

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Studi Kasus

Pada tulisan ini struktur yang dibahas model struktur bangunan gedung beton bertulang, yang didesain dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen khusus, gedung terletak di wilayah gempa 3 dengan jenis tanah lunak, beban gempa adalah Gempa Rencana dengan periode ulang 500 tahun sesuai dengan SNI 1726-2002 dan perencanaan struktur sesuai SNI 03-2847-2002, evaluasi kinerja dilakukan dengan *software SAP2000*.

4.2 Deskripsi bangunan rencana sebagai berikut :

- Gedung 5 lantai (A)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).
 - Mutu beton lantai 1 - 5 $f_c' = 40$ Mpa
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $< \zeta n$
- Gedung 5 lantai (A)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).
 - Mutu beton lantai 1 - 5 $f_c' = 30$ Mpa
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $> \zeta n$
- Gedung 10 lantai (A)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).

- Mutu beton lantai 1 - 5 $f_c' = 40$ Mpa, lantai 6 – 10 $f_c' = 30$ Mpa.
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $< \zeta_n$
- Gedung 10 lantai (B)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).
 - Mutu beton lantai 1 - 3 $f_c' = 40$ Mpa, lantai 4 – 10 $f_c' = 30$ Mpa.
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $> \zeta_n$
- Gedung 15 lantai (A)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).
 - Mutu beton lantai 1 - 10 lantai $f_c' = 40$ Mpa, lantai 11 – 15 $f_c' = 30$ Mpa.
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $< \zeta_n$
- Gedung 15 lantai (B)
 - Fungsi gedung perkantoran.
 - Panjang x Lebar = 32 x 32 m (@ 8m).
 - Tinggi lantai 3.6 m (typical).
 - Mutu beton lantai 1 - 15 lantai $f_c' = 30$ Mpa.
 - Pembesian tulangan utama $f_y = 400$ Mpa, sengkang $f_y = 240$ Mpa.
 - Periode getar crack $> \zeta_n$

4.3 Beban dan Massa Bangunan

Dalam analisa struktur massa dan kekakuan menentukan waktu getar alami, yang menentukan adalah beban tetap pada lantai bangunan tersebut. Adapun beban yang akan di berikan adalah

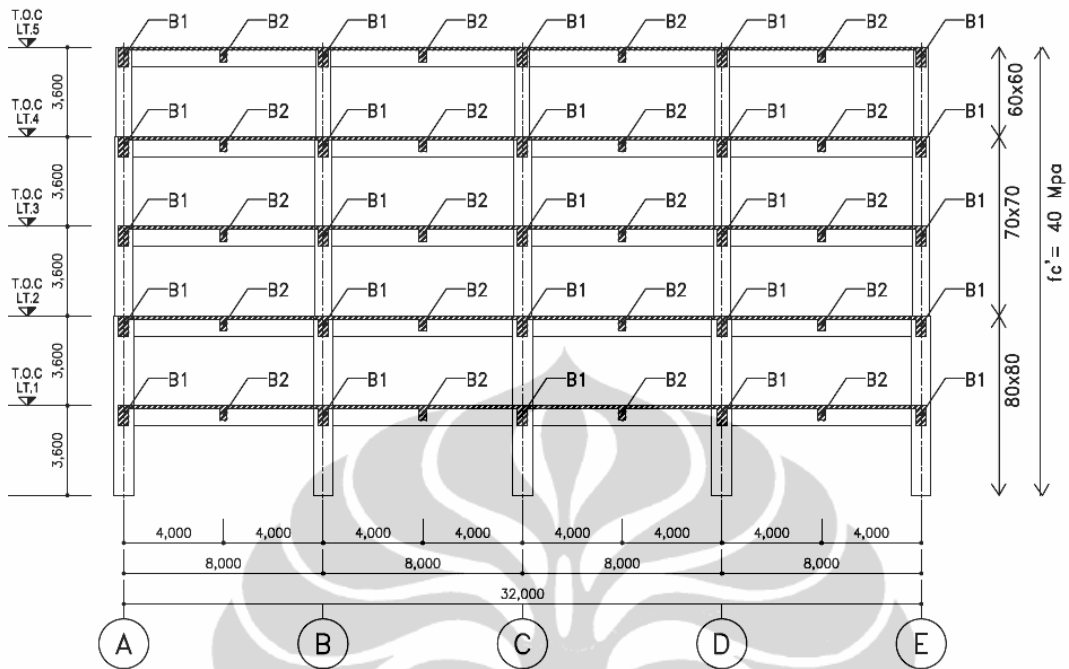
Berat lantai : $0.12 \cdot 24$	$= 2.88 \text{ kN/m}^2$
Finishing +MEP	$= 1.35 \text{ kN/m}^2$
Beban hidup	$= 2.50 \text{ kN/m}^2$ (direduksi 30%)

4.4 Kombinasi beban

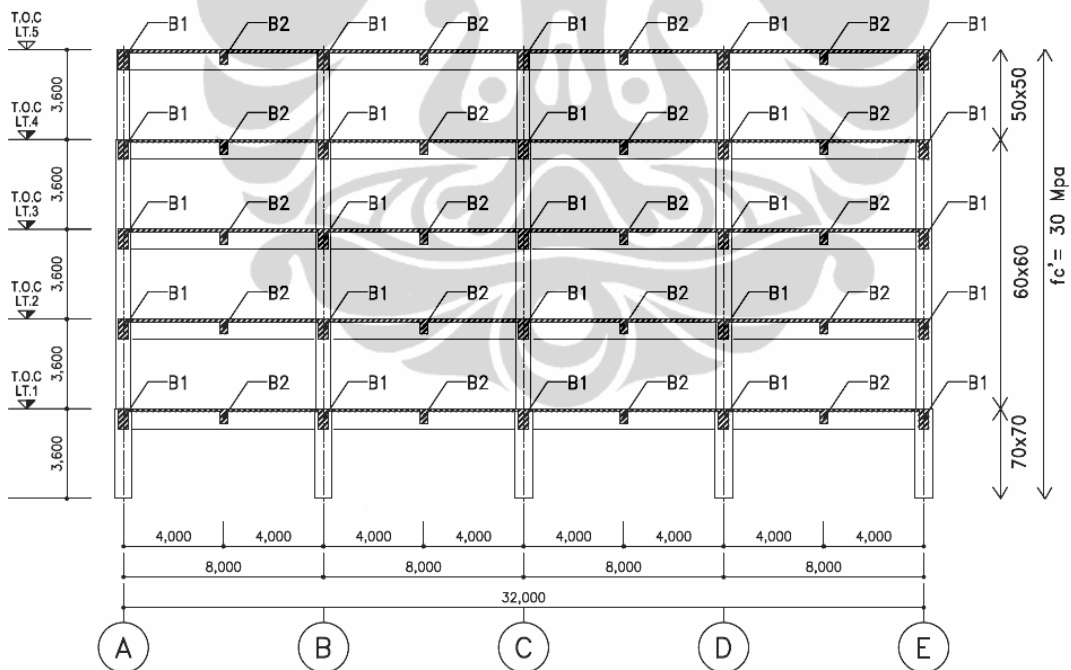
Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 03 - 2847 – 2002 “ Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untukm Bangunan Gedung “.Adapun kombinasinya sebagai berikut :

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 1 LL \pm 1 E
- 0.9 DL \pm 1 E

Struktur 5 lantai



Gambar Potongan 3-C Struktur 5A



Gambar Potongan 3-C Struktur 5B

Keterangan :

Tulangan Utama f_y 400 Mpa; Tulangan Kekang F_y 240 Mpa

B1 = 40 x 80 cm; B2 = 30 x 60 cm .

4.5 Analisa Modal Struktur 5 Lantai

Prilaku dinamis bangunan di pengaruhi oleh kekakuan lateral dan massa yang dapat dari analisa modal yang terdiri dari translasi dan torsi. Modal atau eigen value memberikan ragam getar bangunan yang menentukan nilai gempa untuk di berikan pada analisa pembebanan gempa. Berikut di berikan tabel analisa modal untuk struktur bangunan 5A dan 5B

TABLE struktur 5A: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0.972

TABLE struktur 5A: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	100

TABLE struktur 5B: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.138

TABLE struktur 5B : Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	100

Analisa memperlihatkan bahwa waktu getar alami pada modal struktur 5A telah mengikuti SNI 1726 – 2002, dan modal struktur 5B tidak memenuhi SNI 1726 – 2002, yang menyatakan bahwa untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel , waktu getar alami dibatasi tergantung koefisien dan jumlah lantai pada wilayah gempa yang bersangkutan, menurut persamaan

$$T_i < \zeta_n$$

$$\zeta = 0.18$$

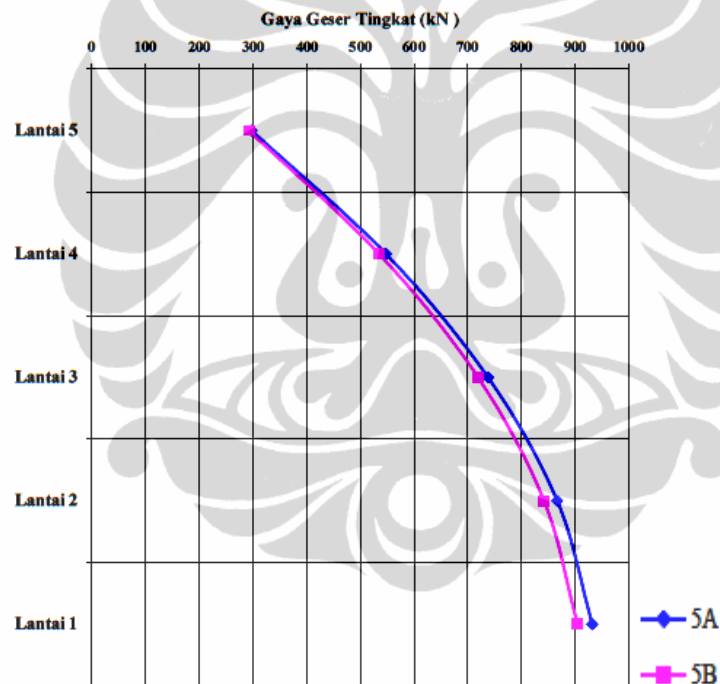
$$n = 5 \text{ (jumlah lantai)}$$

T_A maksimum zona 3 adalah 0.9 detik ≈ 0.972 detik ok!! (struktur 5A)

T_B maksimum zona 3 adalah 0.9 detik < 1.138 detik tidak ok!! (struktur 5B)
Gunakan $C = 0.75$

4.6. Beban Gempa

Dari analisa modal dapat kita gunakan untuk menentukan nilai C pada spektrum respons gempa SNI 1726 – 2002 pada zona 3, menurut gambar dibawah ini nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R , dimana I adalah faktor Keutamaan ($I = 1$) , R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur tersebut ($R = 8.5$). Analisa perhitungan dapat dilihat di lampiran tabel 1 dan 2 Analisa ini di gambarkan dengan grafik gaya geser tingkat (grafik 1) untuk kedua struktur tersebut berikut ini.

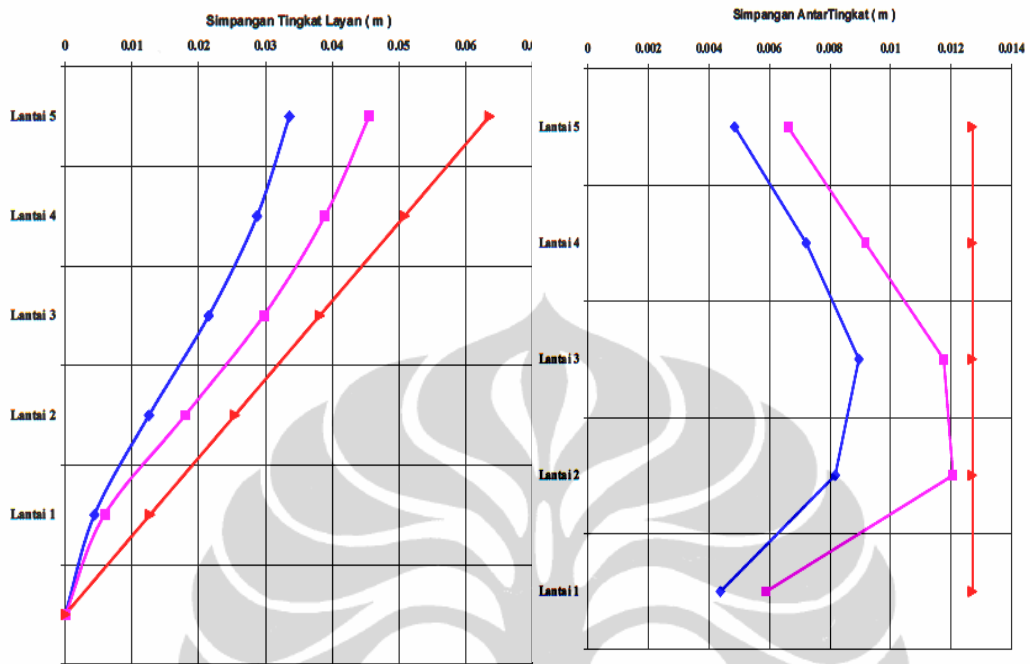


Grafik 1. Gaya Geser Tingkat Struktur 5A dan 5B

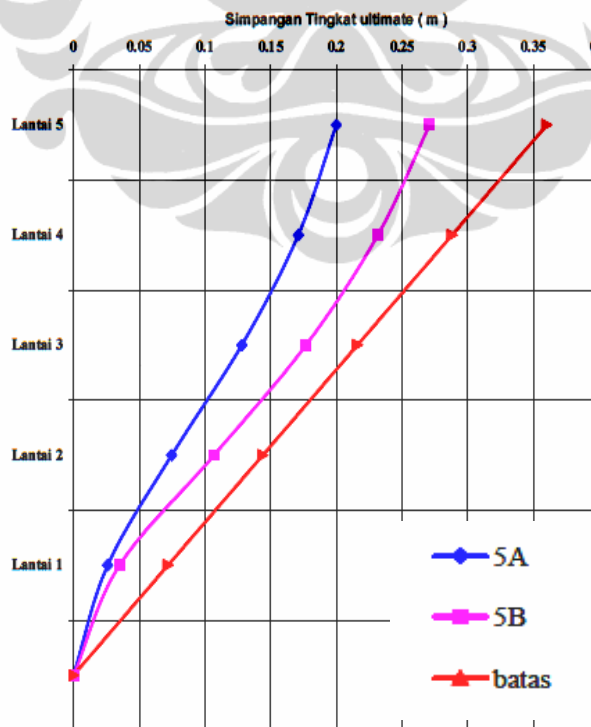
4.7 Kinerja Batas Layan dan Ultimate SNI 1726 – 2002

Berdasarkan SNI 1726 – 2002 struktur harus memenuhi pembatasan simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada masa layan dan ultimate (maksimum). Analisa perhitungan dapat di lihat pada lampiran tabel 3 s/d 6.

Analisa ini di gambarkan dengan grafik simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada batas layan dan ultimate (grafik 2 dan 3).



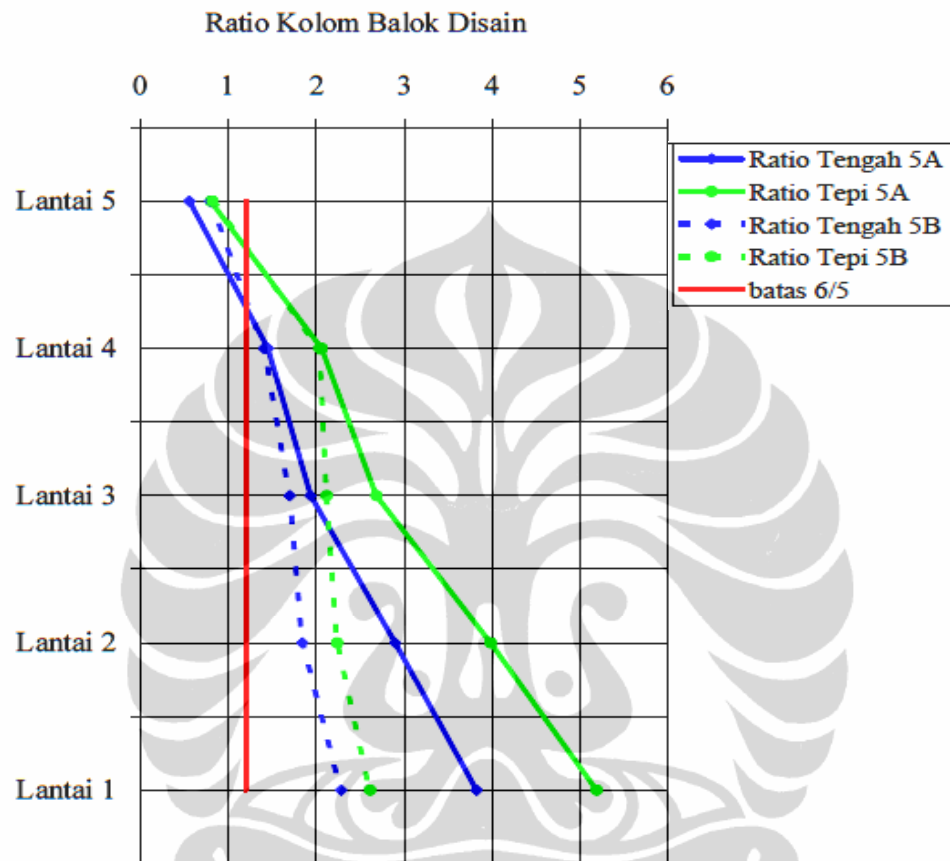
Grafik 2. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Batas layan Struktur 5A dan 5B



Grafik 3. Simpangan Tingkat Ultimate Struktur 5A dan 5B

4.8 Ratio hasil dari Analisa Perencanaan

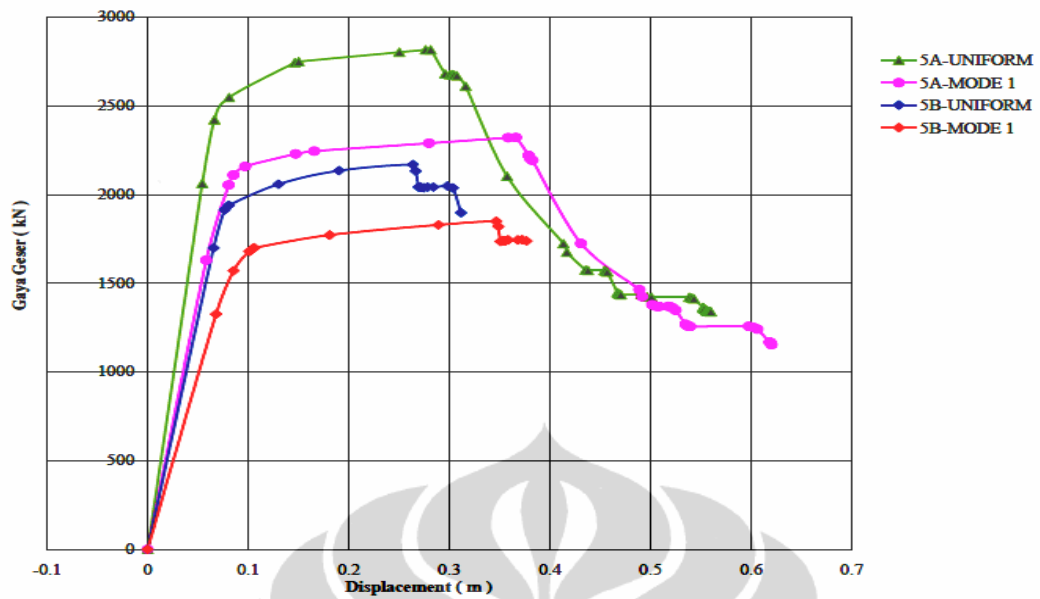
Sap2000 dapat memberikan hasil analisa dari pembebanan yang telah kita berikan, hasil yang akan di tinjau ratio kapasitas kolom – balok (angka lihat pada lampiran). yang dapat dilihat pada gambar berikut :



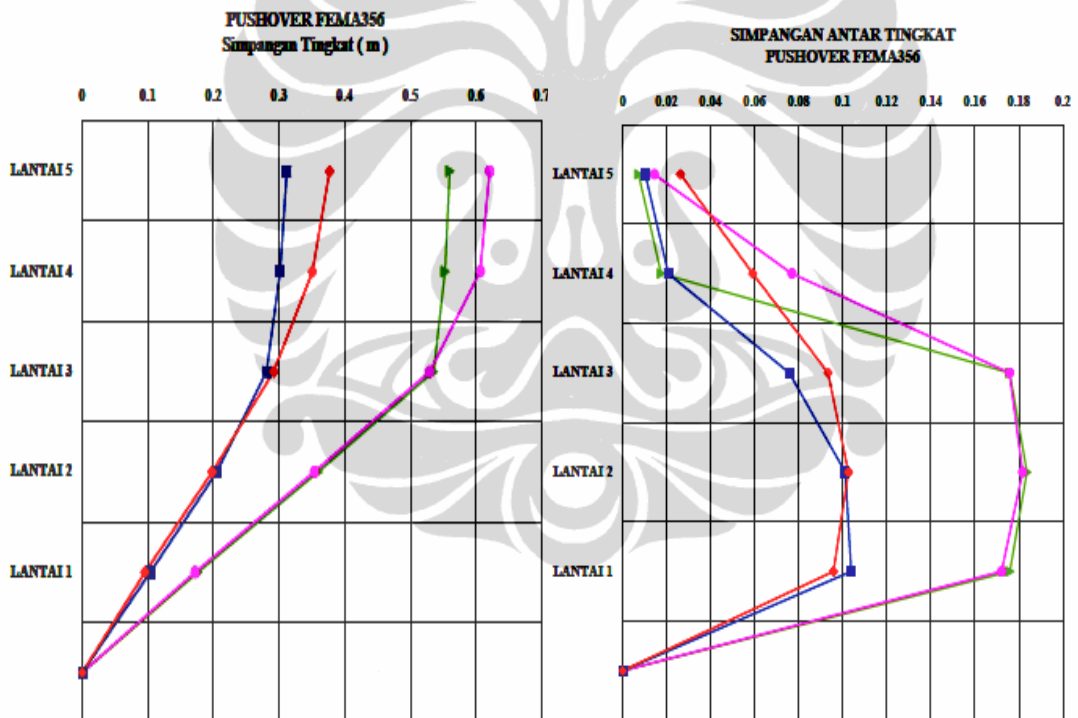
Grafik 4. Ratio Kolom Balok Struktur 5 Disain

4.9 Ratio hasil Non Linear Pushover Fema 356

Dengan struktur yang kita disain maka dari hasil pushover pada SAP2000 dapat di perhitungkan secara otomatis, kurva bilinear dari 2 macam pembebanan pushover pada struktur 5A dan 5B yang memperlihatkan kekakuan awal (K_i), dan kekakuan efektif (K_e). Dengan analisa target displacement.

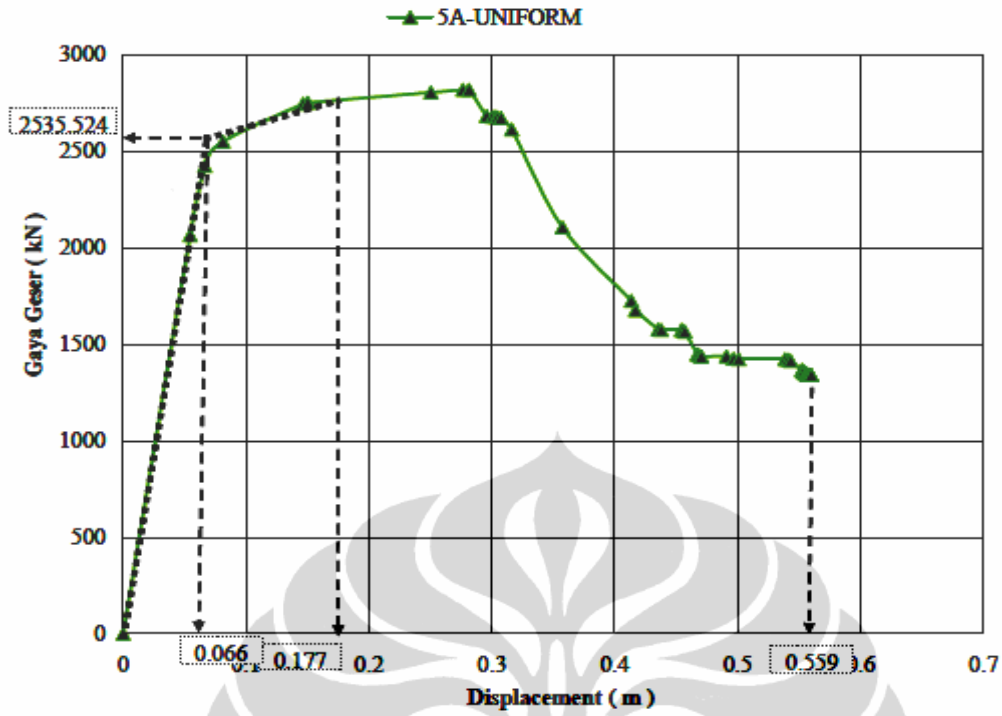


Grafik 5. kurva bi-linear fema356



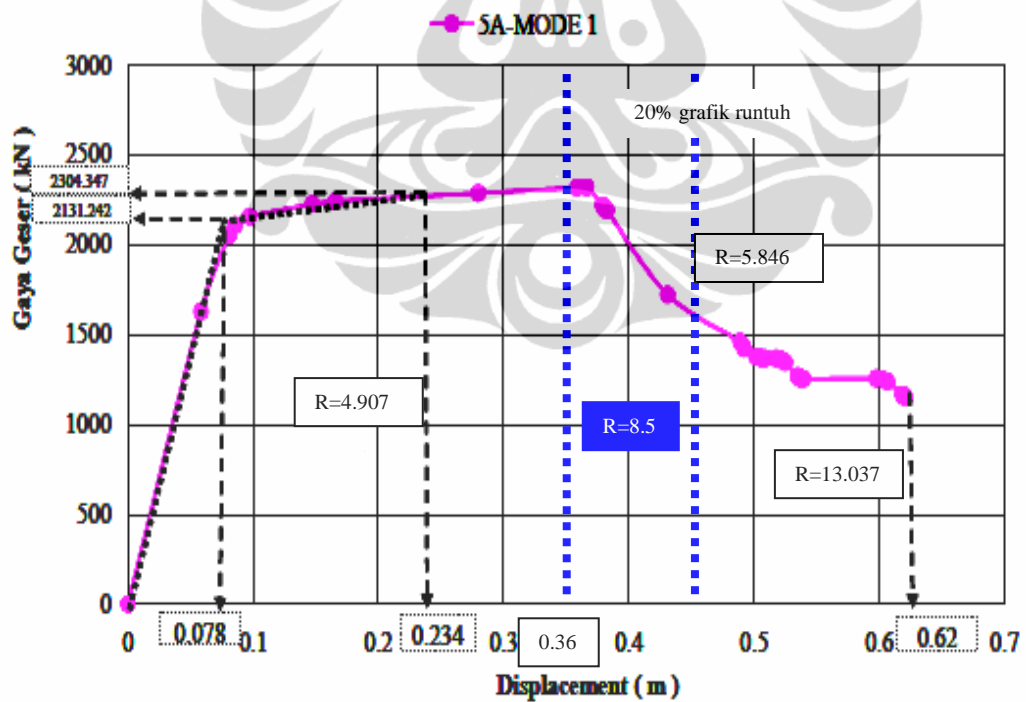
Grafik 6. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat

Pushover fema 356 Struktur 5A dan 5B



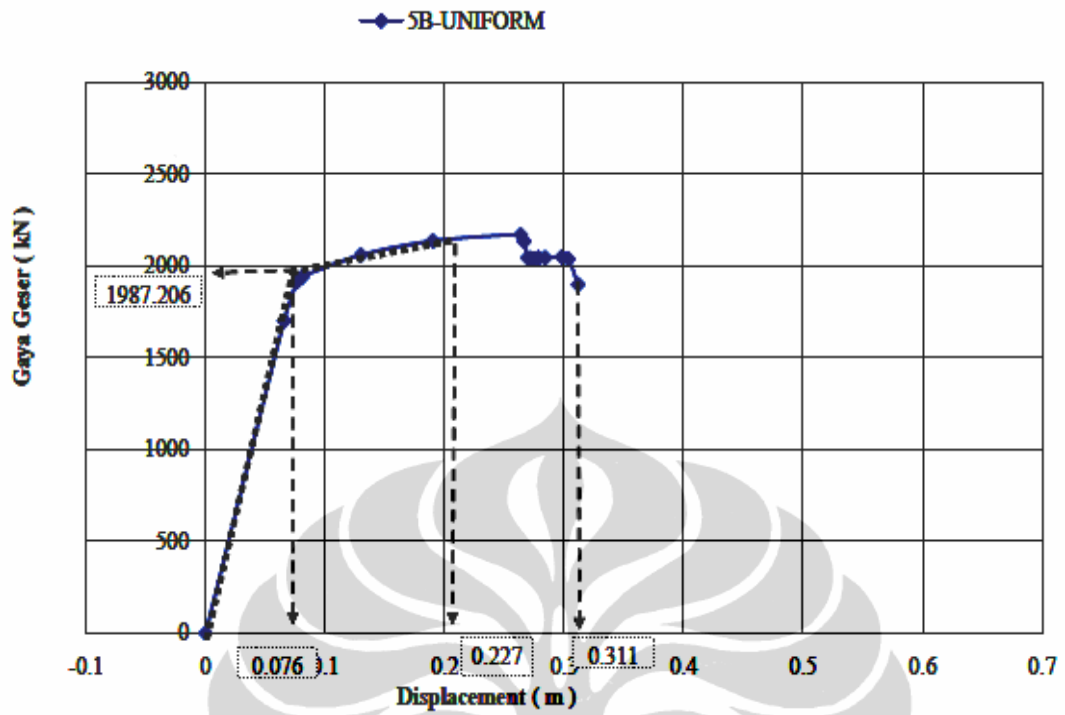
Grafik 7. Analisa Kurva Bi-linear 5A Untuk Target Simpangan

