

BAB V

ANALISIS STRUKTUR

5.1 Perhitungan dan Penentuan Dimensi Elemen Struktur

5.1.1 Penentuan Dimensi Balok dan Kolom

- a. Dimensi balok yang direncanakan untuk struktur 6,12 dan 18 tingkat adalah:

Tabel 5.1 Dimensi balok yang direncanakan

Tingkat	18 tingkat		12 tingkat		6 tingkat	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
1 - 6	350x600	400x800	350x550	400x750	350x500	400x700
7 - 12	350x550	400x750	350x500	400x700		
13 - 18	350x500	400x700				

- b. Dimensi kolom yang direncanakan untuk struktur 6,12 dan 18 tingkat adalah:

Tabel 5.2 Dimensi kolom yang direncanakan

Tingkat	18 tingkat		12 tingkat		6 tingkat	
	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah	Tepi	Tengah
1 - 6	500x800	500x850	500x700	500x750	500x600	500x650
7 - 12	500x700	500x750	500x600	500x650		
13 - 18	500x600	500x650				

5.1.2 Perhitungan Kebutuhan Dimensi Dinding Geser (*Shear Wall*)

Adapun yang termasuk dalam perhitungan kebutuhan dimensi dinding geser yaitu perhitungan tebal dinding geser dan perhitungan lebar dinding geser.

a. Perhitungan tebal dinding geser (bw)

Untuk menghindari terjadinya bahaya tekuk, perlakuan dinding geser sebagai kolom merupakan anggapan yang terbaik (T. Paulay dan R. L. William 1980), maka dimensi dinding geser perlu dibatasi. Batasan pendekatan dinding geser (bw) dapat didekati dengan persamaan,

$$bw = \frac{hs}{20}$$

$$\geq 150 \text{ mm}$$

$$bw = \frac{5250}{20} = 263 \text{ mm, diambil } bw = 300 \text{ mm}$$

b. Perhitungan lebar dinding geser (lw)

Untuk menjamin bahwa dinding geser tetap berperilaku geser, menurut T. Paulay dan M.J.N. Priestley (1992), perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 9.

$$\frac{hw}{lw} = 9, \text{ dari Gambar 3.3a dan 3.3b dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh}$$

($\mu_{\Delta} = 4$) didapat rasio daktilitas (μ_{ϕ}) = 12.

Menurut Winter dan Nilson (1993), gaya geser pada dinding geser seringkali mencapai keadaan kritisnya khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis (bc) yang nilainya didekati dengan persamaan,

$$bc = 0,017 \cdot lw \cdot \sqrt{\mu_{\phi}}$$

$$= 0,017 \cdot lw \cdot \sqrt{12}$$

$$= 0,059 \cdot lw$$

$$\frac{bc}{lw} = 0,059$$

Dari Gambar 3.3, untuk nilai $\frac{bc}{lw} = 0,059$ dengan perencanaan daktilitas penuh

($\mu_s = 4$), maka didapat nilai $\frac{hw}{lw} = 9$, sehingga;

untuk gedung 6 tingkat; $lw = 3,90.5 + 5,25 = 24,75$ m

$$lw = \frac{hw}{9} = \frac{24,75}{9} = 2,76 \text{ m, dipakai } lw = 3 \text{ m,}$$

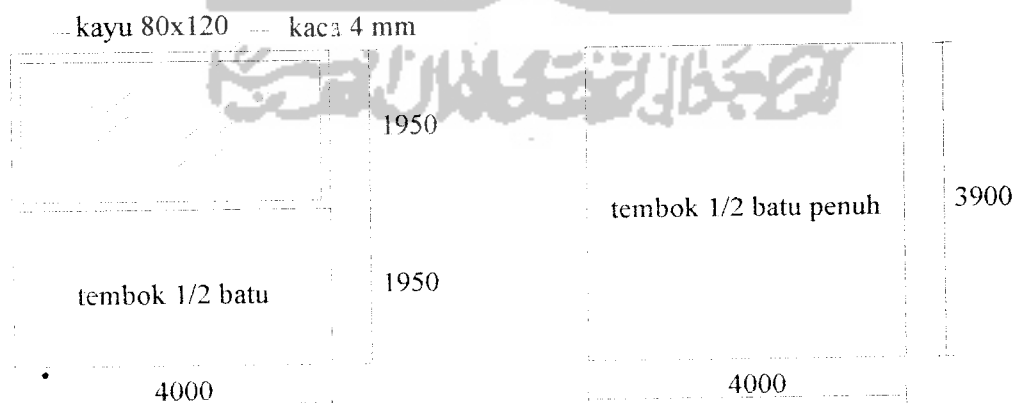
untuk gedung 12 tingkat; $hw = 3,90.11 + 5,25 = 48,15$ m

$$lw = \frac{hw}{9} = \frac{48,15}{9} = 5,35 \text{ m, dipakai } lw = 5,5 \text{ m,}$$

untuk gedung 18 tingkat; $lw = 3,90.17 + 5,25 = 71,55$ m

$$lw = \frac{hw}{9} = \frac{71,55}{9} = 7,95 \text{ m, dipakai } lw = 8 \text{ m.}$$

5.1.3 Konversi Berat Dinding Tembok



Gambar 5.1 Tembok dengan jendela

Gambar 5.2 Tembok penuh

a. Perhitungan berat tembok $\frac{1}{2}$ penuh (gambar 5.1)

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Kaca} &= 4,0 \cdot 1,95 \cdot 10 &= 78,00 \text{ kg} \\
 2. \text{ Kayu} &= [(4,0 \cdot 2) + (1,95 \cdot 2)] \cdot 0,08 \cdot 0,12 \cdot 1000 &= 45,12 \text{ kg} \\
 3. \text{ Tembok} &= 4,0 \cdot 1,95 \cdot 250 &= 1950,00 \text{ kg} \\
 && \underline{\hspace{10em} +} \\
 && = 2073,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan berat tembok penuh (gambar 5.2)

$$\text{Tembok penuh} = 4 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 250 = 3900,00 \text{ kg}$$

$$\text{Nilai konversi tembok} = \frac{2073,12}{3900,00} = 0,55$$

5.2 Perhitungan Beban Plat Atap dan Plat Lantai

a. Beban mati atap:

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat plat tebal 10 cm} &= 0,1 \cdot 2400 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat plafon} &= 11 + 7 &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 && \underline{\hspace{10em} +} \\
 && = 258 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban mati lantai:

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat plat 12 cm} &= 0,12 \cdot 2400 &= 288 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat pasir 5 cm} &= 0,03 \cdot 1600 &= 48 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat spesi/cm tebal, 3 cm} &= 3 \cdot 21 &= 63 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat tegel/cm tebal, 2 cm} &= 2 \cdot 24 &= 48 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat plafon} &= 11 + 7 &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 && \underline{\hspace{10em} +} \\
 && = 465 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

c. Beban hidup atap = 100 kg/m^2

d. Beban hidup lantai = 250 kg/m^2

5.3 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekwivalen pada Struktur 6 Tingkat

Pada perencanaan ini perhitungan beban gempa didasarkan pada Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 dan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 dengan perhitungan sebagai berikut,

A. Berat Struktur Total (Wt)

1. Berat atap:

a. Beban mati

- Pelat	$= 258.(4.14).(2.9)$	$= 260064,00$ kg
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.3).(3.9/2-0.7).250$	$= 87812,50$ kg
- Tembok ½ penuh	$= (2.56+2.18-2.3).(3.9/2-0.7).250.0,55$	$= 23890,63$ kg
- Shear wall	$= (3.3).(3.9/2).0,3.2400$	$= 12636,00$ kg
- Kolom tepi	$= 30.(3.9/2).(0.5.0,6).2400$	$= 42120,00$ kg
- Kolom tengah	$= (15-3).(3.9/2).(0.5.0,65).2400$	$= 18252,00$ kg
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,5).2400$	$= 70560,00$ kg
- Berat balok arah y	$= (15.18).(0,4.0,7).2400$	$= 181440,00$ kg
		+
		$W_m = 696775,13$ kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.100.(18.56) = 30240$ kg

$$\begin{aligned} \text{Berat total atap} &= 696775,13 + 30240 = 727015,13 \text{ kg} \\ &= 727015,13 \cdot 0,00981 = 7132,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Berat lantai 2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati

- Pelat	$= 465.(4.14).(2.9)$	$= 468720,0 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.3).(3,9-0,7).250$	$= 224800,0 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2.56+2.18-2.3).(3,9-0,7).250.0,55$	$= 61160,0 \text{ kg}$
- <i>Shear wall</i>	$= 2.3.3,9.0,3.2400$	$= 25272,0 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30.3,9.(0,5.0,6).2400$	$= 84240,0 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15-3).3,9(0,5.0,65).2400$	$= 36504,0 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,5).2400$	$= 70560,0 \text{ kg}$
- Balok arah y	$= (15.18).0,4.0,7.2400$	$= 181440,0 \text{ kg}$
		+
		$W_m = 1152696,0 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

$$\text{Berat total lantai} = 1152696,0 + 75600 = 1228296 \text{ kg}$$

$$= 1228296.0,00981 = 12049,59 \text{ kN}$$

3. Berat lantai 1

a. Beban mati

- Pelat	$= 465.(4.14).(2.9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.3).(4,575-0,7).250$	$= 272218,75 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2.56+2.18-2.3).(4,575-0,7).250.0,55$	$= 74060,94 \text{ kg}$

