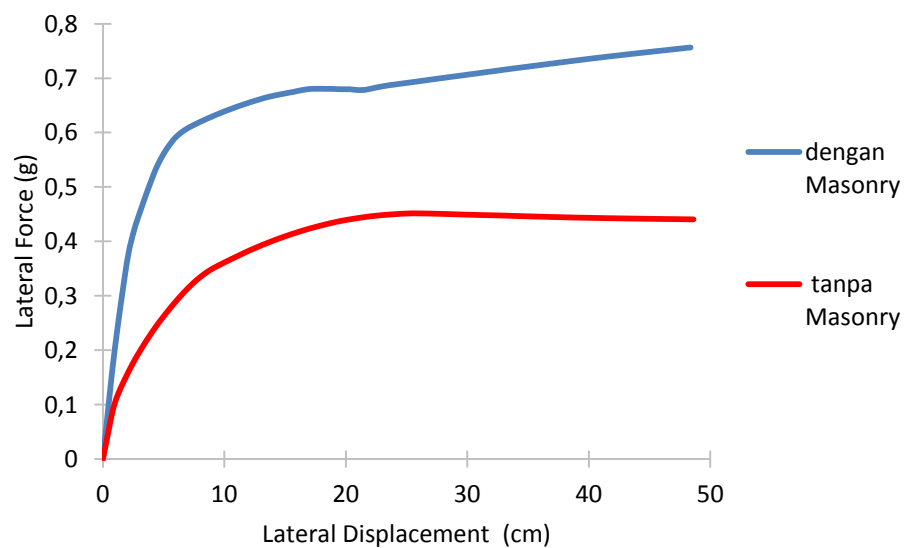


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kurva Kapasitas

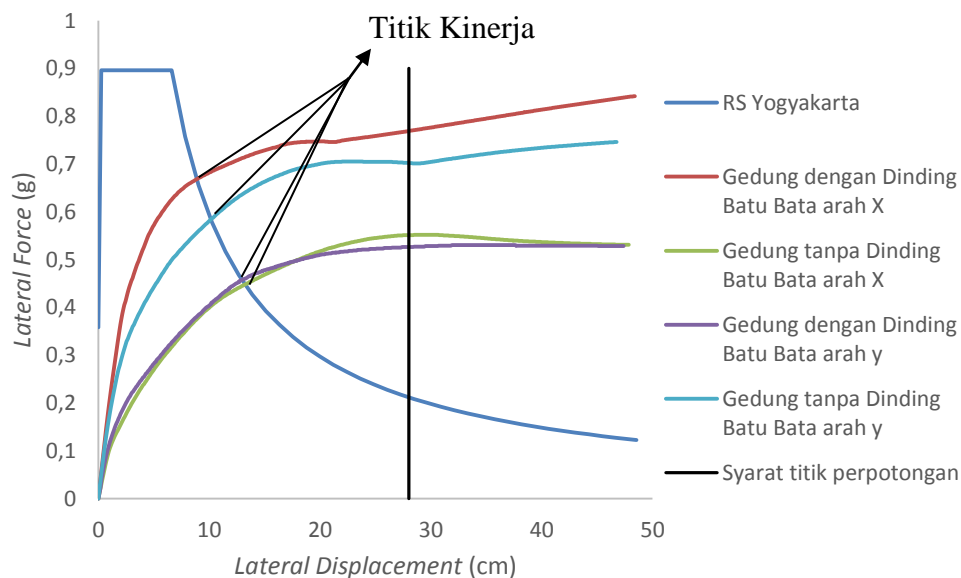
Kurva kapasitas diperoleh dari hasil analisis *pushover* yaitu dengan memberikan beban lateral statik tertentu pada struktur bangunan, yang kemudian ditingkatkan secara bertahap hingga mencapai suatu batas tertentu atau struktur mengalami runtuh. Kurva kapasitas menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan deformasi dari masing-masing komponen struktur bangunan. Hasil analisis *pushover* yang didapatkan berupa kurva kapasitas (*capacity curve*) yang diartikan sebagai hubungan antar perpindahan (*displacement*) titik acuan pada atap dengan gaya geser dasar. Pada proses merubah kurva kapasitas ke format ADRS menghitung nilai faktor partisipasi massa,  $PF1$ , modal koefisien massa, dan  $\alpha 1$ . Kemudian setiap point pada kurva kapasitas,  $V$  dan  $\Delta$  atap dikonversi ke point  $S_a$  dan  $S_d$ , maka akan didapatkan sektrum kapasitas. Grafik *Capacity Curve* gedung tanpa *Masonry*. Grafik perbandingan *Capacity Curve* gedung perkuliahan dengan *Masonry* dan tanpa *Masonry* terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik *Capacity Curve* gedung perkuliahan di Yogyakarta

## 4.2 Performance Point

Performance Point (titik kinerja) merupakan titik perpotongan antara kurva kapasitas dan response spektrum. Dimana kapasitas struktur mampu menahan beban lateral akibat gempa (*demand*) yang diberikan, dimana dapat diketahui tingkat kerusakan struktur berdasarkan perpindahan lateralnya (*drift*). Penelitian ini dapat dilihat hasil dari perbandingan kedua gedung berdasarkan gambar grafik kurva kapasitas pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1.



