

BAB V

PERHITUNGAN DAN ANALISIS STRUKTUR

Pada bab ini membahas tentang perhitungan dan analisis pengaruh variasi rasio luas lubang dinding geser berlubang-portal terhadap simpangan, gaya geser dasar, dan momen guling akibat beban gempa El Centro. Hasil perhitungan pengaruh variasi luas lubang dinding geser berlubang-portal disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Di sini juga dibahas mengenai A/V ratio maksimum (Hz) gempa El Centro 1940 arah x (E-W) dan arah y (N-S) dibandingkan dengan frekuensi *mode* (Hz) bangunan tiap variasi (diambil 3 *mode*) untuk diteliti apakah terjadi resonansi (frekuensi gempa sama dengan frekuensi bangunan) pada struktur yang diteliti dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik pada Lampiran III.

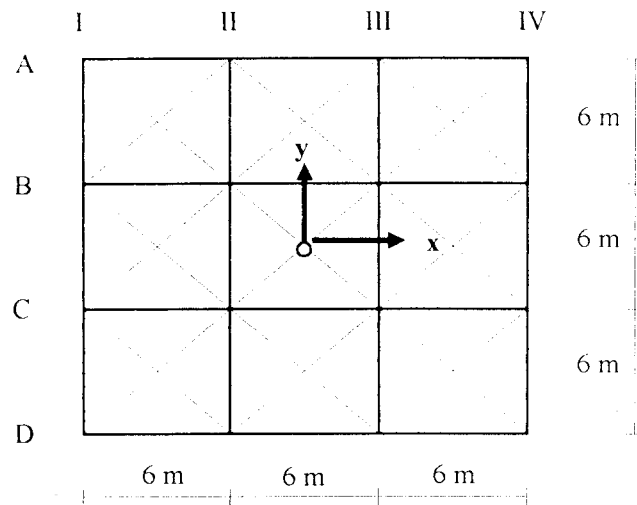
Dalam menganalisis struktur diperlukan asumsi dimensi dari seluruh struktur yang akan dianalisis yang selanjutnya akan diproses oleh program SAP 2000 untuk mendapatkan simpangan relatif, gaya geser dasar, dan momen guling dasar.

Sebagai bahan penelitian yaitu gedung apartemen 20 lantai dengan variasi luas lubang dinding geser berlubang memanjang horizontal adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100% dari luas dinding geser berlubang. Denah bangunan berbentuk bujur sangkar dengan letak dinding geser berlubang simetris dalam dua arah dengan keempat sisi berlubang. Pembebanan dengan beban gempa *time history* El Centro arah N-S, E-W, dan Vertikal.

5.1. Asumsi Yang Digunakan

1. Tebal pelat atap = 0,12 m
2. Tebal pelat lantai = 0,12 m
3. Dimensi kolom = 0,6 x 0,6 m
4. Dimensi balok = 0,30 x 0,6 m
5. Dimensi dinding geser = 3,4x3,4 m dengan lubang memanjang horizontal yang terletak ditengah dinding geser.
6. Tebal dinding geser berlubang = 0,30 m
7. Berat volume beton = 2400 kg/m³
8. Tata guna ruang sebagai apartemen dengan beban hidup lantai = 250 kg/m² dan beban hidup atap = 100 kg/m²
9. Bangunan dirancang simetri dua arah, sehingga pusat massa struktur saling berhimpit dan faktor puntir tidak diperhitungkan.

Denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Denah bangunan

5.2. Perhitungan Beban Atap dan Lantai

- a. Beban mati atap :
- Berat pelat 12 cm = $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
 - Berat penggantung = 7 kg/m^2
 - Berat plafon = 11 kg/m^2
- DL = 306 kg/m^2
- Beban hidup atap LL = 100 kg/m^2
- b. Beban mati lantai :
- Berat pelat 12 cm = $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
 - Berat pasir, 3 cm = $0,03 \times 1600 = 48 \text{ kg/m}^2$
 - Berat spesi/cm, 2 cm = $0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$
 - Berat keramik, 1 cm = $0,01 \times 2400 = 24 \text{ kg/m}^2$
 - Berat penggantung = 7 kg/m^2
 - Berat plafon = 11 kg/m^2
- DL = 420 kg/m^2

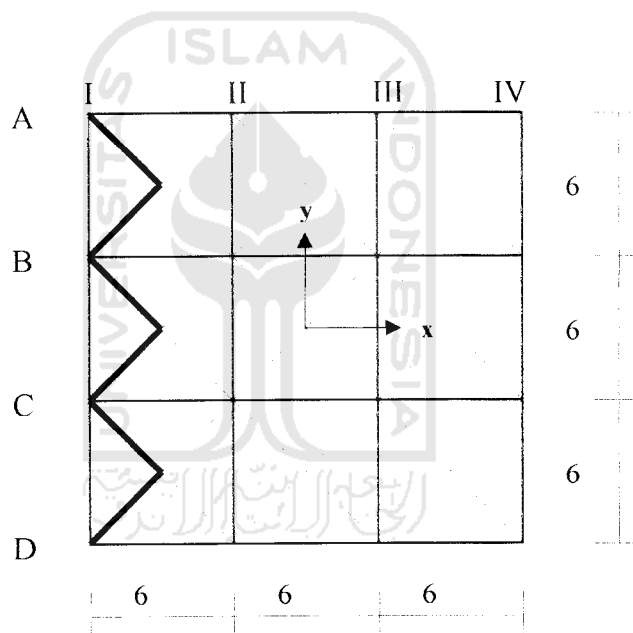
- Beban hidup lantai :beban untuk apartemen LL = 250 kg/m²
- c. Berat tembok ½ bata = 250 kg/m²

5.3. Mekanisme Pembebanan

Pembebanan Untuk Portal Arah X = Portal Arah Y

a. Portal as-A = as-D = as-I = as-IV

Luas lantai yang membebani portal as-A adalah seperti pada Gambar 5.2. dengan bentuk beban *trapezoidal*.



Gambar 5.2. Beban *trapezoidal* portal as -A

1. Beban gravitasi pada balok atap as-A = as-D = as-I = as IV

a. Beban mati pada atap tiap meter;

- Pelat = 3 x 288 = 864 kg/m

- Plafon dan pengantung = 3 x 18 = 54 kg/m +

DL *trapezoidal* = 918 kg/m

$$\text{- Dinding (DL uniform)} = (2-0,3) \times 250 = \mathbf{425 \text{ kg/m}}$$

b. Beban hidup pada atap tiap meter

$$\text{- Beban hidup (LL trapezoidal)} = 3 \times 100 = \mathbf{300 \text{ kg/m}}$$

2. Beban gravitasi balok lantai 1 s/d 19 di as-A = as-D = as-I = as IV

a. Beban mati pada lantai tiap meter;

$$\text{- Pelat} = 3 \times 288 = 864 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Pasir, 3 cm} = 3 \times 48 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Spesi, 2 cm} = 3 \times 42 = 126 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Keramik, 1 cm} = 3 \times 24 = 72 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Plafon dan penggantung} = 3 \times 18 = \underline{54 \text{ kg/m} +}$$