- Shear wall	= 3.3.4,575.0,3.2400	= 29646,00 kg
- Kolom tepi	= 30.(3,9/2+5,25/2).0,5.0,6.2400	= 98820,00 kg
- Kolom tengah	= (15-3).(3,9/2-5,25/2).0,5.0,65.2400	= 67392,00 kg
- Balok arah x	= (3.56).(0,35.0,5).2400	= 70560,00 kg
- Balok arah y	= (15.18).0,4.0,7.2400	= 181440,00 kg
		+ Wm = 1262857,69 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600$ kg

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= 1262357,69 + 75600 = 1338457,69 \text{ kg} \\ &= 1338457,69.0,00981 = 13130,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat struktur total (Wt)} &= 7132,02 + 12049,58.4 + 13130,27 \\ &= 68460,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Waktu Getar struktur (T)

Dengan rumus empiris:

$$T = \frac{0,09.H}{\sqrt{B}}, \text{ dengan } H = 24,75 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,09.24,75}{\sqrt{18}} = 0,525 \text{ dt}$$

C. Koefisien Gempa Dasar (C)

Untuk nilai $T = 0,525$ dt, pada wilayah gempa 2 dan jenis tanah keras, dari gambar 3.2, dapat diperoleh nilai $C = 0,087$

D. Faktor Keutamaan I

Dari Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, diperoleh $I = 1,5$

E. Faktor Jenis Struktur K

Untuk struktur beton bertulang dengan daktilitas penuh, $K = 1,0$

F. Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa (V)

Berat struktur total (W_t) = 68460,62 kN

$$\begin{aligned} V_x = V_y &= C.I.K.W_t \\ &= 0,07 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 68460,62 \text{ kN} \\ &= 8895,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

G. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang

Tinggi Gedung

Arah x ;

$$\frac{H}{B} = \frac{24,75}{56} = 0,44 < 3$$

Arah y ;

$$\frac{H}{B} = \frac{24,75}{18} = 1,38 < 3,$$

maka digunakan persamaan :

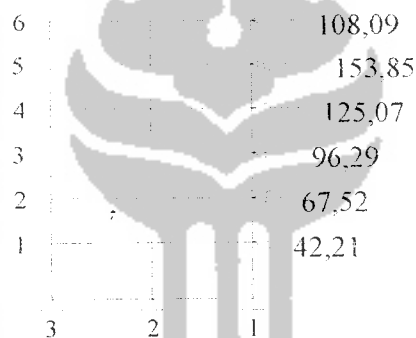
$$F_i = \frac{W_i.H_i}{\sum W_i.H_i} \cdot V$$

Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada tabel 5.3 berikut,

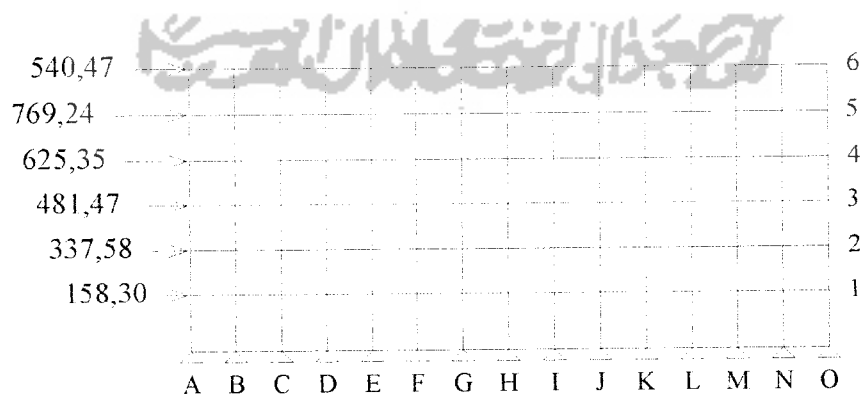
Tabel 5.3 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 6 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fi x,y total (kN)	Fix = 1/3.Fi (kN)	Fiy = 1/15.Fi (kN)
6	24,75	7132,018	176517,455	1621,406	540,469	108,094
5	20,85	12049,534	251233,821	2307,715	769,238	153,848
4	16,95	12049,584	204240,445	1876,056	625,352	125,070
3	13,05	12049,584	157247,068	1444,397	481,466	96,293
2	9,15	12049,584	110253,691	1012,738	337,579	67,516
1	5,25	13130,270	68933,917	633,194	158,299	42,213
Jumlah		68460,623	968426,397	8895,506	2912,402	593,034

Distribusi gaya gempa ini dapat dilihat pada gambar 5.3 dan gambar 5.4.



Gambar 5.3 Distribusi beban gempa untuk portal arah y struktur 6 tingkat

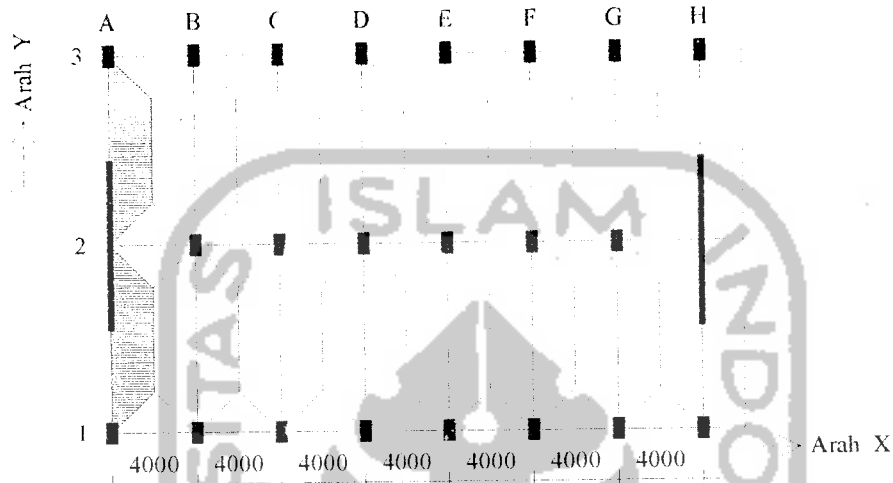


Gambar 5.4 Distribusi beban gempa untuk portal arah x struktur 6 tingkat

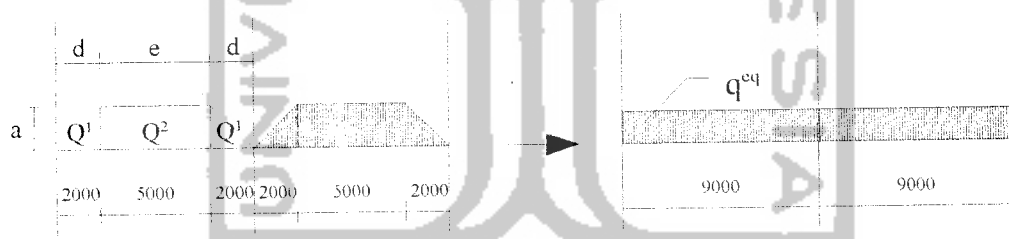
5.4 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi pada Struktur 6 Tingkat

5.4.1 Beban merata ekuivalen untuk portal arah y pada struktur 6 tingkat

A. Portal A



Gambar 5.5 Pembagian beban merata portal A



Gambar 5.6 Pembagian beban merata ekuivalen portal A

$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot q = 2q$$

$$Q_2 = 2.5 \cdot q = 10q$$

$$R = Q_1 + \frac{1}{2} \cdot Q_2 = 2q + \frac{1}{2} \cdot 10q = 7q$$

Momen maksimum terjadi di tengah bentang, maka :

$$M = R \cdot \frac{1}{2} L - Q_1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot d + \frac{1}{2} \cdot e \right) - \frac{1}{2} \cdot Q_2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot e \right)$$

$$= 7q \cdot \frac{1}{2} \cdot 9 - 2q \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 5 \right) - 10q \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 5 \right)$$

$$= 18,9167 \cdot q$$

$$q_{eq} = 8.M/L^2 = (8.18,9167.q)/9^2 = 1,8683.q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 6)

a. Beban mati tiap m¹

$$1. \text{ plat} = 1,8683.1.0,1.2400 = 448,39 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683.1.18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4.0,7.2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1154,02 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1154,02.0,00981 = 11,321 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m¹

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 1,8683.1.0,75.100 = 140,12 \text{ kg/m}^1$$

$$= 140,12.0,00981 = 1,375 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati tiap m¹

$$1. \text{ plat} = 1,8683.1.0,12.2400 = 538,07 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683.1.18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,8683.1.21 = 39,23 \text{ kg/m}^1$$

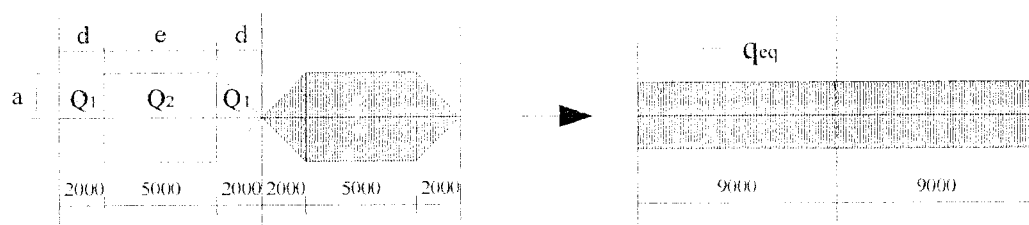
$$4. \text{ pasir} = 1,8683.1.0,05.1600 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,8683.1.24 = 44,84 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4.0,7.2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9-0,7).250 = 800,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2217,45 \text{ kg/m}^1 = 21,753 \text{ kN/m}^1$$