Gambar 4. 2 Grafik *Performance Point* gedung perkuliahan di Yogyakarta

Tabel 4. 1 Titik kinerja

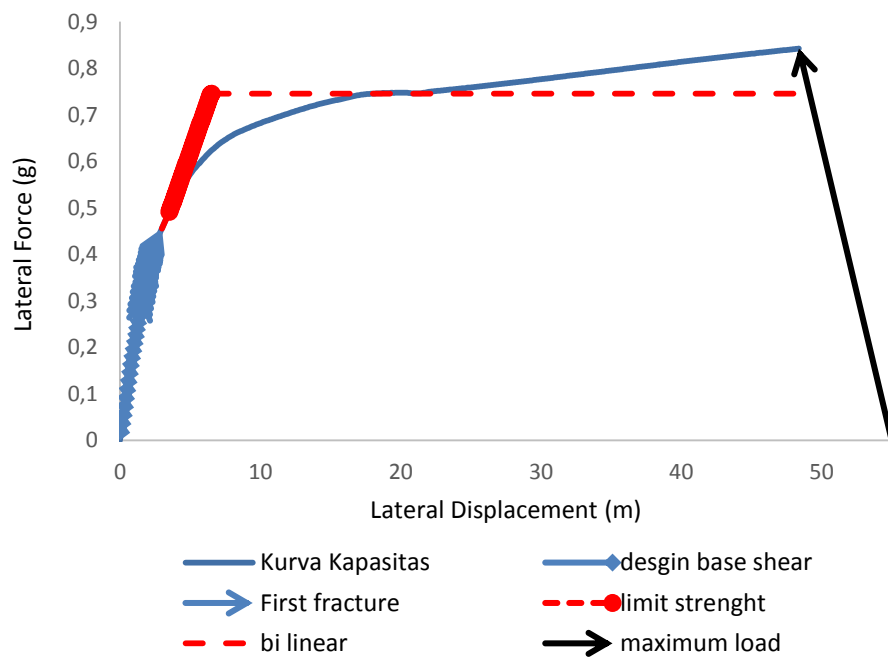
Gedung yang ditinjau	Batas Titik Kinerja	Titik Kinerja
Gedung dengan Dinding Batu Bata arah X	28	9,45
Gedung tanpa Dinding Batu Bata arah X	28	9,95
Gedung dengan Dinding Batu Bata arah Y	28	13,5
Gedung tanpa Dinding Batu Bata arah Y	28	13,58

Menurut ATC-40, level kinerja pada desain bangunan baru yang direkomendasikan adalah *live safety level*, saat simpangan total maksimum 0,02. Tingginya mutu gedung yang digunakan menjadikan level kinerja pada gedung penelitian ini ditingkatkan menjadi *immediate occupancy*, saat simpangan total maksimum 0,01 dengan tinggi gedung 2800 cm didapatkan tingkat kinerja

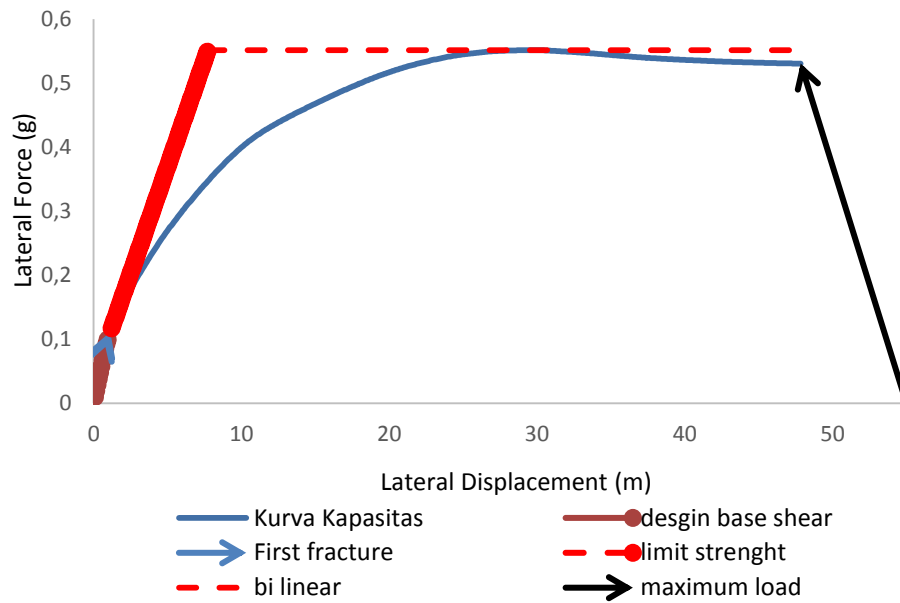
maksimum dengan level *immediate occupancy* sebesar 28 cm. Tabel 4.1 menjelaskan bahwa titik kinerja antara kurva *pushover* dengan *respon spektrum* pada gedung *Masonry* dan tanpa *Masonry* dengan arah beban lateral statik ke arah X dan Y tidak ada yang melewati syarat tingkat kinerja maksimum sebesar 28 cm sehingga gedung pada penelitian ini tidak ada kerusakan yang berarti pada komponen *structural*. Kekuatan dan kekakuan gedung hamper sama dengan kondisi sebelum dilanda gempa.