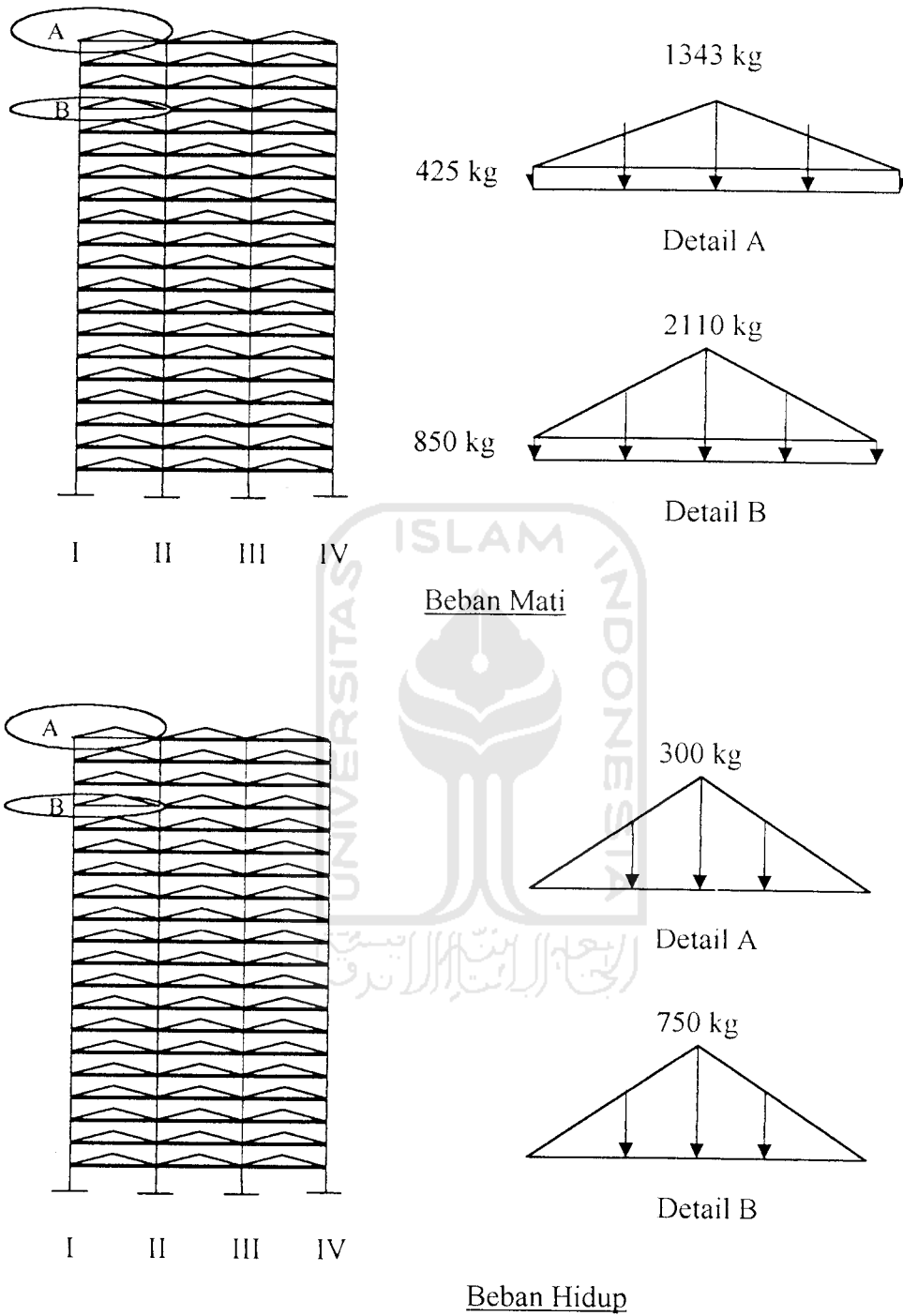
$$\text{DL trapezoidal} = \mathbf{1260 \text{ kg/m}}$$

$$\text{- Dinding (DL uniform)} = (4-0,6) \times 250 = \mathbf{850 \text{ kg/m}}$$

b. Beban hidup pada lantai tiap meter;

$$\text{- Beban hidup (LL trapezoidal)} = 3 \times 250 = \mathbf{750 \text{ kg/m}}$$

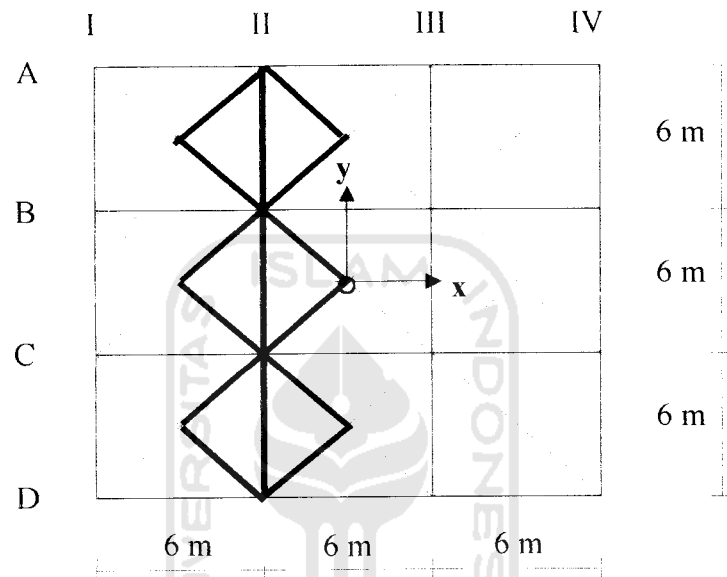
Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup pada atap dan lantai untuk portal as-A dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Beban mati dan beban hidup portal as-A

b. Portal as-B = as- C = as- II = as III

Luas pembebanan lantai yang membebani portal as-B adalah dua kali luas pembebanan lantai yang membebani portal as-A seperti pada Gambar 5.4. dengan bentuk beban *trapezoidal*.



Gambar 5.4. Beban *trapezoidal* portal as-B

1. Beban gravitasi pada balok atap as-B = as-C = as-II = as III

a. Beban mati pada atap / meter

- Pelat $= 2 \times 3 \times 288 = 1728 \text{ kg/m}$

- Plafon dan pengantung $= 2 \times 3 \times 18 = 108 \text{ kg/m} +$

DL trapezoidal $= 1836 \text{ kg/m}$

- Dinding (*DL uniform*) $= (2-0,3) \times 250 = 425 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup pada atap tiap meter