Gambar 5.9 Perhitungan beban merata ekuivalen portal B

Dari Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa luas lantai yang dipikul portal B adalah 2 kali luas lantai portal A, sehingga $q_{eq} = 2 \cdot 1,8683 \cdot q = 3,7366 \cdot q$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 6)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 896,78 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366 \cdot 1,18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1636,04 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1636,04 \cdot 0,00981 = 16,05 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 100 = 280,25 \text{ kg/m}^1$$

$$= 280,25 \cdot 0,00981 = 2,749 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 12,2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366 \cdot 1,18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 3,7366 \cdot 1,21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 3,7366 \cdot 1,24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,7) \cdot 250 = 800,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2962,90 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2962,90 \cdot 0,00981 = 29,066 \text{ kN/m}^1$$

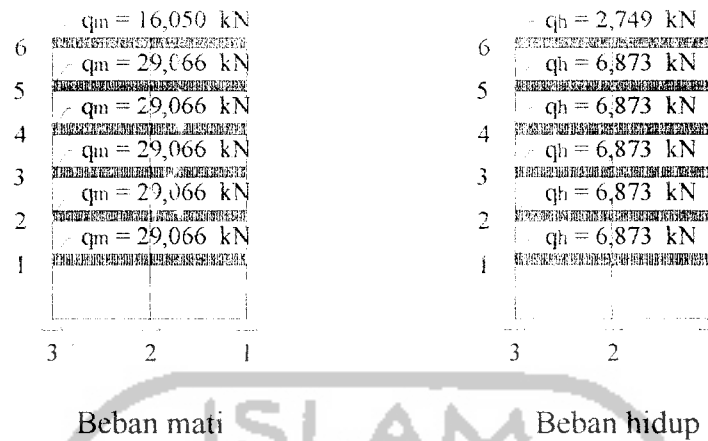
b. Beban tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 700,61 \text{ kg/m}^1$$

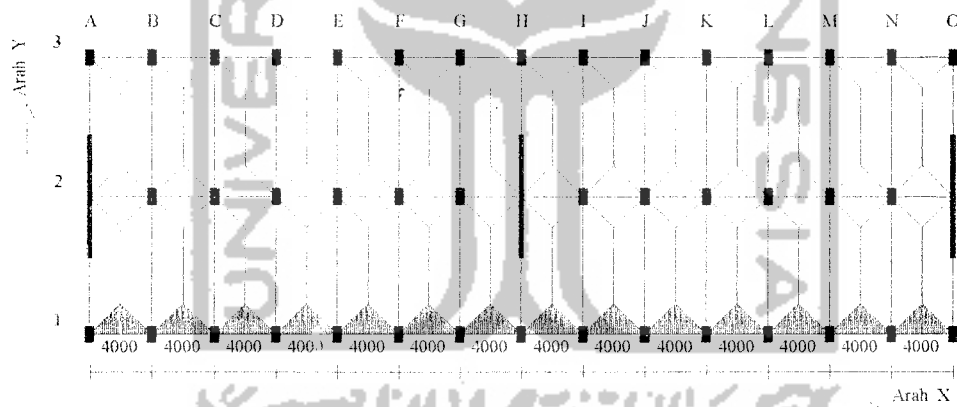
$$= 700,61 \cdot 0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1$$



Gambar 5.10 Beban gravitasi portal B – N struktur 6 tingkat

5.4.2 Beban merata ekuivalen untuk portal arah x pada struktur 6 tingkat

A. Portal 1



Gambar 5.11 Pembagian beban merata portal 1

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot a$$

$$a = \frac{1}{2} q \cdot L_x = \frac{1}{2} q \cdot 4$$

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot q \cdot 4 = 1,3333 \cdot q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 6)

a. Beban mati tiap m¹

$$1. \text{ plat} = 1,3333.1.0,1.2400 = 319,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333.1.0,18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

+

$$q_{eq}(\text{mati}) = 763,99 \text{ kg/m}^1$$

$$= 763,99.0,00981 = 7,495 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m¹

$$1. q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/r}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekivalen. } q_{eq}(\text{hidup}) = 1,3333.1.0,75.100 = 100 \text{ kg/m}^1$$

$$= 100.0,00981 = 0,981 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1,2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati tiap m¹

$$1. \text{ plat} = 1,3333.1.0,12.2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333.1.18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,3333.1.21 = 28,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,3333.1.0,03.1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,3333.1.24 = 32,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9-0,5).250 = 850,00 \text{ kg/m}^1$$

+

$$q_{eq}(\text{mati}) = 1801,99 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1801,99.0,00981 = 17,677 \text{ kN/m}^1$$

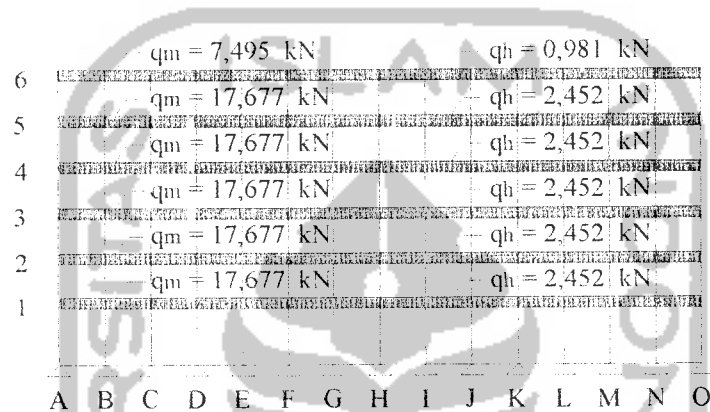
b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (FPIUG '83)} = 0,75$$

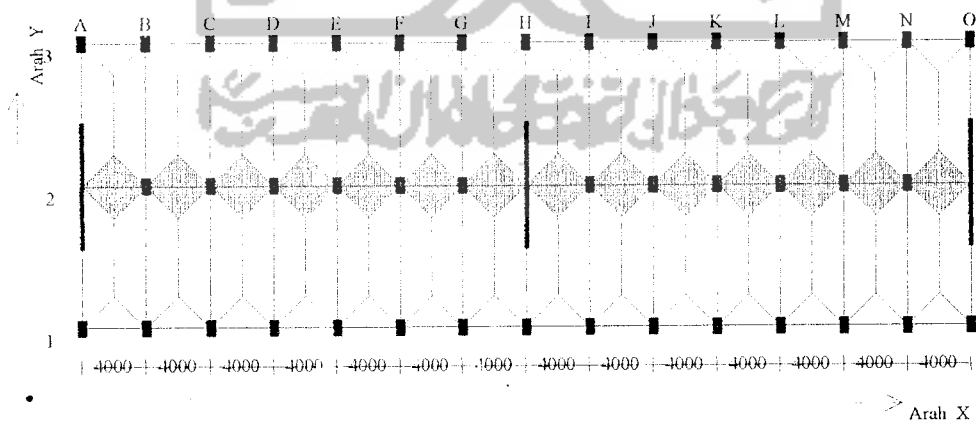
$$\text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) = 1,3333 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 250 \text{ kg/m}^1$$

$$= 250 \cdot 0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1$$



Gambar 5.12 Beban gravitasi portal 1 dan portal 3 struktur 6 tingkat

B. Portal 2



Gambar 5.13 Pembagian beban merata portal 2

$$q_{eq} = 2,1,3333 \cdot q = 2,6667 \cdot q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 6)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 639,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667 \cdot 1,18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 1107,98 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1107,98 \cdot 0,00981 = 10,869 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (FPIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekivalen. } q_{eq}(\text{hidup}) = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 100 = 200 \text{ kg/m}^1$$

$$= 200 \cdot 0,00981 = 1,962 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 12,2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667 \cdot 1,18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 2,6667 \cdot 1,21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 2,6667 \cdot 1,24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,5) \cdot 250 = 850,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 2333,97 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2333,97 \cdot 0,00981 = 22,896 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. $q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

Beban hidup ekivalen, $q_{eq}(\text{hidup}) = 2,6667 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 499,99 \text{ kg/m}^1$

$= 499,99 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1$

Floor	qm (kN)	qh (kN)
6	10,869	1,962
5	22,896	4,905
4	22,896	4,905
3	22,896	4,905
2	22,896	4,905
1	22,896	4,905

Gambar 5.14 Beban gravitasi portal 2 struktur 6 tingkat

Hasil-hasil perhitungan beban akibat gaya gravitasi untuk semua portal pada struktur 6 tingkat dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.4 Beban gravitasi struktur 6 tingkat (kN)

Jenis Beban	Lantai	Beban portal arah y		Beban portal arah x	
		Portal A & O	Portal B - N	Portal 1 & 3	Portal 2
DL	6 (Atap)	11,321	16,050	7,495	10,869
	1 - 5	21,753	29,066	17,677	22,896
LL	6 (Atap)	1,375	2,749	0,981	1,962
	1 - 5	3,437	6,873	2,452	4,905