### 4.3 Shear Redudancy Factor

Perhitungan faktor modifikasi respons berdasarkan beban lateral, sama dengan dasar geser,  $R_v$ , pada dasarnya hasil *pushover* yang diperoleh dengan model elemen terbatas dan mengikuti desegregasi faktor kelebihan ke dalam tiga komponennya yang diusulkan di ATC 19 (ATC 1995). Grafik *Redudancy factor* gedung tanpa *Masonry* dan dengan *Masonry* terdapat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Grafik *Redudancy Factor* gedung tanpa *Masonry*



Gambar 4. 4 Grafik *Redudancy Factor* gedung dengan *Masonry*

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat disimpulkan rangka beton bertulang pemikul khusus dengan syarat koefisien modifikasi respon (R) untuk rangka beton bertulang pemikul momen khusus yaitu 8 dan rangka beton bertulang pemikul momen menengah yaitu 5. Hasil pada uji coba ini didapat dari kedua gedung uji coba dengan *Masonry* 5,3 dan tanpa *Masonry* 7,7. Gedung dengan dua model ini dapat disimpulkan bahwa gedung berada diantara rangka beton bertulang pemikul momen khusus dan menengah namun condong kearah khusus.

#### 4.4 *Base Shear – Top Drift*

*Base shear – top drift* merupakan hubungan antara nilai perpindahan lantai paling atas atau atap gedung dengan gaya geser dasar yang diakibatkan beban gempa yang diberikan terhadap tiap modelnya. Pada analisis ini gempa yang digunakan untuk membebani gedung perkuliahan yang telah diberi *Masonry* maupun belum diberi *Masonry* yaitu gempa Kobe, *Elcentro*, dan *Parkfield* dimana hasil dari aplikasi STERA\_3D tertera grafik *base shear – top drift* terdapat pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10.

Tabel 4. 2 Nilai perpindahan maximum gedung tanpa *Masonry*

Gempa	Arah -X		Arah X	
	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)
<i>Elcentro</i>	-20960	-5.1	22810	5.981
<i>Kobe</i>	-23260	-6.047	19180	4.161
<i>Parkfield</i>	-21670	-5.795	21640	5.925

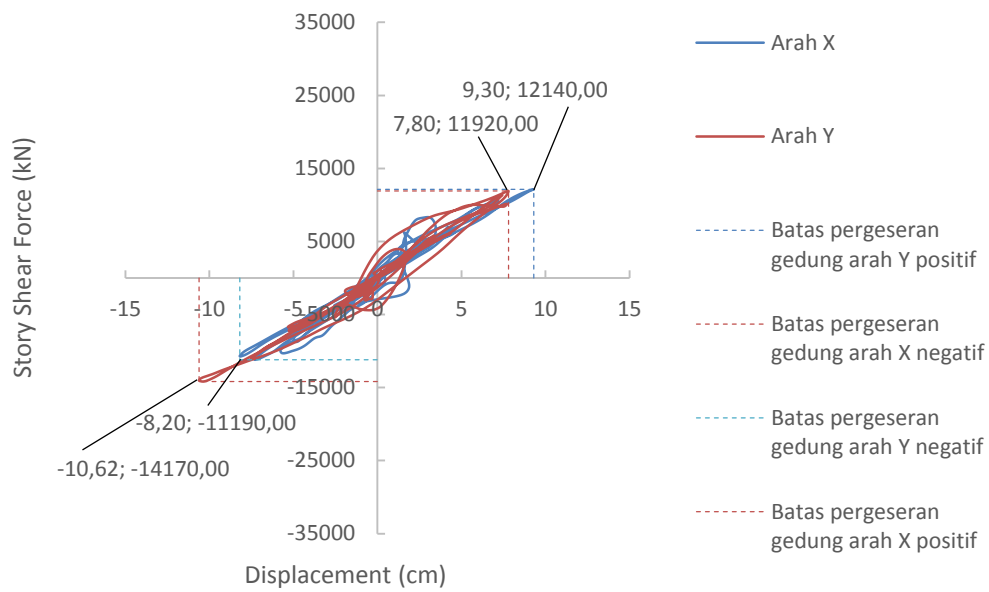
Gempa	Arah -Y		Arah Y	
	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)
<i>Elcentro</i>	-20590	-8.851	18370	6.506
<i>Kobe</i>	-19540	-8.037	20420	8.792
<i>Parkfield</i>	-19140	-8.07	19070	8.153