- Beban hidup (*LL trapezoidal*) $= 2 \times 3 \times 100 = 600 \text{ kg/m}$

2. Beban gravitasi balok lantai 1 s/d 19

di as-B = as-C = as-II = as III

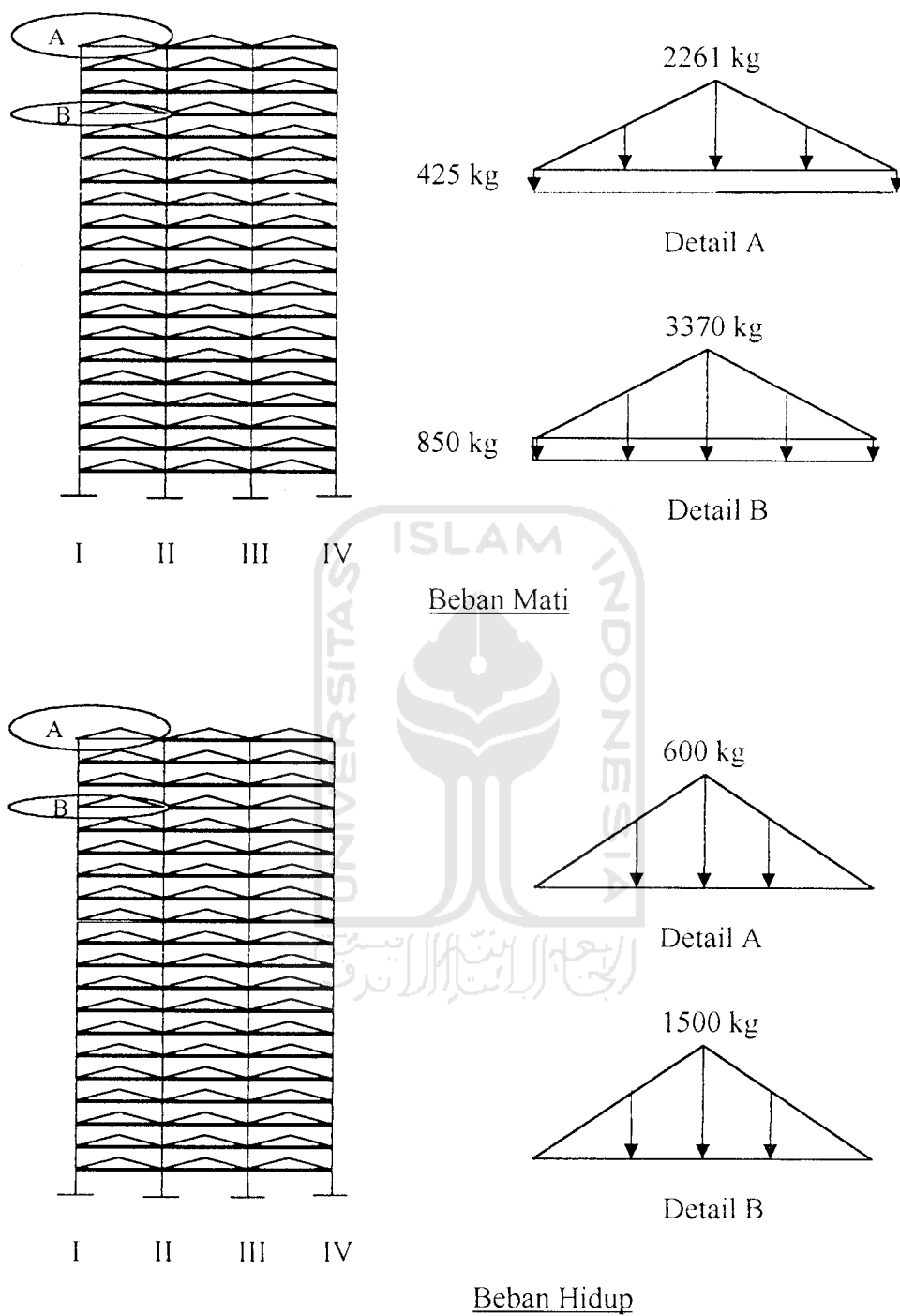
a. Beban mati pada lantai tiap meter

- Pelat $= 2 \times 3 \times 288 = 1728 \text{ kg/m}$
- Pasir $= 2 \times 3 \times 48 = 288 \text{ kg/m}$
- Spesi $= 2 \times 3 \times 42 = 252 \text{ kg/m}$
- Keramik $= 2 \times 3 \times 24 = 144 \text{ kg/m}$
- Plafon dan penggantung $= 2 \times 3 \times 18 = \underline{108 \text{ kg/m}}$ +
- $DL \text{ trapezoidal} = 2520 \text{ kg/m}$
- Dinding (DL *uniform*) $= (4-0,6) \times 250 = 850 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup pada lantai tiap meter

- Beban hidup (LL *trapezoidal*) $= 2 \times 3 \times 250 = 1500 \text{ kg/m}$

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup pada atap dan lantai untuk portal as-B dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Beban mati dan beban hidup portal as-B

5.4. *Input SAP 2000*

Input yang kii,kpertaama yaitu penentuan bentuk (*geometric*) struktur dan ukurannya serta jenis material struktur yang dipakai, dalam penelitian ini digunakan struktur beton bertulang. Kemudian menentukan dimensi struktur yaitu kolom, balok, dan dimensi dinding geser berlubang yang selanjutnya *joint* tiap lantai dikekang (*joint constraint*) sebagai diafragma (*diaphragm*) agar sesuai dengan prinsip dinding geser baik penuh maupun berlubang yaitu:

1. Massa lantai dari struktur termasuk beban yang harus didukung dianggap terkonsentrasi pada satu titik (*lumped mass*) ditengah bentang atau kolom dan lantai dianggap tidak bermassa.
2. Balok serta pelat lantai dianggap relatif sangat kaku dibanding kolom, *beam coloumn joint* mampu menahan rotasi (*joint* tidak berotasi dan simpangan hanya kearah horizontal tanpa adanya puntir).

Pembebanan untuk semua variasi dinding geser berlubang-portal dilakukan melalui perhitungan kasus beban-beban statis (*static load case*) yaitu beban mati dan beban hidup serta beban berupa percepatan tanah dari kasus riwayat waktu (*time history case*) gempa El Centro arah Utara-Selatan, Timur-Barat, dan Vertikal. Langkah-langkah pengerjaan dengan SAP 2000 dapat dilihat di Gambar 4.3. pada Bab IV. Contoh input data pada SAP 2000 diambil variasi 7 yaitu rasio luas lubang 60% dari luas dinding geser berlubang, dapat dilihat pada Lampiran I.

5.5. Output SAP 2000

Hasil analisis dengan program SAP 2000 berupa simpangan relatif arah x dan y, gaya geser dasar arah x dan y, serta momen guling dasar arah x dan y. Contoh hasil *output* dari SAP 2000 diambil variasi 6 yaitu rasio luas lubang 50% dari dinding geser berlubang, dapat dilihat pada Lampiran II.

5.5.1 Simpangan Relatif Lantai

Nilai simpangan relatif diambil dari nilai *joint displacement* pada *joint* di perpotongan as-D dengan as-IV pada setiap lantai (lihat Gambar 5.1), yang merupakan sudut bangunan yang relatif memiliki simpangan besar. Disini diambil *joint* 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, dan 21 yaitu *joint* perpotongan as-D dengan as-IV (lihat Lampiran II *Output joint displacement*). Simpangan relatif maksimum arah x dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.6, simpangan relatif maksimum arah y dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.1. Simpangan relatif maksimum arah x

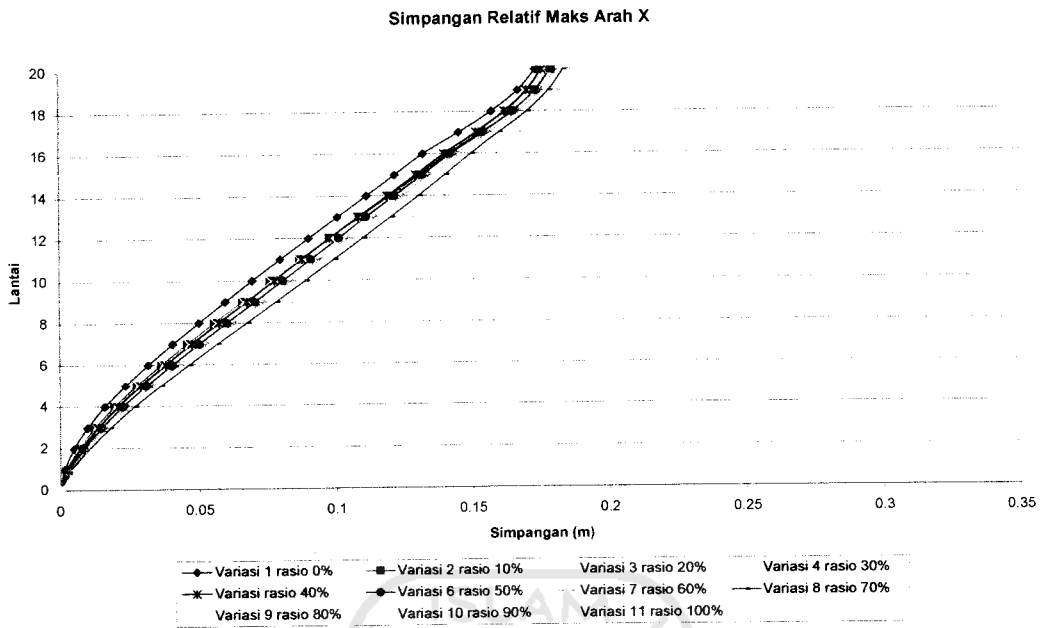
Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var.11 (100%)
1	0.00135	0.00213	0.00219	0.00221	0.0024	0.00276	0.0032	0.00381	0.00456	0.00567	0.01316
2	0.00467	0.00648	0.00672	0.00675	0.00721	0.00803	0.00899	0.01027	0.0119	0.01429	0.03614
3	0.0096	0.01229	0.0127	0.01272	0.01336	0.01462	0.01604	0.01795	0.0204	0.024	0.06096
4	0.01587	0.0193	0.01988	0.01985	0.02062	0.0223	0.02412	0.0266	0.02986	0.0346	0.08568
5	0.02322	0.02728	0.02805	0.02791	0.02878	0.03085	0.03301	0.03601	0.04005	0.04589	0.10964
6	0.03143	0.03607	0.03697	0.0367	0.03766	0.04006	0.0425	0.04597	0.05079	0.0576	0.13244
7	0.04027	0.04544	0.04647	0.04603	0.04708	0.04975	0.05246	0.05635	0.06186	0.06954	0.15381
8	0.04956	0.05525	0.05636	0.05572	0.05687	0.05974	0.06269	0.06693	0.07309	0.08152	0.17355
9	0.05914	0.06533	0.06649	0.06564	0.06689	0.06991	0.07305	0.07762	0.08435	0.09339	0.19154
10	0.06887	0.07556	0.07675	0.07573	0.07699	0.08022	0.08344	0.08836	0.0956	0.10512	0.20771
11	0.0792	0.08623	0.08726	0.08613	0.08714	0.09049	0.09385	0.09899	0.10664	0.11658	0.22204