5.5 Waktu Getar Struktur (T) dengan Cara *T Rayleigh* pada Struktur 6

Tingkat

Waktu getar struktur dapat diketahui berdasarkan nilai simpangan horizontal (deformasi lateral) dari hasil analisis struktur. Dengan menggunakan rumus *T Rayleigh* persamaan (3.5), nilai T yang didapat harus sama dengan T yang digunakan pada awal analisis struktur, jika tidak maka siklus diulangi dari menghitung koefisien gempa dasar. Langkah ini dapat ditabelkan untuk semua tingkat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.5 Waktu getar struktur 6 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	Wi (kN)	D.y (cm)	diy ² (cm ²)	Fiy (kN)	Wi.diy ² (kNcm ²)	Fiy.diy (kNcm)
6	7132,018	4,242	17,993	1621,406	128325,460	6877,679
5	12049,584	3,683	13,564	2307,715	163446,446	8499,314
4	12049,584	3,015	9,091	1876,056	109547,960	5656,684
3	12049,584	2,237	5,003	1444,397	60281,982	3230,683
2	12049,584	1,402	1,965	1012,738	23674,575	1419,555
1	13130,270	0,622	0,387	633,194	5076,625	393,720
jumlah	68460,623			8895,506	490353,048	26077,634

$$T_1 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum Wi \cdot diy^2 / g \cdot \sum Fiy \cdot diy)} = 0,867 \text{ detik} \neq T_0 = 0,525 \text{ detik.}$$

maka dipakai nilai $T = T_1 = 0,867$ detik. Dari Gambar 3.2 untuk nilai $T = 0,867$ detik, diperoleh nilai $C = 0,061$

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

$$= 0,061 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 68460,623$$

$$= 6296,479 \text{ kN}$$

Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada Tabel 5.6 berikut,

Tabel 5.6 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 12 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	Hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fi x,y total (kN)	Fix=1/3.Fi (kN)	Fiy=1/15.Fi (kN)
6	24,75	7132,02	176517,45	1147,675	382,558	76,512
5	20,85	12049,58	251233,82	1633,463	544,488	108,898
4	16,95	12049,58	204240,44	1327,923	442,641	88,528
3	13,05	12049,58	157247,07	1022,383	340,794	68,159
2	9,15	12049,58	110253,69	716,843	238,948	47,790
1	5,25	13130,27	68933,92	448,192	149,397	29,879
Jumlah		68460,62	968426,40	6296,479	2098,826	419,765

Dari hasil perhitungan di atas maka input analisis struktur SAP90 mengalami perubahan dengan memasukkan nilai Fi yang baru, selanjutnya didapatkan nilai deformasi lateral dan nilai T baru, seperti pada Tabel 5.7 berikut,

Tabel 5.7 Waktu getar struktur 6 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	Wi (kN)	diy (cm)	diy ² (cm ²)	Fiy (kN)	Wi.diy ² (kNcm ²)	Fiy.diy (kNcm)
6	7132,02	2,961	8,767	1147,675	62525,897	3398,150
5	12049,58	2,571	6,608	1633,463	79623,461	4198,980
4	12049,58	2,104	4,427	1327,923	53346,361	2794,083
3	12049,58	1,560	2,435	1022,383	29338,907	1595,327
2	12049,58	0,977	0,955	716,843	11511,097	700,643
1	13130,27	0,433	0,188	448,192	2465,194	194,202
Jumlah	68460,62			6296,48	238810,917	12881,384

$$T_2 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum Wi \cdot diy^2 / g \cdot \sum Fiy \cdot diy)} = 0,866 \text{ detik} \approx T_1 = 0,867 \text{ detik.}$$

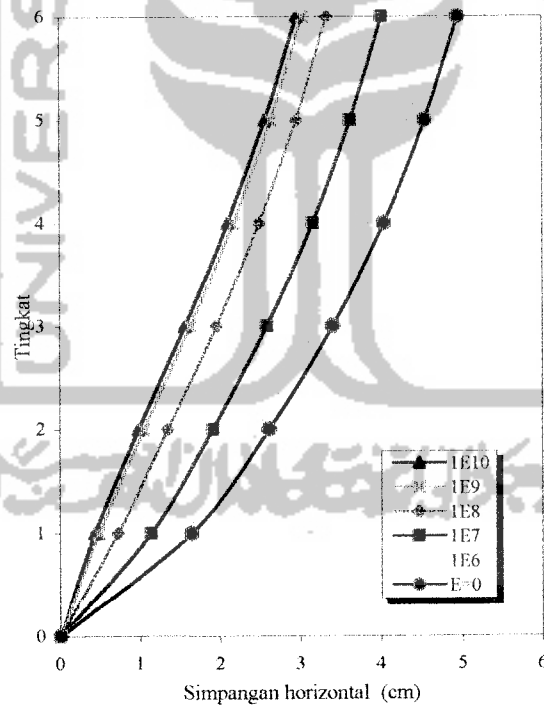
Dari Gambar 3.2 untuk nilai T = 0,866 detik, diperoleh nilai C = 0,061

Karena nilai T sudah tetap, maka nilai waktu getar tersebut dapat digunakan untuk perhitungan berikutnya. Dengan cara yang sama langkah di atas dapat dilakukan untuk variasi kekakuan balok pondasi yang lainnya.

Nilai simpangan horizontal untuk variasi kekakuan balok pondasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.15 berikut.

Tabel 5.8 Simpangan horizontal struktur 6 Tingkat

Tingkat	Simpangan horizontal (cm)					
	1E10	1E9	1E8	1E7	1E6	E=0
1	0,433	0,486	0,718	1,141	1,537	1,642
2	0,977	1,044	1,344	1,912	2,467	2,616
3	1,560	1,632	1,953	2,588	3,233	3,407
4	2,104	2,175	2,497	3,159	3,851	4,040
5	2,571	2,639	2,955	3,625	4,343	4,541
6	2,961	3,028	3,335	4,008	4,743	4,948



Gambar 5.15 Simpangan horizontal struktur 6 tingkat

5.6 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekwivalen pada Struktur 12 Tingkat

A. Berat Struktur Total (Wt)

1. Berat atap:

a. Beban mati

- Pelat	$= 258.(4.14).(2.9)$	$= 260064,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.5,5).(3,9/2-0,7).250$	$= 85468,75 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2.56+2.18-2.5,5).(3.9/2-0,7).250.0,55$	$= 22601,56 \text{ kg}$
- Shear wall	$= (3.5,5).(3,9/2).0,3.2400$	$= 23166,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30.(3,9/2).(0,5.0,6).2400$	$= 42120,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15-3).(3,9/2).(0,5.0,65).2400$	$= 18252,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,5).2400$	$= 70560,00 \text{ kg}$
- Berat balok arah y	$= (15.18).(0,4.0,7).2400$	$= 181440,00 \text{ kg}$
		+ Wm = 703672,31 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap	$= 100 \text{ kg}$
- Koefisien reduksi	$= 0,3$
- Beban hidup, Wh	$= 0,3.100.(18.56) = 30240 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Beban total atap} &= 703672,31 + 30240 = 733912,31 \text{ kg} \\ &= 733912,31 \cdot 0,00981 = 7199,680 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Berat lantai 7, 8, 9, 10 dan 11

a. Beban mati

- Pelat	$= 465.(4.14).(2.9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.5,5).(3,9-0,7).250$	$= 218800,00 \text{ kg}$

- Tembok ½ penuh	= (2.56+2.18-2.5,5).(3,9-0,7).250.0,55	= 57860,00 kg
- <i>Shear wall</i>	= 3.5,5.3,9.0,3.2400	= 46332,00 kg
- Kolom tepi	= 30.3,9.(0,5.0,6).2400	= 84240,00 kg
- Kolom tengah	= (15-3).3,9.(0,5.0,65).2400	= 36504,00 kg
- Balok arah x	= (3.56).(0,35.0,5).2400	= 70560,00 kg
- Balok arah y	= (15.18).(0,4.0,7).2400	= 181440,00 kg
	+ _____	
		Wm = 1164456,00 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai	= 250 kg
- Koefisien reduksi	= 0,3
- Beban hidup, Wh	= 0,3.250.(18.56) = 75600 kg

Berat total lantai = 1164456,0 + 75600 = 1240056 kg
 = 1240056.0,00981 = 12164,949 kN

