

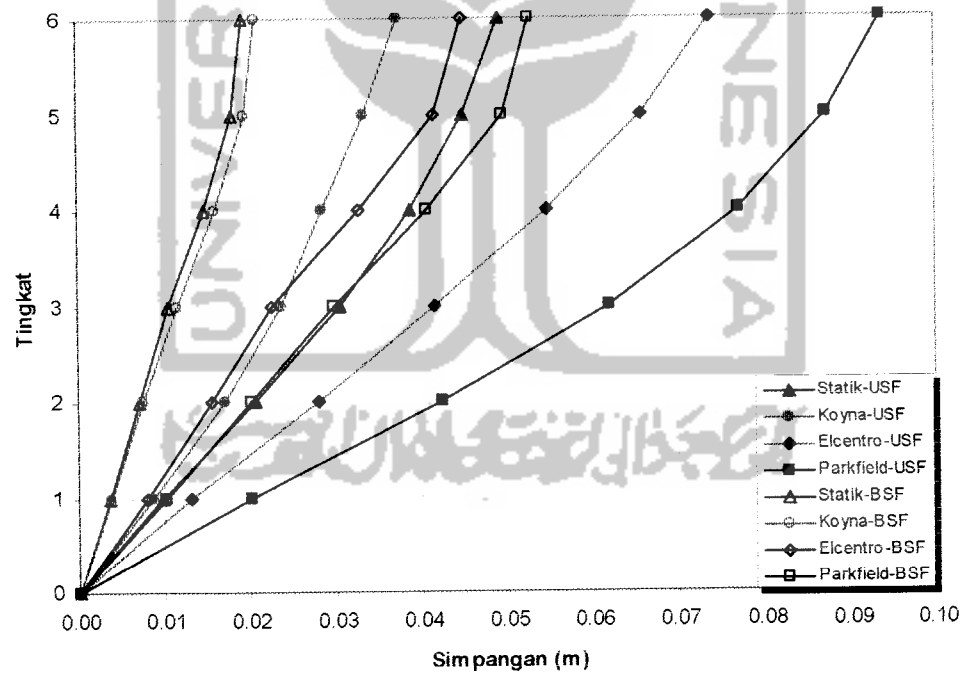
## BAB VI

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

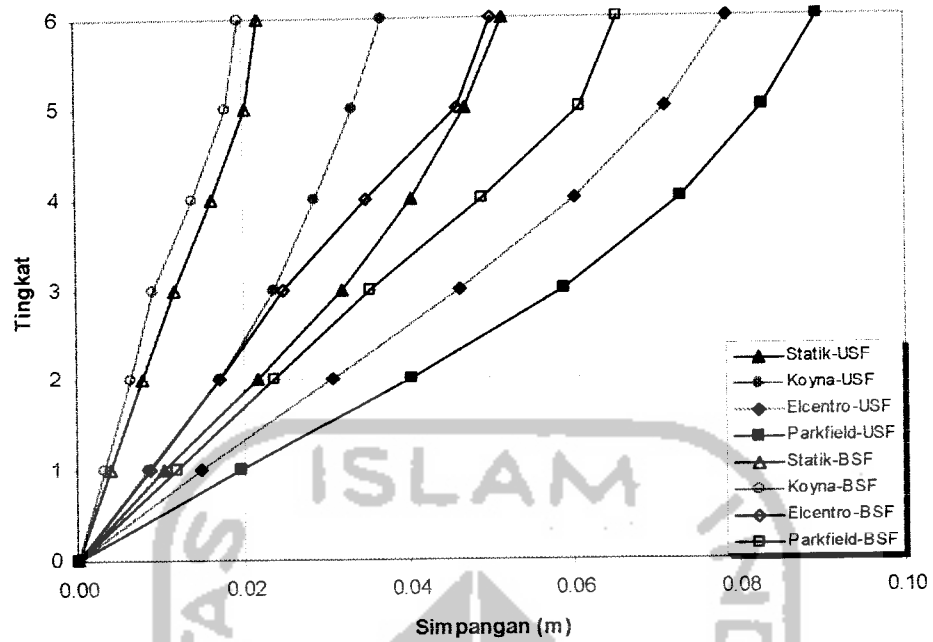
#### 6.1 Hasil Analisis dan Pembahasan

##### 6.1.1 Simpangan Struktur Akibat Beban Gempa

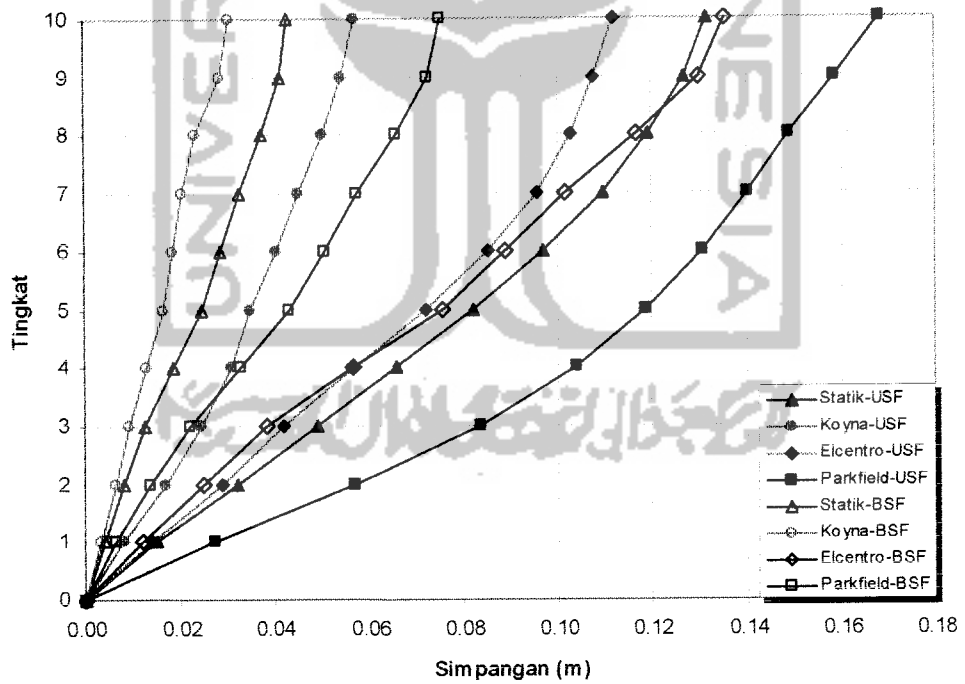
Hasil Analisis Struktur *Braced Steel Frame (BSF)* dan *Unbraced Steel Frame (USF)*, didapatkan nilai displacement yang dapat dilihat pada grafik 6.1 sampai dengan 6.10.



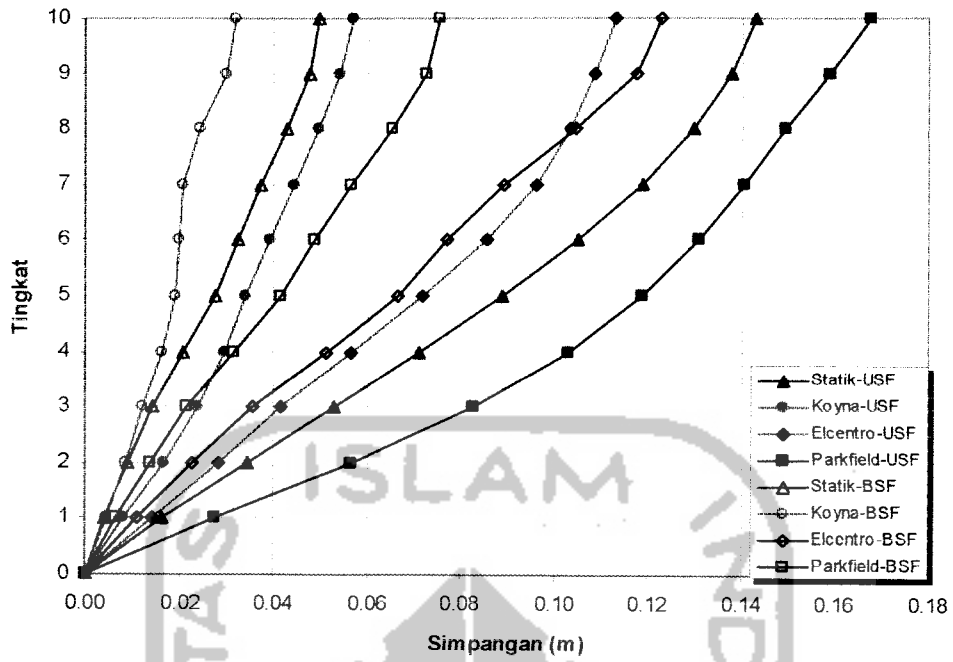
Grafik 6.1 Simpangan Total Struktur 6 Lantai Tipe A



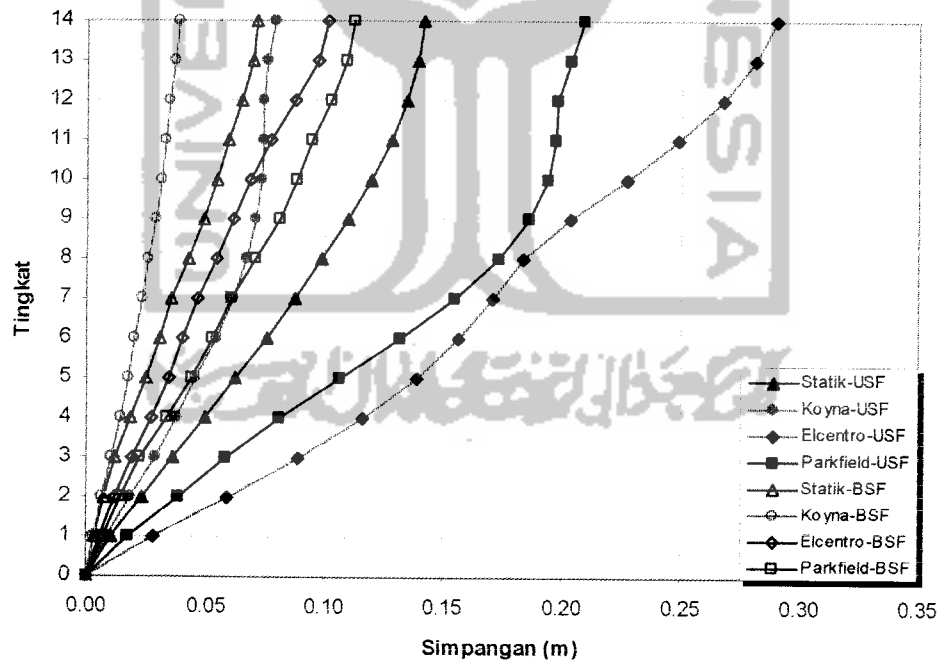
Grafik 6.2 Simpangan Total Struktur 6 Lantai Tipe B



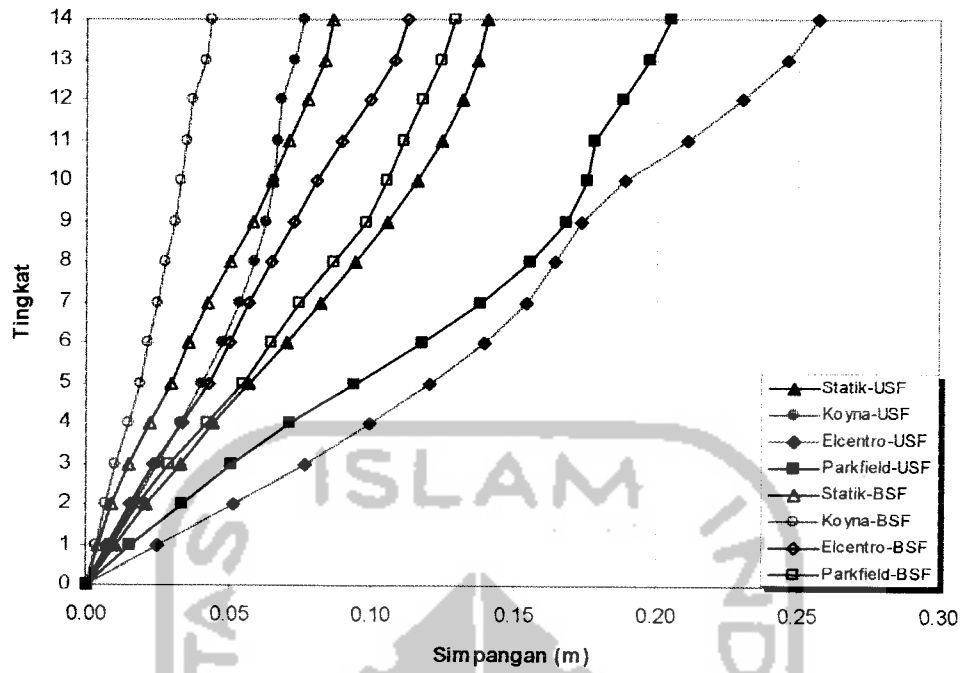
Grafik 6.3 Simpangan Total Struktur 10 Lantai Tipe A



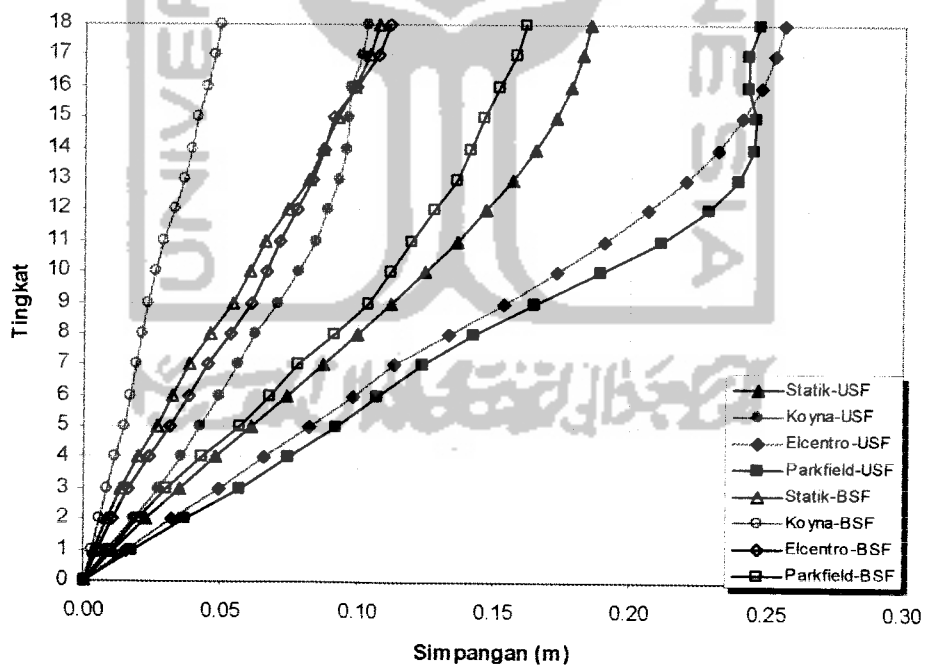
Grafik 6.4 Simpangan Total Struktur 10 Lantai Tipe B



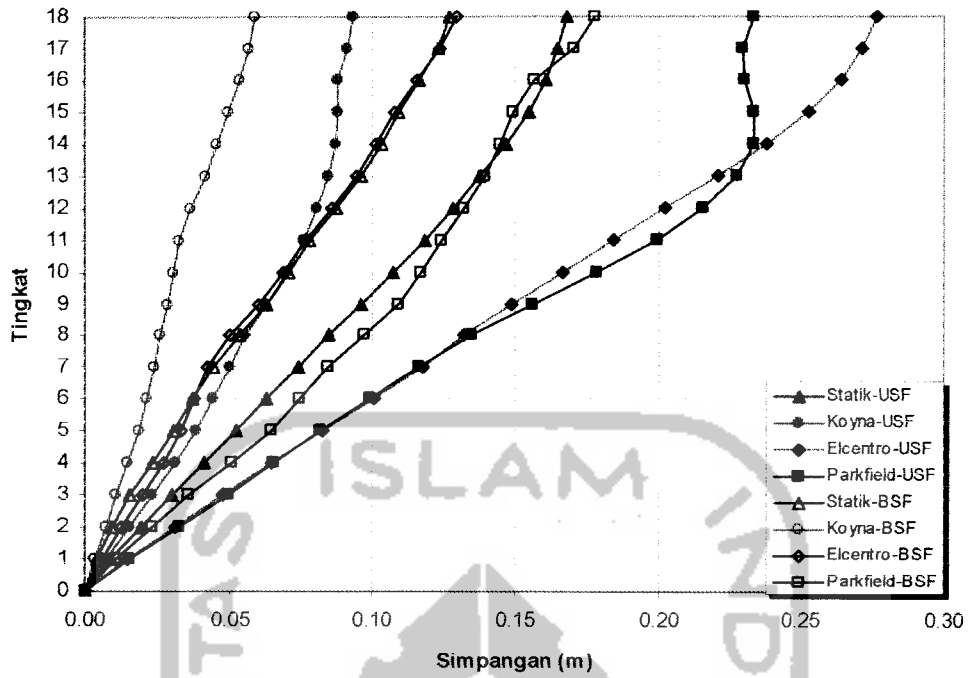
Grafik 6.5 Simpangan Total Struktur 14 Lantai Tipe A



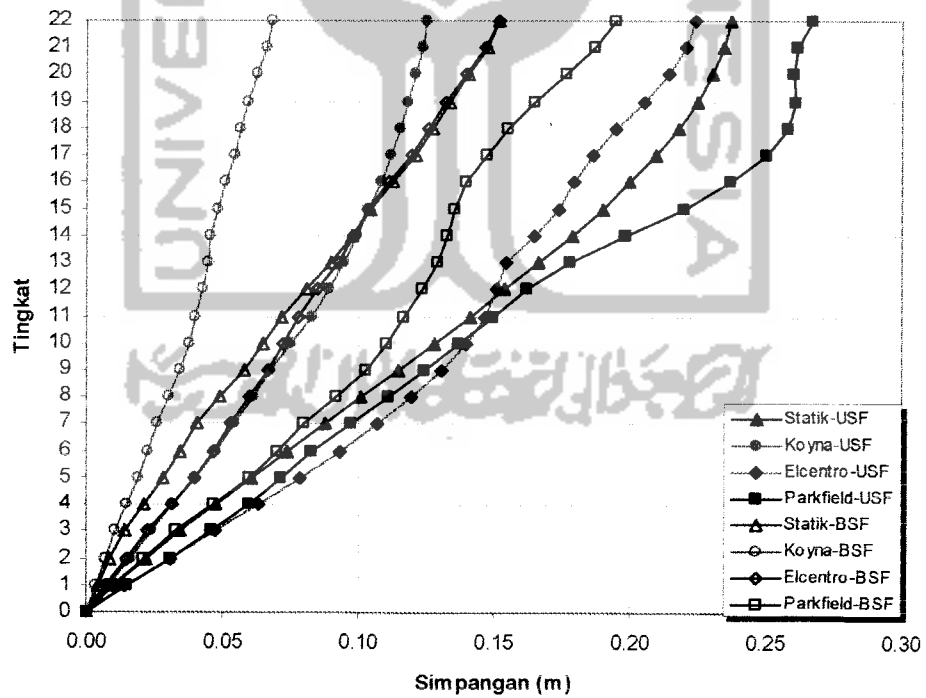
Grafik 6.6 Simpangan Total Struktur 14 Lantai Tipe B



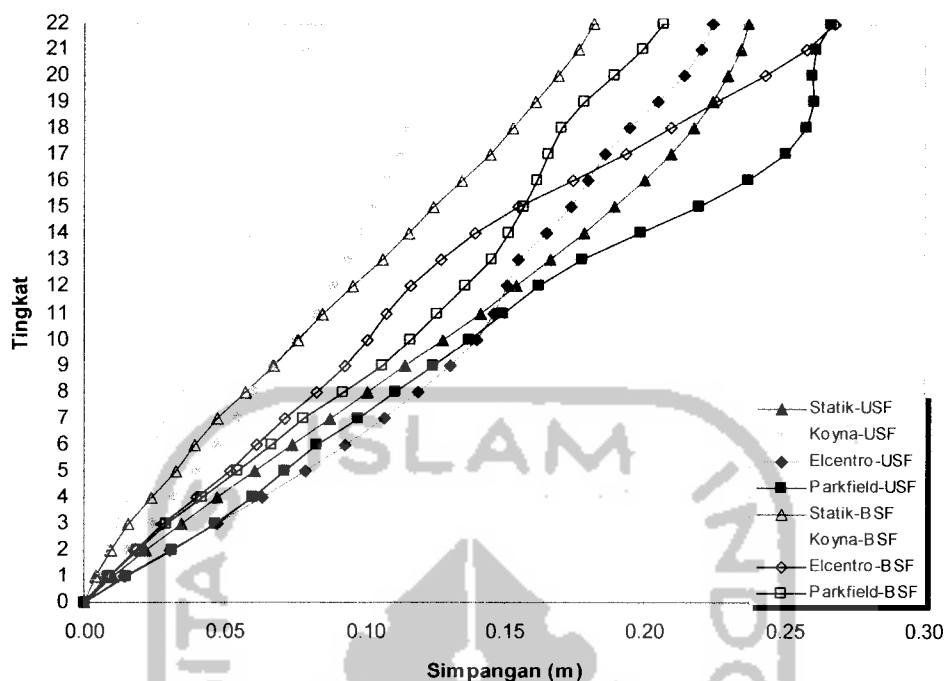
Grafik 6.7 Simpangan Total Struktur 18 Lantai Tipe A



Grafik 6.8 Simpangan Total Struktur 18 Lantai Tipe B



Grafik 6.9 Simpangan Total Struktur 22 Lantai Tipe A



Grafik 6.10 Simpangan Total Struktur 22 Lantai Tipe B

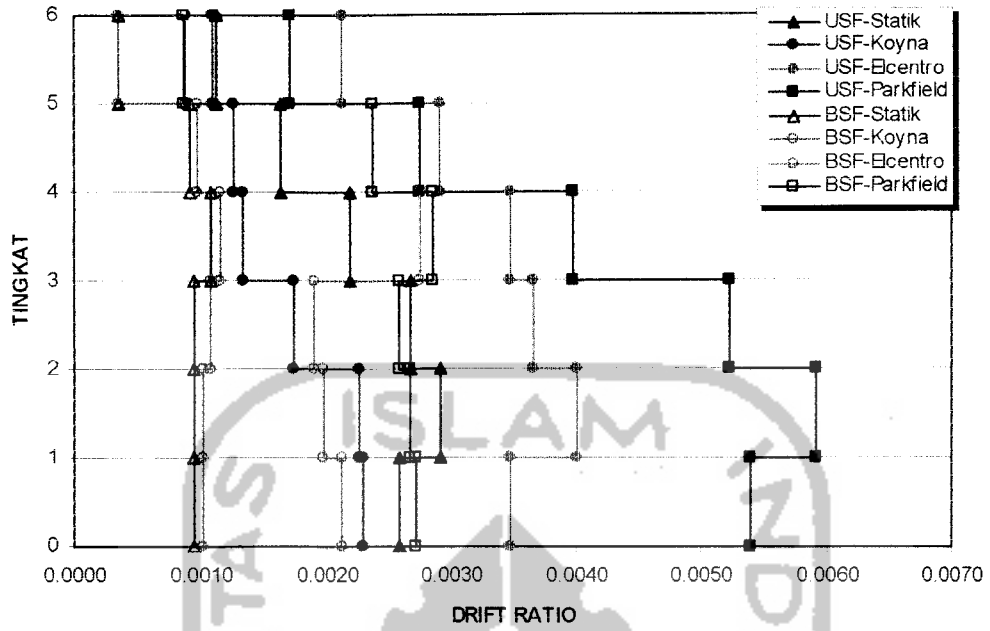
### Pembahasan

1. Semakin tinggi bangunan maka simpangan total akibat gempa statik akan semakin besar, hal ini dikarenakan semakin tinggi bangunan maka bangunan semakin *fleksibel*.
2. Struktur *brace steel frame* (BSF) mempunyai simpangan total struktur yang lebih kecil dari pada struktur *unbrace steel frame* (USF) baik akibat beban gempa dinamik maupun statik ekuivalen. Hal ini disebabkan struktur BSF mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dari pada struktur USF
3. Simpangan total struktur yang diakibatkan oleh gempa dinamik mempunyai variasi yang berbeda-beda pada setiap bangunan Hal ini disebabkan oleh pengaruh perbedaan frekuensi bangunan dan frekuensi gempa.

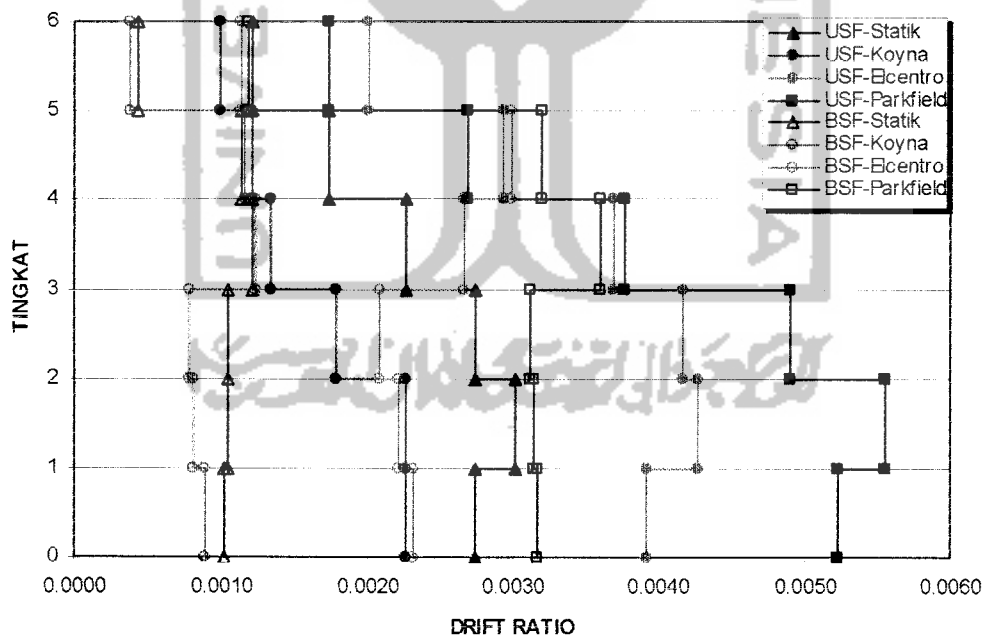
4. Simpangan total struktur akibat gempa statik mendekati frekuensi bangunannya. Hal ini tampak pada nilai simpangan struktur yang saling berdekatan akibat gempa statik dan gempa dinamik yang mempunyai frekuensi berdekatan dengan frekuensi bangunan.
5. Pada bangunan dengan jumlah portal yang semakin banyak, khususnya pada struktur *brace steel frame* (BSF), akan mempunyai nilai simpangan yang semakin besar, ini disebabkan semakin banyak jumlah portal maka semakin besar pula gaya geser gempa yang ditimbulkan.
6. Struktur *brace steel frame* (BSF) mempunyai penambahan simpangan antar tingkat yang lebih kecil daripada struktur *unbrace steel frame* (USF).

#### 6.1.2 Rasio Simpangan Antar Tingkat (*Drift Ratio*)

Simpangan total struktur baik pada struktur *brace steel frame* (BSF) maupun struktur *unbrace steel frame* (USF) akan mempengaruhi besarnya simpangan antar tingkat (*Inter Story Drift Ratio*) yang terjadi, karena simpangan antar tingkat (*Inter Story Drift Ratio*) merupakan fungsi dari simpangan yaitu simpangan tingkat atas dikurangi simpangan tingkat bawah dibagi dengan tinggi tingkat, sehingga diperoleh rasio simpangan antar tingkat (*Drift Ratio*). Grafik simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen dan beban gempa dinamik dapat dilihat pada grafik 6.11 sampai 6.20.

