

## BAB VII

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan dua tipe struktur yaitu frame dan shear wall secara bersama-sama dalam menahan gaya lateral akibat gempa yang terjadi umum disebut dual system atau hybrid structure. Pada saat terjadi beban lateral maka frame dan wall akan bekerja bersama-sama, dimana frame berdeformasi akibat gaya geser sedangkan wall akan berperilaku sebagai kantilever vertikal dengan deformasi lentur. Semakin banyak dinding geser yang digunakan maka struktur akan mempunyai perilaku yang berbeda. Setelah dilakukan perhitungan dengan program SAP90 maka dapat dibandingkan perilaku dari struktur dengan jumlah 2,3,4 dan 5 dinding geser, dengan mengamati beberapa parameter yang digunakan sebagai pembanding berikut ini.

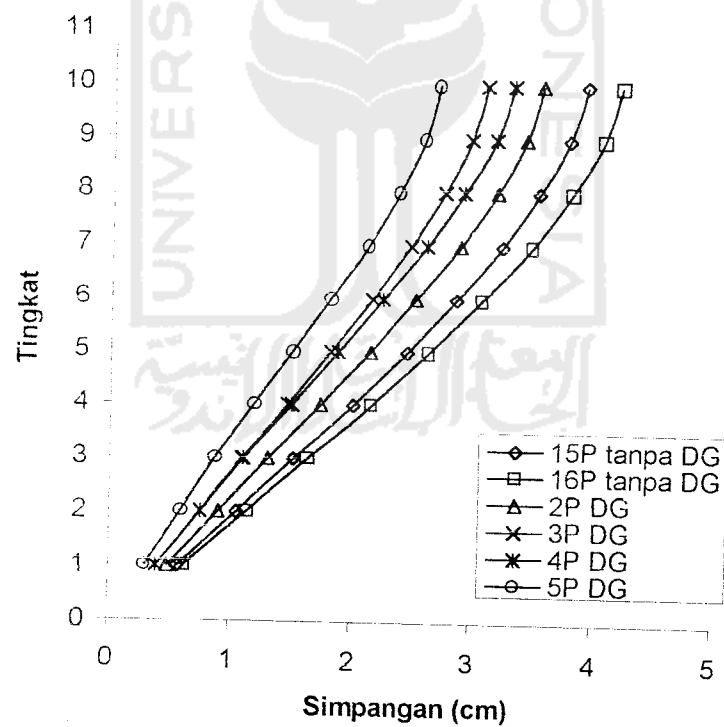
#### **7.1 Simpangan Horisontal Struktur**

Berdasarkan bentuk struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini maka gempa arah Y menunjukkan perilaku yang lebih signifikan untuk diamati sehingga pembahasan difokuskan pada perilaku struktur akibat gempa arah Y saja. Pada struktur tanpa dinding geser seperti ditunjukkan pada gambar 5.11 dan 5.12 menunjukkan terjadinya simpangan horisontal yang relatif sama pada tiap portalnya, sedangkan untuk struktur yang menggunakan dinding geser, seperti terlihat pada gambar 5.13-5.16, pada portal yang terdapat dinding geser

mempunyai simpangan horisontal yang lebih kecil daripada portal yang tidak terdapat dinding gesernya.

**Tabel 7.1 Simpangan Horisontal Struktur Arah Y**

Tingkat	Simpangan (cm)					
	15P tanpa DG	16P tanpa DG	16P 2DG	15P 3DG	16P 4DG	15P 5DG
1	0,5624	0,6023	0,4762	0,3932	0,3941	0,302
2	1,0529	1,1272	0,8958	0,7444	0,7498	0,58
3	1,5244	1,6328	1,3051	1,0913	1,1076	0,8646
4	2,0139	2,1589	1,7397	1,465	1,5013	1,1841
5	2,4649	2,6445	2,1521	1,8247	1,888	1,5042
6	2,867	3,0788	2,5311	2,1595	2,2543	1,8127
7	3,2409	3,484	2,8938	2,4838	2,6155	2,1231
8	3,5441	3,8098	3,1922	2,7553	2,9221	2,3886
9	3,7848	4,0649	3,4277	2,9741	3,1739	2,5854
10	3,9204	4,2079	3,5574	3,0961	3,3146	2,7027