3. Berat lantai 6

a. Beban mati

- Pelat	= 465.(4.14).(2,9)	= 468720,00 kg
- Tembok penuh	= (1.56+13.18-1.5,5).(4,575-0,75).250	= 215381,25 kg
- Tembok ½ penuh	= (2.56+2.18-2.5,5).(4,575-0,75).250.0,55	= 56955,94 kg
- <i>Shear wall</i>	= 3.5,5.4,575.0,3.2400	= 46332,00 kg
- Kolom tepi	= 30.3,9/2(0,5.0,6+0,5.0,7).2400	= 91260,00 kg
- Kolom tengah	= (15-3).3,9/2(0,5.0,65+0,5.0,75).2400	= 39312,00 kg
- Balok arah x	= (3.56).(0,35.0,55).2400	= 77616,00 kg

$$\begin{aligned}
 - \text{Balok arah y} &= (15.18).0.4.0.75.2400 &= 194400,00 \text{ kg} \\
 & & \underline{\hspace{10em} +} \\
 \text{Wm} &= 1189977,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total lantai} &= 1189977,19 + 75600 = 1265577,19 \text{ kg} \\
 &= 1265577,19.0,00981 = 12415,312 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Berat lantai 2, 3, 4 dan 5

a. Beban mati

- Pelat = $465.(4.14).(2.9) = 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh = $(1.56+13.18-1.5,5).(3,9-0,75).250 = 215381,25 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh = $(2.56+2.18-2.5,5).(3,9-0,75).250.0,55 = 56955,94 \text{ kg}$
- *Shear wall* = $3.5,5.3,9.0,3.2400 = 46332,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi = $30.3,9.(0,5.0,7).2400 = 98280,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah = $(15-3).3,9.(0,5.0,75).2400 = 42120,00 \text{ kg}$
- Balok arah x = $(3.56).(0,35.0,55).2400 = 77616,00 \text{ kg}$
- Balok arah y = $(15.18).(0,4.0,75).2400 = 194400,00 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 & \underline{\hspace{10em} +} \\
 \text{Wm} &= 1199805,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= 1199805,19 + 75600 = 1275405,19 \text{ kg} \\ &= 1275405,19 \cdot 0,00981 = 12511,725 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. Berat lantai 1

a. Beban mati

- Pelat	$= 465 \cdot (4,14) \cdot (2,9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1,56 + 13,18 - 1,3) \cdot (4,575 - 0,75) \cdot 250$	$= 295959,38 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2,56 + 2,18 - 2,3) \cdot (4,575 - 0,75) \cdot 250 \cdot 0,55$	$= 69160,78 \text{ kg}$
- Shear wall	$= 3 \cdot 3 \cdot 4,575 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 54351,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30 \cdot (3,9/2 + 5,25/2) \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 2400$	$= 115290,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15 - 3) \cdot (3,9/2 + 5,25/2) \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 2400$	$= 77760,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3,56) \cdot (0,35 \cdot 0,55) \cdot 2400$	$= 77616,00 \text{ kg}$
- Balok arah y	$= (15,18) \cdot (0,4 \cdot 0,75) \cdot 2400$	$= 194400,00 \text{ kg}$
		+ -----
		$W_m = 1353257,16 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai	$= 250 \text{ kg}$
- Koefisien reduksi	$= 0,3$
- Beban hidup, W_h	$= 0,3 \cdot 250 \cdot (18,56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= 1353257,16 + 75600 = 1428857,16 \text{ kg} \\ &= 1428857,16 \cdot 0,00981 = 14017,089 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat struktur total (W_t):

$$\begin{aligned} W_t &= 7199,680 + 12164,949,5 + 12415,312 + 12511,725,4 + 14017,089 \\ &= 144503,727 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Waktu Getar struktur (T)

Dengan rumus empiris:

$$T = \frac{0,09.H}{\sqrt{B}}, \text{ dengan } H = 48,15 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,09.48,15}{\sqrt{18}} = 1,02 \text{ dt}$$

C. Koefisien Gempa Dasar (C)

Untuk nilai $T = 1,02$ dt, pada wilayah gempa 2 dan jenis tanah keras, dari gambar 3.2, dapat diperoleh nilai $C = 0.058$

D. Faktor Keutamaan I

Dari Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, diperoleh $I = 1,5$

E. Faktor Jenis Struktur K

Untuk struktur beton bertulang dengan daktilitas penuh, $K = 1,0$

F. Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa (V)

Berat struktur total (W_t) = 144503,727 kN

$$V_x = V_y = C.I.K.W_t$$

$$= 0,058 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 144503,727 \text{ kN}$$

$$= 12535,763 \text{ kN}$$

G. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang

Tinggi Gedung

Arah x :

$$\frac{H}{B} = \frac{48,15}{56} = 0,86 < 3$$

Arah y :

$$\frac{H}{B} = \frac{48,15}{18} = 2,68 < 3,$$

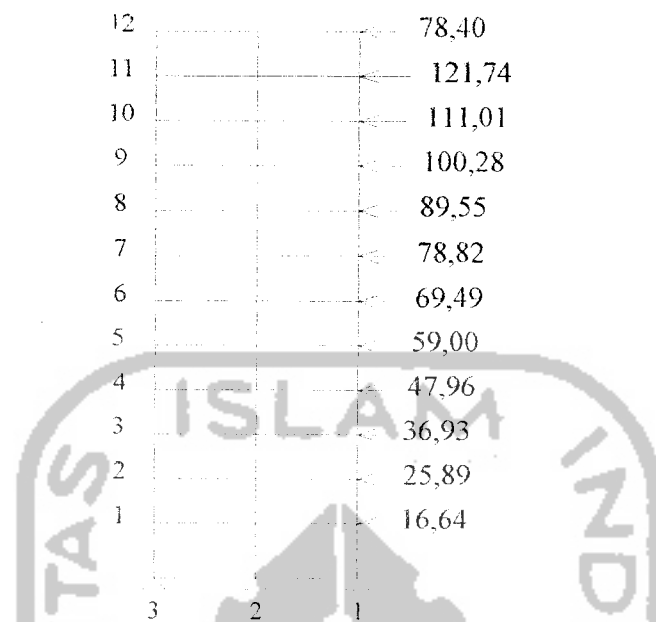
maka digunakan persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$$

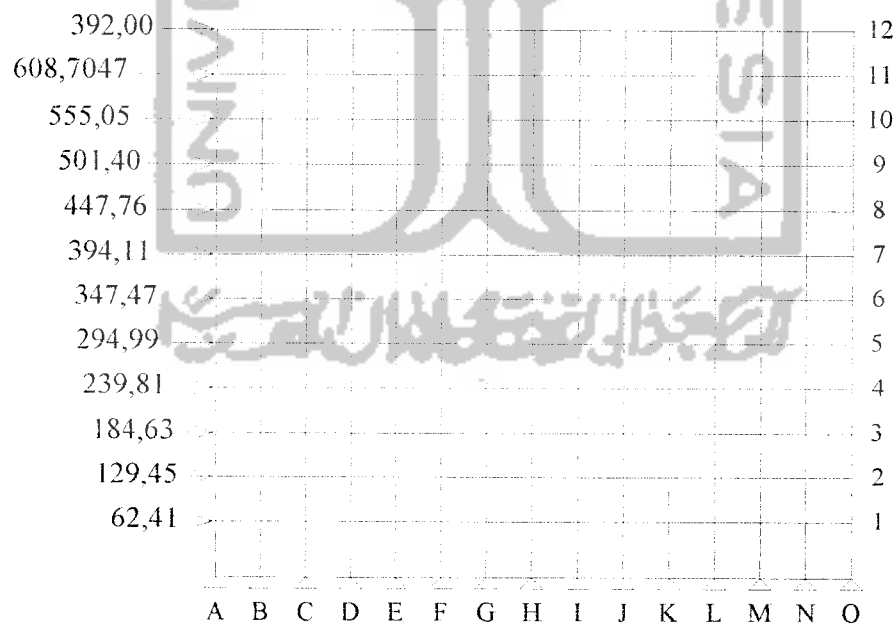
Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada Tabel 5.9 berikut,

Tabel 5.9 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 12 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fi x,y total (kN)	Fix = 1/3.Fi (kN)	Fiy = 1/15.Fi (kN)
12	48,15	7199,680	346664,582	1176,009	392,003	78,401
11	44,25	12164,949	538299,009	1826,101	608,700	121,740
10	40,35	12164,949	490855,707	1665,157	555,052	111,010
9	36,45	12164,949	443412,404	1504,212	501,404	100,281
8	32,55	12164,949	395969,102	1343,268	447,756	89,551
7	28,65	12164,949	348525,799	1182,323	394,108	78,822
6	24,75	12415,312	307278,977	1042,399	347,466	69,493
5	20,85	12511,725	260869,464	884,962	294,987	58,997
4	16,95	12511,725	212073,737	719,429	239,810	47,962
3	13,05	12511,725	163278,010	553,897	184,632	36,926
2	9,15	12511,725	114482,283	388,364	129,455	25,891
1	5,25	14017,089	73589,716	249,642	62,411	16,643
Jumlah		144503,727	3695298,789	12535,763	4157,784	835,718



Gambar 5.16 Distribusi beban gempa untuk portal arah y struktur 12 tingkat



Gambar 5.17 Distribusi beban gempa untuk portal arah x struktur 12 tingkat

5.7 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi pada Struktur 12 Tingkat

5.7.1 Beban merata ekwivalen untuk portal arah y pada struktur 12 Tingkat

A. Portal A

$$q_{eq} = 1,8683 \cdot q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 12)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 448,39 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1154,02 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1154,02 \cdot 0,00981 = 11,321 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekwivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 100 = 140,12 \text{ kg/m}^1$$

$$= 140,12 \cdot 0,00981 = 1,375 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10 dan 11