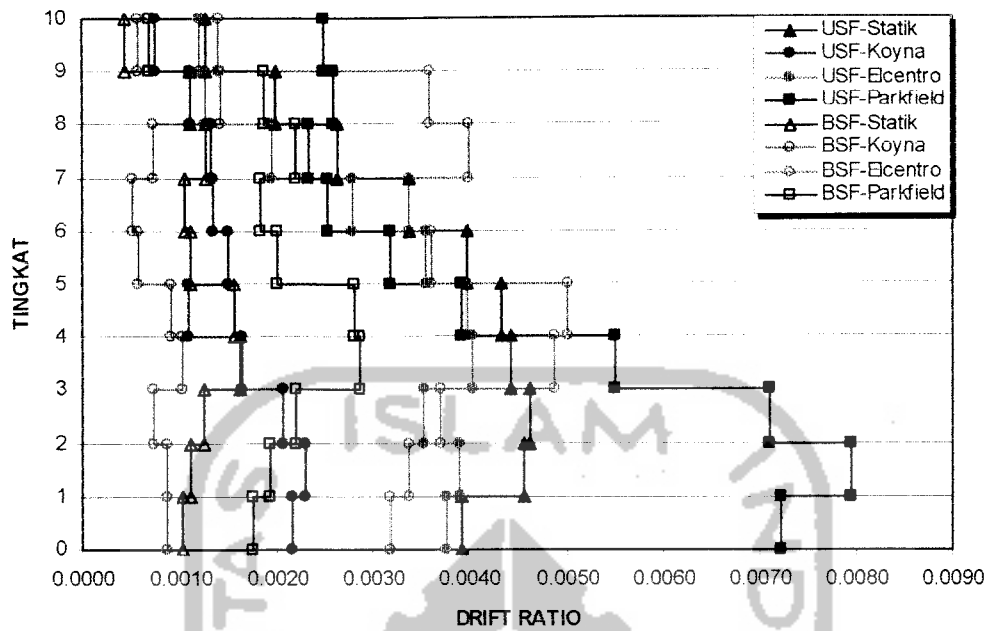


Grafik 6.11 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 6 Lantai tipe A

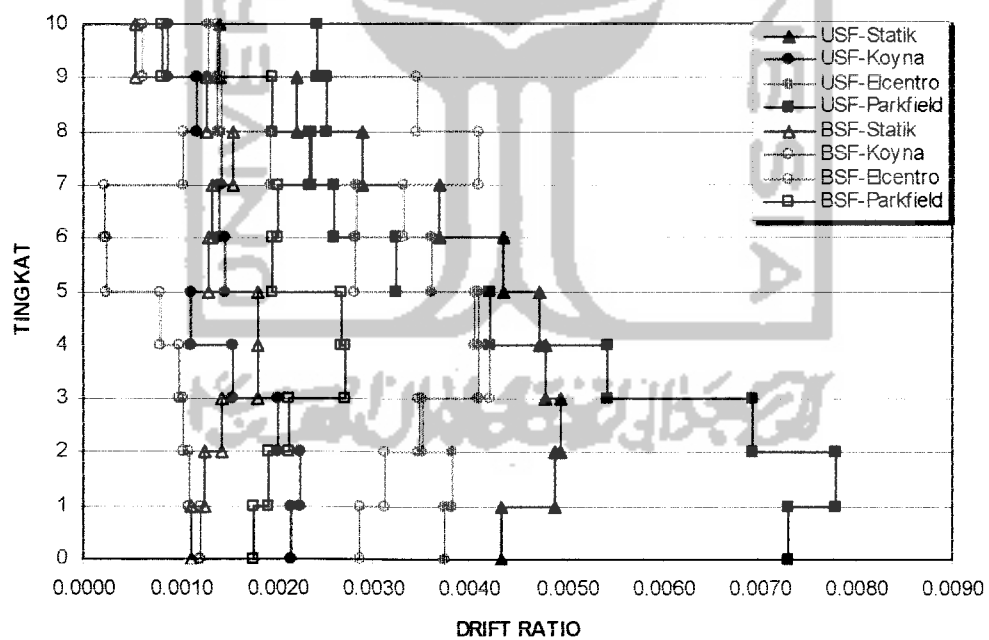


Grafik 6.12 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 6 Lantai tipe B

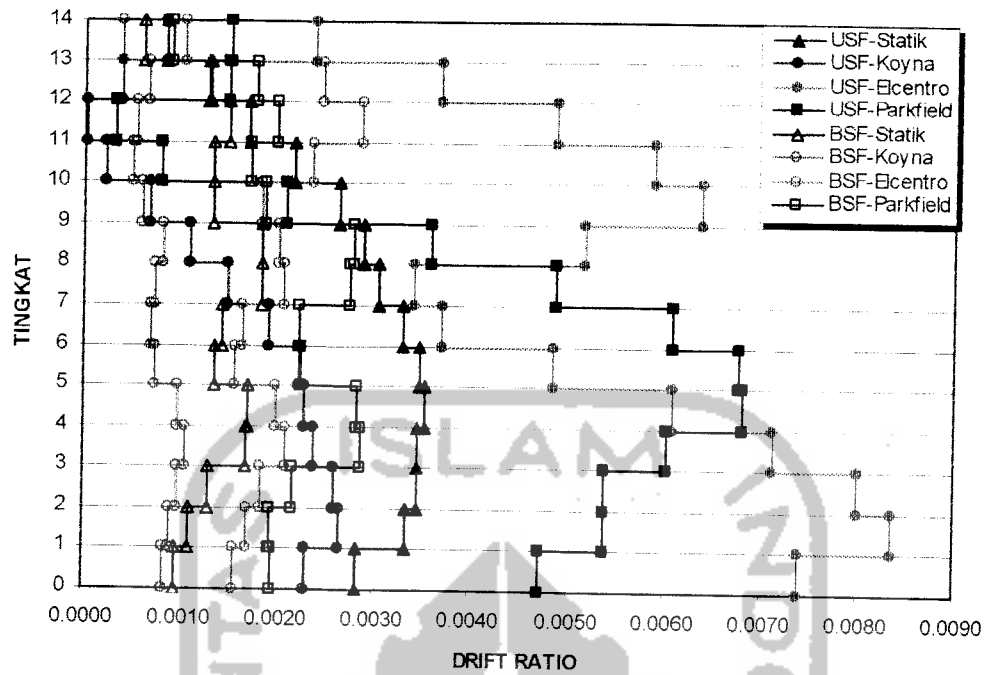




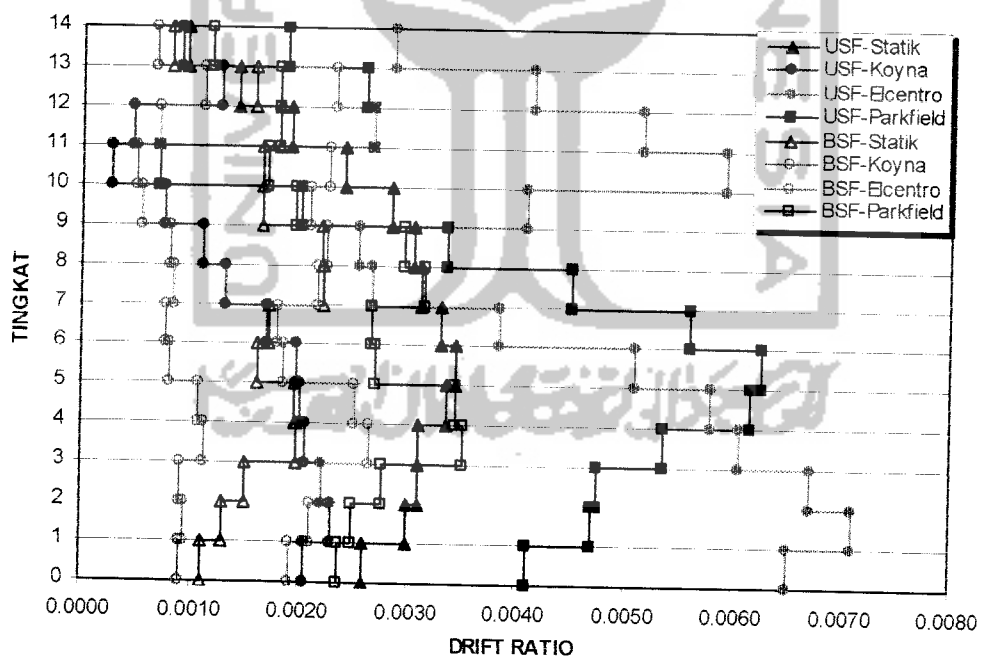
**Grafik 6.13 Simpanan Antar Tingkat Struktur Baja 10 Lantai tipe A**



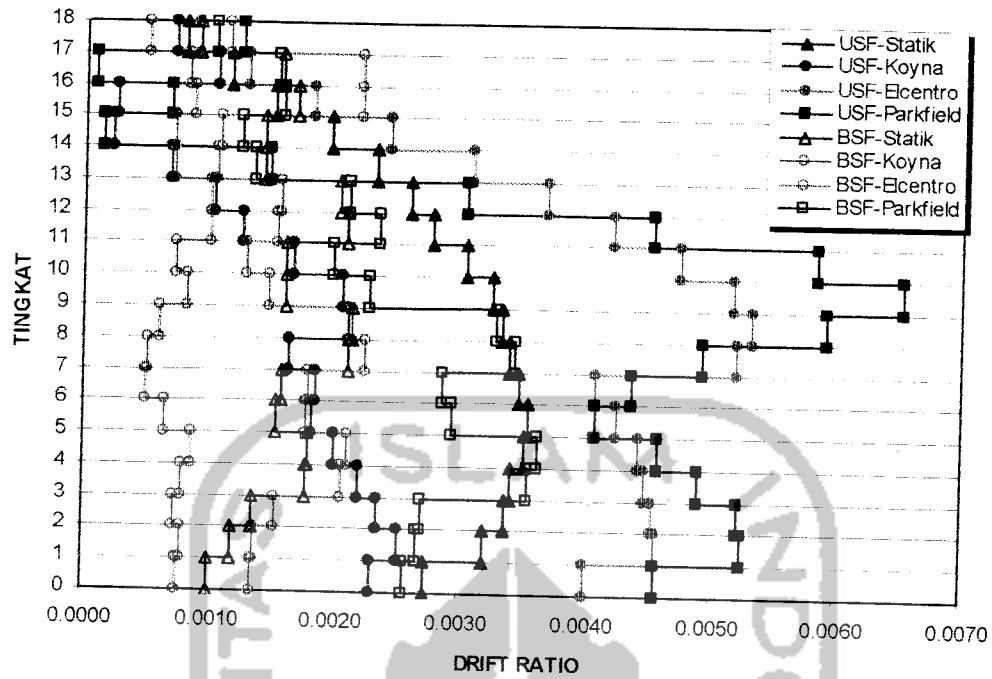
**Grafik 6.14 Simpanan Antar Tingkat Struktur Baja 10 Lantai tipe B**



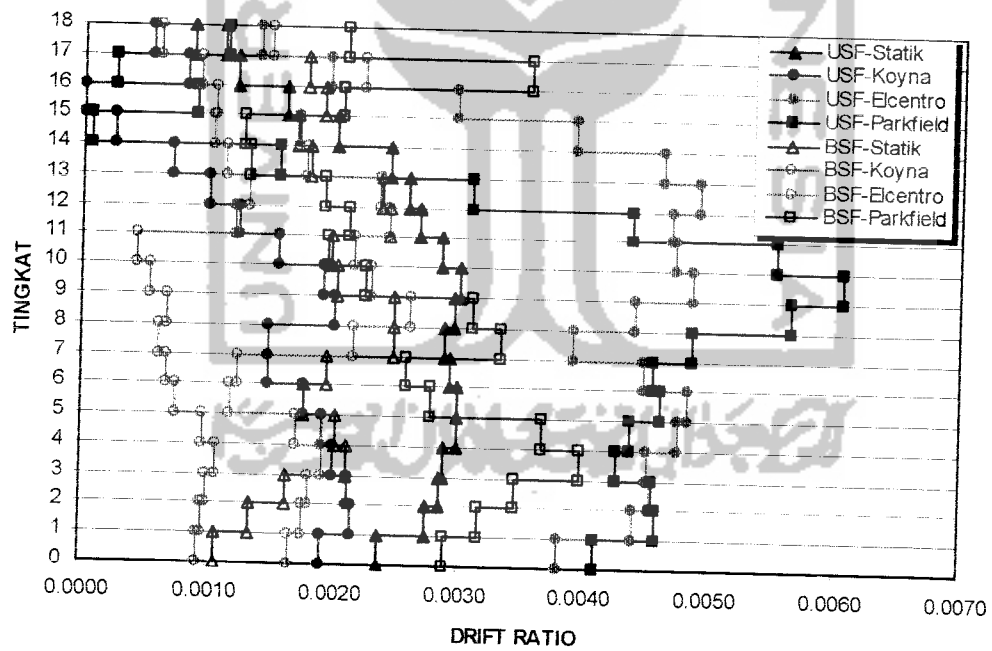
Grafik 6.15 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 14 Lantai tipe A



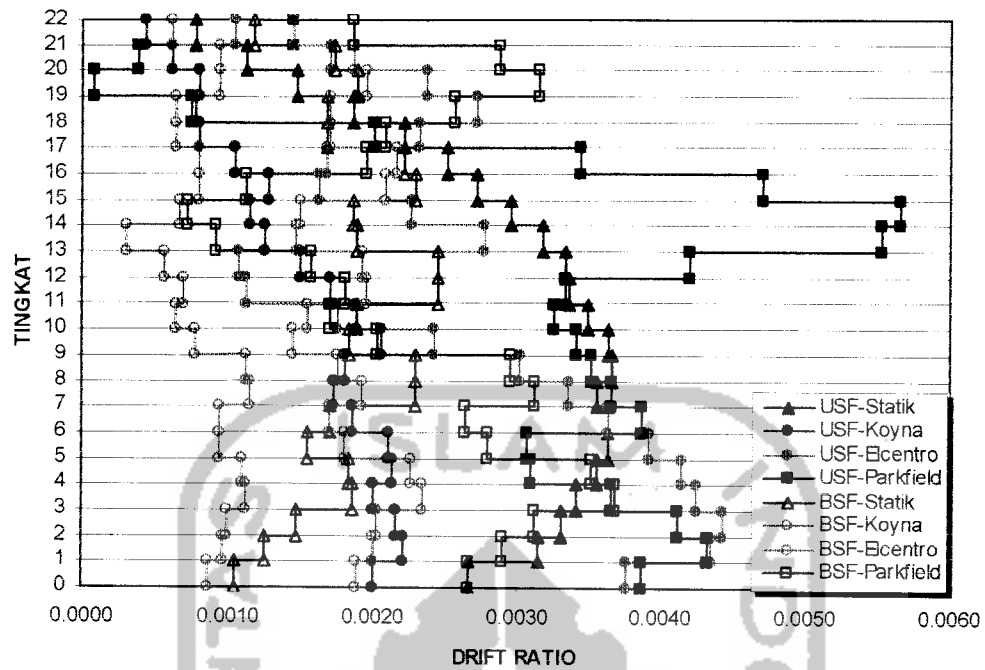
Grafik 6.16 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 14 Lantai tipe B



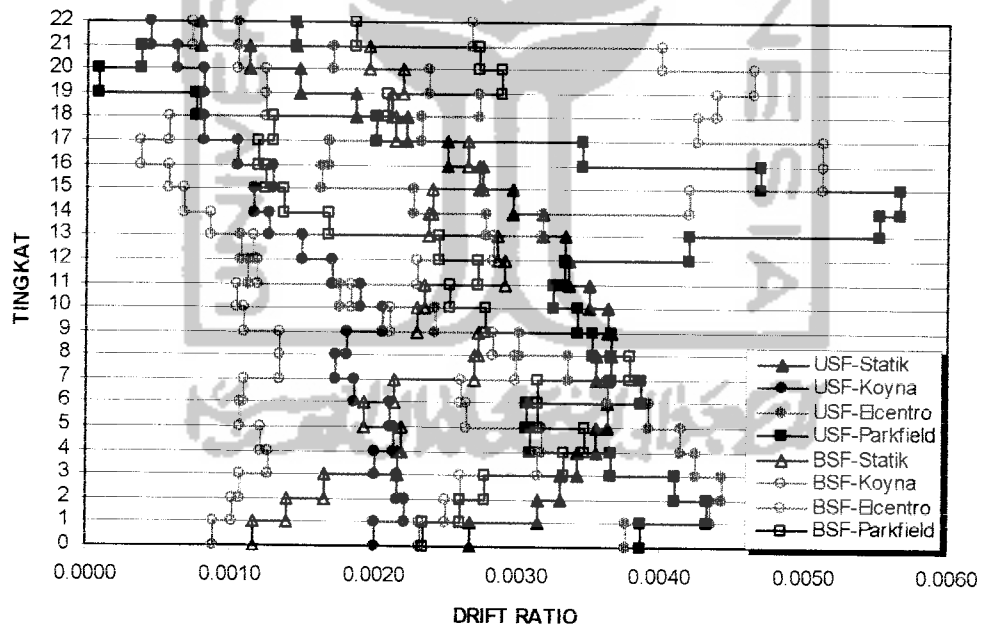
**Grafik 6.17 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 18 Lantai tipe A**



**Grafik 6.18 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 18 Lantai tipe B**



**Grafik 6.19 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 22 Lantai tipe A**



**Grafik 6.20 Simpangan Antar Tingkat Struktur Baja 22 Lantai tipe B**

## Pembahasan

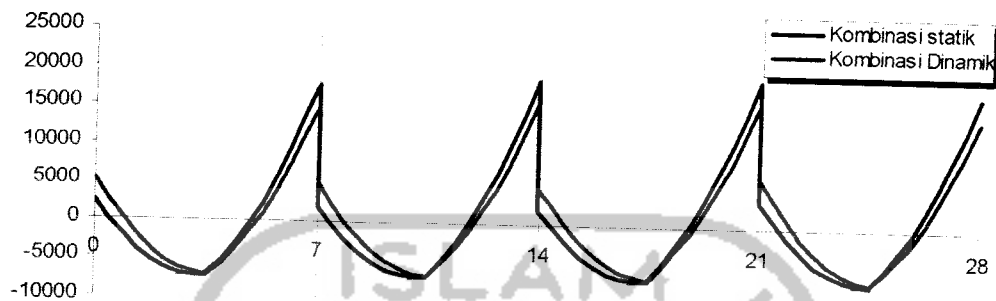
1. *Drift ratio* yang terjadi pada struktur USF relatif lebih besar dibandingkan dengan struktur BSF, hal ini dikarenakan bahwa besar kecilnya nilai *drift ratio* sangat dipengaruhi oleh besarnya kekakuan tingkat yang ada pada struktur, dan struktur BSF memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan struktur USF.
2. *Drift ratio* pada struktur yang diakibat oleh gempa statik masih lebih kecil dari 0,5%, sedangkan *drift ratio* pada struktur yang diakibat oleh gempa dinamik yang mempunyai frekuensi menengah kebawah (gempa Elcentro dan Parkfield) melebihi keadaan batas 0,5% pada tingkat-tingkat tertentu. Hal ini disebabkan oleh besarnya beban gempa dinamik yang mempunyai frekuensi menengah kebawah (gempa elcentro dan parkfield).
3. *Drift ratio* pada struktur USF akibat gempa statik memiliki *drift ratio* yang relatif reguler dibandingkan dengan *drift ratio* akibat gempa dinamik yang cenderung tidak teratur. Hal ini disebabkan gempa dinamik mempunyai percepatan dan periode yang berubah-ubah dalam satu durasi gempa.

### 6.1.3 Momen dan Geser Balok

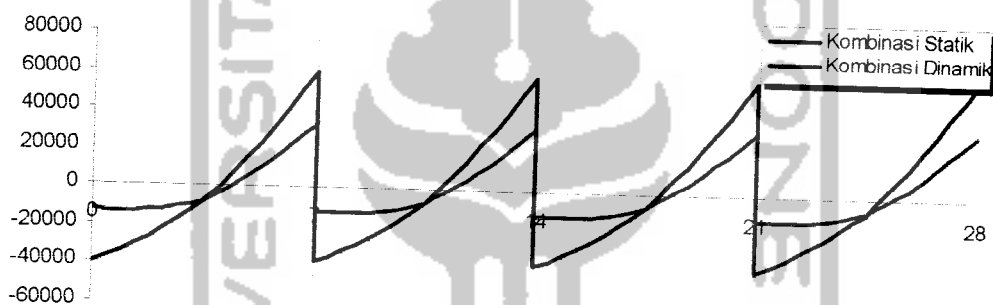
#### 6.1.3.1 Momen Balok

Beban-beban yang bekerja pada struktur, yang meliputi beban gravitasi dan beban gempa akan mempengaruhi besarnya respon struktur berupa momen. Contoh diagram momen balok pada struktur BSF dan USF dapat dilihat pada gambar 6.1 dan gambar 6.2.

Contoh diagram momen balok pada struktur BSF dan USF dapat dilihat pada gambar 6.1 dan gambar 6.2.

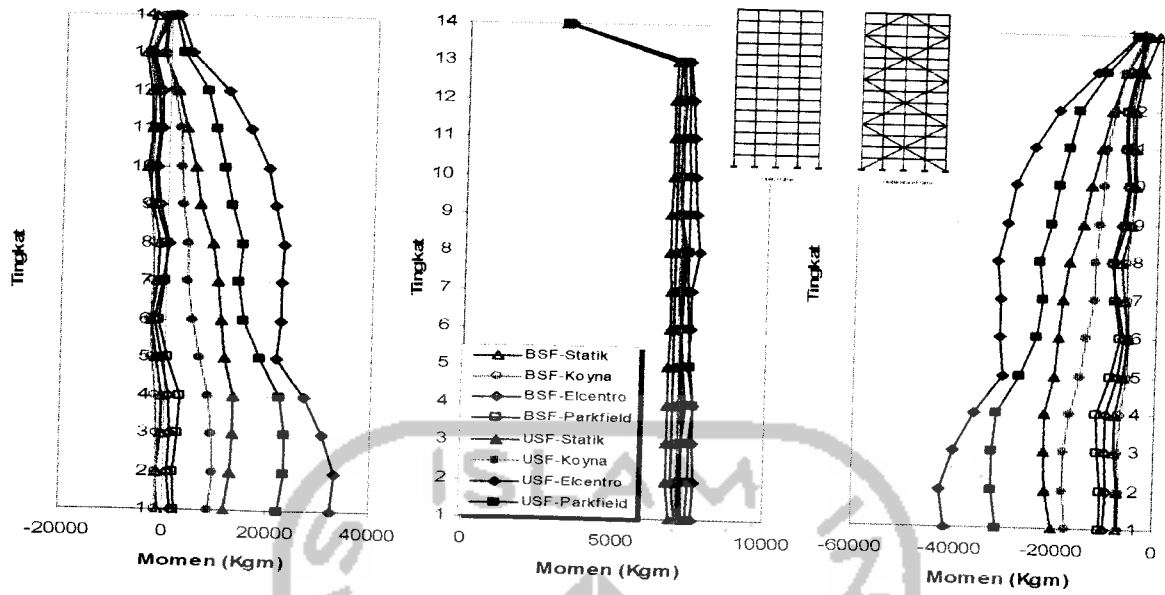


Gambar 6.1 Digram momen balok struktur BSF 14 lantai



Gambar 6.2 Digram momen balok struktur USF 14 lantai

Berdasarkan hasil analisa terhadap diagram momen balok, ternyata momen balok yang terjadi pada masing-masing variasi tingkat menunjukkan pola yang hampir sama. Oleh sebab itu pada bahasan ini, grafik yang lengkap hanya diberikan pada struktur 14 lantai tipe A dan tipe B (grafik 6.21 dan grafik 6.22), untuk lantai yang lain hanya diambil momen balok pada sendi plastis sebelah kanan dimana momen yang lebih dominan terjadi berlawanan dengan arah gempa horizontal. Grafik 6.23 sampai dengan grafik 6.32 menunjukkan besar momen balok