Beban Uniform

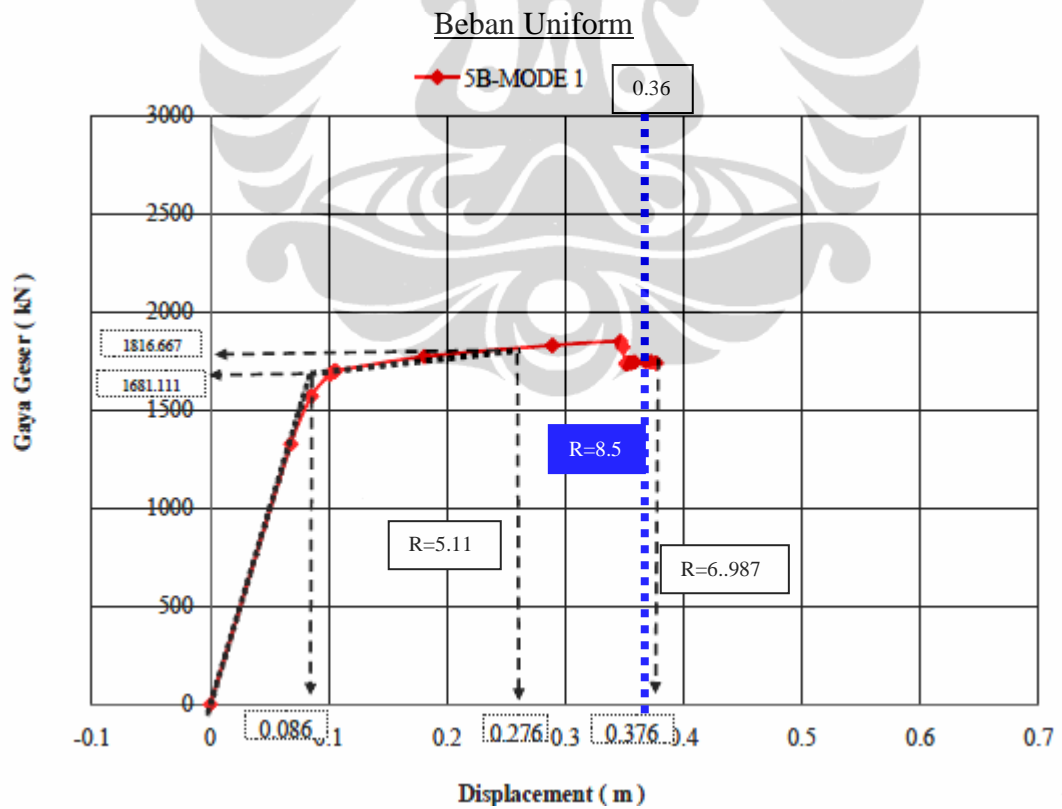


Grafik 8. Analisa Kurva Bi-linear 5A Untuk Target Simpangan

Beban Mode 1



Grafik 9. Analisa Kurva Bi-linear 5B Untuk Target Simpangan



Grafik 10. Analisa Kurva Bi-linear 5B Untuk Target Simpangan

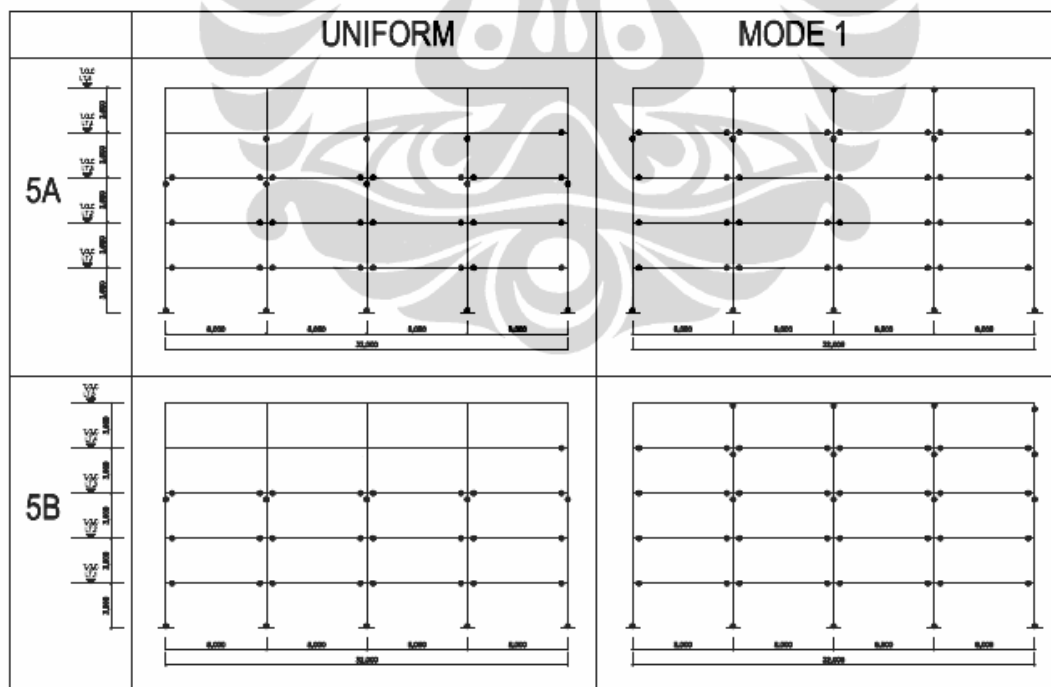
Beban Mode 1

Dari data grafik diatas maka dapat diperhitungkan target simpangan fema 356 dengan rumusan yang telah diuraikan pada bab 2.13, maka hasil target simpangannya adalah sebagai berikut :

		C0	C1	C2	C3	Sa	Te	Ti	Ki	Ke	Cm	Weight	α	Vy	R	Ts	g	δ
							(det)	(det)	(kN/m)	(kN/m)		(kN)		(kN)		(det)	m/det ²	(m)
A	uniform	1.2	1.128	1.000	1.000	0.750	0.837	0.837	37893.090	37893.090	0.900	10885.440	0.056	2535.524	2.898	1.000	9.81	0.177
	mode 1	1.3	1.020	1.000	1.000	0.750	0.972	0.972	27981.108	27981.108	0.900	10885.440	0.034	2131.242	3.448	1.000	9.81	0.234
B	uniform	1.2	1	1.000	1.000	0.740	1.013	1.013	25882.036	25882.036	0.900	10539.840	0.043	1987.206	3.534	1.000	9.81	0.227
	mode 1	1.3	1	1.000	1.000	0.659	1.138	1.138	19477.985	19477.985	0.900	10539.840	0.039	1681.111	3.719	1.000	9.81	0.276

Struktur 5		Target displacement (m)	TABLE: Pushover Curve						
			Step	Displacement m	BaseForce KN	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP
5A	Uniform	0.177	5	0.150296	2751.163	52	33	5	0
			6	0.250296	2803.793	49	15	20	6
	Mode 1	0.234	7	0.279861	2291.172	45	11	34	
5B	Uniform	0.227	5	0.190294	2136.345	55	17	18	0
			6	0.263797	2170.418	55	9	17	6
	Mode 1	0.276	6	0.181042	1773.178	50	31	9	0
			7	0.289066	1830.509	41	20	25	4

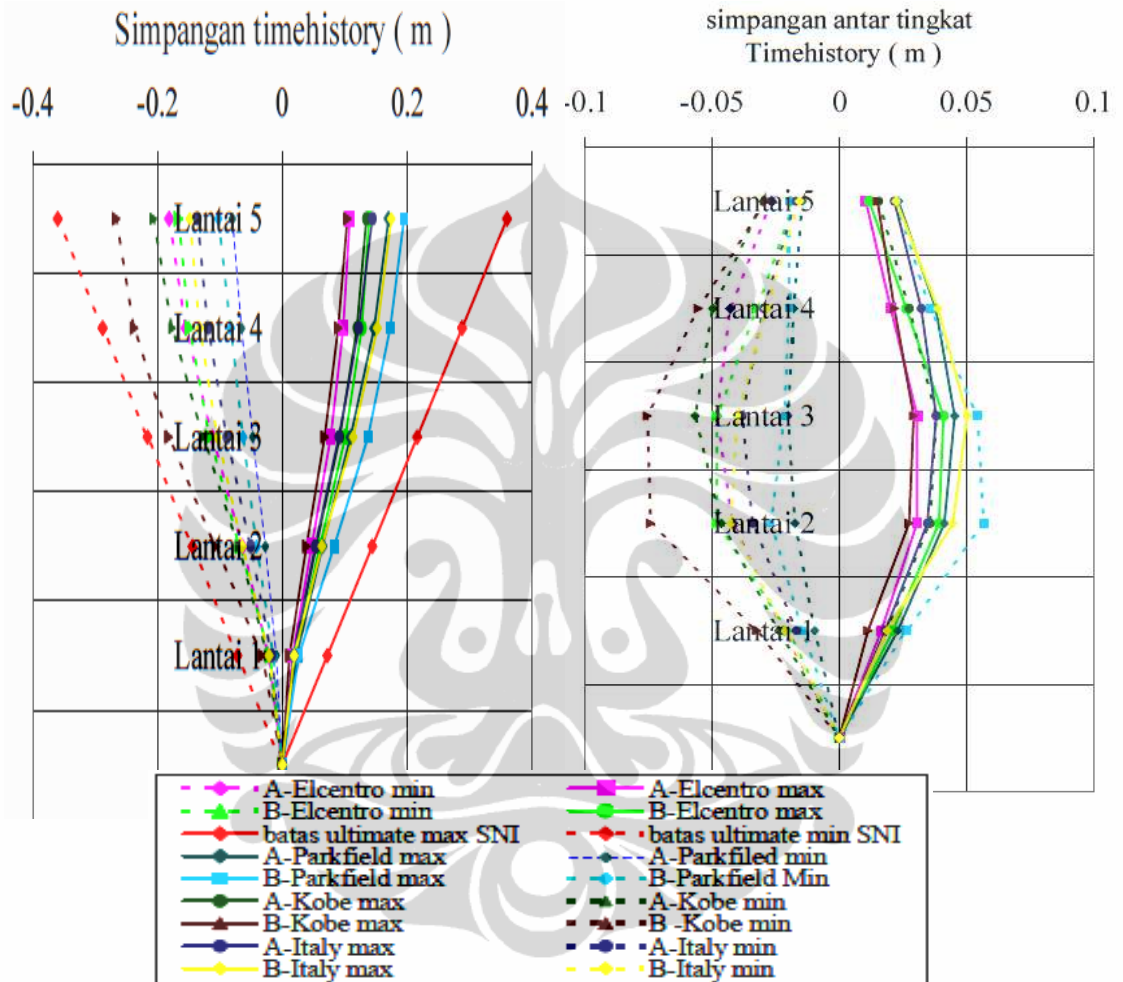
Tabel Tingkatan Kinerja Struktur 5



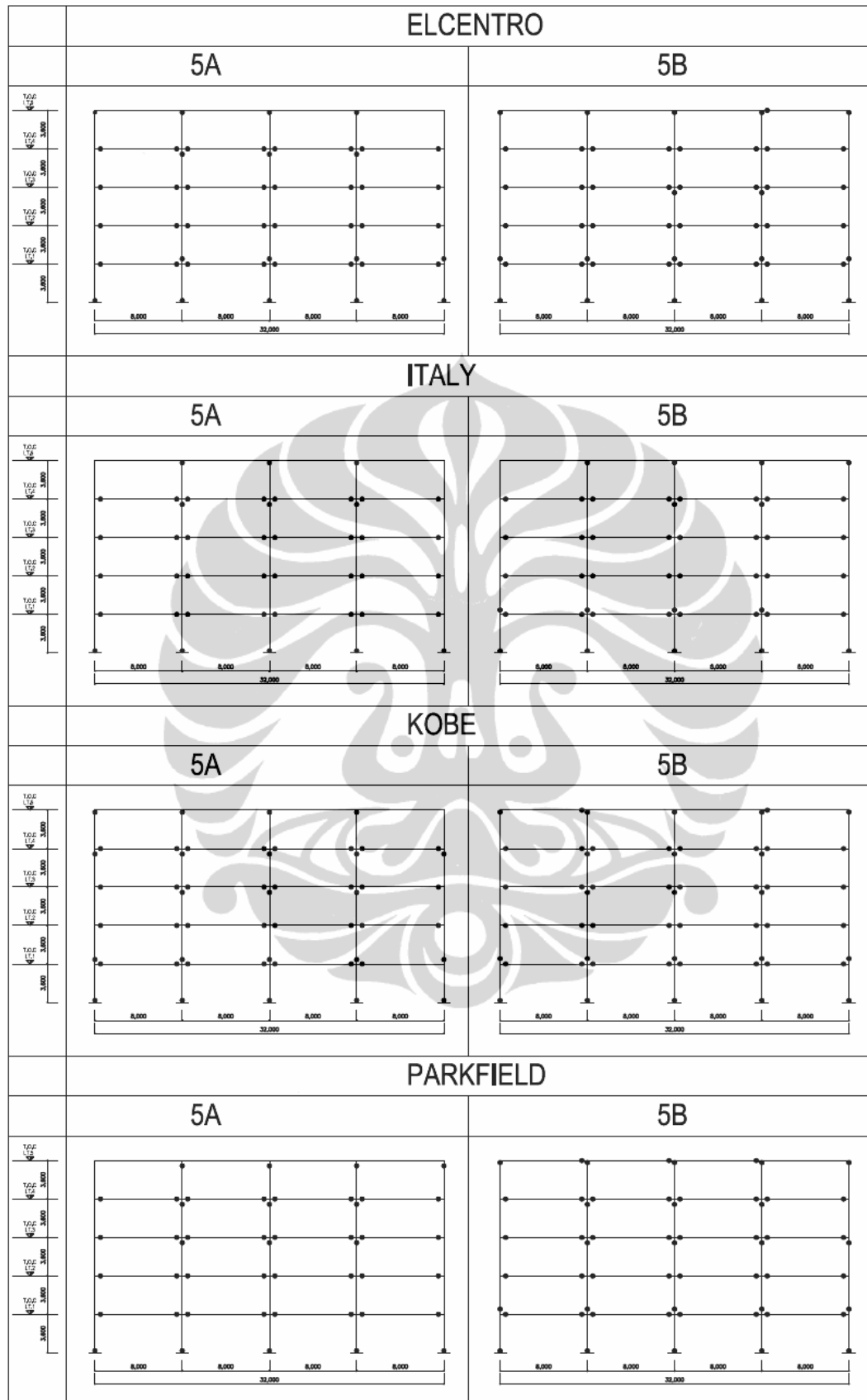
Gambar Pembentukan Sendi Plastis Struktur 5 FEMA 356

4.10 Ratio hasil Analisa Non Linear Timehistory

Dari hasil analisa sap2000 dengan non linear riwayat waktu direct integration metode newmark di dapatkan terjadinya sendi plastis pada kolom dan balok, berikut dapat dilihat pada gambar. Dan digambarkan pula simpangan dan simpangan antar tingkat dari analisa tersebut.



Grafik 11. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Timehistory Struktur 5A dan 5B

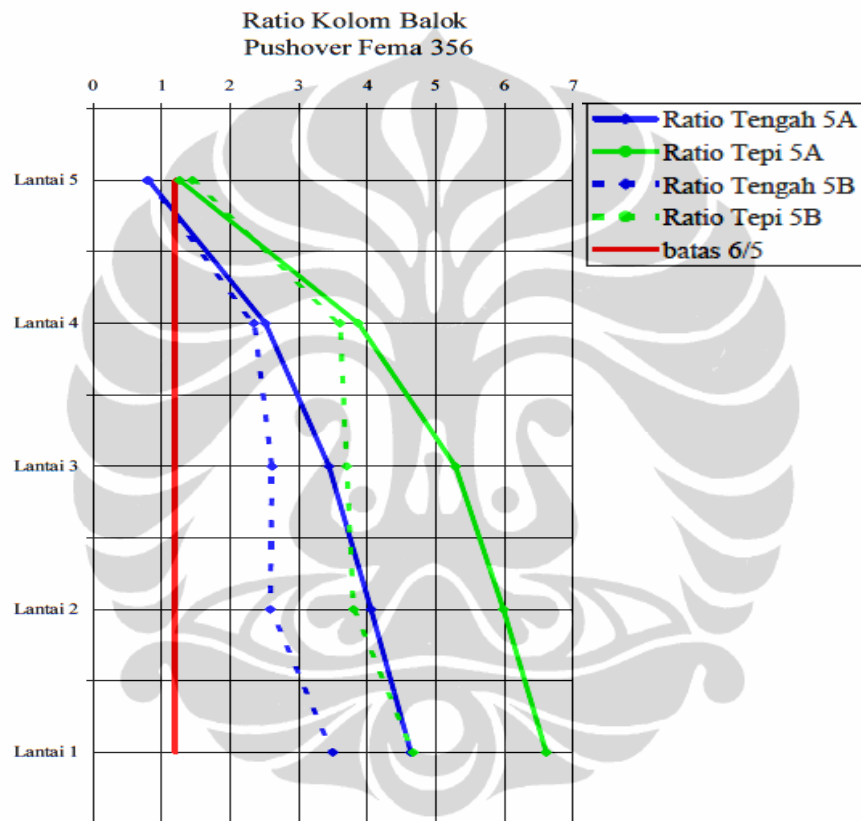


Gambar Pembentukan Sendi Plastis Struktur 5 Nonlinear Timehistory

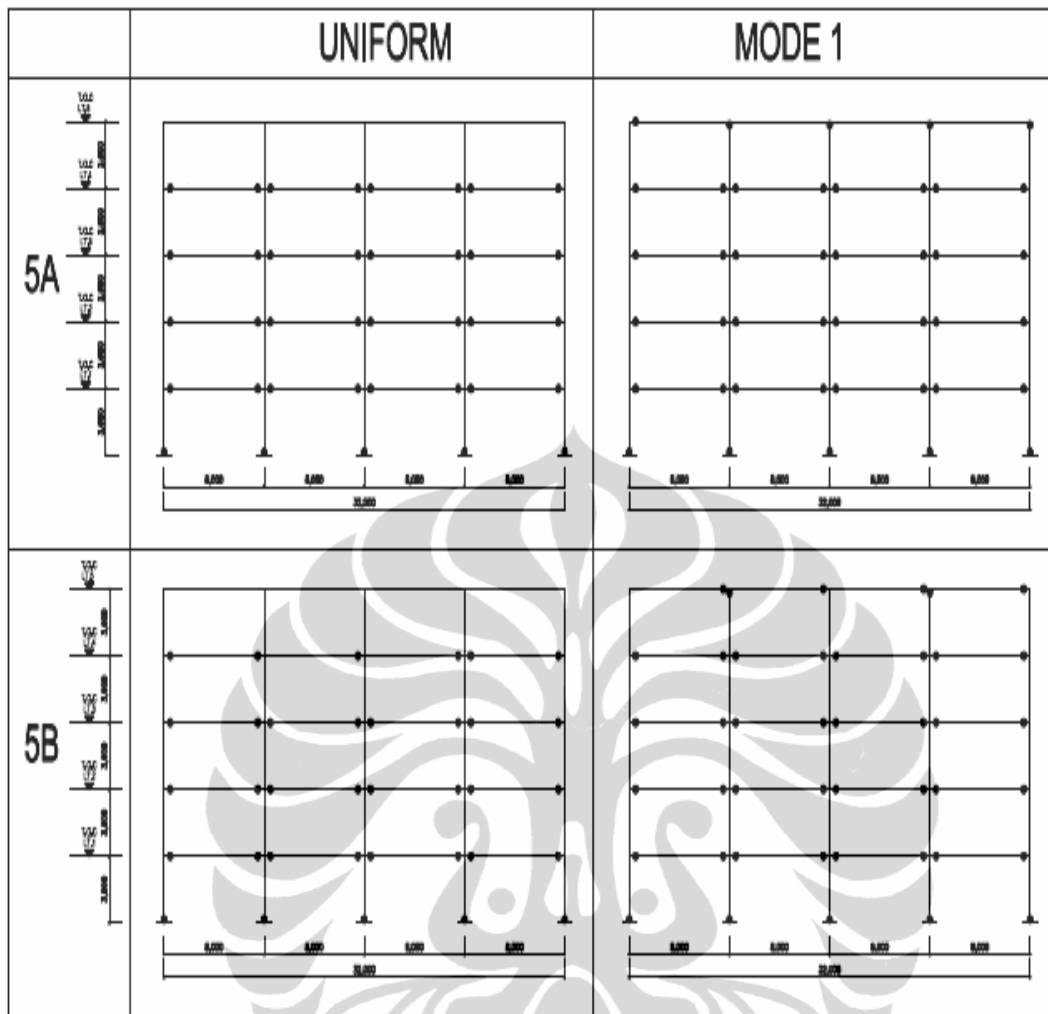
4.11 Re disain

4.11.a.Re Disain Nonlinear Pushover FEMA 356

Disain yang telah dilakukan analisa nonlinear Pushover FEMA 356 memerlukan beberapa modifikasi untuk mendapatkan nilai 'kolom kuat balok lemah', maka dilakukan pembesaran momen kolom sehingga ratio kolom-balok menjadi lebih besar (angka lihat pada lampiran). Analisa non linear dilakukan kembali sampai tidak terjadi sendi plastis pada kolom saat target displacement awal.



Grafik 12. Ratio Kolom Balok Struktur 5 Pushover FEMA 356

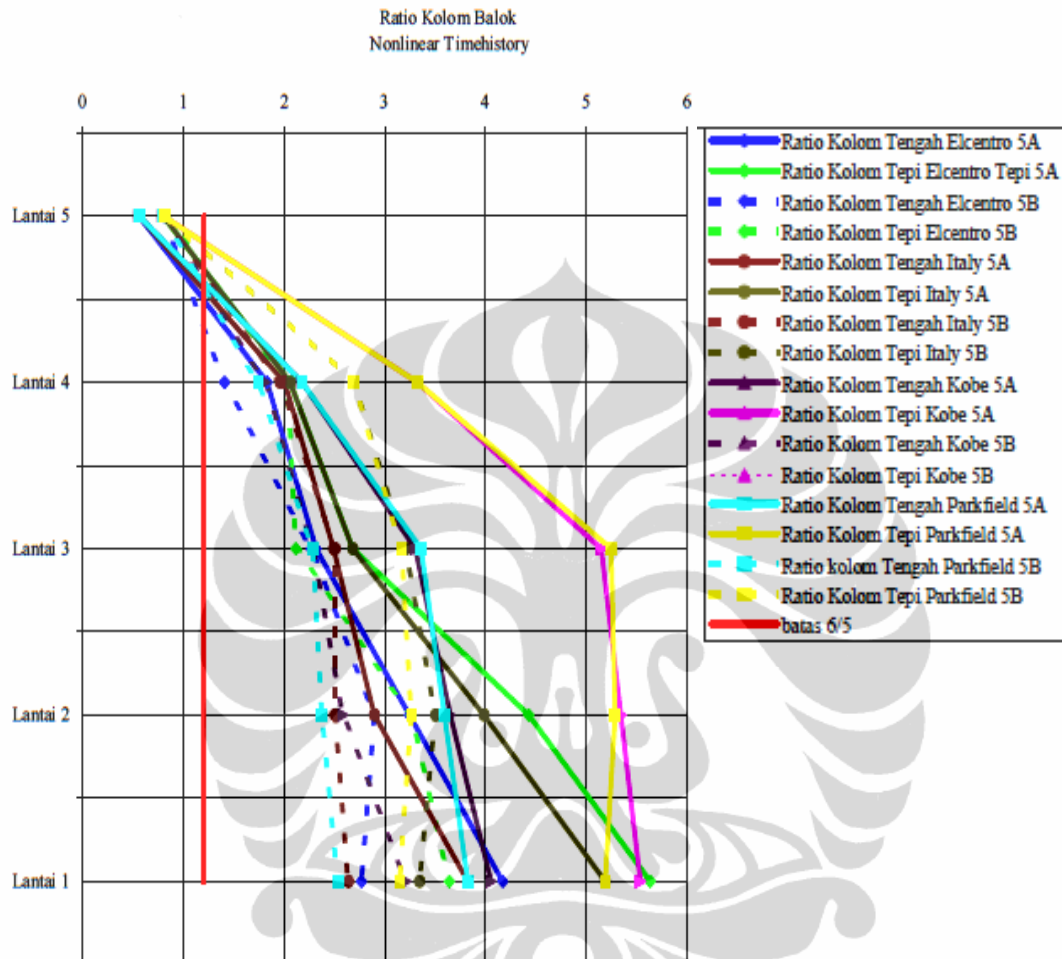


Gambar Pembentukan Sendi Plastis Re-disain Struktur 5 FEMA 356

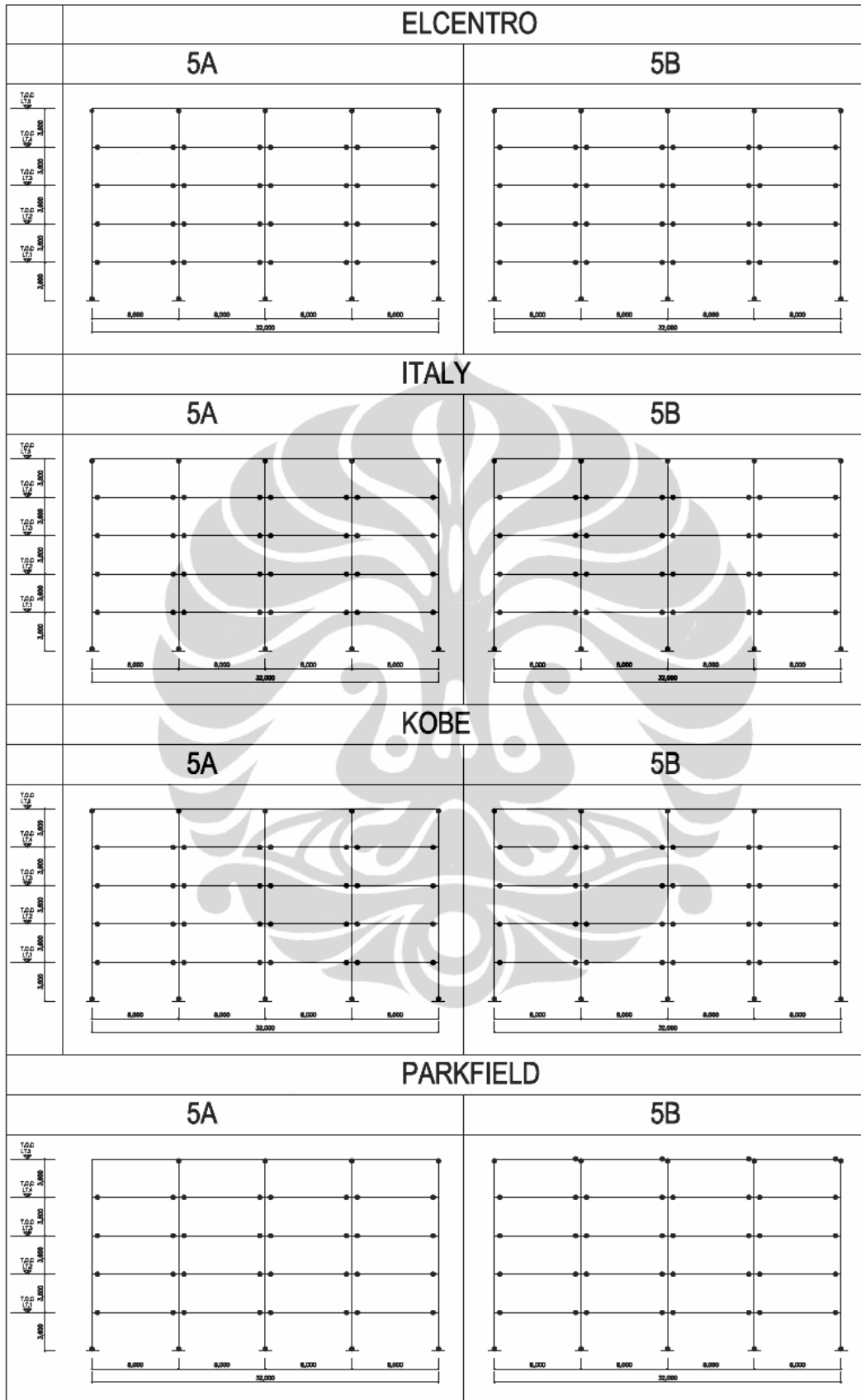
Dari gambar diatas menyebutkan bahwa pembesaran nilai ratio kolom balok mempengaruhi tidak terbentuknya sendi plastis pada kolom sesuai dengan persyaratan dari peraturan yang menyatakan sendi plastis hanya boleh terjadi pada balok, kolom bawah dan kolom atas.

4.11.b.Re Disain Nonlinear Timehistory

Ratio (angka lihat pada lampiran) yang dibutuhkan untuk inelastis struktur 5 yaitu pada grafik berikut.



