

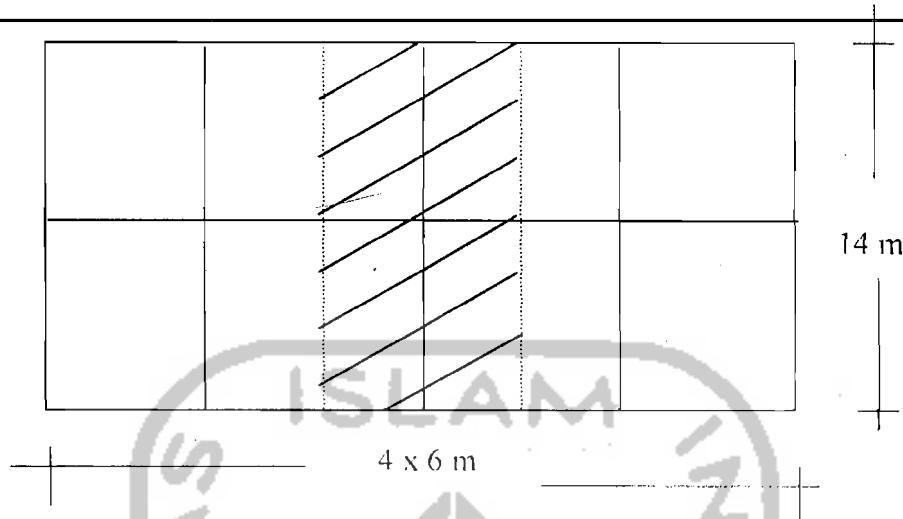
## BAB V

### ANALISIS EFEK P-DELTA

#### 5.1 Data Perencanaan

Persyaratan umum portal baja yang akan dianalisis meliputi jenis dan lokasi bangunan, tipe pembebanan, mutu atau kualitas bahan struktur yang digunakan serta denah dan dimensi elemen struktur portal. Jenis bangunan yang akan dianalisis adalah bangunan perkantoran dengan lokasi bangunan terletak di daerah gempa 1 pada peta wilayah gempa untuk Indonesia dan terletak diatas tanah lunak, sehingga dengan asumsi diatas diharapkan bangunan akan mengalami beban lateral yang cukup besar.

Beban yang bekerja dalam perancangan ini adalah beban gravitasi, yaitu beban statis (D), beban hidup (L), serta beban lateral (E). Beban lain yang terdapat pada spesifikasi LRFD serta beban salju (S) tidak digunakan. Beban angin (W) tidak digunakan dengan pertimbangan beban lateral yang dominan adalah beban gempa (E) dan juga mengacu pada pasal 2.1.3.4 ayat 2 PPI 1983, maka untuk gedung dengan tinggi lebih dari 16 m dapat diberikan pembebasan atas peninjauan beban angin. Sedangkan beban gempa (E) yang bekerja diambil sesuai dengan Peraturan Tahan Gempa untuk Gedung Indonesia dan dihitung dengan cara statis ekivalen.



Gambar 5.1 Rencana Pemberanan Lantai

## 5.2 Perhitungan Gaya-Gaya yang Bekerja pada Struktur

### 5.2.1 Beban Mati

#### a. Beban mati atap

1. berat lantai (12 cm)	$= 0,12.(24 \text{ KN/m}^3).6$	$= 17,28 \text{ KN/m}$
2. berat plafond	$= (0,11 \text{ KN/m}^2).6$	$= 0,66 \text{ KN/m}$
3. berat finishing	$= (0,17 \text{ KN/m}^2).6$	$= 1,02 \text{ KN/m}$
4. berat balok taksiran ( W 14 x 68 )		$= 1,00 \text{ KN/m}$
Total beban mati atap		$= 19,96 \text{ KN/m}$

#### b. Beban mati lantai

1. berat pelat (12 cm)	$= 0,12.(24 \text{ KN/m}^3).6$	$= 17,28 \text{ KN/m}$
2. berat spesi (2 cm)	$= 2.(0,21 \text{ KN/m}^2).6$	$= 2,52 \text{ KN/m}$
3. berat ubin (1 cm)	$= 1.(0,24 \text{ KN/m}^2).6$	$= 1,44 \text{ KN/m}$
4. berat pasir (1 cm)	$= 0,01.(16 \text{ KN/m}^2).6$	$= 0,96 \text{ KN/m}$

5. berat plafond	$(0,11 \text{ KN/m}^2).6$	$= 0,66 \text{ KN/m}$
6. berat dinding (50 % dari tinggi tingkat) = $(3,6/2).2,5$		$= 4,5 \text{ KN/m}$
7. berat balok taksiran ( W 14 x 145 )		$= 2,00 \text{ KN/m}$
Total beban mati lantai		$= 29,36 \text{ KN/m}$

### 5.2.2 Beban Hidup

#### a. Beban hidup atap

1. beban hidup atap	$(1 \text{ KN.m}^2).6$	$= 6,00 \text{ KN/m}$
2. berat air hujan	$(10 \text{ KN/m}^2).0,05.6$	$= 3,00 \text{ KN/m}$
Total beban hidup atap		$= 9,00 \text{ KN/m}$

#### b. Beban hidup lantai

1. beban hidup kantor	$(2,5 \text{ KN/m}^2).6$	$= 15,00 \text{ KN/m}$
-----------------------	--------------------------	------------------------

### 5.3 Perhitungan Berat Struktur Portal

#### a. Berat lantai atap (lantai 14)

1. berat lantai	$= 19,96.14$	$= 279,44 \text{ KN}$
2. berat kolom taksiran (W14x283)	$\cancel{(4)}(3,6/2).3$	$= 21,6 \text{ KN}$
3. beban hidup (reduksi b. hidup = 0,3) = $0,3.9.14$		$= 37,8 \text{ KN}$
P10		$= 338,84 \text{ KN}$

#### b. Berat lantai ( 13 s/d 2 )

1. berat lantai	$= 29,36.14$	$= 411,04 \text{ KN}$
2. berat kolom taksiran	$= 4.3.6.3$	$= 43,20 \text{ KN}$
3. beban hidup (reduksi beban hidup perkantoran = 0,3)		

