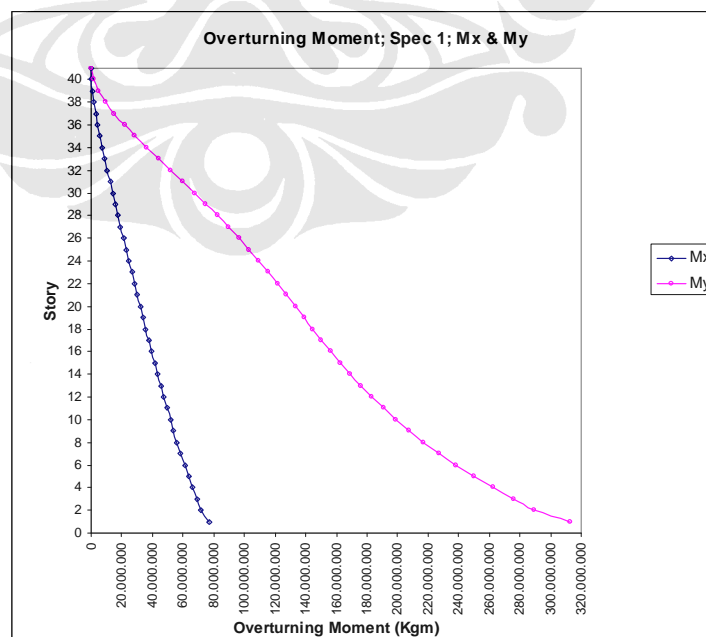
- *Spec 1*:           68.433.460,380 *Kg m* (arah X)  
                  290.290.540,430 *Kg m* (arah Y)
- *Spec 2*:           228.103.008,670 *Kg m* ( arah X)  
                  87.090.417,240 *Kg m* (arah Y)

#### (h). Momen Guling Struktur Variasi 8

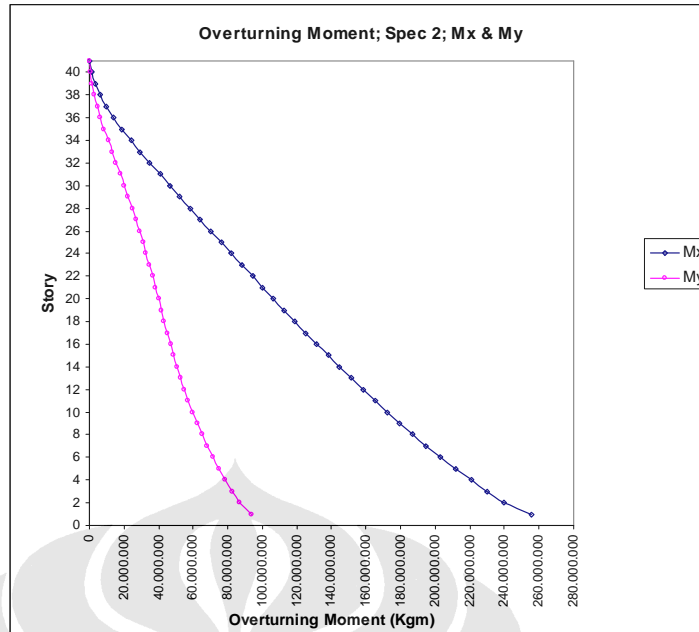
Momen guling yang terjadi pada struktur variasi 8 terdapat pada lampiran tabel 45 (untuk *Spec 1*: gempa 100% arah X dan untuk *Spec 2* :gempa 100% arah Y) dengan plot grafik *Mx* untuk momen guling arah X dan *My* untuk momen guling arah Y, seperti grafik gambar 3.55 dan 3.56.

Dari Plot garfik gambar 3.55 dan 3.56 dibawah diketahui bahwa momen guling maksimum untuk struktur variasi 8 yang terjadi:

- *Spec 1*:           76.663.577,370 *Kg m* (arah X)  
                  312.576.141,740 *Kg m* (arah Y)
- *Spec 2*:           255.535.706,600 *Kg m* ( arah X)  
                  93.776.347,530 *Kg m* (arah Y)



Gambar 3.55. Grafik Momen Guling Spec 1 Struktur Variasi 8.



