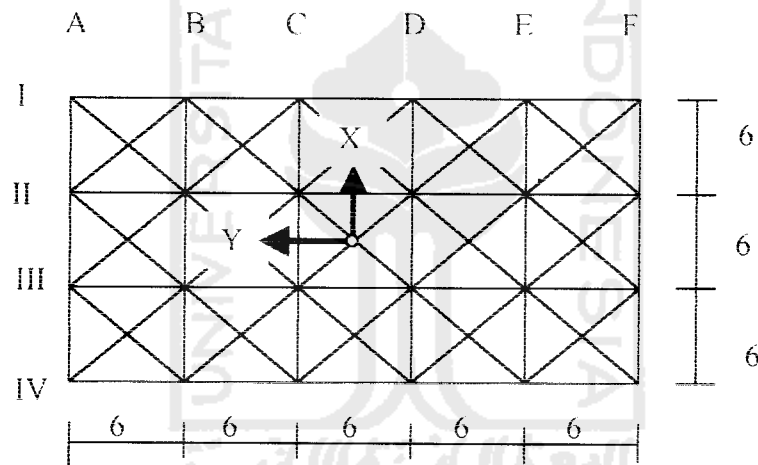


- e. Tebal dinding geser = 0,35 m
- f. Berat volume beton = 2400 kg/m³
- g. Portal yang dianalisa yaitu portal melintang pada gedung 15 lantai
- h. Tata guna ruang sebagai apartemen dengan beban hidup lantai 250 kg/m² dan beban hidup atap 100 kg/m².
- I. Bangunan dirancang simetri, sehingga pusat kekakuan dan pusat massa struktur saling berhimpit dan faktor puntir tidak diperhitungkan.

Adapun denah dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Denah

5.1.1 Perhitungan Beban Atap dan Lantai

- a. Beban mati atap:
 - Berat plat 12 cm = $0.12 \cdot 2400$ = 288 kg/m²
 - Berat penggantung = 7 kg/m²
 - Berat plafon = 11 kg/m²
 - 306 kg/m²
- b. Beban hidup : WL = 100 kg/m²
- c. Beban mati lantai :
 - Berat plat 12 cm = $0.12 \cdot 2400$ = 288 kg/m²
 - Berat pasir 3 cm = $0.03 \cdot 1600$ = 48 kg/m²

- Berat spesi/cm tebal, 2 cm	$= 0.02 \cdot 2100$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
- Berat tegel/cm tebal, 2 cm	$= 0.02 \cdot 2400$	$= 48 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung		$= 7 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon		$= 11 \text{ kg/m}^2$
		<hr/>
		492 kg/m^2

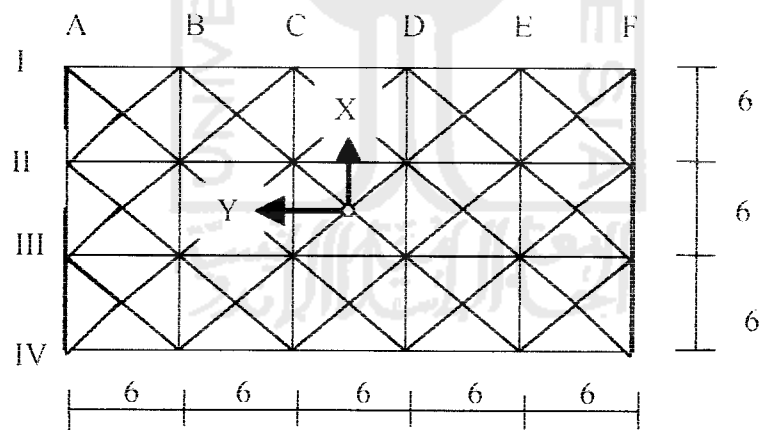
d. Beban hidup : Beban berguna untuk gedung perkantoran: WL $= 250 \text{ kg/m}^2$

e. Berat tembok $\frac{1}{2}$ bata $= 250 \text{ kg/m}^2$

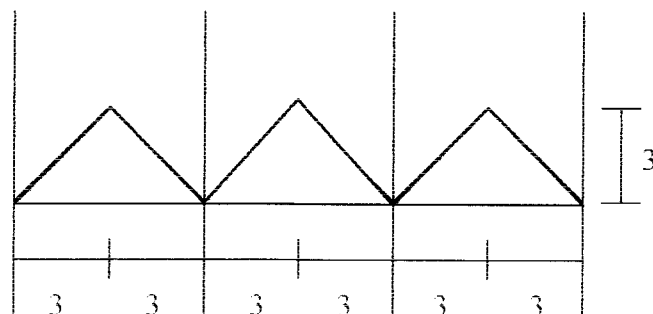
5.2 Mekanisme Pembebanan

5.2.1 Pembebanan untuk portal arah-X

a. Portal as-A = as-F



Gambar 5.2 Pembagian beban *trapezoidal* portal as-A



Gambar 5.3 Perhitungan beban *trapezoidal* portal as-A

1. Beban gravitasi pada balok atap as-A – as- F

a. Beban mati tiap meter

$$1. \text{ plat} = 3 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 846 \text{ kg/m}$$

$$2. \text{ plafon dan penggantung} = 3 \cdot 18 = 54 \text{ kg/m}$$

$$W_{D(TRAPEZI)} = 918 \text{ kg/m}$$

$$3. \text{ berat dinding (uniform)} = 250 \cdot 2 = 500 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup tiap meter

$$1. \text{ beban hidup atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ beban hidup, } W_{L(TRAPEZI)} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ kg/m}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1-14 pada as- A = as-F

a. beban mati tiap meter

$$1. \text{ plat} = 3 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 846 \text{ kg/m}$$

$$2. \text{ plafon} = 3 \cdot 18 = 54 \text{ kg/m}$$

$$3. \text{ spesi (2 cm)} = 3 \cdot 0,02 \cdot 2100 = 126 \text{ kg/m}$$

$$4. \text{ pasir (3 cm)} = 3 \cdot 0,03 \cdot 1600 = 162 \text{ kg/m}$$

$$5. \text{ tegel (2 cm)} = 3 \cdot 0,02 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$W_{D(TRAPEZI)} = 1350 \text{ kg/m}$$

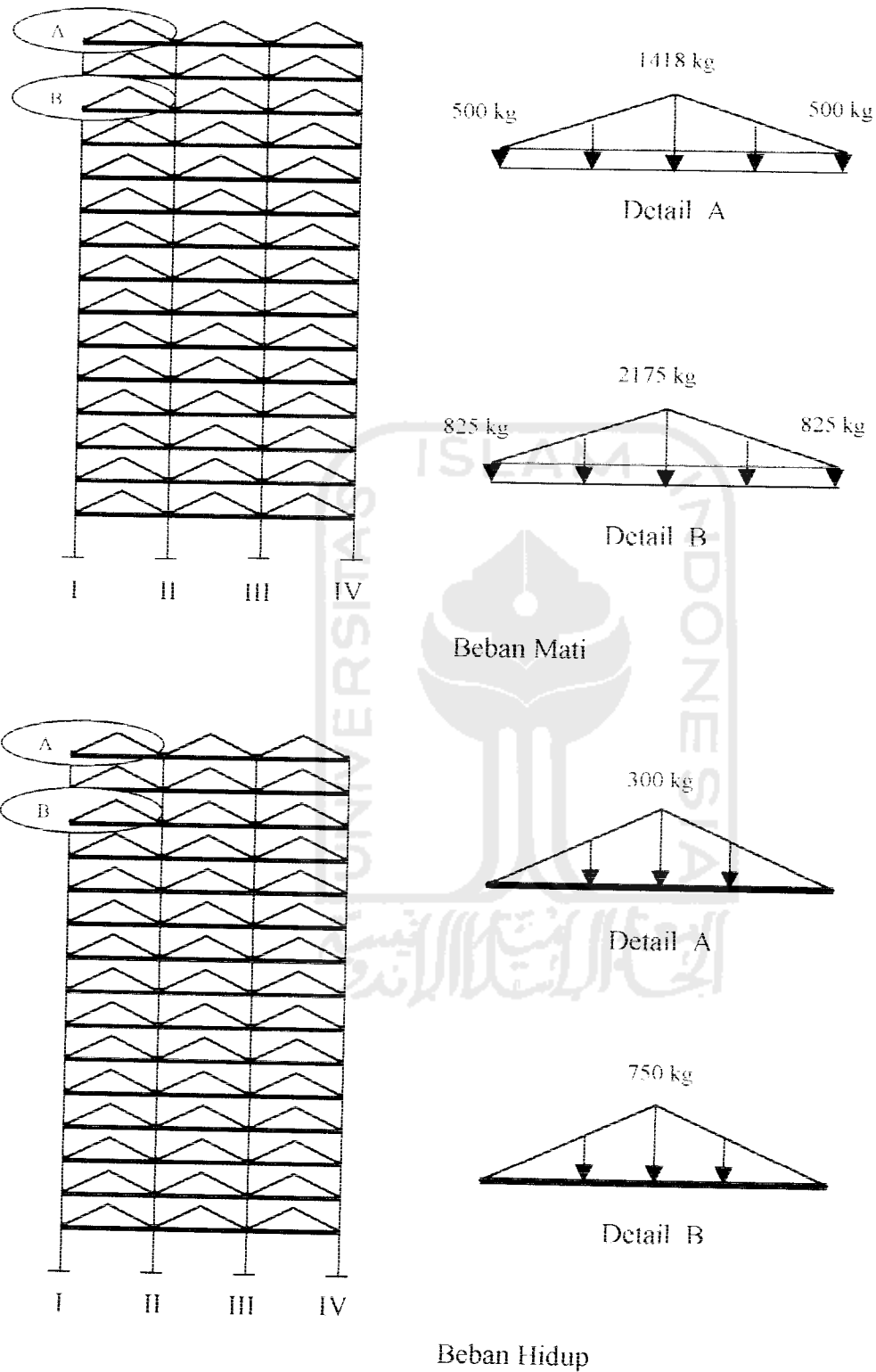
$$6. \text{ dinding (uniform)} = 250 \cdot (4 - 0,7) = 825 \text{ kg/m}$$

b. beban hidup tiap meter

$$1. \text{ beban hidup lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

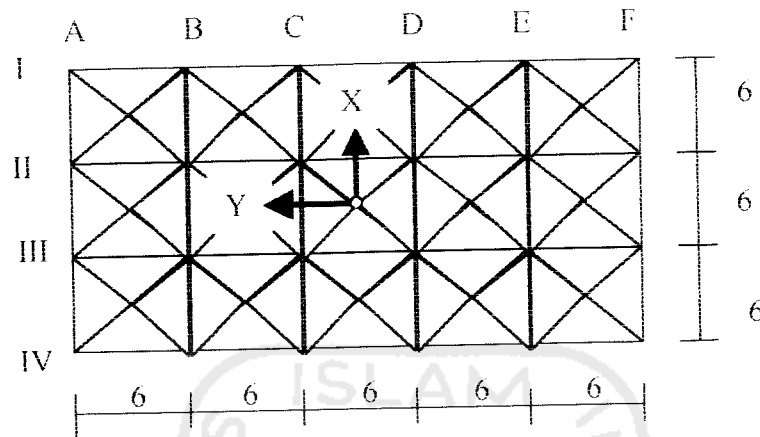
$$2. \text{ beban hidup, } W_{L(TRAPEZI)} = 3 \cdot 250 = 750 \text{ kg/m}$$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-A= as-F dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Beban mati dan beban hidup portal as-A

b. Portal as-B – as-C – as-D – as-E



Gambar 5.5 Pembagian beban *trapezoidal* portal as-B – as-C – as-D – as-E

Pada Gambar 5.5 terlihat bahwa luas lantai portal as-B dua kali luas lantai portal as-A.

1. Beban gravitasi pada balok atap as-B – as-C – as-D – as-E (distribusi beban ampop)

a. Beban mati tiap meter

1. plat	$= 2 \cdot 3 \cdot 0,12 \cdot 2400$	$= 1728 \text{ kg/m}$
2. plafon	$= 2 \cdot 3 \cdot 18$	$= 108 \text{ kg/m}$
		<hr/>
	$W_{D(\text{TRAPEZ})}$	$= 1836 \text{ kg/m}$
3. berat dinding (<i>uniform</i>)	$= 250 \cdot 2$	$= 500 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup tiap meter

1. beban hidup atap	$= 100 \text{ kg/m}^2$	
2. beban hidup $W_{L(\text{TRAPEZ})}$	$= 2 \cdot 3 \cdot 100$	$= 600 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1-14 as- B = as-C = as-D = as-E

a. beban mati tiap meter

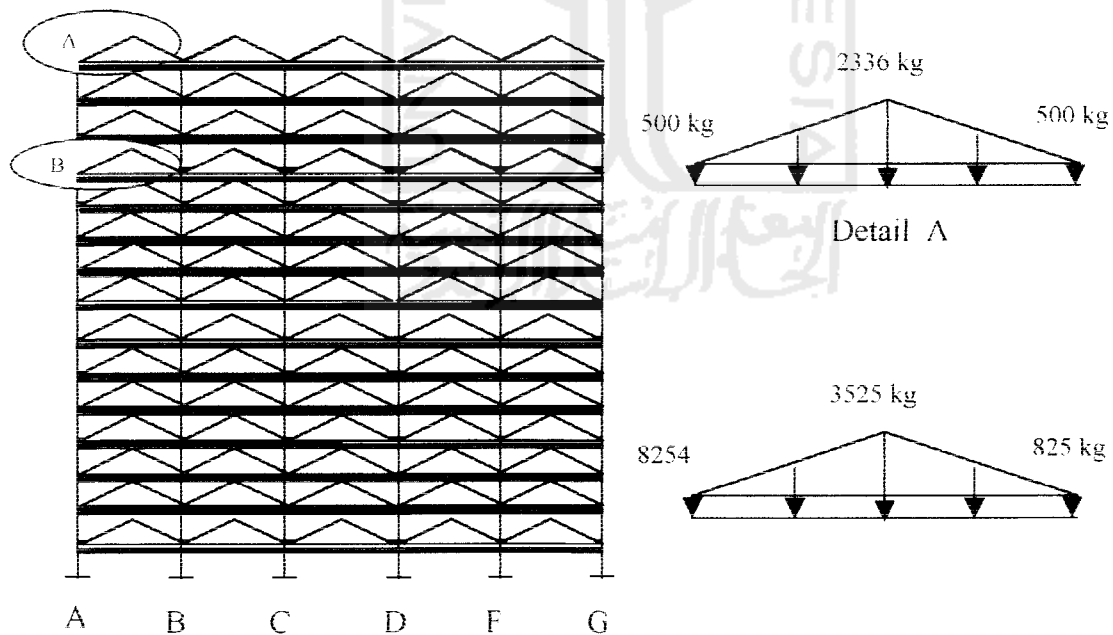
1. plat	$= 2 \cdot 3 \cdot 0,12 \cdot 2400$	$= 1728 \text{ kg/m}$
2. plafon	$= 2 \cdot 3 \cdot 18$	$= 108 \text{ kg/m}$