$$= 0,3.15.14 = 63,00 \text{ KN}$$

$$P(9 \text{ s/d } 2) = 517,24 \text{ KN}$$

c. Berat lantai 1

$$1. \text{ berat lantai} = 29,36.14 = 411,04 \text{ KN}$$

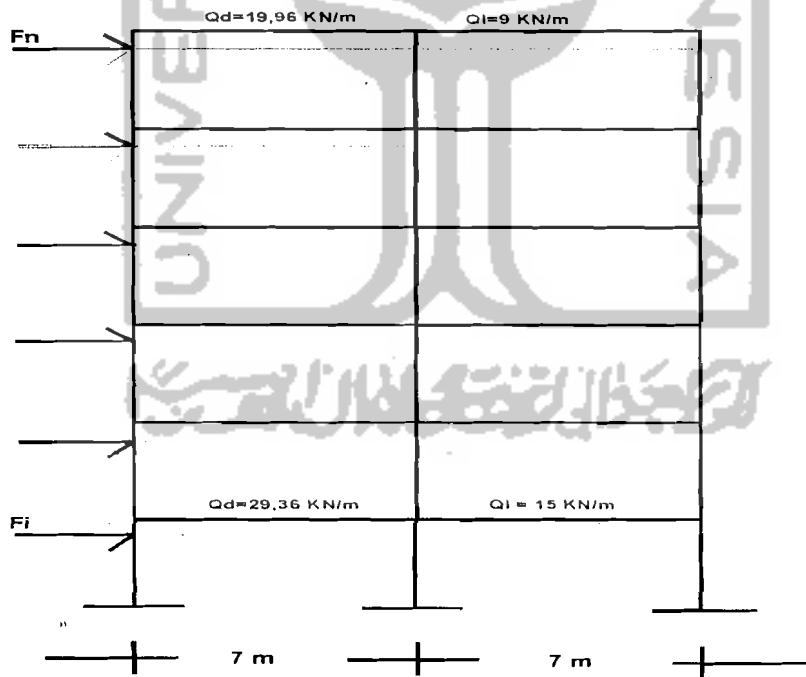
$$2. \text{ berat kolom taksiran} = 4.(3,6/2+5/2).3 = 63,6 \text{ KN}$$

$$3. \text{ beban hidup (reduksi beban hidup perkantoran} = 0,3)$$

$$= 0,3.15.14 = 63,00 \text{ KN}$$

$$P(9 \text{ s/d } 2) = 537,64 \text{ KN}$$

Dari hasil hitungan diatas, diperoleh konfigurasi pembebanan yang terdiri dari beban hidup (L), beban mati (D), dan beban gempa (E), sebagai berikut :



Gambar 5.2 Konfigurasi Pembebanan

#### **5.4 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horisontal Akibat Beban Gempa**

Untuk perhitungan gaya geser dasar horisontal akibat beban gempa, dalam perencanaan gedung dianggap berada pada daerah gempa wilayah 1 dan pada tanah lunak. Perhitungan berdasarkan pada buku Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (PPTGUG 1981) dan pembebanannya berdasarkan pada gambar 3.1, maka gaya geser dasar horisontal akibat beban gempa dapat dihitung sebagai berikut :

##### **5.4.1 Waktu getar alami gedung**

Perhitungan waktu getar alami gedung dilakukan pada setiap kenaikan 4 tingkat tinggi gedung dengan rumus (3.2) sebagai berikut :

$$T_{14} = 0,085 \cdot H^{3/4} = 0,085 \cdot 51,8^{3/4} = 1,641 \text{ detik}$$

$$T_{10} = 0,085 \cdot 37,4^{3/4} = 1,2855 \text{ detik}$$

$$T_6 = 0,085 \cdot 23^{3/4} = 0,8927 \text{ detik}$$

##### **5.4.2 Gaya geser dasar horisontal akibat beban gempa**

Dari tabel 3.1 dan tabel 3.2 pada buku (PPTGUG, 1981) halaman 14 –15, untuk nilai K dan I didapatkan seperti dibawah ini :

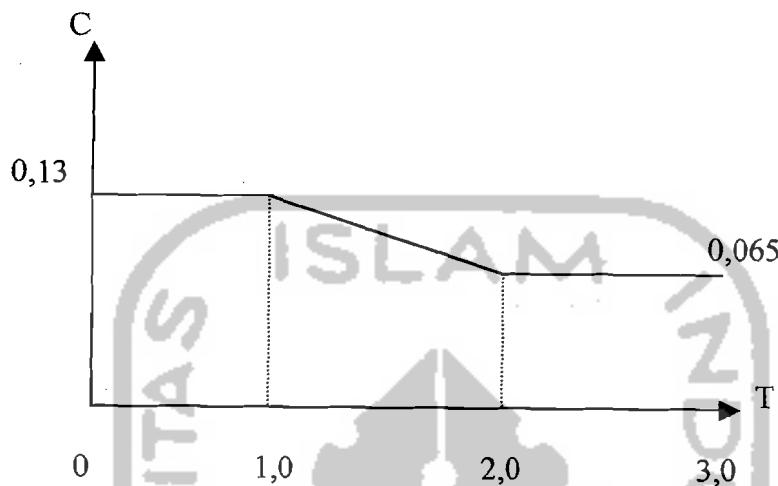
I = 1,0 : fungsi gedung sebagai perkantoran,

K<sub>1</sub> = 1,0 : untuk portal baja tanpa pengaku,

K<sub>2</sub> = 2,5 : untuk portal baja dengan pengaku.

~~Gaya geser dasar horisontal akibat beban gempa (pers.3.1) :~~

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$



Gambar 5.3 Grafik daerah wilayah gempa I pada tanah lunak

Untuk menentukan nilai koefisien gempa dasar pada setiap model portal yang digunakan dilakukan interpolasi berdasarkan gambar 5.2 tersebut diatas adalah sebagai berikut :

$$C_6 = 0,13$$

$$C_{10} = 0,111$$

$$C_{14} = 0,088$$

#### 5.4.3 Gaya geser dasar horisontal struktur portal rangka penahan momen akibat beban gempa (pers.3.1)

$$V_6 = 0,13 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2945,44 = 382,9072 \text{ KN}$$

$$V_{10} = 0,111 \cdot 1,0 \cdot 0,5014,4 = 434,1468 \text{ KN}$$

$$V_{14} = 0,088 \cdot 1,0 \cdot 0,7083,36 = 460,4184 \text{ KN}$$

Tabel 5.1 Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal akibat Beban Gempa

Rangka penahan Momen Model Struktur Portal 6 Tingkat

lantai	$h_i$	$W_i$	$W_i \cdot h_i$	$F_i$ (KN)	$\Sigma F_i$ (KN)	$\delta_i$ (m)	$W_i \cdot \delta_i^2$	$F_i \cdot \delta_i$
6	23	338,84	7793,320	75,649	75,649	0,0493	0,8232	3,7288
5	19,4	517,24	10034,456	97,403	173,052	0,0449	1,0407	4,3691
4	15,8	517,24	8172,392	79,328	252,381	0,0389	0,7816	3,0837
3	12,2	517,24	6310,328	61,254	313,634	0,0308	0,4907	1,8867
2	8,6	517,24	4448,264	43,179	356,813	0,0211	0,2295	0,9096
1	5	537,64	2688,200	26,094	382,907	0,0106	0,0598	0,2753
$\Sigma$		2945,44	39446,960				3,4256	14,2531

$$T_6' = 2 \pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_i}} = 6,3 \sqrt{\frac{3,4256}{9,81 \cdot 14,253}} = 0,986 \text{ dt} \approx 0,8 T_6 \text{ s/d } 1,25 T_6$$

Tabel 5.2 Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal akibat Beban Gempa