Gambar 3.56. Grafik Momen Guling Spec 2 Struktur Variasi 8.

### 3.3.2.5 Displacement

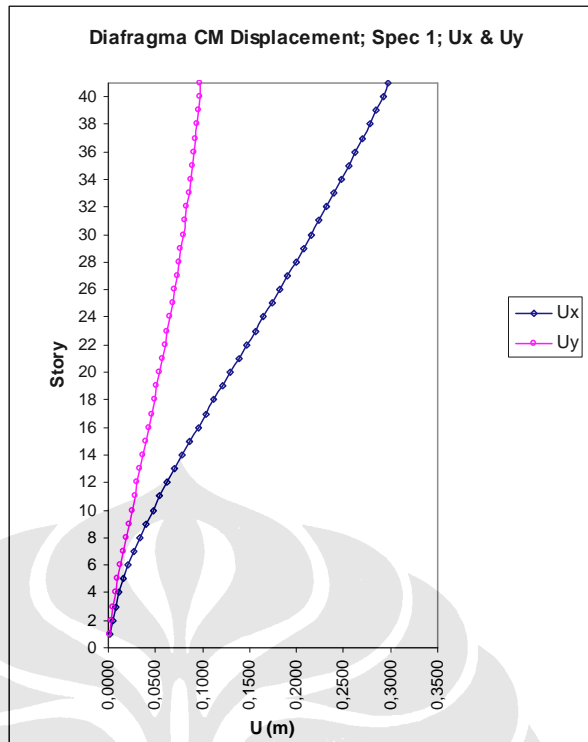
Peninjauan *displacement* sebagai bagian dari perilaku struktur dilakukan dengan menggunakan kombinasi beban *Spec 1* (gaya gempa 100% arah X + 30% arah Y) dan *Spec 2* ( gaya gempa 100% arah Y + 30% arah X) yang kemudian akan dijelaskan berikut ini.

#### (a). *Displacement Struktur variasi 1*

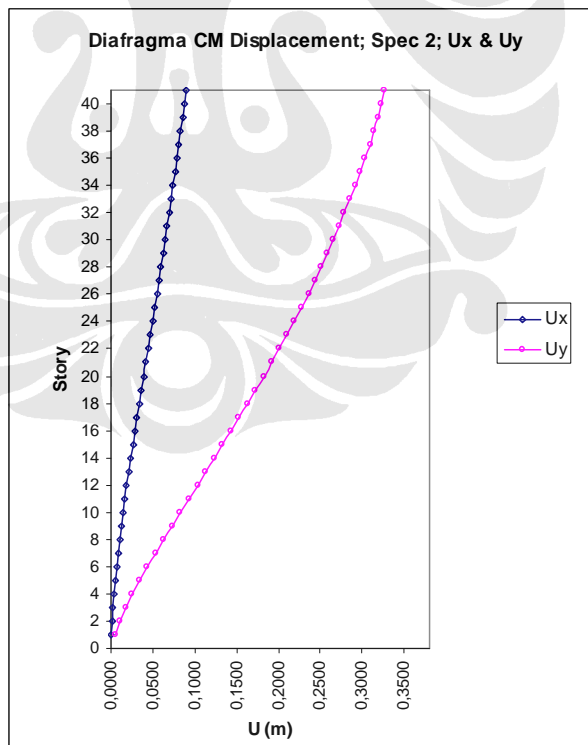
*Displacement* untuk struktur variasi 1 dapat dilihat dalam tabel lampiran 54. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.57 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.58 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat beban *Spec 2*.

Dari plot data *Displacement*, gambar 3.57 dan 3.58, diketahui untuk struktur dengan variasi 1 diperoleh *drift* maksimum:

- *Spec 1*:        0,2973 m (arah X)  
                      0,0979 m (arah Y)
- *Spec 2*:        0,0892 m (arah X)  
                      0,3263 m (arah Y)



Gambar 3.57. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 1.