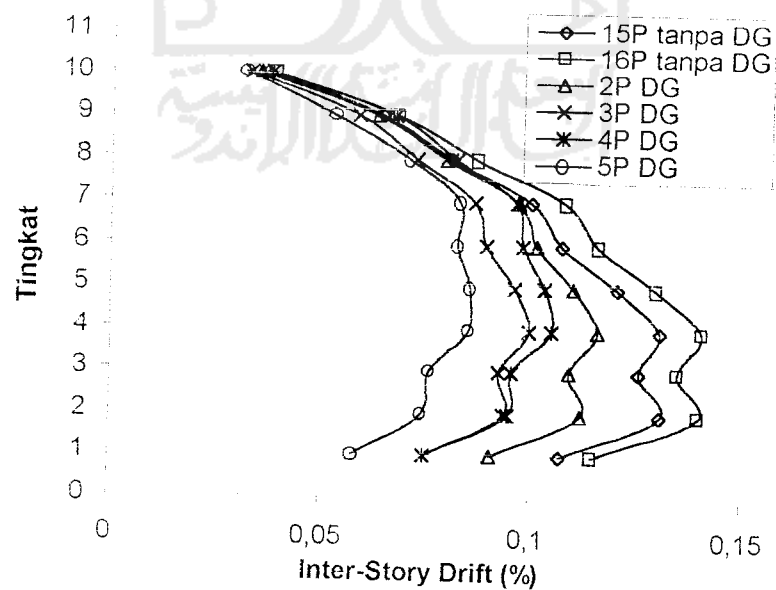
**Gambar 7.1 Simpangan horisontal arah Y**

Dari gambar diatas dapat dilihat simpangan yang terjadi pada tiap struktur .  
Semakin banyak dinding geser yang digunakan, terjadi penurunan simpangan

horizontal pada struktur tersebut. Pada struktur dengan 16 portal 2 dinding geser, simpangan berbentuk cembung karena jumlah frame masih mendominasi. Pada struktur dengan 3,4 dan 5 dinding geser, simpangan jauh berkurang dan bentuk simpangan tidak cembung lagi karena mulai dipengaruhi oleh adanya dominasi dari dinding geser.

**Tabel 7.2 Inter-story drift**

Tingkat	Inter-Story Drift (%)					
	15P tanpa DG	16P tanpa DG	16P 2DG	15P 3DG	16P 4DG	15P 5DG
1	0,1071	0,1147	0,0907	0,0749	0,0751	0,0575
2	0,1308	0,1400	0,1119	0,0937	0,0949	0,0741
3	0,1257	0,1348	0,1091	0,0925	0,0954	0,0759
4	0,1305	0,1403	0,1159	0,0997	0,1050	0,0852
5	0,1203	0,1295	0,1100	0,0959	0,1031	0,0854
6	0,1072	0,1158	0,1011	0,0893	0,0977	0,0823
7	0,0997	0,1081	0,0967	0,0865	0,0963	0,0828
8	0,0809	0,0869	0,0796	0,0724	0,0818	0,0708
9	0,0642	0,0680	0,0628	0,0583	0,0671	0,0525
10	0,0362	0,0381	0,0346	0,0325	0,0375	0,0313