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 12,2400 = 538,07 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,8683 \cdot 1,21 = 39,23 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,05 \cdot 1600 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ tegel} &= 1,8683 \cdot 1,24 &= 44,84 \text{ kg/m}^1 \\
 6. \text{ balok arah y} &= 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 &= 672,00 \text{ kg/m}^1 \\
 7. \text{ dinding} &= (3,9 - 0,7) \cdot 250 &= 800,00 \text{ kg/m}^1 \\
 & & \text{-----} + \\
 q_{eq}(\text{mati}) &= 2217,45 \text{ kg/m}^1 \\
 & & = 2217,45 \cdot 0,00981 = 21,753 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban tiap m^1

$$\begin{aligned}
 1. q_h \text{ lantai} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG'83)} &= 0,75 \\
 \text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 75 \cdot 250 = 350,31 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 350,31 \cdot 0,00981 = 3,437 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

$$\begin{aligned}
 1. \text{ plat} &= 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 12 \cdot 2400 = 538,07 \text{ kN/m}^1 \\
 2. \text{ plafon} &= 1,8683 \cdot 1,18 &= 33,63 \text{ kN/m}^1 \\
 3. \text{ spesi} &= 1,8683 \cdot 1,21 &= 39,23 \text{ kN/m}^1 \\
 4. \text{ pasir} &= 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,05 \cdot 1600 = 89,68 \text{ kN/m}^1 \\
 5. \text{ tegel} &= 1,8683 \cdot 1,24 &= 44,84 \text{ kN/m}^1 \\
 6. \text{ balok arah y} &= 0,4 \cdot 0,75 \cdot 2400 &= 720,00 \text{ kN/m}^1 \\
 7. \text{ dinding} &= (3,9 - 0,75) \cdot 250 &= 787,50 \text{ kN/m}^1 \\
 & & \text{-----} + \\
 q_{eq}(\text{mati}) &= 2252,95 \text{ kg/m}^1 \\
 & & = 2252,95 \cdot 0,00981 = 22,101 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

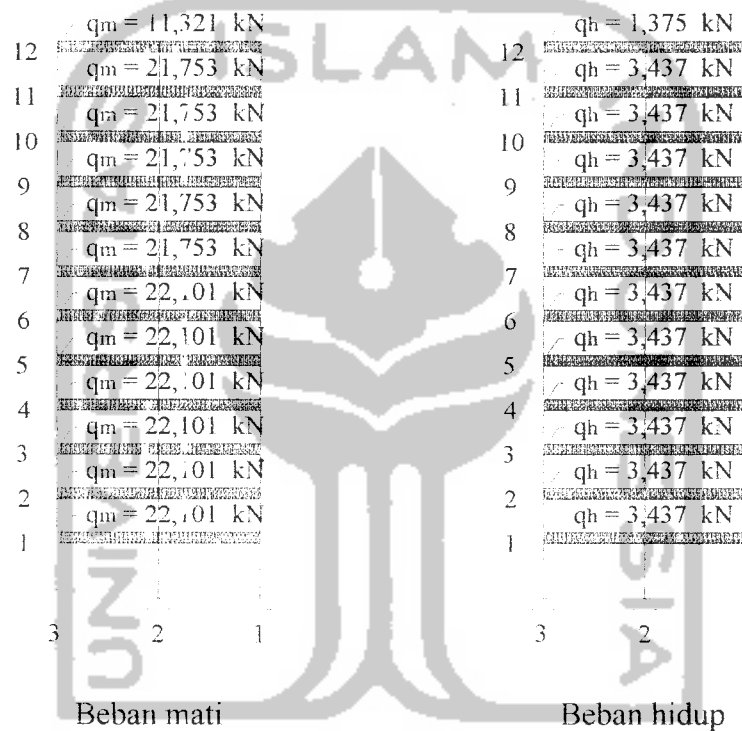
b. Beban tiap m^1

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

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

Beban hidup ekuivalen $q_{eq}(\text{hidup}) = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 350,31 \text{ kg/m}^1$

$= 350,31 \cdot 0,00981 = 3,437 \text{ kN/m}^1$



Gambar 5.18 Beban gravitasi portal A dan portal O struktur 12 tingkat

B. Portal B

$$q_{eq} = 2.1,8683.q = 3,7366.q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 12)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366.1.0,1.2400 = 896,78 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366.1.18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4.0,7.2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 1636,04 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1636,04.0,00981 = 16,05 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi } (\rho_{PIUG}^{83}) = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuivalen. } q_{eq}(\text{hidup}) = 3,7366.1.0,75.100 = 280,25 \text{ kg/m}^1$$

$$= 280,25.0,00981 = 2,749 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10 dan 11

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366.1.0,12.2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366.1.18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 3,7366.1.21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 3,7366.1.0,03.1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 3,7366.1.24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4.0,7.2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ dinding} &= (3,9-0,7).250 &= 800,00 \text{ kg/m}^1 \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm}} + \\
 q_{\text{eq}} (\text{mati}) &= 2962,90 \text{ kg/m}^1 \\
 & & = 2962,90.0,00981 = 29,066 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2

2. koefisien reduksi = $0,75$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup ekuivalen, } q_{\text{eq}} (\text{hidup}) &= 3,7366.1.0,75.250 = 700,61 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 700,61.0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $3,7366.1.0,12.2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $3,7366.1.18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $3,7366.1.21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $3,7366.1.0,03.1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $3,7366.1.24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah y = $0,4.0,75.2400 = 720,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9-0,75).250 = 787,50 \text{ kg/m}^1$

$$\begin{aligned}
 & \underline{\hspace{1.5cm}} + \\
 q_{\text{eq}} (\text{mati}) &= 2998,40 \text{ kg/m}^1 = 29,414 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban tiap m^1

• 1. q_h lantai = 250 kg/m^2

2. koefisien reduksi = $0,75$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup ekuivalen, } q_{\text{eq}} (\text{hidup}) &= 3,7366.1.0,75.250 = 700,61 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 700,61.0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

12	$q_m = 16,050 \text{ kN}$	$q_h = 2,749 \text{ kN}$
11	$q_m = 29,066 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
10	$q_m = 29,066 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
9	$q_m = 29,066 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
8	$q_m = 29,066 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
7	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
6	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
5	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
4	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
3	$q_m = 29,114 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
2	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$
1	$q_m = 29,414 \text{ kN}$	$q_h = 6,873 \text{ kN}$

3 2 1 3 2 1

Beban mati Beban hidup

Gambar 5.19 Beban gravitasi portal B – N struktur 12 tingkat

5.7.2 Beban merata ekwivalen untuk portal arah x pada struktur 12 Tingkat

A. Portal 1

$$q_{eq} = 1,3333 \cdot q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 12)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,3333 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 319,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333 \cdot 1,0 \cdot 18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

+

$$q_{eq} (\text{mati}) = 763,99 \text{ kg/m}^1$$

$$= 763,99 \cdot 0,00981 = 7,495 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

2. koefisien reduksi (PPIUG '83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,3333 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 100 = 100 \text{ kg/m}^1 \\ &= 100 \cdot 0,00981 = 0,981 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 7,8, 9, 10 dan 11

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $1,3333 \cdot 1,0 \cdot 12 \cdot 2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $1,3333 \cdot 1 \cdot 18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $1,3333 \cdot 1 \cdot 21 = 28,00 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $1,3333 \cdot 1,0 \cdot 0,03 \cdot 1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $1,3333 \cdot 1 \cdot 24 = 32,00 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah x = $0,35 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9 - 0,5) \cdot 250 = 850,00 \text{ kg/m}^1$

$q_{eq}(\text{mati}) = 1801,99 \text{ kg/m}^1$

$$= 1801,99 \cdot 0,00981 = 17,677 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. $q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$

2. koefisien reduksi (PPIUG '83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{• Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,3333 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 250 \text{ kg/m}^1 \\ &= 250 \cdot 0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

$$\begin{aligned}
 1. \text{ plat} &= 1,3333 \cdot 1,0,12 \cdot 2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1 \\
 2. \text{ plafon} &= 1,3333 \cdot 1,18 = 24,00 \text{ kg/m}^1 \\
 3. \text{ spesi} &= 1,3333 \cdot 1,21 = 28,00 \text{ kg/m}^1 \\
 4. \text{ pasir} &= 1,3333 \cdot 1,0,03 \cdot 1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1 \\
 5. \text{ tegel} &= 1,3333 \cdot 1,24 = 32,00 \text{ kg/m}^1 \\
 6. \text{ balok arah x} &= 0,35 \cdot 0,55 \cdot 2400 = 462,00 \text{ kg/m}^1 \\
 7. \text{ dinding} &= (3,9 - 0,55) \cdot 250 = 837,50 \text{ kg/m}^1 \\
 &+ \\
 q_{eq}(\text{mati}) &= 1831,49 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 1831,49 \cdot 0,00981 = 17,967 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m^1

$$\begin{aligned}
 1. q_h \text{ atap} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} &= 0,75 \\
 \text{Beban hidup ekivalen. } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,3333 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 250 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 250 \cdot 0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

		$q_m = 7,495 \text{ kN}$		$q_h = 0,981 \text{ kN}$											
12		$q_m = 17,677 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
11		$q_m = 17,677 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
10		$q_m = 17,677 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
9		$q_m = 17,677 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
8		$q_m = 17,677 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
7		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
6		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
5		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
4		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
3		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
2		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
1		$q_m = 17,967 \text{ kN}$		$q_h = 2,452 \text{ kN}$											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O

Gambar 5.20 Beban gravitasi portal 1 dan portal 3 struktur 12 tingkat

B. Portal 2

$$q_{eq} = 2.1,3333.q = 2,6667.q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 12)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667.1.0,1.2400 = 639,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667.1.18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