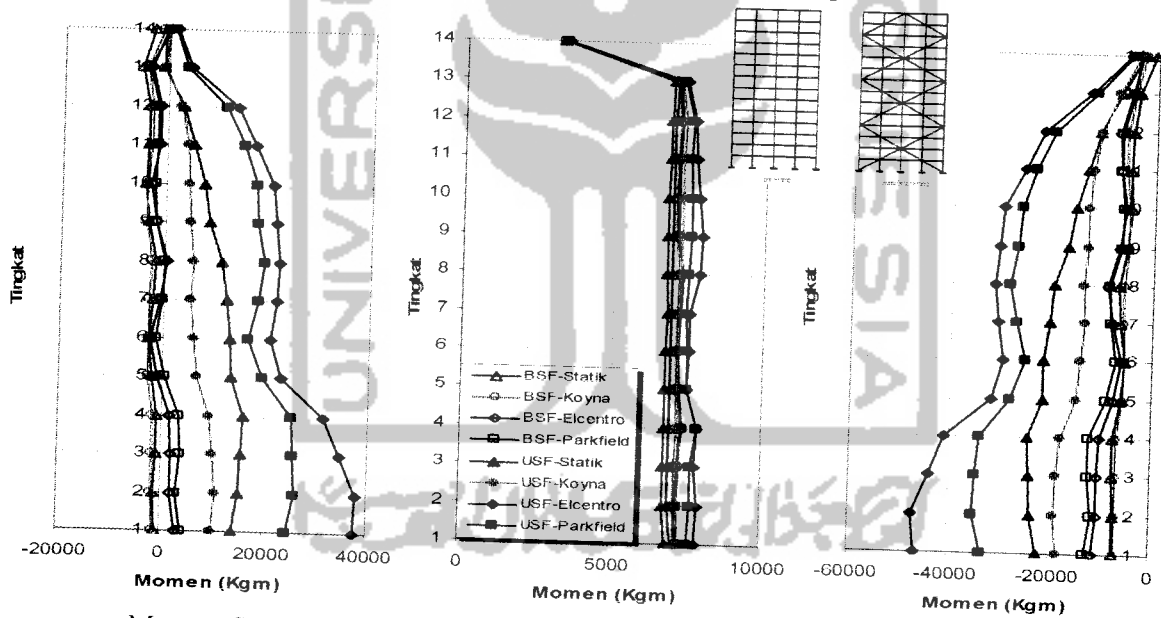


a. Momen Sp. Kiri

b. Momen 1/2 L

c. Momen Sp. Kanan

**Grafik 6.21 Momen Balok 14 Lantai Tipe A**

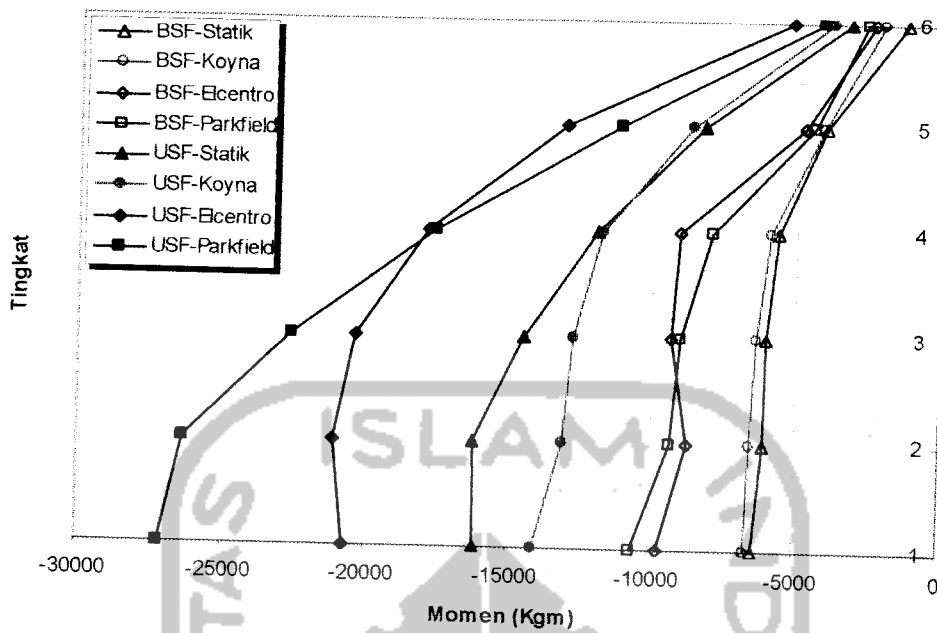


a. Momen Sp. Kiri

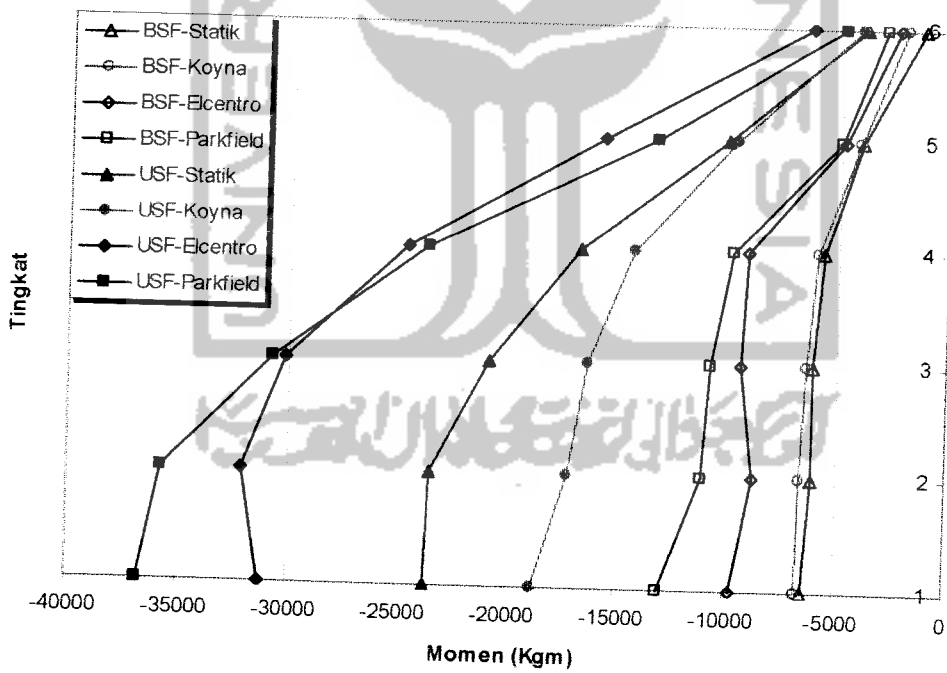
b. Momen 1/2 L

c. Momen Sp. Kanan

**Grafik 6.22 Momen Balok 14 Lantai Tipe B**

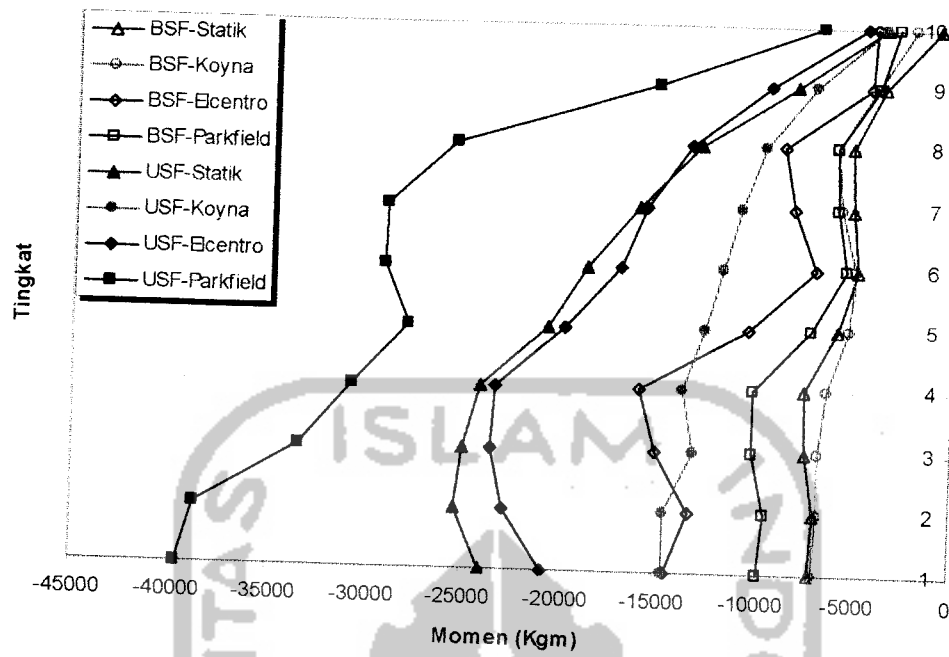


Grafik 6.23 Momen Balok 6 Lantai Tipe A

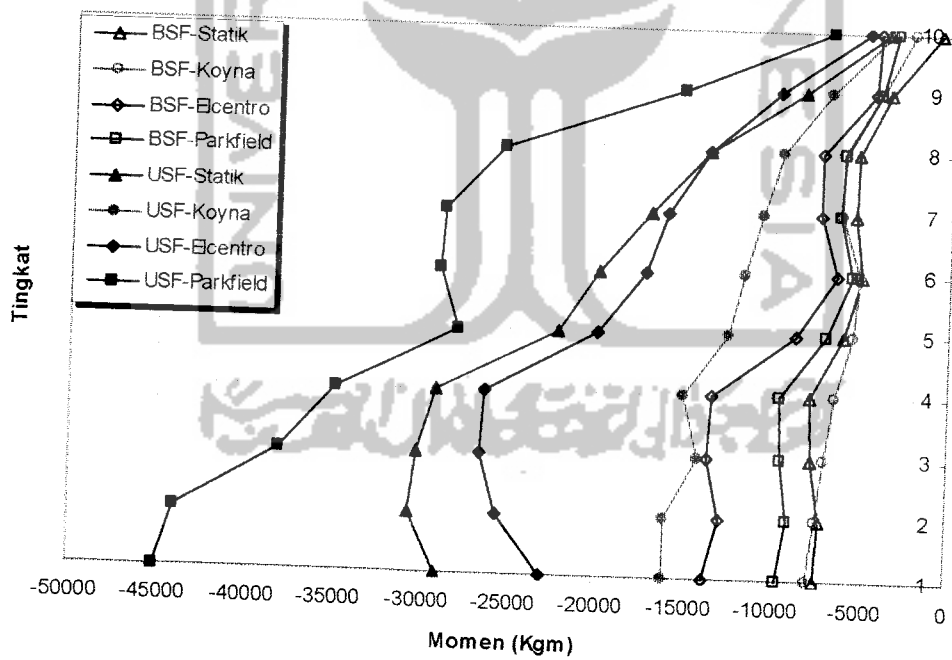


Grafik 6.24 Momen Balok 6 Lantai Tipe B

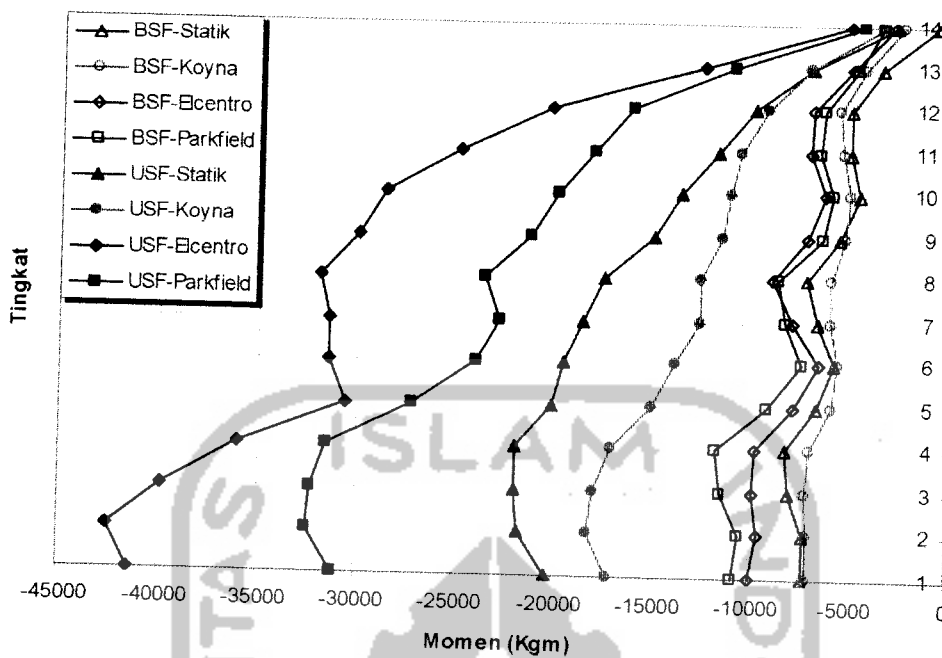




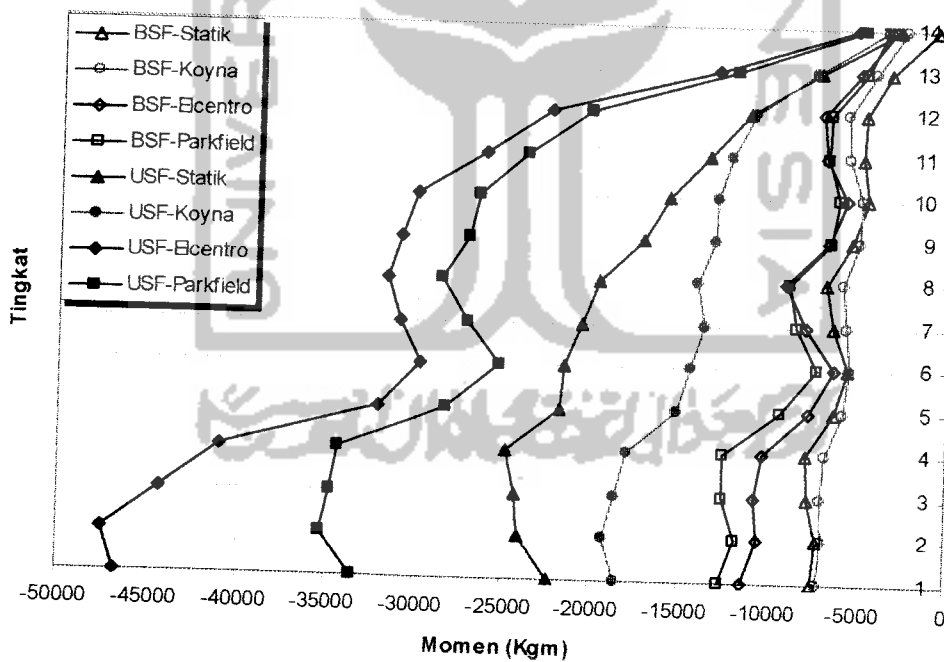
Grafik 6.25 Momen Balok 10 Lantai Tipe A



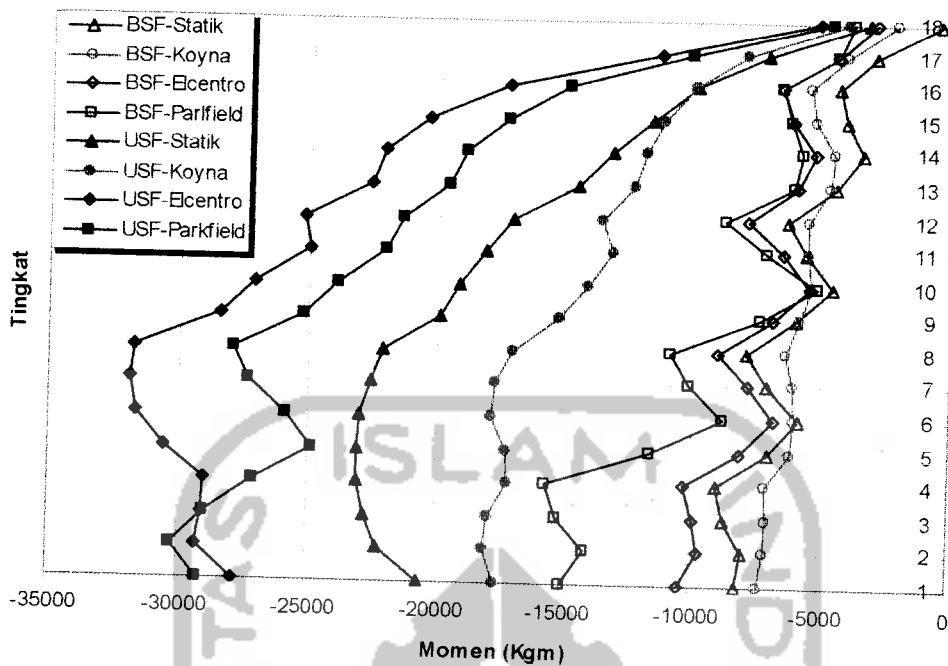
Grafik 6.26 Momen Balok 10 Lantai Tipe B



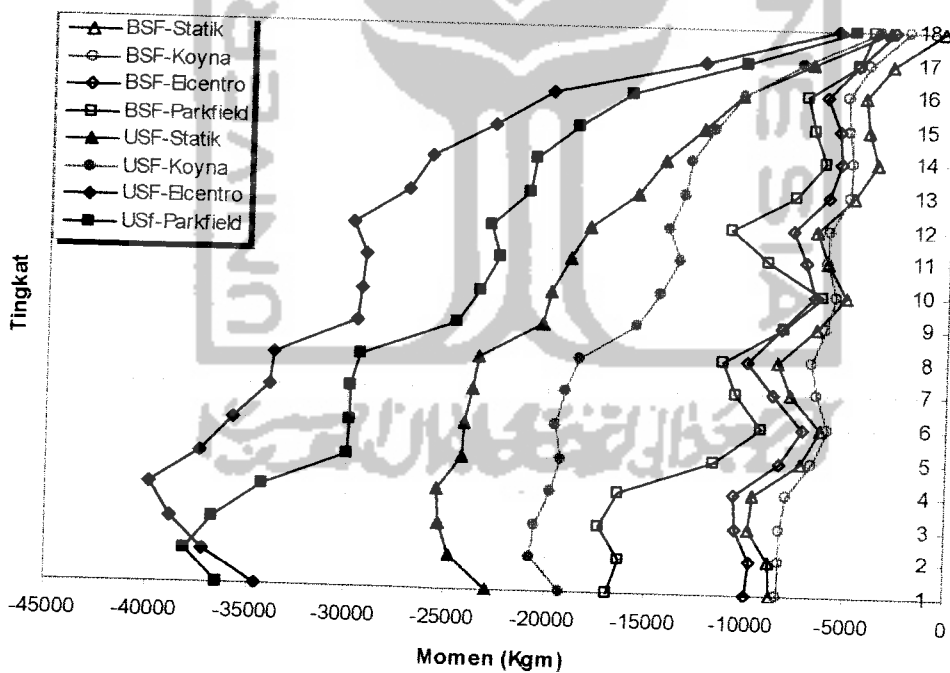
Grafik 6.27 Momen Balok 14 Lantai Tipe A



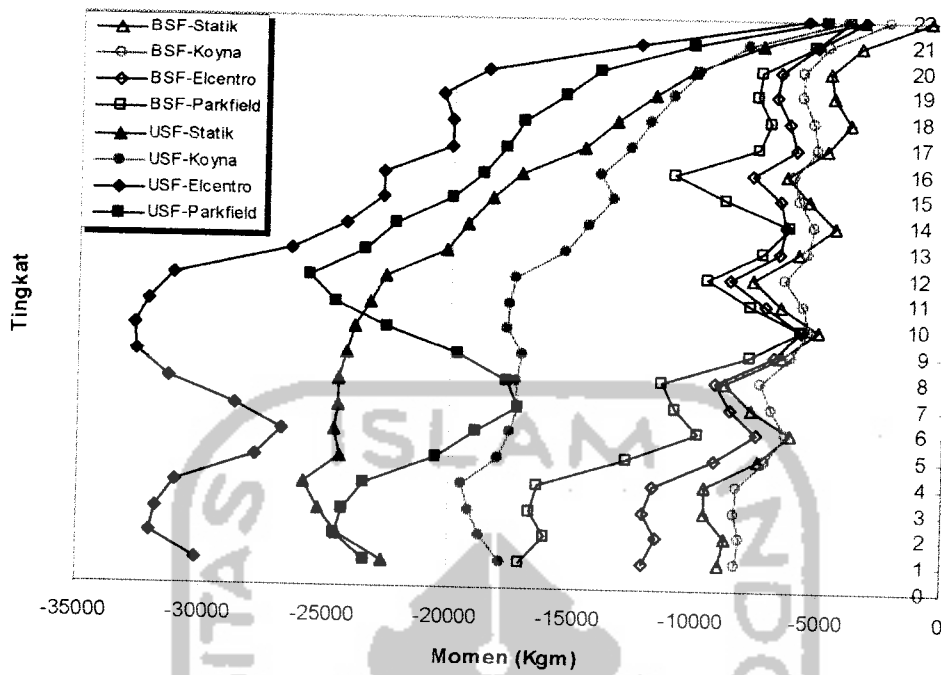
Grafik 6.28 Momen Balok 14 Lantai Tipe B



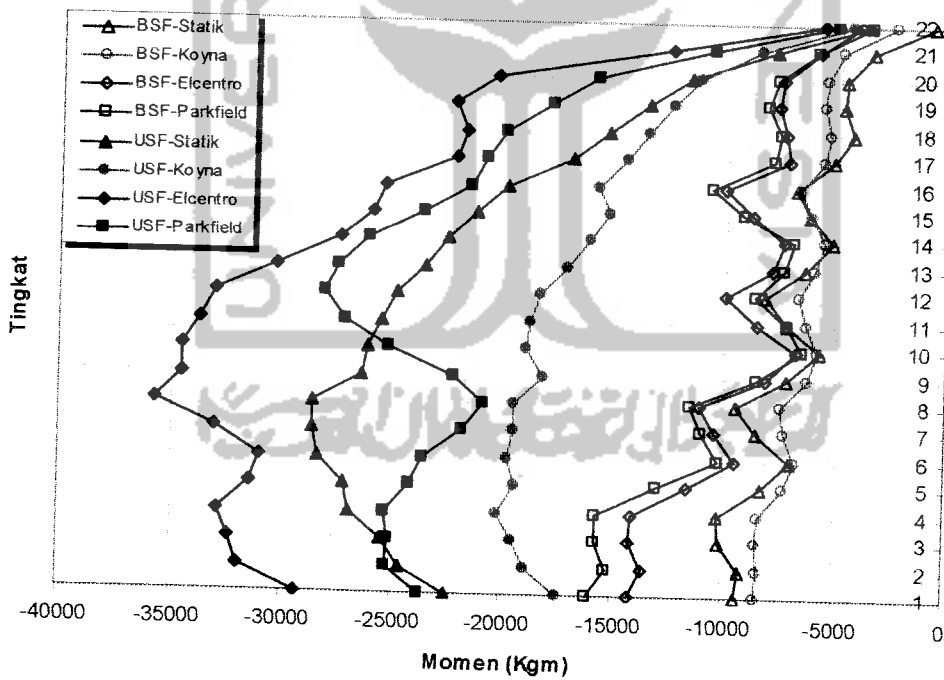
Grafik 6.29 Momen Balok 18 Lantai Tipe A



Grafik 6.30 Momen Balok 18 Lantai Tipe B



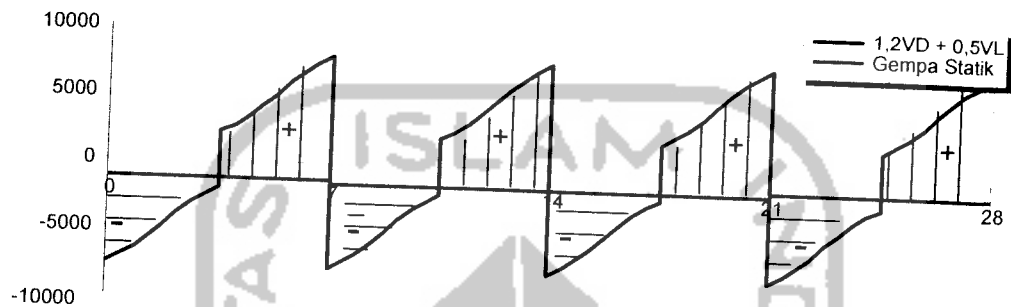
Grafik 6.31 Momen Balok 22 Lantai Tipe A



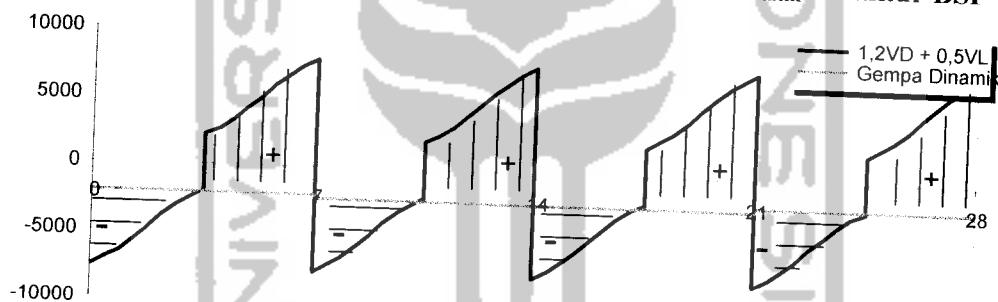
Grafik 6.32 Momen Balok 22 Lantai Tipe B

### 6.1.3.2 Geser Balok

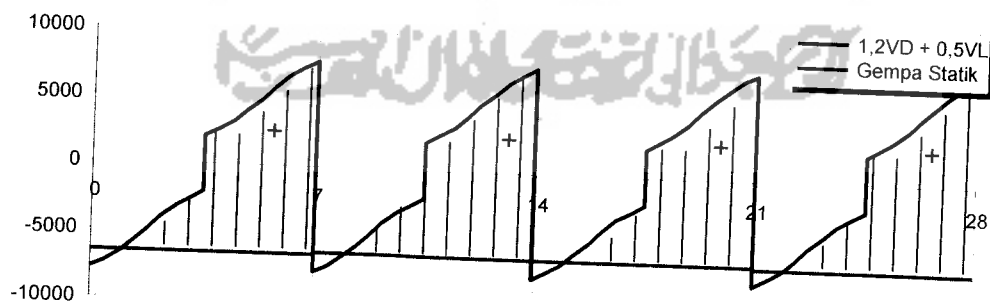
Besarnya gaya geser balok tergantung dari besarnya nilai momen balok yang terjadi, sehingga pola yang dihasilkan dari momen balok akan cenderung sama untuk gaya gesernya. Contoh diagram momen balok pada struktur BSF dan USF dapat dilihat pada gambar 6.3 sampai 6.6.



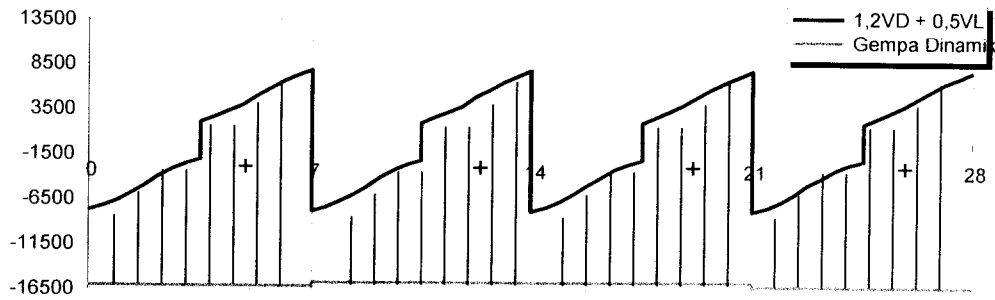
**Gambar 6.3** Diagram gaya geser balok  $1,2VD + 0,5VL + E_{statik}$  struktur BSF



**Gambar 6.4** Diagram gaya geser balok  $1,2VD + 0,5VL + E_{dinamik}$  struktur BSF

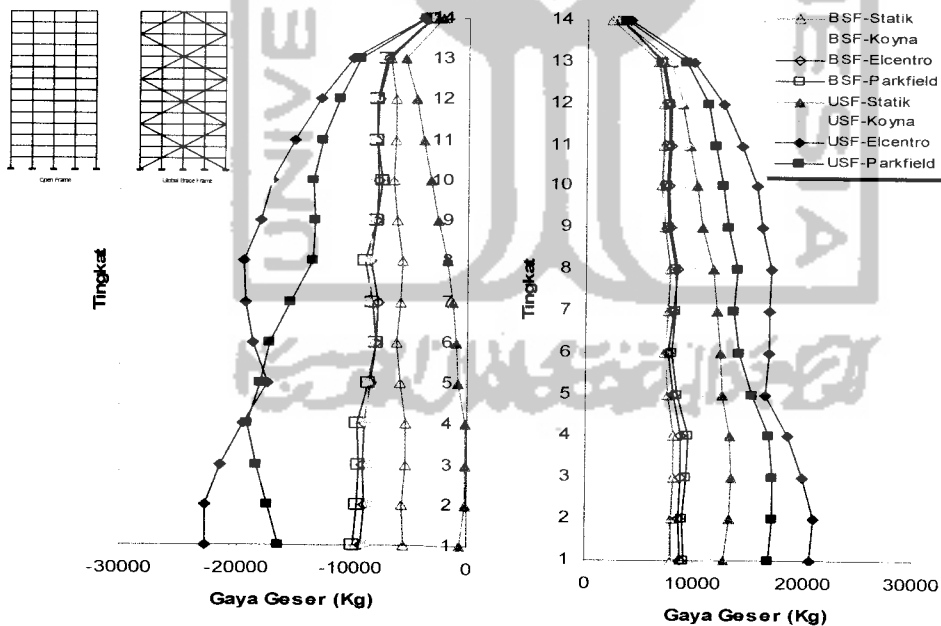


**Gambar 6.5** Diagram gaya geser balok  $1,2VD + 0,5VL + E_{statik}$  struktur USF



**Gambar 6.6 Diagram gaya geser balok 1,2VD+0,5VL+E<sub>dinamik</sub> struktur USF**

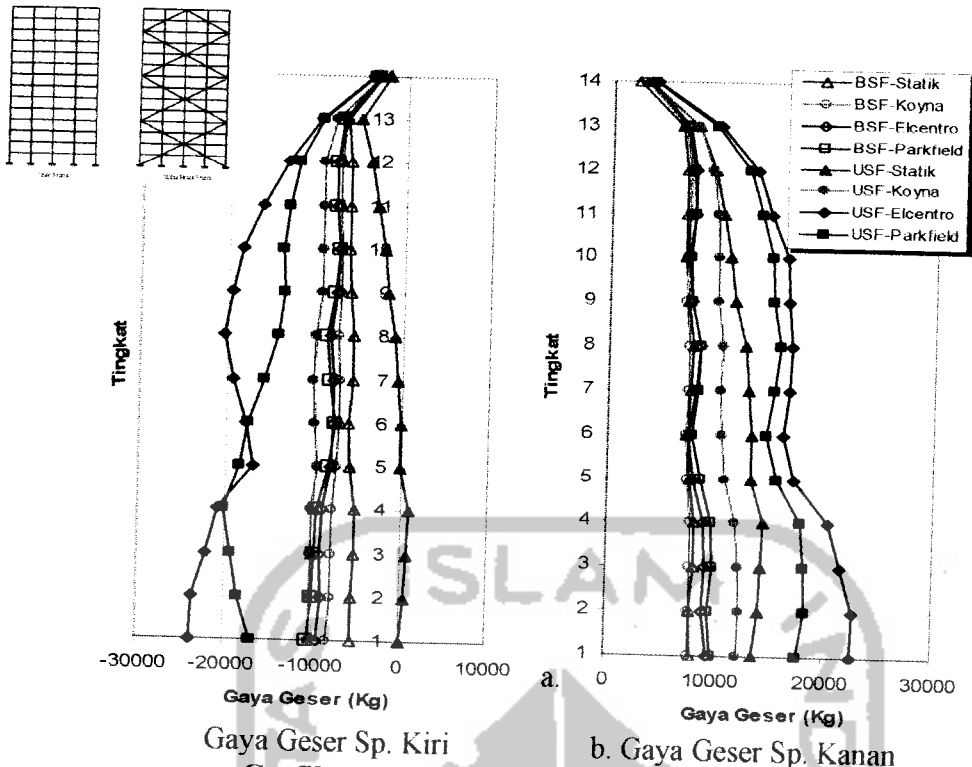
Pola gaya geser balok yang terjadi relatif reguler pada setiap variasi tingkat struktur, seperti yang terlihat pada grafik 6.33 dan 6.34. Selanjutnya grafik gaya geser balok akan diambil pada lokasi sendi plastis balok sebelah kanan pada balok tepi, karena gaya geser maksimum statik yang terjadi searah dengan arah datang gempa. Besarnya gaya geser balok dapat dilihat pada grafik 6.35 sampai dengan grafik 6.44.