Tabel 4. 3 Nilai perpindahan maximum gedung *Masonry*

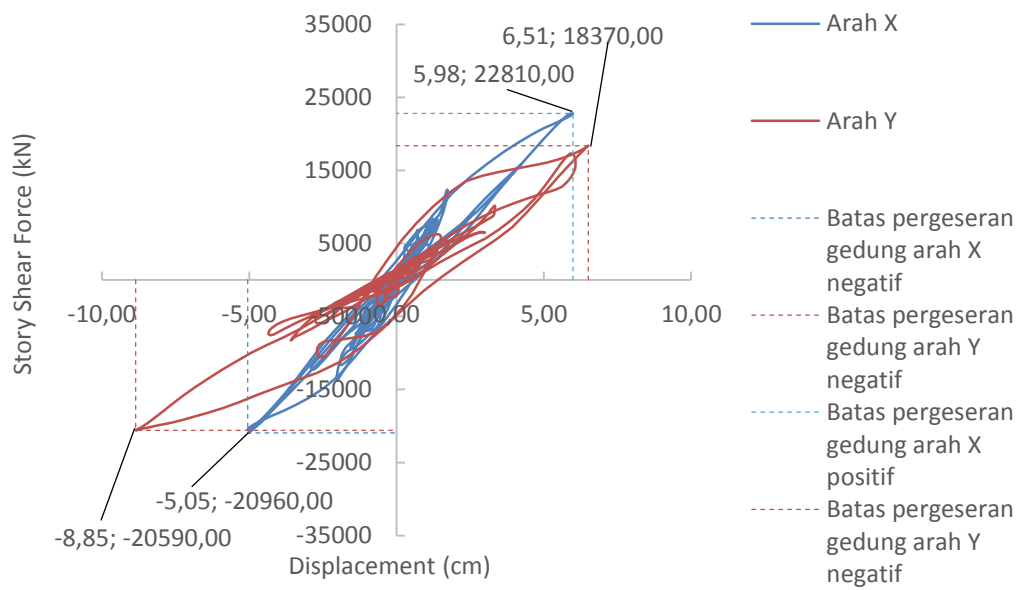
Gempa	Arah -X		Arah X	
	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)
<i>Elcentro</i>	-11190	-8.195	12140	9.304
<i>Kobe</i>	-12260	-11.14	12620	9.459
<i>Parkfield</i>	-14220	-11.37	14300	11.94

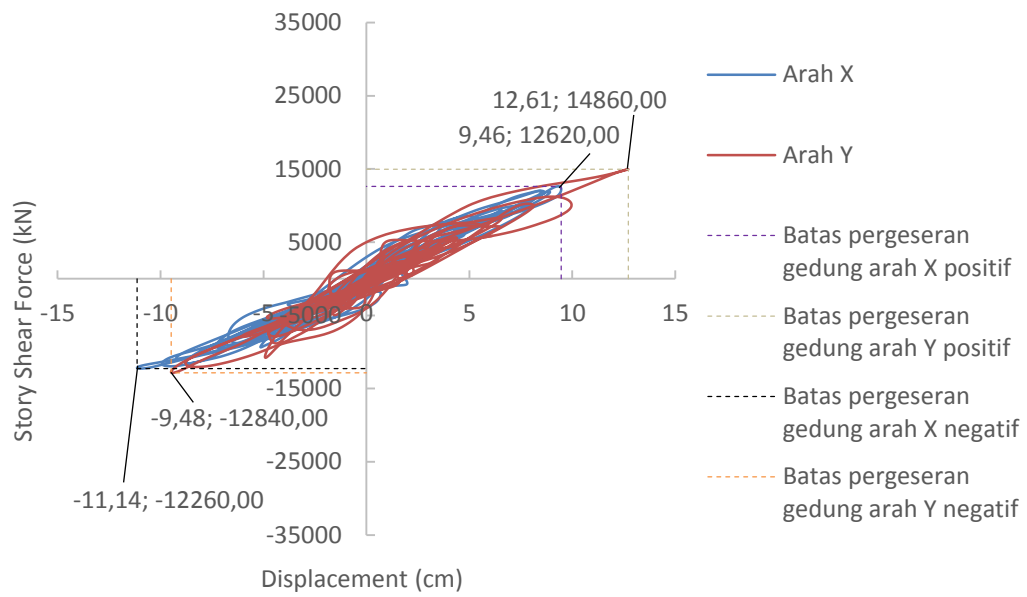
Gempa	Arah -Y		Arah Y	
	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)	Gaya Geser Lantai (Kn)	Perpindahan (cm)
<i>Elcentro</i>	-14170	-10.62	11920	7.802
<i>Kobe</i>	-12840	-9.484	14960	12.72
<i>Parkfield</i>	-13210	-9.032	11690	7.957



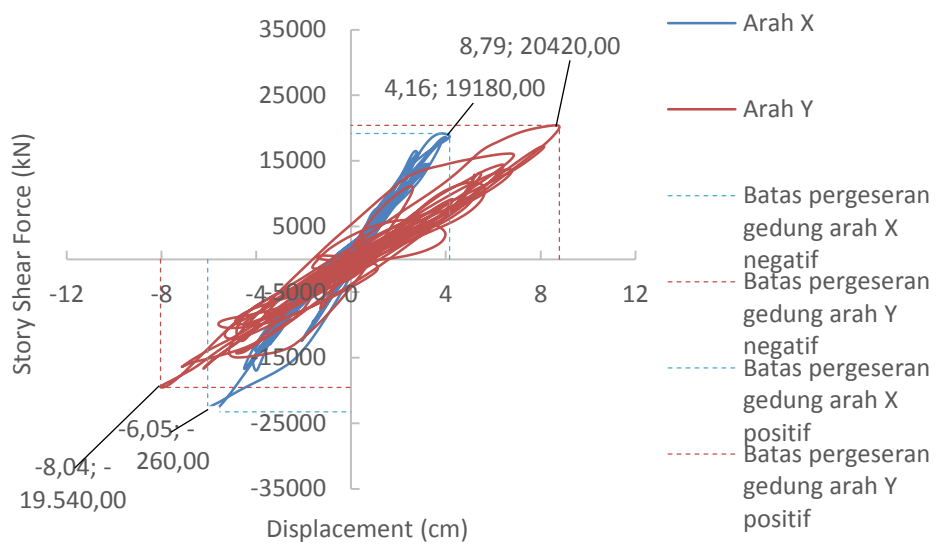
Gambar 4. 5 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung tanpa *Masonry* serta beban gempa *Elcentro*