**Gambar 7.2** Inter-story drift tiap struktur

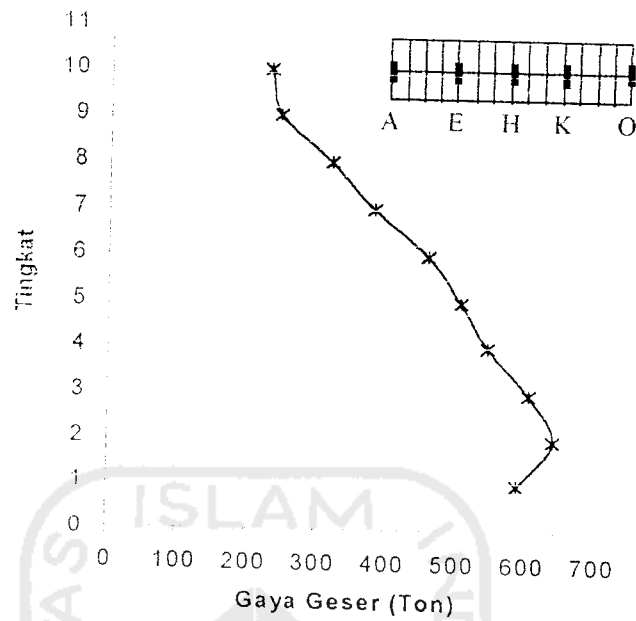
*Inter-story drift* atau simpangan antar tingkat tiap lantai tidak boleh melampaui 0,5 % dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm. Penggunaan dinding geser akan mengurangi simpangan antar tingkat seperti terlihat pada gambar 7.2. Namun, penurunan *inter-story drift* ini terlihat secara jelas pada tingkat-tingkat bawah, sedang pada tingkat-tingkat atas, pengaruh penggunaan dinding geser tidak begitu terlihat.

## 7.2 Gaya Geser Struktur

Salah satu fungsi utama dari dinding geser adalah menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral gempa. Pada gambar 5.17 dan 5.18 gaya geser pada tingkat 1 struktur tanpa dinding geser terlihat merata pada setiap portal. Sedangkan pada gambar 5.19 – 5.22, struktur yang menggunakan dinding geser, pada portal yang terdapat dinding geser terjadi peningkatan gaya geser kira-kira lima kali lebih besar daripada portal tanpa dinding geser. Untuk melihat bagaimana distribusi gaya geser yang terjadi pada tiap tingkat bangunan, sebagai contoh akan dilihat distribusi gaya geser yang terjadi di setiap tingkat pada struktur 15 portal dengan 5 dinding geser berikut ini,

**Tabel 7.3 Gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser**

Tingkat	Gaya Geser (Ton)
1	590,084999
2	641,291893
3	606,340434
4	545,450085
5	507,549313
6	460,123605
7	381,371786
8	319,297397
9	245,010174
10	229,033672



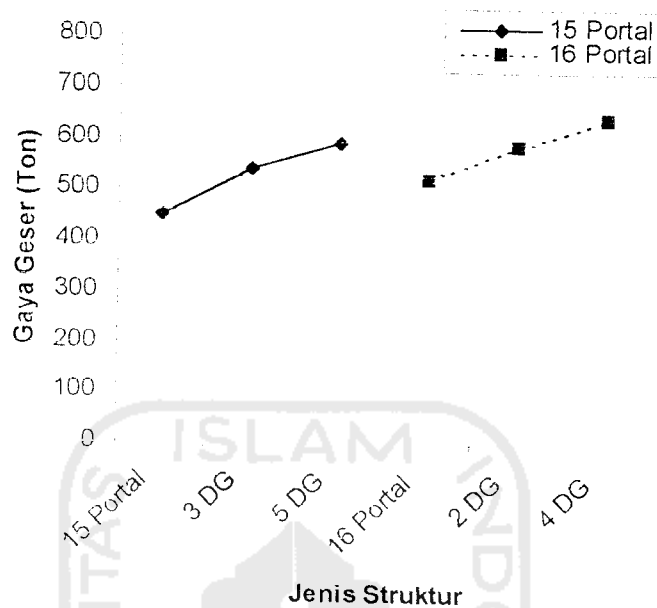
**Gambar 7.3** Grafik gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser

Dari gambar 7.3 terlihat bahwa pada tingkat 1 gaya geser yang terjadi lebih kecil daripada gaya geser pada tingkat 2. Hal ini dikarenakan struktur menggunakan asumsi jepit. Gaya geser terbesar terjadi di tingkat 2 dan kemudian berangsur-angsur berkurang sampai ke tingkat atas.