Grafik 13. Ratio Kolom Balok Struktur 5 Non linear Timehistory



Gambar Pembentukan Sendi Plastis Re-struktur 5 NonLinear Timehistory

4.12. Evaluasi Ratio 6/5 Momen Kolom- Balok

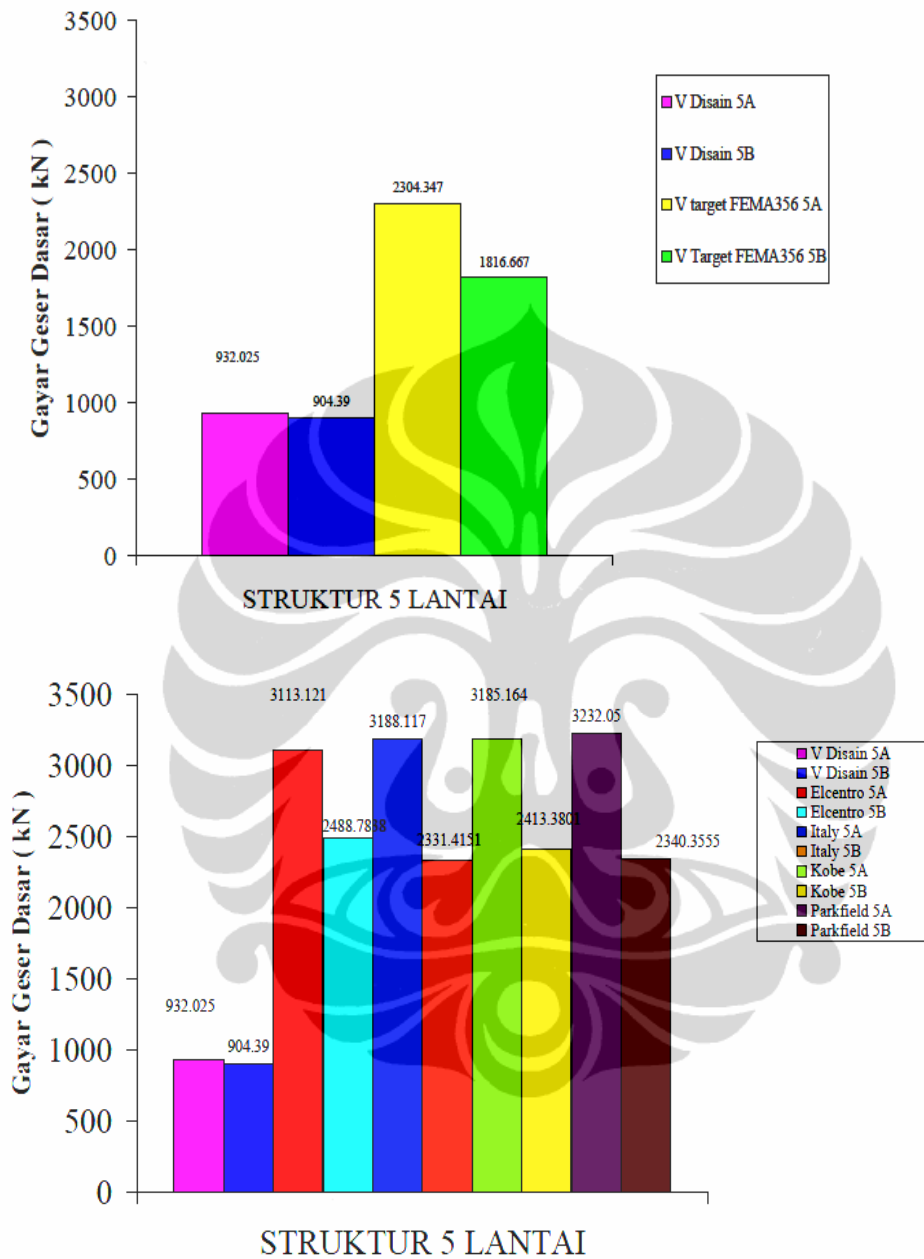
Dari beberapa analisa inelastik gempa kuat di dapat beberapa ratio momen kolom – balok yang terjadi plastifikasi dan dilakukan analisa dengan memperkuat momen kolom sehingga plastifikasi pada kolom tidak terjadi terutama kolom diantara lantai, sehingga dapat di tabelkan berdasarkan ratio momen kolom balok berikut ini :

joint lantai	Ratio Disain 5A		Sendi Plastis di Kolom struktur 5A FEMA 356		Ratio Re disain FEMA 356		Ratio Disain 5B		Sendi Plastis di Kolom struktur 5B FEMA 356		Ratio Re disain FEMA 356	
	Mc	Mb	Ya	Tidak	Mc	Mb	Mc	Mb	Ya	Tidak	Mc	Mb
	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
5	0.797	0.556			0.819	0.792						
4	2.06	1.448	●		3.867	2.514					3.602	2.35
3	2.682	1.935	●		5.285	3.411					3.7	2.61
2	3.983	2.896		●			2.236	1.84		●		
1	5.188	3.823		●			2.612	2.284		●		

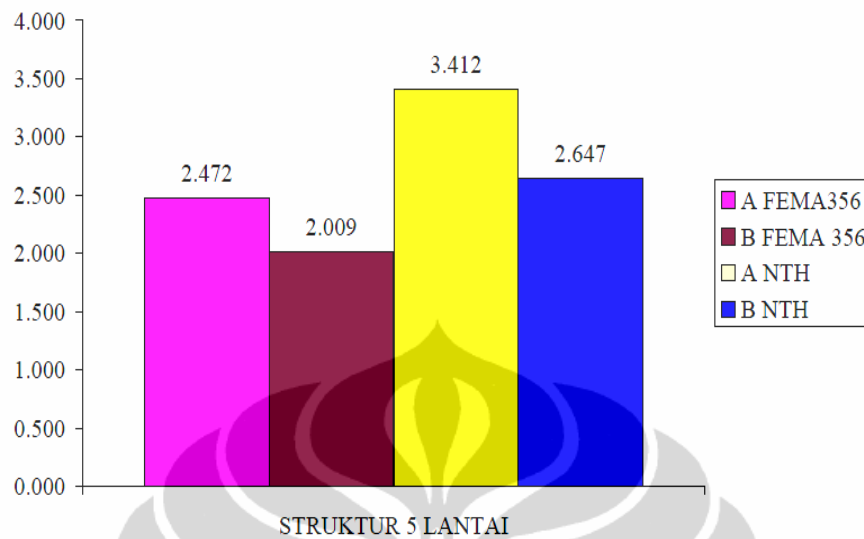
joint lantai	Sendi Plastis di Kolom struktur 5A												Ratio Re disain Timehistory					
	Ratio Disain A												$\frac{Mc}{Mb}$			$\frac{Mc}{Mb}$		
	Tengah	Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		
Tepi	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
5	0.797	0.556									2.06	1.83	2.06	2.004	3.323	2.178	3.323	2.178
4	2.06	1.448	●		●		●		●						5.149	3.302	5.246	3.36
3	2.682	1.935		●														
2	3.983	2.896		●														
1	5.188	3.823	●								5.635	4.171			5.538	4.055		

joint lantai	Sendi Plastis di Kolom struktur 5B												Ratio Re disain Timehistory					
	Ratio Disain B												$\frac{Mc}{Mb}$			$\frac{Mc}{Mb}$		
	Tengah	Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		
Tepi	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
5	0.819	0.792																
4	2.035	1.407	●		●		●		●						2.807	1.813	2.69	1.741
3	2.117	1.697		●							2.271				3.205	2.284	3.166	2.284
2	2.236	1.84		●														
1	2.612	2.284	●		●						3.641	2.767	3.344	2.636	4.511	3.211	3.146	2.532

Gaya geser dasar pada masing – masing analisa tersebut diatas dapat kita lihat pada diagram berikut :



V NONLINEAR /V DISAIN



Tabel Peningkatan Gaya Geser Non linear/ Disain

Daktalitas hasil pushover FEMA 356 antara struktur 5A dan 5B dapat dilihat dari tabel berikut :

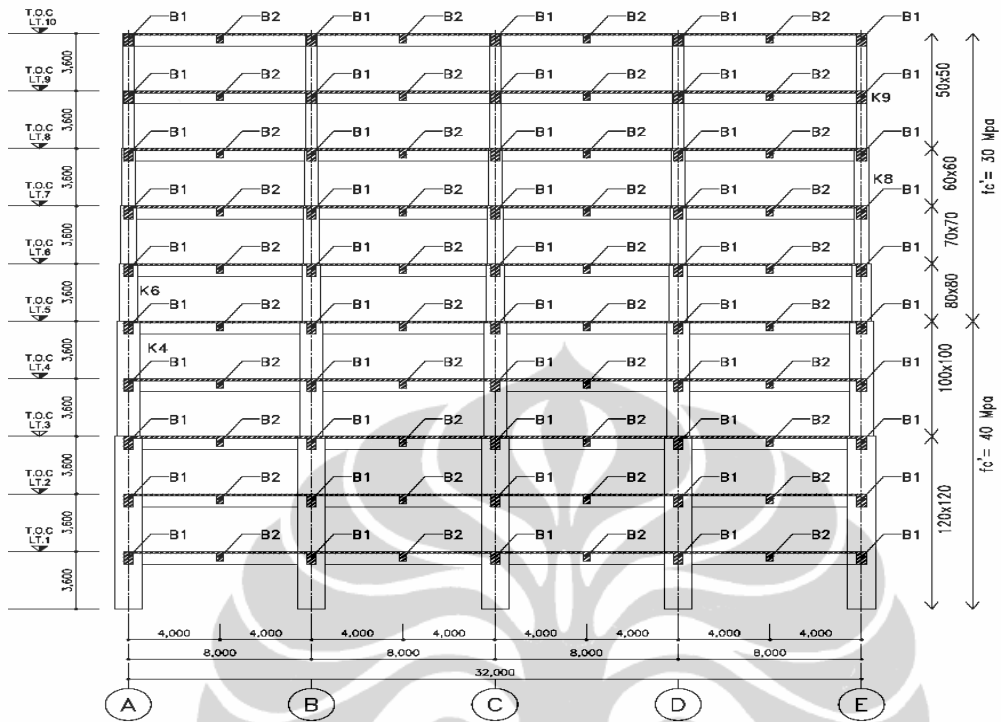
f1		δ (m)	δy (m)	μ	R	keterangan
1.6	Struktur 5A	0.621	0.076	8.148	13.037	daktail penuh
	Struktur 5B	0.377	0.086	4.367	6.987	daktail parsial

Daktalitas berdasarkan *target displacement* maka dapat dilihat dari tabel berikut :

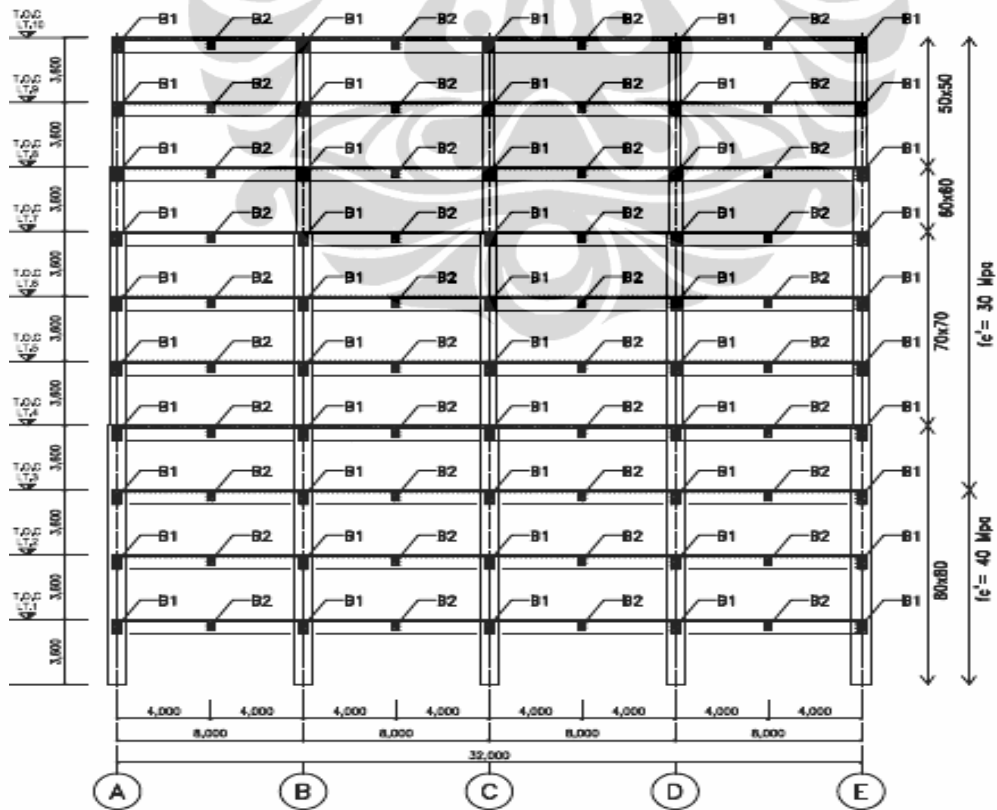
f1		δt (m)	δy (m)	μ	R target	keterangan
1.6	Struktur 5A	0.234	0.076	3.067	4.907	daktail parsial
	Struktur 5B	0.276	0.086	3.195	5.111	daktail parsial

Maka dapat di simpulkan struktur daktail dipengaruhi oleh kekakuan, gaya geser , tinggi struktur bangunan dan propertinya.

Struktur 10 lantai



Gambar Potongan 3-C Struktur 10A



Gambar Potongan 3-C Struktur 10B

Keterangan :

Tulangan Utama fy 400 Mpa; Tulangan Kekang Fy 240 Mpa

B1 = 40 x 80 cm; B2 = 30 x 60 cm.

4.13 Analisa Modal Struktur 10 lantai

Prilaku dinamis bangunan di pengaruhi oleh kekakuan lateral dan massa yang dapat dari analisa modal yang terdiri dari translasi dan torsi. Modal atau eigen value memberikan ragam getar bangunan yang menentukan nilai gempa untuk di berikan pada analisa pembebanan gempa. Berikut di berikan tabel analisa modal untuk struktur bangunan 10A dan 10B

TABLE struktur 10A: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.795549

TABLE struktur 10A: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.995	95.8216

TABLE struktur 10B: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	2.097959

TABLE struktur 10B: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9961	97.8317

Analisa memperlihatkan bahwa waktu getar alami pada modal struktur 10A telah mengikuti SNI 1726 – 2002 dan modal struktur 10B tidak memenuhi SNI 1726 – 2002, yang menyatakan bahwa untuk mencegah penggunaan struktur gedung

yang terlalu fleksibel , waktu getar alami dibatasi tergantung koefisien dan jumlah lantai pada wilayah gempa yang bersangkutan, menurut persamaan

$$T_i < \zeta n$$

$$\zeta = 0.18$$

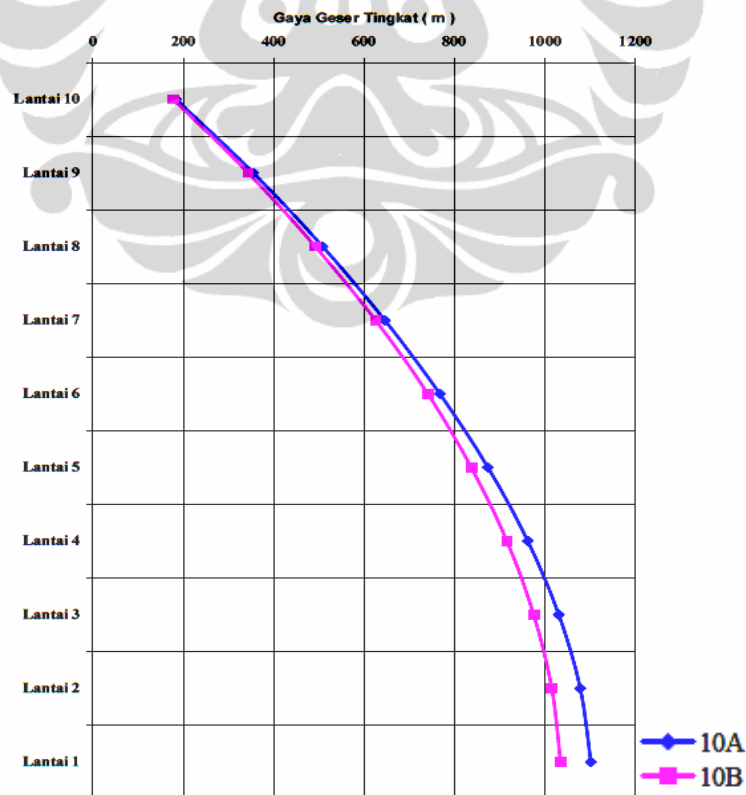
$n = 10$ (jumlah lantai)

T_A maksimum zona 3 adalah 1.8 detik > 1.795 detik...ok!!

T_B maksimum zona 3 adalah 1.8 detik < 2.097 detik...tidak ok!!

4.14. Beban Gempa

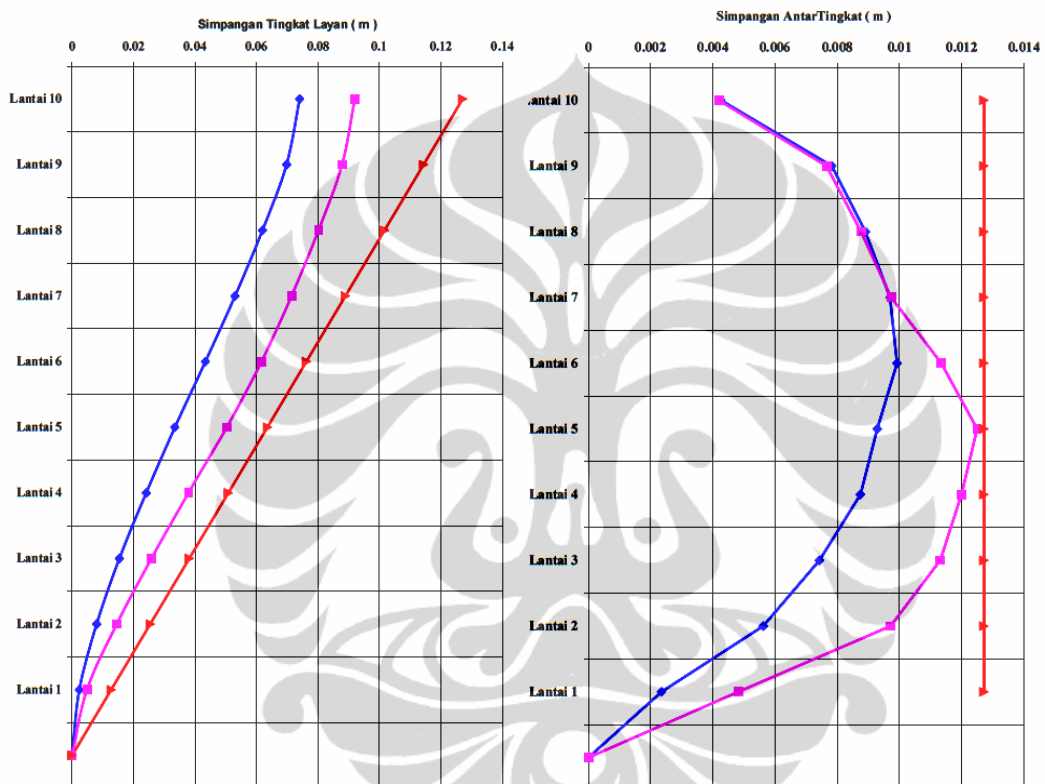
Dari analisa modal dapat kita gunakan untuk menentukan nilai C pada spektrum respons gempa SNI 1726 – 2002 pada zona 3, menurut gambar dibawah ini nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, dimana I adalah faktor Keutamaan ($I = 1$) , R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur tersebut ($R = 8.5$). Analisa perhitungan dapat dilihat di lampiran tabel 7 dan 8 Analisa ini di gambarkan dengan grafik gaya geser tingkat untuk kedua struktur tersebut berikut ini.



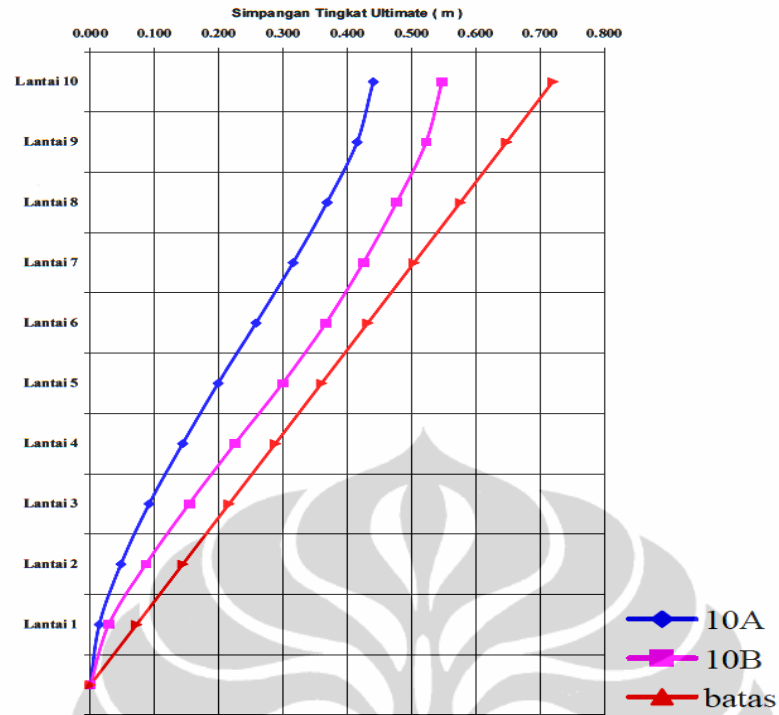
Grafik 14. Gaya Geser Tingkat Struktur 10A dan 10B

4.15 Kinerja Batas Layan dan Ultimate SNI 1726 – 2002

Berdasarkan SNI 1726 – 2002 struktur harus memenuhi pembatasan simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada masa layan dan ultimate (maksimum). Analisa perhitungan dapat di lihat pada lampiran tabel 9 ~ 12. Analisa ini di gambarkan dengan grafik simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada batas layan dan ultimate.



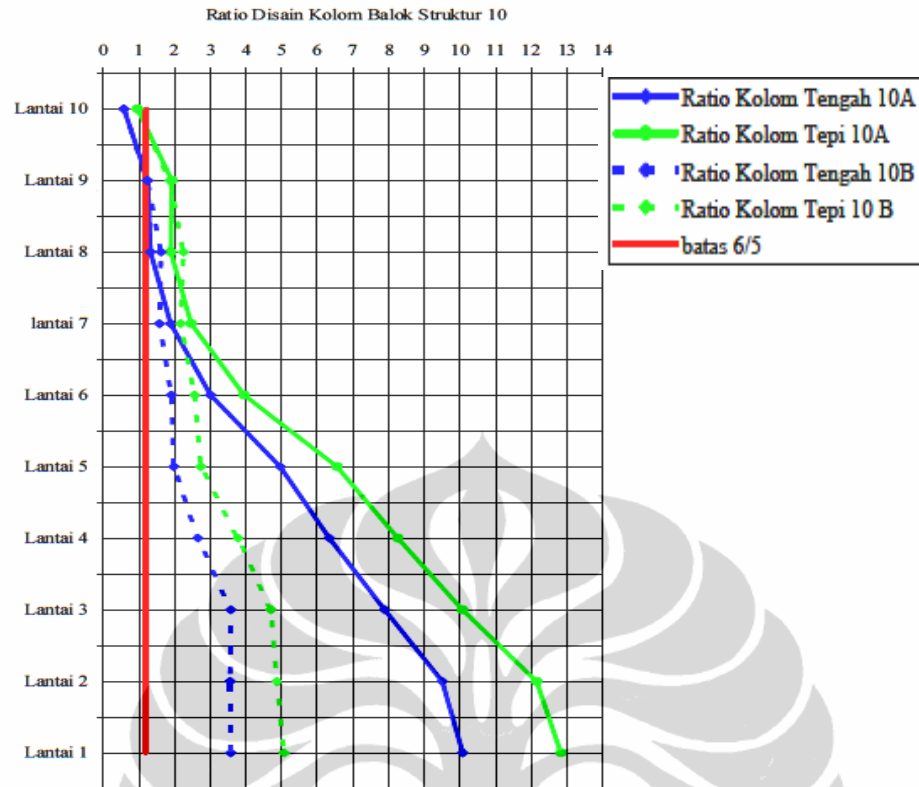
Grafik 15. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Batas layan Struktur10A dan 10 B



Grafik 16. Simpangan Tingkat ultimate Struktur 10A dan 10B

4.16 Ratio hasil dari analisa perencanaan

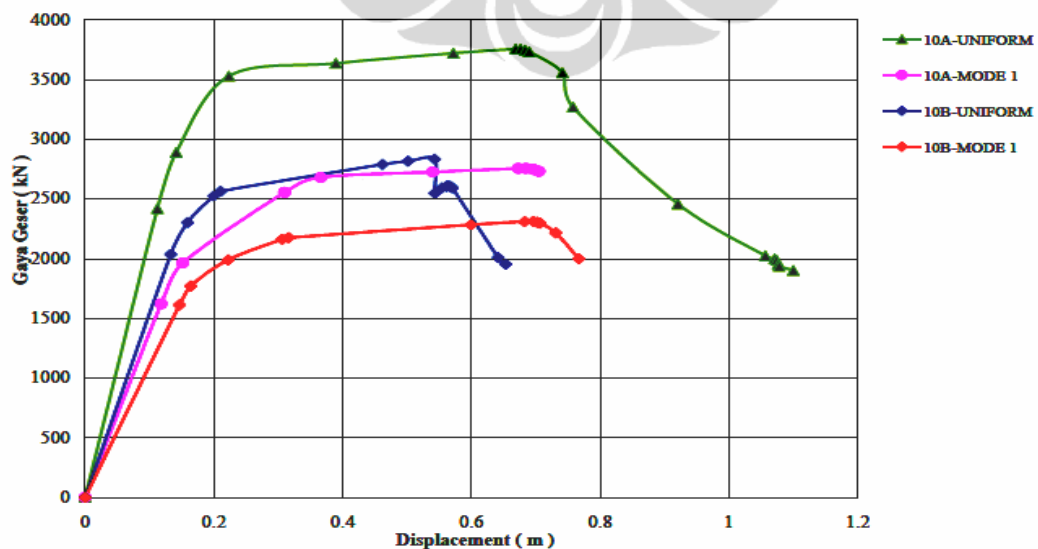
Sap2000 dapat memberikan hasil analisa dari pembebanan yang telah kita berikan, hasil yang akan di tinjau adalah ratio kapasitas kolom – balok (angka lihat pada lampiran), hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut



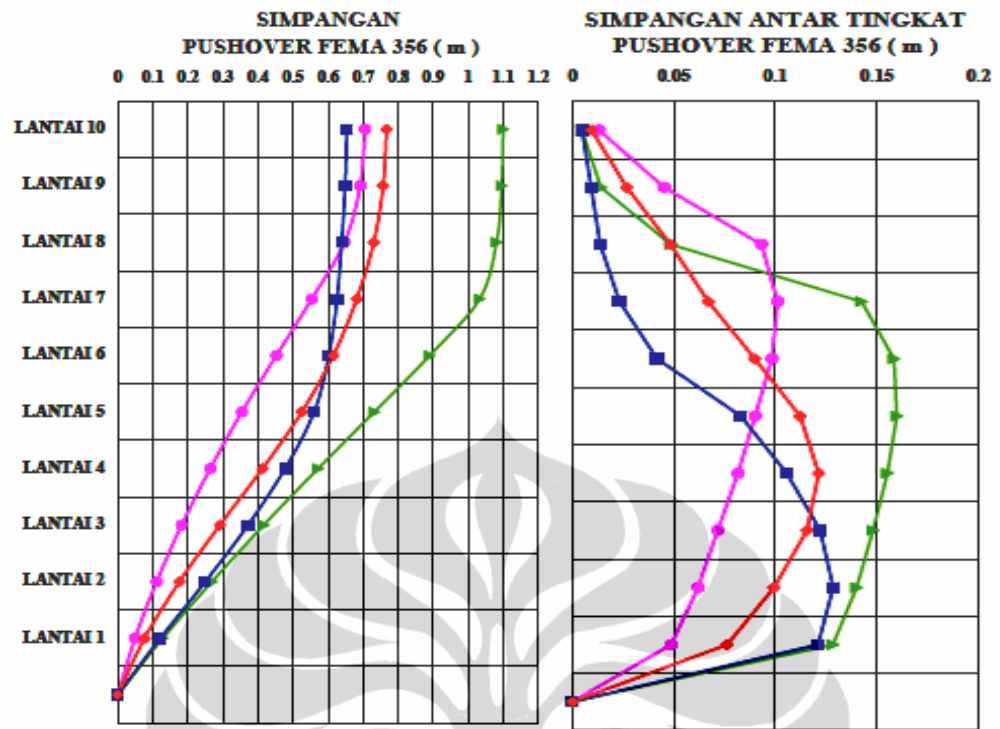
Grafik 17. Ratio Kolom Balok Struktur 10 Disain

4.17 Ratio hasil Nonlinear Pushover FEMA 356

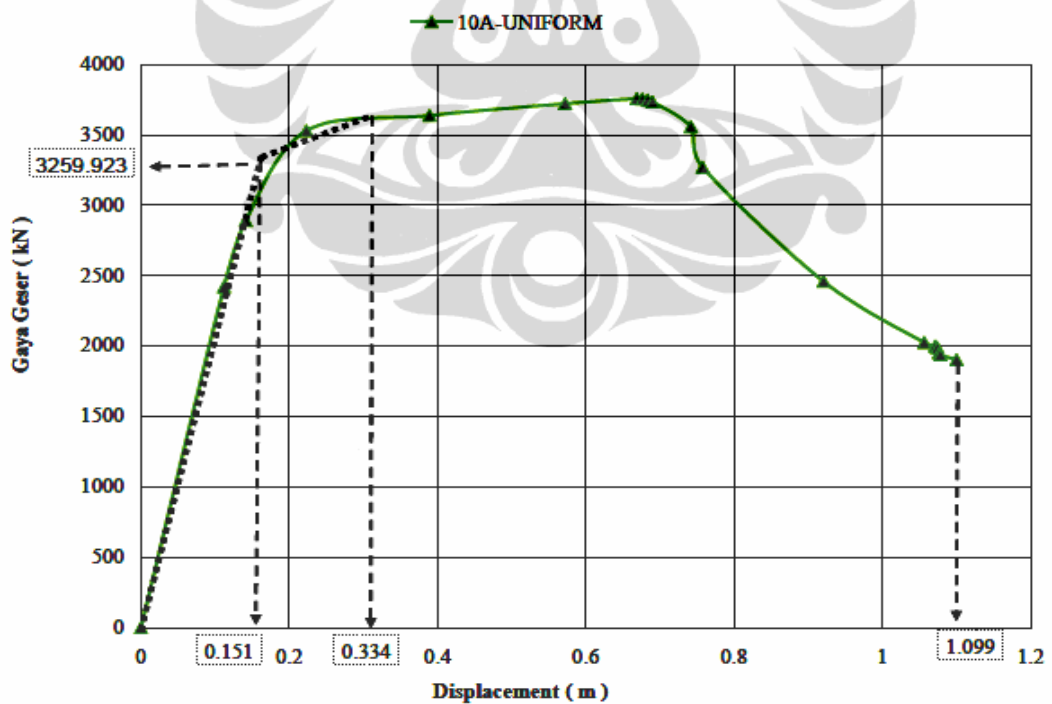
Dengan struktur yang kita disain maka dari hasil pushover pada SAP2000 dapat di perhitungkan secara otomatis, kurva bilinear dari 2 macam pembebanan pushover pada struktur A dan B yang memperlihatkan kekakuan awal (K_i), dan kekakuan efektif (K_e).