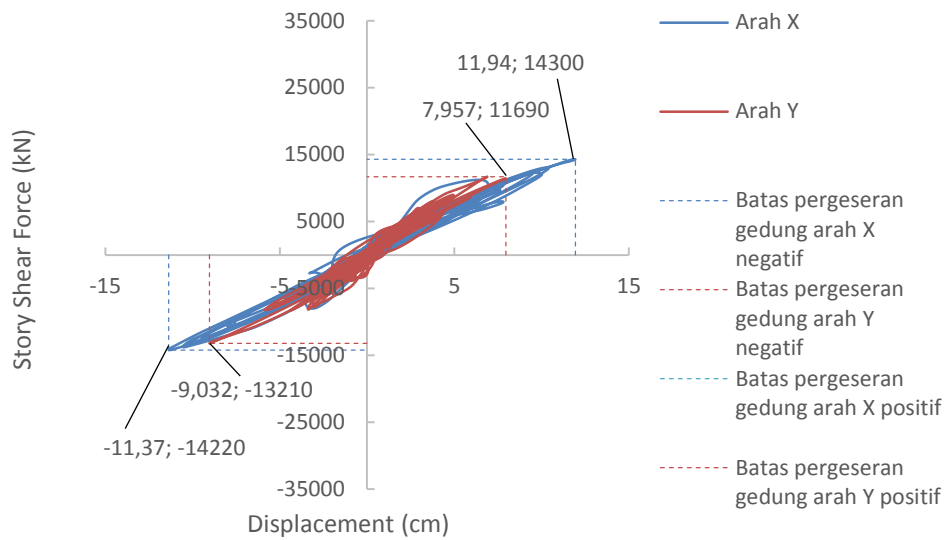
Gambar 4. 6 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung dengan *Masonry* serta beban gempa *Elcentro*



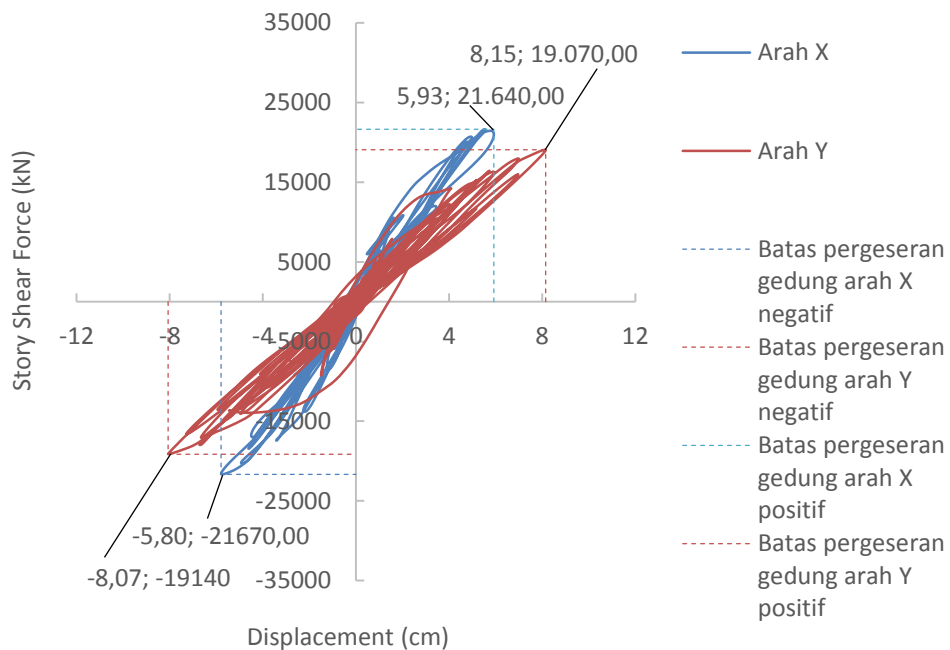
Gambar 4. 7 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung tanpa *Masonry* serta beban gempa *Kobe*



Gambar 4. 8 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung dengan *Masonry* serta beban gempa *Kobe*



Gambar 4. 9 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung dengan *Masonry* serta beban gempa *Parkfield*