Pada tabel 7.4 akan dilihat gaya geser total yang terjadi pada tingkat 1 masing-masing struktur yang merupakan penjumlahan dari gaya geser pada seluruh kolom dan dinding geser pada tingkat 1 struktur tersebut.

**Tabel 7.4** Gaya geser total tingkat 1

Struktur	Gaya Geser (Ton)
15 Portal	450,8399
16 Portal	518,624
2 DG	585,888
3 DG	538,7249
4 DG	639,8399
5 DG	590,0849

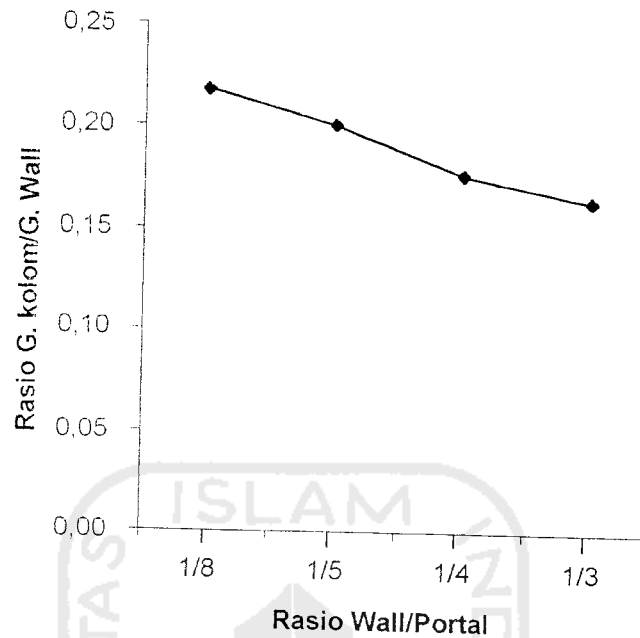


Gambar 7.4 Grafik gaya geser total tingkat 1

Dari gambar 7.4 terlihat bahwa bila pada suatu struktur diberi dinding geser maka gaya geser yang terjadi akan meningkat, dan semakin banyak dinding geser maka gaya geser yang terjadi juga akan semakin besar. Tetapi gaya geser terbesar tidak terjadi pada struktur dengan lima dinding geser, melainkan pada struktur dengan empat dinding geser.

Tabel 7.5 Rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall

Struktur	Rasio Jumlah Wall / Portal	G. Geser kolom Terbesar (Ton)	G. Geser 1 Wall Terbesar (Ton)	Rasio G Geser kolom / Wall
15 Portal	0/15	30,728	0	-
16 Portal	0/16	33,134	0	-
2 Shear Wall	1/8	28,024	128,867	0,217
3 Shear Wall	1/5	23,911	119,504	0,200
4 Shear Wall	1/4	21,227	120,499	0,176
5 Shear Wall	1/3	16,259	99,689	0,163



**Gambar 7.5** Grafik Rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall

Dari tabel dan gambar 7.5 terlihat bahwa semakin banyak dinding geser yang dipakai maka gaya geser yang terjadi pada kolom akan semakin kecil sehingga rasio antara gaya geser pada wall dan pada kolom juga semakin kecil. Sementara pada dinding geser juga terjadi penurunan besarnya gaya geser, kecuali pada struktur dengan empat dinding geser yang mengalami sedikit kenaikan daripada struktur dengan tiga dinding geser.