Rangka penahan Momen Model Struktur Portal 10 Tingkat

lantai	$h_i$	$W_i$	$W_i \cdot h_i$	$F_i$ (KN)	$\Sigma F_i$ (KN)	$\delta_i$ (m)	$W_i \cdot \delta_i^2$	$F_i \cdot \delta_i$
10	37,4	338,84	12672,616	68,425	68,425	0,1228	5,1097	8,4026
9	33,8	517,24	17482,712	94,397	162,821	0,1181	7,2143	11,1482
8	30,2	517,24	15620,648	84,343	247,164	0,1118	6,4651	9,4295
7	26,6	517,24	13758,584	74,288	321,452	0,1032	5,5087	7,6666
6	23,0	517,24	11896,520	64,234	385,687	0,0930	4,4736	5,9738
5	19,4	517,24	10034,456	54,180	439,867	0,0794	3,2609	4,3019
4	15,8	517,24	8172,392	44,126	483,993	0,0648	2,1719	2,8594
3	12,2	517,24	6310,328	34,072	518,066	0,0489	1,2368	1,6661
2	8,6	517,24	4448,264	24,018	542,084	0,0323	0,5396	0,7758
1	5,0	537,64	2688,200	14,515	556,598	0,0157	0,1325	0,2279
$\Sigma$		5014,4	103084,720				36,1131	52,4518

$$T_{10}' = 2 \pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_i}} = 6,3 \sqrt{\frac{36,1131}{9,81 \cdot 52,4518}} = 1,669 \text{ dt} > 1,25 T_{10}$$

Karena tidak memenuhi syarat maka hitungan diatas disiklus kembali sehingga memperoleh hasil yang disyaratkan. Dengan cara yang sama diperoleh

$$T_{10}' = 2 \pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_i}} = 6,3 \sqrt{\frac{19,9236}{9,81 \cdot 31,8798}} = 1,590 \text{ dt} \approx 0,8 T \text{ s/d } 1,25 T_{10}$$

Tabel 5.3 Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal akibat Beban Gempa

Rangka penahan Momen Model Struktur Portal 14 Tingkat

lantai	$h_i$	$W_i$	$W_i \cdot h_i$	$F_i$ (KN)	$\Sigma F_i$ (KN)	$\delta_i$ (m)	$W_i \cdot \delta_i^2$	$F_i \cdot \delta_i$
14	51,8	338,84	17551,912	55,674	55,674	0,18299	11,3462	10,1877
13	48,2	517,24	24930,968	71,172	126,845	0,17842	16,4657	12,6984
12	44,6	517,24	23068,904	65,856	192,701	0,17273	15,4322	11,3753
11	41,0	517,24	21206,840	60,540	253,241	0,16519	14,1143	10,0006
10	37,4	517,24	19344,776	55,224	308,466	0,15579	12,5537	8,6034
9	33,8	517,24	17482,712	49,909	358,374	0,14464	10,8210	7,2188
8	30,2	517,24	15620,648	44,593	402,967	0,13191	9,0001	5,8823
7	26,6	517,24	13758,584	39,277	442,245	0,11779	7,1764	4,6265
6	23,0	517,24	11896,520	33,962	476,206	0,10247	5,4311	3,4800
5	19,4	517,24	10034,456	28,646	504,852	0,08614	3,8380	2,4676
4	15,8	517,24	8172,392	23,330	528,182	0,06901	2,4633	1,6100
3	12,2	517,24	6310,328	18,014	546,197	0,05133	1,3628	0,9247
2	8,6	517,24	4448,264	12,699	558,895	0,03349	0,5801	0,4253
1	5,0	537,64	2688,200	7,674	566,569	0,01623	0,1416	0,1246
$\Sigma$	7083,36	196515,504					110,7256	79,6251

$$T_{14} = 2 \pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_i}} = 6,3 \sqrt{\frac{110,7256}{9,81 \cdot 79,6251}} = 2,372 \text{ dt} > 1,25 T_{14}$$

Karena tidak memenuhi syarat maka hitungan diatas disiklus kembali sehingga memperoleh hasil yang disyaratkan. Dengan cara yang sama diperoleh

$$T_{14} = 2 \pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_i}} = 6,3 \sqrt{\frac{52,9942}{9,81 \cdot 53,3537}} = 2,004 \text{ dt} = 0,8 T_{14} \text{ s/d } 1,25 T_{14}$$

## 5.5 Analisis dengan Efek P-Delta yang Disederhanakan

Analisis untuk metode ini dipakai prinsip-prinsip analisis *linier (first order analysis)*. Untuk memperhitungkan pengaruh P- $\Delta$ , hasil (*first order analysis*) yang diperoleh dari analisis linier tersebut perlu dimodifikasi dan iterasi hitungannya perlu dilakukan sampai tercapai kondisi konvergen. Perhitungan dilakukan untuk ketiga

portal dengan variasi tingkat yaitu 6 tingkat, 10 tingkat dan 14 tingkat. Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

1. Menghitung lendutan dan gaya-gaya dalam.

Perhitungan lendutan dan gaya-gaya dalam akibat beban luar (beban gravitasi dan beban gempa) pada portal dilakukan dengan program komputer SAP-90. Dari hasil hitungan program ini dapat diperoleh lendutan horisontal pada tiap tingkat yang diberi notasi  $\Delta_i$ . Untuk perhitungan portal dengan 6 tingkat pada tingkat ke-1 diperoleh lendutan horisontal ( $\Delta_1$ ) = 0,01055 m.

2. Menghitung penambahan gaya lintang

Penambahan gaya lintang dihitung tiap tingkat (pers 3.11) sebagai berikut

$$V_i = \frac{(\sum P_i)}{h_i} (\Delta_{i+1} - \Delta_i) = \frac{344037,621}{5} (0,010550 - 0) = 725,919 \text{ Kg}$$

3. Menghitung besarnya penambahan gaya horisontal

Penambahan gaya horisontal dihitung tiap tingkat sebagai berikut

$$H_i' = V_{i-1} - V_i = 725,9194 - 827,0979 = -101,179 \text{ Kg}$$

4. Menghitung gaya horisontal baru

Gaya horisontal yang baru dapat dihitung dengan persamaan 3.12 sebagai berikut

$$H'' = H_i + H_i' = 2609,405 + (-101,179) = 2508,226 \text{ Kg}$$

Selanjutnya perhitungan dilakukan hingga mencapai kondisi konvergen dimana lendutan yang terjadi pada iterasi ke-i sama dengan lendutan pada iterasi i-1. Analisis untuk metode ini disajikan dalam tabel-tabel dibawah ini disertai dengan

hasil momen pada kondisi awal dan iterasi akhir untuk beberapa elemen. Data dan keluaran dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.4 Mencari Gaya Horisontal untuk Portal 6 tingkat ( $H=23\text{ m}$ )