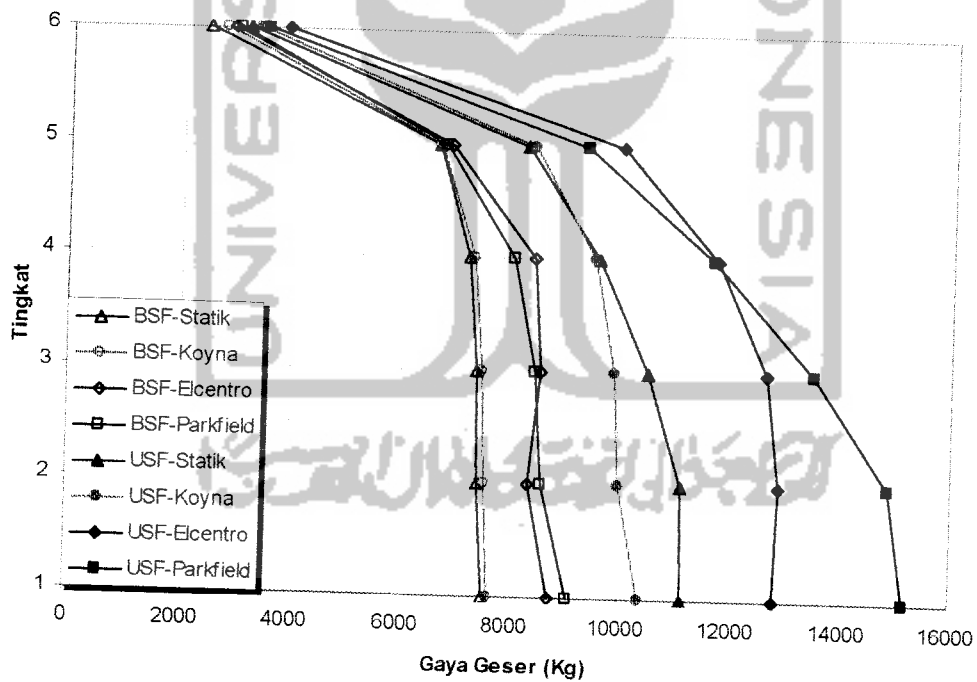
a. Gaya Geser Sp. Kiri

b. Gaya Geser Sp. Kanan

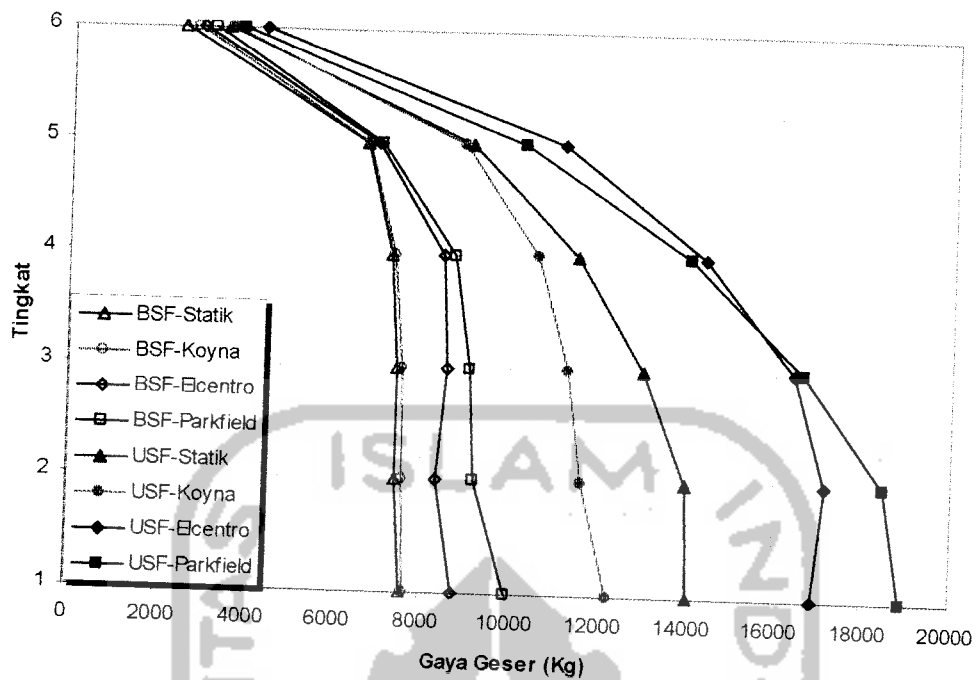
**Grafik 6.33 Gaya Geser Balok 14 Lantai Tipe A**



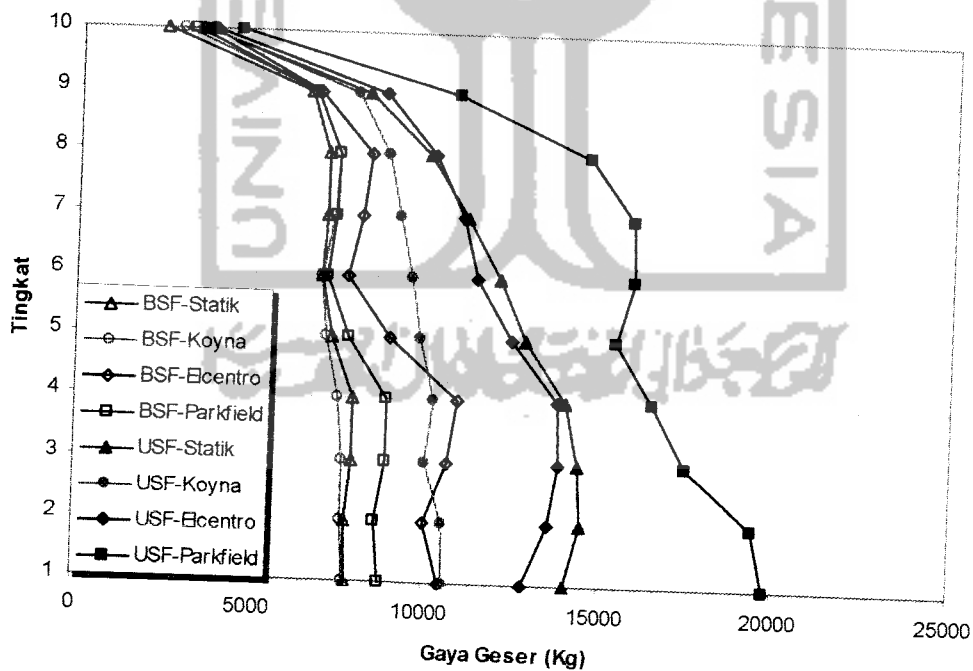
Gaya Geser Sp. Kiri      b. Gaya Geser Sp. Kanan  
**Grafik 6.34 Gaya Geser Balok 14 Lantai Tipe B**



**Grafik 6.35 Gaya Geser Balok 6 Lantai Tipe A**

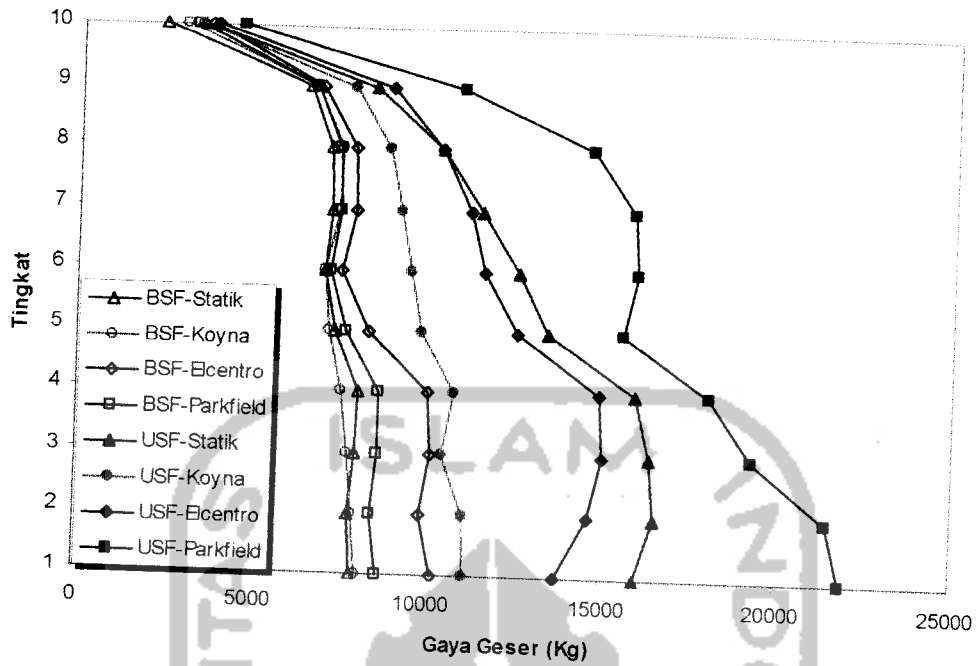


Grafik 6.36 Gaya Geser Balok 6 Lantai Tipe B

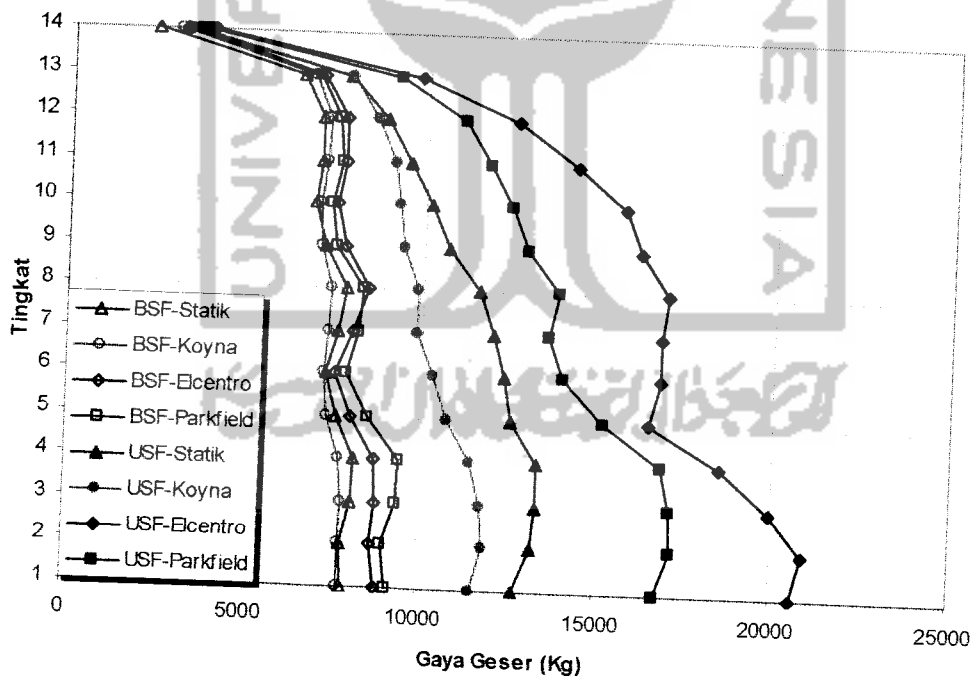


Grafik 6.37 Gaya Geser Balok 10 Lantai Tipe A

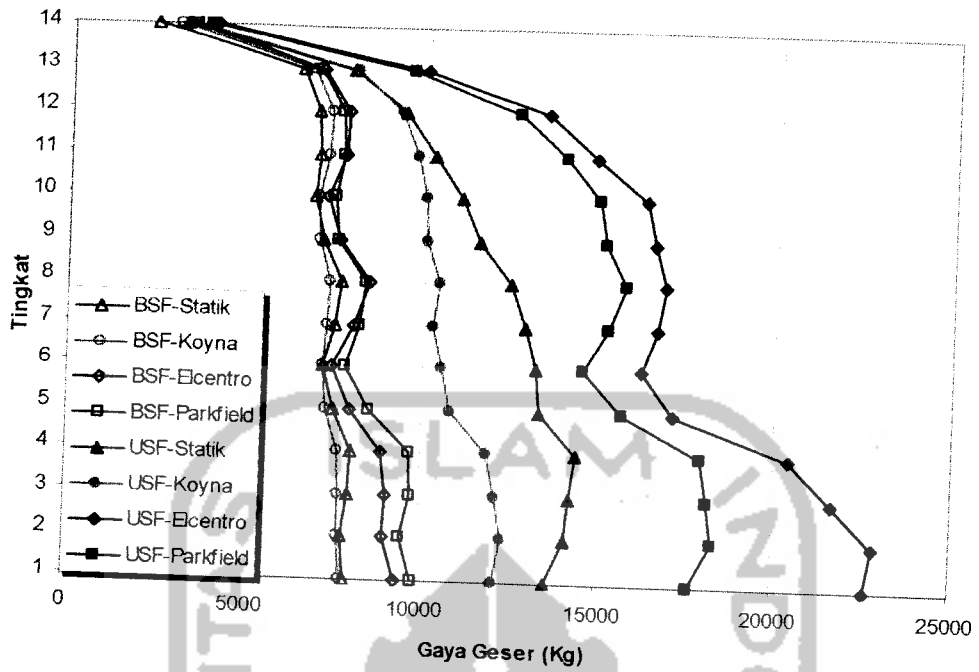




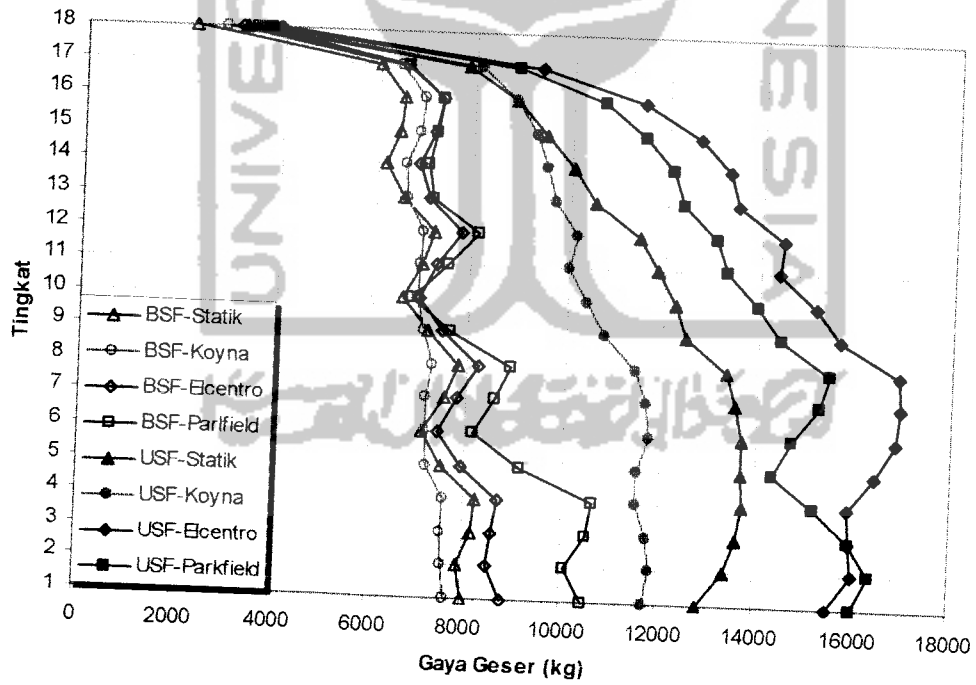
Grafik 6.38 Gaya Geser Balok 10 Lantai Tipe B



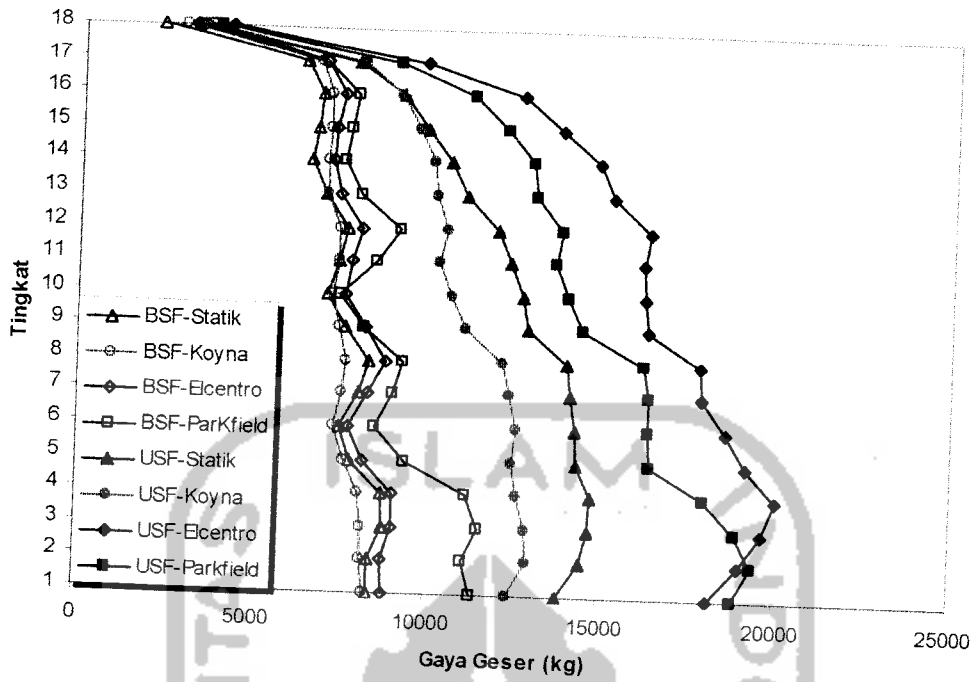
Grafik 6.39 Gaya Geser Balok 14 Lantai Tipe A



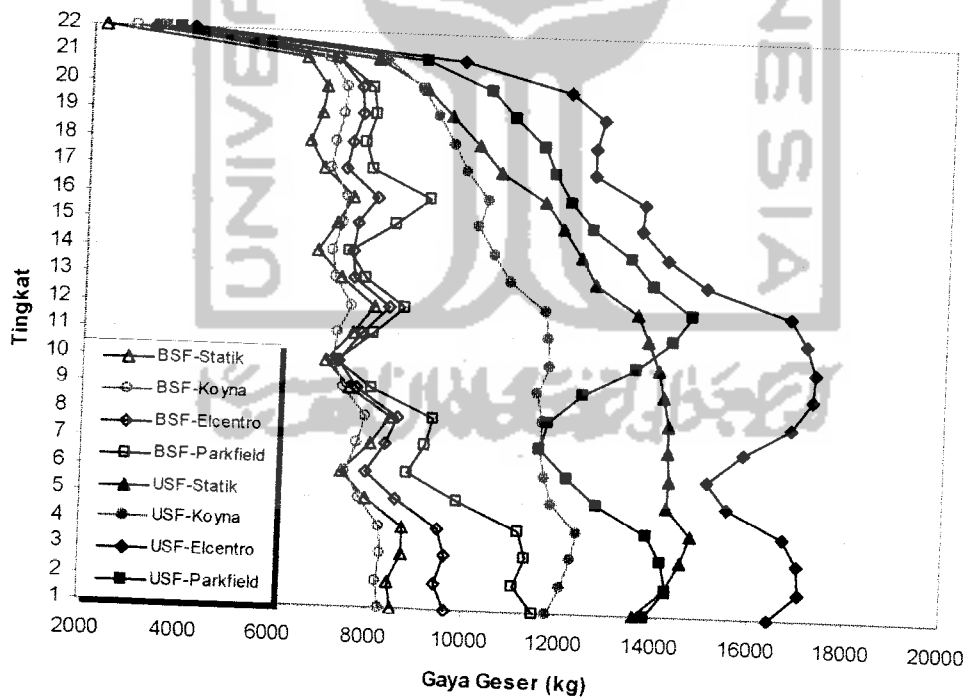
Grafik 6.40 Gaya Geser Balok 14 Lantai Tipe B



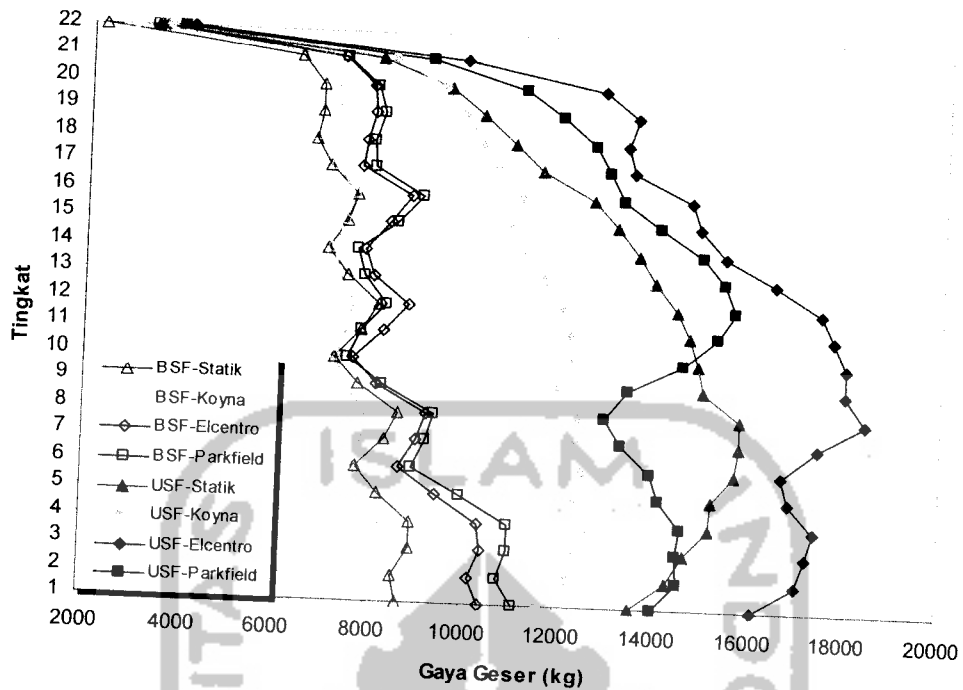
Grafik 6.41 Gaya Geser Balok 18 Lantai Tipe A



Grafik 6.42 Gaya Geser Balok 18 Lantai Tipe B



Grafik 6.43 Gaya Geser Balok 22 Lantai Tipe A



**Grafik 6.44 Gaya Geser Balok 22 Lantai Tipe B**

### Pembahasan

1. Pada struktur USF, pola momen dan geser balok akibat gempa statik dan dinamik akan semakin besar pada lantai yang semakin kebawah, sedangkan pada struktur BSF momen dan geser balok yang terjadi relatif reguler pada tiap lantai. Hal ini disebabkan oleh pengaruh bresing yang ada pada struktur BSF yang dapat menambah kekakuan sehingga memperkecil nilai momen dan geser balok.
2. Pada struktur BSF, momen balok antara statik dan dinamik cenderung menunjukkan nilai yang relatif sama pada lantai-lantai atas dan akan semakin menjauh pada lantai-lantai bawah. Hal ini menunjukkan bahwa

penggunaan *global brace* untuk stuktur yang lebih tinggi akan semakin efektif.

3. Pada struktur BSF, momen dan geser balok pada pertemuan bracing bersilangan akan mengecil, hal ini disebabkan oleh kekangan yang diakibatkan oleh pertemuan bracing tersebut besar, sehingga memperkecil momen dan geser balok.
4. Momen dan geser balok yang terjadi pada struktur BSF lebih kecil dibanding momen dan geser balok pada struktur USF, hal ini dikarenakan adanya bracing pada struktur yang dapat menambah kekakuan sehingga memperkecil momen dan geser balok.
5. Semakin banyak jumlah portal pada struktur akan memperbesar nilai momen dan geser balok, hal ini disebabkan semakin banyak jumlah portal pada struktur maka beban-beban yang ditahan oleh struktur juga semakin besar.

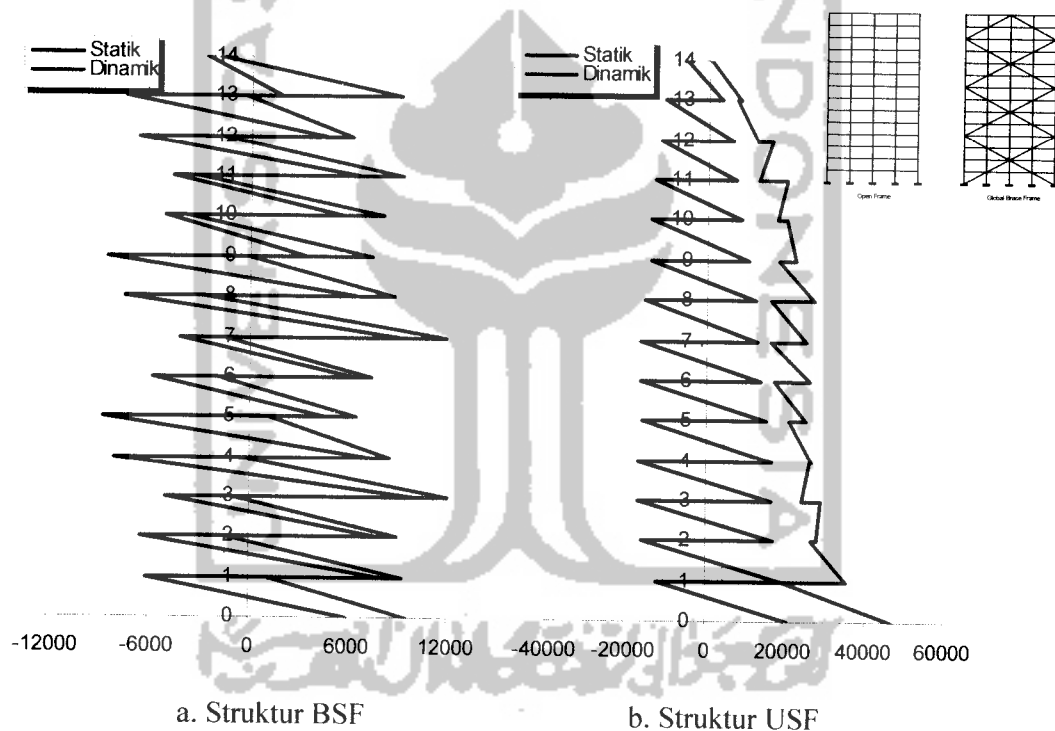
#### **6.1.4 Momen, Gaya Geser, dan Gaya Aksial Kolom**

Besarnya respon struktur yang terjadi pada balok, akan mempengaruhi respon yang terjadi pada kolom. Besarnya momen, gaya geser, dan gaya aksial kolom dapat dilihat pada grafik 6.45 sampai dengan grafik 6.75 .

