

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembebanan struktur, perhitungan ragam bentuk dan frekuensi struktur, respon terhadap beban gempa bumi, simpangan relatif lantai, dan jarak antara dua bangunan, sebagaimana yang akan diuraikan berikut ini.

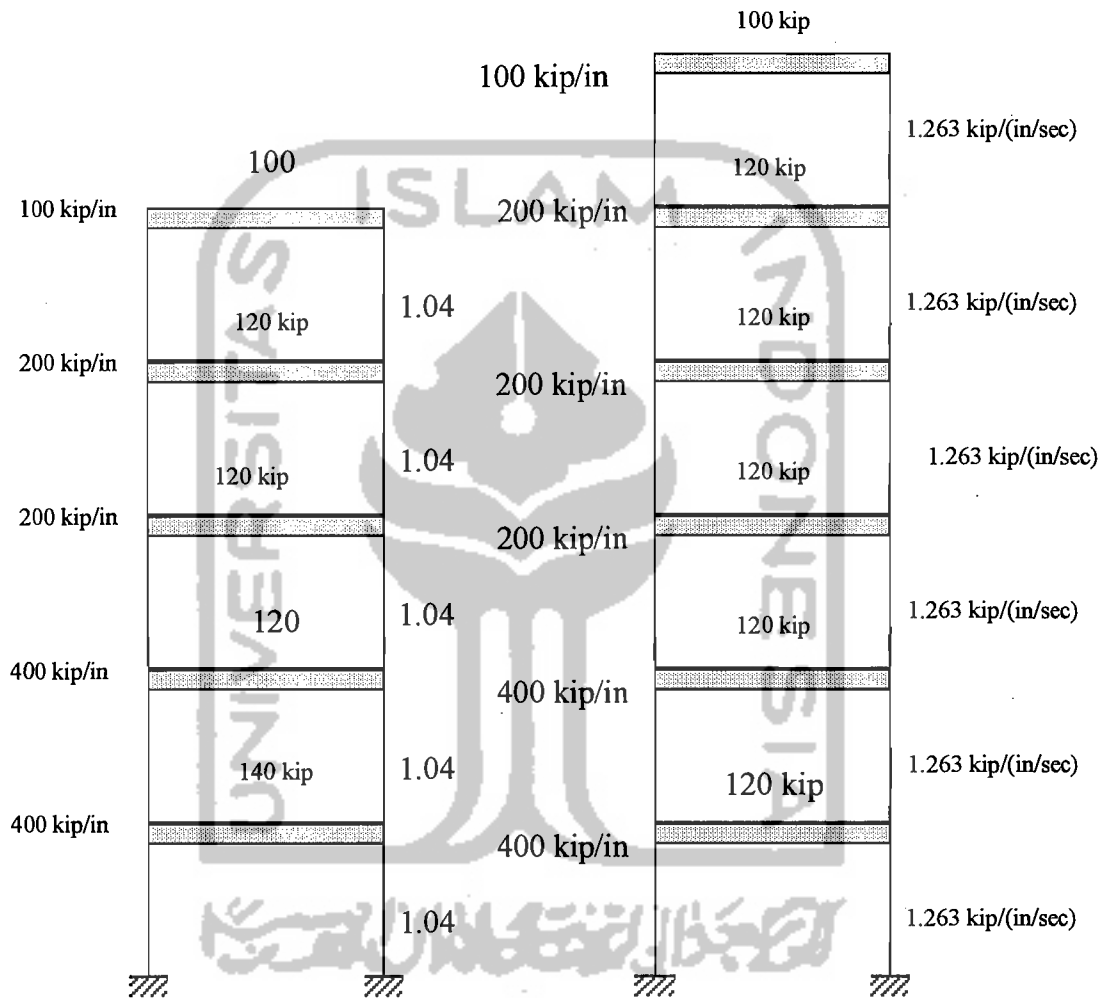
5.1 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur untuk model bangunan 5 lantai dan bangunan 6 lantai diambil dari buku *Element of Struktural Dinamics* (Berg, 1998). Berat lantai dan kekakuan dapat dilihat pada Gambar 5.1(a) dan Gambar 5.1(b).

5.2 Ragam Bentuk (*Mode Shapes*) dan Frekuensi Natural

Dalam perhitungan berikut ini pada kondisi bangunan 5 lantai tanpa redaman, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan digunakan redaman yang penempatannya divariasikan dari lantai pertama sampai lantai teratas pada bangunan 5 lantai maupun bangunan 6 lantai. Hasil perhitungan dari matrik massa dan kekakuan untuk bangunan 5 lantai berdasarkan pada persamaan (3.7a) dan (3.7c) adalah :

$$[M] = \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 120 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 120 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 120 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 100 \end{bmatrix}$$



a. Bangunan 5 lantai

b. Bangunan 6 lantai

Gambar 5.1 Struktur tanpa peredam tambahan

$$[K] = \begin{bmatrix} 800 & -400 & 0 & 0 & 0 \\ -400 & 600 & -200 & 0 & 0 \\ 0 & -200 & 400 & -200 & 0 \\ 0 & 0 & -200 & 300 & -100 \\ 0 & 0 & 0 & -100 & 100 \end{bmatrix}$$

Matrik massa dan kekakuan merupakan *input* persamaan *eigen problem*, dan penyelesaian selanjutnya menggunakan aplikasi program Matlab. Dari persamaan *eigen problem* diperoleh hasil yaitu nilai matrik modal struktur, yang besarnya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Nilai modal struktur

$\{\phi_1\}$	$\{\phi_2\}$	$\{\phi_3\}$	$\{\phi_4\}$	$\{\phi_5\}$
0.1153	0.2840	0.4616	0.3654	0.6671
0.2225	0.4492	0.5110	0.1079	-0.7031
0.4095	0.4572	-0.1725	-0.7225	0.2373
0.5463	0.1371	-0.5920	0.5586	-0.0647
0.6863	-0.6998	0.3815	-0.1443	0.0084

Elemen dari massa dan kekakuan efektif sebagaimana persamaan (3.51a) dan (3.51c) adalah :

$$[K^*] = (1.0e + 003) * \begin{bmatrix} 0.0226 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1337 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3096 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5955 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.1247 \end{bmatrix},$$

$$[M^*] = \begin{bmatrix} 110.8446 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 111.8192 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 121.3505 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 122.2540 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 128.9003 \end{bmatrix}$$

Baik matrik massa dan kekakuan adalah matrik diagonal, sehingga hasil perkalian

dari $[M^*]^{-1}$ dengan $[K]$ adalah ω^2 juga merupakan matrik diagonal:

$$\omega^2 = [M^*]^{-1}[K] = 1.0e + 003 * \begin{bmatrix} 0.0787 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4614 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9844 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.8793 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.3665 \end{bmatrix},$$

$$\omega = \begin{bmatrix} 8.8718 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 21.4807 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 31.3754 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 43.3509 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 58.0215 \end{bmatrix}$$

Nilai periode getar struktur dan frekuensi struktur dihitung berdasarkan persamaan

(3.20). Hasil perhitungan nilai periode getar struktur dan frekuensi struktur untuk

mode pertama adalah :

$$T = 0.7079 \text{ det dan } f = 1,4127 \text{ Hz}$$

Faktor partisipasi setiap mode dihitung berdasarkan rumus pada persamaan (3.56)

dan hasilnya adalah :

$$\Gamma_1 = 2.0405,$$

$$\Gamma_2 = 0.8496,$$

$$\Gamma_3 = 0.5964,$$

$$\Gamma_4 = 0.2455,$$

$$\Gamma_5 = 0.2373.$$

5.3 Efek Redaman

Matrik redaman dari struktur 5 lantai tanpa *MR Damper* seperti terlihat

pada persamaan (3.7b) adalah:

$$[C] = \begin{bmatrix} 2.08 & -1.04 & 0 & 0 & 0 \\ -1.04 & 2.08 & -1.04 & 0 & 0 \\ 0 & -1.04 & 2.08 & -1.04 & 0 \\ 0 & 0 & -1.04 & 2.08 & -1.04 \\ 0 & 0 & 0 & -1.04 & 1.04 \end{bmatrix}$$

Matrik redaman efektif seperti terlihat dalam persamaan (3.51b) adalah:

$$[C^*] = \begin{bmatrix} 0.1020 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9473 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.8787 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.1456 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.4357 \end{bmatrix}$$

5.4 Respon Terhadap Beban Gempa Bumi

Nilai rasio redaman dihitung dengan persamaan (3.54a) dan diperoleh hasil nilai rasio redaman :

$$[\xi] = \begin{bmatrix} 0.0200 \\ 0.0761 \\ 0.0886 \\ 0.0952 \\ 0.1145 \end{bmatrix}$$

Seperti yang terlihat berturut-turut pada persamaan (3.64a sampai dengan 3.64c),

maka hasil dari matrik a , b , \hat{k} adalah:

$$a = 1.0e + 003 *$$

$$\begin{bmatrix} -4.9213 \\ -4.5386 \\ -4.0156 \\ -3.1207 \\ -1.6335 \end{bmatrix} ,$$

$$b = 1.0e + 003 *$$

$$\begin{bmatrix} 2.4911 \\ 2.4183 \\ 2.3610 \\ 2.2937 \\ 2.1678 \end{bmatrix} ,$$

$$k = 1.0e + 003 *$$

$$\begin{bmatrix} 2.5089 \\ 2.5817 \\ 2.6390 \\ 2.7063 \\ 2.8322 \end{bmatrix} .$$

Setelah nilai rasio redaman diketahui untuk setiap posisi redaman pada tiap-tiap ragam goyangan, selanjutnya dicari nilai g_j menggunakan metode *central difference*. Hasil perhitungan nilai g_j sebagaimana terlihat pada persamaan (3.63) disajikan pada Lampiran-1. Selanjutnya simpangan dihitung dengan persamaan (3.65) dengan hasil perhitungan simpangan relatif lantai disajikan pada Lampiran-1. Contoh perhitungan pada bangunan 6 lantai dengan aplikasi program perhitungan dinamik, selengkapnya disajikan pada Lampiran-2.