Itera -si	Tingkat Ke-I	$H_i$ (Kg)	Defleksi (m)	$P_i$ (kg)	$V_i$	$H'_i$	$H_i + H'_i$
0	6	7564,888	0,049291	40497,710	0,0000	49,891	7614,779
	5	9740,333	0,044856	101166,256	49,8909	118,270	9858,603
	4	7932,849	0,038872	161834,801	168,1608	194,664	8127,513
	3	6125,364	0,030801	222503,356	362,8246	238,923	6364,287
	2	4317,880	0,021065	283171,894	601,7480	225,350	4543,230
	1	2609,405	0,010550	344037,621	827,0979	-101,179	2508,226
	0	0			725,9194		
1	6	7564,888	0,050146	40497,710	0,0000	50,386	7615,274
	5	9740,333	0,045667	101166,256	50,3859	119,826	9860,159
	4	7932,849	0,039610	161834,801	170,2122	198,277	8131,126
	3	6125,364	0,031413	222503,356	368,4889	244,570	6369,934
	2	4317,880	0,021494	283171,894	613,0586	231,344	4549,224
	1	2609,405	0,010759	344037,621	844,4029	-104,103	2505,302
	0	0			740,3002		
2	6	7564,888	0,050161	40497,710	0,0000	50,397	7615,285
	5	9740,333	0,045681	101166,256	50,3972	119,843	9860,176
	4	7932,849	0,039623	161834,801	170,2403	198,338	8131,187
	3	6125,364	0,031424	222503,356	368,5788	244,665	6370,029
	2	4317,880	0,021502	283171,894	613,2440	231,552	4549,432
	1	2609,405	0,010762	344037,621	844,7962	-104,290	2505,115
	0	0			740,5066		
3	6	7564,888	0,050162	40497,710	0,0000	50,397	7615,285
	5	9740,333	0,045682	101166,256	50,3972	119,843	9860,176
	4	7932,849	0,039624	161834,801	170,2403	198,338	8131,187
	3	6125,364	0,031425	222503,356	368,5788	244,727	6370,091
	2	4317,880	0,021502	283171,894	613,3058	231,412	4549,292
	1	2609,405	0,010763	344037,621	844,7175	-104,142	2505,263
	0	0			740,5754		
4	6	7564,888	0,050162	40497,710	0,0000	50,397	7615,285
	5	9740,333	0,045682	101166,256	50,3972	119,843	9860,176
	4	7932,849	0,039624	161834,801	170,2403	198,338	8131,187
	3	6125,364	0,031425	222503,356	368,5788	244,727	6370,091
	2	4317,880	0,021502	283171,894	613,3058	231,412	4549,292
	1	2609,405	0,010763	344037,621	844,7175	-104,142	2505,263
	0	0			740,5754		

Tabel 5.5 Mencari Gaya Horisontal untuk Portal 10 tingkat ( $H = 37,4 \text{ m}$ )

It	Tingkat ke-I	$H_i$ (Kg)	Defleksi (m)	$P_i$ (kg)	$V_i$	$H'_i$	$H_i + H'_i$
0	10	5337,1	0,095787	40497,900	0,0000	41,342	5378,442
	9	7362,9	0,092112	101166,300	41,3416	96,245	7459,145
	8	6578,7	0,087216	161834,800	137,5862	164,685	6743,385
	7	5794,5	0,080492	222503,400	302,2714	223,146	6017,646
	6	5010,3	0,071991	283141,800	525,4171	266,829	5277,129
	5	4226,1	0,061918	343840,400	792,2465	294,862	4520,962
	4	3441,8	0,050536	404509,100	1087,1087	304,852	3746,652
	3	2657,6	0,038148	465177,600	1391,9608	284,746	2942,346
	2	1873,4	0,025172	525846,100	1676,7068	202,171	2075,571
	1	1132,1	0,012309	586711,800	1878,8773	-434,510	697,590
	0		0		1444,3671		
1	10	5337,1	0,098806	40497,900	0,0000	41,893	5378,993
	9	7362,9	0,095082	101166,300	41,8928	97,829	7460,729
	8	6578,7	0,090110	161834,800	139,7219	168,124	6746,824
	7	5794,5	0,083262	222503,400	307,8458	229,562	6024,062
	6	5010,3	0,074567	283141,800	537,4075	276,468	5286,768
	5	4226,1	0,064219	343840,400	813,8754	308,190	4534,290
	4	3441,8	0,052471	404509,100	1122,0658	320,571	3762,371
	3	2657,6	0,039632	465177,600	1442,6368	300,746	2958,346
	2	1873,4	0,02614	525846,100	1743,3823	211,743	2085,143
	1	1132,1	0,012755	586711,800	1955,1250	-458,423	673,677
	0		0		1496,7018		
2	10	5337,1	0,098908	40497,900	0,0000	41,904	5379,004
	9	7362,9	0,095183	101166,300	41,9041	97,846	7460,746
	8	6578,7	0,090210	161834,800	139,7500	168,231	6746,931
	7	5794,5	0,083359	222503,400	307,9806	229,736	6024,236
	6	5010,3	0,074659	283141,800	537,7166	276,788	5287,088
	5	4226,1	0,064303	343840,400	814,5046	308,612	4534,712
	4	3441,8	0,052544	404509,100	1123,1165	321,318	3763,118
	3	2657,6	0,039689	465177,600	1444,4346	301,532	2959,132
	2	1873,4	0,026177	525846,100	1745,9666	212,226	2085,626
	1	1132,1	0,012771	586711,800	1958,1924	-459,613	672,487
	0		0		1498,5793		
3	10	5337,1	0,098913	40497,900	0,0000	41,904	5379,004
	9	7362,9	0,095188	101166,300	41,9041	97,846	7460,746
	8	6578,7	0,090215	161834,800	139,7500	168,231	6746,931
	7	5794,5	0,083364	222503,400	307,9806	229,736	6024,236
	6	5010,3	0,074664	283141,800	537,7166	276,867	5287,167
	5	4226,1	0,064307	343840,400	814,5832	308,629	4534,729
	4	3441,8	0,052547	404509,100	1123,2120	321,335	3763,135
	3	2657,6	0,039691	465177,600	1444,5469	301,420	2959,020
	2	1873,4	0,026179	525846,100	1745,9666	212,372	2085,772
	1	1132,1	0,012772	586711,800	1958,3385	-459,642	672,458
	0		0		1498,6966		

Lanjutan Tabel 5.5

lt	tingkat ke-l	$H_i$ (Kg)	Defleksi (m)	$P_i$ (kg)	$V_i$	$H'_i$	$H_i + H'_i$
4	10	5337,1	0,098914	40497,900	0,0000	41,915	5379,015
	9	7362,9	0,095188	101166,300	41,9153	97,835	7460,735
	8	6578,7	0,090215	161834,800	139,7500	168,231	6746,931
	7	5794,5	0,083364	222503,400	307,9806	229,736	6024,236
	6	5010,3	0,074664	283141,800	537,7166	276,867	5287,167
	5	4226,1	0,064307	343840,400	814,5832	308,629	4534,729
	4	3441,8	0,052547	404509,100	1123,2120	321,223	3763,023
	3	2657,6	0,039692	465177,600	1444,4346	301,661	2959,261
	2	1873,4	0,026179	525846,100	1746,0958	212,243	2085,643
	1	1132,1	0,012772	586711,800	1958,3385	-459,642	672,458
	0	0			1498,6966		
5	10	5337,1	0,098914	40497,900	0,0000	41,915	5379,015
	9	7362,9	0,095188	101166,300	41,9153	97,835	7460,735
	8	6578,7	0,090215	161834,800	139,7500	168,231	6746,931
	7	5794,5	0,083364	222503,400	307,9806	229,736	6024,236
	6	5010,3	0,074664	283141,800	537,7166	276,867	5287,167
	5	4226,1	0,064307	343840,400	814,5832	308,629	4534,729
	4	3441,8	0,052547	404509,100	1123,2120	321,223	3763,023
	3	2657,6	0,039692	465177,600	1444,4346	301,661	2959,261
	2	1873,4	0,026179	525846,100	1746,0958	212,243	2085,643
	1	1132,1	0,012772	586711,800	1958,3385	-459,642	672,458
	0	0			1498,6966		