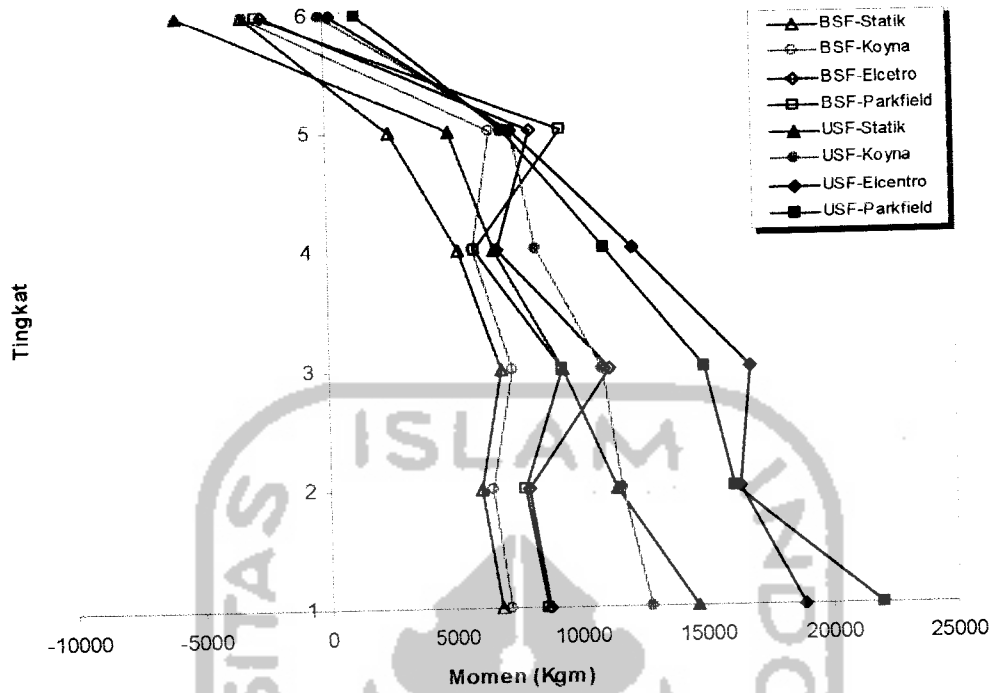
##### **6.1.4.1 Momen Kolom**

Momen kolom yang terjadi baik akibat gempa statik dan dinamik relatif reguler pada setiap variasi tingkat struktur. Seperti tampak pada gambar 6.7 merupakan contoh pola momen kolom yang terjadi akibat gempa statik dan

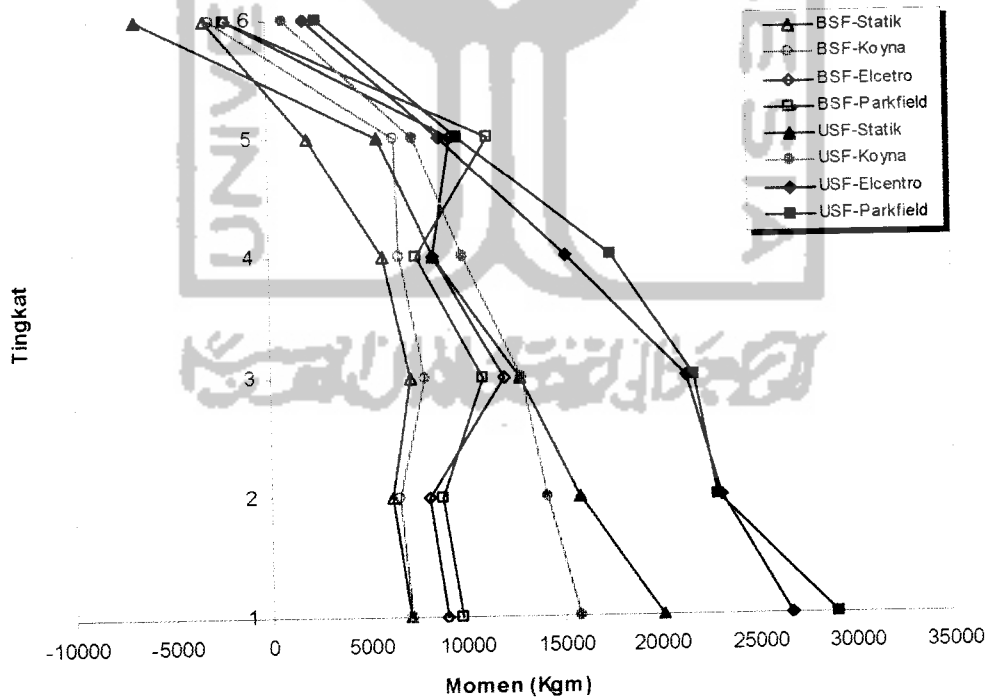
dinamik, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa gempa dinamik akan mempunyai pengaruh yang sangat signifikan pada struktur USF dibanding dengan struktur BSF, pada struktur BSF dapat dilihat bahwa gempa dinamik tidak mempunyai pengaruh yang banyak seperti terlihat pada pola momen yang terjadi, yang mana pola momen antara statik dan dinamik hampir sama. Pada grafik 6.45 sampai dengan 6.54 merupakan pola momen kolom yang diambil dari momen desain kolom pada kolom tepi, portal tepi, yaitu merupakan nilai momen maksimum pada kolom yang terjadi pada setiap tingkat struktur.



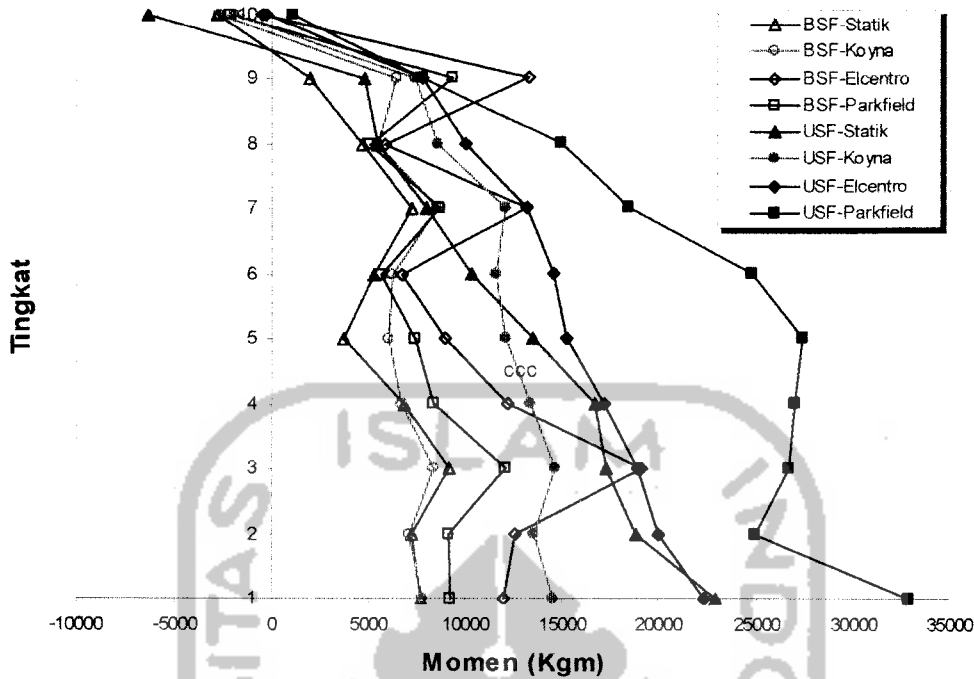
**Gambar 6.7 Diagram momen Kolom Struktur 14 Lantai**



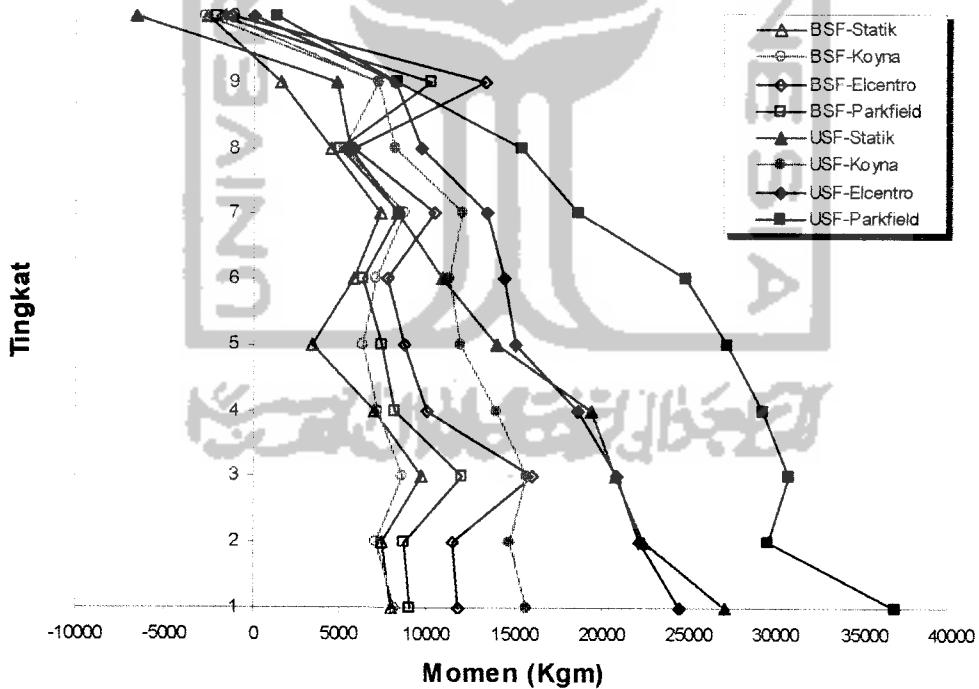
Grafik 6.45 Momen Kolom 6 Lantai Tipe A



Grafik 6.46 Momen Kolom 6 Lantai Tipe B

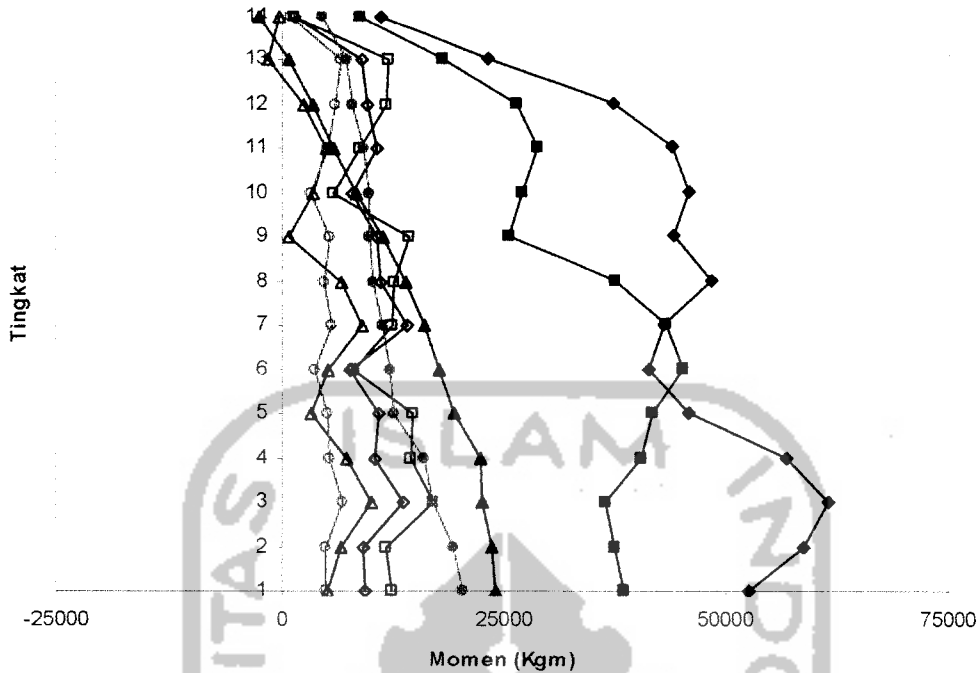


Grafik 6.47 Momen Kolom 10 Lantai Tipe A

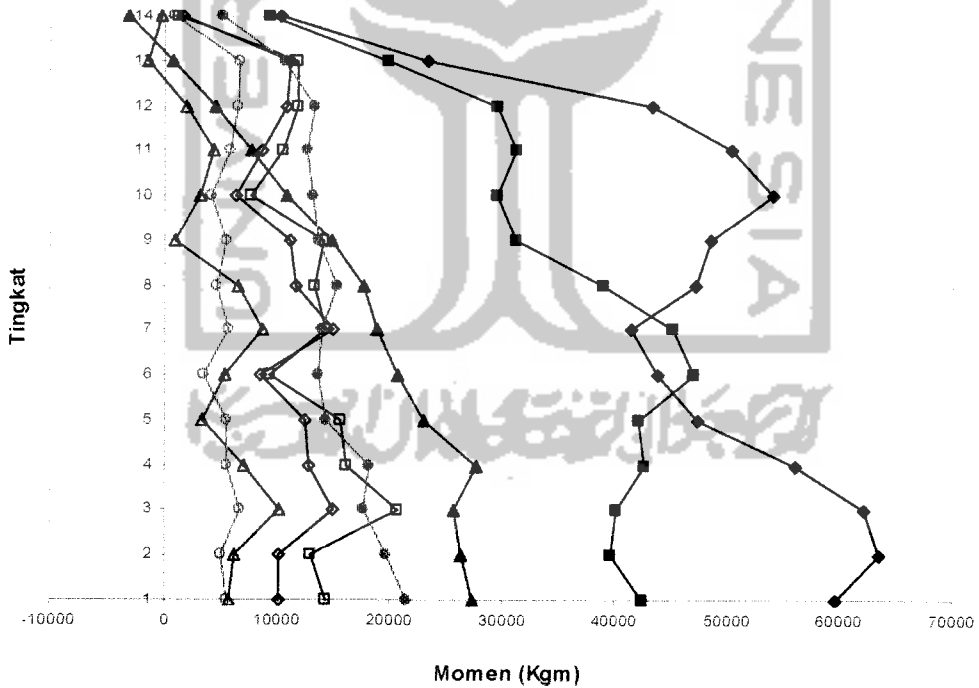


Grafik 6.48 Momen Kolom 10 Lantai Tipe B

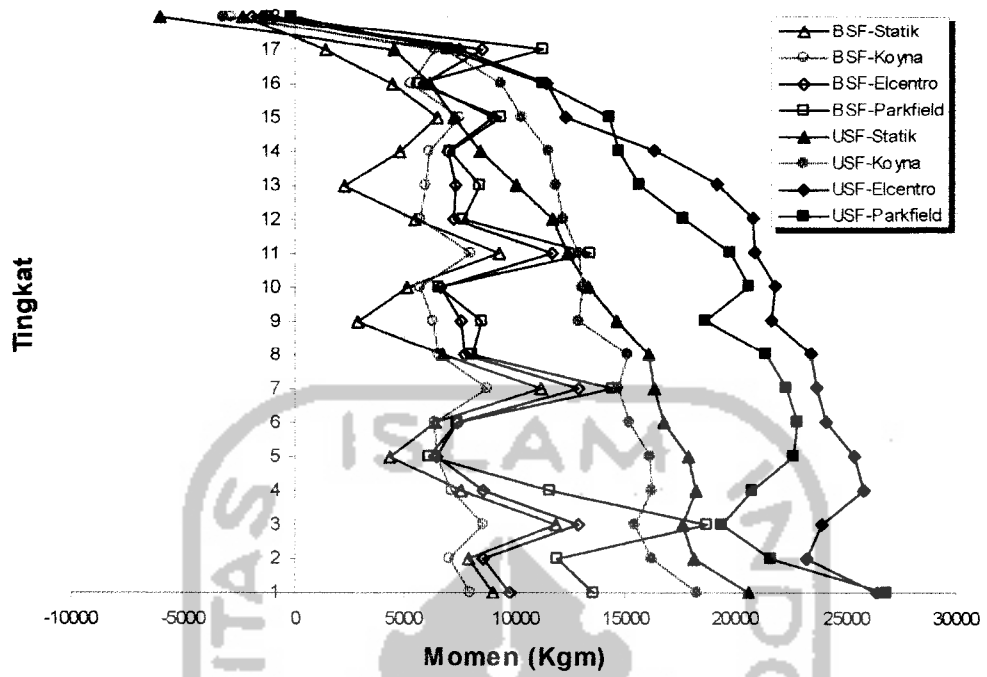




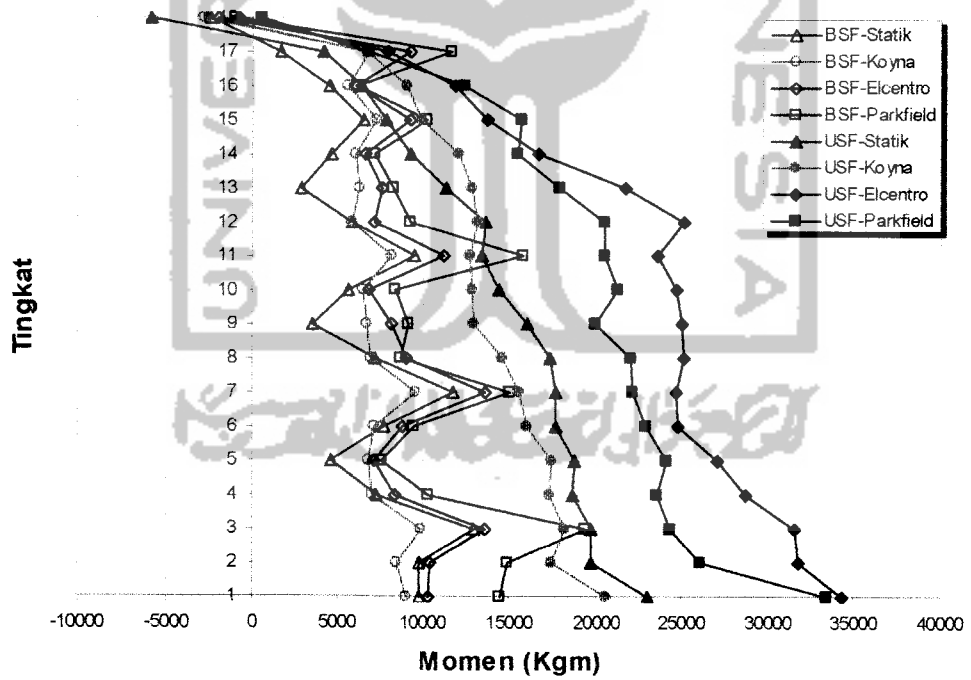
Grafik 6.49 Momen Kolom 14 Lantai Tipe A



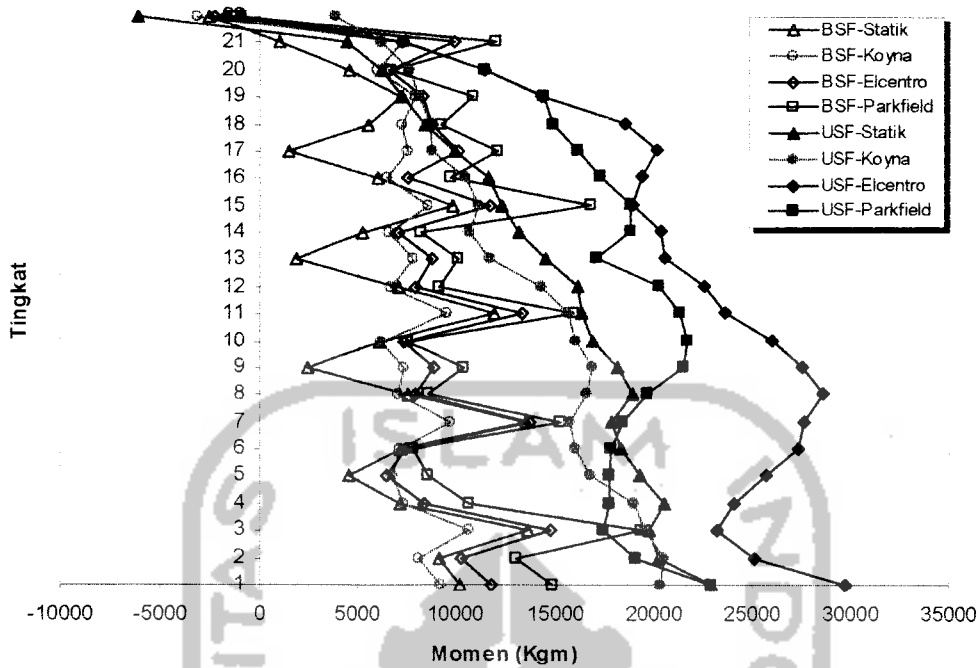
Grafik 6.50 Momen Kolom 14 Lantai Tipe B



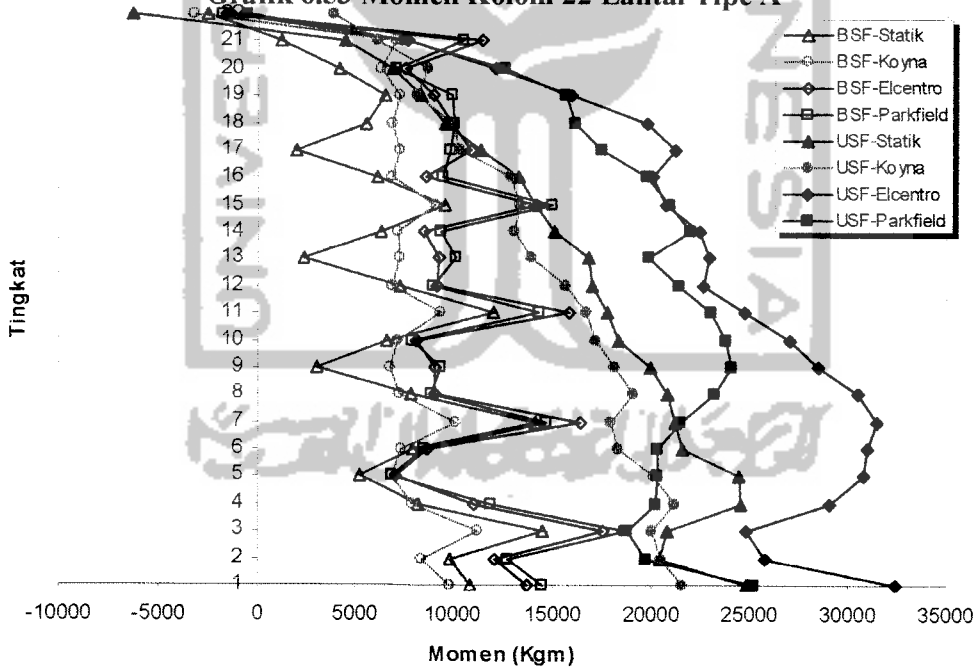
Grafik 6.51 Momen Kolom 18 Lantai Tipe A