5.5 Jarak Antara Dua Bangunan

Jarak antara dua bangunan dihitung dengan persamaan (3.66). Simpangan relatif maksimum pada bangunan dengan redaman diambil pada posisi redaman paling efektif. Jarak antara bangunan 5 lantai dengan bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro pada bangunan tanpa redaman adalah 23.1112 in, sedangkan dengan redaman pada lantai 3 dan lantai 5 jaraknya adalah 13.9256 in. Jarak antara bangunan 5 lantai dengan bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna pada bangunan tanpa redaman adalah 11.4606 in, sedangkan dengan redaman pada lantai 3 dan 5 jaraknya adalah 8.3140 in.

5.6 Pembahasan

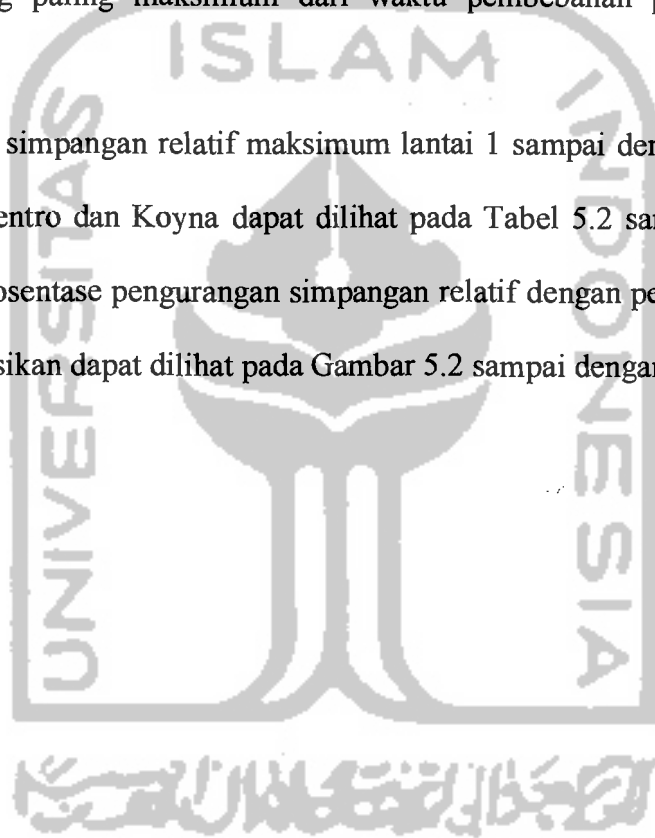
Beban gempa yang terjadi pada suatu struktur akan menyebabkan struktur bergoyang. Jumlah tingkat suatu struktur akan menentukan banyaknya pola goyangan (*mode shape*) yang terjadi akibat beban gempa. Pola goyangan ini diurutkan dari yang paling besar kontribusinya sampai yang paling kecil kontribusinya terhadap simpangan struktur.

Pada penelitian ini kami mencoba memvariasikan posisi redaman ganda dari lantai pertama sampai lantai teratas pada model bangunan 5 lantai dan 6 lantai. Mengenai variasi posisi redaman lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Struktur dikenai beban gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari gempa El Centro dan Koyna untuk mendapatkan nilai simpangan relatif, prosentase perubahan simpangan relatif serta jarak antara dua model struktur.

5.6 1 Simpangan Relatif

Suatu struktur akan bergetar jika mendapat pembebanan dari luar, baik berupa beban angin, getaran mesin atau gempa bumi. Getaran yang terjadi akibat pembebanan dari luar akan menyebabkan terjadinya simpangan pada struktur. Simpangan relatif lantai akan semakin membesar untuk lantai yang lebih tinggi, hal ini sesuai dengan pola goyangan pada mode pertama. Simpangan relatif lantai diambil yang paling maksimum dari waktu pembebanan pada semua beban gempa.

Nilai simpangan relatif maksimum lantai 1 sampai dengan lantai 6 akibat gempa El Centro dan Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.5. Nilai prosentase pengurangan simpangan relatif dengan penempatan redaman yang divariasikan dapat dilihat pada Gambar 5.2 sampai dengan gambar 5.23.



Tabel 5.2 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4		Lantai 5	
		Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)
1	Tanpa Redaman	0.8495	100.0000	1.5949	100.0000	2.8017	100.0000	3.6551	100.0000	4.5596	100.0000
2	Lantai 1	0.5846	68.8170	1.0894	68.3052	1.9129	68.2764	2.6614	72.8133	3.5061	76.8949
3	Lantai 1 dan 2	0.5983	70.4297	1.1143	69.8664	1.9310	68.9224	2.6836	73.4207	3.5448	77.7437
4	Lantai 1 dan 3	0.5436	63.9906	1.0143	63.5965	1.8532	66.1456	2.5790	70.5589	3.3961	74.4824
5	Lantai 1 dan 4	0.5539	65.2031	1.0305	64.6122	1.8708	66.7737	2.5980	71.0788	3.3997	74.5614
6	Lantai 1 dan 5	0.5469	64.3790	1.0184	63.8535	1.8579	66.3133	2.5848	70.7176	3.3917	74.3859
7	Lantai 2	0.8262	97.2572	1.5520	97.3102	2.7300	97.4408	3.5635	97.4939	4.4545	97.6950
8	Lantai 2 dan 3	0.6996	82.3543	1.3138	82.3751	2.3122	82.5285	3.0208	82.6462	3.7939	83.2069
9	Lantai 2 dan 4	0.5664	66.6745	1.0517	65.9414	1.8793	67.0771	2.6189	71.6506	3.4442	75.5373
10	Lantai 2 dan 5	0.5521	64.9912	1.0323	64.7251	1.8861	67.3198	2.6016	71.1773	3.4028	74.6294
11	Lantai 3	0.8309	97.8105	1.5701	98.4450	2.7934	99.7038	3.6673	100.3338	4.5481	99.7478
12	Lantai 3 dan 4	0.5043	59.3643	0.9393	58.8940	1.7784	63.4757	2.4780	67.7957	3.2431	71.1269
13	Lantai 3 dan 5	0.4558	53.6551	0.8636	54.1476	1.6912	60.3634	2.3390	63.9928	3.0318	66.4927
14	Lantai 4	0.6001	70.6416	1.1201	70.2301	1.9499	69.5970	2.6913	73.6314	3.5595	78.0661
15	Lantai 4 dan 5	0.6804	80.0942	1.2805	80.2872	2.2628	80.7652	2.9606	80.9992	3.7747	82.7858
16	Lantai 5	0.8130	95.7034	1.5340	96.1816	2.7230	97.1910	3.5724	97.7374	4.4328	97.2191

Tabel 5.3 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4		Lantai 5		Lantai 6	
		Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)
1	Tanpa Redaman	1.1299	100.0000	2.2004	100.0000	4.1596	100.0000	5.8189	100.0000	6.9960	100.0000	8.0961	100.0000
2	Lantai 1	0.8241	72.9357	1.6046	72.9231	3.0398	73.0791	4.2471	72.9880	5.1028	72.9388	5.9253	73.1871
3	Lantai 1 dan 2	0.8360	73.9888	1.6263	73.9093	3.0785	74.0095	4.3050	73.9831	5.1760	73.9851	6.0031	74.1480
4	Lantai 1 dan 3	0.7025	62.1736	1.3662	62.0887	2.5868	62.1887	3.6156	62.1355	4.3466	62.1298	5.0501	62.3769
5	Lantai 1 dan 4	0.7161	63.3773	1.3924	63.2794	2.6367	63.3883	3.6863	63.3505	4.4317	63.3462	5.1465	63.5676
6	Lantai 1 dan 5	0.8232	72.8560	1.6035	72.8731	3.0370	73.0118	4.2405	72.8746	5.0938	72.8102	5.9162	73.0747
7	Lantai 1 dan 6	0.8252	73.0330	1.6098	73.1594	3.0546	73.4349	4.2620	73.2441	5.1147	73.1089	5.9437	73.4144
8	Lantai 2	0.7263	64.2800	1.4123	64.1838	2.6760	64.3331	3.7416	64.3008	4.4977	64.2896	5.2209	64.4866
9	Lantai 2 dan 3	0.8610	76.2014	1.6771	76.2180	3.1774	76.3872	4.4390	76.2859	5.3333	76.2336	6.1899	76.4553
10	Lantai 2 dan 4	0.7781	68.8645	1.5146	68.8329	2.8725	69.0571	4.0169	69.0319	4.8266	68.9909	5.5999	69.1679
11	Lantai 2 dan 5	1.0081	89.2203	1.9660	89.3474	3.7270	89.6000	5.1961	89.2969	6.2342	89.1109	7.2468	89.5098
12	Lantai 2 dan 6	0.8402	74.3606	1.6368	74.3865	3.0983	74.4855	4.3162	74.1755	5.1790	74.0280	6.0297	74.4766
13	Lantai 3	0.9738	86.1846	1.8974	86.2298	3.5925	86.3665	5.0084	86.0713	6.0103	85.9105	6.9841	86.2650
14	Lantai 3 dan 4	0.8202	72.5905	1.5970	72.5777	3.0218	72.6464	4.2128	72.3986	5.0577	72.2942	5.8859	72.7004
15	Lantai 3 dan 5	0.6346	56.1643	1.2343	56.0943	2.3387	56.2242	3.2700	56.1962	3.9310	56.1893	4.5687	56.4309
16	Lantai 3 dan 6	0.6395	56.5979	1.2450	56.5806	2.3561	56.6425	3.2837	56.4316	3.9401	56.3193	4.5822	56.5976
17	Lantai 4	0.7157	63.3419	1.3906	63.1976	2.6294	63.2128	3.6810	63.2594	4.4298	63.3190	5.1365	63.4441
18	Lantai 4 dan 5	0.8626	76.3430	1.6800	76.3498	3.1813	76.4809	4.4402	76.3065	5.3329	76.2278	6.1974	76.5480
19	Lantai 4 dan 6	0.8831	78.1574	1.7205	78.1903	3.2565	78.2888	4.5359	77.9512	5.4431	77.8030	6.3396	78.3044
20	Lantai 5	1.0656	94.3092	2.0801	94.5328	3.9504	94.9707	5.5136	94.7533	6.6158	94.5655	7.6767	94.8197
21	Lantai 5 dan 6	1.1013	97.4688	2.1455	97.5050	4.0574	97.5430	5.6446	97.0046	6.7687	96.7510	7.8846	97.3876
22	Lantai 6	1.1249	99.5575	2.1947	99.7410	4.1608	100.0288	5.7949	99.5876	6.9485	99.3210	8.0813	99.8172