### 7.3 Desain Balok dan Kolom

Momen rencana yang digunakan dalam perhitungan tulangan longitudinal dan tulangan geser balok adalah momen di muka kolom yang didapatkan dari hasil interpolasi momen as kolom. Pada gambar 5.23 – 5.26 terlihat perbandingan momen tumpuan negatif balok kiri dan kanan struktur tanpa dinding geser. Portal-portal ujung ( A dan P atau A dan O ) momen-momennya relatif sama, begitu juga

momen pada portal-portal dalam. Sedangkan pada gambar 5.27 – 5.34 pada portal yang terdapat dinding geser terjadi penurunan besarnya momen dibandingkan portal yang tidak terdapat dinding geser. Penurunan besarnya momen balok pada portal yang terdapat dinding geser untuk as 1 dan 2 juga dapat dilihat pada gambar 5.37 – 5.46. Pada desain struktur tahan gempa, mekanisme keruntuhan yang digunakan adalah keruntuhan pada balok, sehingga momen rencana kolom harus lebih besar daripada momen kapasitas balok atau disebut juga *strong column weak beam*.

**Tabel 7.6 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 2DG**

Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	832,145	799,940
2	528,251	639,467	1224,619	1145,636
3	528,251	639,467	1224,619	1145,636
4	528,251	639,467	1339,456	1270,838
5	528,251	639,467	1339,456	1270,838
6	428,370	639,467	1339,456	1270,838
7	428,370	528,251	1164,512	768,334
8	428,370	528,251	1164,512	768,334
9	428,370	428,370	845,515	605,184
10	211,139	324,938	845,515	605,184

**Tabel 7.7 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 3DG**

Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	849,338	835,958
2	528,251	528,251	1168,191	1054,837
3	528,251	528,251	1168,191	1054,837
4	528,251	528,251	1153,618	782,762
5	428,370	528,251	1153,618	782,762
6	428,370	528,251	1153,618	782,762
7	428,370	528,251	1166,680	673,349
8	428,370	528,251	1166,680	673,349
9	428,370	428,370	773,483	472,709
10	211,139	211,139	773,483	472,709

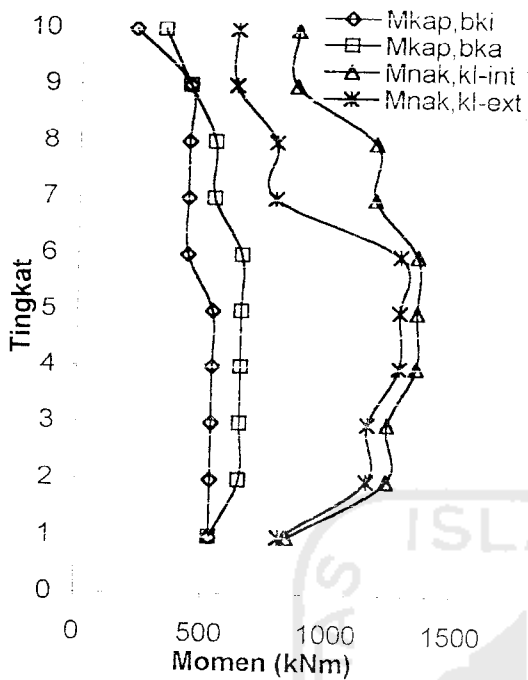
**Tabel 7.8 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 4DG**

Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	830,627	827,275
2	528,251	528,251	1162,360	1057,775
3	528,251	528,251	1162,360	1057,775
4	528,251	528,251	1091,178	754,094
5	428,370	528,251	1091,178	754,094
6	428,370	528,251	1091,178	754,094
7	428,370	528,251	1105,115	682,796
8	428,370	528,251	1105,115	682,796
9	428,370	428,370	748,016	449,547
10	211,139	211,139	748,016	449,547