4. pasir (3 cm)	$- 2 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 1800$	$- 324 \text{ kg/m}$
5. tegel (2 cm)	$- 2 \cdot 3 \cdot 0,02 \cdot 2400$	$- 288 \text{ kg/m}$
		$W_{D,TRAPEZI} = 2700 \text{ kg/m}$
6. dinding (<i>uniform</i>)	$= 250 \cdot (4 - 0,7)$	$= 825 \text{ kg/m}$

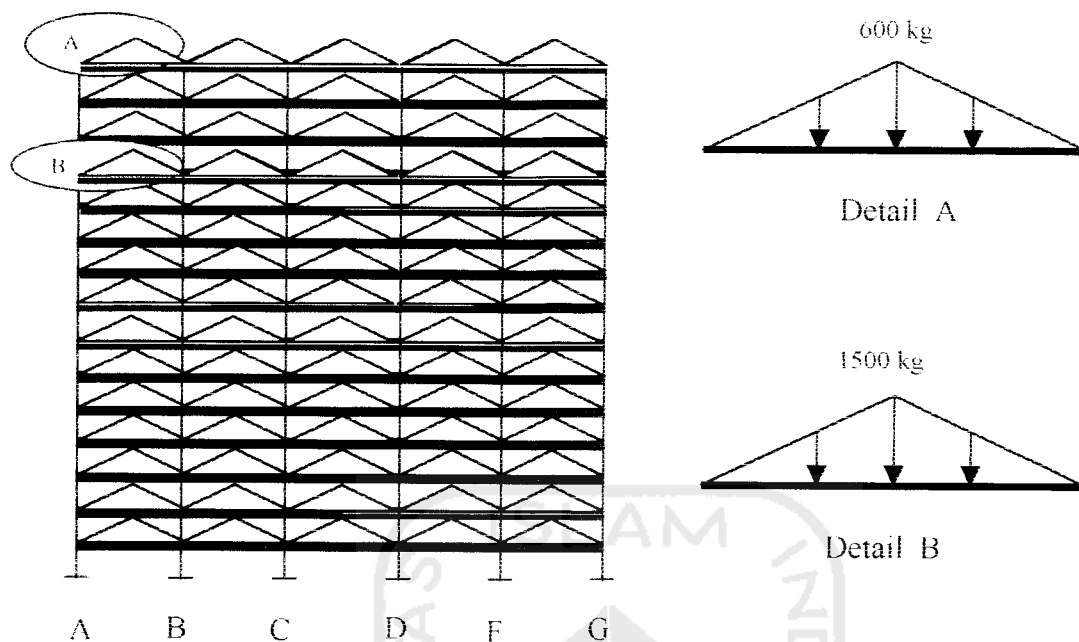
b. beban hidup tiap meter

3. beban hidup lantai	$- 250 \text{ kg/m}^2$	
4. beban hidup $W_{L,TRAPEZI}$	$= 2 \cdot 3 \cdot 250$	$= 1500 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dapat dilihat pada Gambar 5.11, dan beban hidup tiap lantai untuk portal as-II = as-III = as-B = as-C = as-D = as-E dapat dilihat pada Gambar 5.12



Gambar 5.11 Beban mati portal as-II = as-III



Gambar 5.12 Beban hidup portal as-II= as-III

5.3 Input dan Output SAP 2000 Education

Pembebanan pada struktur dinding geser-portal yang bervariasi diasumsikan melalui perhitungan semua beban gravitasi yang diproses komputer program SAP 2000 *Education*. Langkah-langkah proses pengerjaan SAP 2000 *Education* bisa dilihat pada Gambar 4.2. Pembebanan yang digunakan berupa beban percepatan tanah dari riwayat waktu gempa El-Centro arah Utara-Selatan. Arah gempa ini hanya diambil satu arah saja, padahal yang idealnya pencatatan rekaman percepatan tanah diperlukan tiga arah yaitu rekaman percepatan tanah arah Barat-Timur, Utara-Selatan dan arah vertikal. Karena keterbatasan data maka dalam penelitian ini hanya menggunakan gempa percepatan tanah satu arah yaitu arah percepatan yang digoyangkan pada model struktur dalam arah sumbu 1 atau arah sumbu X dan kemudian arah pembebanan diputar berlawanan dengan arah jarum jam yaitu pada sudut 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° dan

90° . Pemutaran sudut datang gempa dilakukan sekali eksekusi. Contoh diambil sudut datang gempa 45° , sedangkan sudut datang gempa lainnya dilihat pada Lampiran I.

5.3.1 Modal Periode, Frekuensi, dan Eigen Value

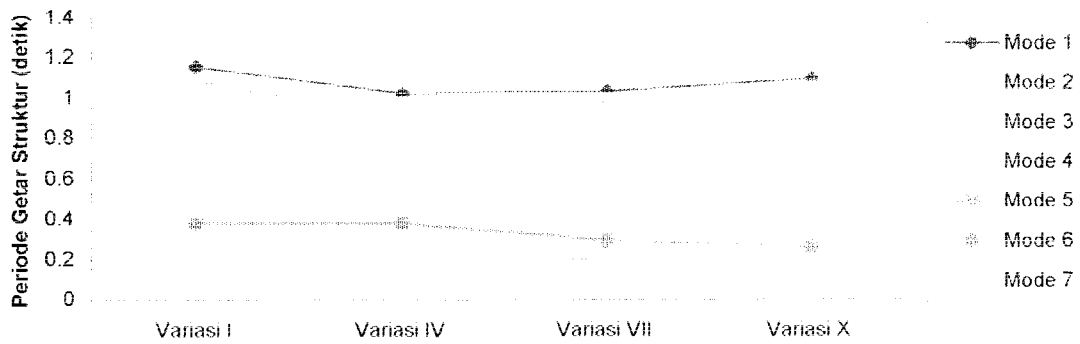
Modal periode, frekuensi, dan nilai *eigen value* dari *output* SAP 2000 *Education* yang diambil dari setiap variasi. Hasil nilai periode getar struktur (T) terhadap Variasi I s/d XII dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan pada Lampiran I yaitu Tabel 1, nilai frekuensi getar struktur (f) terhadap Variasi I s/d XII dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan pada Lampiran I yaitu Tabel 2, frekuensi sudut (ω) terhadap Variasi I s/d XII dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan pada Lampiran I yaitu Tabel 3 dan *eigen value* (λ) Variasi I s/d XII dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan pada Lampiran I yaitu Tabel 4.

5.3.2 Simpangan Relatif Lantai

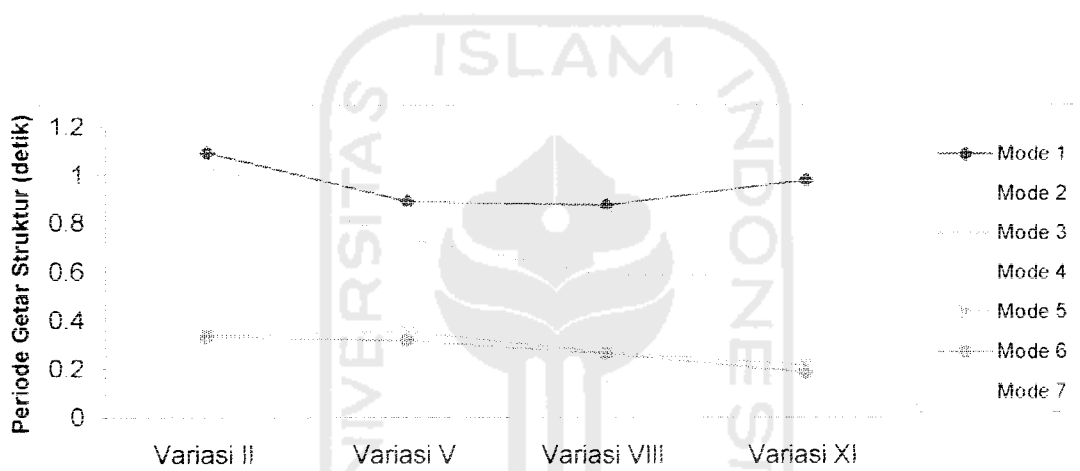
Nilai simpangan masa ke- i atau y_i diperoleh dengan menjumlahkan kontribusi tiap mode, seperti persamaan (3.24). Nilai simpangan relatif diambil dari perpotongan $as - I$ dengan $as - A$ tiap lantai (lihat Gambar 5.3), yang merupakan sudut bangunan karena relatif memiliki simpangan besar. Simpangan relatif arah $- X$ dan arah $- Y$ ditunjukkan pada Lampiran I, Tabel 3, Tabel 4 dan dimanifestasikan ke dalam Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.

5.3.3 Simpangan Antar Tingkat

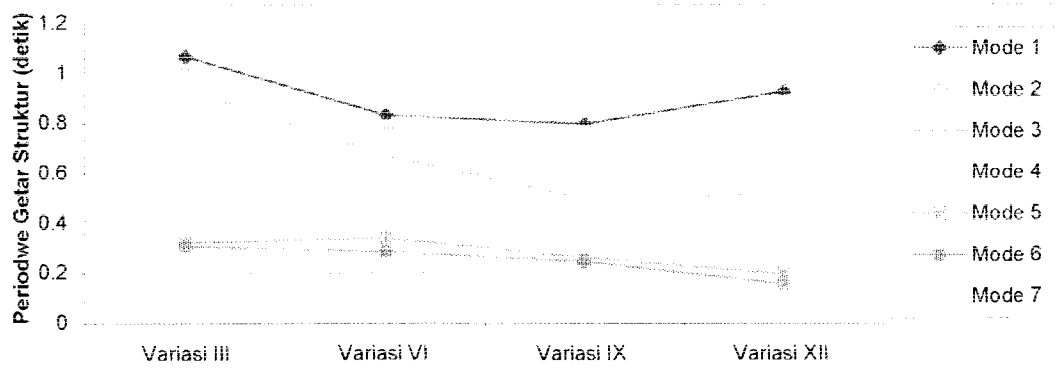
Simpangan antar tingkat diperoleh dari selisih simpangan lantai atas dengan lantai bawah. Hasil perhitungan simpangan antar tingkat arah X dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.19, sedangkan hasil perhitungan simpangan antar tingkat arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.20.



(a) Grafik periode getar struktur Variasi I, IV, VII, X

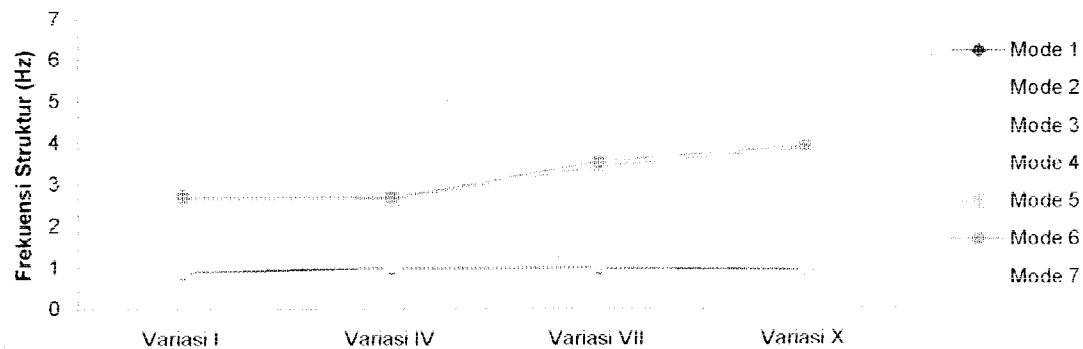


(b) Grafik periode getar struktur Variasi II, V, VIII, XI

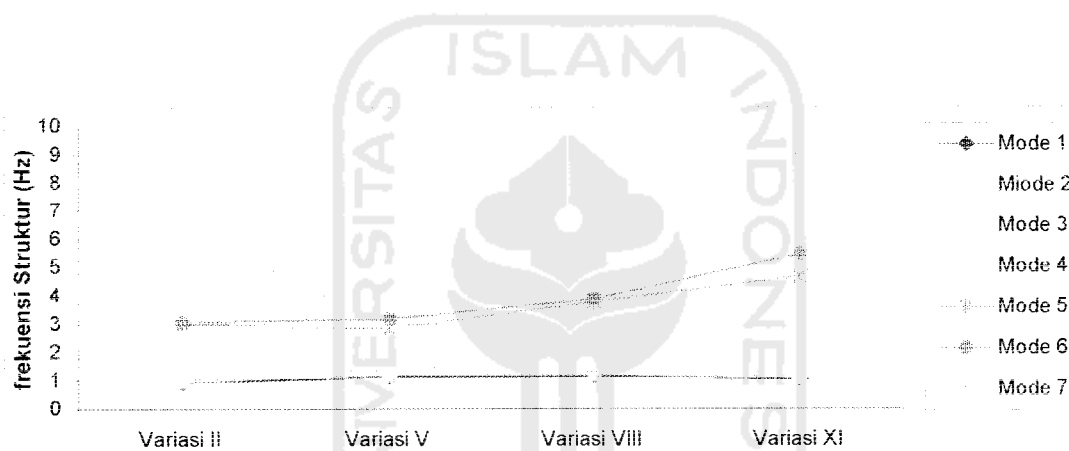


(c) Grafik periode getar struktur Variasi III, VI, IX, XII

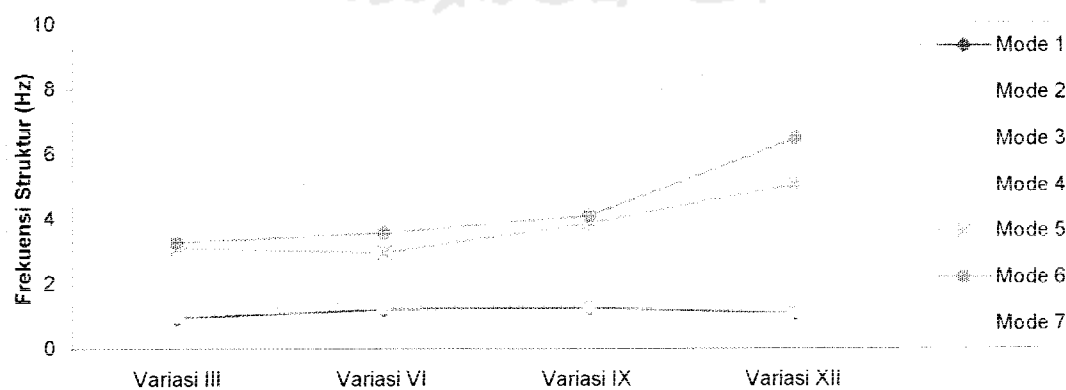
Gambar 5.13 Grafik periode getar struktur