Tabel 5.4 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4		Lantai 5	
		Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)
1	Tanpa Redaman	0.6381	100.0000	1.1832	100.0000	2.0390	100.0000	2.6181	100.0000	3.2612	100.0000
2	Lantai 1	0.4568	71.5875	0.8416	71.1291	1.4486	71.0446	1.9625	74.9589	2.5806	79.1304
3	Lantai 1 dan 2	0.4687	73.4524	0.8653	73.1322	1.4854	72.8494	1.9860	75.8565	2.6209	80.3661
4	Lantai 1 dan 3	0.4327	67.8107	0.7928	67.0047	1.3688	67.1309	1.8814	71.8613	2.4661	75.6194
5	Lantai 1 dan 4	0.4248	66.5726	0.7842	66.2779	1.3815	67.7538	1.8934	72.3196	2.4776	75.9720
6	Lantai 1 dan 5	0.4277	67.0271	0.7852	66.3624	1.3744	67.4056	1.8812	71.8536	2.4658	75.6102
7	Lantai 2	0.6086	95.3769	1.1411	96.4419	1.9957	97.8764	2.5774	98.4454	3.1911	97.8505
8	Lantai 2 dan 3	0.5353	83.8897	0.9955	84.1362	1.7426	85.4635	2.2531	86.0586	2.8816	88.3601
9	Lantai 2 dan 4	0.4434	69.4875	0.8141	68.8049	1.3954	68.4355	1.9108	72.9842	2.5218	77.3274
10	Lantai 2 dan 5	0.4250	66.6040	0.7844	66.2948	1.4055	68.9308	1.9122	73.0377	2.4722	75.8065
11	Lantai 3	0.6018	94.3112	1.1308	95.5713	2.0044	98.3031	2.6202	100.0802	3.2434	99.4542
12	Lantai 3 dan 4	0.3967	62.1689	0.7256	61.3252	1.2901	63.2712	1.7750	67.7973	2.3311	71.4798
13	Lantai 3 dan 5	0.3437	53.8630	0.6560	55.4429	1.2126	59.4703	1.6497	63.0113	2.1363	65.5066
14	Lantai 4	0.4721	73.9853	0.8712	73.6308	1.4992	73.5262	2.0002	76.3989	2.6308	80.6697
15	Lantai 4 dan 5	0.5355	83.9210	0.9888	83.5700	1.7105	83.8892	2.2021	84.1106	2.8481	87.3329
16	Lantai 5	0.6030	94.4993	1.1265	95.2079	1.9794	97.0770	2.5766	98.4149	3.1818	97.5653

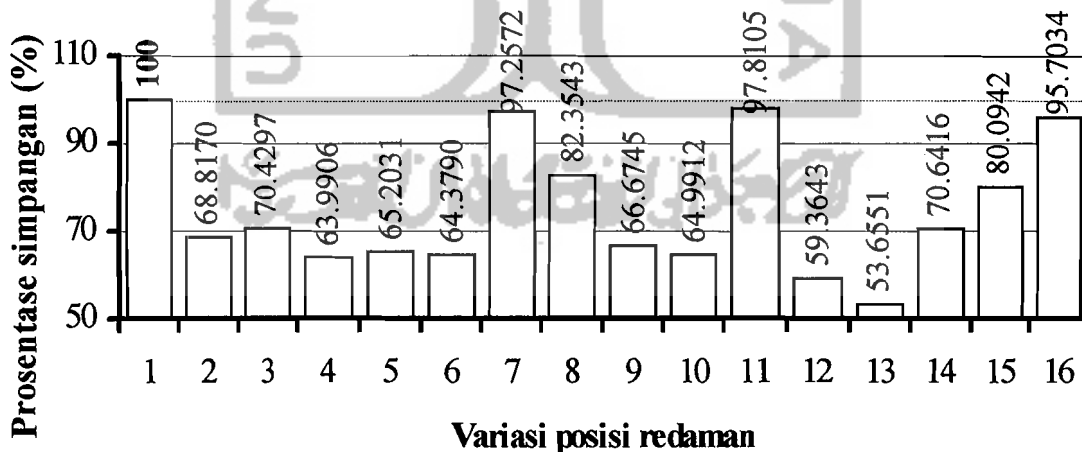
Tabel 5.5 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Variasi Redaman	Posisi Redaman	Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3		Lantai 4		Lantai 5		Lantai 6	
		Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)	Nilai Simpangan (in)	Prosentase Perubahan (%)
1	Tanpa Redaman	0.5009	100.0000	0.9346	100.0000	1.6022	100.0000	2.1198	100.0000	2.4691	100.0000	2.8783	100.0000
2	Lantai 1	0.4299	85.8255	0.8102	86.6895	1.4254	88.9652	1.9016	89.7066	2.2369	90.5958	2.6272	91.2761
3	Lantai 1 dan 2	0.4368	87.2030	0.8150	87.2031	1.4329	89.4333	1.9092	90.0651	2.2459	90.9603	2.6419	91.7868
4	Lantai 1 dan 3	0.4028	80.4153	0.7556	80.8474	1.3345	83.2917	1.7839	84.1542	2.1080	85.3752	2.4856	86.3565
5	Lantai 1 dan 4	0.4064	81.1340	0.7593	81.2433	1.3425	83.7910	1.7953	84.6920	2.1233	85.9949	2.5063	87.0757
6	Lantai 1 dan 5	0.4224	84.3282	0.7929	84.8384	1.4085	87.9104	1.8907	89.1924	2.2388	90.6727	2.6337	91.5019
7	Lantai 1 dan 6	0.4203	83.9090	0.7895	84.4746	1.4090	87.9416	1.8920	89.2537	2.2405	90.7416	2.6395	91.7034
8	Lantai 2	0.4091	81.6730	0.7621	81.5429	1.3480	84.1343	1.8029	85.0505	2.1344	86.4445	2.5230	87.6559
9	Lantai 2 dan 3	0.4343	86.7039	0.8118	86.8607	1.4381	89.7578	1.9239	90.7586	2.2724	92.0335	2.6739	92.8986
10	Lantai 2 dan 4	0.4260	85.0469	0.7949	85.0524	1.3984	87.2800	1.8595	87.7205	2.1878	88.6072	2.5831	89.7439
11	Lantai 2 dan 5	0.4562	91.0761	0.8617	92.1999	1.5314	95.5811	2.0422	96.3393	2.3947	96.9868	2.7903	96.9426
12	Lantai 2 dan 6	0.4142	82.6912	0.7853	84.0253	1.4143	88.2724	1.9077	89.9943	2.2597	91.5192	2.6409	91.7521
13	Lantai 3	0.4401	87.8618	0.8285	88.6475	1.4843	92.6414	2.0003	94.3627	2.3712	96.0350	2.7796	96.5709
14	Lantai 3 dan 4	0.4154	82.9307	0.7839	83.8755	1.4057	87.7356	1.8918	89.2443	2.2398	90.7132	2.6193	91.0016
15	Lantai 3 dan 5	0.3880	77.4606	0.7246	77.5305	1.2805	79.9214	1.7089	80.6161	2.0207	81.8395	2.3924	83.1185
16	Lantai 3 dan 6	0.3745	74.7654	0.7054	75.4761	1.2610	78.7043	1.7045	80.4085	2.0303	82.2283	2.3904	83.0490
17	Lantai 4	0.4132	82.4915	0.7677	82.1421	1.3493	84.2155	1.7966	84.7533	2.1195	85.8410	2.5046	87.0166
18	Lantai 4 dan 5	0.4333	86.5043	0.8129	86.9784	1.4450	90.1885	1.9314	91.1124	2.2759	92.1753	2.6645	92.5720
19	Lantai 4 dan 6	0.4266	85.1667	0.8104	86.7109	1.4558	90.8626	1.9533	92.1455	2.2993	93.1230	2.6730	92.8673
20	Lantai 5	0.4856	96.9455	0.8985	96.1374	1.5800	98.6144	2.0867	98.4385	2.4296	98.4002	2.8316	98.3775
21	Lantai 5 dan 6	0.4793	95.6878	0.8672	92.7884	1.5668	97.7905	2.1057	99.3348	2.4699	100.0324	2.8449	98.8396
22	Lantai 6	0.4846	96.7459	0.8838	94.5645	1.5825	98.7704	2.1135	99.7028	2.4762	100.2876	2.8786	100.0104