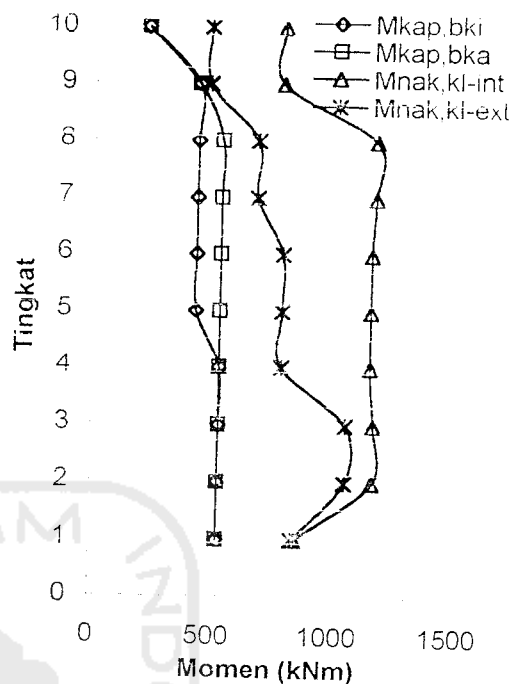
**Tabel 7.9 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 5DG**

Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	428,370	428,370	842,518	836,946
2	428,370	528,251	1079,872	1062,446
3	428,370	528,251	1079,872	1062,446
4	428,370	528,251	1061,630	779,860
5	428,370	528,251	1061,630	779,860
6	428,370	528,251	1061,630	779,860
7	428,370	528,251	1163,218	662,326
8	428,370	528,251	1163,218	662,326
9	428,370	528,251	837,397	529,072
10	211,139	211,139	837,397	529,072

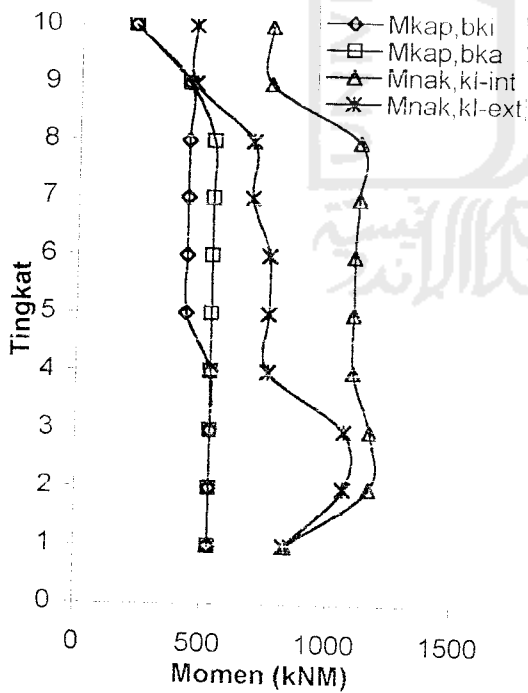




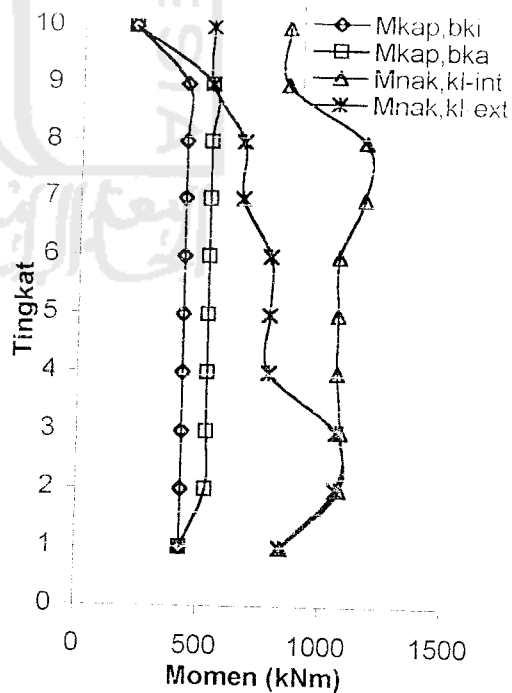
Gambar 7.6 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 2 DG