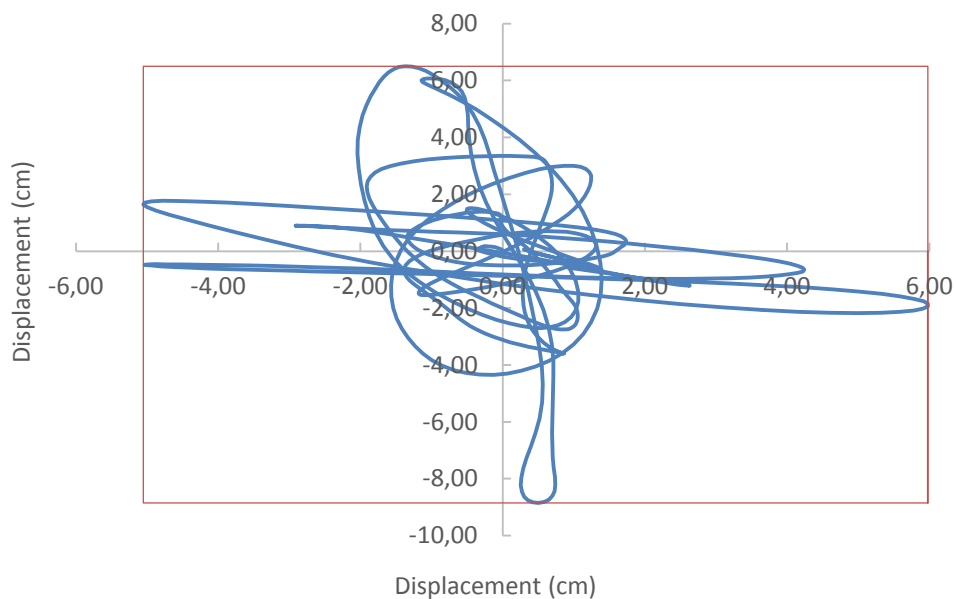
Gambar 4. 10 Grafik *Base Shear – Top Drift* gedung dengan *Masonry* serta beban gempa *Parkfield*

Pada gambar grafik *base shear – top drift* dapat diketahui hubungan antara nilai perpindahan lantai paling atas atau atap gedung dengan gaya geser dasar yang diakibatkan beban gempa yang diberikan terhadap tiap modelnya yang tertulis pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

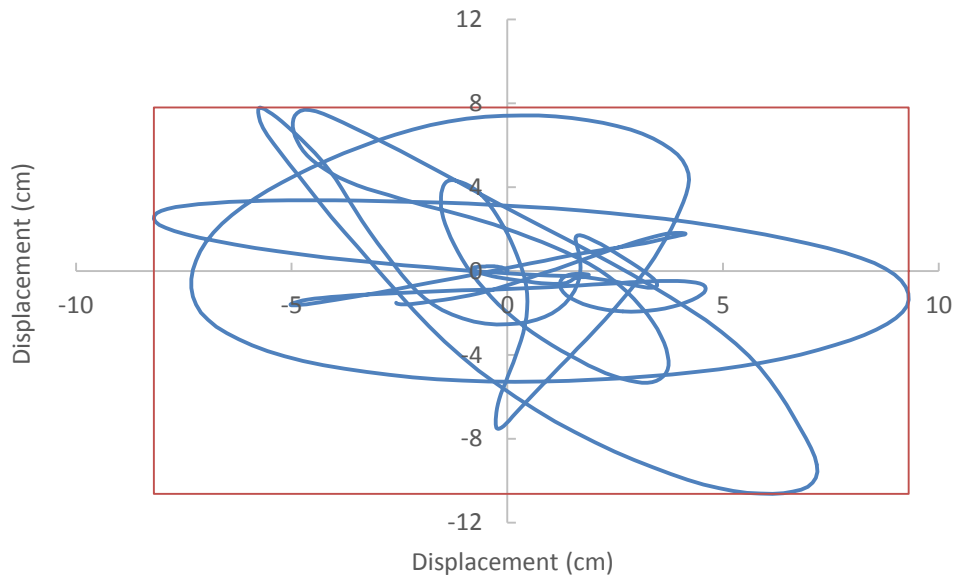


#### 4.5 Orbit of Top Displacement

*Orbit of top displacement* merupakan hubungan antara nilai perpindahan lantai paling atas sumbu X dan sumbu Y yang diakibatkan beban gempa yang diberikan terhadap tiap modelnya. Grafik ini menunjukkan batas-batas pergeseran yang dialami gedung selama gempa sehingga pembangunan gedung yang akan didirikan disebelah gedung ini dapat mengetahui batasan jarak agar terhindar dari tumbukan saat gedung mengalami pergeseran oleh beban gempa. Pada analisis ini gempa yang digunakan untuk membebani gedung perkuliahan yang telah diberi *Masonry* maupun belum diberi *Masonry* adalah gempa Kobe, *Elcentro*, dan *Parkfield* dengan hasil perpindahan maksimal terdapat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 serta grafik *orbit of top displacement* gedung dengan *Masonry* dan tanpa *Masonry* terdapat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 serta terdapat grafik *orbit of top displacement* lain pada Lampiran A.