5.6.2 Simpangan Relatif Maksimum pada Bangunan 5 Lantai Akibat Gempa

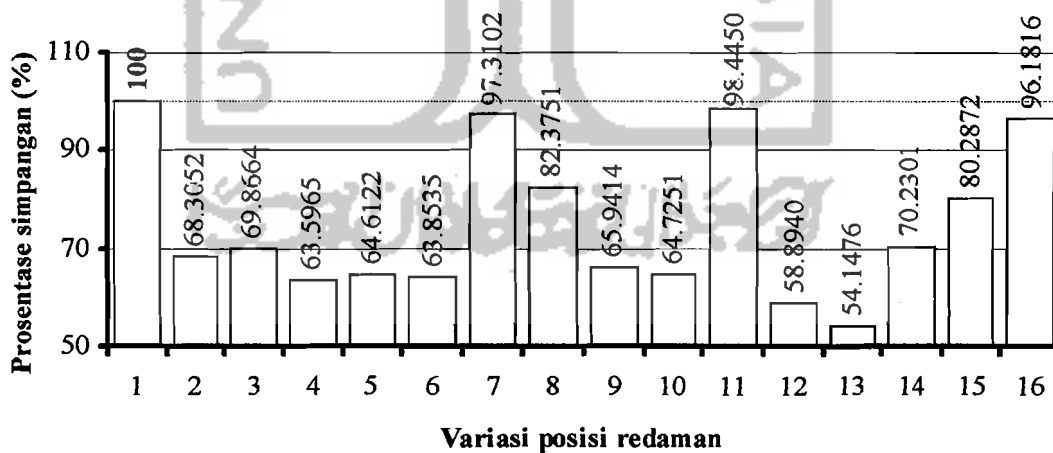
El Centro

Nilai simpangan relatif maksimum dan prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.2 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.2. Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif sebesar 0.4558 in (53.655%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Penempatan redaman pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 97.2572%, 97.8105% dan 95.7034%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



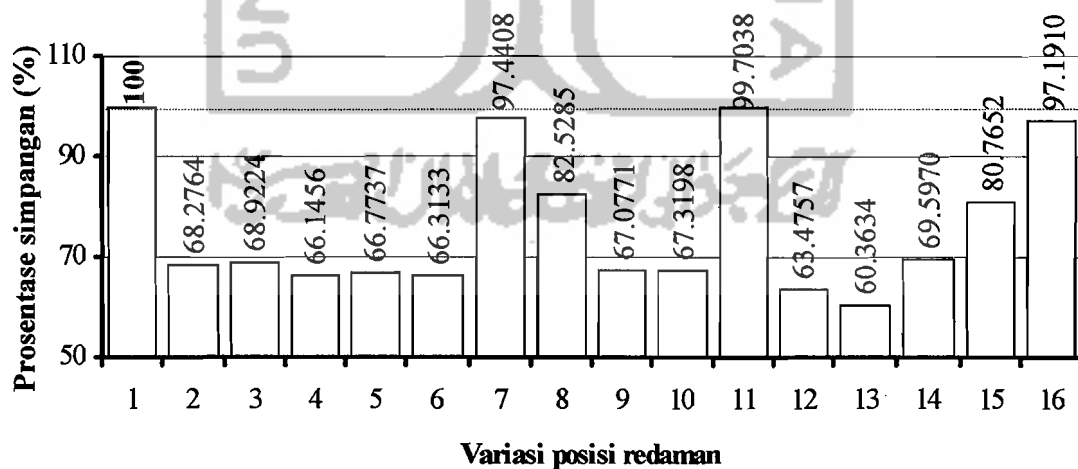
Gambar 5.2 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 2 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.2 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.3. Dari Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa nilai simpangan relatif lantai 2 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 1. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.8636 in (54.1476%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 2 (54.1476%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.6551%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif secara berurutan sebesar 97.3102%, 98.4450% dan 96.18716%.



Gambar 5.3 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 2 pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

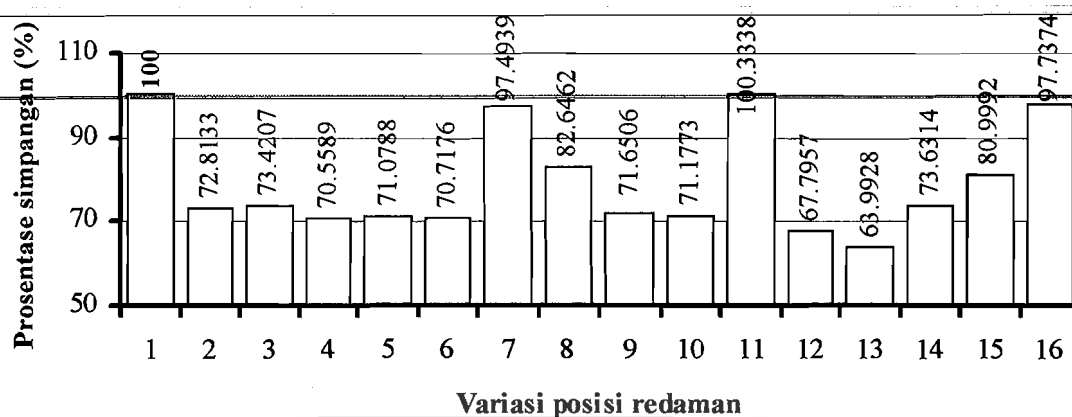
Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.4 dapat dilihat nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 3 akibat gempa El Centro. Nilai simpangan relatif lantai 3 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 2 dan simpangan relatif lantai 1. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 1.6912 in (60.3634%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 3 (60.3634%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.6551%) dan lantai 2 (54.1476) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai yang lebih tinggi. Penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif secara berurutan sebesar 97.4408%, 99.7038% dan 97.1910%. Hal ini disebabkan karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman ganda pada satu lantai.



Gambar 5.4 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 3 pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 4 akibat gempa El-Centro dapat dilihat pada Tabel 5.2 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.5. Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, kecuali untuk posisi redaman pada lantai 3 dengan nilai simpangan relatif 3.6673 in (100.3338%). Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 4 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Dengan penempatan redaman dipisah (tidak pada lantai yang berurutan) dan posisi redaman pada lantai-lantai yang mengalami simpangan yang besar, maka didapatkan posisi redaman yang paling efektif dengan nilai simpangan relatif lantai sebesar 2.3390 in (63.9928%). Nilai prosentase simpangan relatif lantai 4 (63.9928%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.6551%), 2 (54.1476%), dan 3 (60.3634%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil untuk lantai yang lebih tinggi. Penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 97.4939%, 100.3338% dan 97.7374%. Hal ini disebabkan oleh 2 hal sebagai berikut:

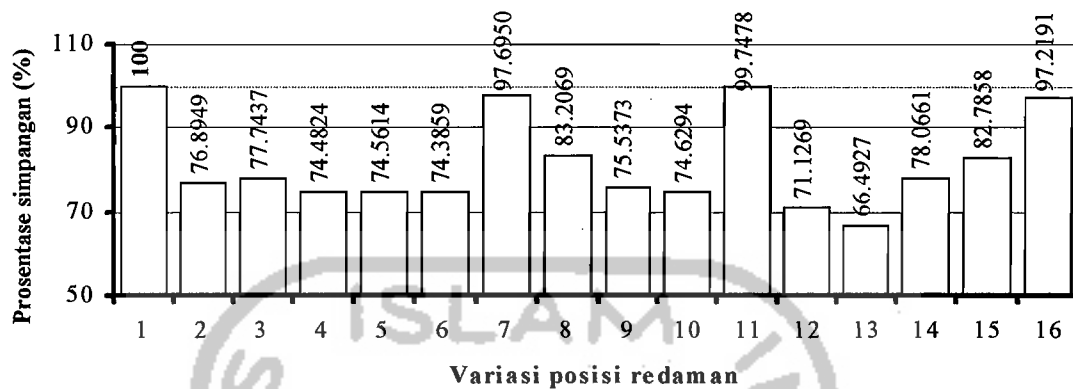
1. beban gempa yang merambat dari bawah bangunan,
2. penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.5 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 4 pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 5 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.2 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.6. Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 5 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 3.0318 in (66.4927%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 5 (66.4927%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.6551%), 2 (54.1476%), 3 (60.3634%), dan 4 (63.9928%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai dengan simpangan relatif yang lebih besar. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman yang ditempatkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman

ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 97.6950%, 99.7478% dan 97.2191%.