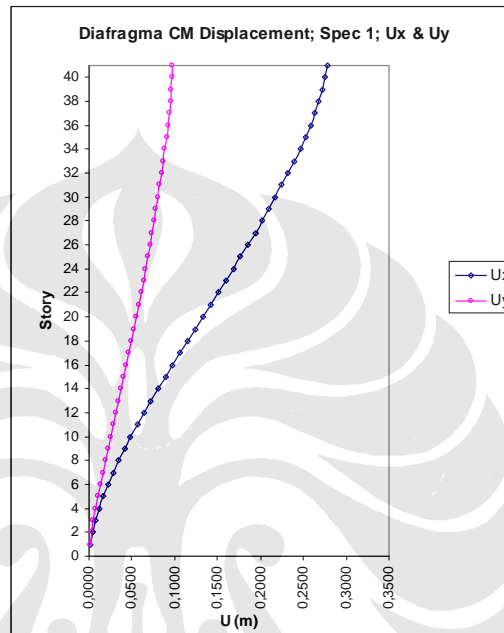


Gambar 3.58. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 1.

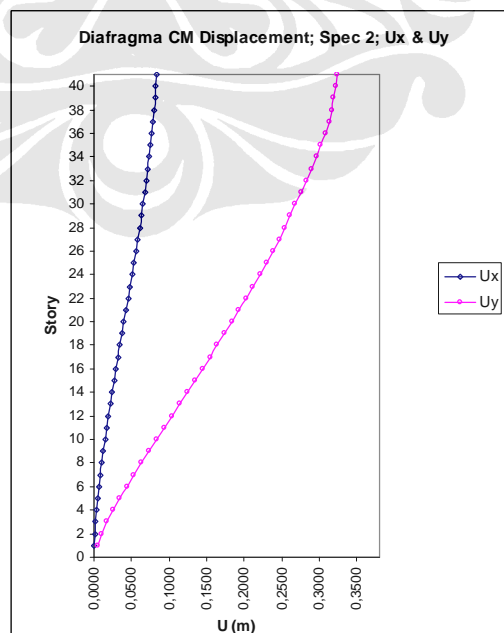


(b). **Displacement Struktur variasi 2**

*Displacement* untuk struktur variasi 2 dapat dilihat dalam tabel lampiran 55. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.59 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.60 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat beban *Spec 2*.



Gambar 3.59. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 2.



Gambar 3.60. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 2.

Dari plot data *Displacement* gambar 3.59 dan 3.60 di atas diketahui untuk struktur dengan variasi 2 diperoleh *drift* maksimum:

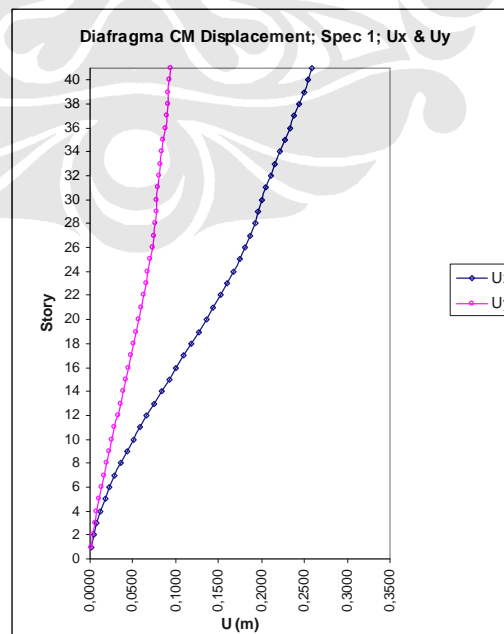
- *Spec 1*:        0,2778 *m* (arah X)  
                      0,0971 *m* (arah Y)
- *Spec 2*:        0,0833 *m* (arah X)  
                      0,3237 *m* (arah Y)