+

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1107,98 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1107,98.0,00981 = 10,869 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 2,6667 \cdot 1,0,75 \cdot 100 = 200 \text{ kg/m}^1 \\ &= 200 \cdot 0,00981 = 1,962 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10 dan 11

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $2,6667 \cdot 1,0,12 \cdot 2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $2,6667 \cdot 1,18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $2,6667 \cdot 1,21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $2,6667 \cdot 1,0,03 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $2,6667 \cdot 1,24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah x = $0,25 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9-0,5) \cdot 250 = 850,00 \text{ kg/m}^1$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 2333,97 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2333,97 \cdot 0,00981 = 22,896 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. $q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 2,6667 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 499,99 \text{ kg/m}^1 \\ &= 499,99 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 12,2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667 \cdot 1,18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 2,6667 \cdot 1,21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 2,6667 \cdot 1,24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35 \cdot 0,55 \cdot 2400 = 462,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,55) \cdot 250 = 837,50 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 2363,47 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2363,47 \cdot 0,00981 = 23,186 \text{ kN/m}^1$$

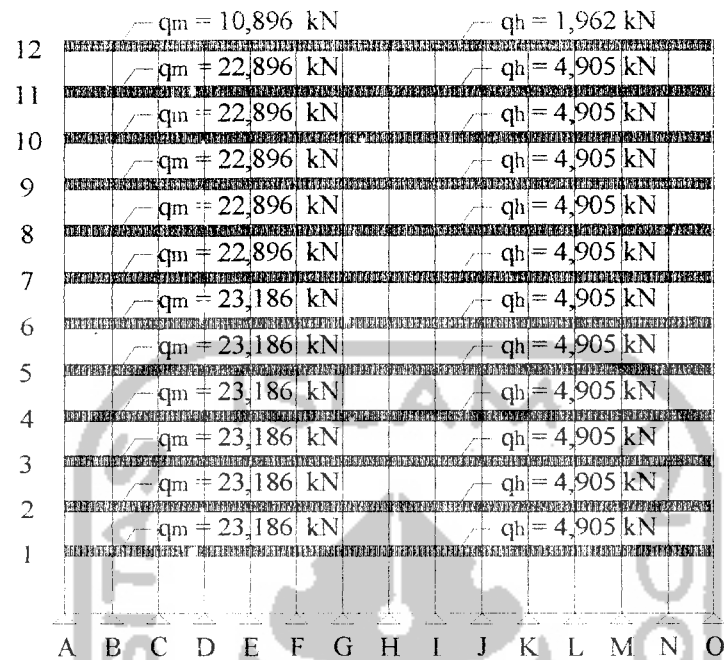
b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (FPIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) = 2,6667 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 499,99 \text{ kg/m}^1$$

$$= 499,99 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1$$



Gambar 5.21 Beban gravitasi portal 2 struktur 12 tingkat

Hasil-hasil perhitungan beban akibat gaya gravitasi pada struktur 12 tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Beban gravitasi struktur 12 tingkat (kN)

Jenis Beban	Lantai	Beban portal arah y		Beban portal arah x	
		Portal A & O	Portal B s/d N	Portal 1 & 3	Portal 2
DL	12 (Atap)	11,321	16,050	7,495	10,869
	7 - 11	21,753	29,066	17,677	22,896
	1 - 6	22,101	29,414	17,967	23,186
LL	12 (Atap)	1,375	2,749	0,981	1,962
	1 - 11	3,437	6,873	2,452	4,905

5.8 Waktu Getar Struktur (T) dengan Cara *T Rayleigh* pada Struktur 12

Tingkat

Waktu getar struktur dapat diketahui berdasarkan nilai simpangan horizontal (deformasi lateral) dari hasil analisis struktur. Dengan menggunakan rumus *T Rayleigh* persamaan (3.5), nilai T yang didapat harus sama dengan T yang digunakan pada awal analisis struktur, jika tidak maka siklus diulangi dari menghitung koefisien gempa dasar. Langkah ini dapat ditabelkan untuk semua tingkat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Waktu getar struktur 12 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	Wi (kN)	diy (cm)	diy ² (cm ²)	Fiy (kN)	Wi.diy ² (kNcm ²)	Fiy.diy (kNcm)
12	7199,680	9,603	92,208	1176,009	663868,119	11292,628
11	12164,949	3,909	79,363	1826,101	965448,749	16268,004
10	12164,949	8,175	66,824	1665,157	812911,612	13611,989
9	12164,949	7,389	54,590	1504,212	664083,761	11113,871
8	12164,949	6,548	42,874	1343,268	521556,205	8795,447
7	12164,949	5,660	32,037	1182,323	389725,223	6692,067
6	12415,312	4,742	22,487	1042,399	279177,713	4943,057
5	12511,725	3,816	14,563	884,962	182203,485	3377,102
4	12511,725	2,900	8,408	719,429	105201,837	2086,129
3	12511,725	2,023	4,093	553,897	51204,597	1120,533
2	12511,725	1,226	1,504	388,364	18812,210	476,213
1	14017,089	0,562	0,316	249,642	4427,213	140,299
jumlah	144503,727			12535,763	4658620,723	79917,337

$$T_1 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum Wi \cdot diy^2 / g \cdot \sum Fiy \cdot diy)} = 1,5357 \text{ detik} \neq T_0 = 1,021 \text{ detik.}$$

maka dipakai nilai $T = T_1 = 1,5357$ detik. Dari Gambar 3.2 untuk nilai $T = 1,5357$ detik, diperoleh nilai $C = 0,046$

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

$$= 0,046 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 144503,727 = 9926,976 \text{ kN}$$

Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada Tabel 5.12 berikut,

Tabel 5.12 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 12 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fi x,y total (kN)	Fix=1/3.Fi (kN)	Fiy=1/15.Fi (kN)
12	48,150	7199,630	346664,58	931,985	310,662	62,132
11	44,250	12164,949	538299,01	1447,181	482,394	96,479
10	40,350	12164,949	490855,71	1319,633	439,878	87,976
9	36,450	12164,949	443412,40	1192,085	397,362	79,472
8	32,550	12164,949	395969,10	1064,536	354,845	70,969
7	28,650	12164,949	348525,80	936,988	312,329	62,466
6	24,750	12415,312	307278,98	826,099	275,366	55,073
5	20,850	12511,725	260869,46	701,330	233,777	46,755
4	16,950	12511,725	212073,74	570,146	190,049	38,010
3	13,050	12511,725	163278,01	438,962	146,321	29,264
2	9,150	12511,725	114482,28	307,778	102,593	20,519
1	5,250	14017,089	73589,72	197,841	49,460	13,189
Jumlah		144503,73	3695298,79	9934,563	3295,034	662,304

Dari hasil perhitungan di atas maka input analisis struktur SAP90 mengalami perubahan dengan memasukkan nilai Fi yang baru, selanjutnya didapatkan nilai deformasi lateral dan nilai T baru, seperti pada Tabel 5.13 berikut,

Tabel 5.13 Waktu getar struktur 12 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	Wi (kN)	diy (cm)	diy ² (cm ²)	Fiy (kN)	Wi.diy ² (kNcm ²)	Fiy.diy (kNcm)
12	7199,68	7,604	57,82	931,985	416313,26	7087,00
11	12164,95	7,055	49,77	1447,181	605417,67	10209,28
10	12164,95	6,473	41,90	1319,633	509771,08	8542,51
9	12164,95	5,851	34,23	1192,085	416443,09	6974,77
8	12164,95	5,185	26,89	1064,536	327070,47	5519,83
7	12164,95	4,482	20,09	936,988	244395,25	4199,77
6	12415,31	3,755	14,10	826,099	175065,54	3102,08
5	12511,72	3,022	9,13	701,330	114255,57	2119,35
4	12511,72	2,296	5,27	570,146	65974,25	1309,23
3	12511,72	1,602	2,57	438,962	32110,14	703,22
2	12511,72	0,971	0,94	307,778	11796,57	298,85
1	14017,09	0,445	0,20	197,841	2775,73	88,04
Jumlah	144503,73			9934,563	2921388,61	50153,93

$$T_2 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum Wi \cdot diy^2 / g \cdot \sum Fiy \cdot diy)} = 1,5352 \text{ detik} \approx T_1 = 1,5357 \text{ detik.}$$

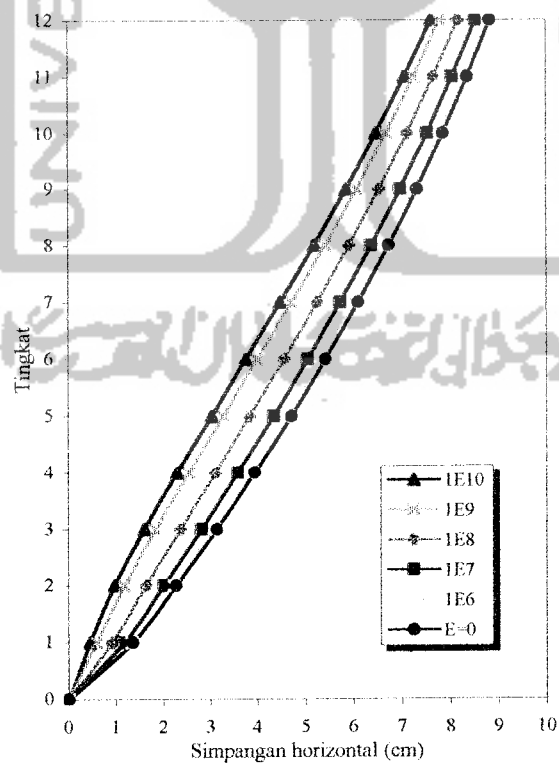
Dari Gambar 3.2 untuk nilai $T = 0,5352$ detik, diperoleh nilai $C = 0,046$

Karena nilai T sudah tetap, maka nilai waktu getar tersebut dapat digunakan untuk perhitungan berikutnya. Dengan cara yang sama langkah di atas dapat dilakukan untuk variasi kekakuan balok pondasi yang lainnya.