(a) Grafik frekuensi struktur Variasi I, IV, VII, X

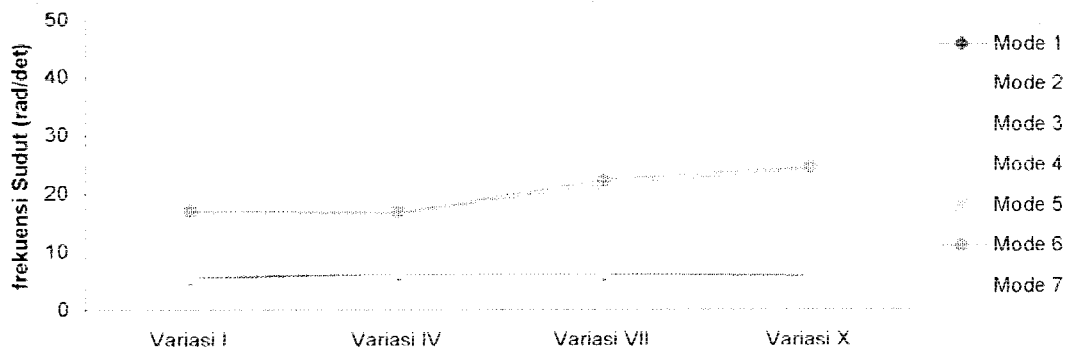


(b) Grafik frekuensi struktur Variasi II, V, VIII, XI

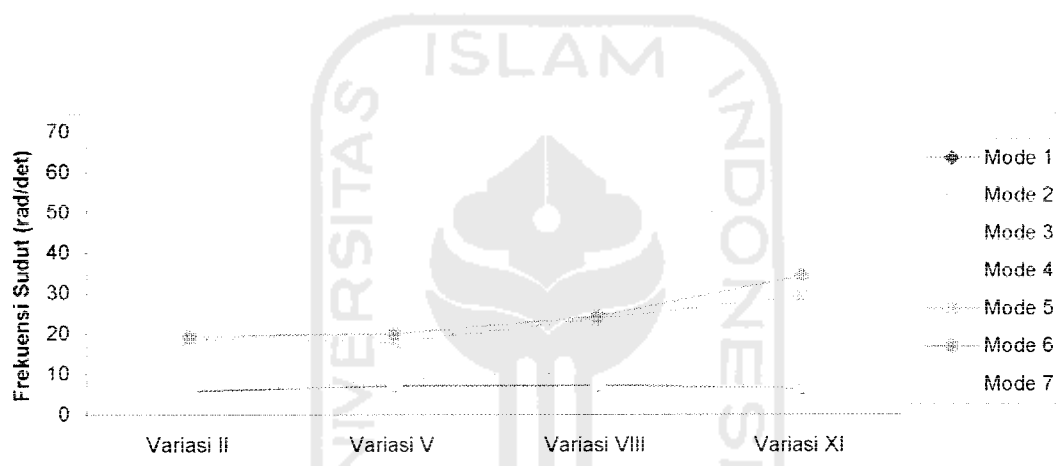


(c) Grafik frekuensi struktur Variasi III, VI, IX, XII

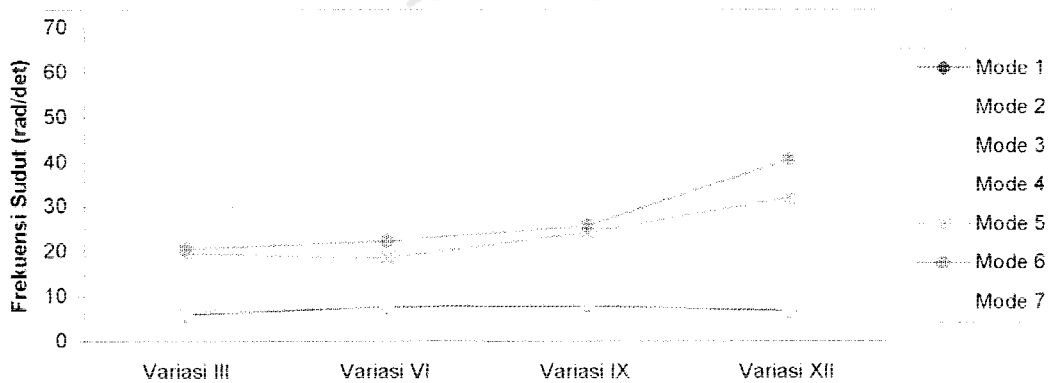
Gambar 5.14 Grafik frekuensi struktur



(a) Grafik frekuensi sudut Variasi I, IV, VII, X

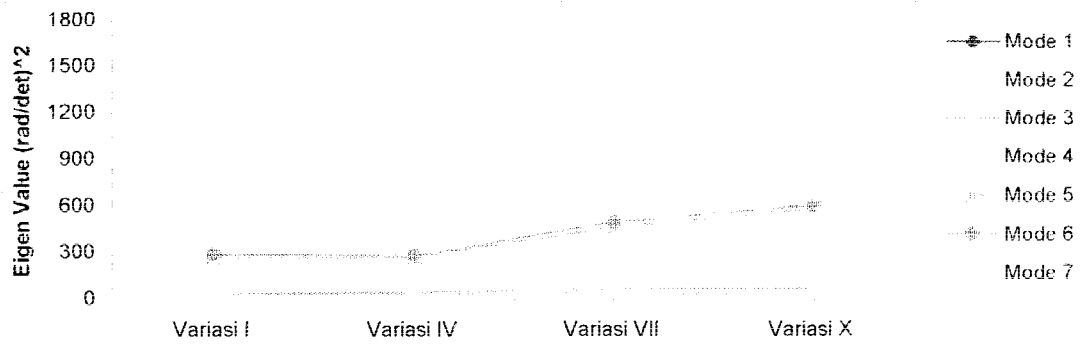


(b) Grafik frekuensi sudut Variasi II, V, VIII, XI

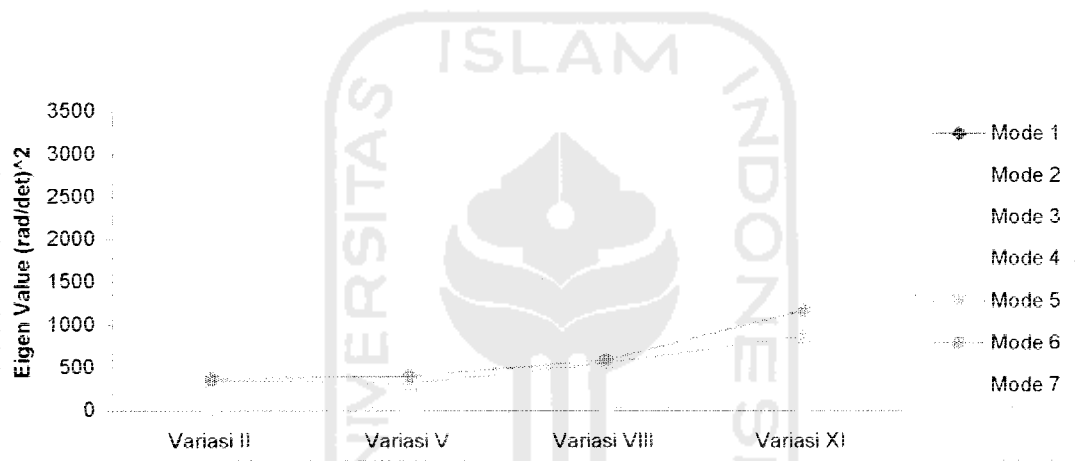


(c) Grafik frekuensi sudut Variasi III, VI, IX, XII

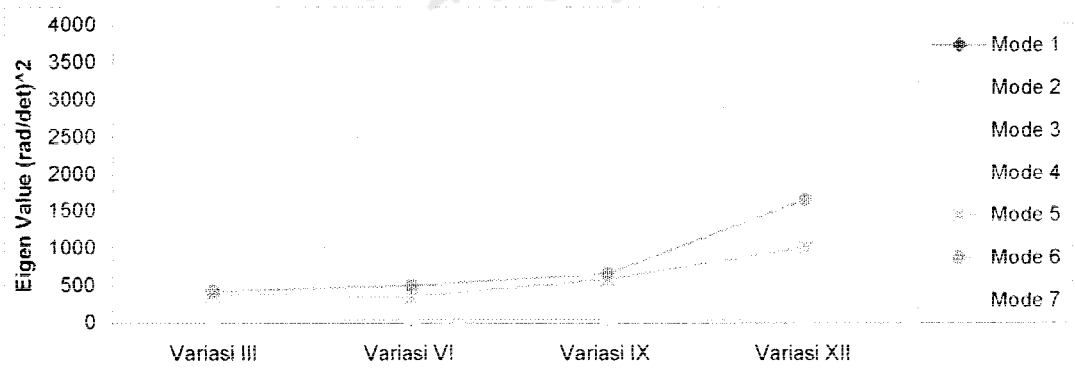
Gambar 5.15 Grafik frekuensi sudut



(a) Grafik *Eigen Value* Variasi I, IV, VII, X



(b) Grafik *Eigen Value* Variasi II, V, VIII, XI



(c) Grafik *Eigen Value* Variasi III, VI, IX, XII

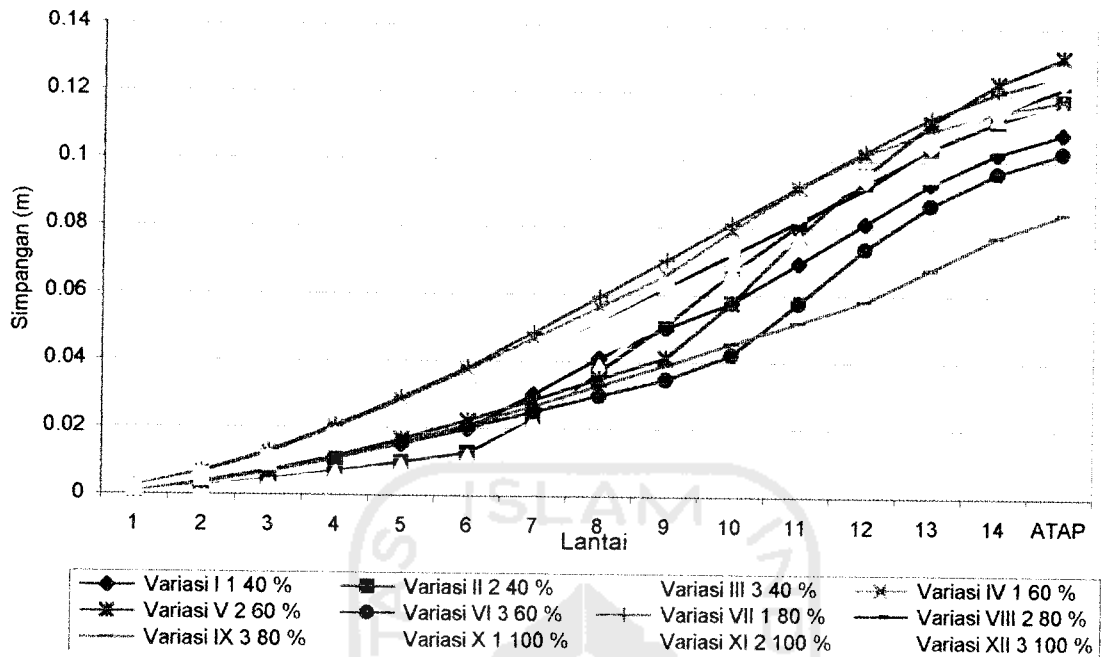
Gambar 5.16 Grafik *Eigen Value*

Tabel 5.1 Simpangan relatif arah X

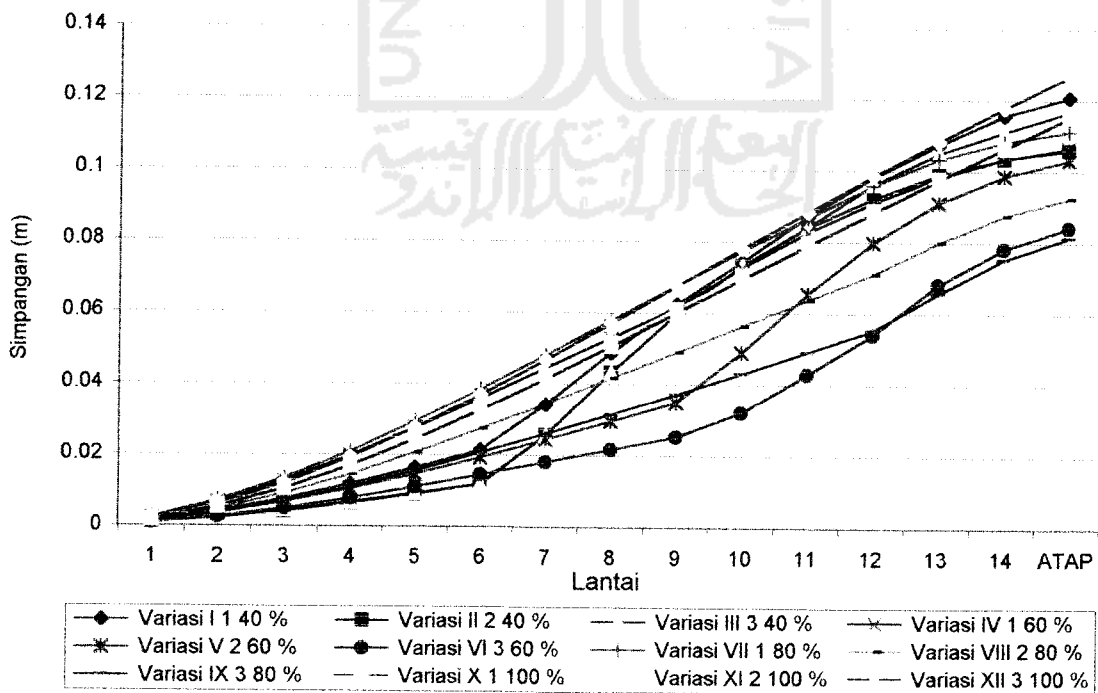
Lantai	Variasi I (m)	Variasi II (m)	Variasi III (m)	Variasi IV (m)	Variasi V (m)	Variasi VI (m)	Variasi VII (m)	Variasi VIII (m)	Variasi IX (m)	Variasi X (m)	Variasi XI (m)	Variasi XII (m)
1	0.00098	0.0008	0.0008	0.0022	0.0012	0.0013	0.0023	0.0018	0.0011	0.0019	0.0018	0.00149
2	0.0038	0.0024	0.0022	0.0066	0.0037	0.0037	0.0068	0.0055	0.0035	0.0057	0.0055	0.00465
3	0.00715	0.0045	0.0042	0.0125	0.0072	0.007	0.013	0.0109	0.0067	0.0111	0.0107	0.0093
4	0.0111	0.0071	0.0065	0.0199	0.0116	0.011	0.0206	0.0175	0.0108	0.0179	0.0171	0.01522
5	0.01535	0.0098	0.009	0.0283	0.0167	0.0154	0.0291	0.0252	0.0155	0.0256	0.0246	0.0222
6	0.01988	0.0128	0.0116	0.0374	0.0224	0.0202	0.0383	0.0338	0.0209	0.0343	0.0333	0.03006
7	0.03016	0.0227	0.022	0.0468	0.0285	0.025	0.0486	0.0429	0.0267	0.0435	0.0427	0.03862
8	0.04109	0.0371	0.0383	0.0564	0.0347	0.0299	0.0593	0.0525	0.0327	0.0532	0.0528	0.04771
9	0.05012	0.0512	0.0549	0.066	0.0413	0.0347	0.0703	0.0623	0.039	0.0632	0.0633	0.05717
10	0.05776	0.0668	0.0699	0.0793	0.0578	0.0422	0.0813	0.0722	0.0454	0.0735	0.074	0.06687
11	0.06947	0.0811	0.0843	0.092	0.0776	0.0576	0.0923	0.082	0.0518	0.084	0.0848	0.07667
12	0.08141	0.0935	0.0969	0.102	0.0961	0.0738	0.103	0.0919	0.0582	0.0944	0.0956	0.08649
13	0.09327	0.1038	0.1065	0.1095	0.1116	0.087	0.1131	0.1042	0.0678	0.1046	0.1062	0.09623
14	0.10244	0.1121	0.1132	0.1148	0.1235	0.0966	0.1208	0.1149	0.0775	0.1145	0.1167	0.10586
Atap	0.10852	0.1183	0.1176	0.1184	0.1313	0.1027	0.1259	0.1222	0.0844	0.1241	0.127	0.11532

Tabel 5.2 Simpangan relatif arah Y

Lantai	Variasi I (m)	Variasi II (m)	Variasi III (m)	Variasi IV (m)	Variasi V (m)	Variasi VI (m)	Variasi VII (m)	Variasi VIII (m)	Variasi IX (m)	Variasi X (m)	Variasi XI (m)	Variasi XII (m)
1	0.00138	0.0008	0.0008	0.0023	0.0012	0.0009	0.0025	0.0016	0.0012	0.0021	0.0018	0.00171
2	0.00403	0.0022	0.0024	0.0067	0.0036	0.0026	0.0071	0.0047	0.0035	0.0063	0.0056	0.0053
3	0.00759	0.0041	0.0044	0.0126	0.0067	0.0049	0.0134	0.0091	0.0069	0.012	0.011	0.01044