Tabel 5.1. Lanjutan

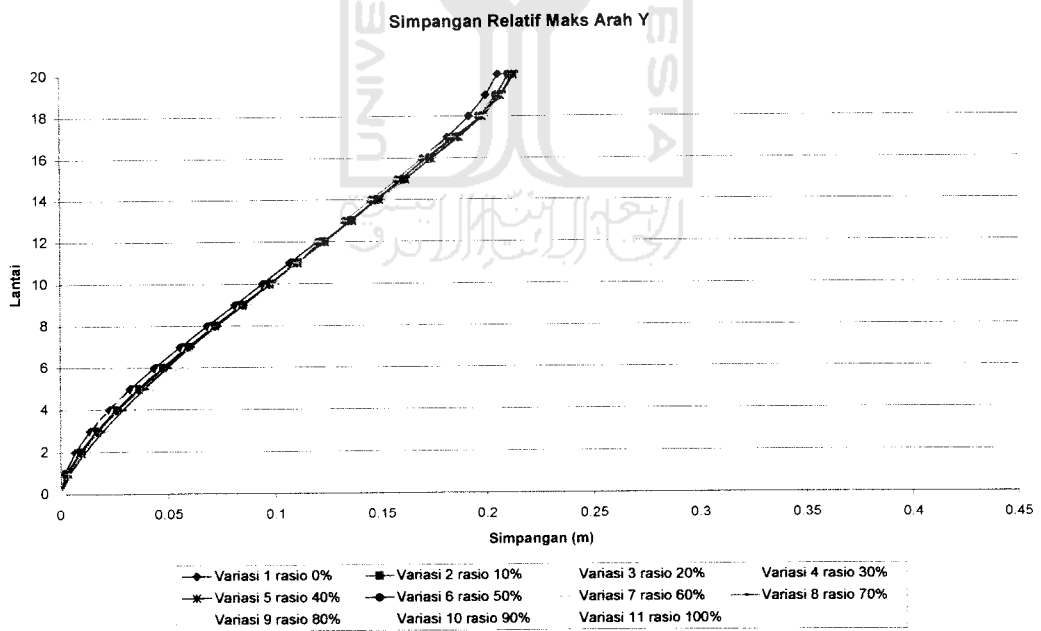
Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var.11 (100%)
12	0.08969	0.0973	0.09829	0.09702	0.09726	0.10065	0.10411	0.10956	0.11741	0.12766	0.23473
13	0.10032	0.10837	0.10931	0.1079	0.10785	0.11064	0.11421	0.11987	0.12793	0.13828	0.24591
14	0.11087	0.11937	0.12023	0.11869	0.11845	0.12107	0.12416	0.12988	0.13814	0.14852	0.25553
15	0.12124	0.13022	0.131	0.12931	0.12886	0.13146	0.13399	0.13969	0.14795	0.15838	0.26408
16	0.13164	0.14103	0.14169	0.13988	0.13921	0.14182	0.14425	0.14921	0.15738	0.16777	0.27153
17	0.14477	0.15352	0.15372	0.15198	0.15111	0.15396	0.15622	0.15973	0.16699	0.1772	0.27821
18	0.15702	0.16453	0.1642	0.16262	0.16173	0.16476	0.1669	0.16991	0.17515	0.18533	0.28423
19	0.16661	0.17288	0.17221	0.17071	0.1698	0.17302	0.1751	0.17784	0.18166	0.1919	0.28949
20	0.17303	0.17854	0.1777	0.17622	0.17531	0.17866	0.18071	0.18336	0.18631	0.19655	0.29391

Tabel 5.2. Simpangan relatif maksimum arah y

Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var.11 (100%)
1	0.00192	0.00265	0.00263	0.00277	0.00291	0.00314	0.00347	0.00411	0.00501	0.00655	0.01273
2	0.00653	0.00811	0.00817	0.00852	0.00881	0.00927	0.00981	0.01107	0.01298	0.0161	0.03483
3	0.01334	0.0154	0.0155	0.01605	0.01639	0.01699	0.01768	0.01928	0.02213	0.02655	0.05851
4	0.02196	0.02421	0.02435	0.01985	0.0254	0.02608	0.02683	0.02851	0.03223	0.03773	0.08191
5	0.03201	0.03428	0.03445	0.03531	0.03559	0.03629	0.03708	0.03851	0.043	0.04965	0.10436
6	0.04314	0.04535	0.04558	0.04653	0.04671	0.0474	0.04822	0.04904	0.0542	0.06185	0.12568
7	0.05513	0.05723	0.05749	0.05851	0.05855	0.05919	0.06003	0.05988	0.0656	0.07407	0.14591
8	0.06766	0.06971	0.06999	0.07103	0.07092	0.07157	0.07231	0.07192	0.077	0.08611	0.16545
9	0.0805	0.08258	0.08288	0.08394	0.08368	0.0843	0.08491	0.08433	0.08825	0.09782	0.18485
10	0.09347	0.09569	0.09599	0.09715	0.0967	0.0972	0.0978	0.09687	0.09921	0.10907	0.20468
11	0.10644	0.10889	0.1092	0.11046	0.10978	0.11014	0.11072	0.10963	0.1098	0.11978	0.2254
12	0.11938	0.12207	0.1225	0.12374	0.12282	0.12298	0.12353	0.12229	0.11995	0.13055	0.24768
13	0.13212	0.13519	0.13573	0.13691	0.13572	0.13576	0.13613	0.13473	0.13173	0.14235	0.2723
14	0.14457	0.14824	0.14879	0.14989	0.14841	0.14836	0.14845	0.14694	0.14422	0.15428	0.29806
15	0.15672	0.16108	0.16163	0.16262	0.16083	0.16067	0.16054	0.15891	0.15633	0.16627	0.32299
16	0.16867	0.17373	0.17428	0.17514	0.17316	0.17271	0.17244	0.17069	0.16837	0.17862	0.34608
17	0.1808	0.18673	0.18728	0.18841	0.18623	0.18507	0.18488	0.18403	0.18299	0.19432	0.36648
18	0.19105	0.19807	0.1987	0.1997	0.19725	0.19584	0.19576	0.19623	0.19624	0.20948	0.38347
19	0.19914	0.20678	0.20734	0.20827	0.20589	0.20407	0.20451	0.2057	0.20786	0.22146	0.39668
20	0.2048	0.2128	0.21331	0.21448	0.21199	0.20988	0.21063	0.21232	0.21572	0.22952	0.40634



Gambar 5.6. Grafik simpangan relatif maksimum arah x



Gambar 5.7. Grafik simpangan relatif maksimum arah y

5.5.2. Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat diperoleh dari selisih simpangan relatif lantai atas dengan simpangan relatif lantai bawah. Hasil perhitungan simpangan antar tingkat arah x dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.8. Dan hasil perhitungan simpangan antar tingkat arah y dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.9.