Tabel 5.6 Mencari Gaya Horisontal untuk Portal 14 tingkat ( $H = 51,8\text{m}$ )

lt	tingkat ke-l	$H_i$ (Kg)	Defleksi (m)	$P_i$ (kg)	$V_i$	$H'_i$	$H_i + H'_i$
0	14	4112,257	0,13515	40497,711	0,0000	37,775	4150,033
	13	5257,000	0,13179	101166,256	37,7754	80,533	5337,533
	12	4864,361	0,12758	161665,804	118,3083	131,376	4995,736
	11	4471,722	0,12202	222503,356	249,6839	178,017	4649,739
	10	4079,083	0,11510	283171,899	427,7009	225,168	4304,251
	9	3686,444	0,10680	343840,461	652,8685	244,937	3931,381
	8	3293,805	0,09740	404509,000	897,8056	270,776	3564,581
	7	2901,166	0,08700	465177,547	1168,5816	292,851	3194,017
	6	2508,527	0,07569	525846,095	1461,4328	301,612	2810,139
	5	2115,888	0,06362	586514,641	1763,0451	297,902	2413,790
	4	1723,249	0,05097	647183,180	2060,9473	285,092	2008,341
	3	1330,610	0,03792	707851,719	2346,0390	245,485	1576,095
	2	937,971	0,02474	768520,289	2591,5238	130,319	1068,290
	1	566,840	0,01199	829386,000	2721,8427	-732,975	166,135
	0	0			1988,8676		

1	14	4112,257	0,14151	40497,711	0,0000	38,585	4150,843
	13	5257,000	0,13808	101166,258	38,5853	81,971	5338,971
	12	4864,361	0,13379	161665,804	120,5565	135,414	4999,775
	11	4471,722	0,12809	222503,356	255,9709	184,709	4656,431
	10	4079,083	0,12096	283171,899	440,6803	227,133	4306,216
	9	3686,444	0,11247	343840,461	667,8137	261,893	3948,337
	8	3293,805	0,10274	404509,000	929,7064	288,989	3582,794
	7	2901,166	0,09189	465177,547	1218,6957	309,929	3211,095
	6	2508,527	0,08006	525846,095	1528,6251	320,600	2829,127
	5	2115,888	0,06740	586514,641	1849,2254	325,766	2441,654
	4	1723,249	0,05405	647183,180	2174,9918	309,473	2032,721
	3	1330,610	0,04023	707851,719	2484,4643	268,292	1598,902
	2	937,971	0,02623	768520,289	2752,7567	136,453	1074,424
	1	566,840	0,01270	829386,000	2889,2093	-783,232	216,393
	0		0	2105,9769			
2	14	4112,257	0,14186	40497,711	0,0000	38,585	4150,843
	13	5257,000	0,13843	101166,258	38,5853	81,971	5338,971
	12	4864,361	0,13414	161665,804	120,5565	135,414	4999,775
	11	4471,722	0,12844	222503,356	255,9709	185,327	4657,049
	10	4079,083	0,12130	283171,899	441,2983	227,302	4306,385
	9	3686,444	0,11280	343840,461	668,6003	262,634	3949,078
	8	3293,805	0,10305	404509,000	931,2346	289,034	3582,839
	7	2901,166	0,09219	465177,547	1220,2688	310,941	3212,106
	6	2508,527	0,08034	525846,095	1531,2094	323,859	2832,386
	5	2115,888	0,06764	586514,641	1855,0682	324,811	2440,699
	4	1723,249	0,05426	647183,180	2179,8794	313,574	2036,822
	3	1330,610	0,04039	707851,719	2493,4530	269,135	1599,745
	2	937,971	0,02634	768520,289	2762,5880	138,576	1076,547
	1	566,840	0,01275	829386,000	2901,1641	-786,230	219,390
	0		0	2114,9343			
3	14	4112,257	0,14189	40497,711	0,0000	38,698	4150,955
	13	5257,000	0,13845	101166,258	38,6978	81,859	5338,858
	12	4864,361	0,13416	161665,804	120,5565	135,414	4999,775
	11	4471,722	0,12846	222503,356	255,9709	185,327	4657,049
	10	4079,083	0,12132	283171,899	441,2983	227,302	4306,385
	9	3686,444	0,11282	343840,461	668,6003	262,634	3949,078
	8	3293,805	0,10307	404509,000	931,2346	301,394	3595,199
	7	2901,166	0,09210	465177,547	1232,6288	285,659	3186,825
	6	2508,527	0,08035	525846,095	1518,2878	335,320	2843,847
	5	2115,888	0,06766	586514,641	1853,6075	327,901	2443,789
	4	1723,249	0,05427	647183,180	2181,5086	311,944	2035,193
	3	1330,610	0,04040	707851,719	2493,4530	269,135	1599,745
	2	937,971	0,02635	768520,289	2762,5880	138,576	1076,547
	1	566,840	0,01276	829386,000	2901,1641	-784,571	217,731
	0		0	2116,5931			

Lanjutan Tabel 5.6

4	14	4112,257	0,14189	40497,711	0,0000	38,585	4150,843
	13	5257,000	0,13846	101166,258	38,5853	82,252	5339,252
	12	4864,361	0,13416	161665,804	120,8375	135,133	4999,494
	11	4471,722	0,12846	222503,356	255,9709	185,327	4657,049
	10	4079,083	0,12132	283171,899	441,2983	227,302	4306,385
	9	3686,444	0,11282	343840,461	668,6003	261,679	3948,123
	8	3293,805	0,10308	404509,000	930,2795	303,473	3597,278
	7	2901,166	0,09210	465177,547	1233,7525	283,243	3184,409
	6	2508,527	0,08036	525846,095	1516,9957	338,073	2846,599
	5	2115,888	0,06766	586514,641	1855,0682	326,440	2442,328
	4	1723,249	0,05427	647183,180	2181,5086	311,944	2035,193
	3	1330,610	0,04040	707851,719	2493,4530	269,135	1599,745
	2	937,971	0,02635	768520,289	2762,5880	138,576	1076,547
	1	566,840	0,01276	829386,000	2901,1641	-784,571	217,731
	0	0	0	2116,5931			
5	14	4112,257	0,14189	40497,711	0,0000	38,585	4150,843
	13	5257,000	0,13846	101166,258	38,5853	82,252	5339,252
	12	4864,361	0,13416	161665,804	120,8375	135,133	4999,494
	11	4471,722	0,12846	222503,356	255,9709	185,327	4657,049
	10	4079,083	0,12132	283171,899	441,2983	227,302	4306,385
	9	3686,444	0,11282	343840,461	668,6003	261,679	3948,123
	8	3293,805	0,10308	404509,000	930,2795	303,473	3597,278
	7	2901,166	0,09210	465177,547	1233,7525	283,243	3184,409
	6	2508,527	0,08036	525846,095	1516,9957	338,073	2846,599
	5	2115,888	0,06766	586514,641	1855,0682	326,440	2442,328
	4	1723,249	0,05427	647183,180	2181,5086	311,944	2035,193
	3	1330,610	0,04040	707851,719	2493,4530	269,135	1599,745
	2	937,971	0,02635	768520,289	2762,5880	138,576	1076,547
	1	566,840	0,01276	829386,000	2901,1641	-784,571	217,731
	0	0	0	2116,5931			