4	0.01182	0.0064	0.0068	0.0197	0.0105	0.0078	0.0209	0.0144	0.0109	0.0192	0.0176	0.01686
5	0.01641	0.0089	0.0093	0.0275	0.0147	0.011	0.0294	0.0206	0.0155	0.0276	0.0252	0.02431
6	0.02139	0.0117	0.0119	0.0359	0.0193	0.0144	0.0385	0.0272	0.0206	0.0369	0.0336	0.03255
7	0.03411	0.0255	0.0255	0.0444	0.0243	0.018	0.0481	0.0343	0.026	0.0468	0.0425	0.04136
8	0.04885	0.0433	0.0433	0.053	0.0295	0.0216	0.0579	0.0416	0.0315	0.0571	0.0517	0.05055
9	0.06246	0.0596	0.0596	0.0616	0.0349	0.0252	0.0676	0.049	0.0372	0.0675	0.0611	0.05996
10	0.07439	0.0733	0.0733	0.0726	0.049	0.0321	0.0772	0.0563	0.043	0.078	0.0705	0.06944
11	0.08723	0.084	0.0842	0.0828	0.0654	0.0428	0.0867	0.0636	0.0491	0.0884	0.0798	0.07889
12	0.09826	0.0923	0.0961	0.091	0.0798	0.054	0.0958	0.0709	0.0552	0.0985	0.0889	0.08822
13	0.10732	0.0989	0.1049	0.0983	0.091	0.0681	0.1032	0.0799	0.0656	0.1083	0.0979	0.0974
14	0.11561	0.1034	0.1111	0.1034	0.0986	0.0782	0.1082	0.0875	0.0752	0.1178	0.1066	0.10641
Atap	0.12082	0.1059	0.1167	0.1066	0.1031	0.0841	0.1112	0.0924	0.0814	0.1268	0.115	0.11522



Gambar 5.17 Grafik simpangan relatif maksimum arah X



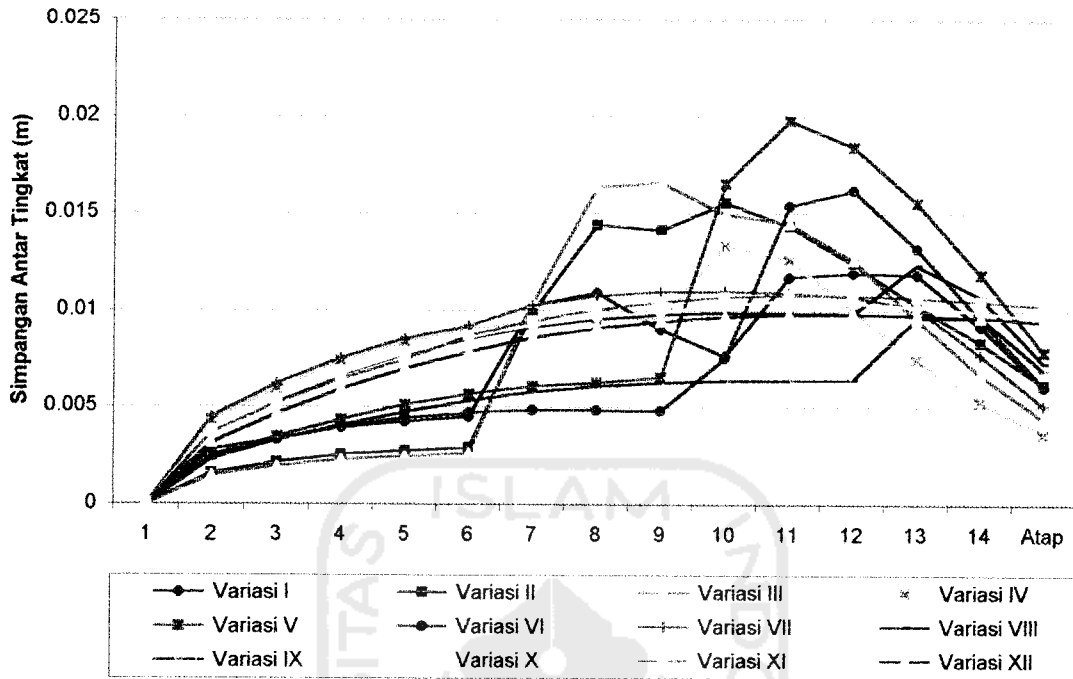
Gambar 5.18 Grafik simpangan relatif maksimum arah Y

Tabel 5.3 Simpangan antar tingkat arah X

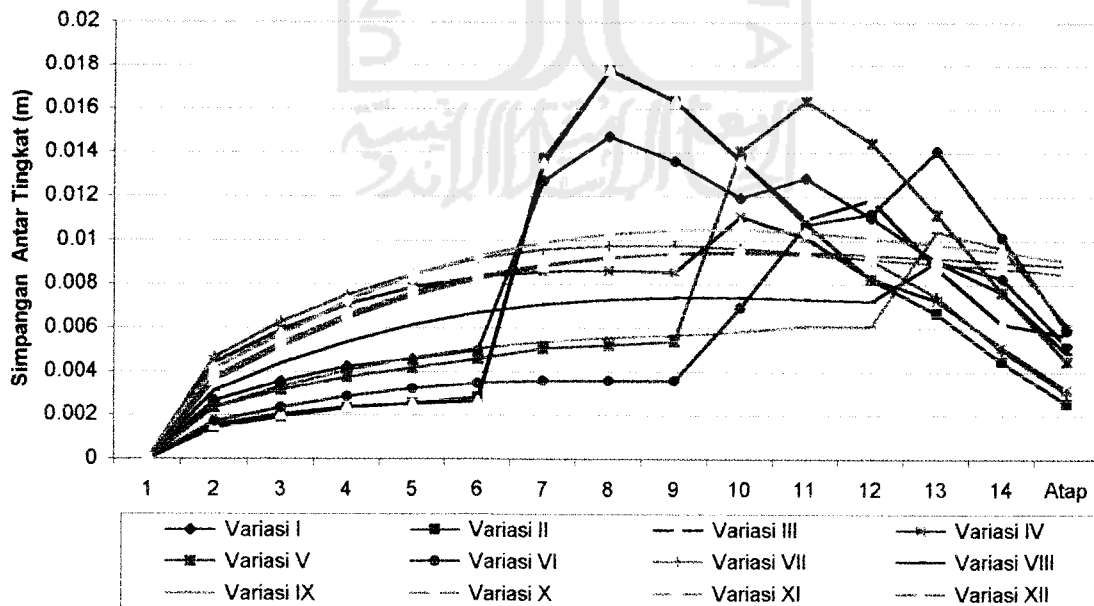
Lantai	Variasi I (m)	Variasi II (m)	Variasi III (m)	Variasi IV (m)	Variasi V (m)	Variasi VI (m)	Variasi VII (m)	Variasi VIII (m)	Variasi IX (m)	Variasi X (m)	Variasi XI (m)	Variasi XII (m)
1	0.00098	0.00081	0.00077	0.00224	0.00123	0.00128	0.0023	0.00179	0.00113	0.00188	0.0018	0.00149
2	0.00282	0.00158	0.00147	0.00433	0.0025	0.00244	0.00452	0.00375	0.00232	0.00384	0.00368	0.00316
3	0.00335	0.00215	0.00195	0.00594	0.00347	0.00332	0.00621	0.00533	0.00328	0.00541	0.00519	0.00465
4	0.00395	0.00254	0.0023	0.00739	0.00435	0.00397	0.00753	0.00665	0.00406	0.00672	0.00643	0.00592
5	0.00425	0.00275	0.00247	0.00838	0.00513	0.00443	0.00853	0.00771	0.00474	0.00779	0.00745	0.00698
6	0.00453	0.00292	0.00262	0.00907	0.00569	0.00472	0.00922	0.00853	0.00535	0.00862	0.0087	0.00786
7	0.01028	0.0099	0.0104	0.00945	0.00608	0.00485	0.01028	0.00914	0.00577	0.00925	0.00948	0.00856
8	0.01093	0.01441	0.01634	0.00956	0.00628	0.00486	0.01075	0.00956	0.00608	0.00969	0.01006	0.00909
9	0.00903	0.01414	0.01659	0.0096	0.00655	0.00482	0.01098	0.00979	0.00628	0.00995	0.01046	0.00946
10	0.00764	0.01555	0.01495	0.01337	0.01654	0.00752	0.01101	0.0099	0.00638	0.0103	0.01071	0.0097
11	0.01171	0.01434	0.01448	0.01263	0.01979	0.0154	0.01092	0.00988	0.0064	0.01053	0.01081	0.0098
12	0.01194	0.0124	0.0126	0.01005	0.01844	0.01619	0.0107	0.00982	0.0064	0.01041	0.01078	0.00982
13	0.01186	0.01028	0.00956	0.00746	0.01556	0.01321	0.01016	0.01236	0.0096	0.01019	0.01066	0.00974
14	0.00917	0.00832	0.00669	0.0053	0.01186	0.00956	0.0077	0.01071	0.00966	0.00993	0.01049	0.00963
Atap	0.00608	0.00617	0.00442	0.00364	0.00786	0.0061	0.00511	0.00728	0.00691	0.00956	0.01025	0.00946