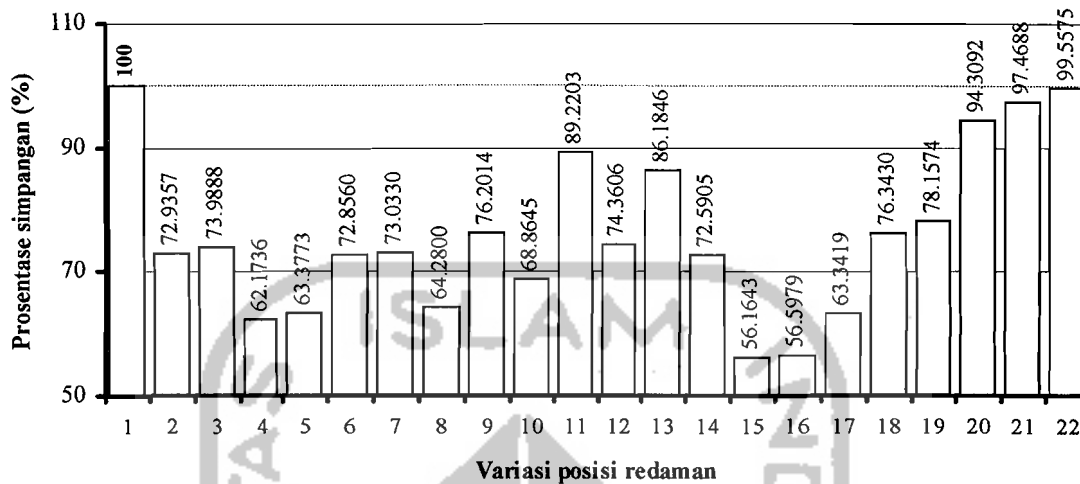
Gambar 5.6 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 5 pada bangunan 5 lantai akibat gempa El Centro

5.6.3 Simpangan Relatif Maksimum pada Bangunan 6 Lantai Akibat Gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 1 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.3 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.7. Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif maksimum menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.6346 in (56.1643%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman ganda yang ditempatkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif,

dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif secara berurutan sebesar

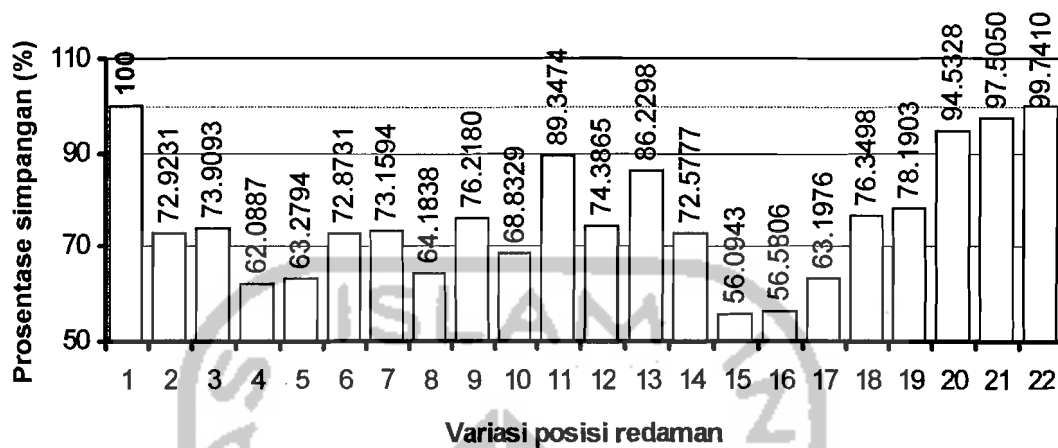
86.1846%, 94.3092% dan 99.5575%.



Gambar 5.7 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 2 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.3 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.8. Dari Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa nilai simpangan relatif lantai 2 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 1. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 1.2343 in (56.0943%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 2 (56.0943%) lebih kecil dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (56.1643%), hal ini berarti tidak seperti pada bangunan 5 lantai. Penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 86.2298%,

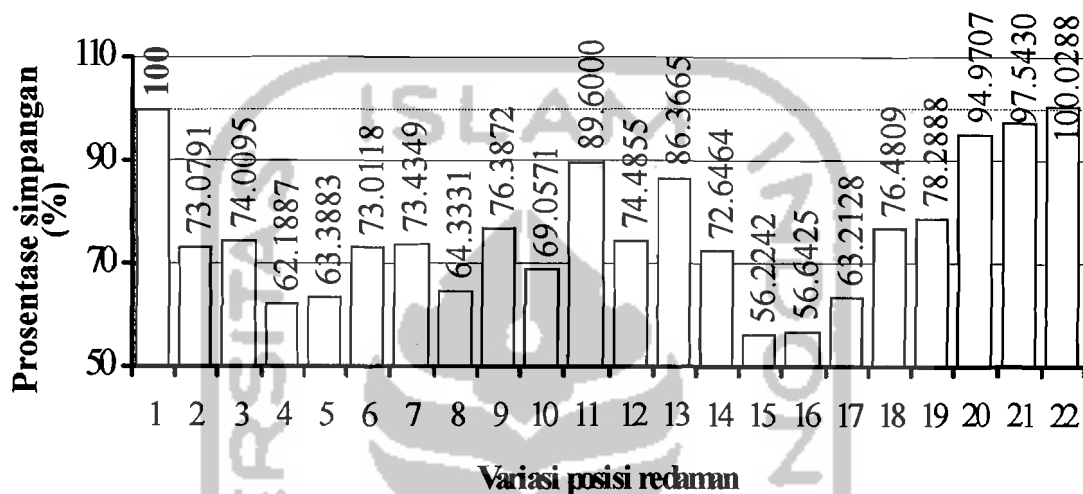
94.5328% dan 99.7410%. Hal ini disebabkan karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan posisi redaman berada pada satu lantai.



Gambar 5.8 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 2 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.9 dapat dilihat nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 3 akibat gempa El Centro. Nilai simpangan relatif lantai 3 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 2 dan simpangan relatif lantai 1. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 2.3387 in (56.2242%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 3 (56.2242%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (56.1643%) dan lantai 2 (56.5979%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai yang lebih tinggi. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman pada satu

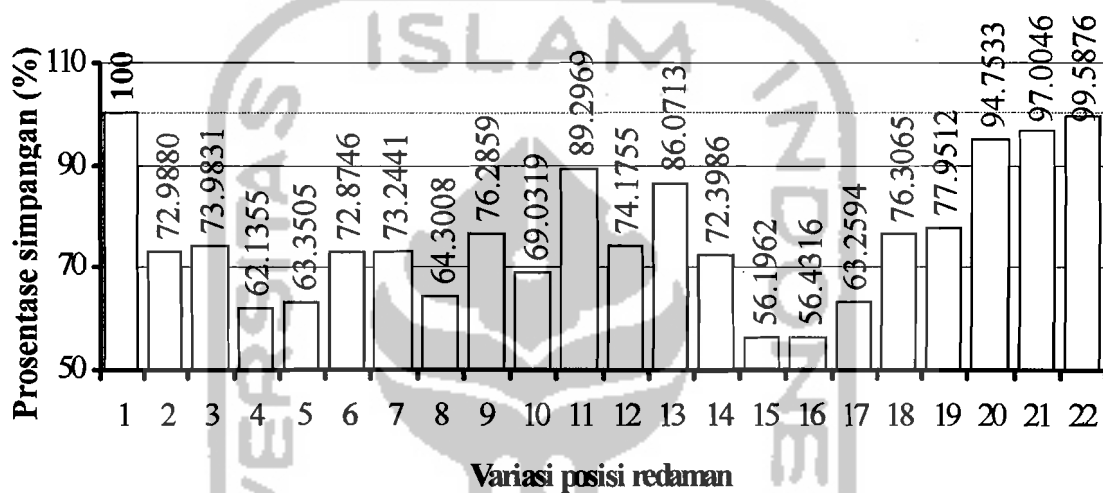
lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 86.3665%, 94.9707% dan 100.0288%. Dari hasil perhitungan, nilai prosentase simpangan relatif dengan redaman pada lantai 6 adalah 100.0288% dapat disimpulkan bahwa penempatan redaman yang tepat sangat diperlukan.



Gambar 5.9 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 3 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 4 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.3 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.10. Dari Tabel 5.3 dan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 4 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Dengan penempatan redaman dipisah (tidak pada lantai yang berurutan) dan posisi redaman pada lantai-lantai yang mengalami simpangan

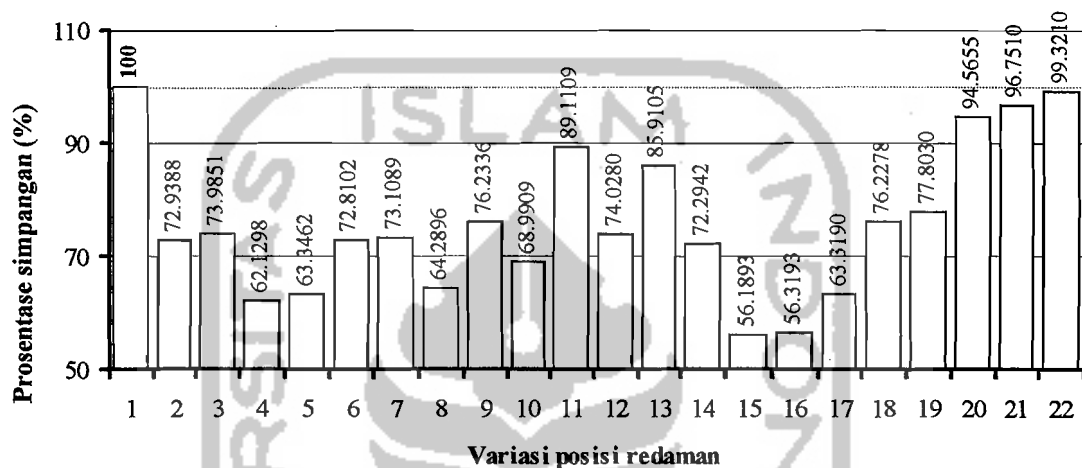
yang besar, maka didapatkan posisi redaman yang paling efektif dengan nilai simpangan relatif lantai sebesar 3.2700 in (56.1962%). Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 86.0713%, 94.7533% dan 99.5876%.