Tabel 5.3. Simpangan antar tingkat maksimum arah x

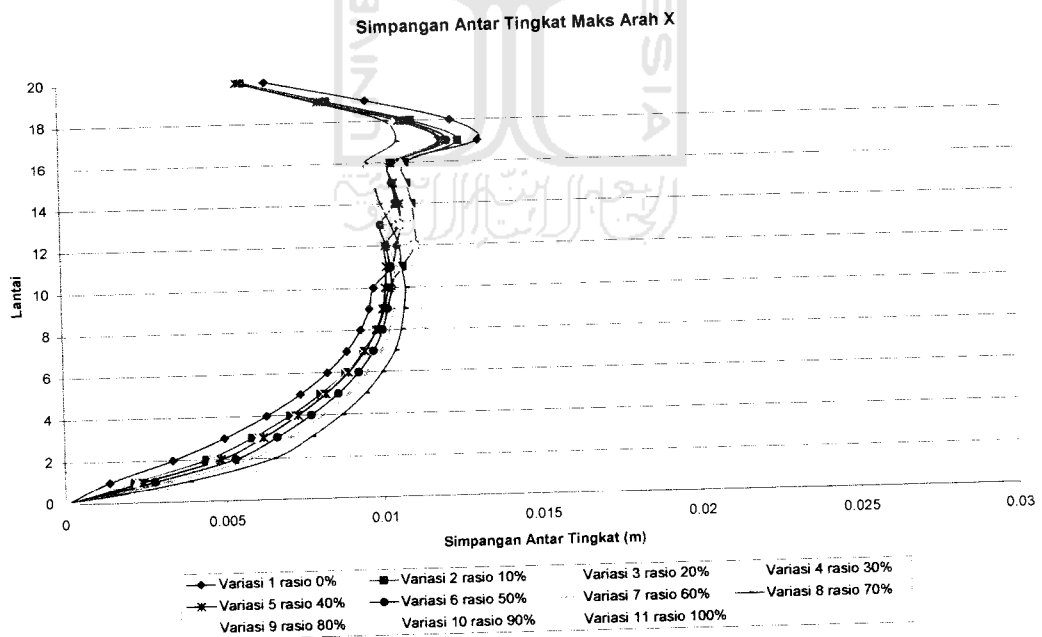
Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var.11 (100%)
1	0.00135	0.00213	0.00219	0.00221	0.0024	0.00276	0.0032	0.00381	0.00456	0.00567	0.01316
2	0.00332	0.00435	0.00453	0.00454	0.00481	0.00527	0.00579	0.00646	0.00734	0.00862	0.02298
3	0.00493	0.00581	0.00598	0.00597	0.00615	0.00659	0.00705	0.00768	0.0085	0.00971	0.02482
4	0.00627	0.00701	0.00718	0.00713	0.00726	0.00768	0.00808	0.00865	0.00946	0.0106	0.02472
5	0.00735	0.00798	0.00817	0.00806	0.00816	0.00855	0.00889	0.00941	0.01019	0.01129	0.02396
6	0.00821	0.00879	0.00892	0.00879	0.00888	0.00921	0.00949	0.00996	0.01074	0.01171	0.0228
7	0.00884	0.00937	0.0095	0.00933	0.00942	0.00969	0.00996	0.01038	0.01107	0.01194	0.02137
8	0.00929	0.00981	0.00989	0.00969	0.00979	0.00999	0.01023	0.01058	0.01123	0.01198	0.01974
9	0.00958	0.01008	0.01013	0.00992	0.01002	0.01017	0.01036	0.01069	0.01126	0.01187	0.01799
10	0.00973	0.01023	0.01026	0.01009	0.0101	0.01031	0.01039	0.01074	0.01125	0.01173	0.01617
11	0.01033	0.01067	0.01051	0.0104	0.01015	0.01027	0.01041	0.01063	0.01104	0.01146	0.01433
12	0.01049	0.01107	0.01103	0.01089	0.01012	0.01016	0.01026	0.01057	0.01077	0.01108	0.01269
13	0.01063	0.01107	0.01102	0.01088	0.01059	0.00999	0.0101	0.01031	0.01052	0.01062	0.01118
14	0.01055	0.011	0.01092	0.01079	0.0106	0.01043	0.00995	0.01001	0.01021	0.01024	0.00962
15	0.01037	0.01085	0.01077	0.01062	0.01041	0.01039	0.00983	0.00981	0.00981	0.00986	0.00855
16	0.0104	0.01081	0.01069	0.01057	0.01035	0.01036	0.01026	0.00952	0.00943	0.00939	0.00745
17	0.01313	0.01249	0.01203	0.0121	0.0119	0.01214	0.01197	0.01052	0.00961	0.00943	0.00668
18	0.01225	0.01101	0.01048	0.01064	0.01062	0.0108	0.01068	0.01018	0.00816	0.00813	0.00602
19	0.00959	0.00835	0.00801	0.00809	0.00807	0.00826	0.0082	0.00793	0.00651	0.00657	0.00526
20	0.00642	0.00566	0.00549	0.00551	0.00551	0.00564	0.00561	0.00552	0.00465	0.00465	0.00442
max	0.01313	0.01249	0.01203	0.0121	0.0119	0.01214	0.01197	0.01074	0.01126	0.01198	0.02482

Tabel 5.4. Simpangan antar tingkat maksimum arah y

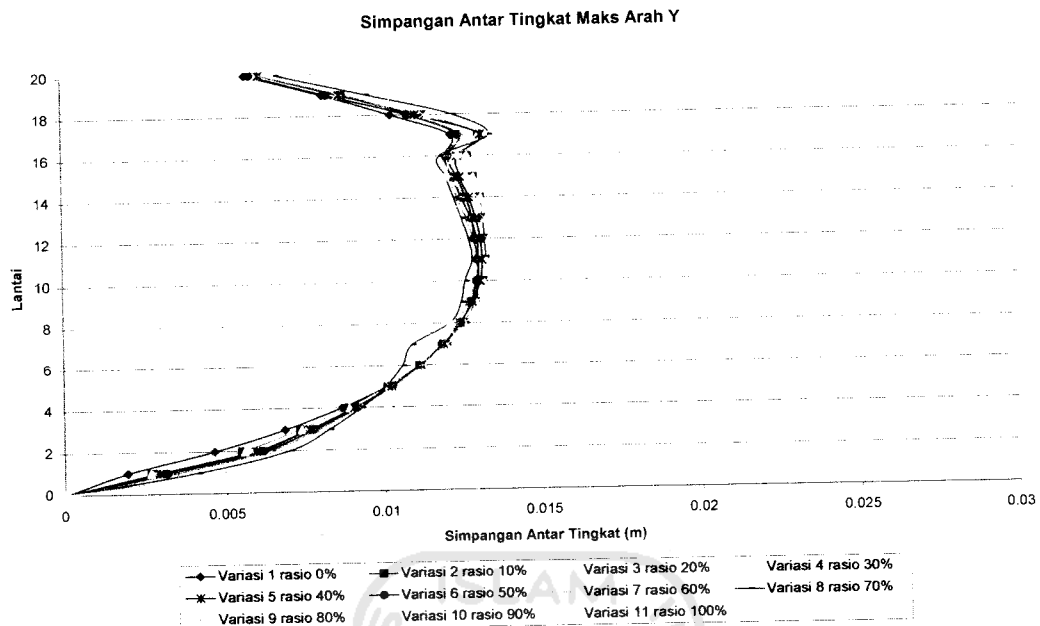
Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var.11 (100%)
1	0.00192	0.00265	0.00263	0.00277	0.00291	0.00314	0.00347	0.00411	0.00501	0.00655	0.01273
2	0.00461	0.00546	0.00554	0.00575	0.0059	0.00613	0.00634	0.00696	0.00797	0.00955	0.0221
3	0.00681	0.00729	0.00733	0.00753	0.00758	0.00772	0.00787	0.00821	0.00915	0.01045	0.02368