Keterangan :

 $H_i$  = Iterasi, $H_i$  = Gaya horisontal awal, $P_i$  = Gaya aksial total pada kolom tingkat ke i, $H'_i$  = Pertambahan gaya horisontal

Dari hasil hitungan diatas, diperoleh gaya horisontal akhir yang kemudian dianalisis untuk menentukan besarnya momen yang terjadi pada elemen portal. Hasil momen yang terjadi ( momen awal dan momen akhir) pada elemen disajikan dalam tabel dibawah ini. Data dan keluaran dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.7. Momen Beberapa Elemen pada Kondisi Awal dan Iterasi Akhir

untuk Portal 6 Tingkat

Elemen Kolom	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>
1	44871,403	8503,357	45788,728	8702,518
4	10228,263	11467,784	10631,106	11896,224
7	6640,869	12331,825	6803,387	12740,210
10	1934,639	10867,845	1965,886	11170,299
13	2277,231	6996,429	2307,189	7164,433
16	4261,65	2263,045	4279,701	2296,344
Elemen	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
Balok	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>
19	18731,619	38097,294	19333,624	38662,886
21	18108,652	38080,020	18699,611	38843,098
23	14266,464	34331,994	14706,097	34752,256
25	8590,614	28923,885	8863,111	29185,255
27	2734,779	23290,400	2884,732	23434,388
29	2263,045	11908,702	2216,344	11953,907

Tabel 5.8. Momen Beberapa Elemen pada Kondisi Awal dan Iterasi Akhir

untuk Portal 10 Tingkat

Elemen Kolom	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>
1	51931,329	8985,304	53866,050	9276,391
4	14862,09	12397,347	15945,535	13223,568
7	12833,73	13918,845	13544,500	14840,268
10	9976,1	13663,736	10456,978	14524,440
13	7461,398	12723,493	7764,473	13454,622
16	4746,891	11314,391	4912,630	11892,897
19	1787,078	9453,23	1849,137	9886,531
22	1331,84	7089,855	1338,242	7367,043
25	4301,086	4118,091	4336,530	4078,101
28	5437,832	3105,364	5454,612	3263,375

Lanjutan Tabel 5.8

Elemen Balok	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>
31	23847,394	42920,245	25221,926	44214,725
33	25231,077	44874,393	26768,068	46339,575
35	23894,95	43499,348	25297,246	44838,505
37	21125,134	40838,616	22288,913	41950,681
39	17470,385	40846,972	18367,252	38181,666
41	13101,469	33132,177	13742,034	33744,921
43	8131,39	28368,868	8548,289	28768,078
45	2788,769	23267,306	3030,513	23499,392
47	2064,966	18592,086	1935,701	18716,248
49	4118,091	10082,633	4078,101	10121,339

Tabel 5.9. Momen Beberapa Elemen pada Kondisi Awal dan Iterasi Akhir

untuk Portal 14 Tingkat

Elemen Kolom	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>
1	50297,058	8051,860	53552,553	8680,235
4	14851,633	11203,177	16412,672	12388,725
7	13539,524	12747,352	14777,838	14095,479
10	11554,835	12743,197	12544,967	14067,311
13	10065,566	12251,325	10860,733	13470,639
16	8535,837	11493,673	9163,513	12574,999
19	6888,911	10541,998	7366,675	11472,608
22	5095,059	9414,995	5438,315	10192,173
25	3148,366	8115,415	3373,376	8741,633
28	1053,057	6635,043	1178,954	7117,121
31	1168,301	5623,076	1119,494	5793,869
34	3433,088	4939,662	3436,163	5260,730
37	5542,735	2975,163	5568,270	3141,768
40	6141,376	1956,16	6152,526	2014,845

Lanjutan tabel 5.9

Elemen	Kondisi Awal		Iterasi Akhir	
	Balok	M <sub>i</sub>	M <sub>j</sub>	M <sub>i</sub>
43	22903,493	42023,355	25092,907	44086,21
45	24742,701	44388,215	27166,563	46703,14
47	24302,187	43860,786	26640,446	46093,636
49	22808,763	42409,238	24928,044	44434,138
51	20787,162	40445,145	22634,152	42210,181
53	18382,584	38119,232	19941,674	39609,344
55	15637,041	35470,624	16910,922	36688,303
57	12563,362	32511,797	13565,549	33469,936
59	9168,472	29249,324	9920,587	29968,581
61	5466,742	25697,061	5997,628	26204,994
63	1506,573	21900,659	1851,89	22231,349
65	2567,572	18011,501	2365,062	18205,886
67	6115,005	14577,979	6004,055	14684,456
69	5623,076	8579,845	5588,081	8613,67

## 5.6 Analisis dengan Metode Pembesaran Momen

Analisis struktur yang digunakan untuk menghitung pembesaran momen dilakukan dengan 2 tahap. Tahap 1, untuk mendapatkan nilai B<sub>1</sub> dan M<sub>nt</sub>, analisis struktur dilakukan dengan konfigurasi beban gravitasi (beban mati (D) dan beban hidup (L)) tanpa penggoyangan. Tahap 2, untuk mendapatkan nilai B<sub>2</sub> dan M<sub>lt</sub>, analisis struktur dilakukan hanya dengan konfigurasi beban gempa (E) dengan penggoyangan. Dengan menggunakan persamaan .... maka dapat dihitung besarnya pembesaran momen akibat efek P-Delta sebagai berikut.

Contoh hitungan (portal 6 tingkat) :

1. Menghitung Pe tiap tingkat (  )

$$Pe = \frac{\pi^2 EI}{(Kl)^2} = \frac{(3,14^2 \times 29000 \times 1440)}{(1.196,85^2)} = 20496,70 \text{ Kips}$$

2. Menghitung  $B_1$  &  $B_2$

$$B_1 = \frac{1}{\left(1 - \frac{P_u}{P_e}\right)} = \frac{1}{\left(1 - \frac{45,278}{20496,7}\right)} = 1,002$$

$$B_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_e}\right)} = \frac{1}{\left(1 - \frac{480,911}{61490,101}\right)} = 1,008$$

Selanjutnya besarnya faktor pembesaran ( $B_1$  &  $B_2$ ) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.10 Faktor Pembesaran Momen untuk 6 Tingkat

Tingkat	$P_u$	$P_e$	$\Sigma P_u$	$\Sigma P_e$	$B_1$	$B_2$
6	11,388	10625,49	57,657	31876,469	1,001	1,002
5	24,247	10625,49	142,242	31876,469	1,002	1,004
4	33,417	10625,49	226,826	31876,469	1,003	1,007
3	39,027	10625,49	311,410	31876,469	1,004	1,010
2	42,200	10625,49	395,994	31876,469	1,004	1,013
1	45,278	20496,70	480,911	61490,101	1,002	1,008