Gambar 5.10 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 4 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 5 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.3 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.11. Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 5 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 3.9310 in (56.1893%), hal ini karena penempatan redaman

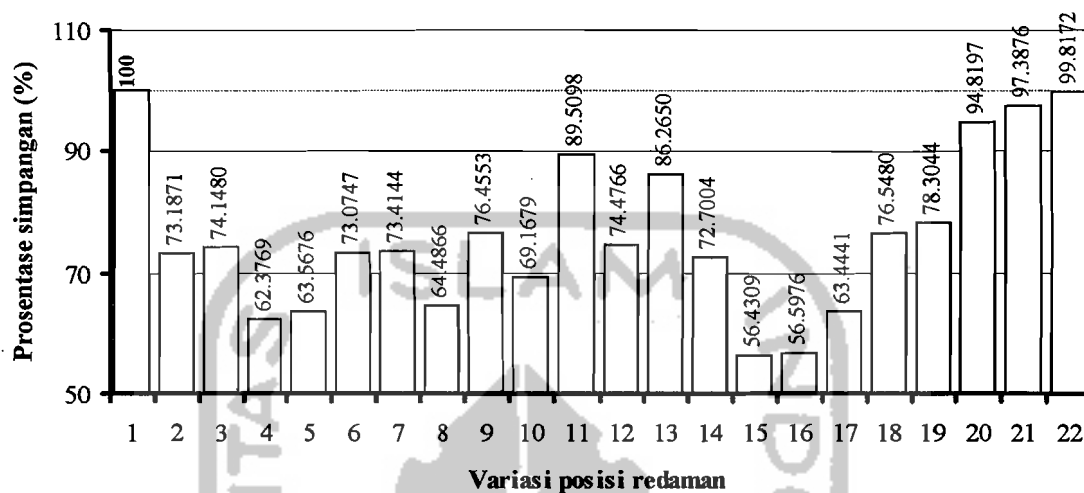
dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 85.9105%, 94.5655% dan 99.3210%.



Gambar 5.11 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 5 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 6 akibat gempa El Centro dapat dilihat pada Tabel 5.3 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.12. Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 5 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 4.5687 in (56.4309%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Penempatan redaman ganda pada lantai 3, 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai

prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 86.2650%, 94.8197% dan 99.8172%. Hal ini disebabkan oleh beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.

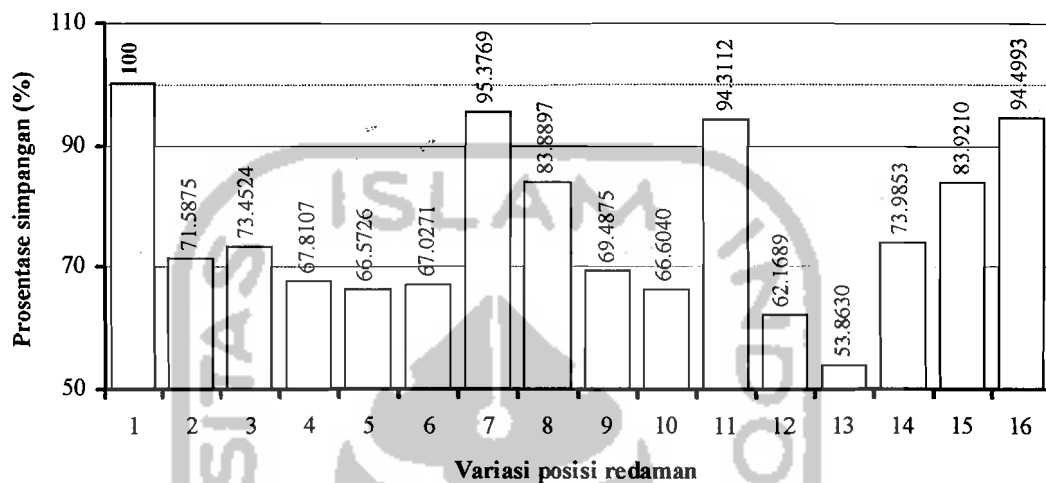


Gambar 5.12 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 6 pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro

5.6.4 Simpangan Relatif Maksimum pada Bangunan 5 Lantai Akibat Gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 1 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.4 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.13. Dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif maksimum menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.3437 in (53.8630%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Beban gempa yang

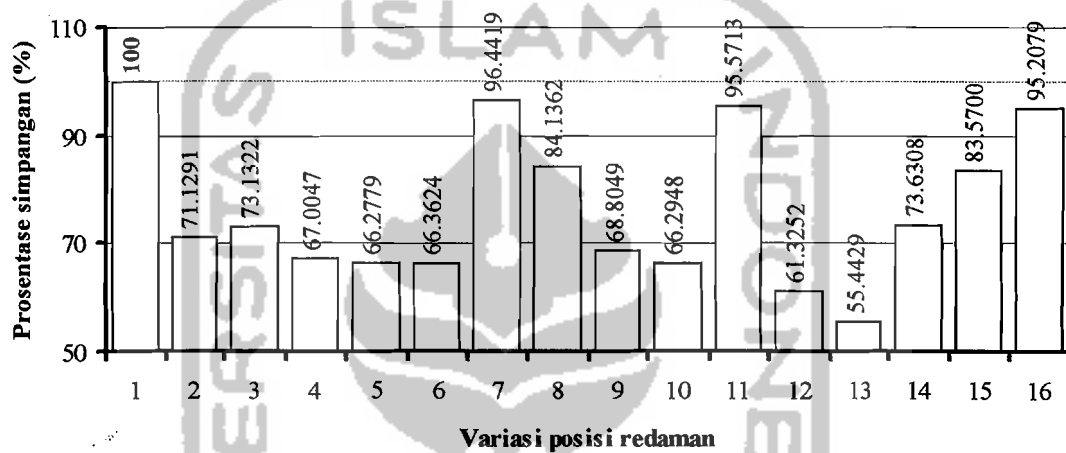
merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif secara berurutan sebesar 95.3769%, 94.3112% dan 94.4993%.



Gambar 5.13 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 2 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.4 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.14. Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa nilai simpangan relatif lantai 2 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 1. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.6560 in (55.4429%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 2 (55.4429%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.8630%) dengan kata lain bahwa

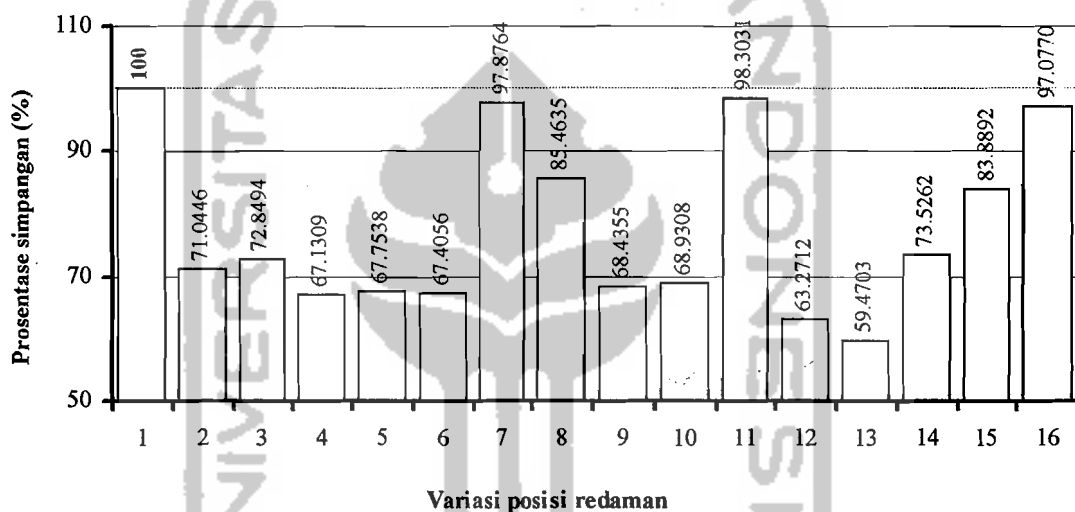
kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil. Penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 96.4419%, 95.5713% dan 95.2079%. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh 2 hal berikut ini. Pertama karena beban gempa yang merambat dari bawah bangunan. Kedua karena penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.14 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 2 pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

Dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.15 dapat dilihat nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 3 akibat gempa Koyna. Nilai simpangan relatif lantai 3 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 2 dan simpangan relatif lantai 1. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 1.2126 in (59.4703%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 3

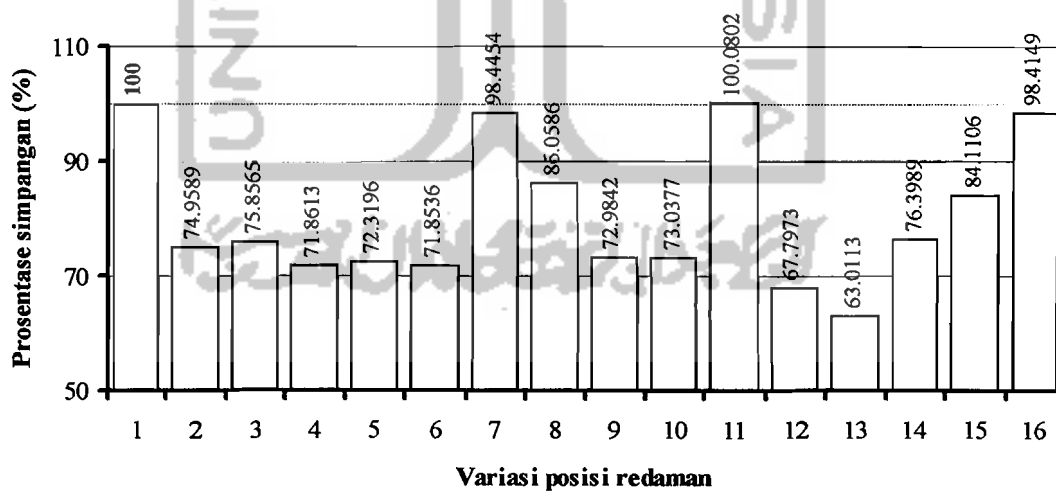
(59.4703%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.8630%) dan lantai 2 (55.4429) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai yang lebih tinggi. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3, dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 97.8764%, 98.3031% dan 97.0770%.