Tabel 5.4. Lanjutan

Lt	Var. 1 (0%)	Var. 2 (10%)	Var. 3 (20%)	Var. 4 (30%)	Var. 5 (40%)	Var. 6 (50%)	Var. 7 (60%)	Var. 8 (70%)	Var. 9 (80%)	Var. 10 (90%)	Var. 11 (100%)
4	0.00862	0.00881	0.00885	0.0038	0.00901	0.00909	0.00915	0.00923	0.0101	0.01118	0.0234
5	0.01005	0.01007	0.0101	0.01546	0.01019	0.01021	0.01025	0.01	0.01077	0.01192	0.02245
6	0.01113	0.01107	0.01113	0.01122	0.01112	0.01111	0.01114	0.01053	0.0112	0.0122	0.02132
7	0.01199	0.01188	0.01191	0.01198	0.01184	0.01179	0.01181	0.01084	0.0114	0.01222	0.02023
8	0.01253	0.01248	0.0125	0.01252	0.01237	0.01238	0.01228	0.01204	0.0114	0.01204	0.01954
9	0.01284	0.01287	0.01289	0.01291	0.01276	0.01273	0.0126	0.01241	0.01125	0.01171	0.0194
10	0.01297	0.01311	0.01311	0.01321	0.01302	0.0129	0.01289	0.01254	0.01096	0.01125	0.01983
11	0.01297	0.0132	0.01321	0.01331	0.01308	0.01294	0.01292	0.01276	0.01059	0.01071	0.02072
12	0.01294	0.01318	0.0133	0.01328	0.01304	0.01284	0.01281	0.01266	0.01015	0.01077	0.02228
13	0.01274	0.01312	0.01323	0.01317	0.0129	0.01278	0.0126	0.01244	0.01178	0.0118	0.02462
14	0.01245	0.01305	0.01306	0.01298	0.01269	0.0126	0.01232	0.01221	0.01249	0.01193	0.02576
15	0.01215	0.01284	0.01284	0.01273	0.01242	0.01231	0.01209	0.01197	0.01211	0.01199	0.02493
16	0.01195	0.01265	0.01265	0.01252	0.01233	0.01204	0.0119	0.01178	0.01204	0.01235	0.02309
17	0.01213	0.013	0.013	0.01327	0.01307	0.01236	0.01244	0.01334	0.01462	0.0157	0.0204
18	0.01025	0.01134	0.01142	0.01129	0.01102	0.01077	0.01088	0.0122	0.01325	0.01516	0.01699
19	0.00809	0.00871	0.00864	0.00857	0.00864	0.00823	0.00875	0.00947	0.01162	0.01198	0.01321
20	0.00566	0.00602	0.00597	0.00621	0.0061	0.00581	0.00612	0.00662	0.00786	0.00806	0.00966
max	0.01297	0.0132	0.0133	0.01546	0.01308	0.01294	0.01292	0.01334	0.01462	0.0157	0.02576



Gambar 5.8. Grafik simpangan antar tingkat maksimum arah x



Gambar 5.9. Grafik simpangan antar tingkat maksimum arah y

5.5.3. Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Salah satu fungsi utama dinding geser adalah menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral gempa. Nilai gaya geser dasar diperoleh dari *output* SAP 2000 (*Display Time History Traces*) yaitu nilai maksimum gaya geser yang terjadi pada kolom lantai pertama (*base*) pada arah x dan y. Gaya geser dasar maksimum arah x dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.10, gaya geser dasar maksimum arah y dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.11.

Tabel 5.5. Gaya geser dasar maksimum arah x

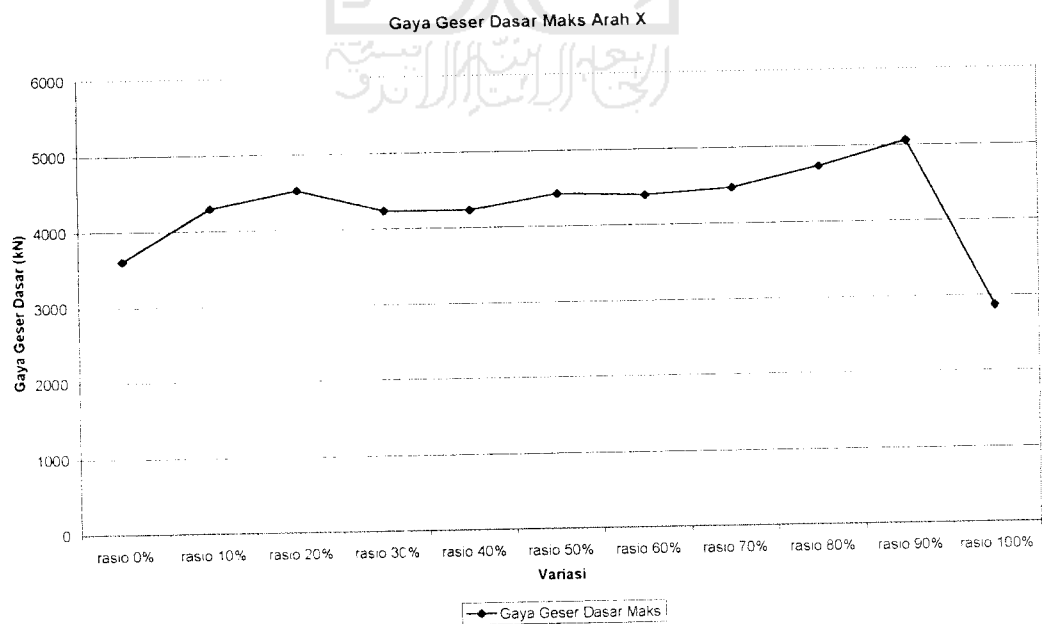
Variasi	Gaya Geser Dasar (kN)
1	3610.138
2	4293.336
3	4519.651
4	4238.625
5	4227.803