Tabel 5.4 Simpangan antar tingkat arah Y

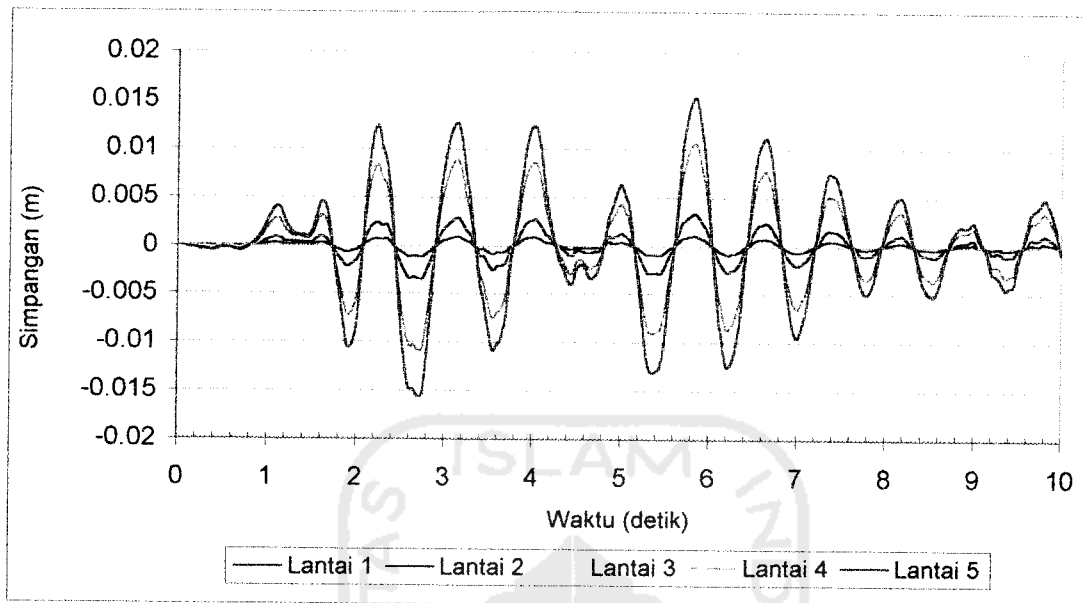
Lantai	Variasi I (m)	Variasi II (m)	Variasi III (m)	Variasi IV (m)	Variasi V (m)	Variasi VI (m)	Variasi VII (m)	Variasi VIII (m)	Variasi IX (m)	Variasi X (m)	Variasi XI (m)	Variasi XII (m)
1	0.00138	0.00076	0.00084	0.00232	0.00124	0.00086	0.00245	0.00156	0.00118	0.00211	0.00184	0.00171
2	0.00265	0.00142	0.00155	0.0044	0.00235	0.0017	0.00468	0.00312	0.00236	0.00414	0.00378	0.00359
3	0.00356	0.0019	0.00203	0.00592	0.00315	0.00235	0.00629	0.00438	0.00331	0.0057	0.00534	0.00514
4	0.00423	0.00231	0.00236	0.00706	0.00376	0.00286	0.00751	0.00536	0.00405	0.00724	0.00661	0.00642
5	0.00459	0.00254	0.00252	0.00784	0.00416	0.00322	0.00842	0.00613	0.00464	0.0084	0.00762	0.00745
6	0.00498	0.00279	0.00264	0.00834	0.00459	0.00345	0.00918	0.00669	0.00507	0.00927	0.00837	0.00824
7	0.01272	0.01375	0.01353	0.00856	0.00507	0.00357	0.00958	0.00706	0.00536	0.0099	0.0089	0.00881
8	0.01474	0.01779	0.01779	0.00859	0.00521	0.00359	0.00975	0.00728	0.00555	0.01029	0.00923	0.00919
9	0.01361	0.01638	0.01638	0.00852	0.00538	0.00357	0.00976	0.00738	0.00565	0.01048	0.00939	0.00941
10	0.01193	0.01363	0.01363	0.01108	0.01407	0.00693	0.00962	0.00738	0.00583	0.01049	0.0094	0.00948
11	0.01284	0.01077	0.01097	0.01012	0.01637	0.01073	0.00942	0.0073	0.00608	0.01036	0.00932	0.00945
12	0.01103	0.00822	0.01187	0.00826	0.01445	0.0112	0.00912	0.00721	0.00608	0.01011	0.00914	0.00933
13	0.00906	0.00668	0.00875	0.00727	0.01119	0.01408	0.00743	0.00904	0.01041	0.00979	0.00892	0.00918
14	0.00829	0.00445	0.00622	0.00513	0.00763	0.01013	0.00501	0.00762	0.00965	0.00947	0.00871	0.00901
Atap	0.00521	0.00254	0.00565	0.00316	0.00448	0.0059	0.00302	0.00487	0.00616	0.00906	0.00846	0.00881



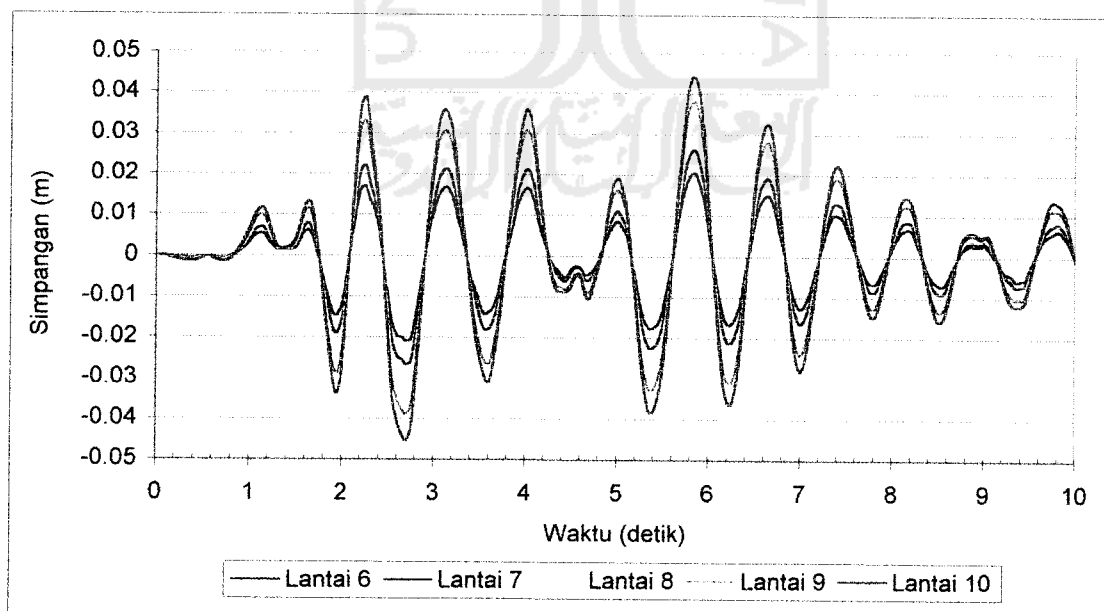
Gambar 5.19 Grafik perubahan nilai simpangan antar tingkat arah X saat gempa 45°



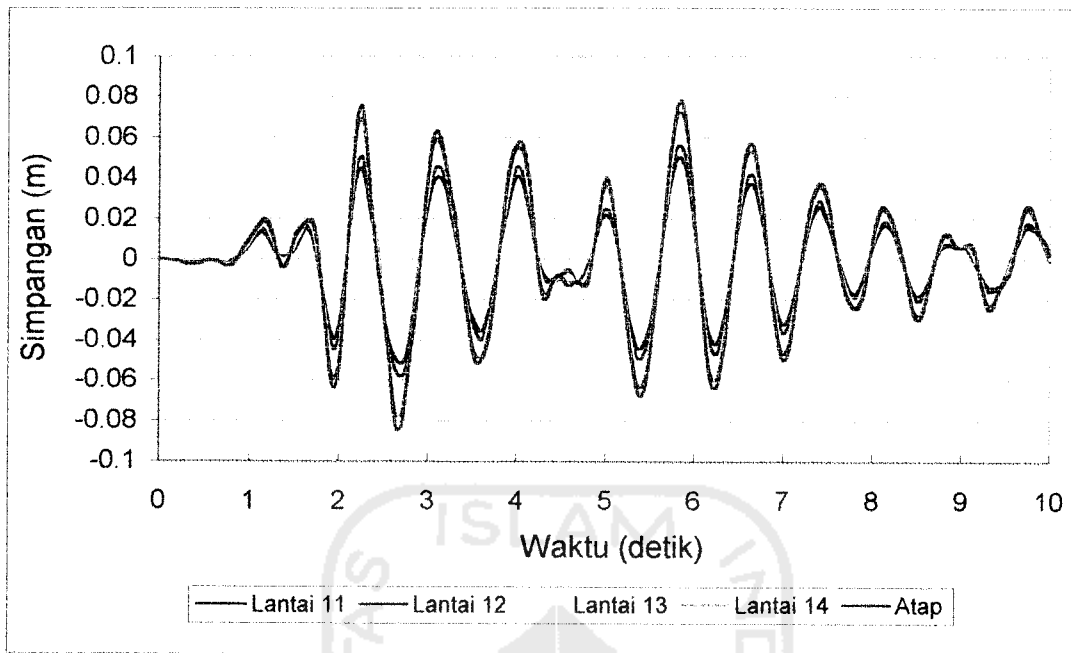
Gambar 5.20 Grafik perubahan nilai simpangan antar tingkat arah Y saat gempa 45°



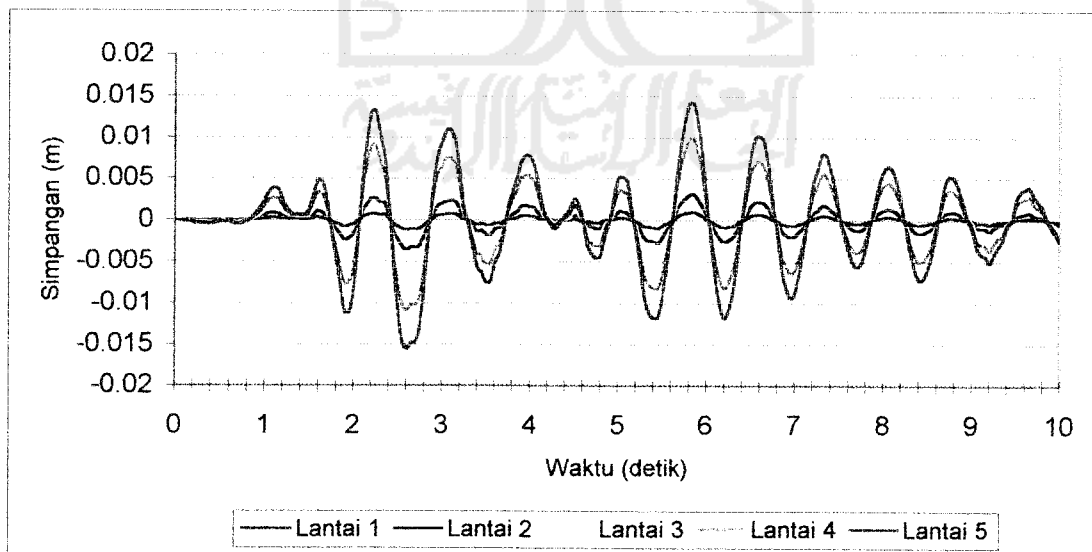
Gambar 5.21 Grafik fungsi simpangan relatif arah X Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 1 –lantai 5)



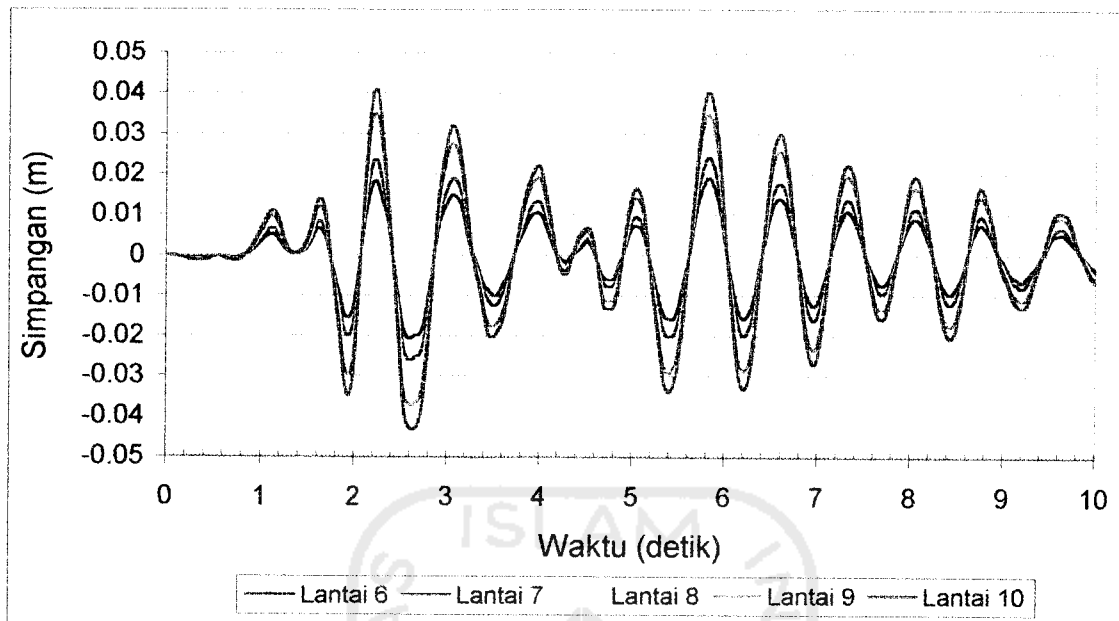
Gambar 5.22 Grafik fungsi simpangan relatif arah X Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 6 –lantai 10)