Grafik 6.52 Momen Kolom 18 Lantai Tipe B

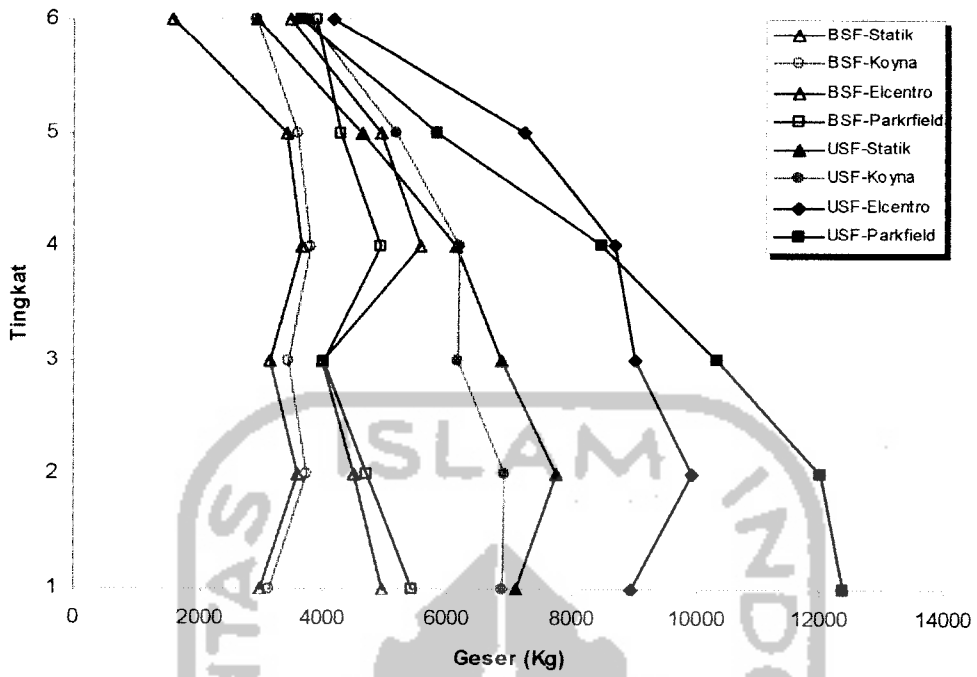


Grafik 6.53 Momen Kolom 22 Lantai Tipe A

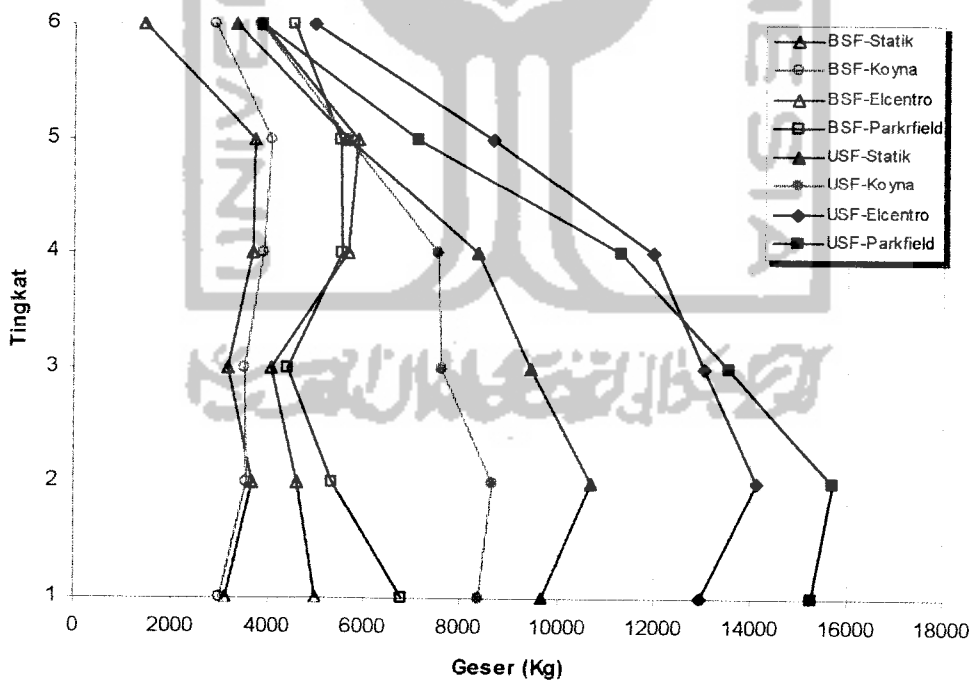


Grafik 6.54 Momen Kolom 22 Lantai Tipe B

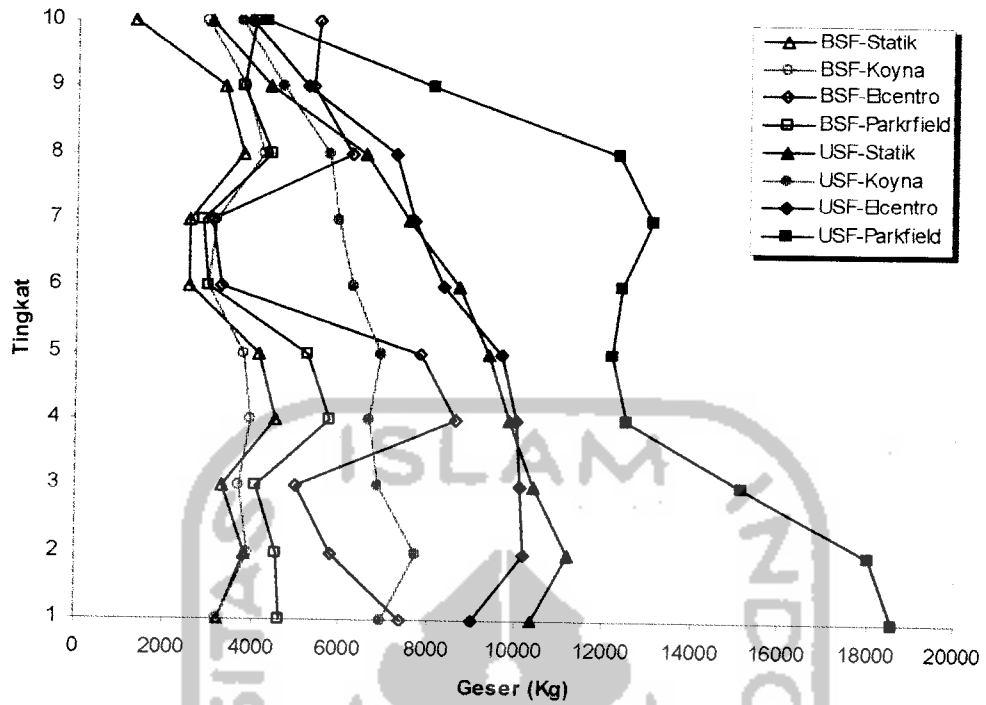




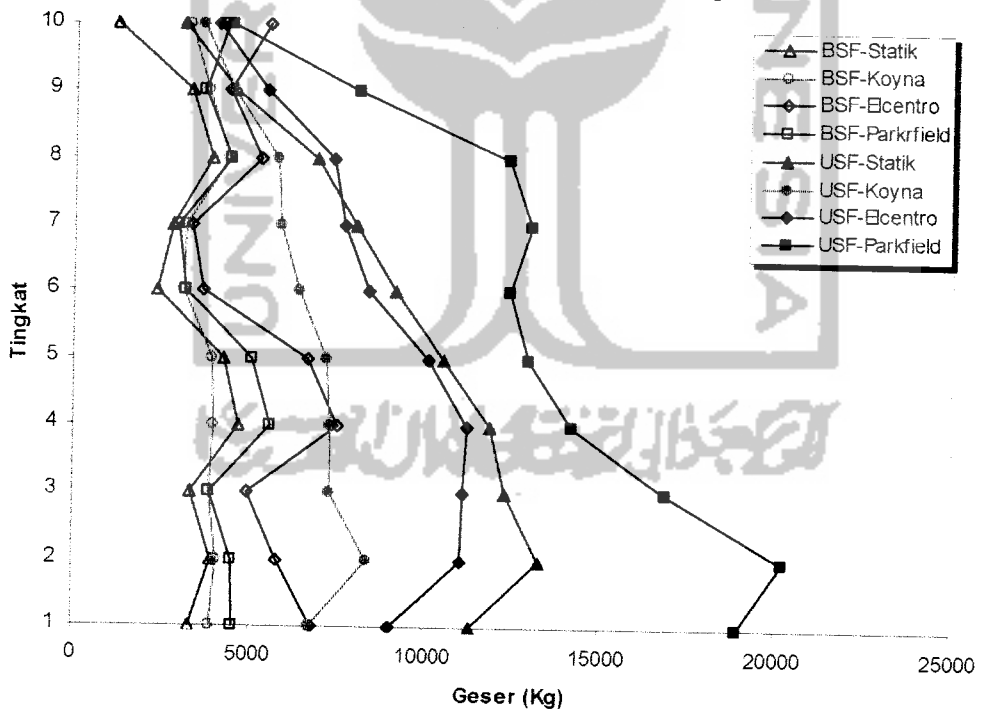
Grafik 6.55 Geser Kolom 6 Lantai Tipe A



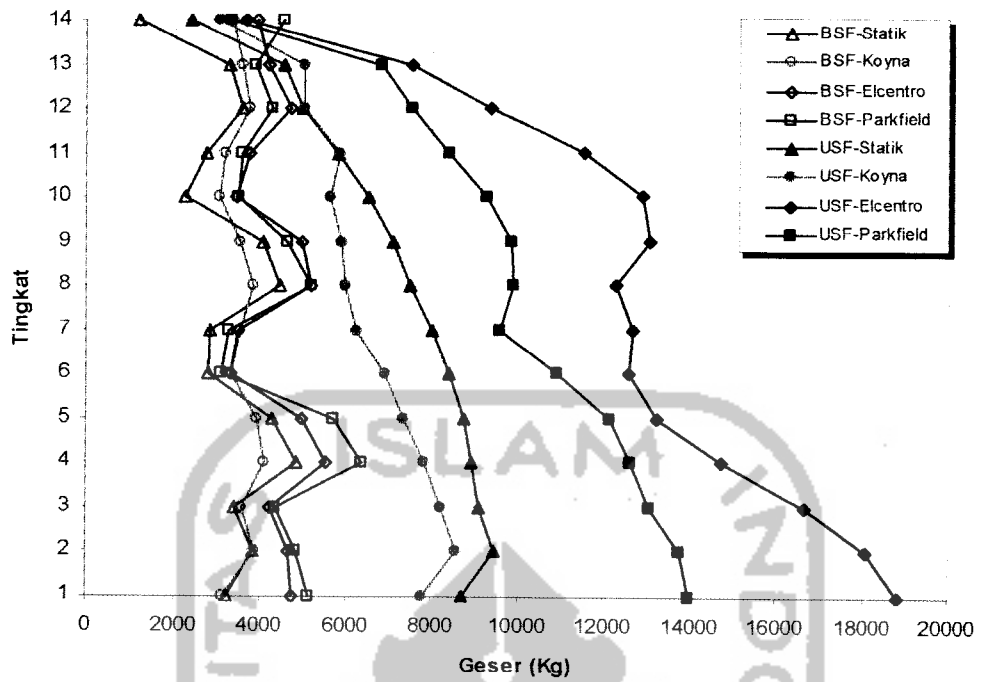
Grafik 6.56 Geser Kolom 6 Lantai Tipe B



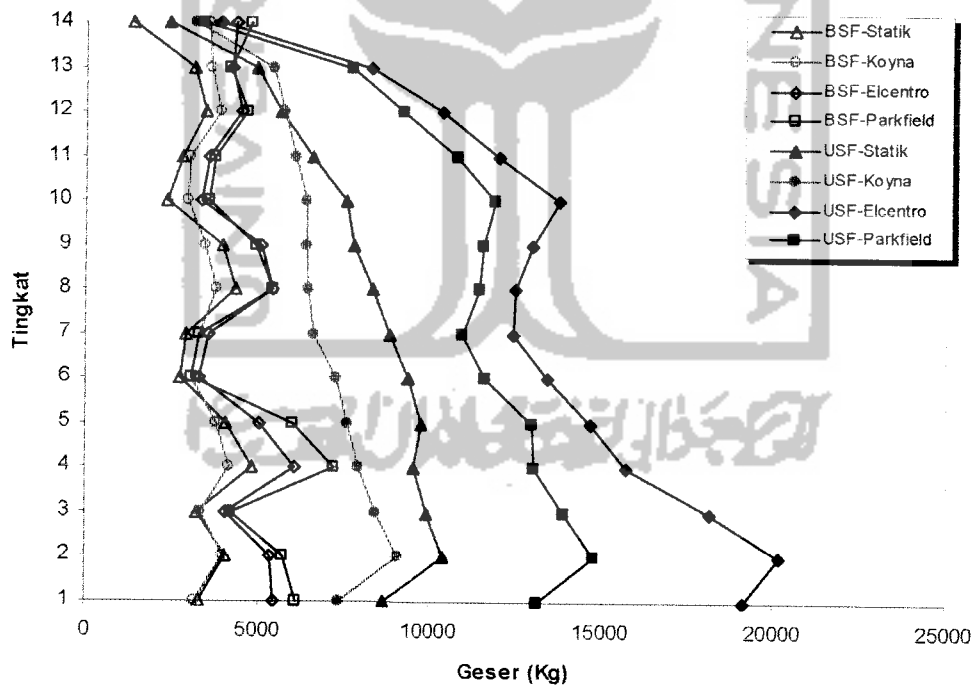
Grafik 6.57 Geser Kolom 10 Lantai Tipe A



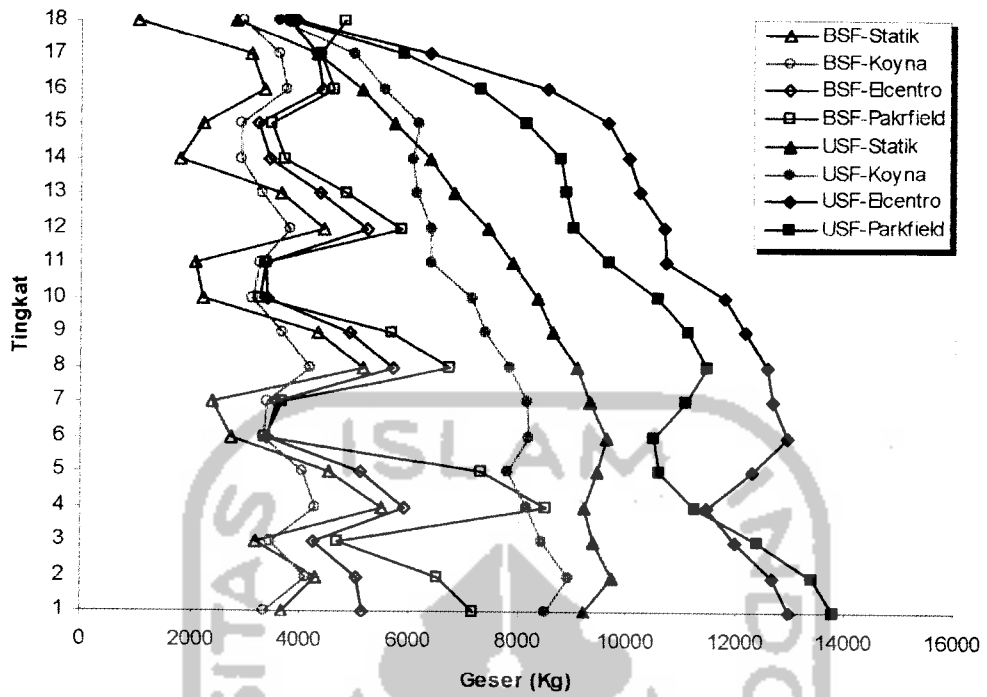
Grafik 6.58 Geser Kolom 10 Lantai Tipe B



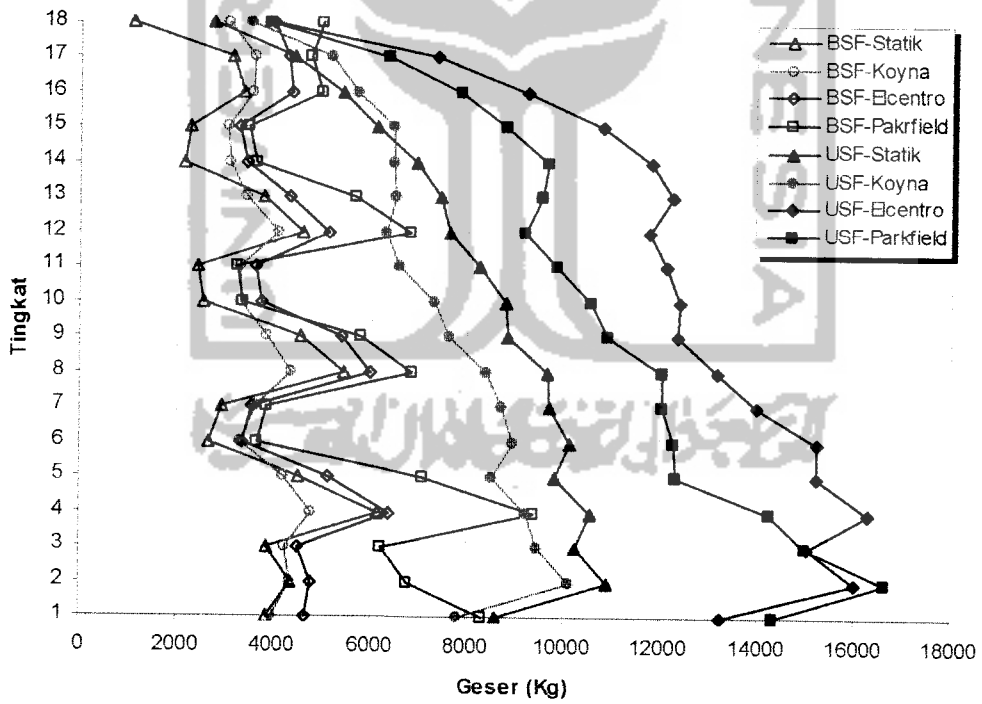
Grafik 6.59 Geser Kolom 14 Lantai Tipe A



Grafik 6.60 Geser Kolom 14 Lantai Tipe B

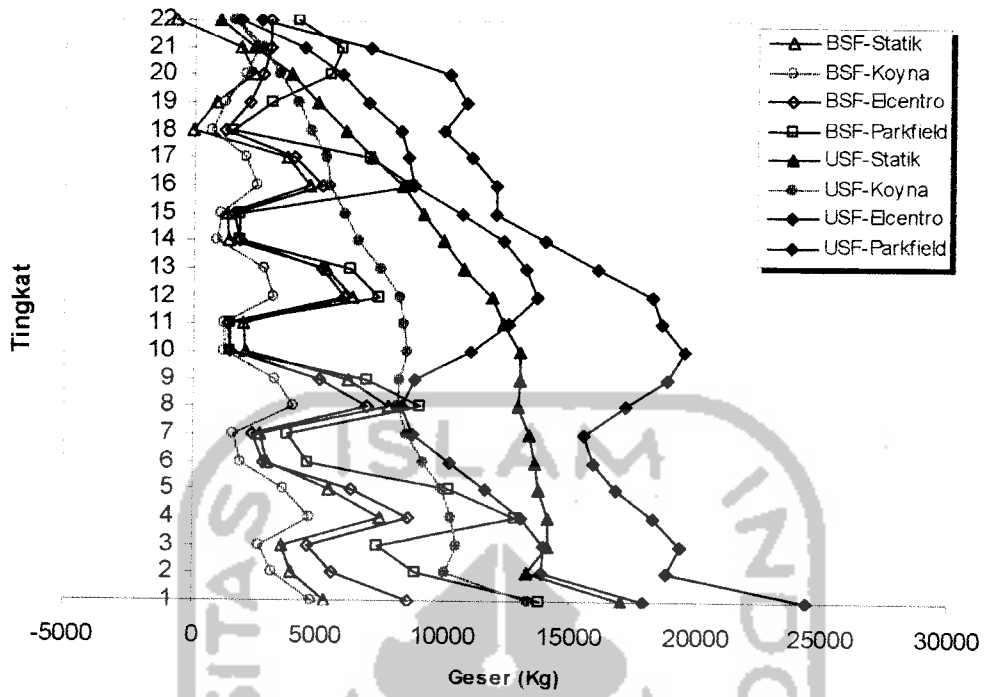


Grafik 6.61 Geser Kolom 18 Lantai Tipe A

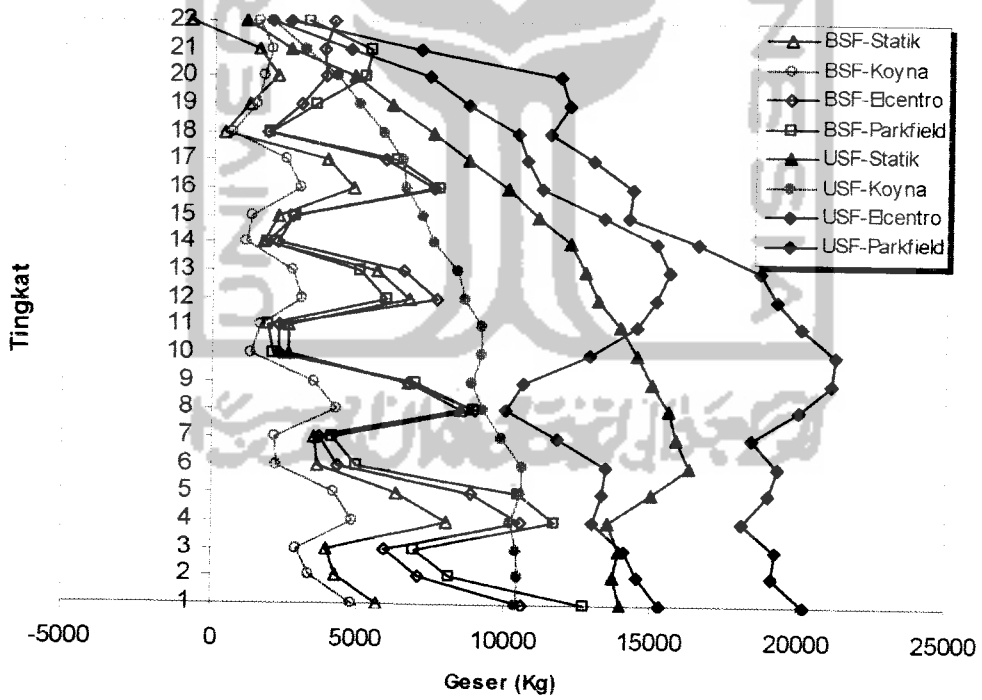


Grafik 6.62 Geser Kolom 18 Lantai Tipe B





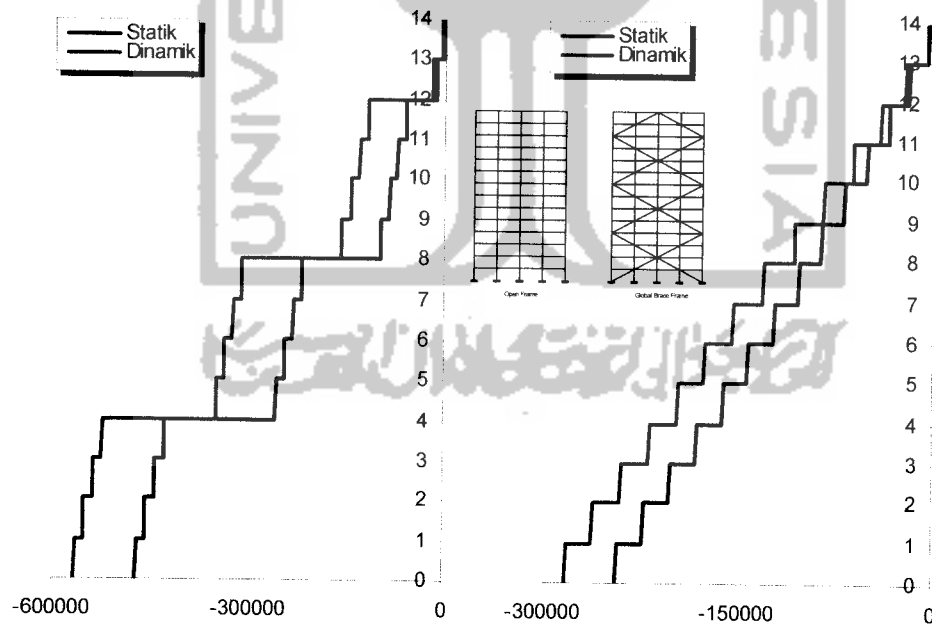
Grafik 6.63 Geser Kolom 22 Lantai Tipe A



Grafik 6.64 Geser Kolom 22 Lantai Tipe B

### 6. 1. 4. 3 Aksial Kolom Portal

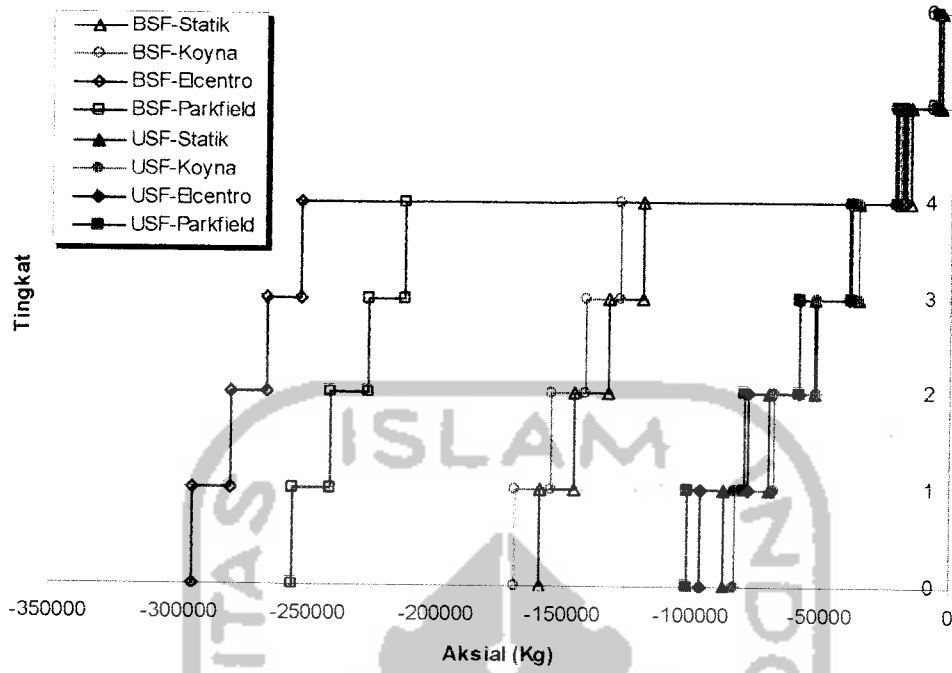
Gaya aksial kolom gaya yang arah kerjanya searah dengan garis netralnya. Gaya ini merupakan reaksi yang ditimbulkan akibat momen yang terjadi pada balok. Gaya aksial yang terjadi pada setiap lantai struktur merupakan kumulatif gaya yang berasal dari lantai yang berada di atasnya, sehingga akan semakin besar pada lantai-lantai bawah. Gaya aksial yang disebabkan oleh gempa dinamik akan memiliki pola yang hampir sama dengan gempa statik, baik pada struktur BSF maupun USF, hal ini dapat dilihat pada gambar 6.10 contoh pola gaya aksial yang disebabkan oleh gempa statik dan dinamik. Pada analisis gaya aksial hanya diambil gaya aksial pada kolom tepi, portal tepi karena mempunyai pengaruh gempa yang dominan dibanding kolom tengah. Grafik gaya aksial dapat dilihat pada grafik 6.65 sampai dengan 6.74.



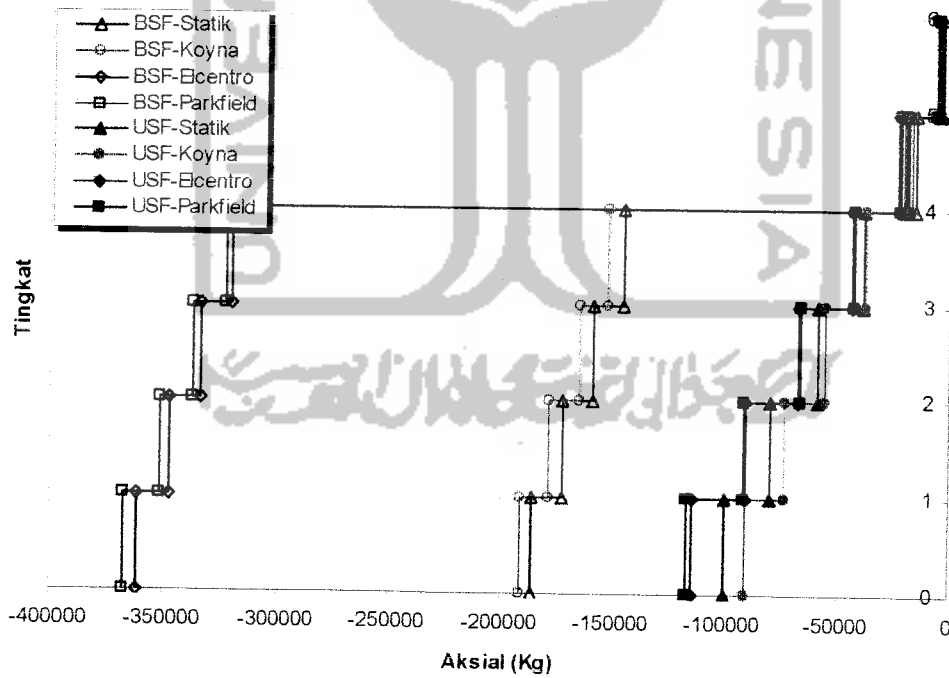
a. Struktur BSF

b. Struktur USF

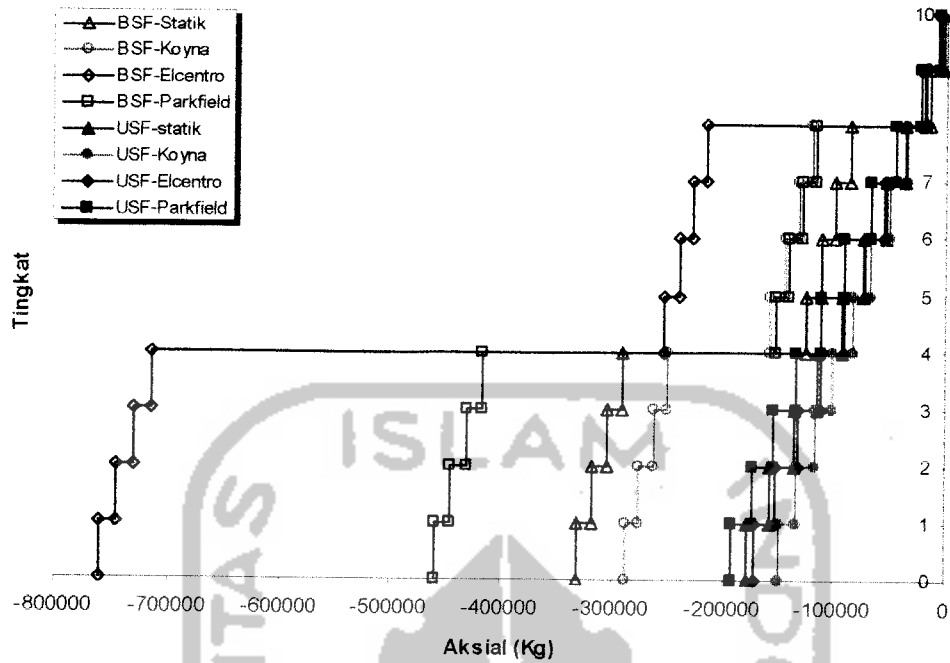
**Gambar 6.9 Diagram Aksial Kolom Struktur 14 Lantai**