Tabel 5.5. Lanjutan

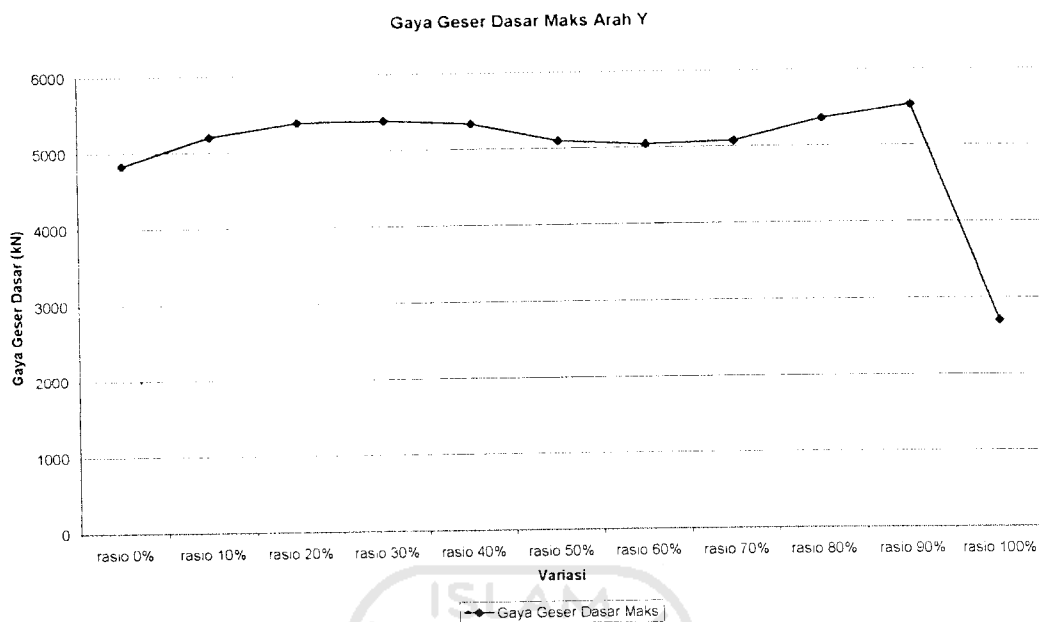
Variasi	Gaya geser dasar (kN)
6	4424.026
7	4393.079
8	4466.391
9	4738.481
10	5063.371
11	2865.647

Tabel 5.6. Gaya geser dasar maksimum arah y

Variasi	Gaya geser dasar (kN)
1	4831.233
2	5202.659
3	5374.851
4	5388.865
5	5334.081
6	5096.823
7	5044.306
8	5078.008
9	5359.542
10	5537.955
11	2707.391



Gambar 5.10. Grafik gaya geser dasar maksimum arah x



Gambar 5.11. Grafik gaya geser dasar maksimum arah y

5.5.4. Momen Guling Dasar (*Base Moment*)

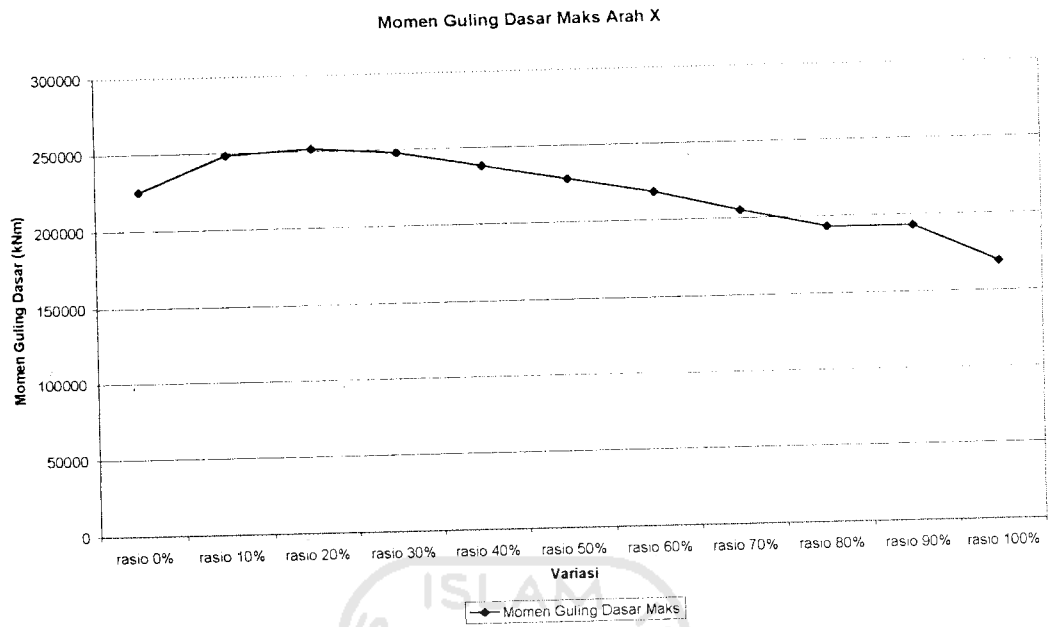
Besar momen guling dasar didapat dari hasil kali gaya gempa horizontal dengan tinggi setiap tingkatnya. Nilai momen guling dasar diperoleh dari *output* SAP 2000 (*Display Time History Traces*) yaitu nilai maksimum momen guling yang terjadi pada kolom lantai pertama (*base*) pada arah x dan y. Momen guling dasar arah x dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.12, momen guling dasar arah y dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.13.

Tabel 5.7. Momen guling dasar maksimum arah x

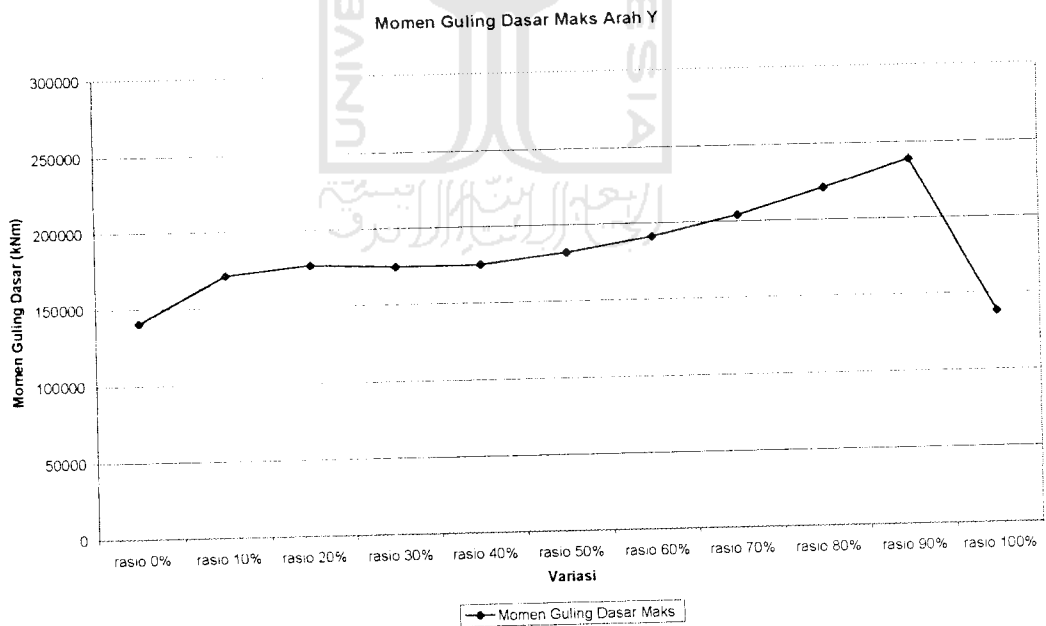
Variasi	Momen guling (kN-m)
1	225506.9
2	248343.1
3	251557.8
4	247787.1
5	238245.2
6	228375.2
7	218502.3
8	205381.7
9	193404.9
10	193125.1
11	169154.5

Tabel 5.8. Momen guling dasar maksimum arah y

Variasi	Momen guling (kN-m)
1	140654.7
2	171451.3
3	177189.1
4	175038.6
5	175238.8
6	181839.9
7	191555.5
8	204364.5
9	221091.0
10	239059.3
11	138280.2



Gambar 5.12. Grafik momen guling dasar maksimum arah x



Gambar 5.13. Grafik momen guling dasar maksimum arah y

5.6. Pembahasan

Dari hasil *output* SAP 2000 dan hitungan dengan *microsoft excel* berupa tabel dan grafik seperti diatas, kemudian dibahas satu-persatu yaitu simpangan relatif lantai, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, momen guling dasar, dan *slv ratio* maksimum El Centro 1940 vs frekuensi bangunan yang akan digunakan sebagai dasar dalam pengambilan kesimpulan pada penelitian ini.