(c).        ***Displacement* Struktur variasi 3**

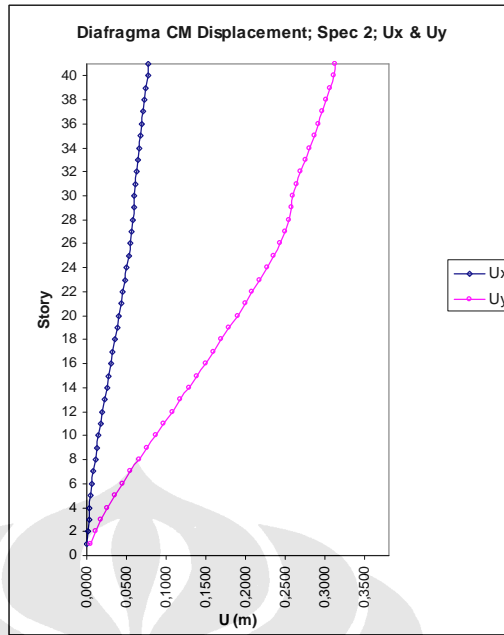
*Displacement* untuk struktur variasi 3 dapat dilihat dalam tabel lampiran 56. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.61 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.62 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat beban *Spec 2*.

Dari plot data *Displacement* gambar 3.61 dan 3.62 di bawah, diketahui untuk struktur dengan variasi 3 diperoleh *drift* maksimum:

- *Spec 1*:        0,2592 *m* (arah X)  
                      0,0939 *m* (arah Y)
- *Spec 2*:        0,0778 *m* (arah X)  
                      0,3131 *m* (arah Y)



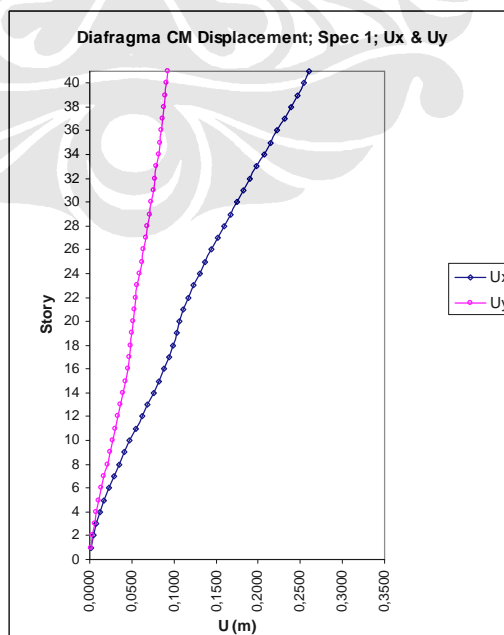
Gambar 3.61. Grafik *Displacement* *Spec 1* Struktur Variasi 3.



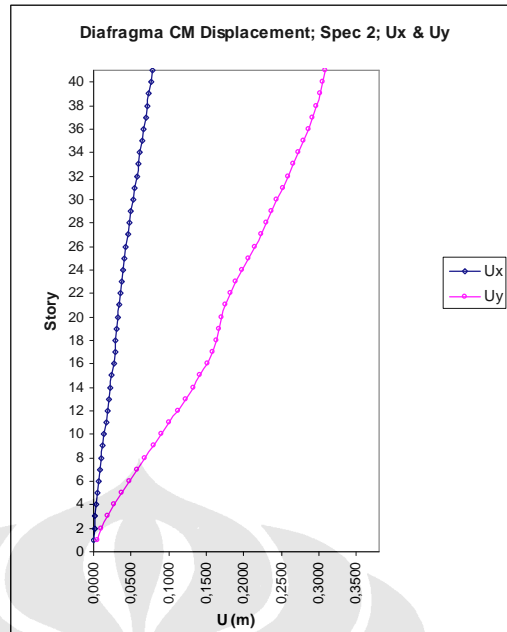
Gambar 3.62. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 3.