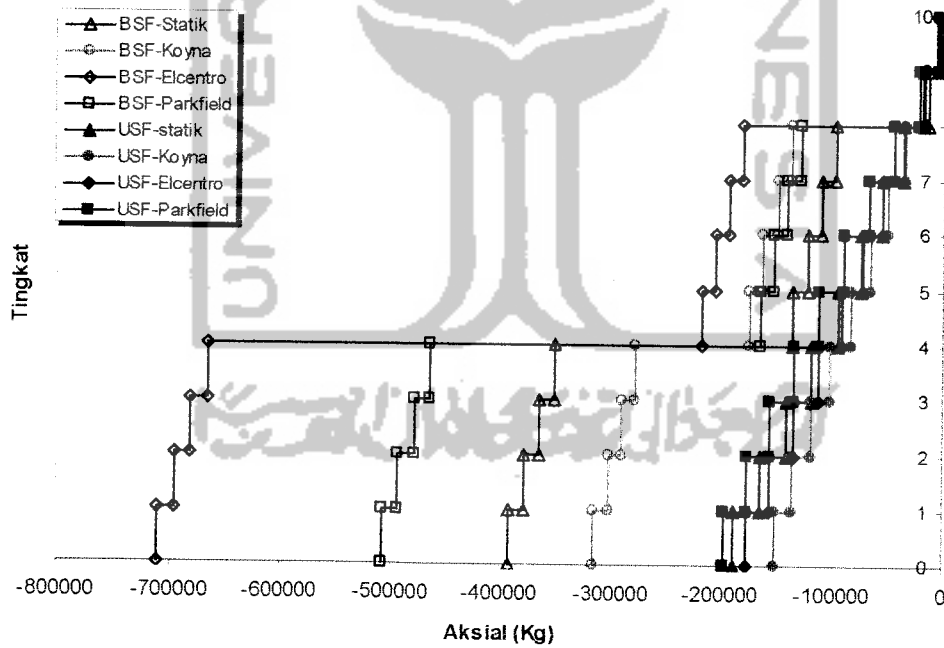
Grafik 6.65 Aksial Kolom 6 Lantai Tipe A



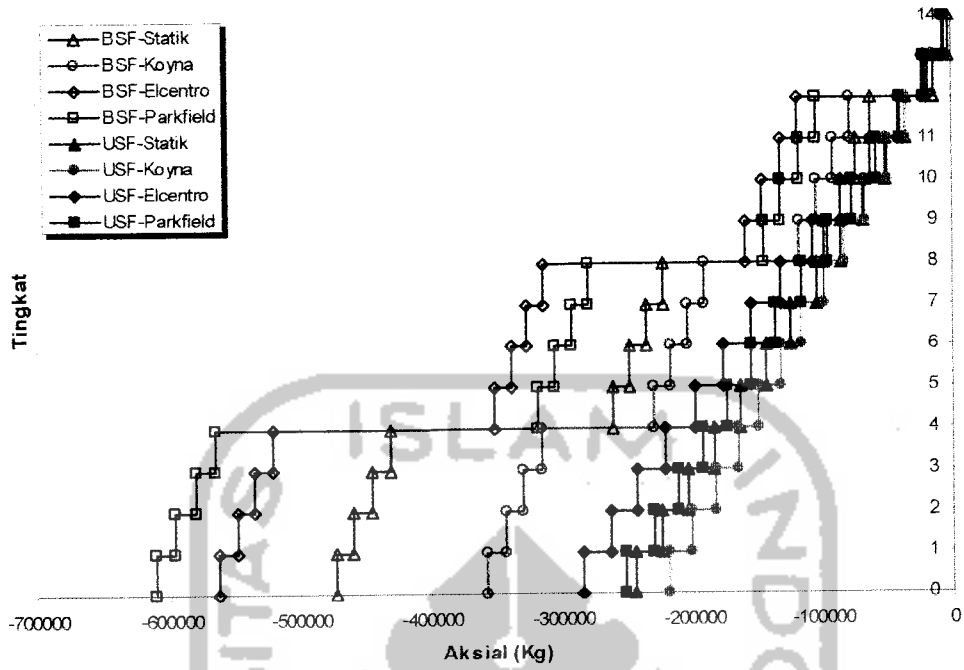
Grafik 6.66 Aksial Kolom 6 Lantai Tipe B



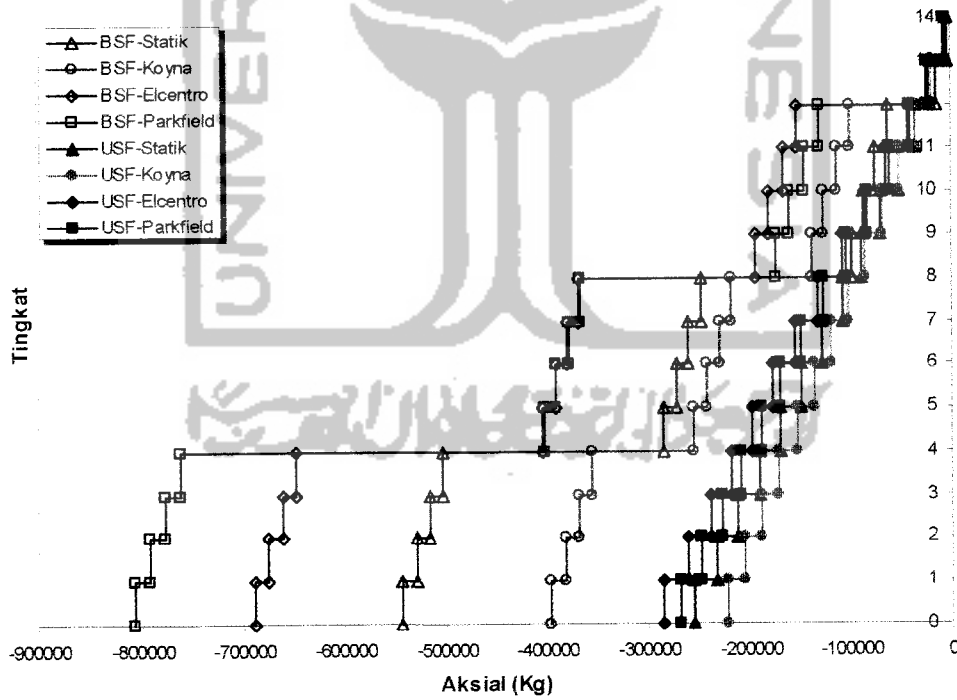
Grafik 6.67 Aksial Kolom 10 Lantai Tipe A



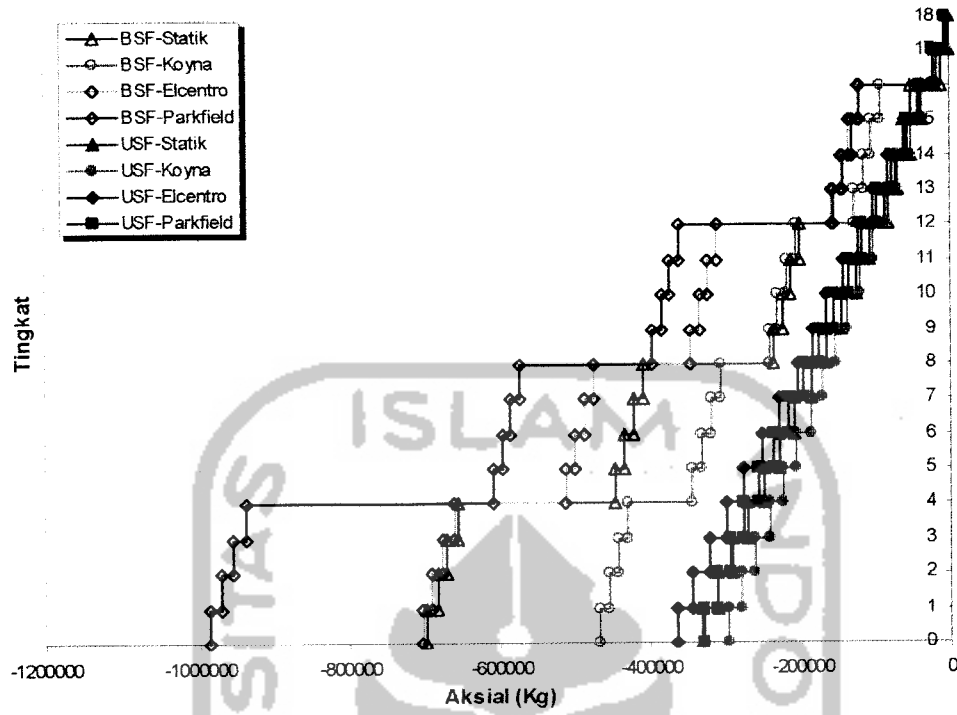
Grafik 6.68 Aksial Kolom 10 Lantai Tipe B



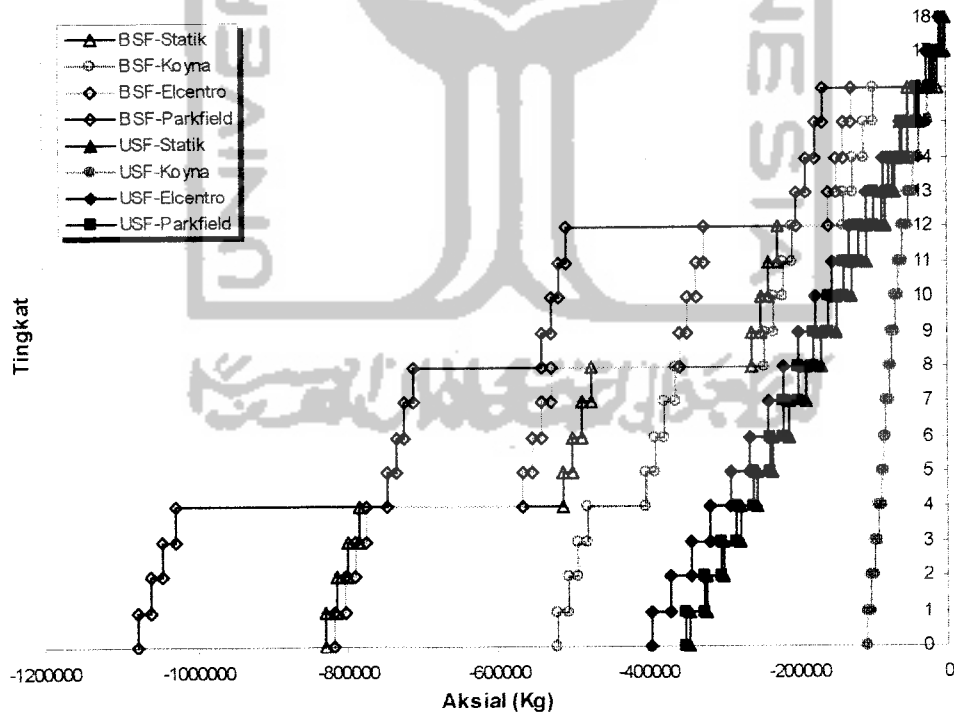
Grafik 6.69 Aksial Kolom 14 Lantai Tipe A



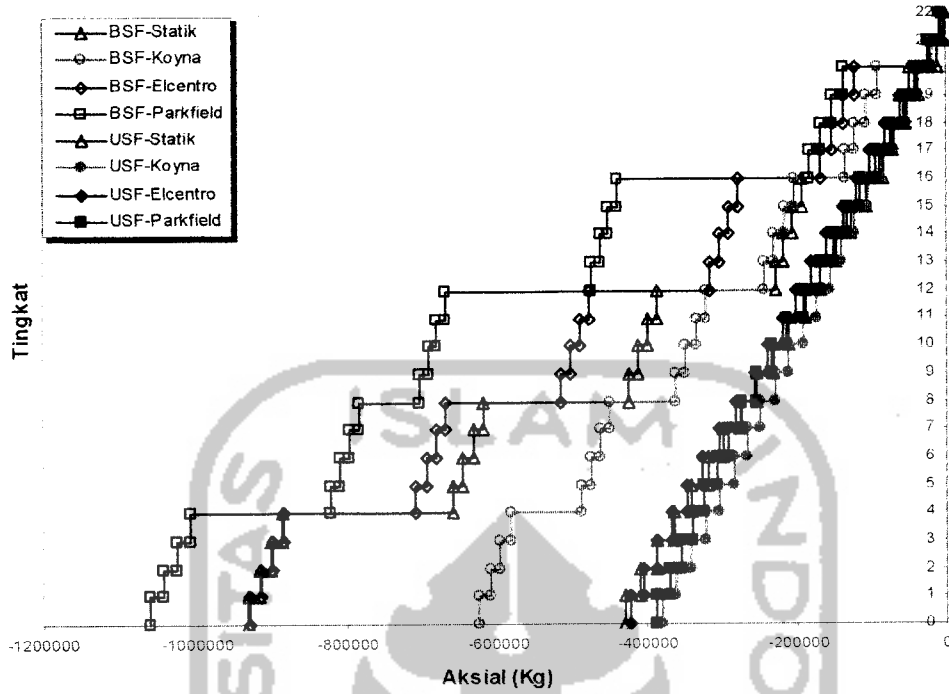
Grafik 6.70 Aksial Kolom 14 Lantai Tipe B



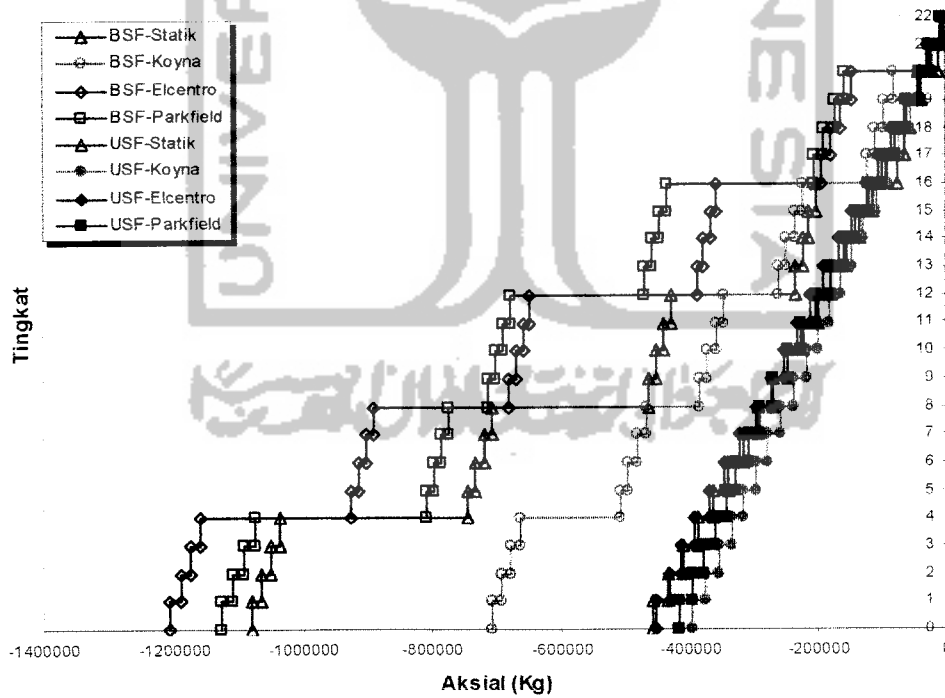
Grafik 6.71 Aksial Kolom 18 Lantai Tipe A



Grafik 6.72 Aksial Kolom 18 Lantai Tipe B



Grafik 6.73 Aksial Kolom 22 Lantai Tipe A



Grafik 6.74 Aksial Kolom 22 Lantai Tipe B

### Pembahasan

1. Semakin tinggi tingkat struktur momen dan geser kolom akibat gempa statik dan dinamik pada struktur USF dan BSF akan semakin besar.
2. Semakin banyak jumlah portal pada struktur akan memperbesar momen dan geser kolom yang terjadi, hal ini disebabkan semakin banyak jumlah portal pada struktur maka beban-beban yang ditahan juga semakin besar.
3. Pada struktur BSF kenaikan momen dan geser kolom tidak begitu signifikan. Hal ini dikarenakan momen balok pada struktur BSF relatif sama pada setiap tingkat berbeda pada struktur USF yang kenaikan momen dan geser kolomnya terlihat jelas.
4. Gaya aksial kolom pada struktur USF dan BSF akan semakin besar pada variasi tingkat yang semakin tinggi baik akibat gempa statik maupun dinamik.
5. Gaya aksial kolom pada struktur BSF lebih besar dari struktur USF. Hal ini disebabkan karena pengaruh gaya aksial pada bresing menambah besarnya gaya aksial kolom.
6. Gaya aksial kolom pada struktur BSF akan semakin membesar di setiap pertemuan antara bresing tekan dan bresing tarik. Hal ini disebabkan gaya aksial tekan bresing lebih besar daripada gaya tarik bresing, sehingga resultan gaya aksial tekan dari bresing akan disalurkan ke kolom.
7. Pada struktur USF gaya aksial kolom akibat gempa dinamik tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan



besarnya gaya aksial akibat gempa statik maupun dinamik mempunyai nilai yang berdekatan.

## 6.2 Perhitungan Berat Struktur

Pada bahasan ini akan dihitung berat struktur yang terdiri dari berat balok dan kolom yang diperoleh dari hasil desain struktur, yang mana penggunaan pelat sambung, baut sambungan, *panel zone*, pelat dasar kolom dianggap sama sehingga perbandingan struktur BSF terhadap struktur USF dapat kita ketahui dengan mudah.

Tabel 6.1 Berat Balok B1 dan B2 Struktur 14 Lantai Tipe A

Lantai	B1				B2			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W16X31	2583.77	W16X31	2583.77	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
13	W18X40	3339.38	W18X35	2914.88	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
12	W21X44	3678.98	W18X40	3339.38	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
11	W21X44	3678.98	W18X40	3339.38	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
10	W21X44	3678.98	W18X40	3339.38	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
9	W21X44	3678.98	W18X40	3339.38	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
8	W21X50	4160.07	W21X44	3678.98	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
7	W21X50	4160.07	W21X44	3678.98	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
6	W21X50	4160.07	W21X44	3678.98	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
5	W21X50	4160.07	W21X44	3678.98	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
4	W21X55	4584.57	W21X48	3990.28	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
3	W21X55	4584.57	W21X48	3990.28	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
2	W21X55	4584.57	W21X48	3990.28	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
1	W21X55	4584.57	W21X48	3990.28	W12X26	2319.57	W12X26	2319.57
$\Sigma$		55617.62		49533.18		32474.01		32474.01

Tabel 6.2 Berat Balok B3 dan B4 Struktur 14 Lantai Tipe A

Lantai	B3				B4			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W18X35	7287.20	W18X35	7287.20	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
13	W21X50	10400.18	W21X48	9975.69	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
12	W21X55	11461.42	W21X50	10400.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86

11	W21X55	11461.42	W21X50	10400.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
10	W21X55	11461.42	W21X50	10400.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
9	W21X55	11461.42	W21X50	10400.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
8	W24X55	11532.18	W21X55	11461.42	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
7	W24X55	11532.18	W21X55	11461.42	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
6	W24X55	11532.18	W21X55	11461.42	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
5	W24X55	11532.18	W21X55	11461.42	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
4	W24X62	12947.17	W24X55	11532.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
3	W24X62	12947.17	W24X55	11532.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
2	W24X62	12947.17	W24X55	11532.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
1	W24X62	12947.17	W24X55	11532.18	W12X30	3997.86	W12X30	3997.86
$\Sigma$		161450.45		150838.01		55451.50		55451.50

Tabel 6.3 Berat Balok B1 dan B2 Struktur 14 Lantai Tipe B

Lantai	B1				B2			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W18X35	2914.88	W16X31	2583.77	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
13	W18X40	3339.38	W18X35	2914.88	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
12	W21X50	4160.07	W18X40	3339.38	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
11	W21X50	4160.07	W18X40	3339.38	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
10	W21X50	4160.07	W18X40	3339.38	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
9	W21X50	4160.07	W18X40	3339.38	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
8	W21X55	4584.57	W21X44	3678.98	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
7	W21X55	4584.57	W21X44	3678.98	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
6	W21X55	4584.57	W21X44	3678.98	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
5	W21X55	4584.57	W21X44	3678.98	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
4	W24X55	4612.87	W21X48	3990.28	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
3	W24X55	4612.87	W21X48	3990.28	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
2	W24X55	4612.87	W21X48	3990.28	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
1	W24X55	4612.87	W21X48	3990.28	W12X26	3479.36	W12X26	3479.36
$\Sigma$		59684.31		49533.18		48711.02		48711.02

Tabel 6.4 Berat Balok B3 dan B4 Struktur 14 Lantai Tipe B

Lantai	B3				B4			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W18X40	13357.52	W18X35	11659.53	W12X26	5219.04	W12X26	5219.04
13	W21X50	16640.29	W21X48	15961.10	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
12	W24X55	18451.48	W21X50	16640.29	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
11	W24X55	18451.48	W21X50	16640.29	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
10	W24X55	18451.48	W21X50	16640.29	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
9	W24X55	18451.48	W21X50	16640.29	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
8	W24X62	20715.47	W21X55	18338.28	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
7	W24X62	20715.47	W21X55	18338.28	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
6	W24X62	20715.47	W21X55	18338.28	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
5	W24X62	20715.47	W21X55	18338.28	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
4	W24X62	20715.47	W24X55	18451.48	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
3	W24X62	20715.47	W24X55	18451.48	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79

2	W24X62	20715.47	W24X55	18451.48	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
1	W24X62	20715.47	W24X55	18451.48	W12X30	5996.79	W12X30	5996.79
$\Sigma$		269527.47		241340.81		83177.24		83177.24

Tabel 6.5 Berat Kolom K1 dan K2 Struktur 14 Lantai Tipe A

Lantai	K1				K2			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X82	1819.27	W14X90	2008.78	W14X99	2205.87	W14X99	2205.87
13	W14X99	2205.87	W14X99	2205.87	W14X159	3540.00	W14X132	2941.16
12	W14X99	2205.87	W14X120	2675.85	W14X176	3926.60	W14X159	3540.00
11	W14X99	2205.87	W14X120	2675.85	W14X176	3926.60	W14X159	3540.00
10	W14X132	2941.16	W14X120	2675.85	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00
9	W14X132	2941.16	W14X120	2675.85	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00
8	W14X145	3236.79	W14X145	3236.79	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60
7	W14X145	3236.79	W14X145	3236.79	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60
6	W14X176	3926.60	W14X145	3236.79	W14X257	5730.71	W14X176	3926.60
5	W14X176	3926.60	W14X145	3236.79	W14X257	5730.71	W14X176	3926.60
4	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X283	6314.40	W14X193	4305.61
3	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X283	6314.40	W14X193	4305.61
2	W14X233	5192.51	W14X159	3540.00	W14X283	6314.40	W14X193	4305.61
1	W14X233	5192.51	W14X159	3540.00	W14X283	6314.40	W14X193	4305.61
$\Sigma$		48430.59		42025.22		70102.69		52235.90

Tabel 6.6 Berat Kolom K3 dan K4 Struktur 14 Lantai Tipe A

Lantai	K3				K4			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X120	6689.62	W14X109	6064.25	W14X145	8091.98	W14X132	7352.90
13	W14X120	6689.62	W14X120	6689.62	W14X211	11749.48	W14X211	11749.48
12	W14X145	8091.98	W14X176	9816.50	W14X257	14326.78	W14X233	12981.28
11	W14X145	8091.98	W14X176	9816.50	W14X257	14326.78	W14X233	12981.28
10	W14X211	11749.48	W14X176	9816.50	W14X311	17321.00	W14X233	12981.28
9	W14X211	11749.48	W14X176	9816.50	W14X311	17321.00	W14X233	12981.28
8	W14X233	12981.28	W14X193	10764.04	W14X342	19140.28	W14X257	14326.78
7	W14X233	12981.28	W14X193	10764.04	W14X342	19140.28	W14X257	14326.78
6	W14X256	12981.28	W14X193	10764.04	W14X370	20656.34	W14X257	14326.78
5	W14X283	15785.99	W14X193	10764.04	W14X370	20656.34	W14X257	14326.78
4	W14X311	17321.00	W14X211	11749.48	W14X426	23688.46	W14X283	15785.99
3	W14X311	17321.00	W14X211	11749.48	W14X426	23688.46	W14X283	15785.99
2	W14X370	20656.34	W14X211	11749.48	W14X426	23688.46	W14X283	15785.99
1	W14X370	20656.34	W14X211	11749.48	W14X426	23688.46	W14X283	15785.99
$\Sigma$		183746.65		142073.92		257484.09		191478.57

Tabel 6.7 Berat Kolom K5 dan K6 Struktur 14 Lantai Tipe A

Lantai	K5				K6			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X99	1102.93	W14X99	1102.93	W14X132	3676.45	W14X132	3676.45
13	W14X159	1770.00	W14X120	1337.92	W14X211	5874.74	W14X176	4908.25
12	W14X176	1963.30	W14X145	1618.40	W14X257	7163.39	W14X211	5874.74
11	W14X176	1963.30	W14X145	1618.40	W14X257	7163.39	W14X211	5874.74
10	W14X211	2349.90	W14X145	1618.40	W14X311	8660.50	W14X211	5874.74
9	W14X211	2349.90	W14X145	1618.40	W14X311	8660.50	W14X211	5874.74
8	W14X233	2596.26	W14X159	1770.00	W14X370	10328.17	W14X257	7163.39
7	W14X233	2596.26	W14X159	1770.00	W14X370	10328.17	W14X257	7163.39
6	W14X257	2865.36	W14X159	1770.00	W14X370	10328.17	W14X257	7163.39
5	W14X257	2865.36	W14X159	1770.00	W14X370	10328.17	W14X257	7163.39
4	W14X283	3157.20	W14X176	1963.30	W14X426	11844.23	W14X283	7893.00
3	W14X283	3157.20	W14X176	1963.30	W14X426	11844.23	W14X283	7893.00
2	W14X283	3157.20	W14X176	1963.30	W14X426	11844.23	W14X283	7893.00
1	W14X283	3157.20	W14X176	1963.30	W14X426	11844.23	W14X283	7893.00
Σ		35051.34		23847.65		129888.57		92309.20

Tabel 6.8 Berat Kolom K1 dan K2 Struktur 14 Lantai Tipe B

Lantai	K1				K2			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X99	2205.87	W14X99	2205.87	W14X109	2425.70	W14X109	2425.70
13	W14X176	3926.60	W14X132	2941.16	W14X159	3540.00	W14X120	2675.85
12	W14X193	4305.61	W14X145	3236.79	W14X211	4699.79	W14X176	3926.60
11	W14X193	4305.61	W14X145	3236.79	W14X211	4699.79	W14X176	3926.60
10	W14X193	4305.61	W14X145	3236.79	W14X211	4699.79	W14X176	3926.60
9	W14X193	4305.61	W14X145	3236.79	W14X211	4699.79	W14X176	3926.60
8	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X257	5730.71	W14X193	4305.61
7	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X257	5730.71	W14X193	4305.61
6	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X257	5730.71	W14X193	4305.61
5	W14X211	4699.79	W14X159	3540.00	W14X257	5730.71	W14X193	4305.61
4	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60	W14X283	6314.40	W14X211	4699.79
3	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60	W14X283	6314.40	W14X211	4699.79
2	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60	W14X283	6314.40	W14X211	4699.79
1	W14X233	5192.51	W14X176	3926.60	W14X283	6314.40	W14X211	4699.79
Σ		62924.13		47960.60		72945.30		56829.57