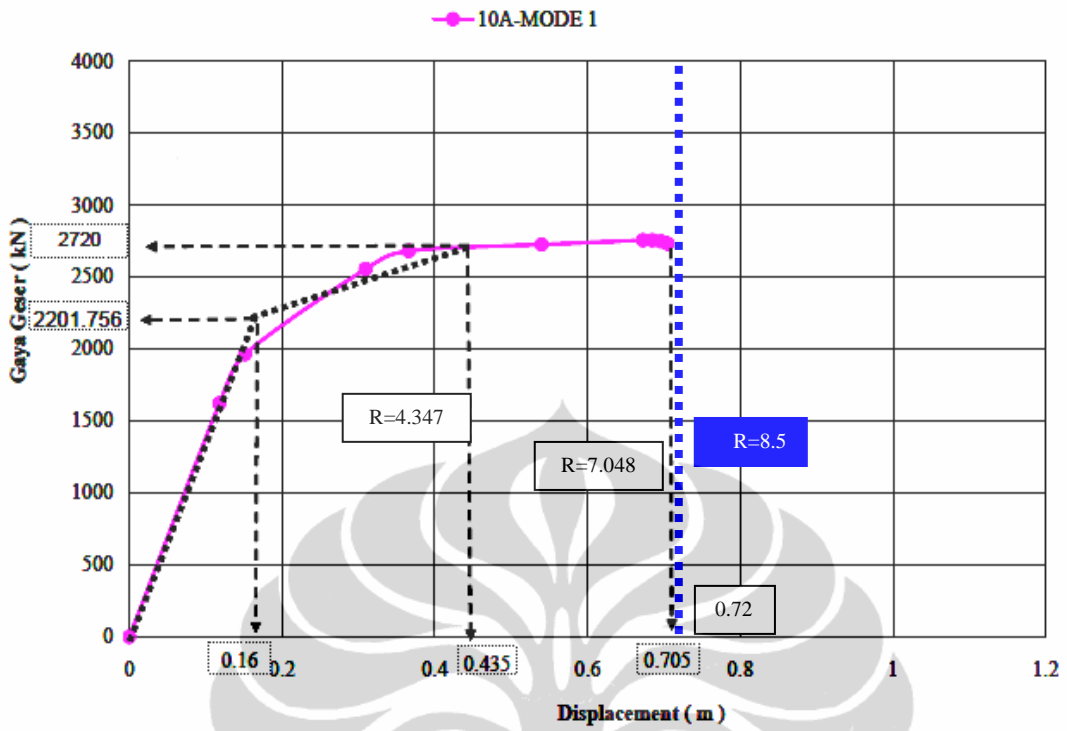
Grafik 18. Kurva Bi-linear Fema356



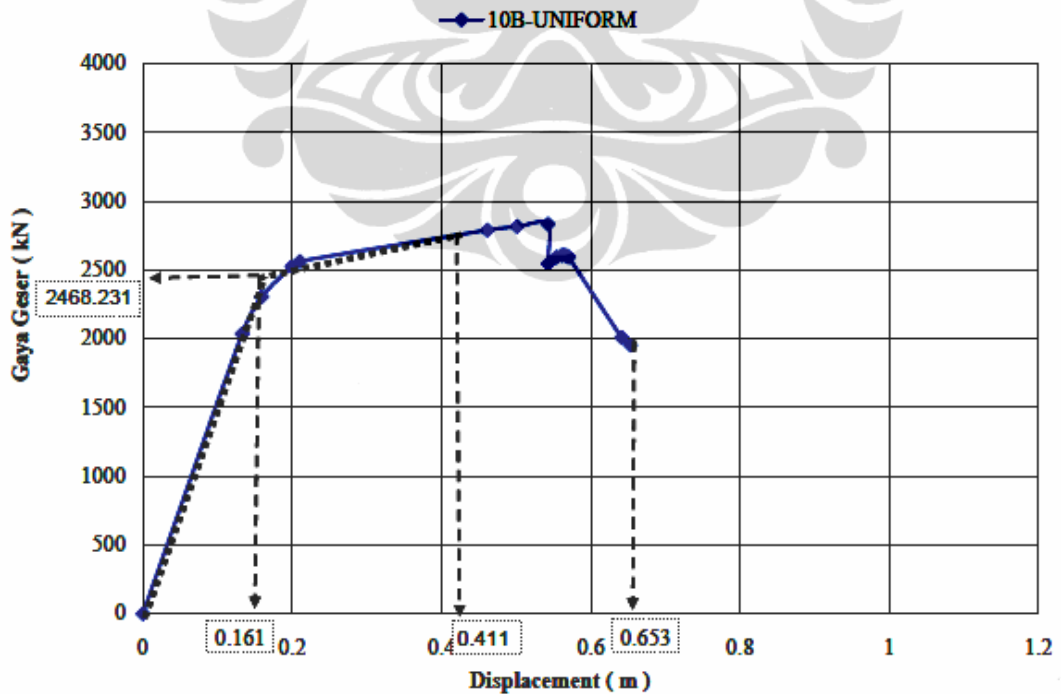
Grafik 19. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Pushover fema 356 Struktur 10A dan 10B



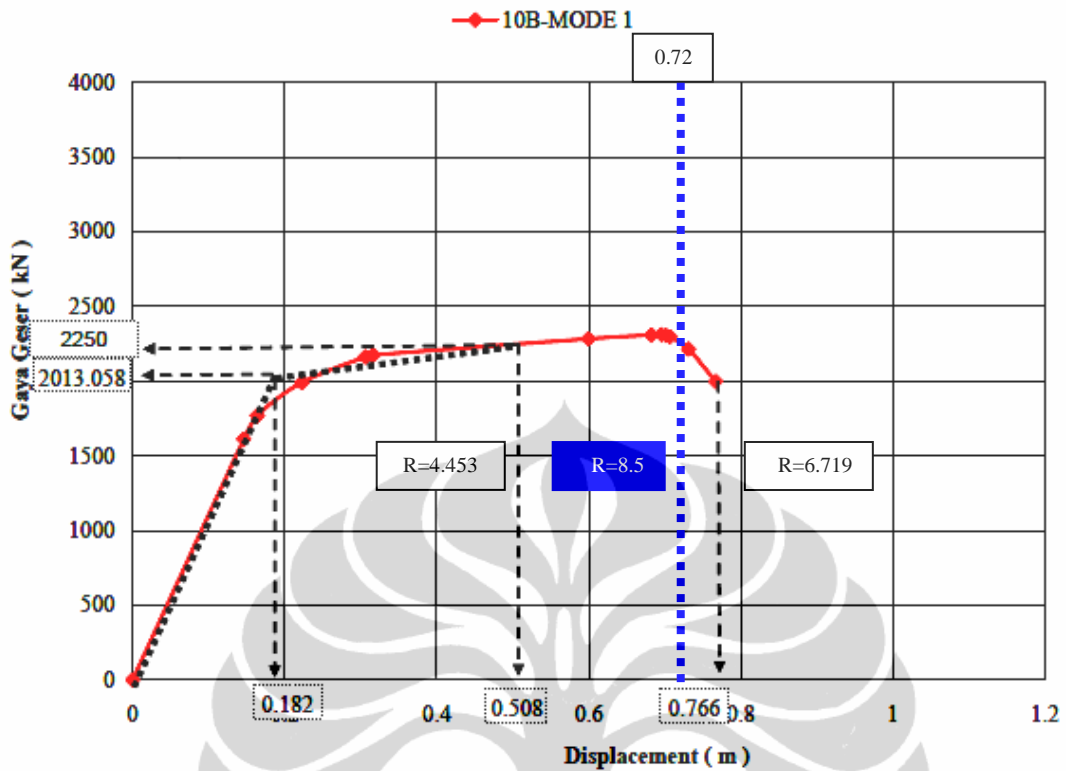
Grafik 20. Analisa Kurva Bi-linear 10A Untuk Target Simpangan
Beban Uniform



Grafik 17. Analisa Kurva Bi-linear 10A Untuk Target Simpangan
Beban Mode 1



Grafik 18. Analisa Kurva Bi-linear 10B Untuk Target Simpangan
Beban Uniform



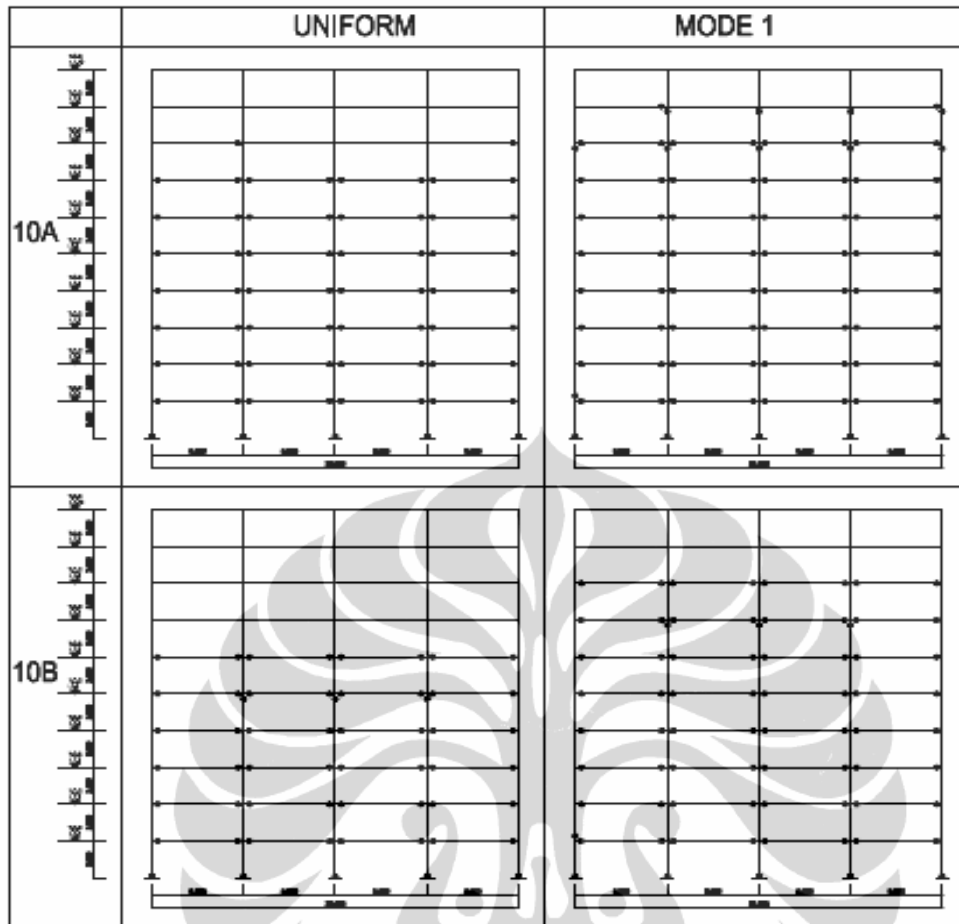
Grafik 19. Analisa Kurva Bi-linear 10B Untuk Target Simpangan
Beban Mode 1

Sehingga Dari data grafik bi-linear diatas maka dapat diperhitungkan target simpangan FEMA 356 dengan rumusan yang telah diuraikan pada bab 2.13, maka hasil target simpangannya adalah sebagai berikut :

		C0	C1	C2	C3	Sa	Te	Ti	Ki	Ke	Cm	Weight	α	Vy	R	Ts	g	δ	
						(det)	(det)	(kN/m)	(kN/m)		(kN)		(kN)		(det)	m/det ²	(m)		
10	A	Accel	1.2	1	1.000	1.000	0.502	1.494	1.494	21582.653	21582.653	0.900	23097.120	0.080	3259.923	3.048	1.000	9.81	0.334
		mode 1	1.3	1	1.000	1.000	0.418	1.795	1.795	13755.474	13755.474	0.900	23097.120	0.125	2201.756	3.702	1.000	9.81	0.435
	B	Accel	1.2	1	1.000	1.000	0.408	1.837	1.837	15327.246	15327.246	0.900	21619.680	0.072	2468.231	3.218	1.000	9.81	0.411
		mode 1	1.3	1	1.000	1.000	0.358	2.097	2.097	11026.537	11026.537	0.900	21619.680	0.067	2013.058	3.457	1.000	9.81	0.508

Struktur 10	Target displacement (m)	TABLE: Pushover Curve							
		Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	
			m	KN					
10A	Uniform	0.334	4	0.389245	3637.388	117	22	41	
	Mode 1	0.435	4	0.366209	2681.49	103	52	25	0
			5	0.540152	2725.761	99	23	53	5
10B	Uniform	0.411	5	0.4617	2790.533	124	18	37	1
	Mode 1	0.508	6	0.599103	2284.853	107	20	34	19

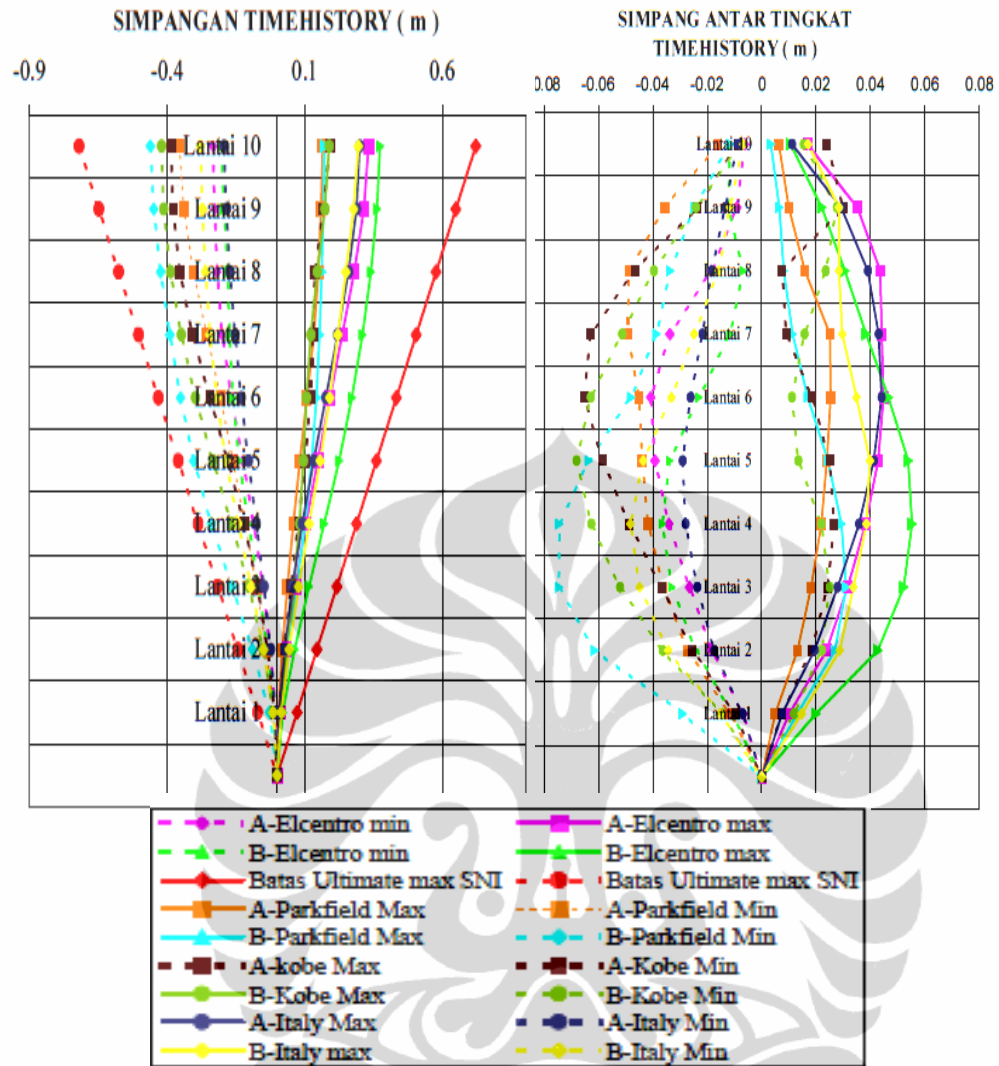
Tabel Tingkatan Kinerja Struktur 10



Gambar Pembentukan Sendi Plastis Struktur 10 FEMA 356

4.18 Ratio hasil Analisa Non Linear Timehistory

Dari hasil analisa sap2000 dengan non linear riwayat waktu direct integration metode newmark didapatkan terjadinya sendi plastis pada kolom dan balok, berikut dapat dilihat pada gambar. Dan digambarkan pula simpangan dan simpangan antar tingkat dari analisa tersebut.

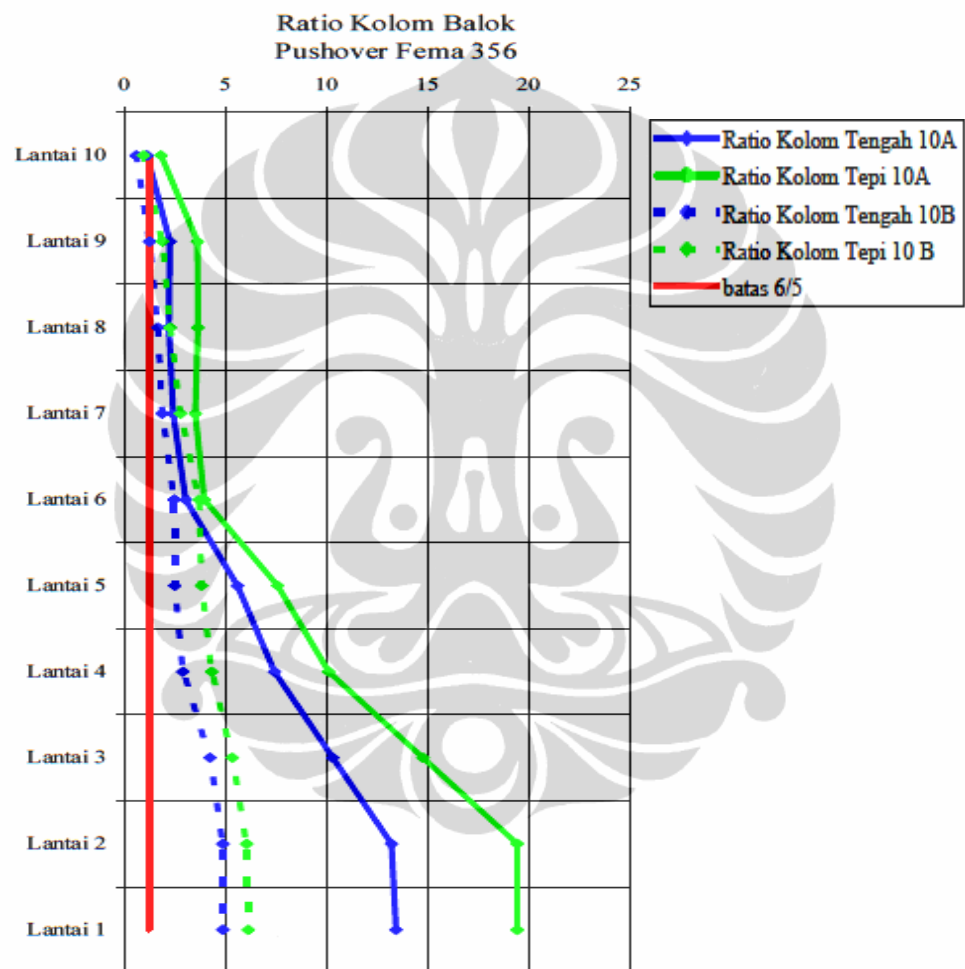


Grafik 20. simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Struktur 10 NonLinear Timehistory

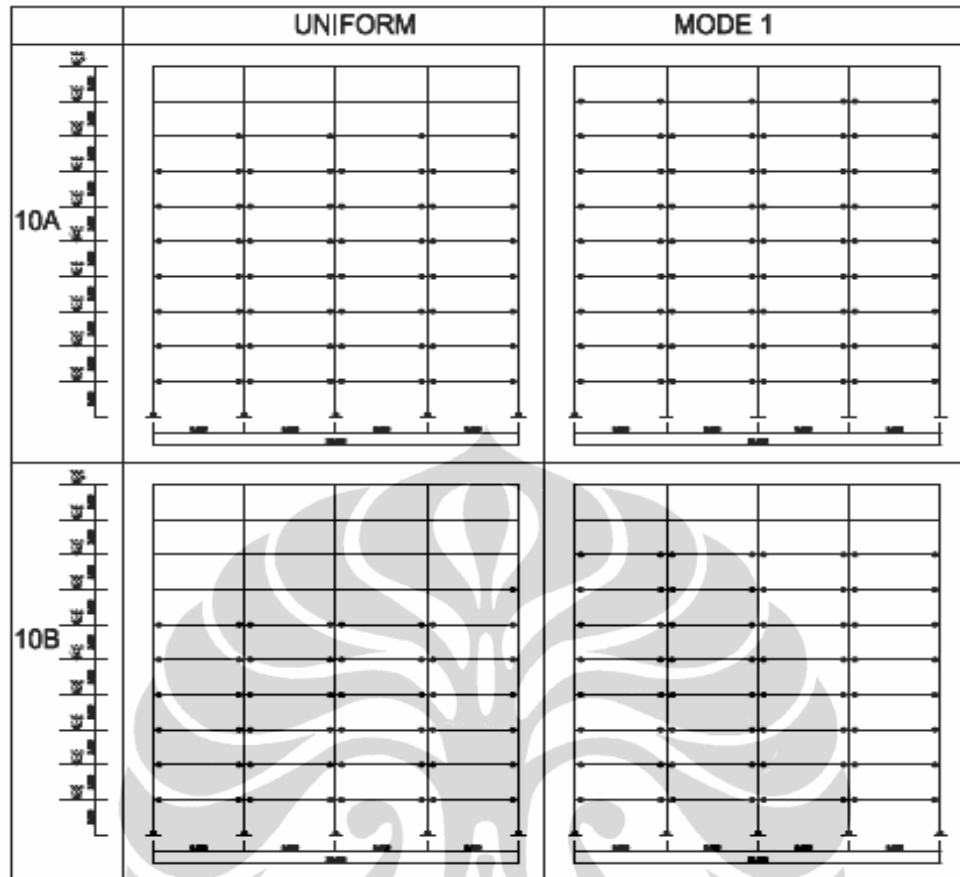
4.19 Re disain

4.19a. Re Disain Nonlinear Pushover FEMA 356

Disain yang telah dilakukan analisa nonlinear memerlukan beberapa modifikasi untuk mendapatkan nilai 'kolom kuat balok lemah', maka dilakukan pembesaran momen kolom sehingga ratio kolom-balok menjadi lebih besar (angka lihat pada lampiran). Analisa non linear dilakukan kembali sampai tidak terjadi sendi plastis pada kolom saat target displacement awal.



Grafik 21. Ratio Kolom Balok Struktur 10 Pushover FEMA 356

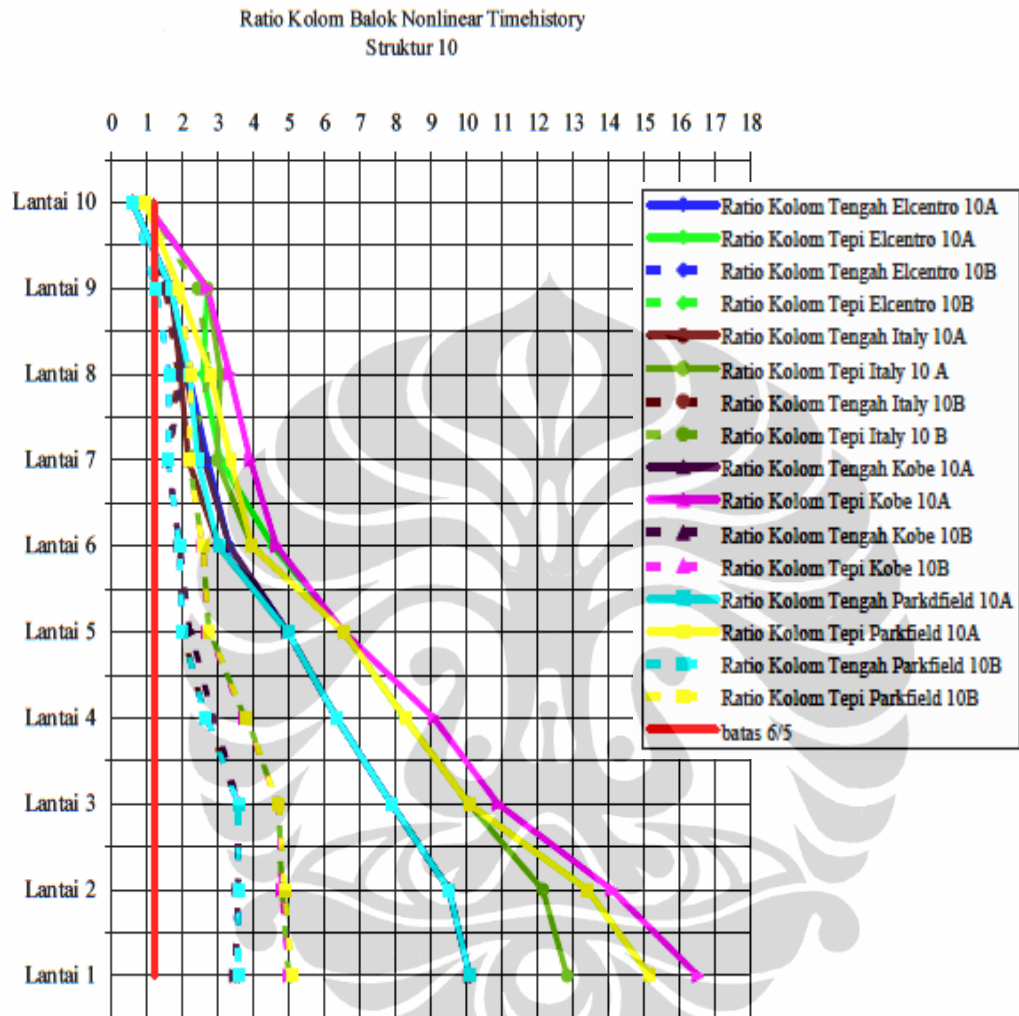


Gambar Pembentukan Sendi Plastis Re-disain Struktur 10 FEMA 356

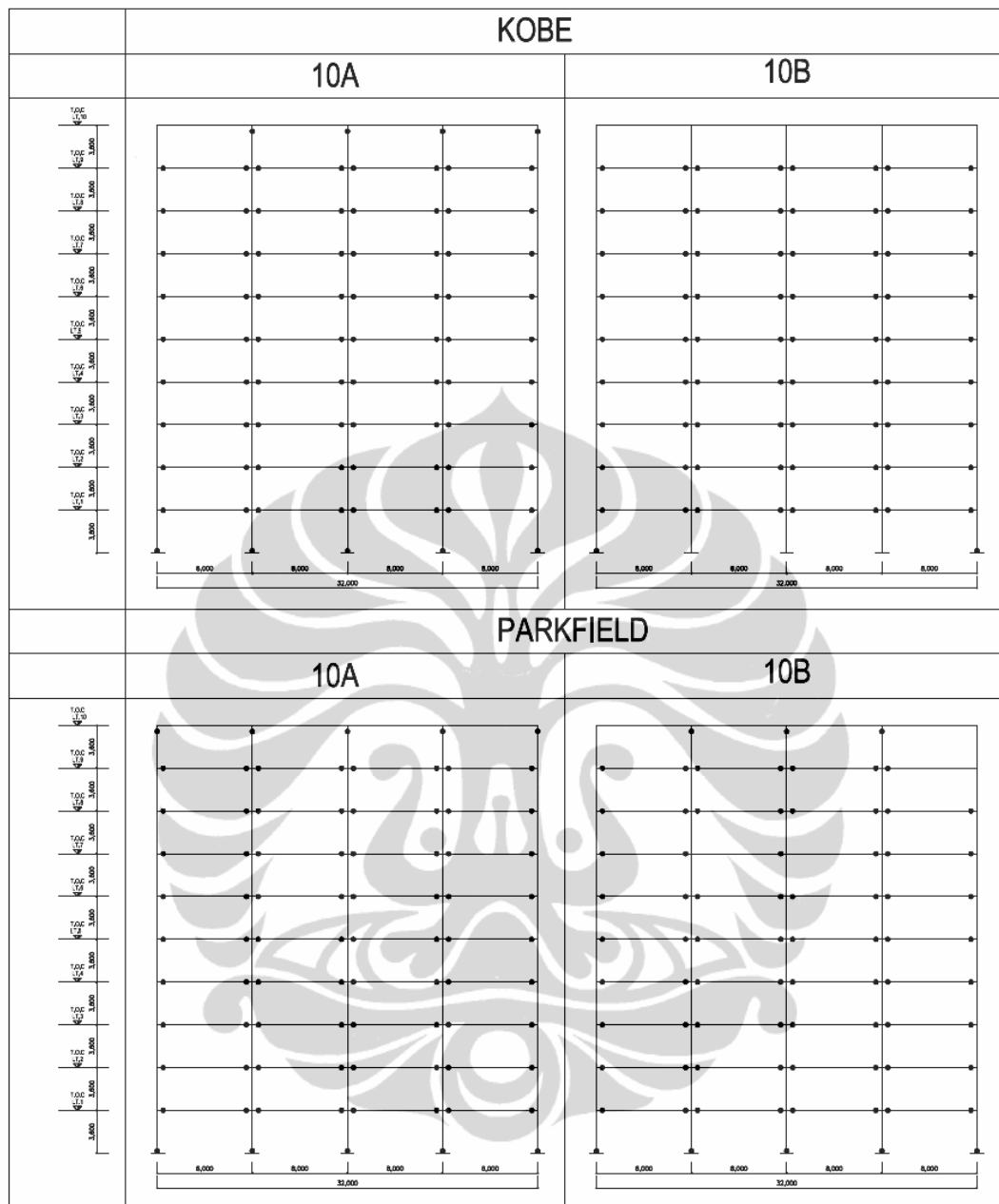
Dari gambar diatas menyebutkan bahwa pembesaran nilai ratio kolom balok mempengaruhi tidak terbentuknya sendi plastis pada kolom sesuai dengan persyaratan dari peraturan yang menyatakan sendi plastis hanya boleh terjadi pada balok, kolom bawah dan kolom atas.