5.6.1. Simpangan Relatif Lantai

Pada simpangan relatif maksimum arah x di Tabel 5.1. dan Gambar 5.6, nampak bahwa terjadi kenaikan simpangan relatif yang cenderung konstan pada variasi 1 sampai dengan variasi 10. Pada Gambar 5.6 terlihat berupa garis linier pada seluruh lantai karena seluruh lantai struktur didominasi oleh dinding geser. Demikian juga pada simpangan relatif maksimum arah y di Tabel 5.2. dan Gambar 5.7. Simpangan relatif yang terbesar terjadi pada variasi 11. Hal ini dikarenakan struktur pada variasi 11 berupa portal tanpa dinding geser.

5.6.2. Simpangan Antar Tingkat (*Inter-story Drift*)

Simpangan antar tingkat dihitung untuk menentukan rasio luas lubang dinding geser berlubang yang efektif. Pada pasal 2.6.3. Pedoman Perencanaan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPKGURG 1987) menyebutkan adanya pembatasan simpangan antar tingkat, yang mana perbandingan antara simpangan antar tingkat dengan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0.5% atau 0.005 dikali tinggi tingkat = $0.005 \times 4 \text{ m} = 2 \text{ cm}$, berarti simpangan

antar tingkat yang terjadi tidak boleh lebih besar dari 2 cm. Dengan melihat hasil simpangan antar tingkat arah x dan y (lihat Tabel 5.3. dan Tabel 5.4.), pada variasi 1 sampai 10, struktur aman sesuai dengan syarat PPKGURG 1987. Sedangkan pada variasi 11 terjadi simpangan antar tingkat arah x dan y yang tidak memenuhi syarat diatas, sehingga struktur tidak aman.

Pada simpangan antar tingkat maksimum arah x di Tabel 5.3. didapat hasil simpangan antar tingkat maksimum dari tiap variasi yang terkecil (paling efektif) pada variasi 8 yaitu rasio luas lubang 70% , dengan besar simpangan antar tingkat yang terjadi adalah $0.01074 \text{ m} = 1,074 \text{ cm}$ pada lantai 10.

Sedangkan pada Gambar 5.8, diperoleh simpangan antar tingkat maksimum arah x yang mengalami kenaikan berupa garis linier yang relatif konstan dari variasi 1 sampai dengan variasi 10, pada lantai 1 sampai lantai 16. Setelah itu pada lantai 17 yang merupakan portal biasa tanpa dinding geser, garis menjadi tidak linier. Pada variasi 11, struktur portal tanpa dinding geser, diperoleh hasil simpangan antar tingkat yang paling besar.

Pada simpangan antar tingkat maksimum arah y di Tabel 5.4. didapat hasil simpangan antar tingkat maksimum dari tiap variasi yang terkecil (paling efektif) pada variasi 7 yaitu rasio luas lubang 60% dari luas dinding geser berlubang, dengan besar simpangan antar tingkat yang terjadi adalah $0.01292 \text{ m} = 1,292 \text{ cm}$ pada lantai 11.

Dari Gambar 5.9, diperoleh simpangan antar tingkat maksimum arah y mengalami kenaikan berupa garis linier yang relatif konstan dari variasi 1 sampai dengan variasi 8 pada lantai 1 sampai 7, sedangkan pada lantai 8 terjadi

grafik variasi 11. Hal ini disebabkan struktur mempunyai lubang dinding geser yang besar (rasio 80% dan 90%) sehingga keadaannya mendekati keadaan portal tanpa dinding geser. Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran III.

5.6.3. Gaya Geser Dasar

Besar gaya geser dasar dipengaruhi oleh kekakuan tingkat, gaya geser dasar disini ditinjau dari nilai maksimum gaya geser yang terjadi pada kolom lantai pertama (*base shear*).

Pada penelitian dinding geser berlubang ini besarnya gaya geser dasar yang terjadi nilainya fluktuatif karena pengaruh perbedaan kekakuan tingkat, pengaruh massa struktur yang bertambah karena dinding geser berlubang, dan pengaruh beban gempa dinamik yang fluktuatif terhadap waktu.

Pada gaya geser dasar maksimum arah x di Tabel 5.5. dan Gambar 5.10, nampak bahwa urutan gaya geser dasar maksimum yang terkecil terjadi pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser) yaitu sebesar 2865.64673 kN, kemudian pada variasi 1 (rasio 0%) yaitu sebesar 3610.13818 kN, setelah itu pada variasi 5 (rasio 40%) yaitu sebesar 4227.80273 kN.

Pada gaya geser dasar maksimum arah y di Tabel 5.6. dan Gambar 5.11, nampak bahwa urutan gaya geser dasar maksimum yang terkecil yaitu pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser) yaitu sebesar 2707.39136 kN, kemudian pada variasi 1 (rasio 0%) sebesar 4831.23291 kN, setelah itu pada variasi 7 (rasio 60%) yaitu sebesar 5044.30615 kN.

2707.39136 kN, kemudian pada variasi 1 (rasio 0%) sebesar 4831.23291 kN, setelah itu pada variasi 7 (rasio 60%) yaitu sebesar 5044.30615 kN.

Dari hasil nilai efektif gaya geser dasar kedua arah yaitu arah x dan y dapat diketahui gaya geser pada dinding geser berlubang yang paling efektif adalah nilai terkecil gaya geser dari kedua arah tersebut yaitu pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser). Tetapi karena struktur portal tanpa dinding geser tersebut tidak aman, sedangkan nilai gaya geser dasar yang diperoleh pada variasi 1 (dinding geser penuh) digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini. Maka yang dipakai sebagai gaya geser dasar efektif yaitu sebesar 5044.30615 kN pada variasi 7 (rasio 60%).

5.6.4. Momen Guling Dasar

Momen guling dipengaruhi oleh gaya lantai dan elevasi lantai. Momen guling disini ditinjau dari nilai maksimum momen guling yang terjadi pada kolom lantai pertama (*base moment*).

Pada momen guling dasar maksimum arah x di Tabel 5.7. dan Gambar 5.12, nampak bahwa momen guling dasar maksimum yang terkecil pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser) yaitu sebesar 169154.516 kN.m.

Pada momen guling dasar maksimum arah y di Tabel 5.8. dan Gambar 5.13, nampak bahwa momen guling dasar maksimum yang terkecil juga terjadi pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser) yaitu sebesar 138280.172 kN.m.

efektif yaitu nilai terkecil gaya geser dari kedua arah tersebut yaitu pada variasi 11, rasio luas lubang 100% (portal tanpa dinding geser). Tetapi karena struktur tersebut tidak aman, maka momen guling yang efektif yang kedua didapat pada variasi 10 (rasio 90%) yaitu sebesar 193125.094 kN.m.

5.6.5. *A/V ratio* maksimum El Centro 1940 vs frekuensi bangunan

Getaran tanah akibat gempa mengandung frekuensi yang lebar (*wide range frequency*), kandungan frekuensi gempa dapat dinyatakan secara praktis dengan rasio A/V , dimana A adalah percepatan maksimum tanah dan V adalah kecepatan maksimum tanah. A/V *ratio* maksimum gempa El Centro arah x (E-W) adalah 5.691653 Hz dan arah y (N-S) adalah 10.21537 Hz sedangkan frekuensi bangunan yang terjadi pada variasi 1 s/d variasi 11 adalah bernilai antara 0.519792 Hz s/d 2.241458 Hz, ini berarti bahwa frekuensi keduanya sangat berbeda jauh, maka tidak terjadi resonansi pada bangunan yang diteliti atau tidak terjadi respon yang sangat besar pada bangunan akibat beban gempa karena frekuensinya berbeda sehingga tidak memperparah kerusakan struktur bangunan. Gambaran lebih jauh mengenai hal ini dapat dilihat pada Lampiran IV.