**(d). Displacement Struktur variasi 4**

Displacement untuk struktur variasi 4 dapat dilihat dalam tabel lampiran 57. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.63 untuk grafik Ux dan Uy akibat pembebanan Spec 1 dan gambar 3.64 untuk grafik Ux dan Uy akibat beban Spec 2.



Gambar 3.63. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 4.



Gambar 3.64. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 4.

Dari plot data Displacement gambar 3.63 dan gambar 3.64 di atas diketahui untuk struktur dengan variasi 4 diperoleh *drift* maksimum:

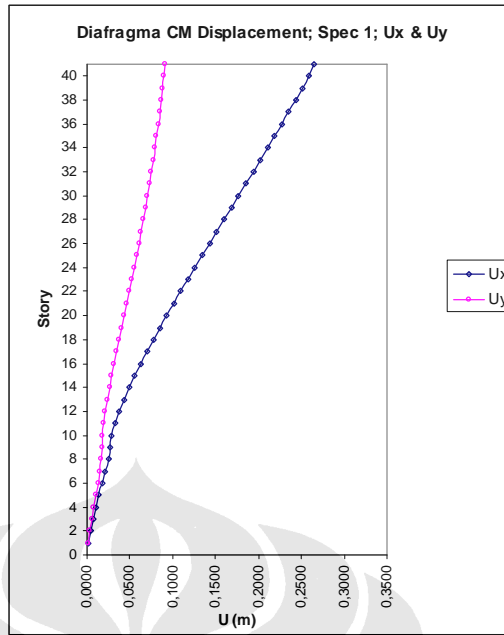
- Spec 1:      0,2595 m (arah X)  
                  0,0927 m (arah Y)
- Spec 2:      0,0778 m (arah X)  
                  0,3092 m (arah Y)

(e). **Displacement Struktur variasi 5**

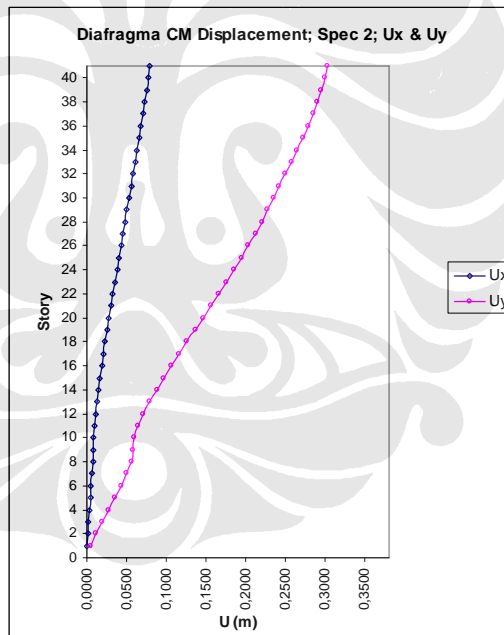
*Displacement* untuk struktur variasi 5 dapat dilihat dalam tabel lampiran 58. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.65 untuk grafik Ux dan Uy akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.66 untuk grafik Ux dan Uy akibat beban *Spec 2*.

Dari plot data *Displacement* gambar 3.65 dan 3.66 diketahui untuk struktur dengan variasi 5 diperoleh *drift* maksimum:

- Spec 1:      0,2652 m (arah X)  
                  0,0910 m (arah Y)
- Spec 2:      0,0796 m (arah X)  
                  0,3034 m (arah Y)



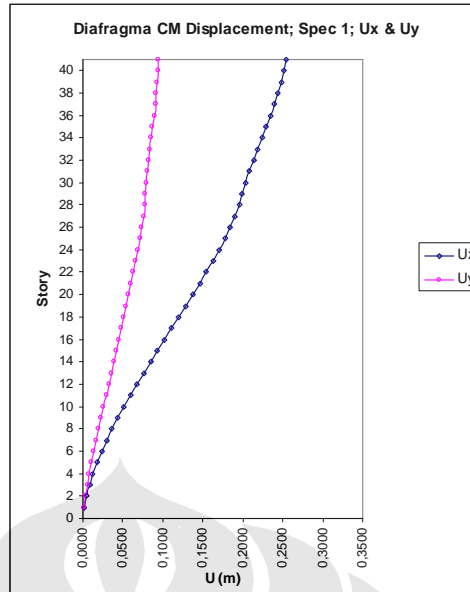
Gambar 3.65. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 5.