4.19.b.Re Disain Nonlinear Timehistory

Ratio (angka lihat pada lampiran) yang di butuhkan untuk inelastis struktur 10 yaitu pada grafik berikut.



Grafik 22. Ratio Kolom Balok Struktur 10 Nonlinear Timehistory



Gambar Pembentukan Sendi Plastis Re-disain Struktur 10
Nonlinear Timehistory

4.20. Evaluasi Ratio 6/5 Momen Kolom- Balok

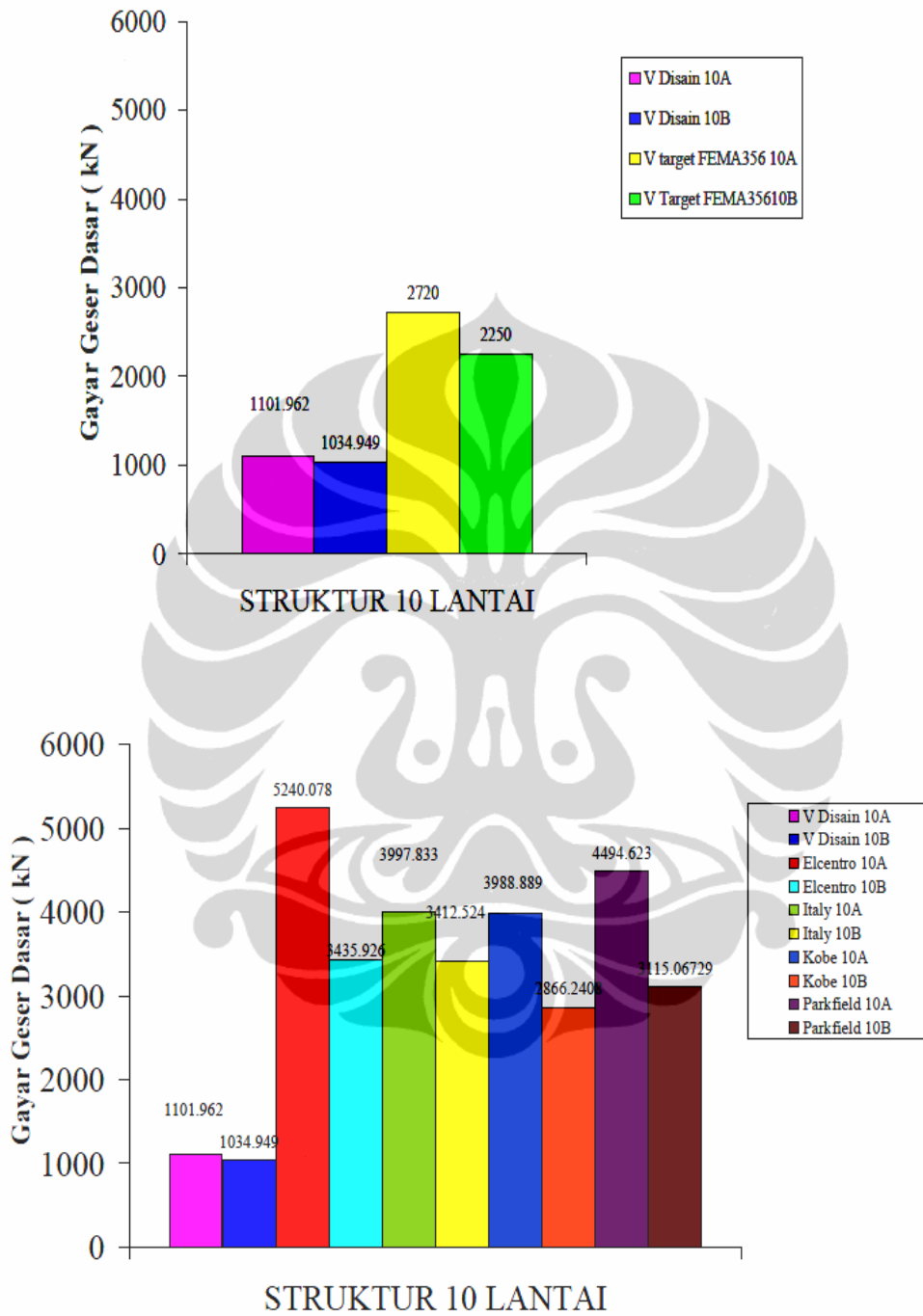
Dari beberapa analisa inelastik gempa kuat di dapat beberapa ratio momen kolom – balok yang terjadi plastifikasi dan dilakukan analisa dengan memperkuat momen kolom sehingga plastifikasi pada kolom tidak terjadi terutama kolom diantara lantai, sehingga dapat di tabelkan berdasarkan ratio momen kolom balok berikut ini

Joint lantai	Ratio Disain 10A		Sendi Plastis di Kolom struktur 10A		Ratio Re disain FEMA 356		Ratio Disain 10B		Sendi Plastis di Kolom struktur 10B		Ratio Re disain FEMA 356	
	$\frac{M_c}{M_b}$	Tengah	Tengah	Tidak	Tengah	Tengah	$\frac{M_c}{M_b}$	Tengah	Ya	Tidak	Tengah	Tengah
10	0.961	0.581				0.938	0.581					
9	1.922	1.25	●		3.61	2.238	1.875	1.235		●		
8	1.905	1.327	●		3.633	2.196	2.25	1.628		●		
7	2.468	1.891		●			2.173	1.581	●			2.408
6	3.949	3.007		●			2.566	1.913		●		
5	6.548	4.959		●			2.737	1.981	●			5.584
4	8.258	6.337		●			3.781	2.655		●		
3	10.065	7.89		●			4.701	3.58		●		
2	12.145	9.5		●			4.785	3.559		●		
1	12.825	10.079	●		19.431		4.986	3.474	●		19.431	

joint lantai	Sendi Plastik di Kolom struktur 10A												Ratio Re disain Timehistory								
	Ratio Disain 10A												$\frac{Mc}{Mb}$								
	Elcentro			Italy			Kobe			Parkfield			Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		
	Tengah	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
10	0.961	0.581																			
9	1.922	1.25												2.696	1.672	2.696	1.672	2.696	1.672	1.922	1.686
8	1.905	1.327												2.567	2.173	3.06	1.938	3.317	2.079	2.784	2.196
7	2.468	1.891																			
6	3.949	3.007																			
5	6.548	4.959																			
4	8.258	6.337																			
3	10.065	7.89																			
2	12.145	9.5																			
1	12.825	10.079												12.825							15.156

joint lantai	Sendi Plastik di Kolom struktur 10B												Ratio Re disain Timehistory								
	Ratio Disain 10B												$\frac{Mc}{Mb}$								
	Elcentro			Italy			Kobe			Parkfield			Elcentro		Italy		Kobe		Parkfield		
	Tengah	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
10	0.938	0.581																			
9	1.875	1.235																			
8	2.25	1.628																			
7	2.173	1.581																			
6	2.566	1.913																			
5	2.737	1.981																			
4	3.781	2.655																			
3	4.701	3.58																			
2	4.785	3.559																			
1	4.986	3.474																			

Gaya geser dasar pada masing – masing analisa tersebut diatas dapat kita lihat pada diagram berikut:



V NONLINEAR /V DISAIN

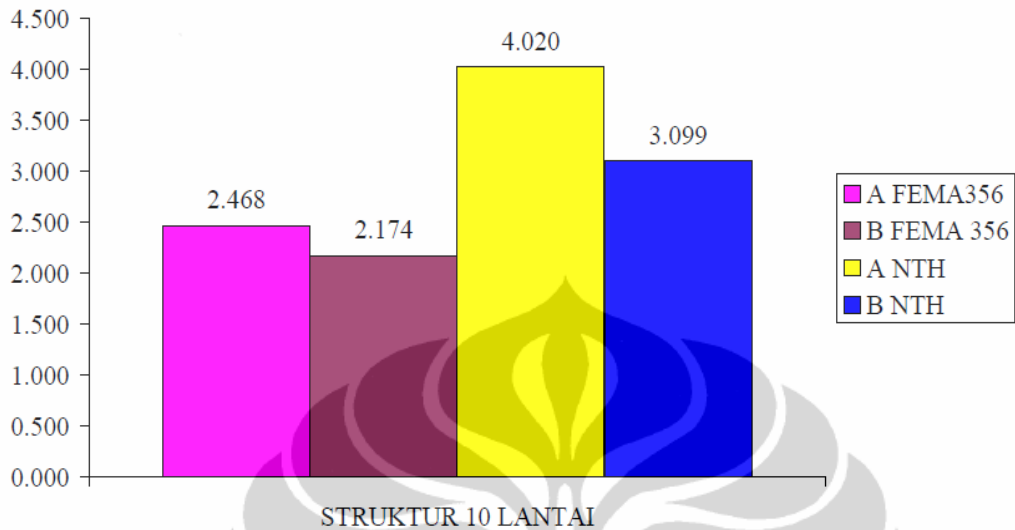


Table Peningkatan Gaya Geser Non linear/ Disain

Daktalitas hasil pushover FEMA 356 antara struktur 10A dan 10B dapat dilihat dari tabel berikut :

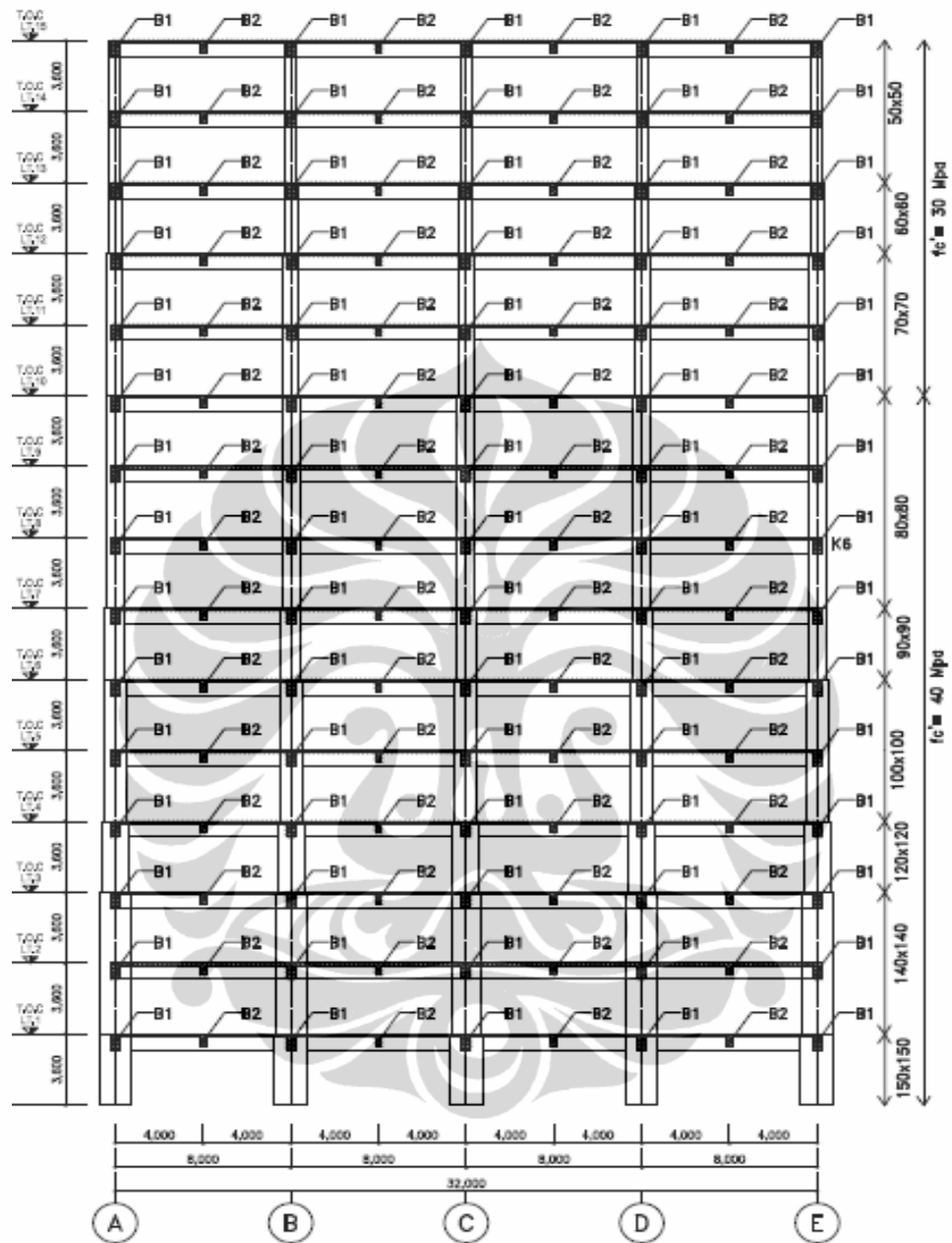
f1		δ (m)	δ_y (m)	μ	R	keterangan
1.6	Struktur A	0.705	0.1601	4.405	7.048	Daktail Parsial
	Struktur B	0.767	0.1826	4.199	6.719	Daktail Parsial

Daktalitas berdasarkan *target displacement* maka dapat dilihat dari tabel berikut :

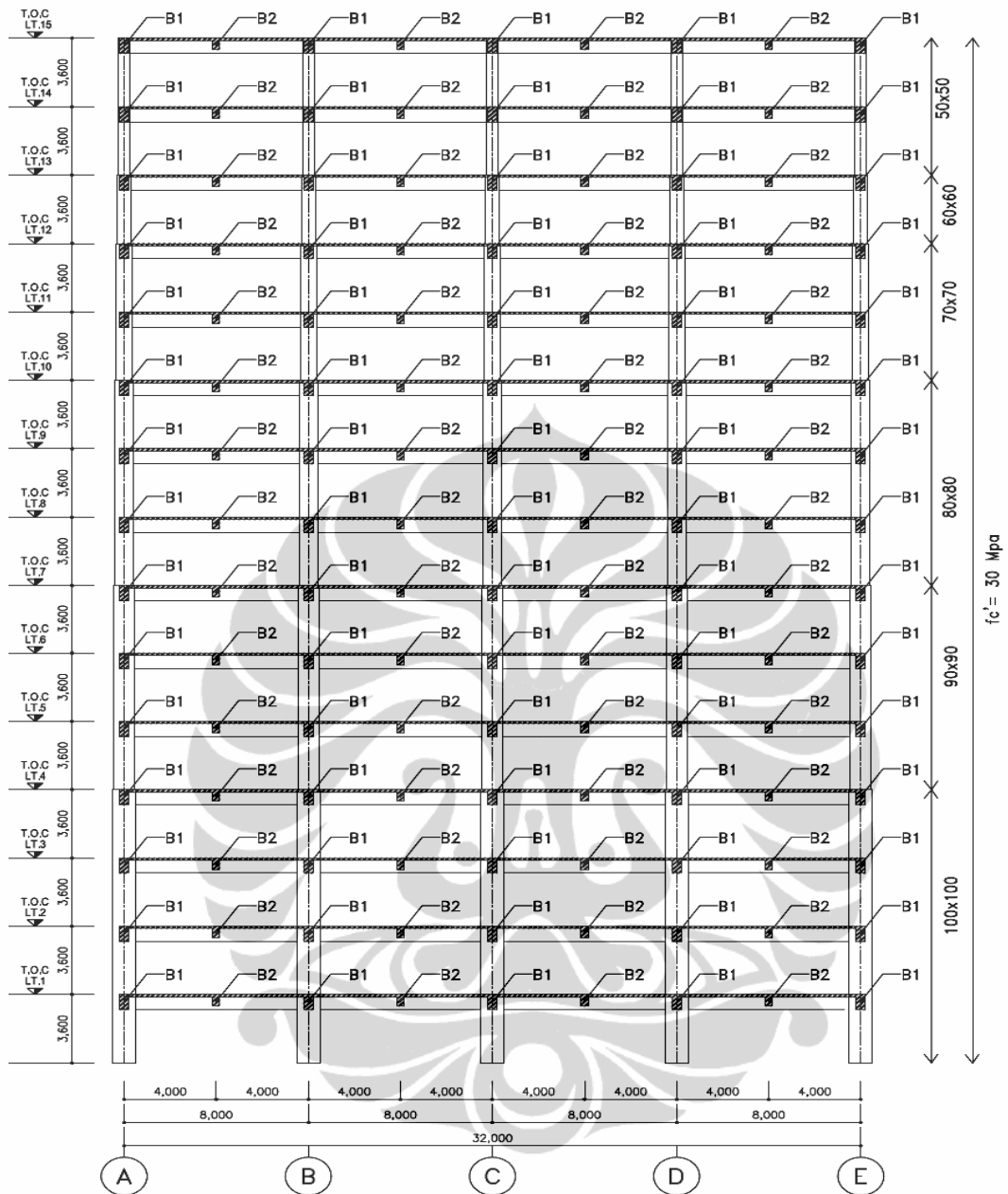
f1		δ_t (m)	δ_y (m)	μ	Rtarget	keterangan
1.6	Struktur A	0.435	0.1601	2.717	4.347	Daktail Parsial
	Struktur B	0.508	0.1826	2.783	4.453	Daktail Parsial

Maka dapat di simpulkan struktur daktail dipengaruhi oleh kekakuan, gaya geser , tinggi struktur bangunan dan propertinya.

Struktur 15 lantai



Gambar Potongan AS 3-C Struktur 15A



Gambar Potongan AS 3-C Struktur 15B

Keterangan :

Tulangan Utama f_y 400 Mpa; Tulangan Kekang F_y 240 Mpa

B1 = 40 x 80 cm; B2 = 30 x 60 cm.

4.21 Analisa Modal struktur 15 Lantai

Prilaku dinamis bangunan di pengaruhi oleh kekakuan lateral dan massa yang dapat dari analisa modal yang terdiri dari translasi dan torsi. Modal atau eigen value memberikan ragam getar bangunan yang menentukan nilai gempa

untuk di berikan pada analisa pembebanan gempa. Berikut di berikan tabel analisa modal untuk struktur bangunan 15A dan 15B

TABEL struktur 15 A: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
PD-MODAL	Mode	1	2.694022

TABEL struktur 15A: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
PD-MODAL	Acceleration	UX	99.9891	91.9024

TABEL struktur 15B: Modal Periods			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
PD-MODAL	Mode	1	3.225724

TABELstruktur 15B: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
PD-MODAL	Acceleration	UX	99.995	96.0224

Analisa memperlihatkan bahwa waktu getar alami pada PD-modal (termasuk P-delta) struktur 15A telah mengikuti SNI 1726 – 2002 dan struktur 15B tidak memenuhi SNI 1726 – 2002, yang menyatakan bahwa untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel waktu getar alami dibatasi tergantung koefisien dan jumlah lantai pada wilayah gempa yang bersangkutan, menurut persamaan

$$T_i < \zeta n$$

$$\zeta = 0.18$$

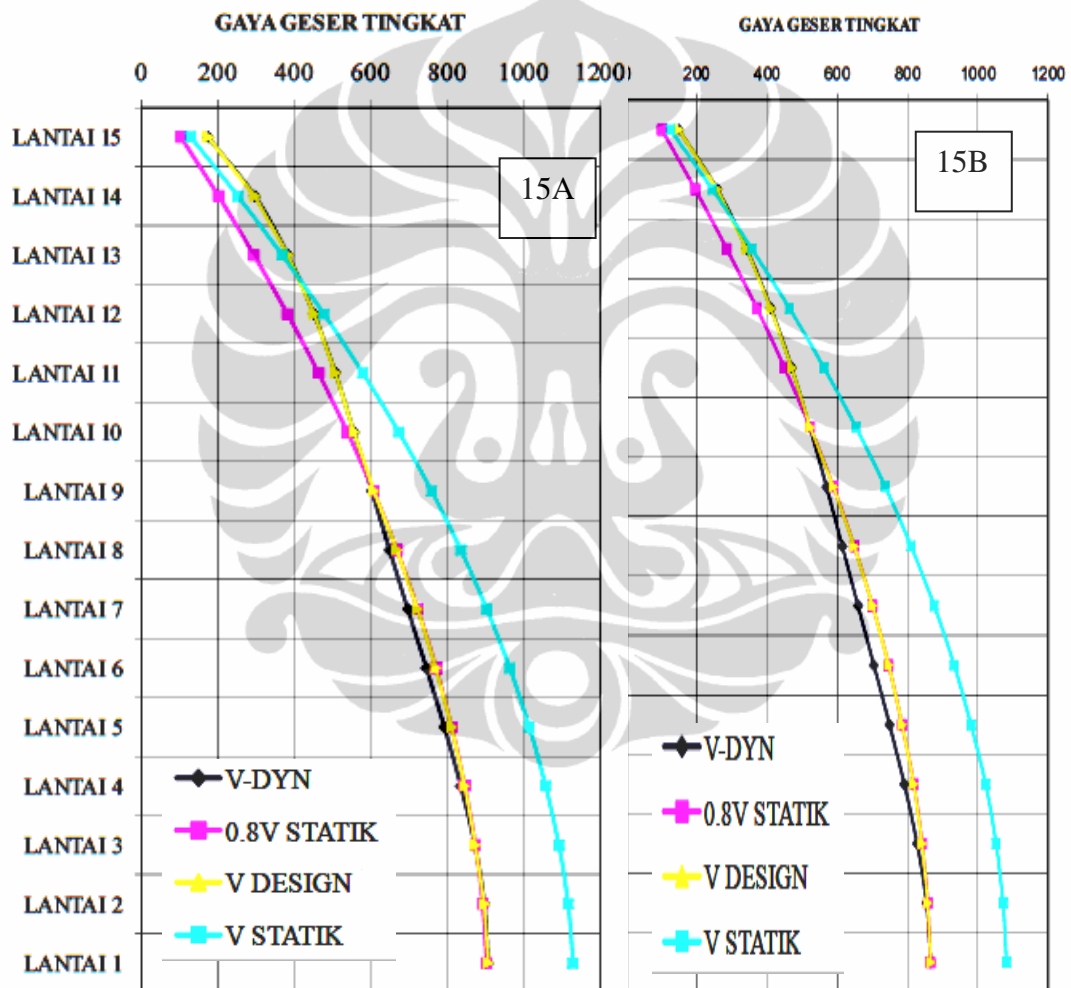
$$n = 15 \text{ (jumlah lantai)}$$

$$T_{1A} \text{ maksimum zona 3 adalah } 2.7 \text{ detik} > 2.694 \text{ detik...ok!!}$$

$$T_B \text{ maksimum zona 3 adalah } 2.7 \text{ detik} < 3.225 \text{ detik...tidak ok!!}$$

4.22 Beban Gempa

Dari analisa modal dapat kita gunakan untuk menentukan nilai C pada spektrum respons gempa SNI 1726 – 2002 pada zona 3, menurut gambar dibawah ini nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, dimana I adalah faktor Keutamaan ($I = 1$), R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur tersebut ($R = 8.5$). Analisa perhitungan dapat dilihat di lampiran tabel 13 dan 14 Analisa ini di gambarkan dengan grafik gaya geser tingkat untuk kedua struktur tersebut berikut ini

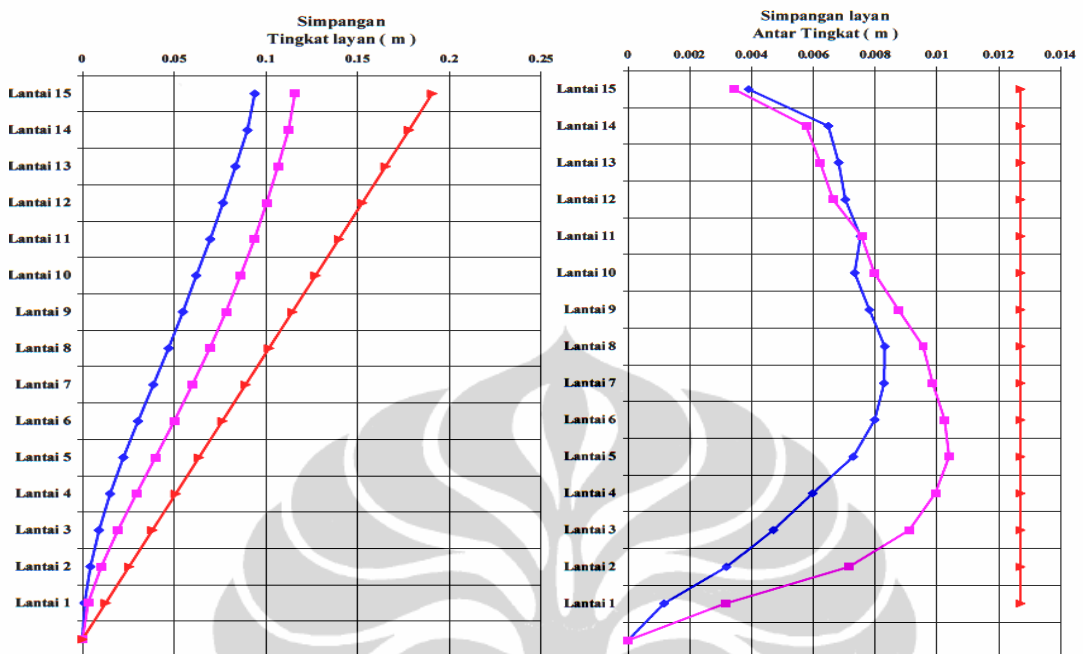


Grafik 23. Gaya Geser Tingkat Struktur 15A dan 15B

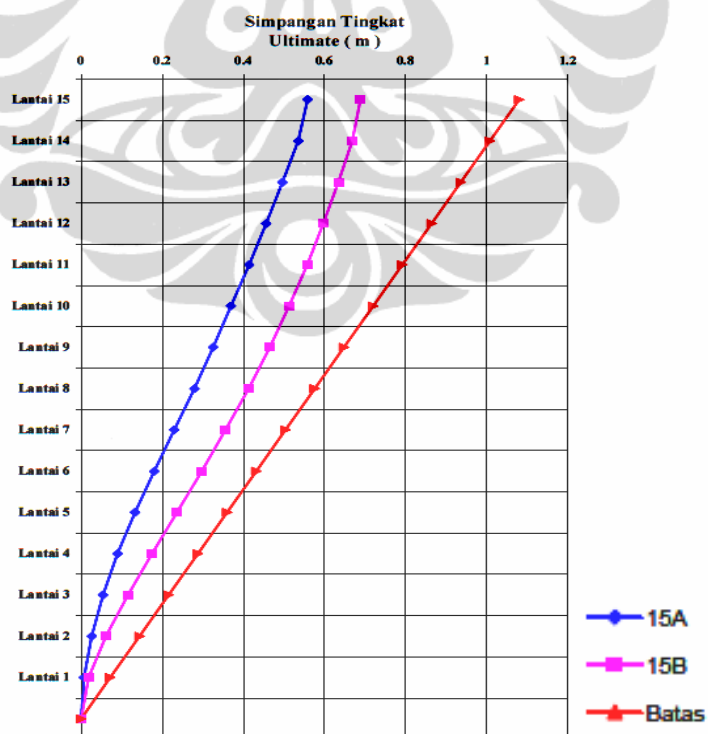
4.23 Kinerja Batas Layan dan Ultimate SNI 1726 – 2002

Berdasarkan SNI 1726 – 2002 struktur harus memenuhi pembatasan simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada masa layan dan ultimate (maksimum). Analisa perhitungan dapat di lihat pada lampiran tabel 15 s/d 18.

Analisa ini di gambarkan dengan grafik simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat pada batas layan dan ultimate.