Gambar 4. 11 Grafik *Orbit of Top Displacement* gedung dengan *Masonry* dengan beban gempa *Elcentro*



Gambar 4. 12 Grafik *Obit of Top Displacement* gedung tanpa *Masonry* dengan beban gempa *Elcentro*

Tabel 4. 4 Perpindahan maksimum gedung dengan *Masonry*

Gempa	Elcentro		Kobe		Parkfield	
	dx(cm)	dy(cm)	dx(cm)	dy(cm)	dx(cm)	dy(cm)
Arah -	-5,1	-8,9	-6,047	-8	-6	-8,07
Arah +	6,0	6,5	4,161	9	6	8,153

Tabel 4. 5 Perpindahan maksimum gedung tanpa *Masonry*

Gempa	Elcentro		Kobe		Parkfield	
	dx(cm)	dy(cm)	dx(cm)	dy(cm)	dx(cm)	dy(cm)
Arah -	-8,2	-10,6	-11,14	-9	-11	-9,032
Arah +	9,3	7,8	9,459	13	12	7,957

Dari grafik *obit of top displacement* dengan beban gempa *elcentro* pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 dapat dilihat perbedaan perpindahan antara kedua gedung pengujian ini yang cukup signifikan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

#### 4.6 Percepatan Maximum Gedung Perkuliahan di Yogyakarta

Percepatan maximum merupakan percepatan struktur yang dipengaruhi rasio antara respon yang terjadi dari satu lantai dengan lantai dibawahnya. Jika rasio

antar lantai yang dimiliki kecil maka nilai percepatan yang dimiliki struktur semakin besar sebelum struktur mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi dapat disimpulkan dengan garis Perpindahan Arah X dan Y tidak melebihi syarat pergeseran yang telah diperhitungkan. Hasil percepatan pada setiap model Gedung dengan *Masonry* maupun tanpa *Masonry* dengan gempa *Kobe*, *Elcentro*, dan *Parkfield* terdapat pada Tabel 4.6, Tabel 4.7, dan Tabel 4.8 serta Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung terdapat pada Gambar 4.11, Gambar 4.12, dan Gambar 4.13.

Tabel 4. 6 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung tanpa batu bata Beban Gempa *Elcentro*

F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	9,306	10,62	6	0,403	0,43
6	8,903	10,19	6	0,71	0,78
5	8,193	9,41	6	1,181	1,26
4	7,012	8,15	6	1,56	1,748
3	5,452	6,402	6	1,879	2,13
2	3,573	4,272	6	1,959	2,266
1	1,614	2,006	6	1,614	2,006
0	0	0	6	0	0

Tabel 4. 7 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung dengan batu bata Beban Gempa *Elcentro*

F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	5,988	8,851	6	0,215	0,24
6	5,773	8,611	6	0,363	0,489
5	5,41	8,122	6	0,563	0,91
4	4,847	7,212	6	0,827	1,44
3	4,02	5,772	6	1,122	1,966
2	2,898	3,806	6	1,358	2,18
1	1,54	1,626	6	1,54	1,626
0	0	0	6	0	0

Tabel 4. 8 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung tanpa batu bata Beban Gempa *Kobe*

F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	11,14	12,72	6	0,57	0,57
6	10,57	12,15	6	1,01	0,99
5	9,56	11,16	6	1,538	1,54
4	8,022	9,62	6	1,937	2,111
3	6,085	7,509	6	2,185	2,523
2	3,9	4,986	6	2,146	2,648
1	1,754	2,338	6	1,754	2,338
0	0	0	6	0	0

Tabel 4. 9 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung dengan batu bata Beban Gempa *Kobe*

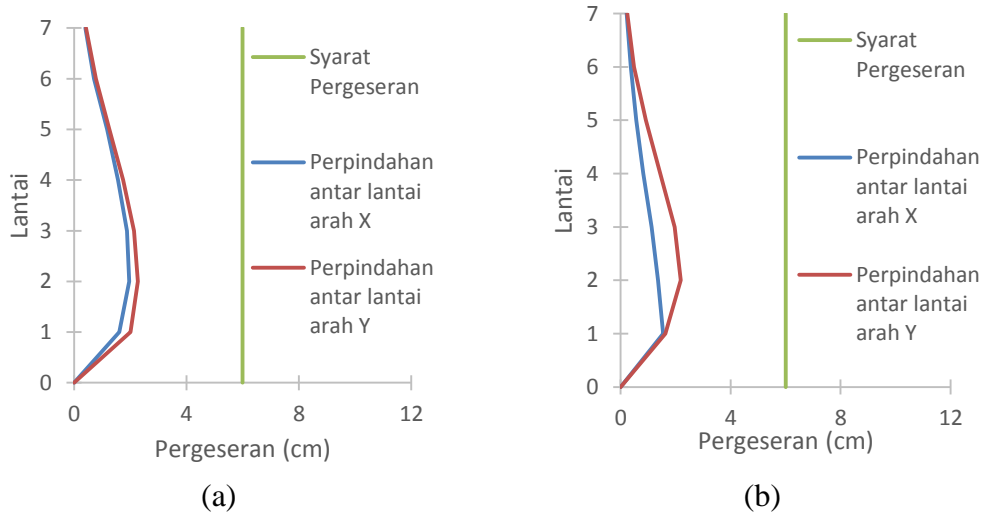
F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	6,05	8,794	6	0,208	0,266
6	5,842	8,528	6	0,344	0,512
5	5,498	8,016	6	0,548	0,897
4	4,95	7,119	6	0,798	1,39
3	4,152	5,729	6	1,114	1,89
2	3,038	3,839	6	1,383	2,134
1	1,655	1,705	6	1,655	1,705
0	0	0	6	0	0

Tabel 4. 10 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung tanpa batu bata Beban Gempa *Parkfield*