Tabel 6.9 Berat Kolom K3 dan K4 Struktur 14 Lantai Tipe B

Lantai	K3				K4			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X120	10703.40	W14X109	9702.79	W14X145	12947.16	W14X132	11764.64
13	W14X233	20770.04	W14X120	10703.40	W14X233	20770.04	W14X211	18799.16
12	W14X257	22922.85	W14X193	17222.46	W14X257	22922.85	W14X283	25257.59
11	W14X257	22922.85	W14X193	17222.46	W14X257	22922.85	W14X283	25257.59
10	W14X257	22922.85	W14X193	17222.46	W14X311	27713.60	W14X283	25257.59
9	W14X257	22922.85	W14X193	17222.46	W14X311	27713.60	W14X283	25257.59
8	W14X283	25257.59	W14X211	18799.16	W14X342	30624.44	W14X311	27713.60
7	W14X283	25257.59	W14X211	18799.16	W14X342	30624.44	W14X311	27713.60
6	W14X283	25257.59	W14X211	18799.16	W14X370	33050.14	W14X311	27713.60
5	W14X283	25257.59	W14X211	18799.16	W14X370	33050.14	W14X311	27713.60
4	W14X342	30624.44	W14X233	20770.04	W14X426	37901.54	W14X311	27713.60
3	W14X342	30624.44	W14X233	20770.04	W14X426	37901.54	W14X311	27713.60
2	W14X342	30624.44	W14X233	20770.04	W14X426	37901.54	W14X311	27713.60
1	W14X342	30624.44	W14X233	20770.04	W14X426	37901.54	W14X311	27713.60
Σ		346692.95		247572.85		413945.43		353302.96

Tabel 6.10 Berat Kolom K5 dan K6 Struktur 14 Lantai Tipe B

Lantai	K5				K6			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W14X109	1212.85	W14X99	1102.93	W14X145	6473.58	W14X132	5882.32
13	W14X176	1963.30	W14X120	1337.92	W14X211	9399.58	W14X211	9399.58
12	W14X211	2349.90	W14X159	1770.00	W14X311	13856.80	W14X283	12628.79
11	W14X211	2349.90	W14X159	1770.00	W14X311	13856.80	W14X283	12628.79
10	W14X211	2349.90	W14X159	1770.00	W14X311	13856.80	W14X283	12628.79
9	W14X211	2349.90	W14X159	1770.00	W14X311	13856.80	W14X283	12628.79
8	W14X257	2865.36	W14X176	1963.30	W14X370	16525.07	W14X311	13856.80
7	W14X257	2865.36	W14X159	1770.00	W14X370	16525.07	W14X311	13856.80
6	W14X257	2865.36	W14X159	1770.00	W14X370	16525.07	W14X311	13856.80
5	W14X257	2865.36	W14X176	1963.30	W14X370	16525.07	W14X311	13856.80
4	W14X283	3157.20	W14X193	2152.81	W14X426	18950.77	W14X311	13856.80
3	W14X283	3157.20	W14X193	2152.81	W14X426	18950.77	W14X311	13856.80
2	W14X283	3157.20	W14X193	2152.81	W14X426	18950.77	W14X311	13856.80
1	W14X283	3157.20	W14X193	2152.81	W14X426	18950.77	W14X311	13856.80
Σ		36665.95		25598.70		213203.72		176651.48

Tabel 6.11 Berat Balok Anak Struktur 14 Lantai

Lantai	Balok Anak Tipe A				Balok Anak Tipe B			
	USF		BSF		USF		BSF	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W12X26	4639.14	W12X26	4639.14	W12X26	6958.72	W12X26	6958.72
13	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71

12	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
11	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
10	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
9	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
8	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
7	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
6	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
5	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
4	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
3	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
2	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
1	W12X30	5330.48	W12X30	5330.48	W12X30	7995.71	W12X30	7995.71
$\Sigma$		73935.33		73935.33		110902.99		110902.99

Tabel 6.12 Berat Bresing Struktur BSF 14 Lantai

Lantai	Berat Bresing Struktur BSF			
	Tipe A		Tipe B	
	Profil Pakai	Total (Kg)	Profil Pakai	Total (Kg)
14	W12X50	2343.60	W12X65	3065.94
13	W12X50	2343.60	W12X65	3065.94
12	W12X53	2504.12	W12X72	3386.99
11	W12X53	2504.12	W12X72	3386.99
10	W12X72	3386.99	W12X72	3386.99
9	W12X72	3386.99	W12X72	3386.99
8	W12X87	4109.33	W12X96	4526.68
7	W12X87	4109.33	W12X96	4526.68
6	W12X96	4526.68	W12X120	5666.38
5	W12X96	4526.68	W12X120	5666.38
4	W12X106	5008.24	W12X136	6404.77
3	W12X106	5008.24	W12X136	6404.77
2	W12X120	5666.38	W12X136	6404.77
1	W12X120	5666.38	W12X136	6404.77
$\Sigma$		55090.67		65685.03

Tabel 6.13 Berat Total Struktur 14 Lantai

Lantai	Balok dan Bresing (Kg)				Kolom (Kg)			
	Tipe A		Tipe B		Tipe A		Tipe B	
	USF	BSF	USF	BSF	USF	BSF	USF	BSF
14	15669.91	18013.51	24970.79	26007.64	23586.13	22411.18	35968.56	33084.25
13	20056.99	21551.60	19357.08	31418.07	31829.71	29832.30	60369.57	45857.07
12	21457.83	22561.11	19357.08	32842.80	37677.92	36506.76	71057.80	64042.23
11	21457.83	22561.11	19357.08	32842.80	37677.92	36506.76	71057.80	64042.23
10	21457.83	23443.97	20864.05	32842.80	47721.82	36506.76	75848.56	64042.23
9	21457.83	23443.97	20864.05	32842.80	47721.82	36506.76	75848.56	64042.23
8	22009.68	25567.16	20864.05	36020.08	53475.28	41187.60	85702.96	70178.48
7	22009.68	25567.16	20864.05	36020.08	53475.28	41187.60	85702.96	69985.19
6	22009.68	25984.51	20864.05	37159.77	59293.17	41187.60	88128.66	69985.19
5	22009.68	25984.51	22137.54	37159.77	59293.17	41187.60	88128.66	70178.48
4	23849.17	26848.12	22137.54	38322.67	67025.08	45237.38	102140.85	73119.64

3	23849.17	26848.12	22137.54	38322.67	67025.08	45237.38	102140.85	73119.64
2	23849.17	27506.26	22137.54	38322.67	70853.13	45237.38	102140.85	73119.64
1	23849.17	27506.26	22137.54	38322.67	70853.13	45237.38	102140.85	73119.64
$\Sigma$	304993.57	343387.36	298049.94	488447.28	727508.64	543970.46	1146377.48	907916.15

Dari tabel 6.13 berat total struktur 14 lantai, dapat dicari perbandingan efisiensi berat struktur antara struktur *braced steel frame (BSF)* dan *unbraced steel frame (USF)*. Perbandingan struktur BSF dan USF tipe A adalah sebagai berikut :

$$W_{\text{total BSF}} = 343387,36 + 543970,46 = 887357,82 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total USF}} = 304993,57 + 724503,92 = 1032502,213 \text{ kg}$$

$$Eff = \frac{10322502,213 - 887357,82}{10322502,213} \times 100\% = 14,06 \%$$

Sedangkan efisiensi berat struktur BSF dan USF tipe B adalah sebagai berikut :

$$W_{\text{total BSF}} = 488447,28 + 907916,15 = 1396363,428 \text{ kg}$$

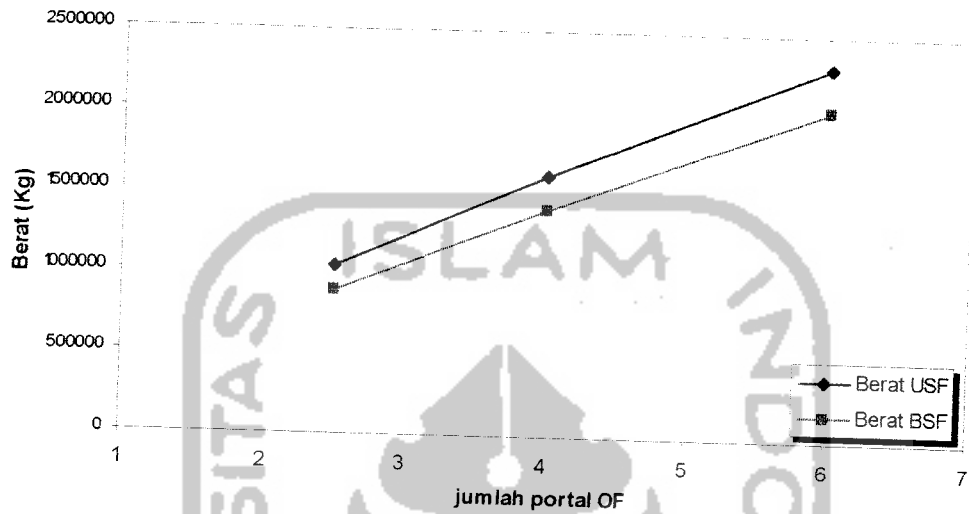
$$W_{\text{total USF}} = 298049,944 + 1146377,48 = 1607477,524 \text{ kg}$$

$$Eff = \frac{1607477,524 - 1396363,428}{1607477,524} \times 100\% = 13,13 \%$$

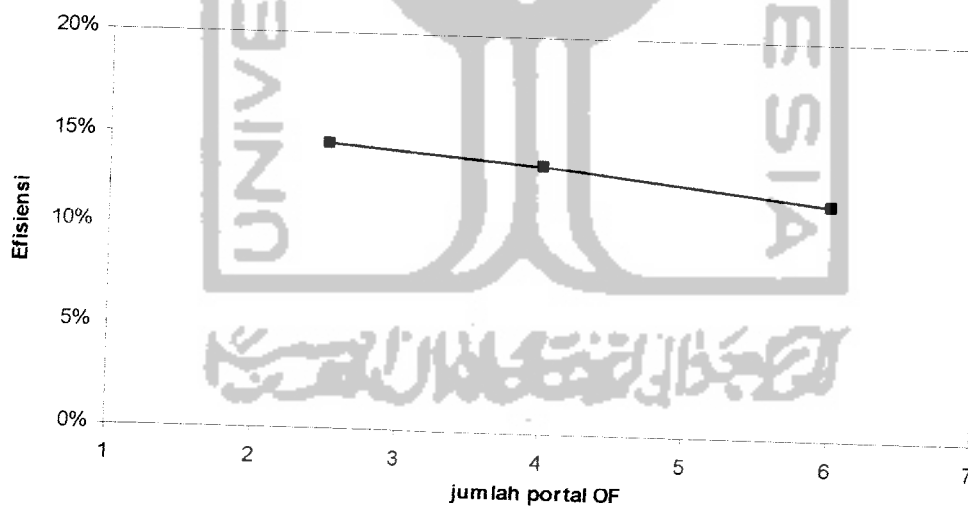
Dari hasil perbandingan nilai efisiensi berat struktur diatas, diperoleh hasil bahwa efisiensi struktur bangunan tipe A lebih besar daripada efisiensi bangunan tipe B. Apabila dilakukan analisis yang sama untuk struktur BSF dimana satu global brace menahan empat open frame (tipe C) akan menghasilkan nilai efisiensi yang lebih kecil dari Tipe B (1 Global brace menahan 6 open frame). efisiensi 1 global brace menahan 6 open frame adalah sebagai berikut :

$$Eff = \frac{2302333,505 - 2038244,028}{2302333,505} \times 100\% = 11,47 \%$$

Dengan menganggap nilai efisiensi antara tipe A, Tipe B, dan tipe C linier, maka hubungan berat struktur dan nilai efisiensi dapat dilihat pada grafik 6.75 dan 6.76.



**Grafik 6.75 Hubungan Berat Struktur Tipe A , B dan C**



**Grafik 6.76 Hubungan Efisiensi Berat Total Struktur Tipe A, B dan C**

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin banyak portal terbuka (*open frame*) yang ditahan oleh portal bresing (*brace frame*), maka struktur

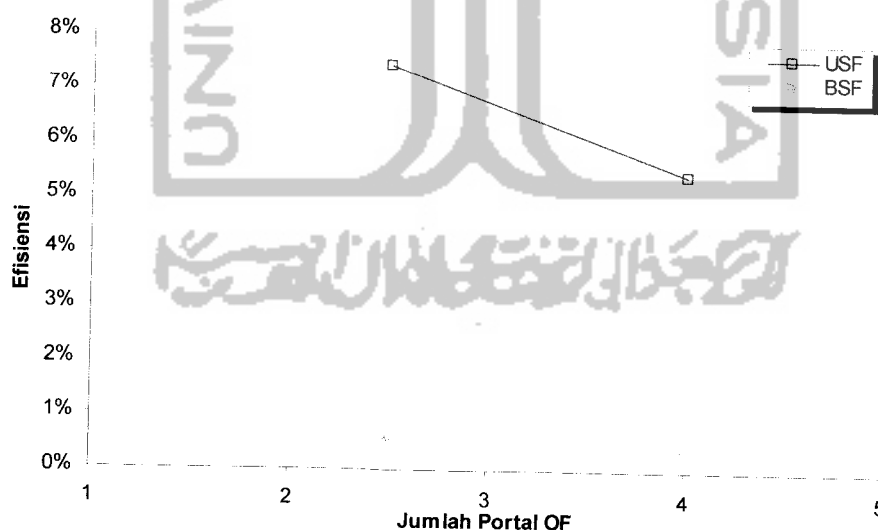


*braced steel frame (BSF)* akan memiliki berat yang semakin besar, dan dapat dilihat pada grafik efisiensi berat bahwasanya semakin banyak portal terbuka (*open frame*) yang ditahan oleh portal bresing (*brace frame*) efisiensinya akan semakin berkurang, ini menunjukkan bahwa berat struktur *open frame* mendekati berat struktur *brace frame*, sehingga perilaku struktur *brace frame* mendekati struktur *open frame*.

### 6.3 Perbandingan Hasil Disain Menggunakan DMF Usulan dan Paulay

#### 6.3.1 Berat Struktur

Dari hasil DMF yang telah diteliti oleh peneliti *research grand* dapat diketahui perbandingan berat struktur dari disain dengan menggunakan DMF usulan dan disain dengan menggunakan DMF Pauley. Dengan menganggap nilai efisiensi antara tipe A dan Tipe B linier, maka hubungan nilai efisiensi tersebut dapat dilihat pada grafik 6.77

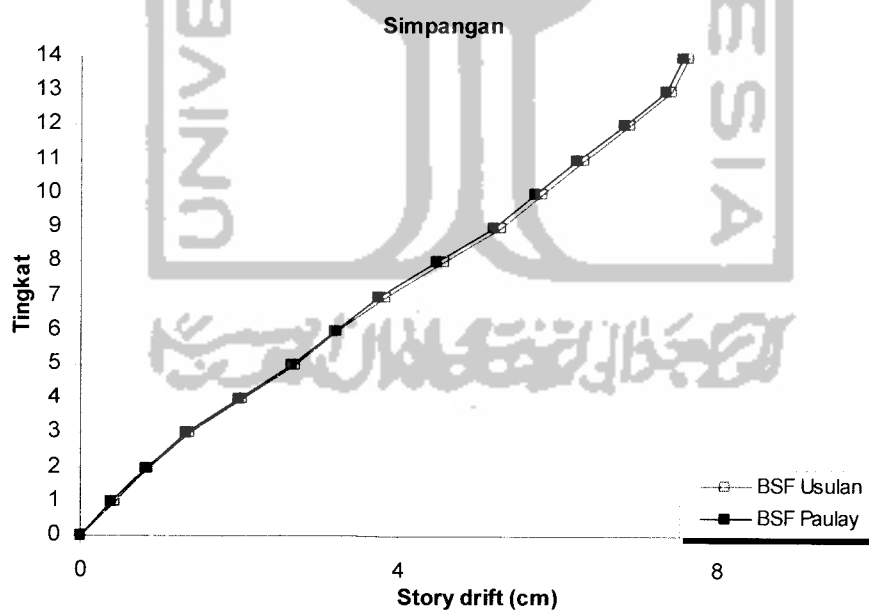


Grafik 6.77 Hubungan Efisiensi Berat Total Struktur Tipe A, dan B Antara Hasil Disain dengan DMF Usulan dan Paulay

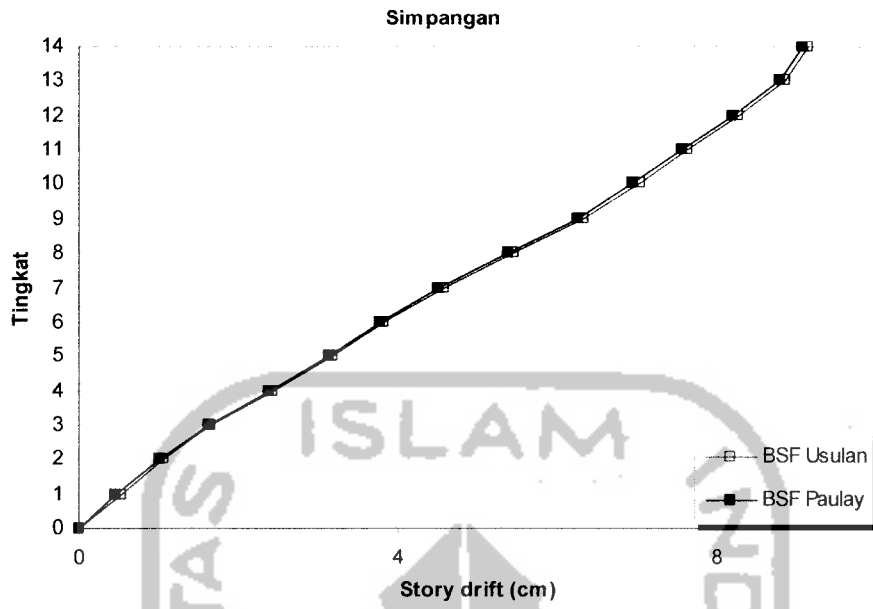
Nilai efektifitas berat struktur hasil disain dengan DMF usulan terhadap hasil disain dengan DMF Paulay berturut turut untuk struktur BSF tipe A dan tipe B adalah sebesar 0,55 % dan 0,44 %, sedangkan untuk struktur USF tipe A dan tipe B adalah 7,4 % dan 5,4 %. ini menunjukkan bahwa penggunaan DMF usulan pada struktur USF lebih efektif dibandingkan bila digunakan pada struktur BSF.

### 6.3.2 Perbandingan Respon Struktur yang Terjadi

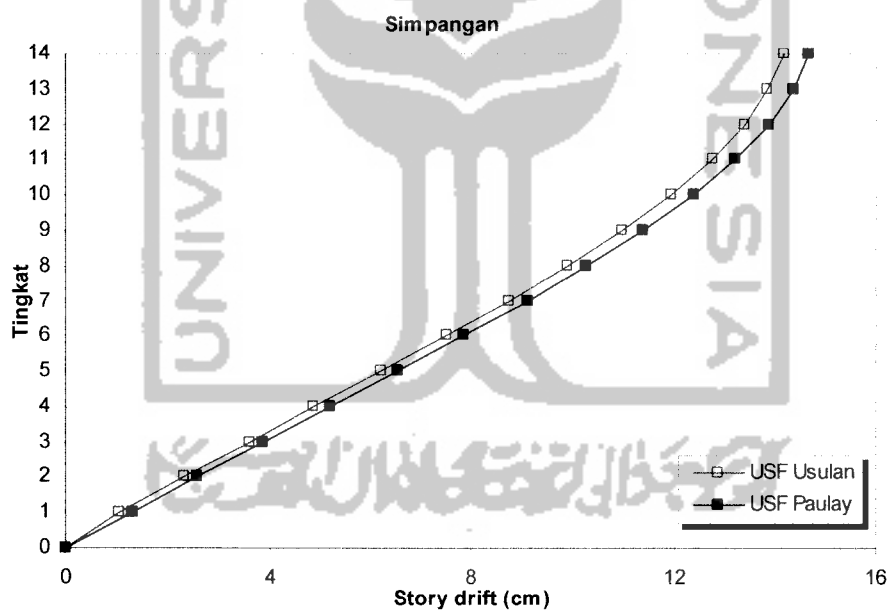
Dari hasil DMF yang telah dilakukan oleh peneliti *research grand*, maka dapat diketahui respons struktur yang terjadi yaitu perbedaan simpangan dan *interstory drift* antara struktur yang didisain menggunakan usulan DMF dengan DMF *Paulay*. Nilai simpangan dan *interstory drift* antara keduanya dapat dilihat pada grafik 6.78 sampai 6.85.



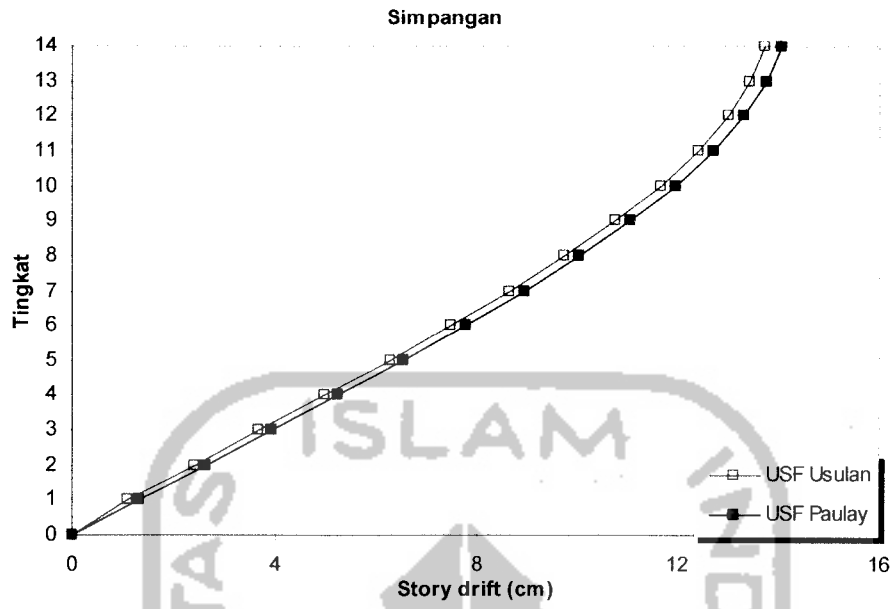
Grafik 6.78 Simpangan Struktur BSF 14 Lantai Tipe A



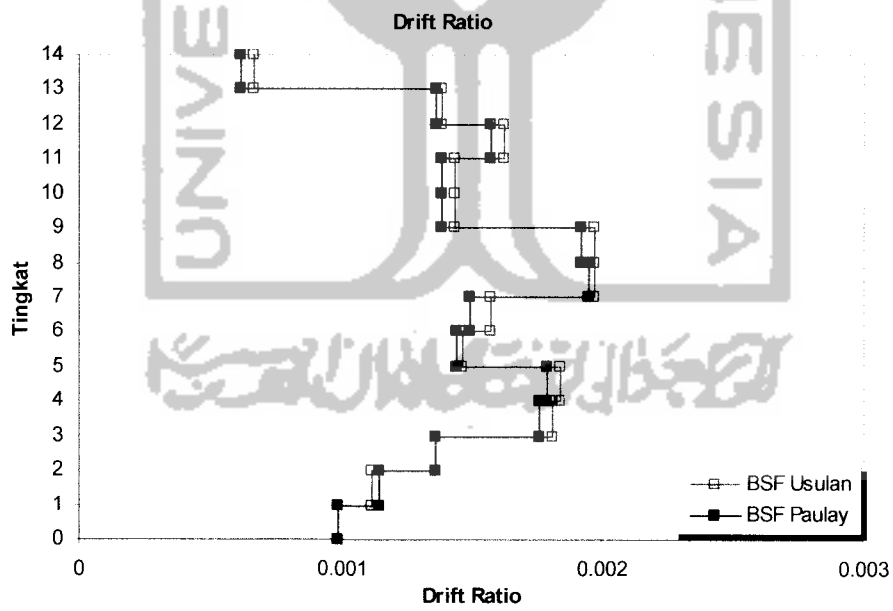
Grafik 6.79 Simpangan Struktur BSF 14 Lantai Tipe B



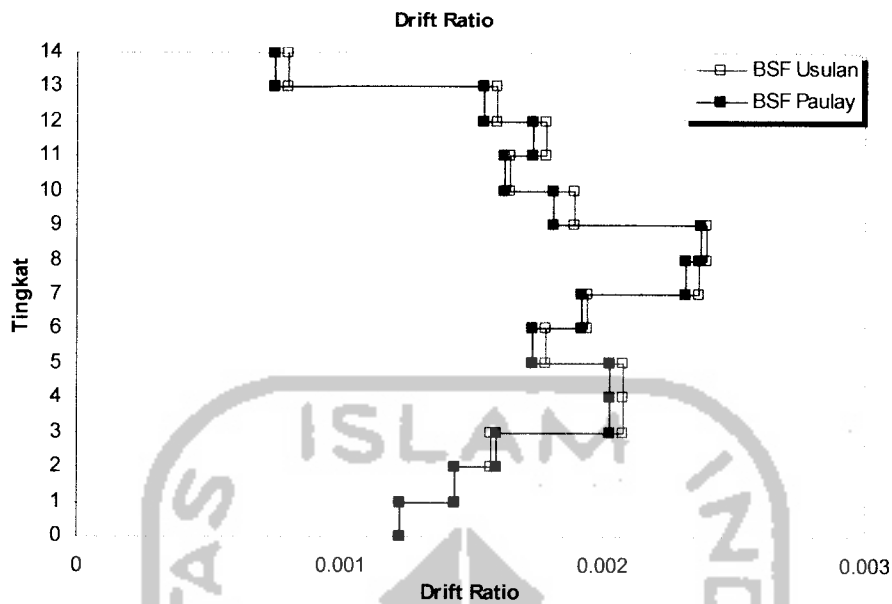
Grafik 6.80 Simpangan Struktur USF 14 Lantai Tipe A



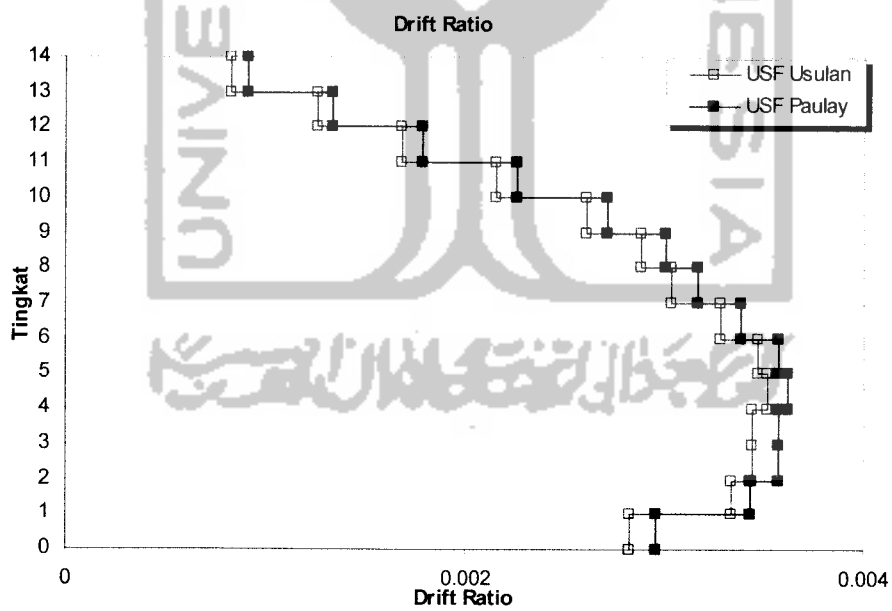
Grafik 6.81 Simpangan Struktur USF 14 Lantai Tipe B



Grafik 6.82 Simpangan Antar Tingkat Struktur BSF 14 Lantai Tipe A



Grafik 6.83 Simpangan Antar Tingkat Struktur BSF 14 Lantai Tipe B



Grafik 6.84 Simpangan Antar Tingkat Struktur USF 14 Lantai Tipe A