Tabel 5.11 Faktor Pembesaran Momen untuk 10 Tingkat

Tingkat	$P_u$ (Kips)	$P_e$ (Kips)	$\Sigma P_u$ (Kips)	$\Sigma P_e$ (Kips)	$B_1$	$B_2$
10	12,570	10625,49	122,196	31876,469	1,001	1,004
9	28,480	10625,49	227,422	31876,469	1,003	1,007
8	41,329	10625,49	363,805	31876,469	1,004	1,012
7	50,825	10625,49	500,188	31876,469	1,005	1,016
6	57,195	10625,49	636,570	31876,469	1,005	1,020
5	60,815	10625,49	772,953	31876,469	1,006	1,025
4	62,133	10625,49	909,336	31876,469	1,006	1,029
3	61,707	10625,49	1045,719	31876,469	1,006	1,034
2	60,410	10625,49	1182,102	31876,469	1,006	1,039
1	60,297	20496,70	1318,928	61490,101	1,003	1,022

Tabel 5.12 Faktor Pembesaran Momen untuk 14 Tingkat

tingkat	P <sub>u</sub> (Kips)	P <sub>e</sub> (Kips)	$\Sigma P_u$ (Kips)	$\Sigma P_e$ (Kips)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
14	13,536	10625,49	91,039	31876,469	1,001	1,003
13	32,035	10625,49	227,422	31876,469	1,003	1,007
12	48,293	10625,49	363,805	31876,469	1,005	1,012
11	61,993	10625,49	500,188	31876,469	1,006	1,016
10	73,203	10625,49	636,570	31876,469	1,007	1,020
9	82,082	10625,49	772,953	31876,469	1,008	1,025
8	88,824	10625,49	909,336	31876,469	1,008	1,029
7	93,628	10625,49	1045,719	31876,469	1,009	1,034
6	96,700	10625,49	1182,102	31876,469	1,009	1,039
5	98,253	10625,49	1318,485	31876,469	1,009	1,043
4	98,526	10625,49	1454,868	31876,469	1,009	1,048
3	97,854	10625,49	1591,251	31876,469	1,009	1,053
2	96,870	10625,49	1727,634	31876,469	1,009	1,057
1	97,347	20496,70	1864,460	61490,101	1,005	1,031

Isian data serta hasil keluaran program secara lengkap dapat dilihat pada lampiran dibawah ini diberikan keluaran untuk analisis pembesaran momen.

### 5.6.1 Analisis Pembesaran Momen untuk 6 Tingkat

Tabel 5.13 Analisis akibat beban gravitasi (Mnt)

Elemen Kolom	M <sub>i</sub> (awal) (Kg)	M <sub>j</sub> (awal) (Kg)	Pem. Momen (B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
1	2384,915	3976,580	1,003	2392,070	3988,510
4	5058,911	5101,210	1,004	5079,083	5121,551
7	5287,651	5277,803	1,004	5307,144	5297,260
10	5300,977	5314,349	1,003	5317,701	5331,115
13	5393,512	5422,075	1,002	5405,453	5434,079
16	5358,126	7043,690	1,001	5363,875	7051,247

Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen (B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
19	10169,996	11050,490	1,003	10200,506	11083,641
21	10388,861	10821,947	1,004	10430,286	10865,099
23	10578,781	10634,280	1,004	10617,780	10673,484
25	10707,861	10502,140	1,003	10741,643	10535,273
27	10780,201	10423,264	1,002	10804,068	10446,340
29	7043,690	7319,972	1,001	7051,247	7327,826

Tabel 5.14 Analisis akibat beban lateral (Mlt)

Elemen Kolom	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen (B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
1	46744,00	12470,11	1,008	47112,465	12568,407
4	16259,82	16775,01	1,013	16464,351	16986,020
7	11881,65	17662,79	1,010	11998,873	17837,043
10	7296,24	16238,39	1,007	7348,533	16354,766
13	3174,48	12479,02	1,004	3188,705	12534,950
16	1148,66	4828,89	1,002	1150,738	4837,638
Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen (B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
19	28729,928	27034,271	1,008	28956,394	27247,371
21	28656,661	27400,950	1,013	29017,134	27745,628
23	24959,031	23818,115	1,010	25205,268	24053,096
25	19412,865	18541,726	1,007	19551,993	18674,610
27	13627,583	12985,852	1,004	13688,666	13044,058
29	4828,888	4639,136	1,002	4837,638	4647,542

Tabel 5.15 Analisis Pembesaran Momen (Mnt.B<sub>1</sub>+Mlt.B<sub>2</sub>)

Elemen Kolom	M <sub>i</sub> (akhir)	M <sub>j</sub> (akhir)	Elemen Balok	M <sub>i</sub> (akhir)	M <sub>j</sub> (akhir)
1	44720,395	8579,897	19	18755,888	38331,013
4	11385,268	11864,470	21	18586,848	38610,726
7	6691,729	12539,783	23	14587,488	34726,580
10	2030,832	11023,650	25	8810,349	29209,884
13	2216,748	7100,871	27	2884,598	23490,399
16	4213,136	2213,609	29	2213,609	11975,368

### 5.6.2 Analisis Pembesaran Momen untuk 10 Tingkat

Tabel 5.16 Analisis akibat beban gravitasi (Mnt)

Elemen Kolom	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
1	1906,61	4036,69	1,003	1912,236	4048,604
4	6162,03	5461,93	1,006	6198,278	5494,052
7	5436,87	5557,07	1,006	5468,626	5589,534
10	5635,80	5695,52	1,006	5668,241	5728,305
13	5769,93	5818,14	1,006	5802,918	5851,403
16	5878,38	5918,57	1,005	5910,192	5950,605
19	5967,09	6000,68	1,005	5995,770	6029,525
22	6032,50	6033,16	1,004	6056,053	6056,714
25	6118,06	6182,42	1,003	6134,506	6199,038
28	6015,89	6638,80	1,001	6023,013	6646,663
Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
31	10198,727	10851,211	1,003	10228,818	10883,227
33	10898,793	10311,351	1,005	10962,899	10372,002
35	11192,872	9989,765	1,006	11258,254	10048,119
37	11465,445	9703,527	1,006	11531,445	9759,385
39	11696,515	9461,425	1,006	11763,395	9515,525
41	11885,664	9263,078	1,005	11949,988	9313,209
43	12033,180	9107,874	1,005	12091,015	9151,649
45	9107,874	12033,180	1,004	9143,439	12080,168
47	12198,311	8927,865	1,003	12231,094	8951,859
49	7651,535	6684,885	1,001	7660,598	6692,803

Tabel 5.17 Analisis akibat beban lateral (Mit)

Elemen Kolom	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
1	53837,94	13022,00	1,022	55018,046	13307,435
4	21024,12	17859,27	1,039	21833,804	18547,069
7	18270,60	19475,92	1,034	18890,301	20136,503
10	15611,90	19359,26	1,029	16070,341	19927,731
13	13231,32	18541,63	1,025	13560,136	19002,407
16	10625,27	17232,97	1,020	10841,780	17584,119
19	7754,17	15453,91	1,016	7877,782	15700,274
22	4700,66	13123,01	1,012	4754,925	13274,513
25	1816,98	10300,51	1,007	1830,034	10374,527
28	578,06	3533,44	1,004	580,281	3547,041