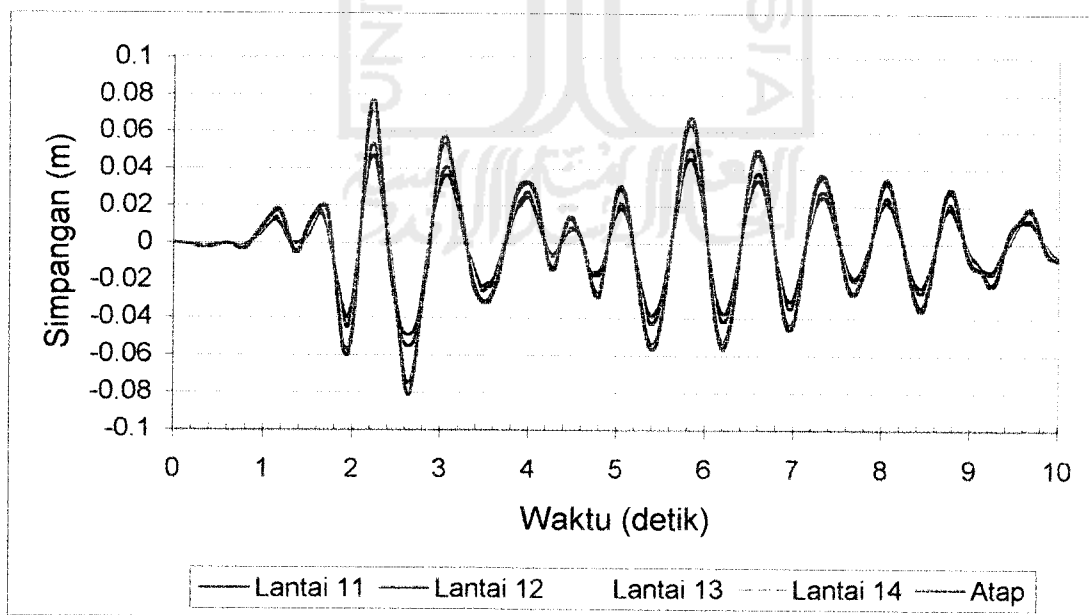
Gambar 5.23 Grafik fungsi simpangan relatif arah X Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 11 –lantai 15)



Gambar 5.24 Grafik fungsi simpangan relatif arah Y Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 1 –lantai 5)



Gambar 5.25 Grafik fungsi simpangan relatif arah Y Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 6 –lantai 10)



Gambar 5.26 Grafik fungsi simpangan relatif arah Y Variasi IX terhadap waktu.
(lantai 11 –lantai 15)

5.3.4 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

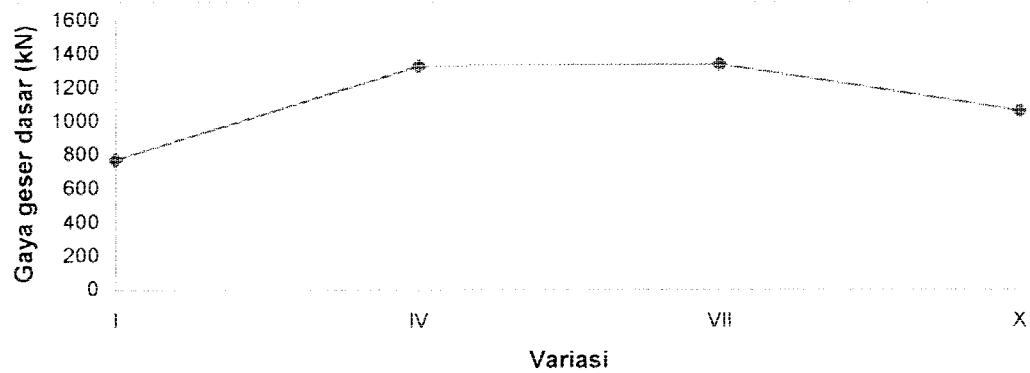
Salah satu fungsi utama dinding geser adalah menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral gempa. Pada penelitian ini nilai gaya geser ditinjau dari hasil *output* SAP 2000 *Education* yaitu total gaya geser yang terjadi pada kolom lantai pertama pada arah X dan arah Y. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 dan dimanifestasikan pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28.

Tabel 5.5 Gaya geser dasar arah X

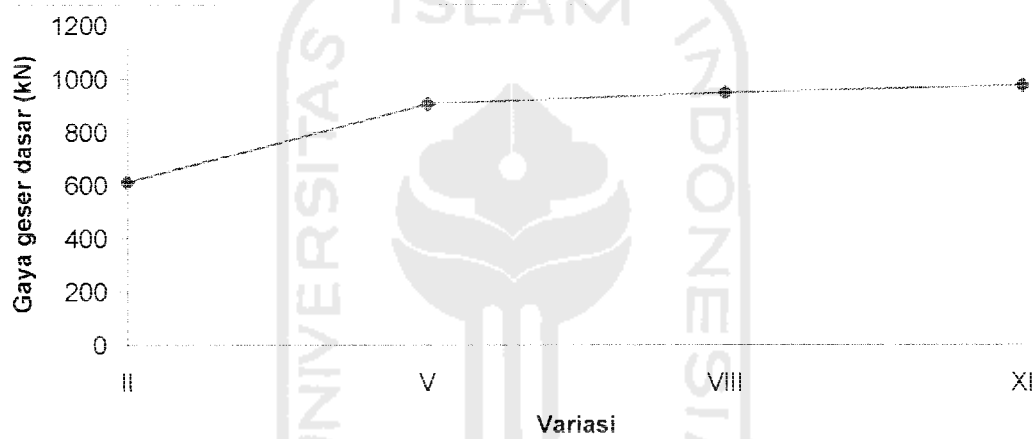
Variasi	Gaya geser dasar arah X (kN)
I	770.37646
II	610.19306
III	449.61065
IV	1325.23032
V	905.70068
VI	745.39488
VII	1333.93765
VIII	946.93162
IX	421.31734
X	1060.20576
XI	976.72543
XII	856.63617

Tabel 5.6 Gaya geser dasar arah Y

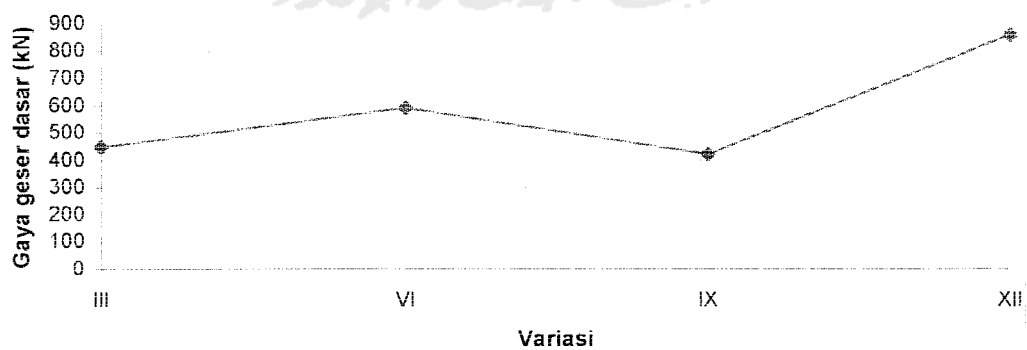
Variasi	Gaya geser dasar arah Y (kN)
I	920.08366
II	630.30589
III	537.99134
IV	1472.7037
V	949.09434
VI	772.30415
VII	1549.2574
VIII	895.86507
IX	472.98108
X	1297.49077
XI	1034.82686
XII	949.78857



(a) Grafik gaya geser dasar Variasi I, IV, VII, dan X

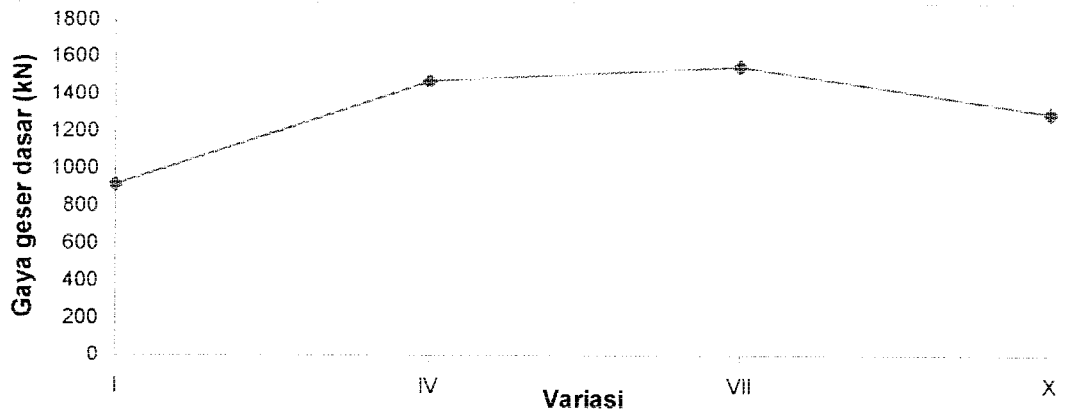


(b) Grafik gaya geser dasar Variasi II, V, VIII, dan XI

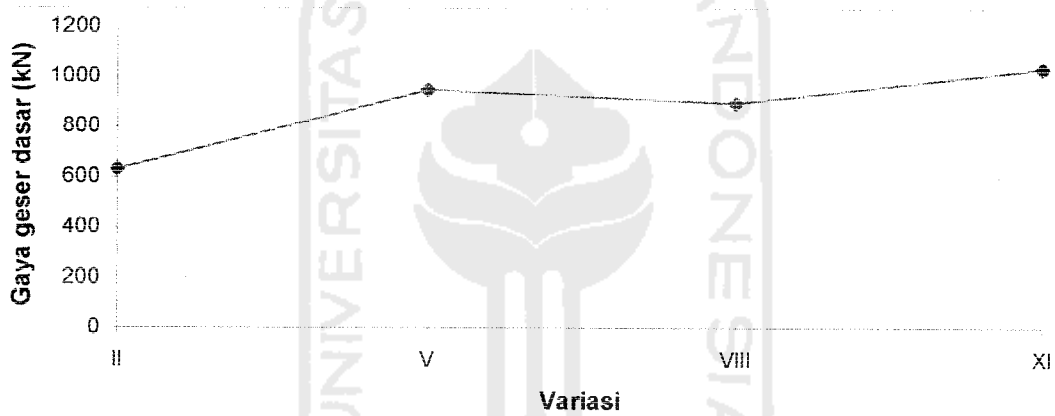


(c) Grafik gaya geser dasar Variasi III, VI, IX, XII

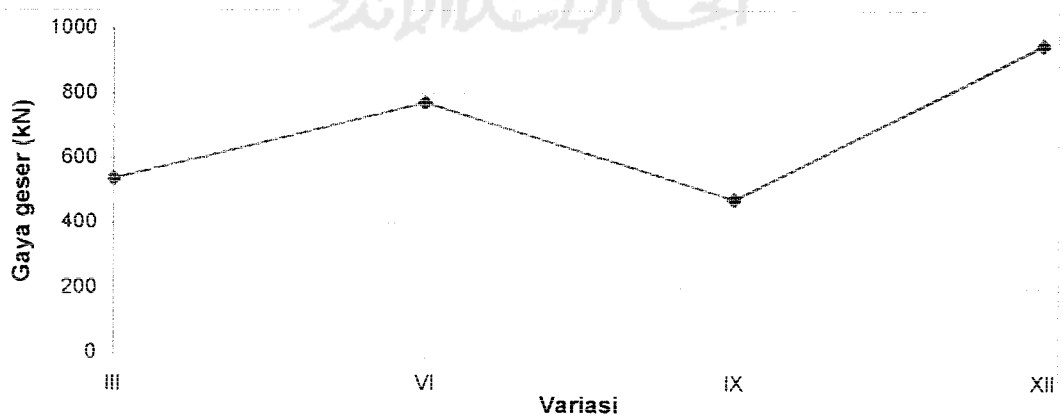
Gambar 5.27 Grafik gaya geser dasar arah X



(a) Grafik gaya geser dasar Variasi I, IV, VII, dan X

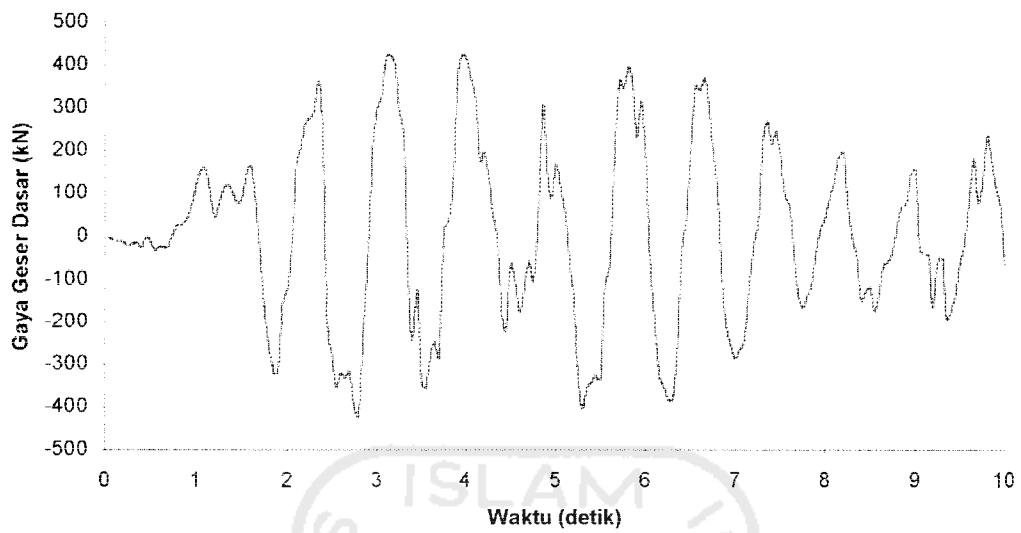


(b) Grafik gaya geser dasar Variasi II, V, VIII, dan XI

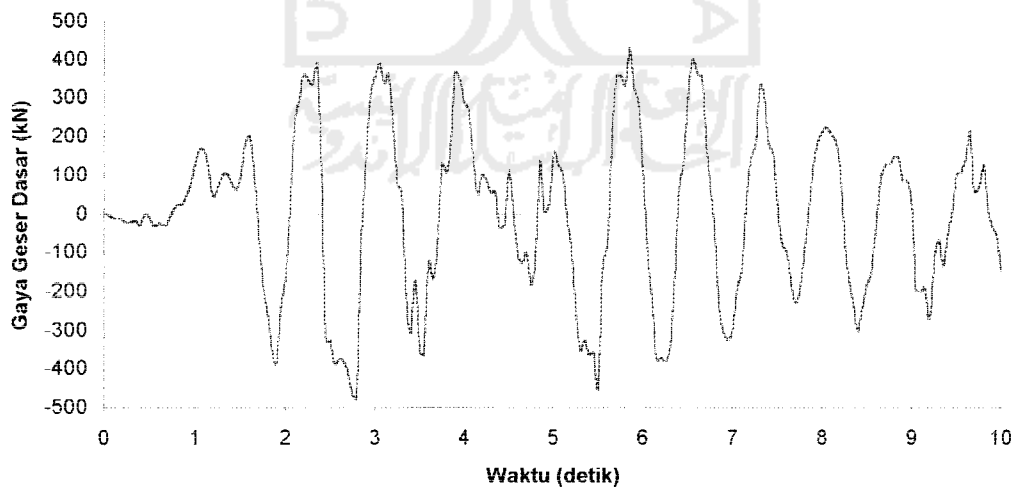


(c) Grafik gaya geser dasar Variasi III, VI, IX, XII

Gambar 5.28 Grafik gaya geser dasar arah Y



Gambar 5.29 Grafik fungsi gaya geser dasar arah X pada Variasi IX terhadap waktu.