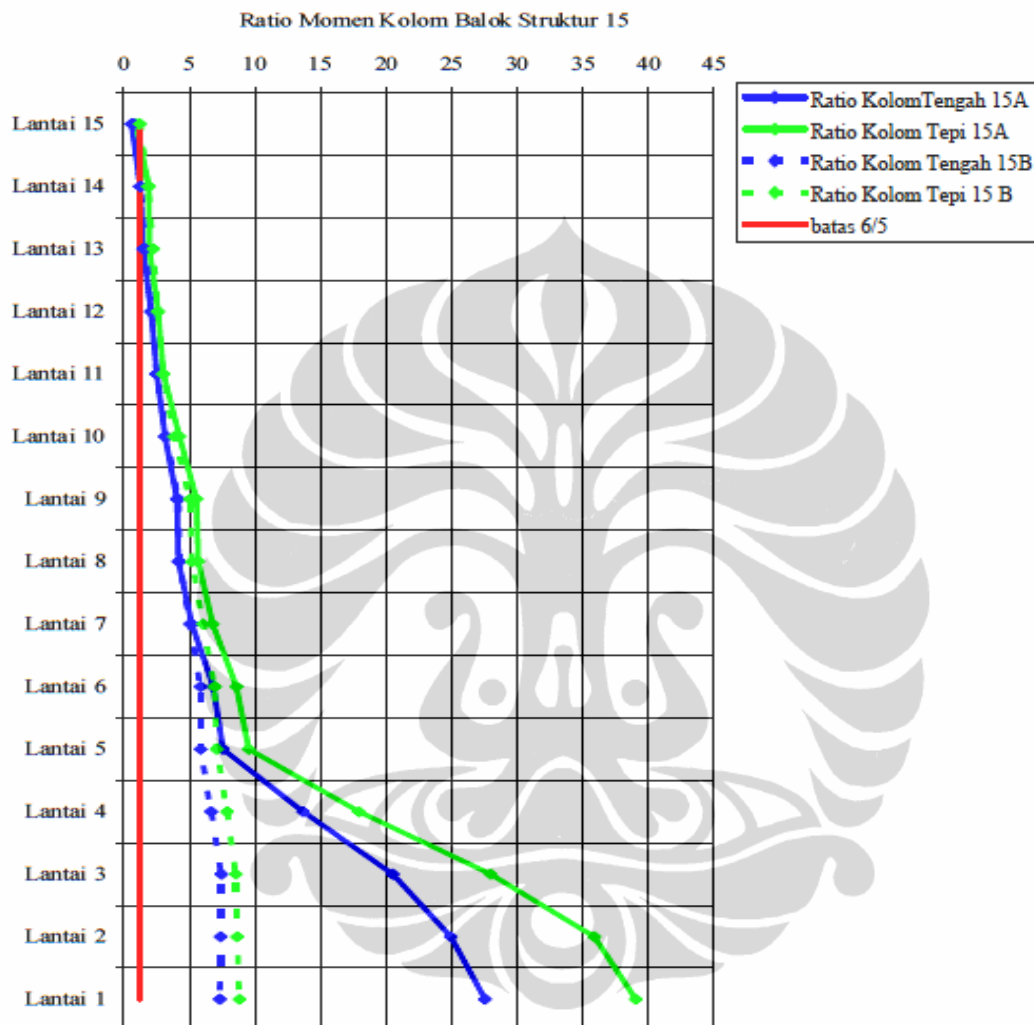
Grafik 24. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Batas layan Struktur 15A dan 15B



Grafik 25. Simpangan Tingkat Ultimate Struktur 15A dan 15B

4.24 Ratio hasil dari Analisa Perencanaan

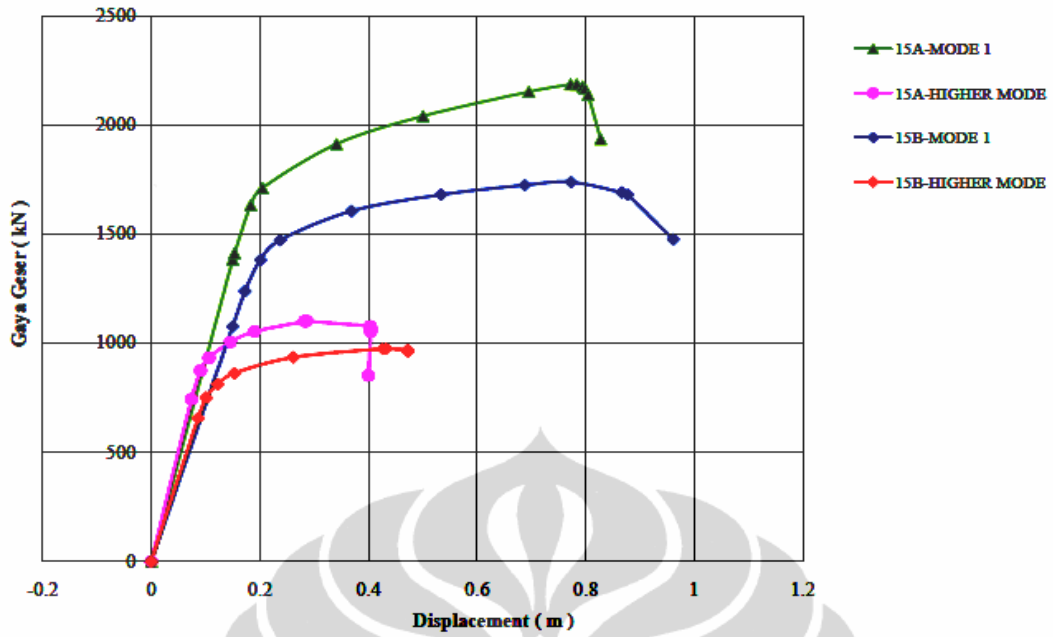
Sap2000 dapat memberikan hasil dari analisa dari pembebanan yang telah kita berikan, hasil yang akan di tinjau ratio kapasitas kolom – balok (angka lihat pada lampiran) yang dapat dilihat pada grafik berikut :



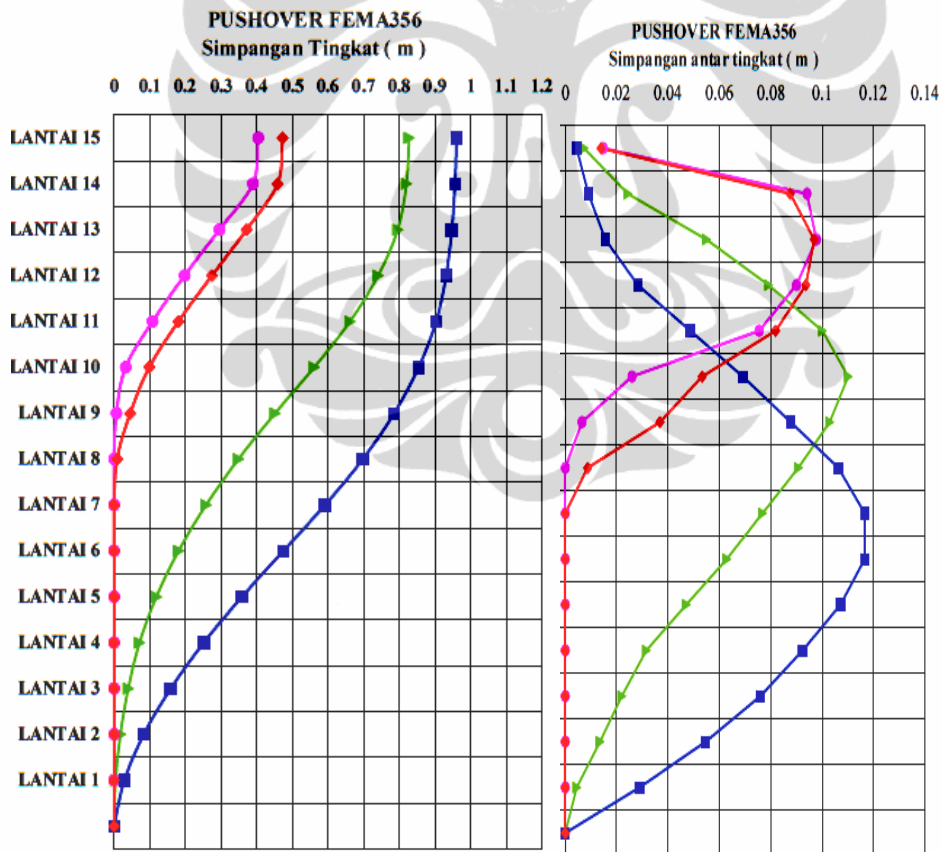
Grafik 26. Ratio Kolom Balok Struktur 15 Disain

4.25 Ratio hasil Nonlinear Pushover FEMA 356

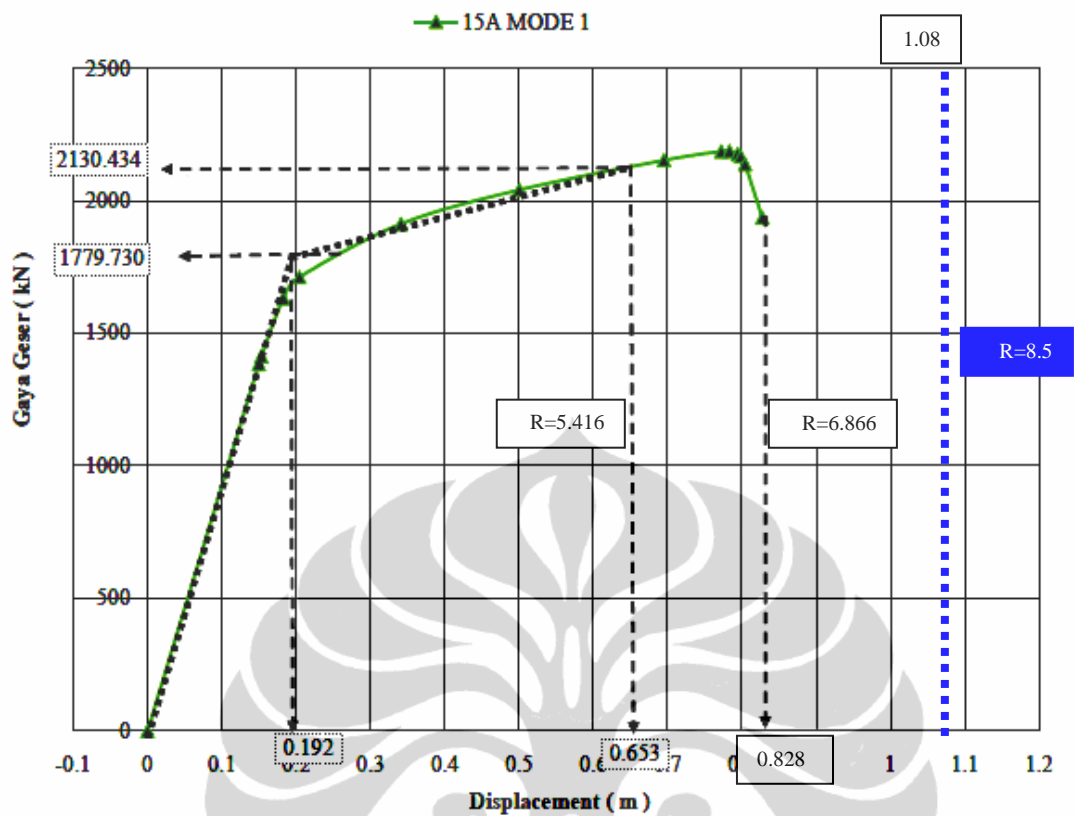
Dengan struktur yang kita disain maka dari hasil pushover pada SAP2000 dapat di perhitungkan secara otomatis, kurva bilinear dari 2 macam pembebanan pushover pada struktur A dan B yang memperlihatkan kekakuan awal (K_i), dan kekakuan efektif (K_e).



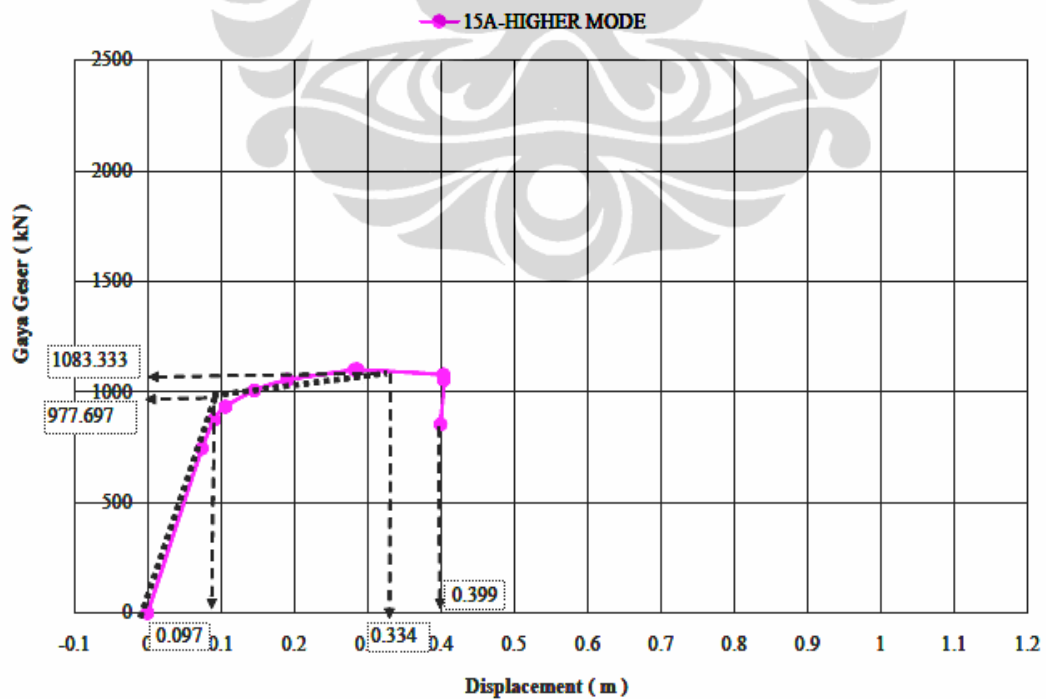
Grafik 27. Kurva Bi-linear Fema356



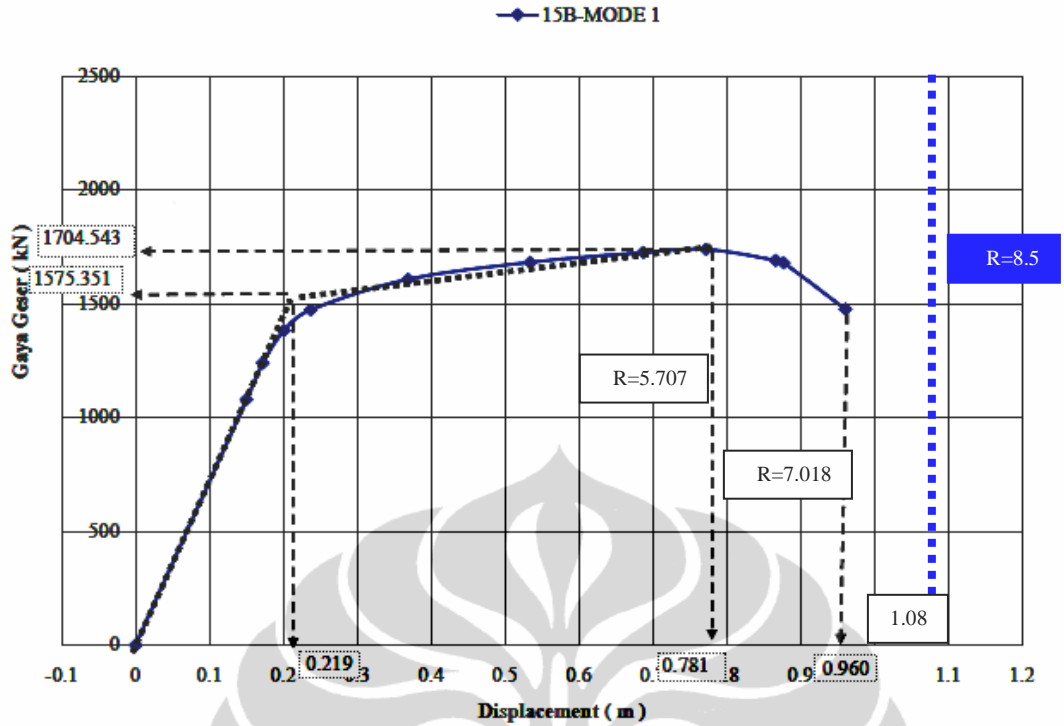
Grafik 28. Simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat Pushover FEMA 356 Struktur 15A dan 15B



Grafik 29 Analisa Kurva Bi-linear 15A Untuk Target Simpangan
Beban Uniform

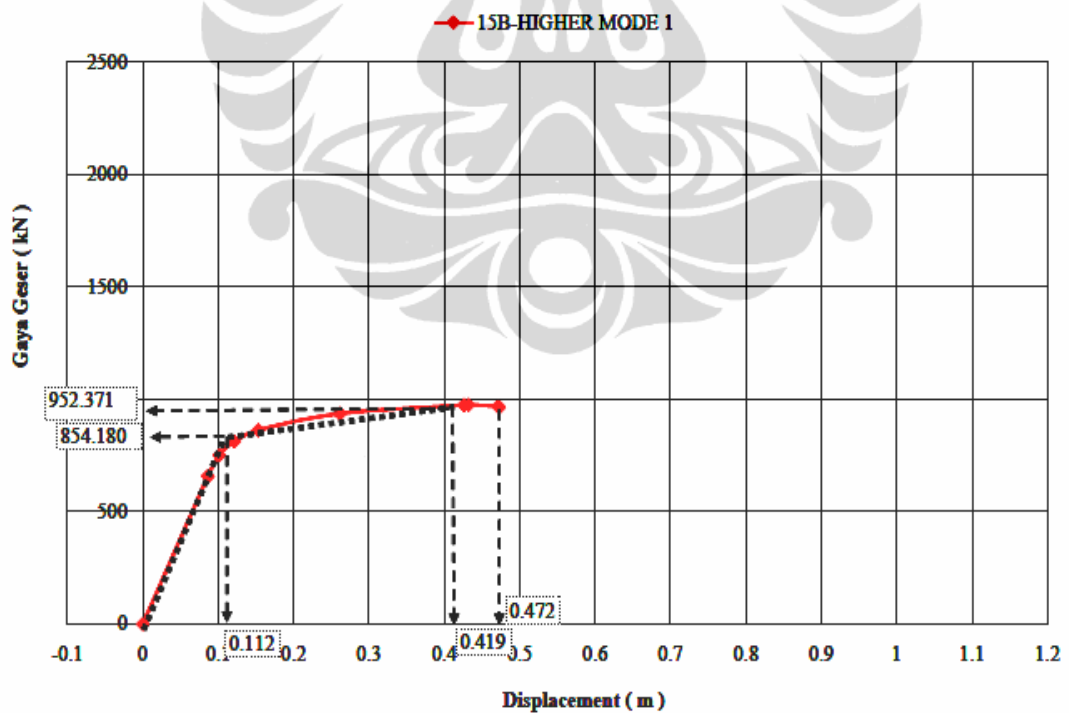


Grafik 30. Analisa Kurva Bi-linear 15A Untuk Target Simpangan
Beban Mode 1



Grafik 31. Analisa Kurva Bi-linear 15B Untuk Target Simpangan

Beban Uniform



Grafik 32. Analisa kurva bi-linear 15B untuk target simpangan

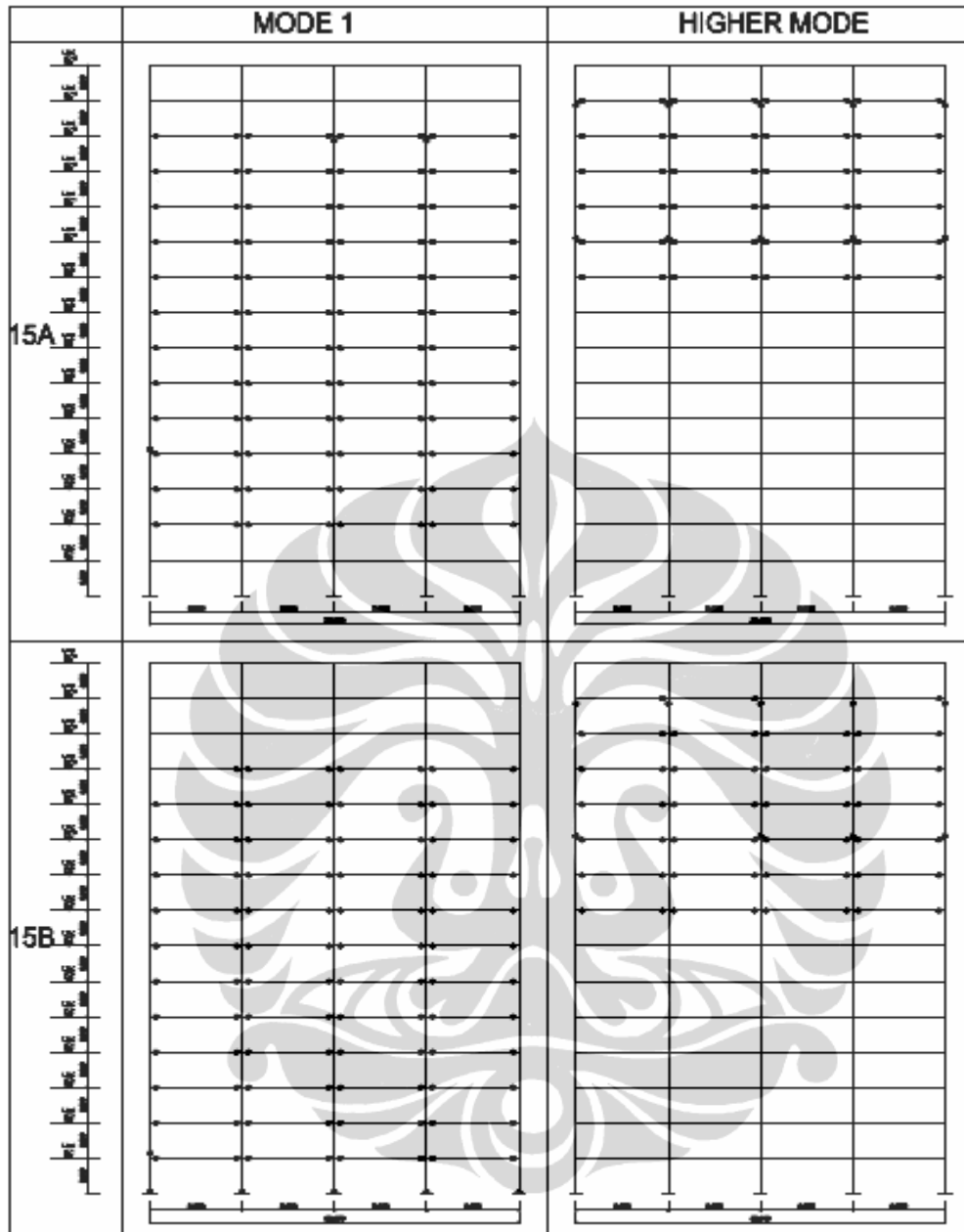
beban mode 1

Dari data grafik bi-linear diatas maka dapat diperhitungkan target simpangan FEMA 356 dengan rumusan yang telah diuraikan pada bab 2.13, maka hasil target simpangannya adalah sebagai berikut :

		C0	C1	C2	C3	Sa	Te	Ti	Ki	Ke	Cm	Weight	α	Vy	R	Ts	g	δ	
						(det)	(det)	(kN/m)	(kN/m)			(kN)		(kN)		(det)	(m/det ²)	(m)	
15	A	mode 1	1.3	1	1.00	1.0	0.278	2.694	2.694	9229.709	9229.709	1.00	35386.570	0.082	1779.730	5.535	1.00	9.81	0.653
		higher mode	1.3	1	1.00	1.0	0.545	1.377	1.377	10027.467	10027.467	1.00	35386.570	0.059	977.697	19.713	1.00	9.81	0.334
	B	mode 1	1.3	1	1.00	1.0	0.233	3.225	3.225	7191.365	7191.365	1.00	33662.890	0.023	1575.351	4.969	1.00	9.81	0.781
		higher mode	1.3	1	1.00	1.0	0.433	1.731	1.731	7626.518	7626.518	1.00	33662.890	0.053	854.180	17.076	1.00	9.81	0.419

Struktur 15		Target displacement (m)	TABLE: Pushover Curve										
			Step	Displacement m	Base Force KN	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE
15A	Mode 1	0.652	7	0.695087	2153.39	171	36	40	23				
	Higher mode	0.333	7	0.286177	1101.644	215	26	29	0	0	0		
15B	Mode 1	0.781	8	0.772531	1738.936	169	34	35	32				
	Higher mode	0.419	6	0.426092	975.239	210	23	24	13				

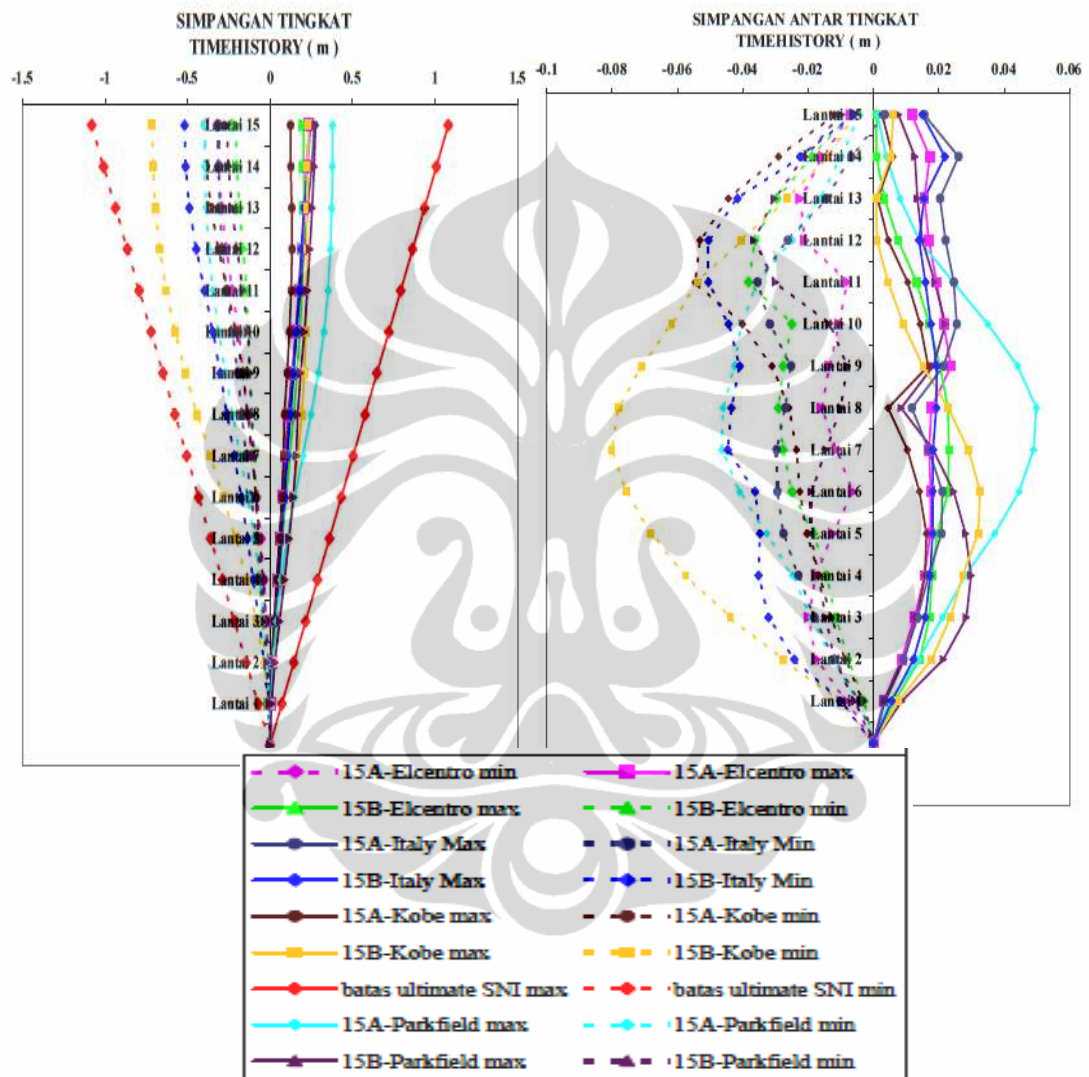
Tabel Tingkatan Kinerja Struktur 15



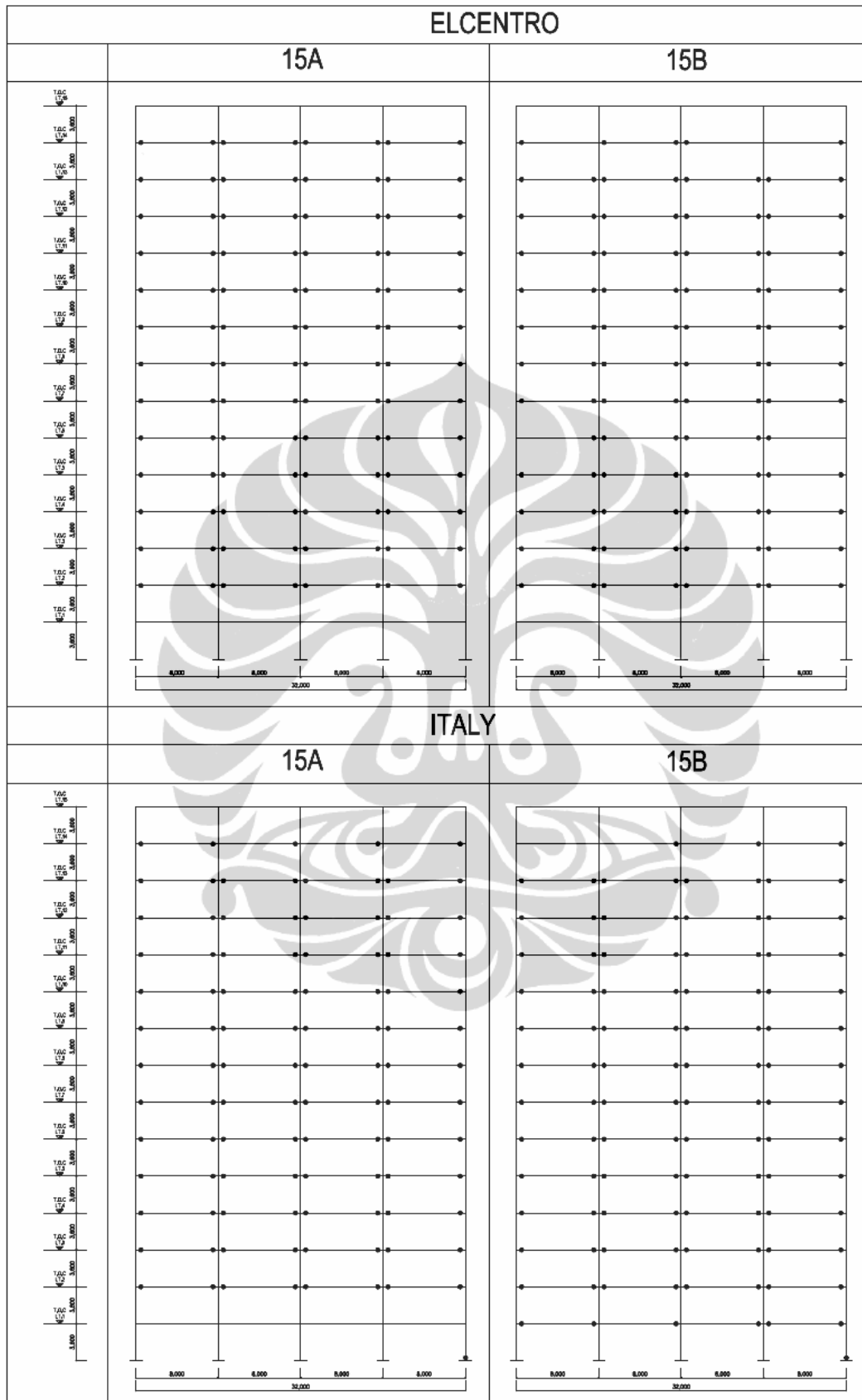
Gambar Pembentukan Sendi Plastis Struktur 15 FEMA 356