Gambar 7.7 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 3 DG



Gambar 7.8 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 4 DG



Gambar 7.9 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 5 DG

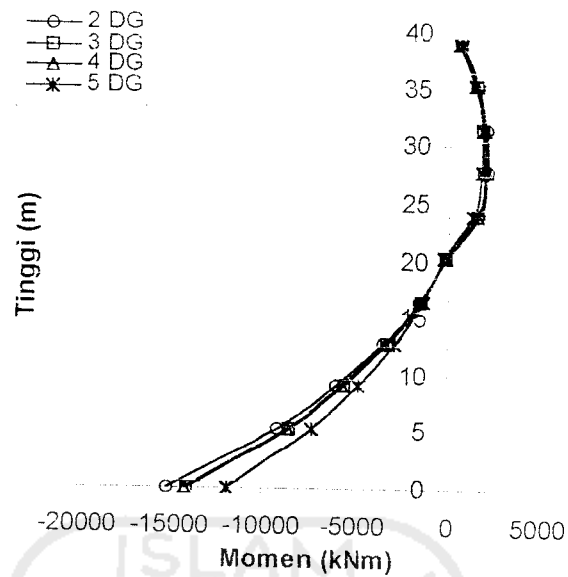
Dari gambar perbandingan antara momen kapasitas balok dengan momen nominal aktual pada kolom diatas, terlihat bahwa momen nominal kolom lebih besar. Dengan demikian diharapkan bahwa dalam desain struktur tahan gempa ini mekanisme keruntuhan di balok atau sendi-sendi plastik yang diharapkan terjadi di ujung-ujung balok dapat terpenuhi. Selain itu nilai  $M_{nak}$  untuk kolom interior lebih besar daripada nilai  $M_{nak}$  kolom eksterior, ini dikarenakan kolom interior menerima beban yang lebih besar daripada kolom eksterior.

#### 7.4 Dinding Geser

Data berikut diambil dari hasil output SAP 90, yang memperlihatkan perbedaan momen-momen yang terjadi pada dinding geser untuk tiap struktur dari dasar hingga ke puncak struktur.

**Tabel 7.10 Momen dinding geser**

Tinggi (m)	Momen (kNm)			
	2 DG	3 DG	4 DG	5 DG
0,000	-15104,000	-13999,000	-14147,000	-11808,000
5,250	-9173,830	-8499,137	-8604,371	-7230,027
9,000	-5981,206	-5538,996	-5623,866	-4771,355
12,750	-3531,335	-3267,671	-3335,895	-2872,886
16,500	-1546,412	-1427,383	-1477,565	-1307,067
20,250	-144,340	-127,301	-158,840	-164,103
24,000	1605,515	1494,497	1494,773	1289,207
27,750	2033,008	1890,563	1908,206	1710,613
31,500	1921,491	1786,235	1812,962	1720,417
35,250	1485,889	1379,856	1405,674	1311,135
39,000	544,272	503,480	512,297	453,200



**Gambar 7.10** Grafik momen dinding geser

Dari gambar diatas, terlihat perbedaan dari perilaku masing-masing struktur. Semakin banyak dinding geser pada suatu struktur maka momen negatif dan momen positif yang terjadi akan semakin kecil. Struktur dengan lima dinding geser mempunyai momen negatif dan momen positif yang terkecil dibandingkan dengan struktur-struktur yang lain.

### 7.5 Perbandingan Volume Penulangan

Salah satu parameter yang dapat menunjukkan sampai sejauh mana efektifitas penggunaan dinding geser pada suatu struktur adalah segi ekonomisnya. Tabel berikut akan memperlihatkan perbandingan volume penulangan yang dibutuhkan oleh tiap struktur.