Gambar 5.30 Grafik fungsi gaya geser dasar arah Y Variasi IX terhadap waktu.

5.3.5 Momen Guling (*Overtuning Moment*)

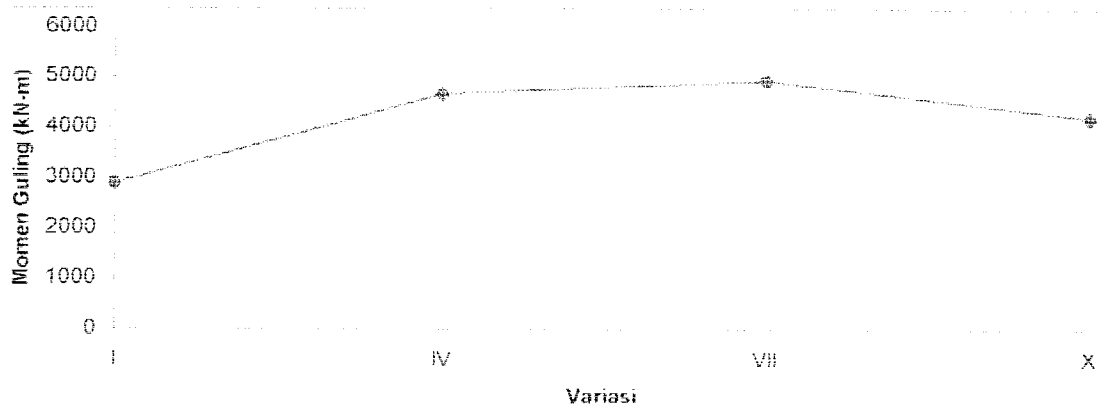
Besarnya momen guling didapat dari hasil kali gaya gempa horisontal dengan tinggi setiap tingkatnya. Pada penelitian ini nilai momen guling didapat dari SAP 2000 *Education* setelah memasukkan semua data struktur dan beban yang bekerja ditinjau dari nilai momen yang terjadi pada kolom lantai pertama pada arah X dan arah Y. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8, dimanifestasikan pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32.

Tabel 5.7 Momen guling arah X

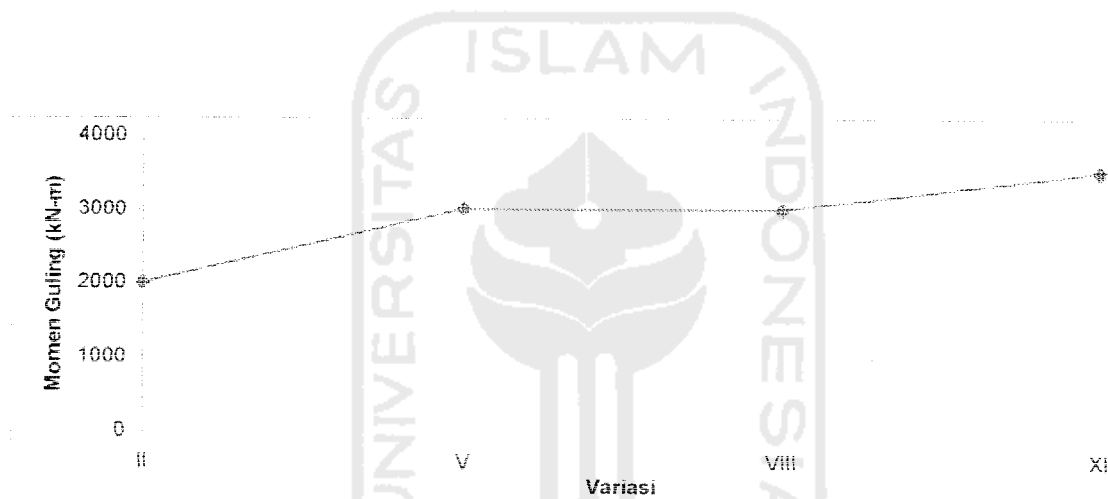
Variasi	Momen guling arah X (kN-m)
I	2884.1858
II	2007.95726
III	1699.21842
IV	4663.6238
V	3017.3936
VI	2526.61629
VII	4918.3913
VIII	3008.8043
IX	1472.03345
X	4184.6003
XI	3525.6738
XII	3223.2325

Tabel 5.8 Momen guling arah Y

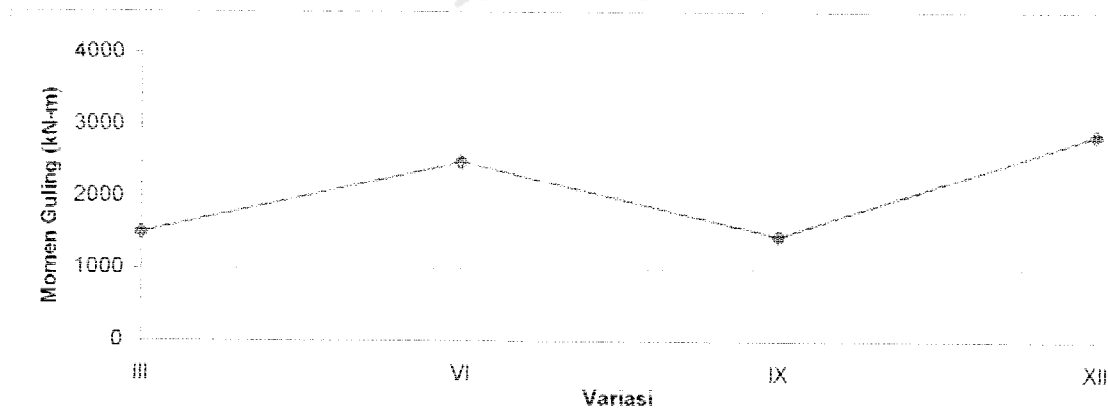
Variasi	Momen guling arah Y (kN-m)
I	2543.555
II	2011.83188
III	1500.24222
IV	4380.4191
V	2938.5405
VI	2485.84121
VII	4460.1883
VIII	3361.4093
IX	1452.14691
X	3579.3843
XI	3407.1368
XII	2866.2219