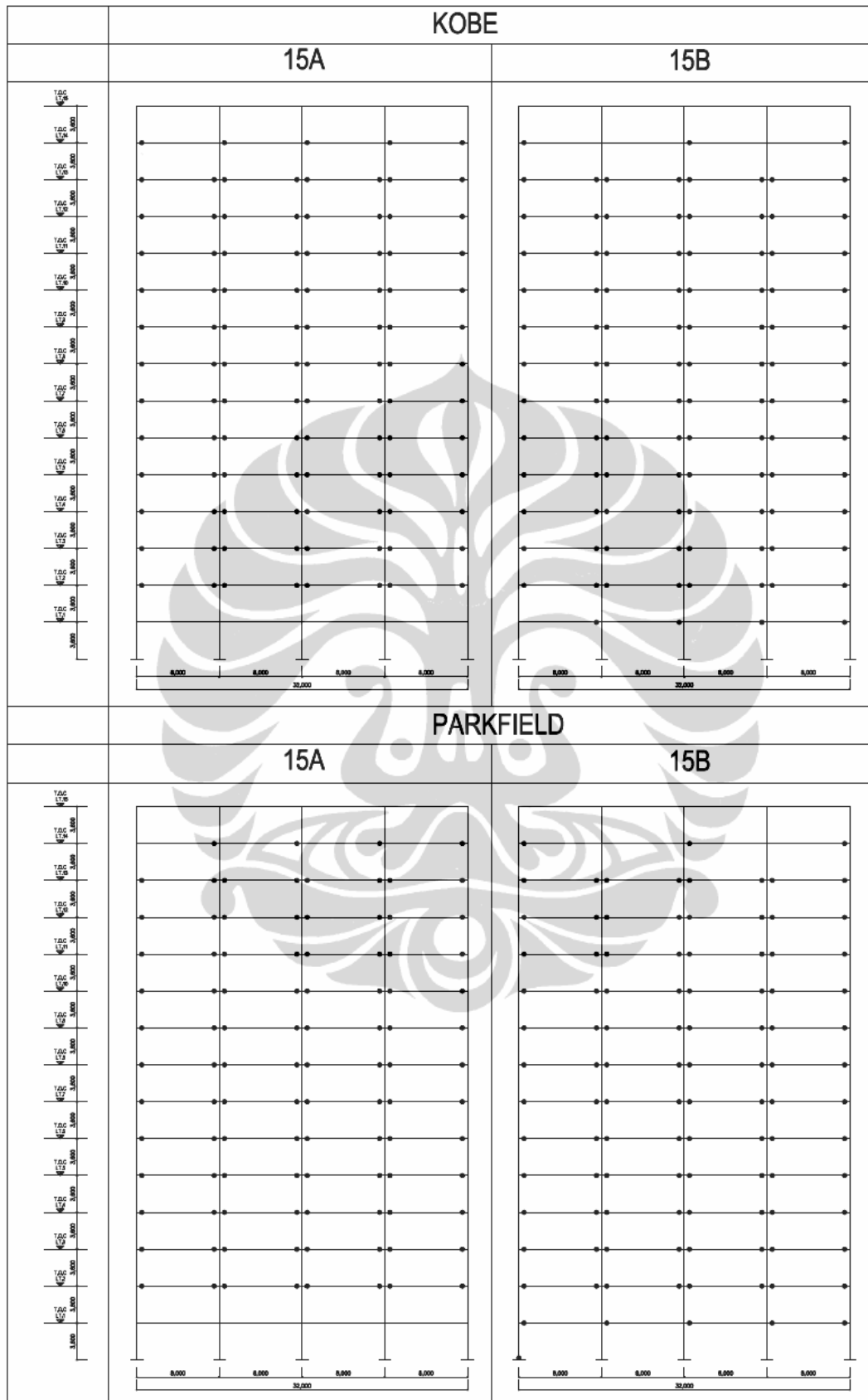
4.26 Ratio hasil Analisa Non Linear Timehistory

Dari hasil analisa sap2000 dengan non linear riwayat waktu direct integration metode newmark di dapatkan terjadinya sendi plastis pada kolom dan balok, berikut dapat dilihat pada gambar. Dan digambarkan pula simpangan dan simpangan antar tingkat dari analisa tersebut.



Grafik 33. simpangan Tingkat Dan Simpangan Antar Tingkat
Timehistory Struktur 15

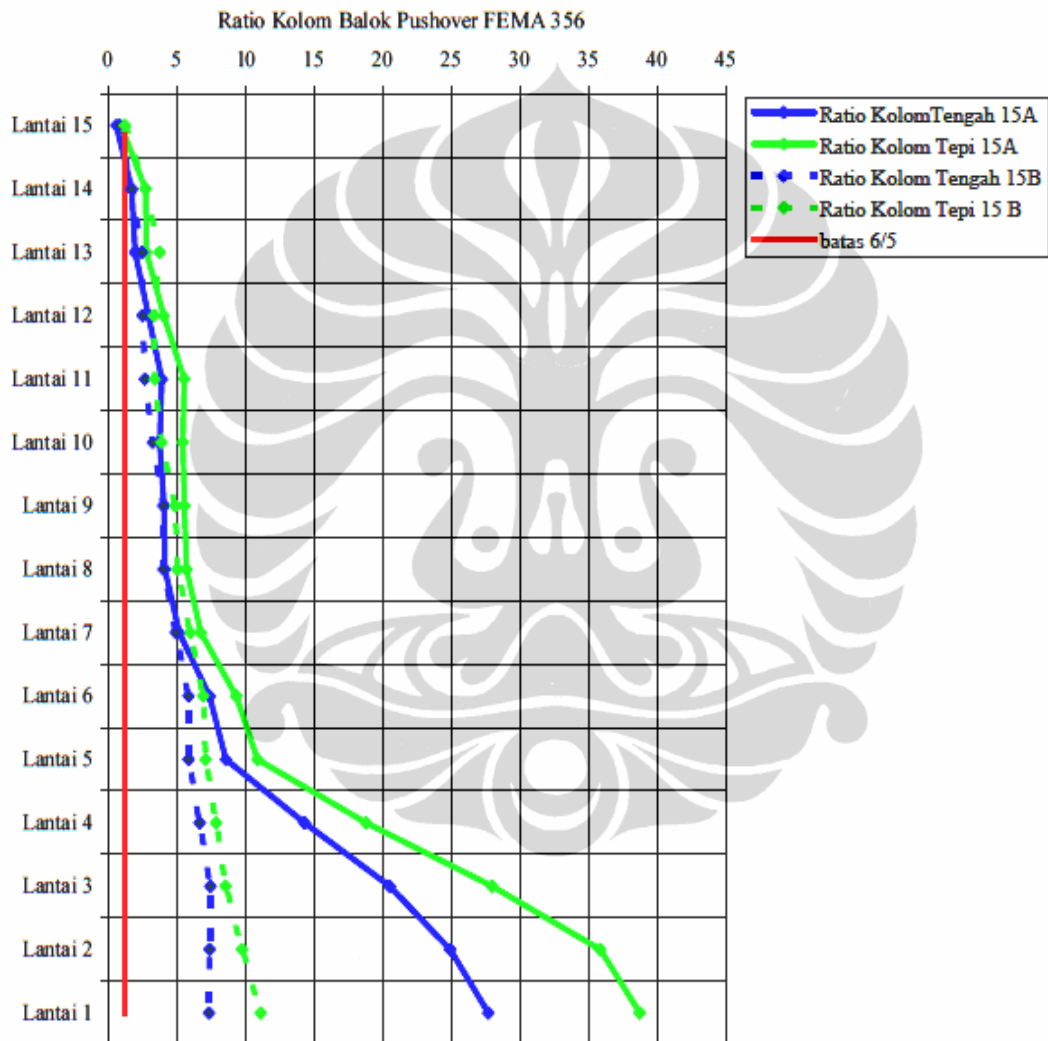




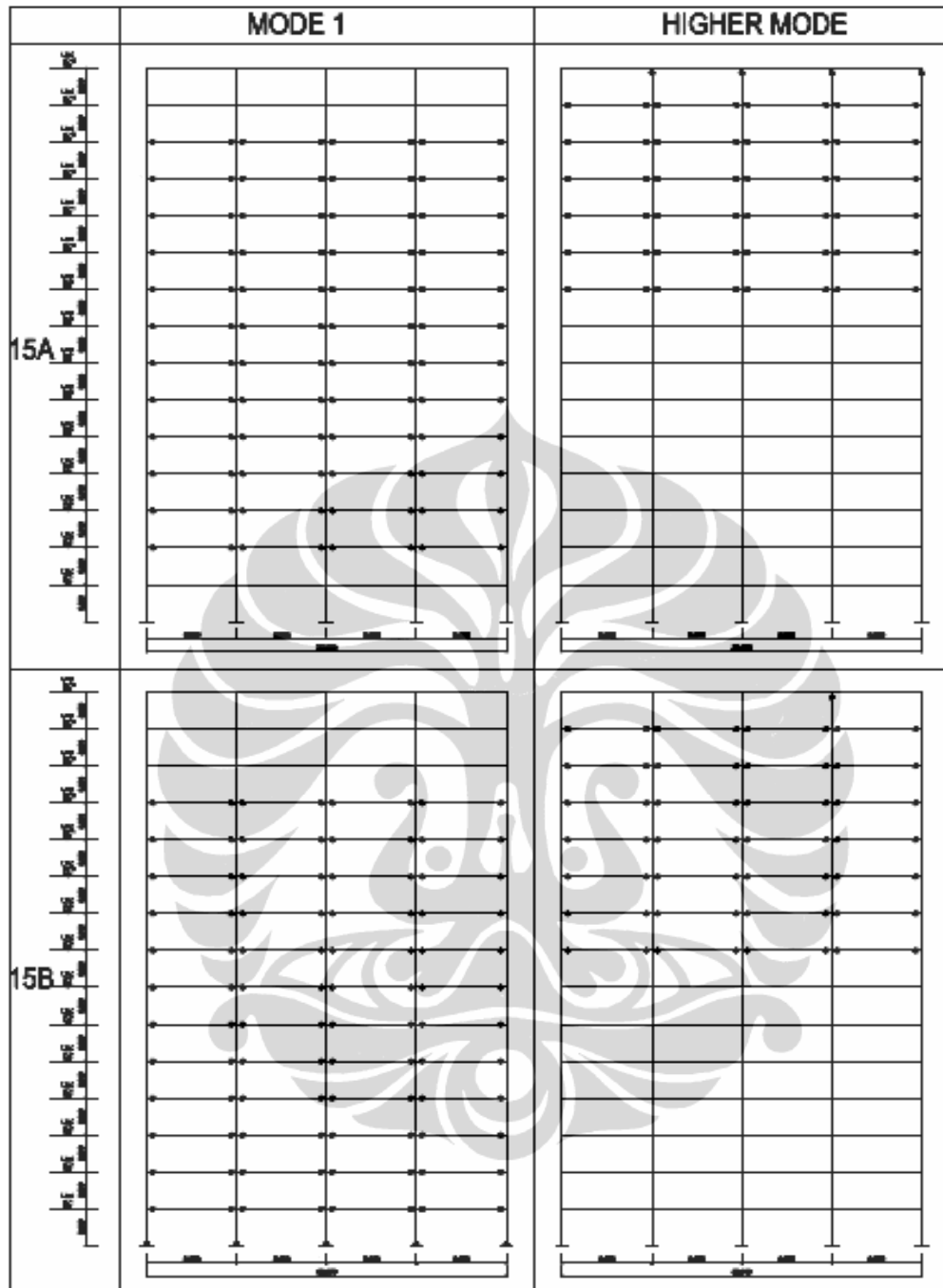
Gambar Pembentukan Sendi Plastis Struktur15

4.27 Re disain Nonlinear Pushover FEMA 356

Disain yang telah dilakukan analisa nonlinear memerlukan beberapa modifikasi untuk mendapatkan nilai 'kolom kuat balok lemah', maka dilakukan pembesaran momen kolom sehingga ratio kolom-balok menjadi lebih besar (angka lihat pada lampiran). Analisa non linear dilakukan kembali sampai tidak terjadi sendi plastis pada kolom saat target displacement awal.



Grafik 34. Ratio Kolom Balok Struktur 15 Nonlinear Pushover FEMA 356



Gambar Pembentukan Sendi Plastis Re-disain Struktur 15 FEMA 356

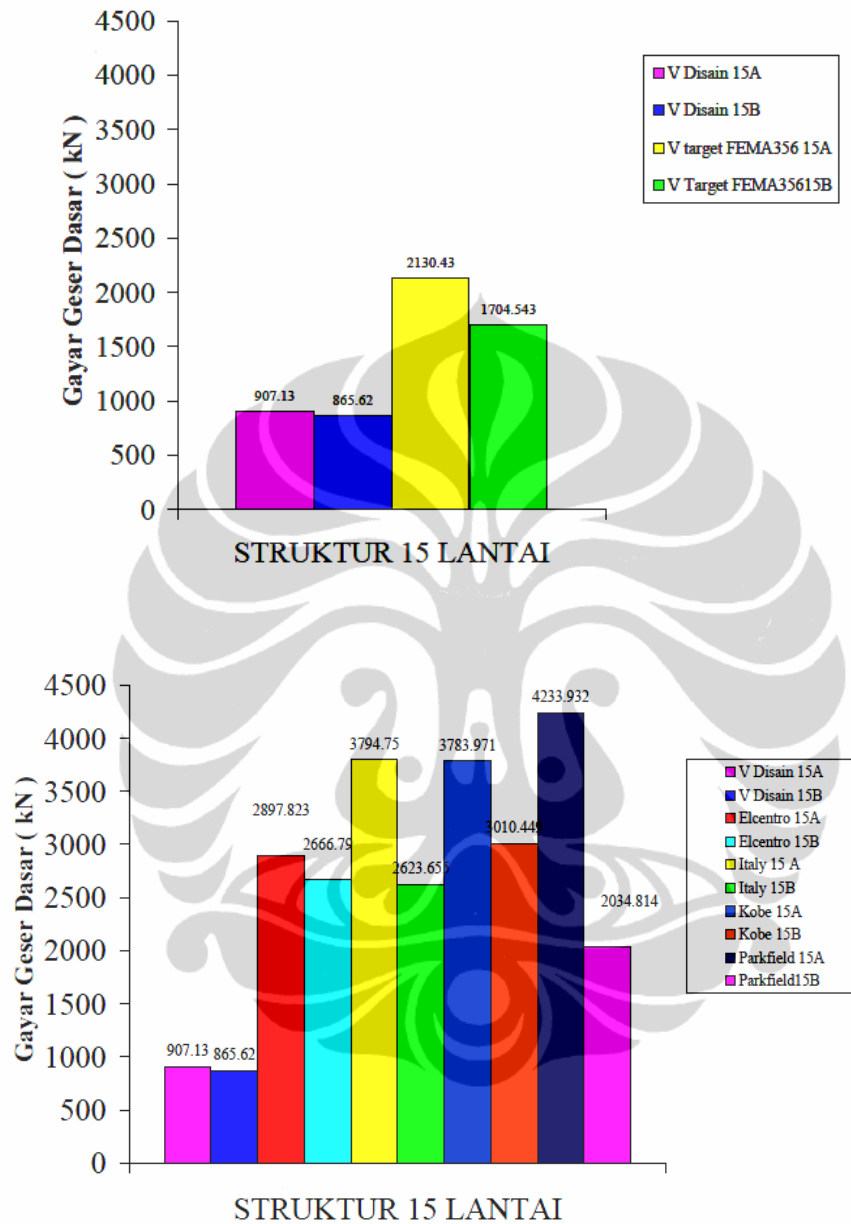
Dari gambar diatas menyebutkan bahwa pembesaran nilai ratio kolom balok mempengaruhi tidak terbentuknya sendi plastis pada kolom sesuai dengan persyaratan dari peraturan yang menyatakan sendi plastis hanya boleh terjadi pada balok, kolom bawah dan kolom atas.

4.28. Evaluasi Ratio 6/5 Momen Kolom- Balok

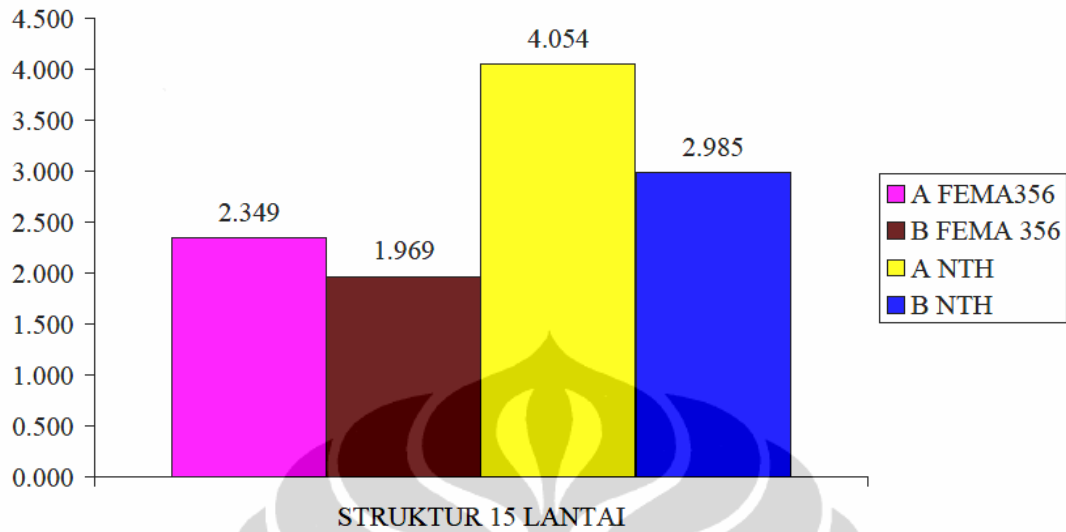
Dari beberapa analisa inelastik gempa kuat di dapat beberapa ratio momen kolom – balok yang terjadi plastifikasi dan dilakukan analisa dengan memperkuat momen kolom sehingga plastifikasi pada kolom tidak terjadi terutama kolom diantara lantai, sehingga dapat di tabelkan berdasarkan ratio momen kolom balok berikut ini :

Joint lantai	Ratio Disain 15A		Sendi Plastis di Kolom struktur 15A		Ratio Re disain FEMA 356		Ratio Disain 15B		Sendi Plastis di Kolom struktur 15B		Ratio Re disain FEMA 356	
	$\frac{M_c}{M_b}$	Tengah	Ya	Tidak	Tepi	Tengah	$\frac{M_c}{M_b}$	Tengah	Ya	Tidak	Tepi	Tengah
15	0.938	0.581			2.719	1.686	1.238	0.769			2.719	1.686
14	1.899	1.25	●		2.784	1.966	1.875	1.25	●		2.719	1.686
13	1.935	1.478	●				2.25	1.657	●			
	2.606	2.077		●			2.567	2.097	●			
11	3.021	2.513		●			3.001	2.513	●			
10	4.236	3.14	●		5.441	3.742	3.832	3.239	●		3.9	3.251
9	5.538	4.043		●			5.064	4.185	●			
8	5.674	4.165		●			5.201	4.244	●			
7	6.782	5.184		●			6.056	5.048	●			
6	8.589	6.824		●			6.928	5.863	●			
5	9.521	7.565		●			7.099	5.863	●			
4	17.933	13.661		●			7.869	6.655	●			
3	27.975	20.508		●			8.554	7.477	●			
2	35.866	24.92		●			8.639	7.388	●			
1	38.735	27.698		●			8.81	7.329	●			

Gaya geser dasar pada masing – masing analisa tersebut diatas dapat kita lihat pada diagram berikut



V NON LINEAR / V DISAIN



Tabel Peningkatan Gaya Geser Non linear/ Disain

Daktalitas hasil pushover FEMA 356 antara struktur 15A dan 15B dapat dilihat dari tabel berikut :

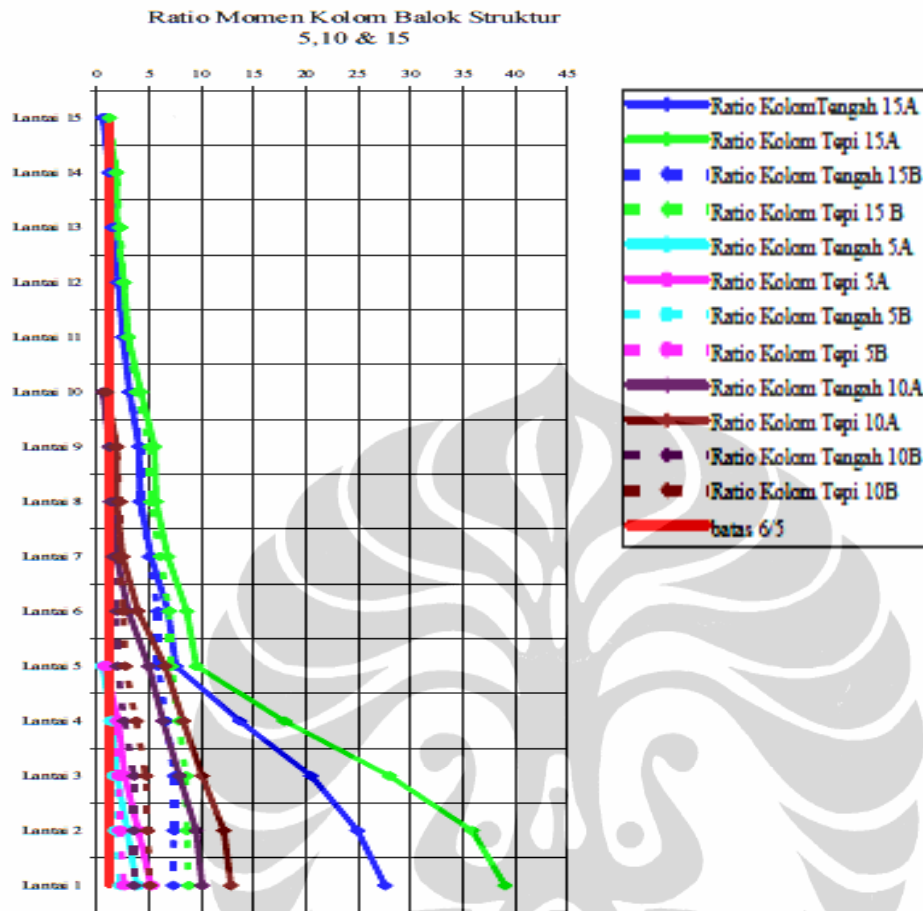
f1		δ (m)	δy (m)	μ	R	keterangan
1.6	Struktur 15A	0.828	0.1928	4.291	6.866	Daktail Parsial
	Struktur 15B	0.961	0.2191	4.386	7.018	Daktail Parsial

Daktalitas berdasarkan *target displacement* maka dapat dilihat dari table berikut :

f1		δt (m)	δy (m)	μ	R	keterangan
1.6	Struktur 15A	0.653	0.1928	3.385	5.416	Daktail Parsial
	Struktur 15B	0.781	0.2191	3.567	5.707	Daktail Parsial

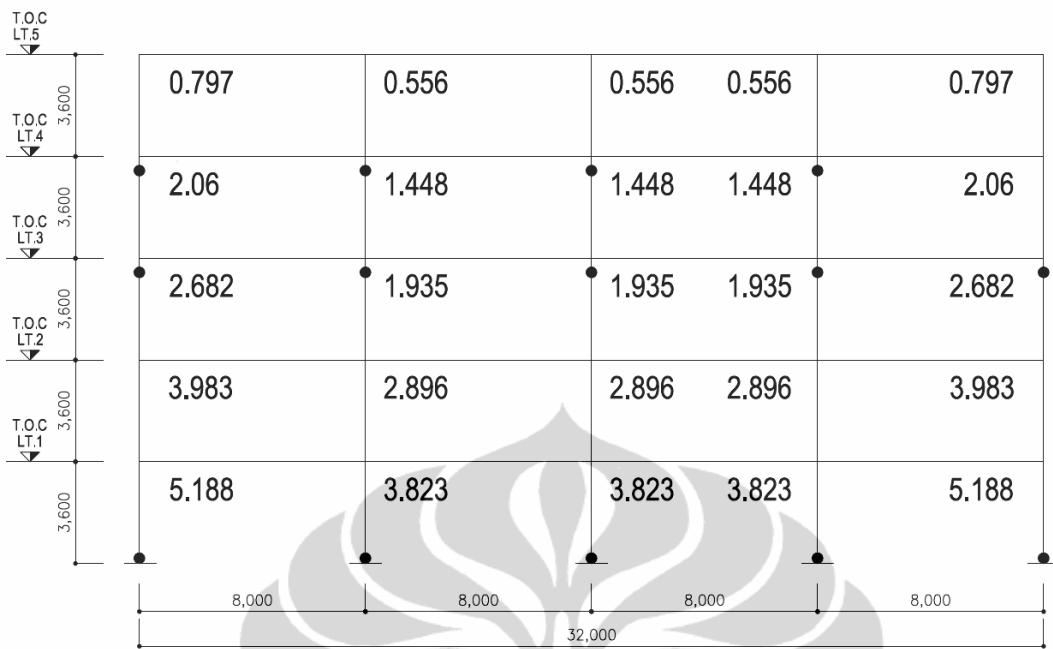
Maka dapat di simpulkan struktur daktail dipengaruhi oleh kekakuan, gaya geser , tinggi struktur bangunan dan propertinya.