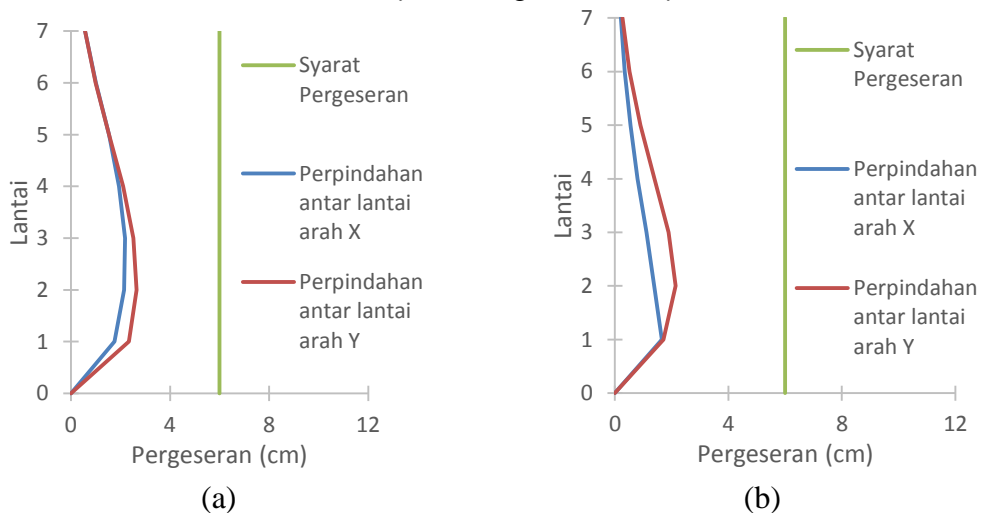
F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	11,94	9,037	6	0,53	0,32
6	11,41	8,717	6	0,99	0,643
5	10,42	8,074	6	1,556	1,057
4	8,864	7,017	6	2,034	1,481
3	6,83	5,536	6	2,4	1,835
2	4,43	3,701	6	2,439	1,976
1	1,991	1,725	6	1,991	1,725
0	0	0	6	0	0

Tabel 4. 11 Nilai percepatan maksimum setiap lantai gedung dengan batu bata  
Beban Gempa *Parkfield*

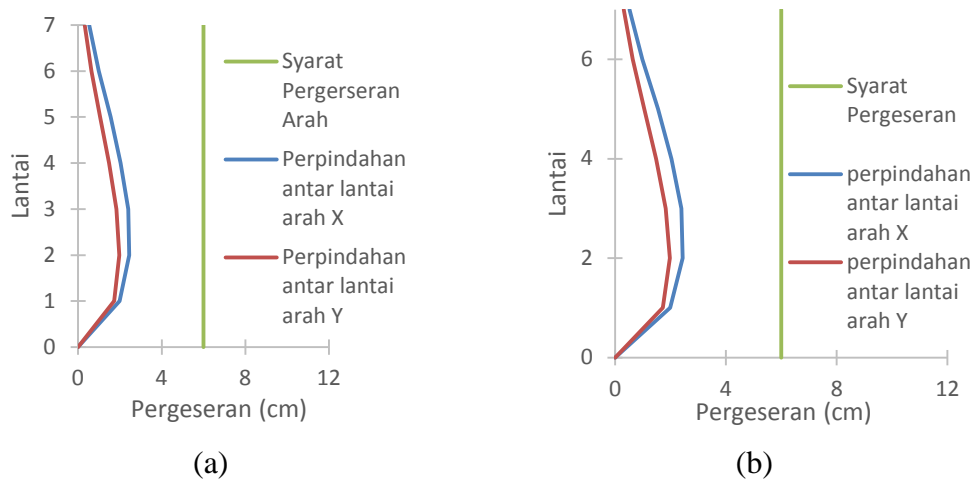
F	dx(cm)	dy(cm)	syarat pergeseran	Perpindahan antar lantai arah X (cm)	Perpindahan antar lantai arah Y (cm)
7	5,926	8,155	6	0,263	0,246
6	5,663	7,909	6	0,442	0,465
5	5,221	7,444	6	0,638	0,83
4	4,583	6,614	6	0,873	1,302
3	3,71	5,312	6	1,034	1,804
2	2,676	3,508	6	1,222	2,003
1	1,454	1,505	6	1,454	1,505
0	0	0	6	0	0



Gambar 4. 13 Grafik percepatan maksimum tiap lantai gempa *Elcentro* (a) Tanpa *Masonry* (b) dengan *Masonry*



Gambar 4. 14 Grafik percepatan maksimum tiap lantai gempa Kobe (a) Tanpa *Masonry* (b) dengan *Masonry*



Gambar 4. 15 Grafik percepatan maksimum tiap lantai gempa *Parkfield* (a) Tanpa *Masonry* (b) dengan *Masonry*

Grafik percepatan maksimum dari gedung tanpa *Masonry* dan dengan *Masonry* dapat disimpulkan aman karena pada grafik perpindahan antar lantai tidak ada yang melewati garis syarat pergeseran. Grafik ini juga menjelaskan bahwasannya pembiayaan proyek ini sangat boros mengingat perpindahan tiap lantainya sangat jauh dari syarat geser yang berarti terlalu tinggi mutu strukturnya.