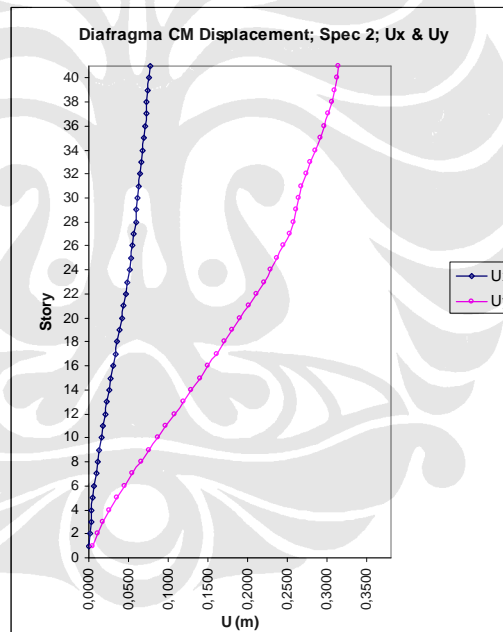
Gambar 3.66. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 5.

(f). **Displacement Struktur variasi 6**

Displacement untuk struktur variasi 6 dapat dilihat dalam tabel lampiran 59. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.67 untuk grafik Ux dan Uy akibat pembebanan Spec 1 dan gambar 3.68 untuk grafik Ux dan Uy akibat beban Spec 2.



Gambar 3.67. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 6.



Gambar 3.68. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 6.

Dari plot data Displacement gambar 3.67 dan 3.68 di atas diketahui untuk struktur dengan variasi 6 diperoleh *drift* maksimum:

- Spec 1:        0,255 m (arah X)  
                    0,0944 m (arah Y)
- Spec 2:        0,0765 m (arah X)  
                    0,3145 m (arah Y)

(g). **Displacement Struktur variasi 7**

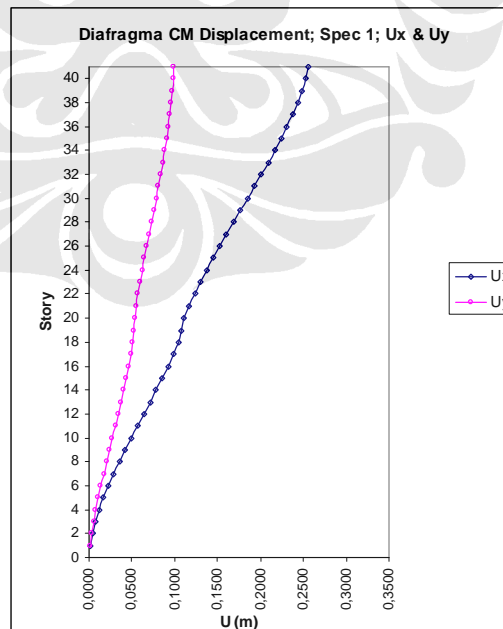
*Displacement* untuk struktur variasi 7 dapat dilihat dalam tabel lampiran 60. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.69 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.70 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat beban *Spec 2*.