Lanjutan Tabel 5.17

Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
31	34046,121	32069,034	1,022	34792,398	32771,974
33	36129,870	34563,041	1,039	37521,304	35894,133
35	35087,822	33509,583	1,034	36277,933	34646,163
37	32590,578	31135,089	1,029	33547,586	32049,357
39	29166,900	27862,836	1,025	29891,727	28555,255
41	24987,133	23869,100	1,020	25496,292	24355,477
43	20164,571	19260,994	1,016	20486,026	19568,045
45	14939,990	14277,623	1,012	15112,468	14442,454
47	10133,345	9664,221	1,007	10206,161	9733,666
49	3533,444	3397,750	1,004	3547,041	3410,825

Tabel 5.18 Analisis Pembesaran Momen (Mnt.B<sub>1</sub>+Mlt.B<sub>2</sub>)

Elemen Kolom	Mi (akhir)	Mj(akhir)	Elemen Balok	Mi (akhir)	Mj(akhir)
3	53105,810	9258,831	32	24563,581	43655,201
6	15635,527	13053,017	34	26558,405	46266,135
9	13421,675	14636,441	36	25019,679	44694,282
12	10402,100	14287,578	38	22016,141	41808,742
15	7757,218	13234,693	40	18128,332	38070,780
18	4931,588	11710,618	42	13546,304	33668,686
21	1882,012	9739,291	44	8395,011	28719,694
24	1301,128	7275,499	46	5969,029	26522,622
27	4304,472	4220,388	48	2024,934	18685,524
30	5442,732	3087,829	50	4113,556	10103,628

### 5.6.3 Analisis Pembesaran Momen untuk 14 Tingkat

Tabel 5.19 Analisis akibat beban gravitasi (Mnt)

Elemen Kolom	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
1	1931,537	4087,784	1,005	1940,7544	4107,2912
4	6257,382	5574,928	1,009	6315,9475	5627,1061
7	5580,143	5723,77	1,009	5632,2239	5777,1914
10	5833,933	5917,07	1,009	5888,1590	5972,0687
13	6023,503	6095,574	1,009	6078,9230	6151,6571
16	6188,439	6253,044	1,009	6245,2760	6310,4744
19	6335,053	6391,594	1,009	6391,3717	6448,4153
22	6462,943	6511,738	1,008	6517,4255	6566,6318
25	6572,727	6613,962	1,008	6623,8968	6665,4528
28	6664,936	6698,855	1,007	6711,1715	6745,3258
31	6739,803	6768,671	1,006	6779,3564	6808,3938
34	6794,851	6788,066	1,005	6825,8747	6819,0588
37	6879,329	6981,115	1,003	6900,1327	7002,2265
40	6706,922	8290,085	1,001	6715,4770	8300,6594
Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>1</sub> )	MixB <sub>1</sub> (Kg)	MjxB <sub>1</sub> (Kg)
43	10345,17	10696,46	1,005	10394,5339	10747,5003
45	11155,07	10042,72	1,009	11259,4751	10136,7131
47	11557,70	9607,22	1,009	11665,5740	9696,8866
49	11940,57	9205,33	1,009	12051,5587	9290,8888
51	12284,01	8845,39	1,009	12397,0337	8926,7772
53	12588,10	8526,53	1,009	12703,7109	8604,8369
55	12854,54	8247,15	1,009	12968,8139	8320,4652
57	13084,47	8006,05	1,008	13194,7668	8073,5449
59	13276,90	7802,19	1,008	13382,2764	7862,9263
61	13436,66	7634,66	1,007	13531,8836	7687,6256
63	13563,52	7503,19	1,006	13643,1213	7547,2265
65	13667,40	7400,87	1,005	13729,7972	7434,6637
67	13688,04	7356,94	1,003	13729,4308	7379,1870
69	8290,09	6017,72	1,001	8300,6594	6025,3949

Tabel 5.20 Analisis akibat beban lateral (Mlt)

Elemen Kolom	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
1	52228,60	12139,644	1,031	53861,7533	12519,2437
4	21109,02	16778,104	1,057	22318,6353	17739,5480
7	19119,67	18471,122	1,053	20124,2555	19441,6346
10	17388,77	18660,267	1,048	18220,3600	19552,6665
13	16089,07	18346,899	1,043	16783,2638	19138,5124
16	14724,28	17746,717	1,039	15291,3366	18430,1789
19	13223,96	16933,575	1,034	13672,4952	17507,9290
22	11558,00	15926,734	1,029	11897,3976	16394,4155
25	9721,09	14729,376	1,025	9962,6719	15095,4157
28	7717,99	13333,899	1,020	7875,2623	13605,6017
31	5571,50	11708,333	1,016	5660,3195	11894,9823
34	3361,76	9763,229	1,012	3400,5736	9875,9427
37	1336,59	7007,486	1,007	1346,1984	7057,8400
40	565,55	2667,009	1,003	567,1658	2674,6478
Elemen Balok	Mi (awal) (Kg)	Mj(awal) (Kg)	Pem. Momen ( B <sub>2</sub> )	MixB <sub>2</sub> (Kg)	MjxB <sub>2</sub> (Kg)
43	33248,66	31326,90	1,031	34288,3256	32306,4732
45	35897,77	34345,50	1,057	37954,8387	36313,6130
47	35859,89	34253,57	1,053	37744,0460	36053,3222
49	34749,34	33203,91	1,048	36411,1713	34791,8397
51	33071,17	31599,75	1,043	34498,0955	32963,1850
53	30970,68	29592,71	1,039	32163,4244	30732,3808
55	28491,58	27223,48	1,034	29457,9570	28146,8434
57	25647,83	24505,74	1,029	26400,9642	25225,3434
59	22447,37	21447,14	1,025	23005,2095	21980,1218
61	18905,40	18062,40	1,020	19290,6323	18430,4526
63	15070,10	14397,47	1,016	15310,3361	14626,9844
65	11099,82	10610,63	1,012	11227,9673	10733,1247
67	7573,03	7221,04	1,007	7627,4498	7272,9285
69	2667,01	2562,13	1,003	2674,6478	2569,4654

Tabel 5.21 Analisis Pembesaran Momen ( $M_{nt.B_1} + M_{lt.B_2}$ )

Elemen Kolom	Mi (akhir)	Mj(akhir)	Elemen Balok	Mi (akhir)	Mj(akhir)
1	51921,00	8411,95	43	23893,792	43053,974
4	16002,69	12112,44	45	26695,364	46450,326
7	14492,03	13664,44	47	26078,472	45750,209
10	12332,20	13580,60	49	24359,613	44082,729
13	10704,34	12986,86	51	22101,062	41889,962
16	9046,06	12119,70	53	19459,714	39337,218
19	7281,12	11059,51	55	16489,143	36467,309
22	5379,97	9827,78	57	13206,197	33298,888
25	3338,78	8429,96	59	9622,933	29843,048
28	1164,09	6860,28	61	5758,749	26118,078
31	1119,04	5626,01	63	1667,215	22174,211
34	3425,30	5073,03	65	2501,830	18167,788
37	5553,93	3031,68	67	6101,981	14652,115
40	6148,31	1989,41	69	5626,012	8594,860