4.29 Pembahasan Ratio Disain

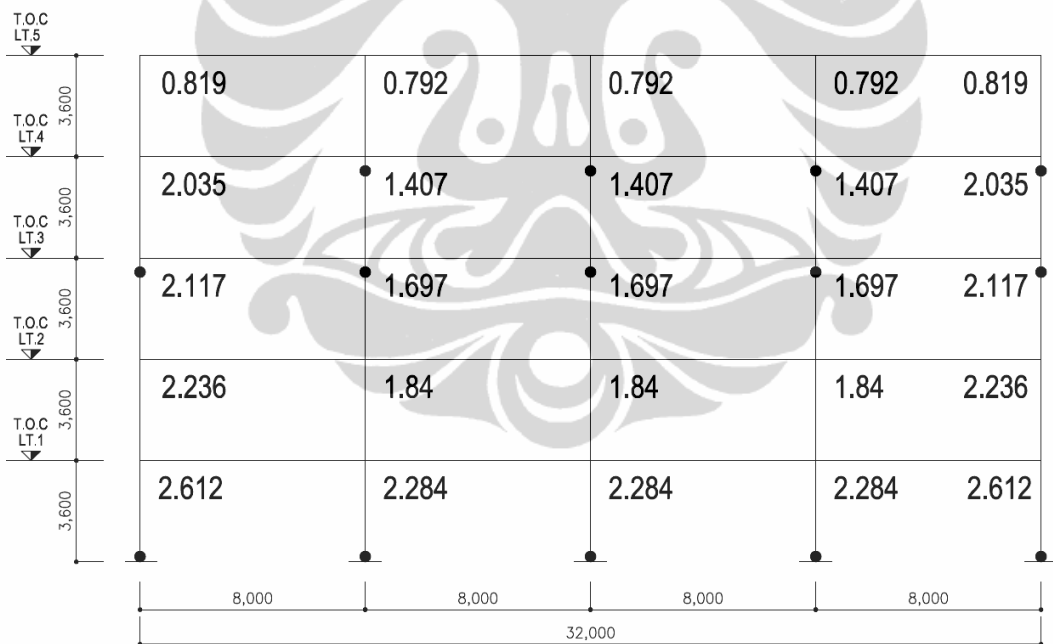


Grafik 35. Ratio Kolom Balok Struktur 5,10 & 15 Disain

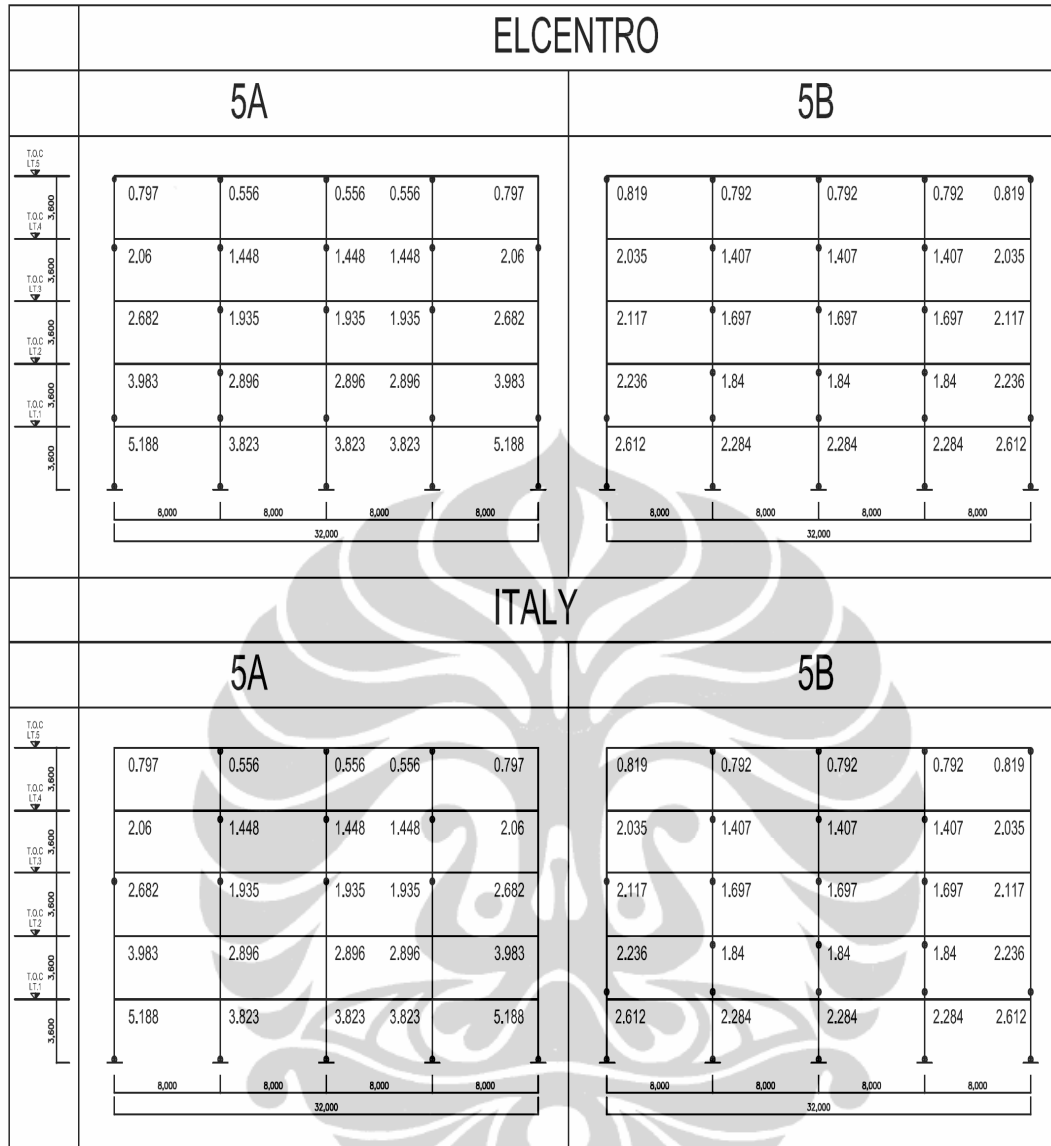
Grafik diatas menyatakan hasil disain untuk faktor kolom balok lebih dari 6/5, yang berarti kapasitas kolom sudah lebih besar dari balok. Tetapi hal tersebut belum memastikan tidak terjadi sendi plastis pada kolom lantai. Oleh karena itu dilakukan analisa nonlinear pushover FEMA 356 dan nonlinear Timehistory. Berikut ini gambaran terjadinya sendi plastis pada kolom, di fokuskan pada kolom dengan rasionya (balok tidak perlu diperlihatkan).

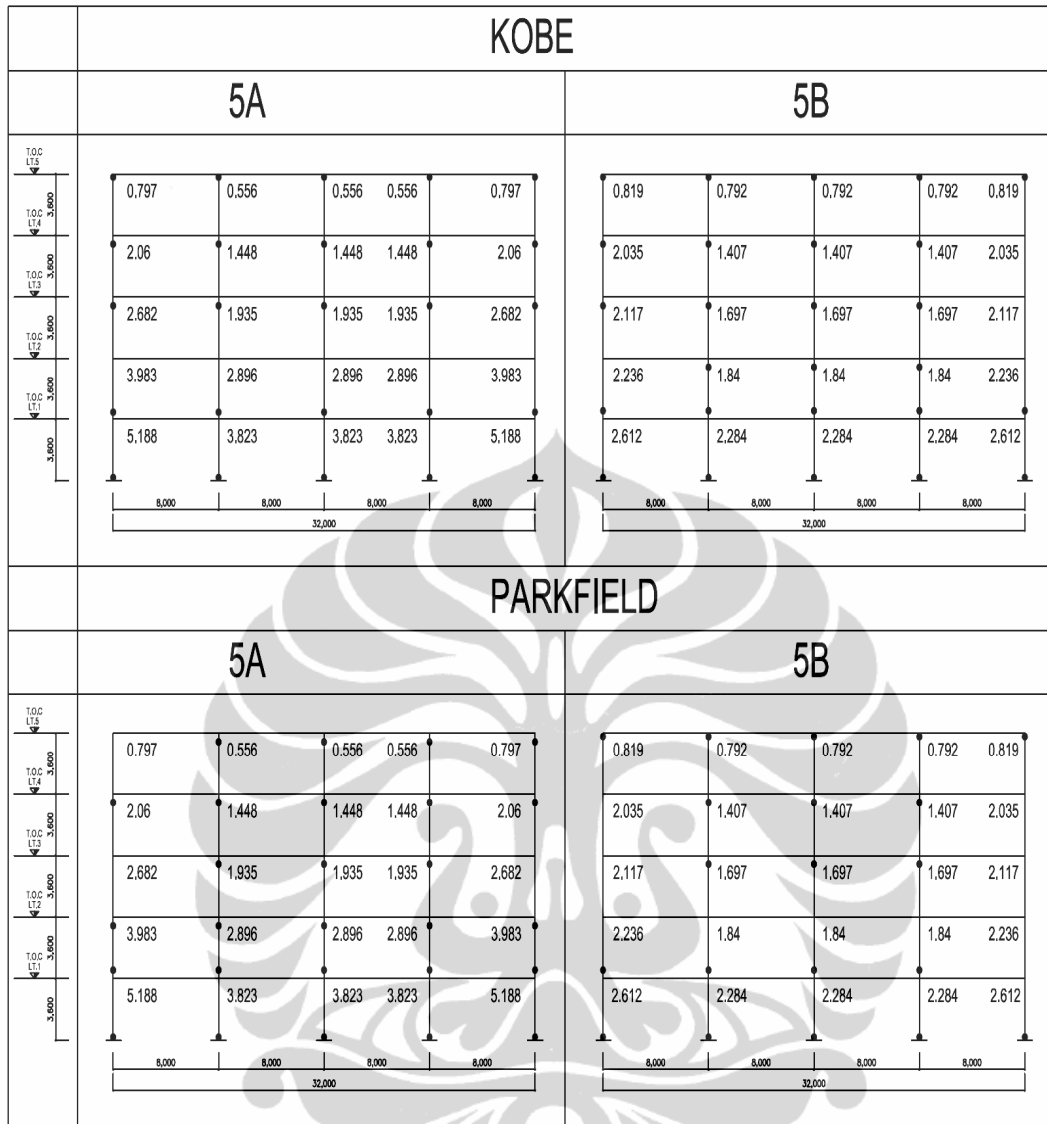


Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 5A Pushover FEMA 356

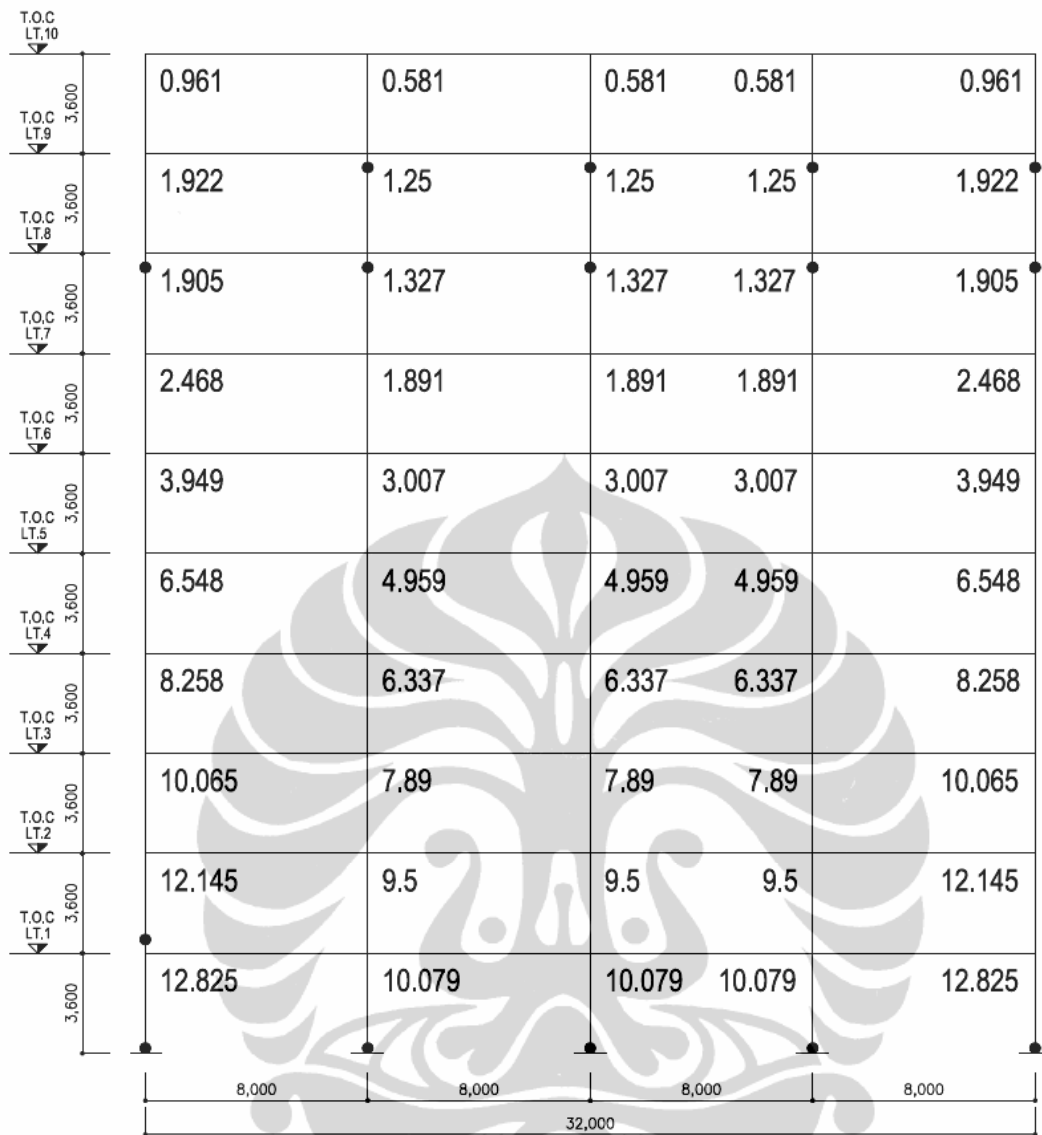


Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 5B Pushover FEMA 356

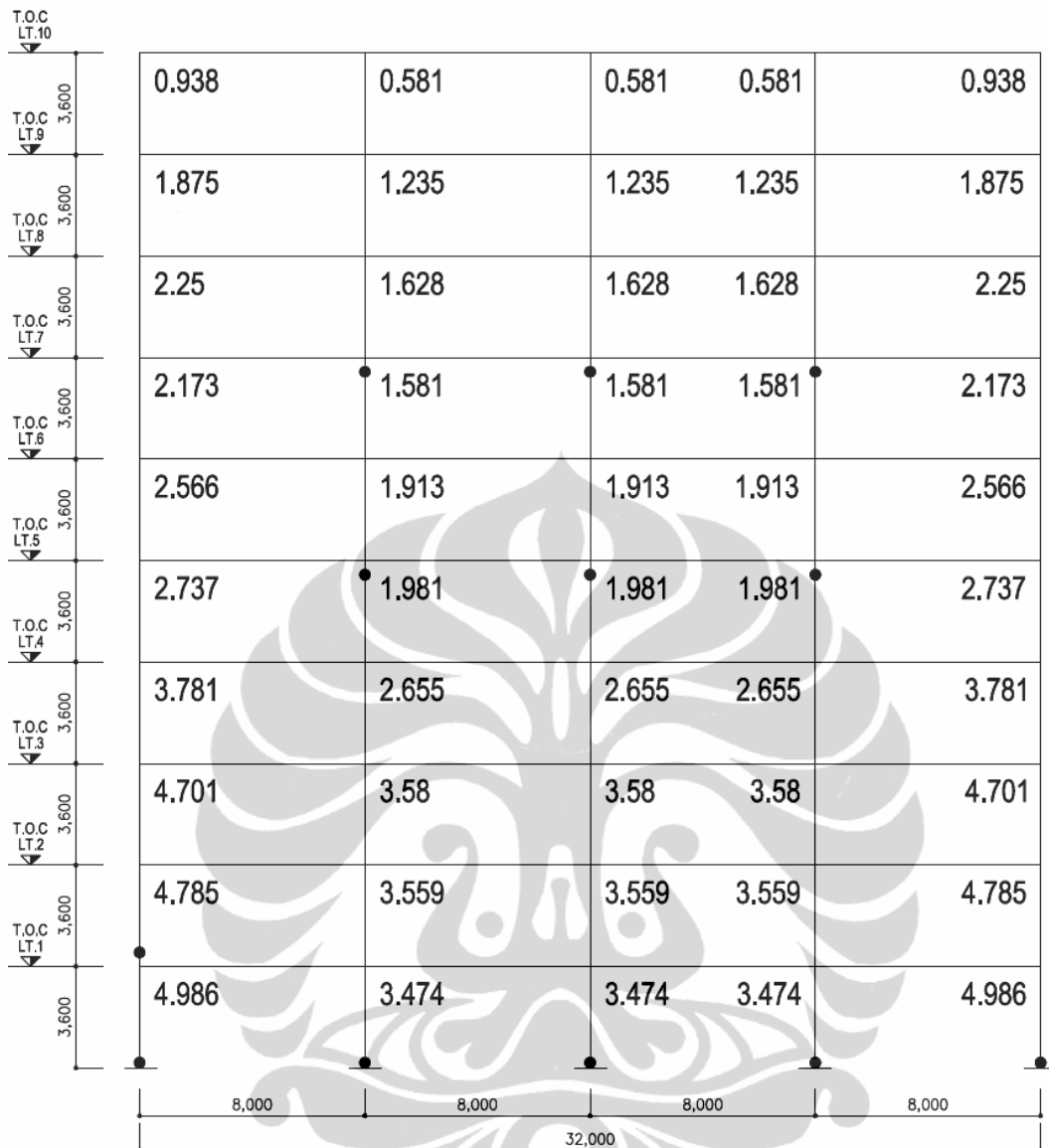




Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio Struktur 5 Nonlinear Timehistory

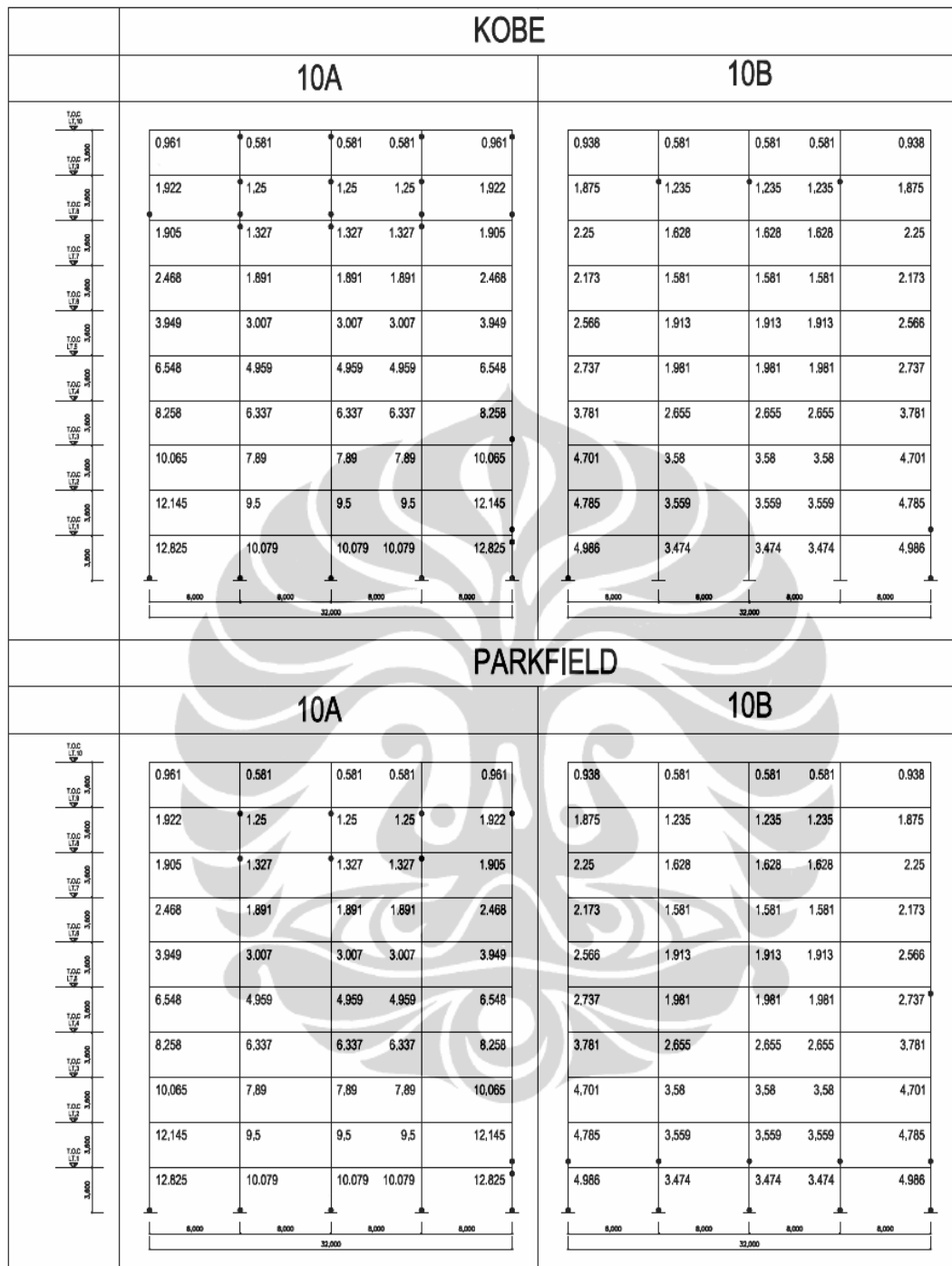


Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 10A Pushover FEMA 356

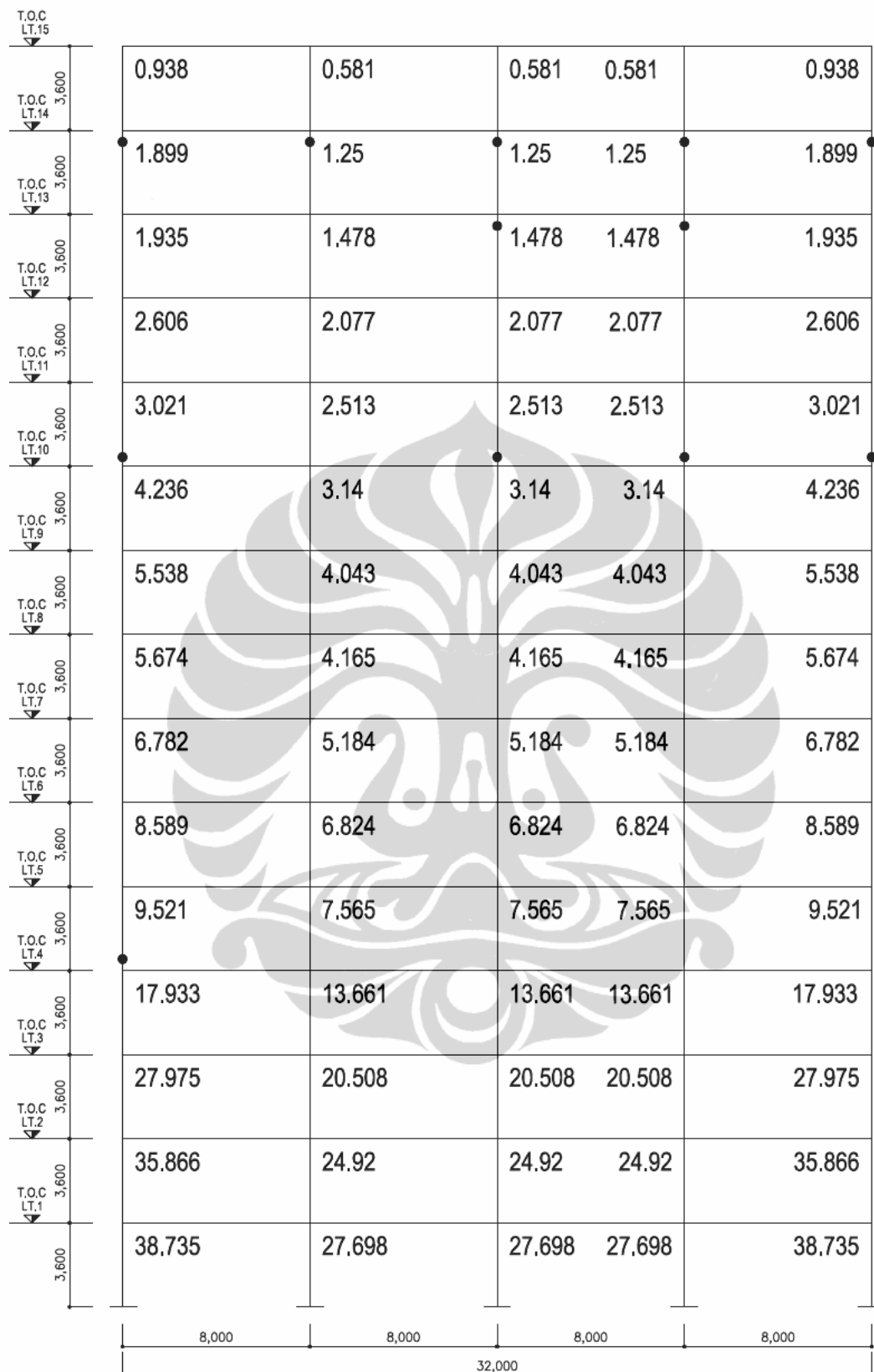


Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 10B Pushover FEMA 356

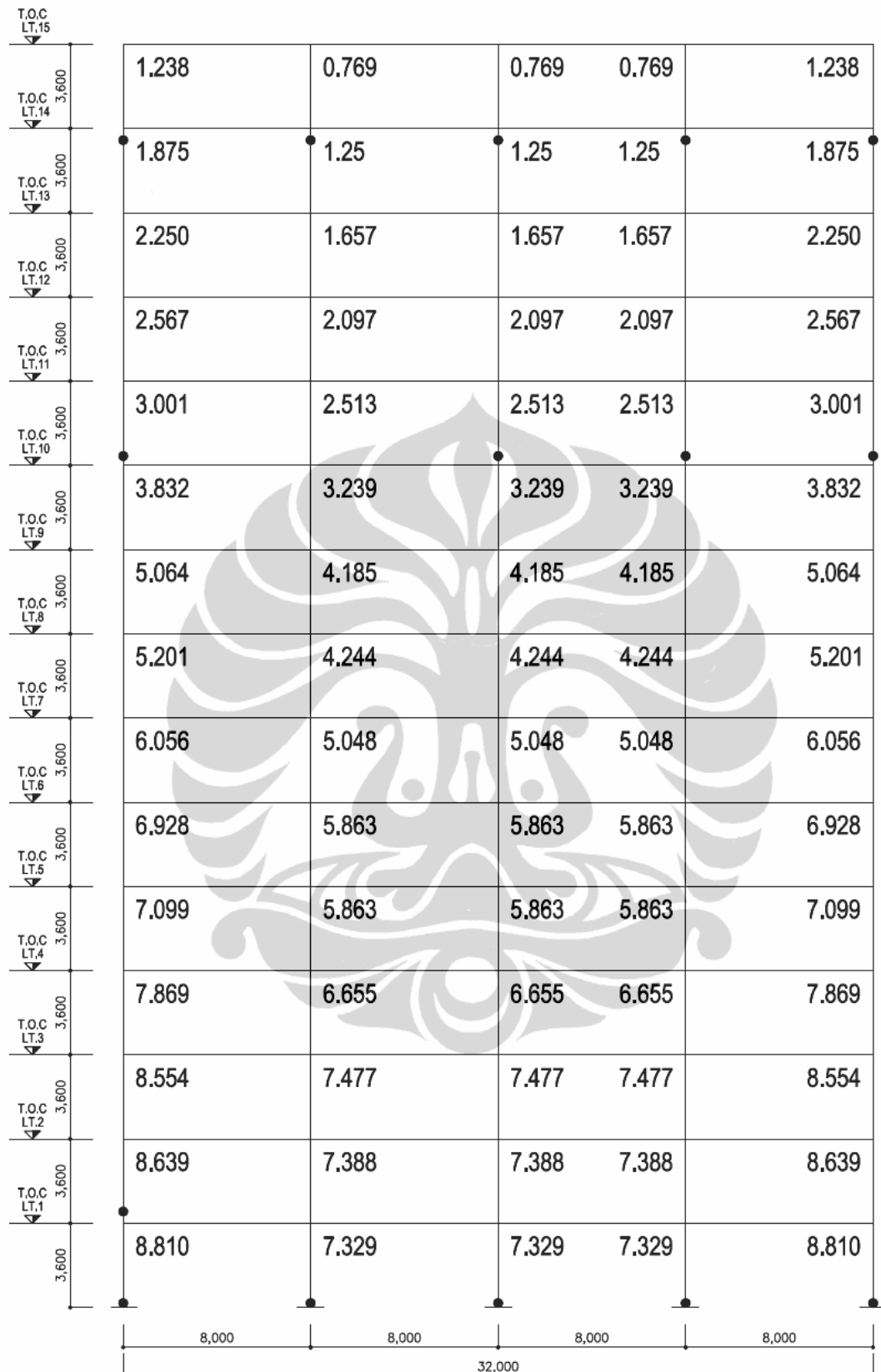
		ELCENTRO									
		10A					10B				
		0.961	0.581	0.581	0.581	0.961	0.938	0.581	0.581	0.581	0.938
		1.922	1.25	1.25	1.25	1.922	1.875	1.235	1.235	1.235	1.875
		1.905	1.327	1.327	1.327	1.905	2.25	1.628	1.628	1.628	2.25
		2.468	1.891	1.891	1.891	2.468	2.173	1.581	1.581	1.581	2.173
		3.949	3.007	3.007	3.007	3.949	2.566	1.913	1.913	1.913	2.566
		6.548	4.959	4.959	4.959	6.548	2.737	1.981	1.981	1.981	2.737
		8.258	6.337	6.337	6.337	8.258	3.781	2.655	2.655	2.655	3.781
		10.065	7.89	7.89	7.89	10.065	4.701	3.58	3.58	3.58	4.701
		12.145	9.5	9.5	9.5	12.145	4.785	3.559	3.559	3.559	4.785
		12.825	10.079	10.079	10.079	12.825	4.986	3.474	3.474	3.474	4.986
		ITALY									
		10A					10B				
		0.961	0.581	0.581	0.581	0.961	0.938	0.581	0.581	0.581	0.938
		1.922	1.25	1.25	1.25	1.922	1.875	1.235	1.235	1.235	1.875
		1.905	1.327	1.327	1.327	1.905	2.25	1.628	1.628	1.628	2.25
		2.468	1.891	1.891	1.891	2.468	2.173	1.581	1.581	1.581	2.173
		3.949	3.007	3.007	3.007	3.949	2.566	1.913	1.913	1.913	2.566
		6.548	4.959	4.959	4.959	6.548	2.737	1.981	1.981	1.981	2.737
		8.258	6.337	6.337	6.337	8.258	3.781	2.655	2.655	2.655	3.781
		10.065	7.89	7.89	7.89	10.065	4.701	3.58	3.58	3.58	4.701
		12.145	9.5	9.5	9.5	12.145	4.785	3.559	3.559	3.559	4.785
		12.825	10.079	10.079	10.079	12.825	4.986	3.474	3.474	3.474	4.986



Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio Sruktur 10 Nonlinear Timehistory



Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 15A Pushover FEMA 356



Posisi Sendi Plastis Kolom Ratio 15B Pushover FEMA 356