Dari plot data *Displacement* gambar 3.69 dan 3.70 di bawah, diketahui untuk struktur dengan variasi 7 diperoleh *drift* maksimum:

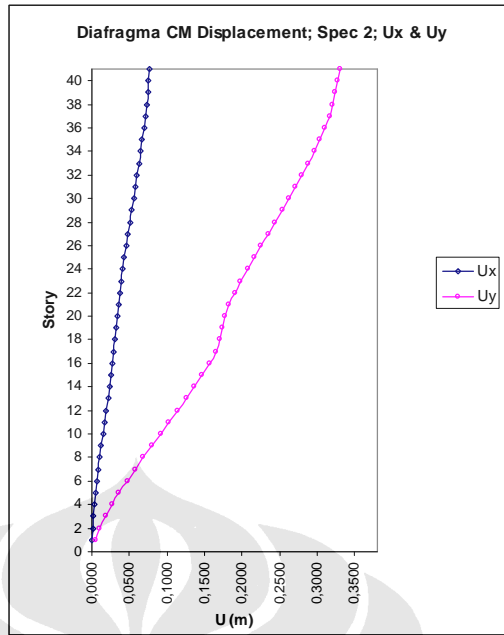
- *Spec 1*:        0,2563 m (arah X)  
                      0,0991 m (arah Y)
- *Spec 2*:        0,0769 m (arah X)  
                      0,3305 m (arah Y)

(h). **Displacement Struktur variasi 8**

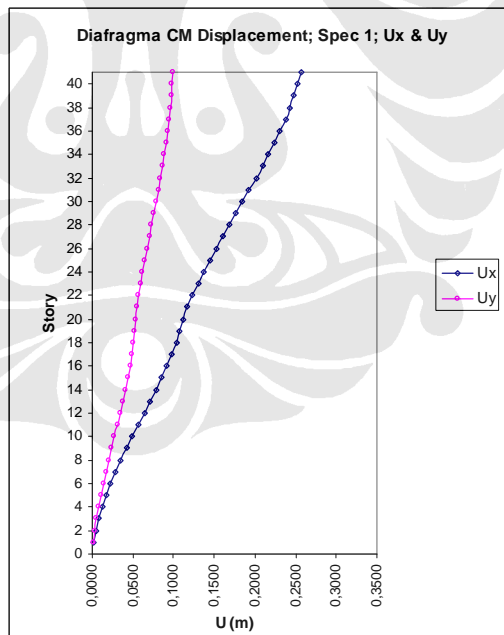
*Displacement* untuk struktur variasi 8 dapat dilihat dalam tabel lampiran 61. Dengan plot seperti tergambar dalam gambar 3.71 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat pembebanan *Spec 1* dan gambar 3.72 untuk grafik  $U_x$  dan  $U_y$  akibat beban *Spec 2*.



Gambar 3.69. Grafik Displacement *Spec 1* Struktur Variasi 7.

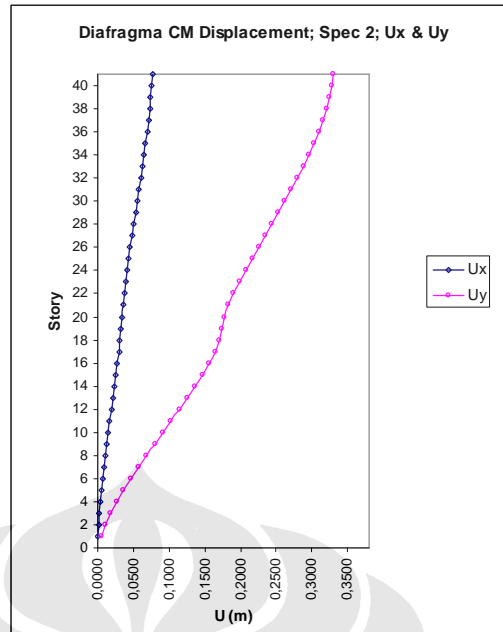


Gambar 3.70. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 7.



Gambar 3.71. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 8.





Gambar 3.72. Grafik Displacement Spec 1 Struktur Variasi 8.

Dari plot data *Displacement* gambar 3.71 dan 3.72 di atas, diketahui untuk struktur dengan variasi 8 diperoleh *drift* maksimum:

- *Spec 1*:      0,2563 m (arah X)  
                    0,0991 m (arah Y)
- *Spec 2*:      0,0769 m (arah X)  
                    0,3305 m (arah Y)