(a) Grafik momen guling Variasi I, IV, VII, dan X

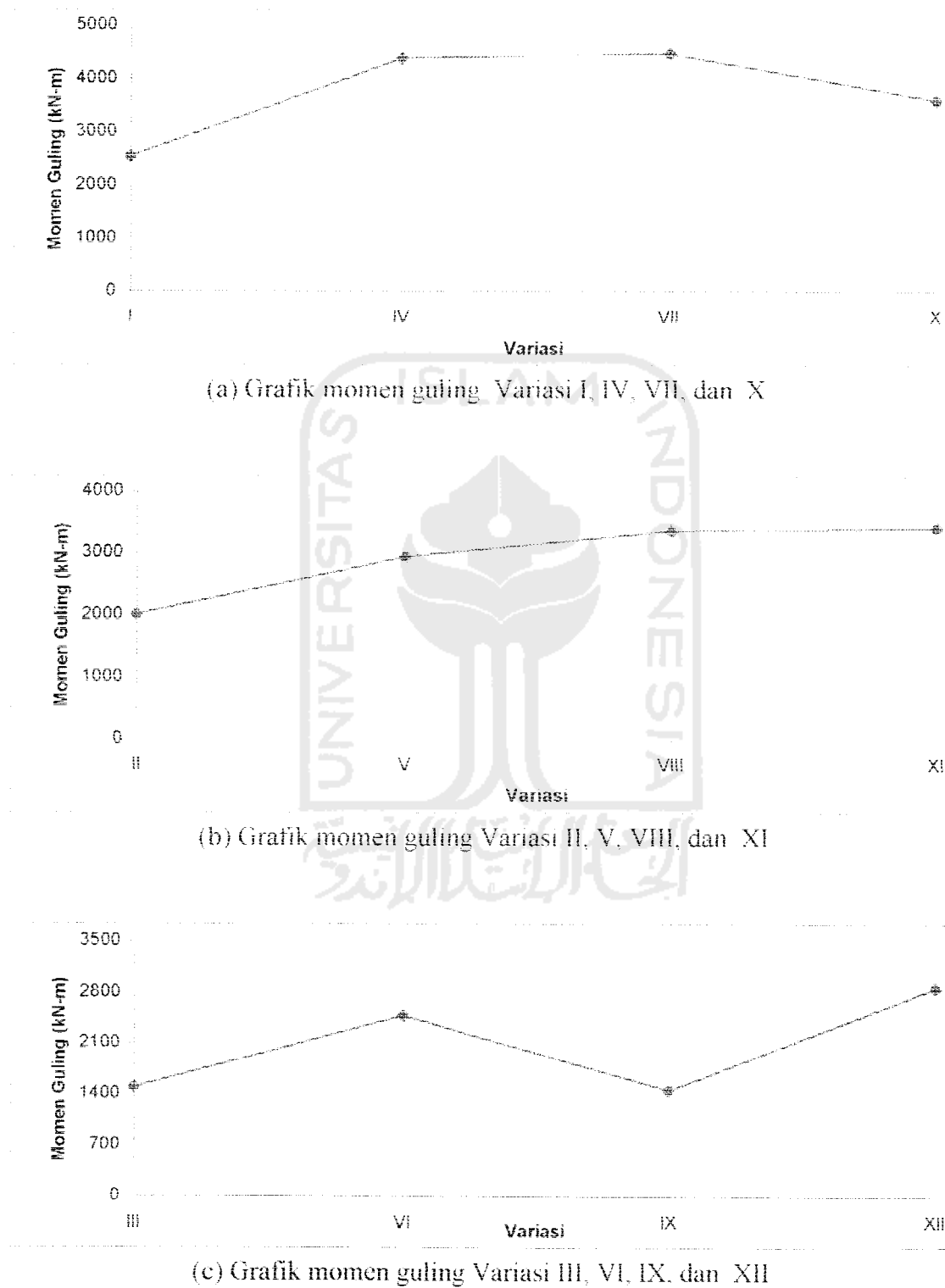


(b) Grafik momen guling Variasi II, V, VIII, dan XI

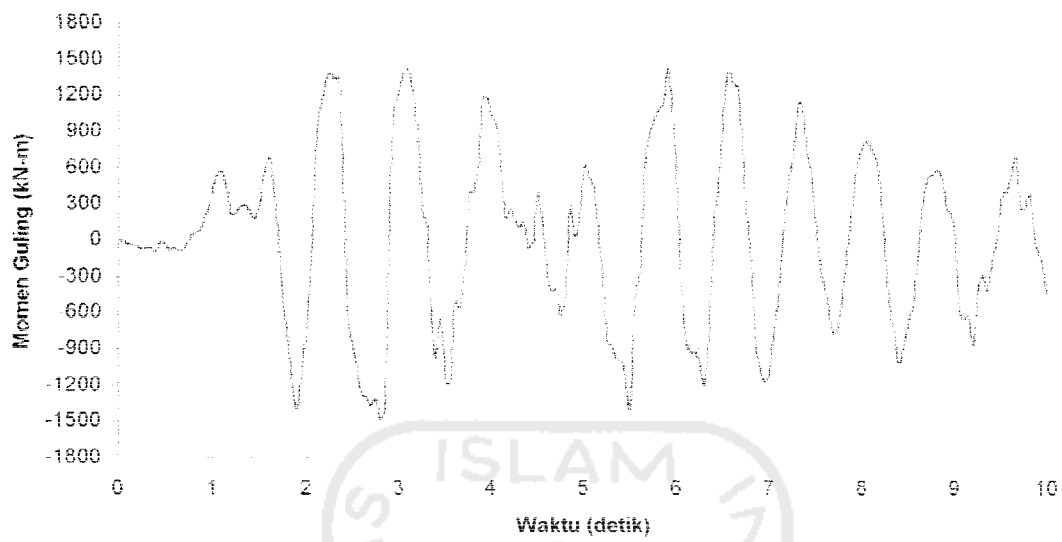


(c) Grafik momen guling Variasi III, VI, IX, dan XII

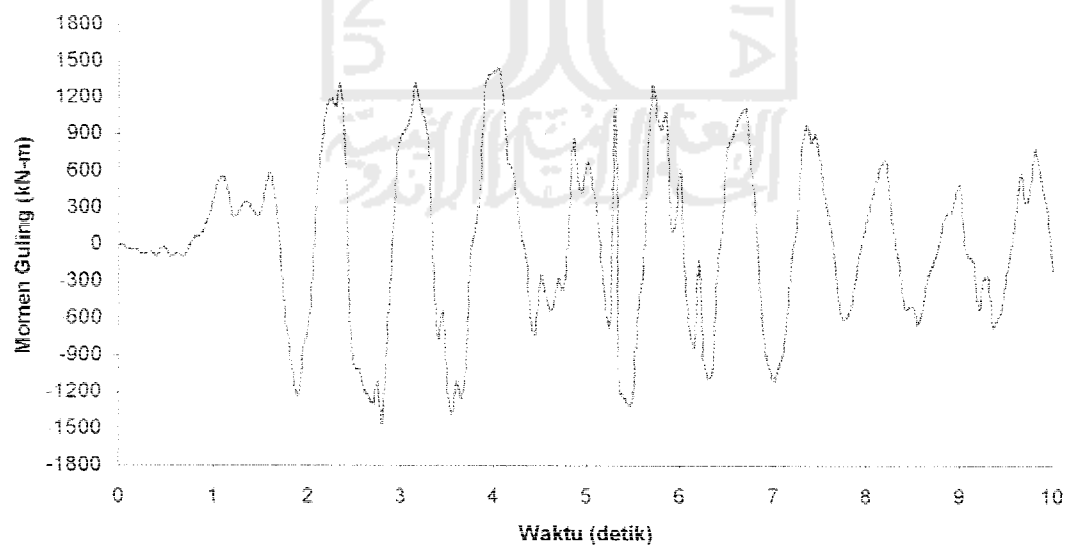
Gambar 5.31 Grafik momen guling arah X



Gambar 5.32 Grafik momen guling arah Y



Gambar 5.33 Grafik fungsi momen guling arah X
Variasi IX terhadap waktu



Gambar 5.34 Grafik fungsi momen guling arah Y
Variasi IX terhadap waktu.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Modal Periode, Frekuensi, dan Eigen Value

Pada penelitian ini penulis mengambil mode 1 sampai dengan 7 dan diperoleh hasil bahwa *mode* 1 selalu mendominasi pada setiap *mode* variasi. Nilai periode getar struktur (T) pada Variasi I sampai dengan Variasi XII mengalami penurunan pada ketinggian dinding geser 40%, 60%, 80%, dan mengalami kenaikan pada ketinggian dinding geser 100%.

Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa Variasi IX dengan jumlah 3 dinding geser dan tinggi dinding geser 80% dari total tinggi struktur memiliki nilai periode getar struktur (T) paling kecil sebesar 0,797153 detik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa dinding geser paling efektif digunakan pada ketinggian 80% dari total tinggi struktur.

Sedangkan nilai frekuensi getar struktur (f), frekuensi sudut (ω) dan *eigen value* (λ) bernilai besar pada setiap mode untuk Variasi IX. Keadaan ini kebalikan dengan nilai periode getar struktur

5.4.2 Simpangan Relatif Lantai

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.17 simpangan relatif maksimum arah X terlihat bahwa simpangan pada Variasi I, II, III dari lantai 1 sampai 6 berupa garis linier, hal ini karena struktur didominasi oleh kekakuan dinding geser yang besar, sedangkan simpangan dari lantai 7 sampai atap berupa garis lengkung karena struktur telah didominasi oleh kekakuan *frame* yang semakin berkurang sehingga semakin tinggi tingkat struktur maka simpangan struktur akan semakin besar. Simpangan pada Variasi IV, V, VI dari lantai 1 sampai 9 berupa garis linier, hal ini karena struktur masih

didominasi oleh kekakuan dinding geser yang besar, sedangkan simpangan dari lantai 10 sampai atap struktur didominasi oleh kekakuan *frame* yang semakin berkurang sehingga semakin keatas semakin memperbesar simpangan struktur. Simpangan pada Variasi VII, VIII, IX dari lantai 1 sampai 12 berupa garis linier, hal ini juga dikarenakan kekakuan struktur didominasi oleh dinding geser, sedangkan simpangan dari lantai 13 sampai atap, kekakuan struktur didominasi oleh *frame*. Variasi X, XI, XII berupa grafik lengkung tanpa patah karena struktur didominasi oleh dinding geser.

Pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.17 juga terlihat bahwa simpangan yang terkecil dan paling efektif terjadi pada Variasi IX. Jadi semakin tinggi dinding geser maka semakin kecil simpangan struktur yang terjadi dan ketinggian dinding geser yang efektif berkisar 80 % dari total tinggi struktur dengan jumlah 3 dinding geser. Hasil proses SAP 2000 *Education* berupa grafik fungsi simpangan relatif arah X terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.21, Gambar 5.22, dan Gambar 5.23.

Pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.18 simpangan relatif maksimum arah Y terlihat bahwa simpangan pada Variasi I, II, III dari lantai 1 sampai 6 berupa garis linier, hal ini karena struktur didominasi oleh kekakuan dinding geser yang besar, sedangkan simpangan dari lantai 7 sampai atap berupa garis lengkung karena struktur telah didominasi oleh kekakuan *frame* yang semakin berkurang sehingga semakin tinggi tingkat struktur maka simpangan struktur akan semakin besar. Simpangan pada Variasi IV, V, VI dari lantai 1 sampai 9 berupa garis linier, hal ini karena struktur masih didominasi oleh kekakuan dinding geser yang besar, sedangkan simpangan dari lantai 10 sampai atap struktur didominasi oleh kekakuan *frame* yang semakin berkurang sehingga semakin keatas semakin memperbesar simpangan struktur. Simpangan pada Variasi VII, VIII, IX dari lantai 1 sampai 12 berupa garis linier, hal ini juga dikarenakan

kekakuan struktur didominasi oleh dinding geser, sedangkan simpangan dari lantai 13 sampai atap, kekakuan struktur didominasi oleh *frame*. Variasi X, XI, XII berupa grafik lengkung tanpa patah karena struktur didominasi oleh dinding geser.

Pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.18 juga terlihat bahwa simpangan yang terkecil dan paling efektif terjadi pada Variasi IX. Jadi semakin tinggi dinding geser maka semakin kecil simpangan struktur yang terjadi dan ketinggian dinding geser yang efektif berkisar 80 % dari total tinggi struktur dengan jumlah 3 dinding geser. Hasil proses SAP 2000 *Education* berupa grafik fungsi simpangan relatif arah Y terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.24, Gambar 5.25, dan Gambar 5.26.

5.4.3 Simpangan Antar Tingkat (*Inter-story Drift*)

Simpangan antar tingkat didapatkan dari selisih simpangan lantai atas dengan simpangan lantai bawahnya. Pada Gambar 5.19 simpangan antar tingkat arah X (lantai 1 sampai atap) pada setiap lantai. Variasi I sebesar 1,194 cm di tingkat 12, Variasi II sebesar 1,555 cm di tingkat 10, Variasi III sebesar 1,659 cm di tingkat 9, Variasi IV sebesar 1,337 cm di tingkat 10, Variasi V sebesar 1,979 cm di tingkat 11, Variasi VI sebesar 1,619 cm di tingkat 12, Variasi VII sebesar 1,101 cm di tingkat 10, Variasi VIII sebesar 1,236 cm di tingkat 13, Variasi IX sebesar 0,966 cm di tingkat 14, Variasi X sebesar 1,053 cm di tingkat 11, Variasi XI sebesar 1,081 cm di tingkat 11, dan Variasi XII sebesar 0,982 cm di tingkat 12.

Pada Gambar 5.20 simpangan antar tingkat arah Y (lantai 1 sampai atap) tiap lantai. Pada Variasi I sebesar 1,474 cm di tingkat 8, Variasi II sebesar 1,779 cm di tingkat 8, Variasi III sebesar 1,7790 cm di tingkat 8, Variasi IV sebesar 1,108 cm di tingkat 10, Variasi V sebesar 1,637 cm di tingkat 11, Variasi VI sebesar 1,408 cm di

tingkat 13, Variasi VII sebesar 0,976 cm di tingkat 9, Variasi VIII sebesar 0,904 cm di tingkat 13, Variasi IX sebesar 1,041 cm di tingkat 13, Variasi X sebesar 1,049 cm di tingkat 10, Variasi XI sebesar 0,940 cm di tingkat 10, dan Variasi XII sebesar 0,948 cm di tingkat 10.

Pada pasal 2.6.3. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987 menyebutkan adanya pembatasan simpangan antar tingkat, yang mana perbandingan antara simpangan antar tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0.005, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm. Secara keseluruhan struktur ini dapat dikatakan bahwa simpangan antar tingkat masing-masing Variasi dalam batas aman dan sesuai dengan persyaratan simpangan antar tingkat.

Pada Lampiran I simpangan antar tingkat berdasarkan sudut datang dan arah gempa yang tidak sesuai dengan prasyarat PPKGURG 1987 adalah simpangan lebih besar dari 2 cm dapat dilihat pada Tabel 7 yaitu Variasi II, III, V, VI; pada Tabel 8 yaitu Variasi I, II, III, IV, V; pada Tabel 11 yaitu Variasi II, III, IV, V, VI; pada Tabel 15 yaitu Variasi III, V, VI; pada Tabel 20 yaitu Variasi II, III; pada Tabel 24 yaitu Variasi II, III, IV. Sehingga struktur yang aman pada Variasi VII, VIII, IX, X, XI, XII atau struktur yang memiliki ketinggian dinding geser 80% dan 100% dari total tinggi struktur bangunan. Berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Sugeng, bahwa ketinggian dinding geser yang efektif adalah 80% dari tinggi struktur bangunan maka Variasi IX merupakan variasi yang paling efektif untuk digunakan.

5.4.4 Gaya Geser Dasar

Besarnya gaya geser dasar dipengaruhi oleh simpangan relatif dan kekakuan tingkat. Disini gaya geser dasar ditinjau dari nilai total gaya geser yang terjadi pada kolom lantai pertama pada arah X dan arah Y.

Dari Tabel 5.5 dan Gambar 5.27 terlihat bahwa pada Variasi I, IV, VII, dan X memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 770,37646 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 1325,23032 kN. Pada Variasi II, V, VIII, dan XI memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 610,19306 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 976,72543 kN. Sedangkan pada Variasi III, VI, IX, dan XII memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 421,31734 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 856,63617 kN. Jadi secara keseluruhan gaya geser dasar arah X yang terkecil dan efektif pada Variasi IX. Hasil proses SAP 2000 *Education* berupa grafik fungsi gaya geser dasar arah X terkecil terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.29.

Dari Tabel 5.6 dan Gambar 5.28 terlihat bahwa pada Variasi I, IV, VII, dan X memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 920,08366 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 1472,7073 kN. Pada Variasi II, V, VIII, dan XI memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 630,30589 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 1034,82686 kN. Sedangkan pada Variasi III, VI, IX, dan XII memiliki nilai gaya geser dasar terkecil sebesar 472,98108 kN, dan nilai gaya geser dasar terbesar sebesar 949,78857 kN. Maka secara keseluruhan gaya geser dasar arah Y yang terkecil dan efektif pada Variasi IX. Hasil proses SAP 2000 *Education* berupa grafik fungsi gaya geser dasar arah Y terkecil terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.30.

Pada penelitian ini besarnya gaya geser dasar ini sangat fluktuatif karena pengaruh kekakuan tingkat dan penambahan massa yang diakibatkan oleh dinding geser, bekerja secara bersama-sama. Perilaku yang sebenarnya adalah semakin kecil simpangan struktur, dengan semakin tinggi dinding geser yaitu 40%, 60%, 80% dari total ketinggian, struktur memiliki kekakuan semakin meningkat hal ini menyebabkan simpangan horisontal struktur semakin kecil sehingga semakin kecil pula gaya horisontal lantainya, dan ini mengakibatkan gaya geser dasarnya makin kecil. Namun ini tidak terjadi pada Variasi IX ke Variasi XII, nilai gaya geser dasar semakin besar dengan ketinggian ketinggian 100%. Variasi IX memiliki frekuensi getar struktur 1,254464 Hz, dan frekuensi getar tanah akibat gempa El Centro sebesar 0,96312 Hz.

5.5.5 Momen Guling

Momen guling dipengaruhi oleh gaya lantai dan elevasi lantai. Untuk mendapatkan nilai momen guling ditinjau dari nilai total momen guling yang terjadi pada kolom lantai pertama pada arah X dan arah Y.

Hasil perhitungan dari *output* SAP 2000 *Education* pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.31 terlihat bahwa pada Variasi I, IV, VII, dan X memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 2884,1858 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 4918,3913 kN. Pada Variasi II, V, VIII, dan XI memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 2007,95726 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 3525,6738 kN. Sedangkan pada Variasi III, VI, IX, dan XII memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 1472,03345 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 3223,2325 kN. Maka secara keseluruhan momen guling arah X yang terkecil dan efektif pada Variasi IX. Hasil proses SAP 2000

Education berupa grafik fungsi momen guling arah X terkecil terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.34.

Dari hasil *output* SAP 2000 *Education* pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.32 terlihat bahwa pada Variasi I, IV, VII, dan X memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 2543,555 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 4460,1883 kN. Pada Variasi II, V, VIII, dan XI memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 2011,83188 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 3407,1368 kN. Sedangkan pada Variasi III, VI, IX, dan XII memiliki nilai momen guling terkecil sebesar 1452,14691 kN, dan nilai momen guling terbesar sebesar 2866,2219 kN. Maka secara keseluruhan momen guling arah Y yang terkecil dan efektif pada Variasi IX. Hasil proses SAP 2000 *Education* berupa grafik fungsi momen guling arah Y terkecil terhadap waktu untuk Variasi IX dapat dilihat pada Gambar 5.36.