Gambar 5.15 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 3 pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

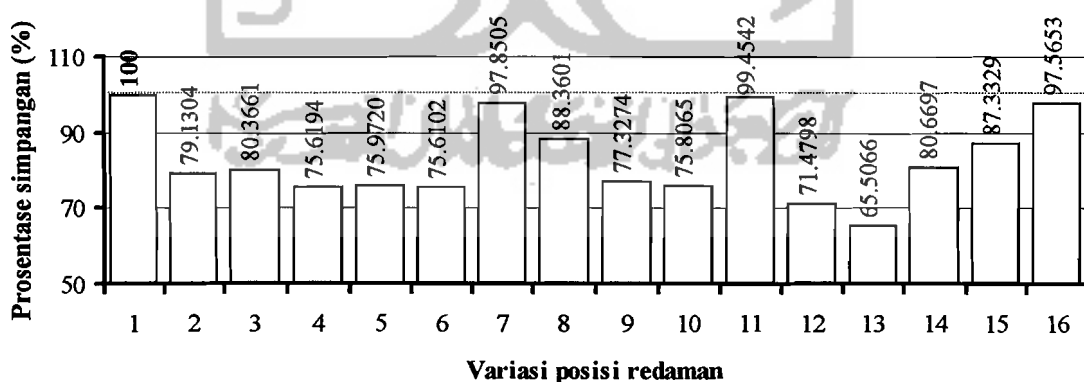
Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 4 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.4 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.16. Dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, kecuali untuk posisi redaman pada lantai 3 dengan nilai simpangan relatif 2.6202 in (100.0802%).

Dari Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 4 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Dengan penempatan redaman dipisah (tidak pada lantai yang berurutan) dan posisi redaman pada lantai-lantai yang mengalami simpangan yang besar, maka didapatkan posisi redaman yang paling efektif dengan nilai simpangan relatif lantai sebesar 1.6497 in (63.0113%). Nilai prosentase simpangan relatif lantai 4 (63.0113%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.8630%), 2 (55.4429%), dan 3 (59.4703%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil untuk lantai yang lebih tinggi. Penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 98.4454%, 100.0802% dan 98.4149%. Hal tersebut disebabkan oleh beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.16 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 4 pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 5 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.4 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.17. Dari Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 5 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 2.1363 in (65.5066%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 5 (65.5066%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (53.8360%), 2 (55.4429%), 3 (59.4703%), dan 4 (63.0113%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai dengan simpangan relatif yang lebih besar. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 2, 3 dan 5 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 97.8505%, 99.4542% dan 97.5653%.



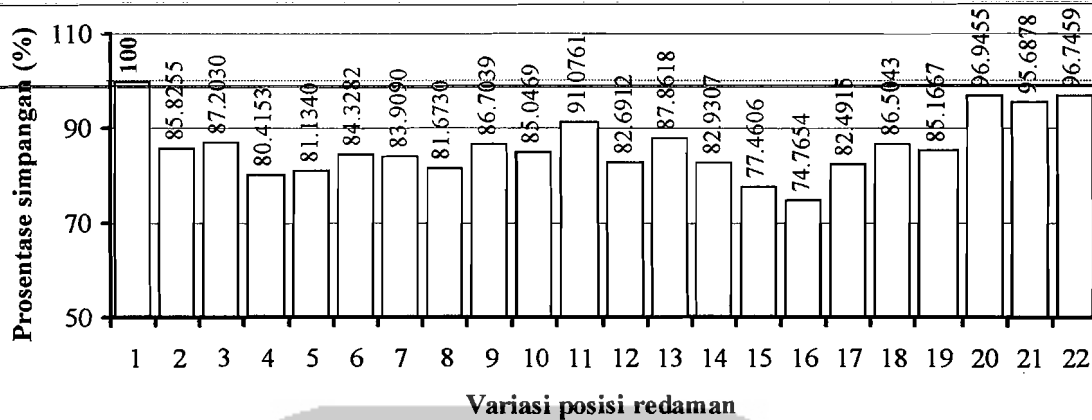
Gambar 5.17 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 5 pada bangunan 5 lantai akibat gempa Koyna

5.6.5 Simpangan Relatif Maksimum pada Bangunan 6 Lantai Akibat Gempa

Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 1 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.5 yang digambarkan dengan grafik pada Gambar 5.18. Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan dengan bangunan tanpa redaman. Dari Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa perbedaan nilai prosentase simpangan relatif diantara 22 variasi posisi redaman relatif kecil, selain itu dapat dilihat bahwa nilai prosentase simpangan relatif cenderung membesar dibandingkan pada bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro. Hal ini berarti bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan relatif semakin kecil. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 6 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.3745 in (74.7654%), hal ini karena penempatan ganda redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 96.9455% dan 96.7459%. Hal tersebut disebabkan oleh:

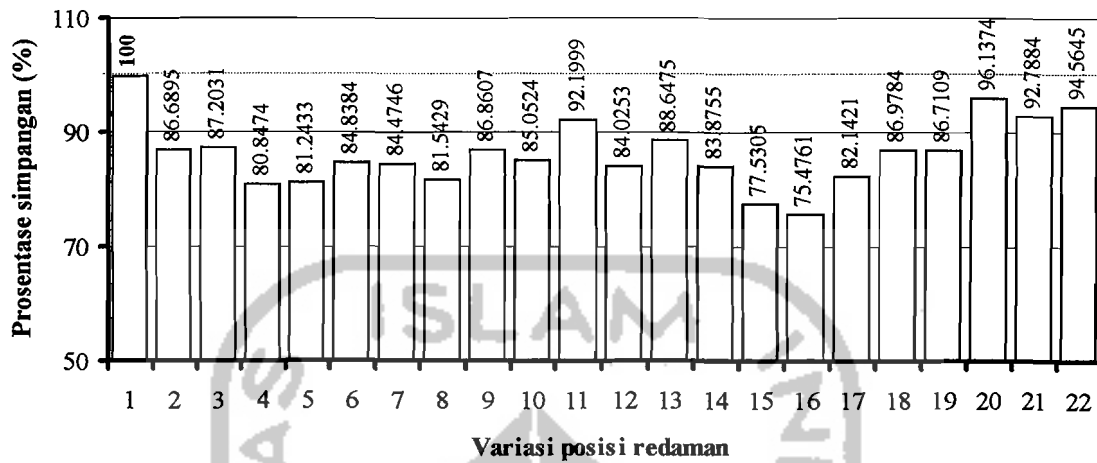
1. beban gempa yang merambat dari bawah bangunan,
2. penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.18 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 1 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 2 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.5 yang digambarkan dengan grafik pada Gambar 5.19. Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa nilai simpangan relatif lantai 2 semakin besar dibandingkan dengan simpangan relatif lantai 1. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 6 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 0.7054 in (75.4761%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 2 (75.4761%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (74.7654%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan posisi redaman berada pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif,

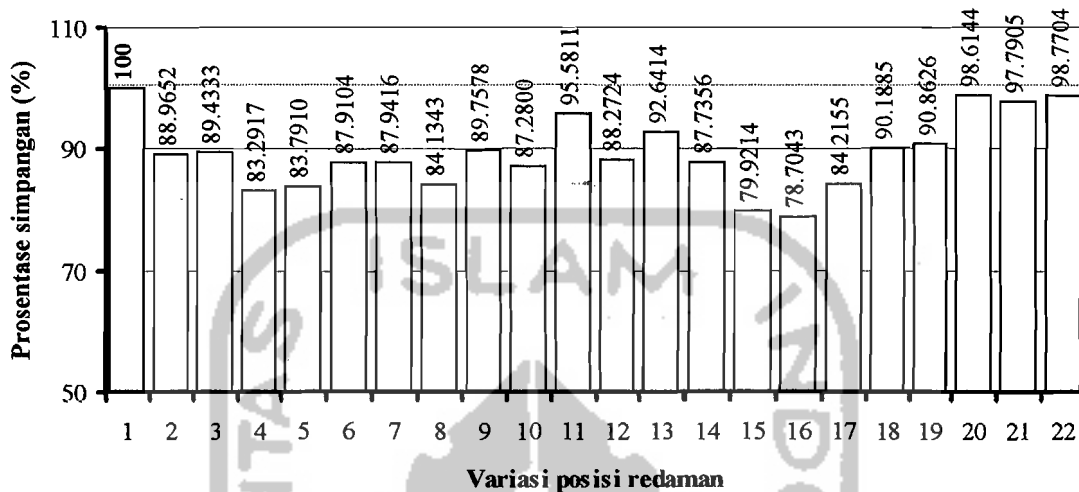
dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 96.1374% dan 94.5645%.