Tabel 7.11 Tabel penulangan longitudinal tiap struktur

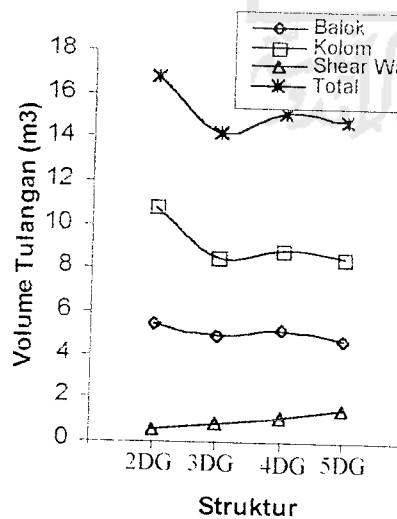
Struktur	Frame (m <sup>3</sup> )		Shear Wall	Total
	Balok	Kolom		
2 DG	5,4296	10,8374	0,5316	16,7987
3 DG	4,8681	8,5266	0,8390	14,2337
4 DG	5,2112	8,8670	1,0632	15,1414
5 DG	4,6982	8,5180	1,5229	14,7391

Tabel 7.12 Tabel penulangan geser tiap struktur

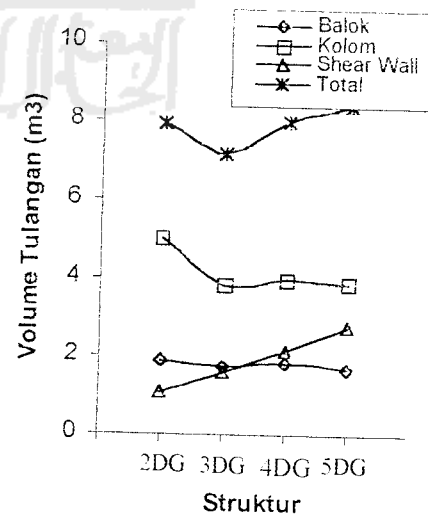
Struktur	Frame (m <sup>3</sup> )		Shear Wall	Total
	Balok	Kolom		
2 DG	1,8872	5,0054	1,0684	7,9610
3 DG	1,7325	3,8582	1,6102	7,2008
4 DG	1,8480	3,9989	2,1368	7,9837
5 DG	1,7153	3,8845	2,7859	8,3858

Tabel 7.13 Tabel penulangan total tiap struktur

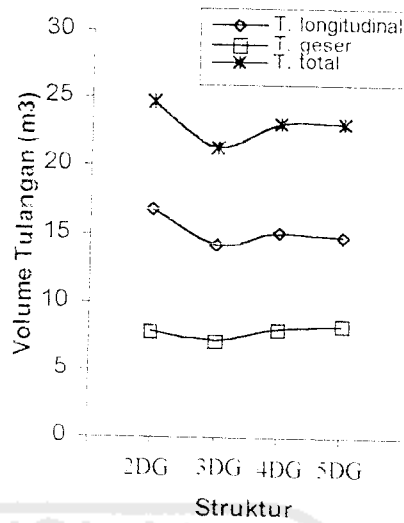
Struktur	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser	Total
2 DG	16,7987	7,9610	24,7596
3 DG	14,2337	7,2008	21,4345
4 DG	15,1414	7,9837	23,1251
5 DG	14,7391	8,3858	23,1249



Gambar 7.11 Tulangan longitudinal



Gambar 7.12 Tulangan geser



Gambar 7.13 Tulangan total

Pada struktur 16 portal terlihat bahwa penambahan jumlah dinding geser dari dua menjadi empat memberikan volume penulangan yang lebih sedikit. Namun pada struktur 15 portal, penambahan jumlah dinding geser dari tiga menjadi lima ternyata membutuhkan volume penulangan yang lebih banyak. Dari keempat struktur yang diteliti, terlihat bahwa struktur dengan tiga dinding geser menghasilkan volume penulangan yang paling kecil. Ini berarti dari segi ekonomisnya struktur dengan tiga dinding geser atau 20% dari jumlah portal adalah yang paling menguntungkan.