Gambar 5.19 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 2 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Dari Tabel 5.5 dan Gambar 5.20 dapat dilihat nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 3 akibat gempa Koyna. Nilai simpangan relatif lantai 3 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai 2 dan simpangan relatif lantai 1. Redaman paling efektif ditempatkan pada lantai 3 dan 6 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 1.2610 in (78.7043%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 3 (78.7043%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (74.7654%) dan lantai 2 (75.4761) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai yang lebih tinggi. Penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase

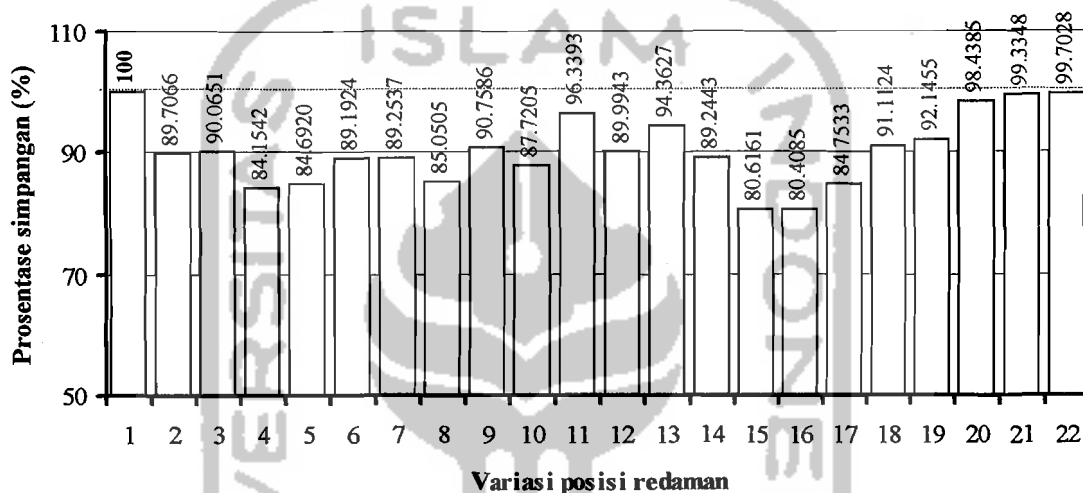
perubahan simpangan relatif berturut-turut 98.6144 dan 98.7704%. Hal tersebut disebabkan oleh beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.20 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 3 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 4 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.5 yang ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.21. Dari Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi berkurang dengan pemakaian redaman, apabila dibandingkan pada bangunan tanpa redaman. Dari Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif lantai 4 semakin besar dibandingkan dari simpangan relatif lantai-lantai dibawahnya. Dengan penempatan redaman dipisah (tidak pada lantai yang berurutan) dan posisi redaman pada lantai-lantai yang mengalami simpangan yang besar, maka didapatkan posisi redaman yang paling efektif dengan nilai simpangan relatif lantai sebesar 1.7045 in (80.4085%). Nilai prosentase simpangan relatif lantai 4 (80.4085%) lebih besar

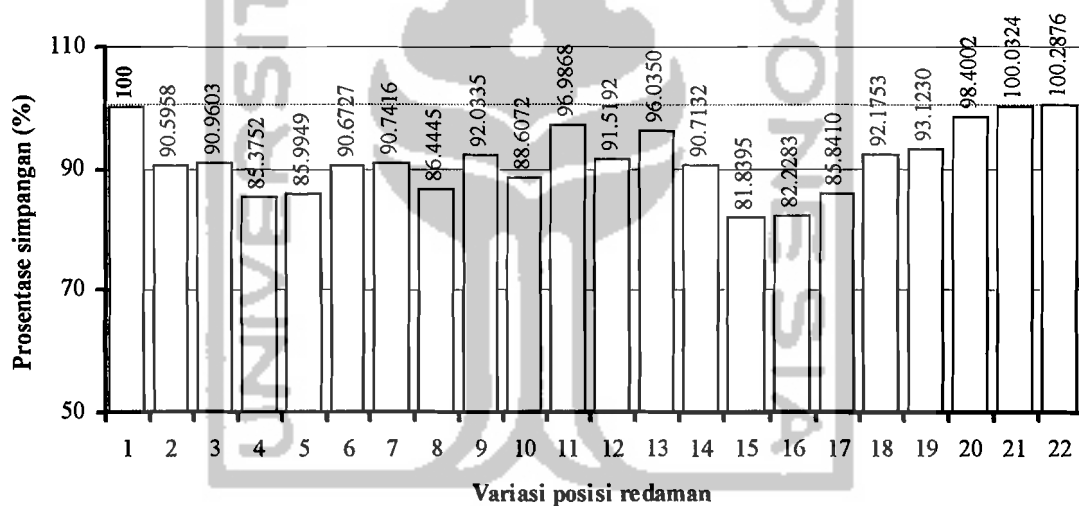
dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (74.7654%), 2 (75.4761%), dan 3 (78.7043%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil untuk lantai yang lebih tinggi. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 98.4385% dan 99.7028%.



Gambar 5.21 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 4 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 5 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.5 yang digambarkan dengan grafik pada Gambar 5.22. Dari Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi lebih kecil dengan pemakaian redaman kecuali untuk variasi posisi redaman ke-21 dan ke-22 dimana nilai prosentase simpangan relatif berturut-turut 100.0324% dan 100.2876%. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 5 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 2.0207 in (81.8395%), hal ini karena

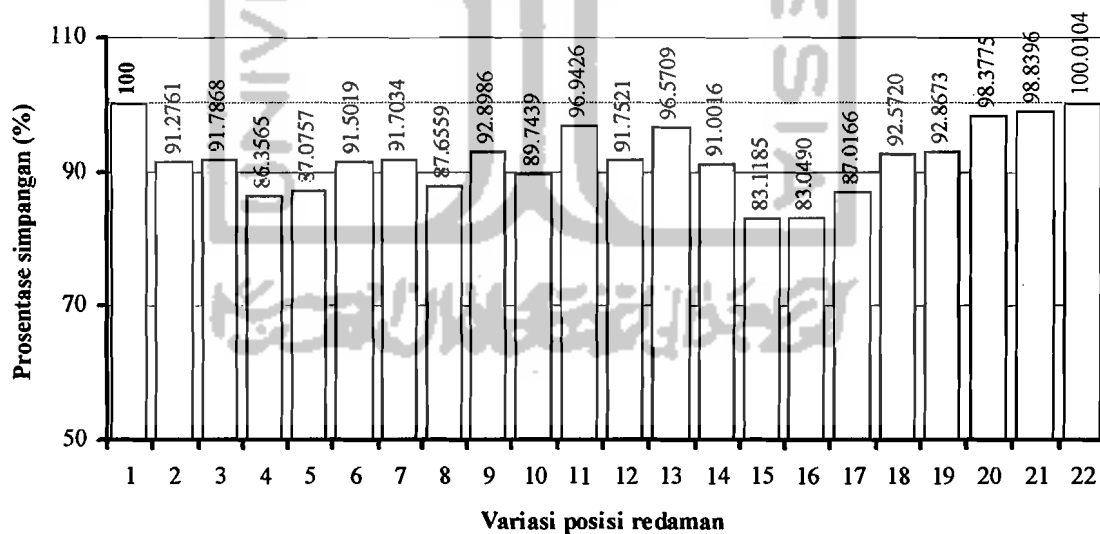
penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 5 (81.8395%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (74.7654%), 2 (75.4761%), 3 (78.7043%), dan 4 (80.4085%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai dengan simpangan relatif yang lebih besar. Beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan redaman digabungkan pada satu lantai menyebabkan penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 98.4002% dan 100.2876%.



Gambar 5.22 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 5 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

Nilai simpangan relatif dan prosentase perubahan simpangan relatif lantai 6 akibat gempa Koyna dapat dilihat pada Tabel 5.5 yang diperlihatkan dengan grafik pada Gambar 5.23. Dari Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa nilai simpangan relatif menjadi lebih kecil dengan pemakaian redaman kecuali untuk variasi posisi redaman ke-22

dimana nilai prosentase simpangan relatif 100.0104%. Penempatan redaman paling efektif pada lantai 3 dan 6 dengan nilai simpangan relatif maksimum sebesar 2.3904 in (83.0490%), hal ini karena penempatan redaman dipisah dan posisi redaman pada lantai-lantai dengan nilai simpangan relatif yang besar. Nilai prosentase simpangan relatif lantai 6 (83.0490%) lebih besar dibandingkan dengan nilai prosentase simpangan relatif lantai 1 (74.7654%), 2 (75.4761%), 3 (78.7043%), 4 (80.4085%), dan 5 (81.8395%) dengan kata lain bahwa kemampuan redaman untuk memperkecil simpangan semakin kecil pada lantai dengan simpangan relatif yang lebih besar. Penempatan redaman ganda pada lantai 5 dan 6 tidak efektif, dengan nilai prosentase perubahan simpangan relatif berturut-turut 98.3775% dan 100.0104%. Hal tersebut disebabkan oleh beban gempa yang merambat dari bawah bangunan dan penempatan redaman digabungkan pada satu lantai.



Gambar 5.23 Prosentase perubahan simpangan relatif maksimum lantai 6 pada bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna

5.6.6 Jarak Antara Dua Bangunan

Jarak antara bangunan 5 lantai dengan bangunan 6 lantai akibat gempa El Centro pada bangunan tanpa redaman adalah 23.1112 in sedangkan untuk posisi redaman pada lantai 3 dan lantai 5 adalah 13.9256 in, hal ini berarti telah terjadi pengurangan jarak minimal sebesar 9.1856 in atau 39.7452%. Jarak antara bangunan 5 lantai dengan bangunan 6 lantai akibat gempa Koyna pada bangunan tanpa redaman adalah 11.4606 in sedangkan untuk posisi redaman pada lantai 3 dan 5 adalah 8.3140 in, hal ini berarti telah terjadi pengurangan jarak minimal sebesar 3.1466 in atau 27.4558%.