Nilai simpangan horizontal untuk variasi kekakuan balok pondasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.22 berikut.

Tabel 5.14 Simpangan horizontal struktur 12 Tingkat

Tingkat	Simpangan horizontal (cm)					
	1E10	1E9	1E8	1E7	1E6	E=0
1	0,445	0,585	0,906	1,173	1,322	1,352
2	0,971	1,170	1,626	2,009	2,230	2,275
3	1,602	1,833	2,362	2,816	3,084	3,139
4	2,296	2,541	3,103	3,592	3,888	3,949
5	3,022	3,270	3,835	4,337	4,645	4,709
6	3,755	3,998	4,550	5,047	5,358	5,423
7	4,482	4,715	5,244	5,726	6,033	6,096
8	5,185	5,407	5,906	6,367	6,665	6,727
9	5,851	6,060	6,528	6,966	7,252	7,312
10	6,473	6,670	7,107	7,522	7,796	7,853
11	7,055	7,239	7,648	8,040	8,302	8,357
12	7,604	7,778	8,159	8,530	8,781	8,833

**Gambar 5.22** Simpangan horizontal struktur 12 tingkat

5.9 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekwivalen pada Struktur 18 Tingkat

A. Berat Struktur Total (Wt)

1. Berat atap:

a. Beban mati:

- Pelat	$= 258.(4.14).(2.9)$	$= 260064,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.8).(3,9/2-0,7).250$	$= 83125,00 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2.56+2.18-2.8).(3,9/2-0,7).250.0,55$	$= 21312,50 \text{ kg}$
- Shear wall	$= (3.8).(3,9/2).0,3.2400$	$= 33696,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 50.(3,9/2).(0,5.0,6).2400$	$= 42120,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15-3).(3,9/2).(0,5.0,65).2400$	$= 18252,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,5).2400$	$= 70560,00 \text{ kg}$
- Berat balok arah y	$= (15.18).(0,4.0,7).2400$	$= 181440,00 \text{ kg}$
		+ _____
		$W_m = 710569,50 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup atap	$= 100 \text{ kg}$
- Koefisien reduksi	$= 0,3$
- Beban hidup, W_h	$= 0,3.100.(18.56) = 30240 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Berat total atap} &= 710569,50 + 30240 = 740809,50 \text{ kg} \\ &= 740809,50 \cdot 0,00981 = 7267,341 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Berat lantai 13, 14, 15, 16 dan 17

a. Beban mati

- Pelat	$= 165.(4.14).(2.9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.8).(3,9-0,7).250$	$= 212800,00 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 - \text{Tembok } \frac{1}{2} \text{ penuh} &= (2.56+2.18-2.8).(3.9-0.7).250.0.55 &= 54560,00 \text{ kg} \\
 - \text{Shear wall} &= 3.8.3,9.0,3.2400 &= 67392,00 \text{ kg} \\
 - \text{Kolom tepi} &= 30.3,9.(0,5.0,6).2400 &= 84240,00 \text{ kg} \\
 - \text{Kolom tengah} &= (15-3).3,9.(0,5.0,65).2400 &= 36504,00 \text{ kg} \\
 - \text{Balok arah x} &= (3.56).(0,35.0,5).2400 &= 70560,00 \text{ kg} \\
 - \text{Balok arah y} &= (15.18).(0,4.0,7).2400 &= 181440,00 \text{ kg} \\
 \hline
 W_m &= 1176216,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban hidup lantai} &= 250 \text{ kg} \\
 - \text{Koefisien reduksi} &= 0,3 \\
 - \text{Beban hidup, } W_h &= 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total lantai} &= 1176216,00 + 75600 = 1251816 \text{ kg} \\
 &= 1251816.0,00981 = 12280,315 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Berat lantai 12

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat} &= 465.(4.14).(2.9) &= 468720,00 \text{ kg} \\
 - \text{Tembok penuh} &= (1.56+13.18-1.8).(4,575-0,75).250 &= 209475,00 \text{ kg} \\
 - \text{Tembok } \frac{1}{2} \text{ penuh} &= (2.56+2.18-2.8).(4,575-0,75).250.0,55 &= 53707,50 \text{ kg} \\
 - \text{Shear wall} &= 3.8.4,575.0,3.2400 &= 67392,00 \text{ kg} \\
 - \text{Kolom tepi} &= 30.3,9/2(0,5.0,6+0,5.0,7).2400 &= 91260,00 \text{ kg} \\
 - \text{Kolom tengah} &= (15-3).3,9/2(0,5.0,65+0,5.0,75).2400 &= 39312,00 \text{ kg} \\
 - \text{Balok arah x} &= (3.56).(0,35.0,55).2400 &= 77616,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \text{Balok arah y} && = (15.18).0,4.0,75.2400 && = 194400,00 \text{ kg} \\
 & && && \underline{\hspace{1.5cm}} + \\
 & W_m && = 1201882,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total lantai} &= 1201882,50 + 75600 = 1277482,50 \text{ kg} \\
 &= 1277482,50.0,00981 = 12532,103 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Berat lantai 7, 8, 9,10 dan 11

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 & - \text{Pelat} && = 465.(4.14).(2.9) && = 468720,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Tembok penuh} && = (1.56+13.18-1.8).(3,9-0,75).250 && = 209475,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Tembok } \frac{1}{2} \text{ penuh} && = (2.56+2.18-2.8).(3,9-0,75).250.0,55 && = 53707,50 \text{ kg} \\
 & - \text{Shear wall} && = 3.8.3,9.0,3.2400 && = 67392,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Kolom tepi} && = 30.3,9.(0,5.0,7).2400 && = 98280,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Kolom tengah} && = (15-3).3,9.(0,5.0,75).2400 && = 42120,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Balok arah x} && = (3.56).(0,35.0,55).2400 && = 77616,00 \text{ kg} \\
 & - \text{Balok arah y} && = (15.18).(0,4.0,75).2400 && = 194400,00 \text{ kg} \\
 & && && \underline{\hspace{1.5cm}} + \\
 & W_m && = 1211710,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup, $W_h = 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= 1211710,50 + 75600 = 1287310,50 \text{ kg} \\ &= 1287310,50 \cdot 0,00981 = 12628,516 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. Berat lantai 6

a. Beban mati

- Pelat	$= 465 \cdot (4 \cdot 14) \cdot (2 \cdot 9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1 \cdot 56 + 13 \cdot 18 - 1 \cdot 8) \cdot (4,575 - 0,8) \cdot 250$	$= 206150,00 \text{ kg}$
- Tembok $\frac{1}{2}$ penuh	$= (2 \cdot 56 + 2 \cdot 18 - 2 \cdot 8) \cdot (4,575 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,55$	$= 52855,00 \text{ kg}$
- Shear wall	$= 2 \cdot 8 \cdot 4,575 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 67392,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30 \cdot 3,9/2 \cdot (0,5 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 2400$	$= 105300,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15 - 3) \cdot 3,9/2 \cdot (0,5 \cdot 0,75 + 0,5 \cdot 0,85) \cdot 2400$	$= 44928,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3 \cdot 56) \cdot (0,35 \cdot 0,6) \cdot 2400$	$= 84672,00 \text{ kg}$
- Balok arah y	$= (15 \cdot 18) \cdot (0,4 \cdot 0,8) \cdot 2400$	$= 207360,00 \text{ kg}$
		+ _____
		$W_m = 1237377,00 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai	$= 250 \text{ kg}$
- Koefisien reduksi	$= 0,3$
- Beban hidup, W_h	$= 0,3 \cdot 250 \cdot (18 \cdot 56) = 75600 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Berat total lantai} &= 1237377,00 + 75600 = 1312977,00 \text{ kg} \\ &= 1312977,00 \cdot 0,00981 = 12880,304 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Berat lantai 2, 3, 4, dan 5

a. Beban mati

- Pelat	$= 465 \cdot (4 \cdot 14) \cdot (2 \cdot 9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1 \cdot 56 + 13 \cdot 18 - 1 \cdot 8) \cdot (3,9 - 0,8) \cdot 250$	$= 206150,00 \text{ kg}$

- Tembok ½ penuh	$= (2.56+2.18-2.8).(3,9-0,8).250.0,55$	$= 52855,00 \text{ kg}$
- <i>Shear wall</i>	$= 3.8.3,9.0,3.2400$	$= 67392,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30.3,9.(0,5.0,8).2400$	$= 112320,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15-3).3,9.(0,5.0,85).2400$	$= 47736,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,6).2400$	$= 84672,00 \text{ kg}$
- Balok arah y	$= (15.18).(0,4.0,8).2400$	$= 207360,00 \text{ kg}$
		$\underline{\hspace{1cm}} +$
		$W_m = 1247205,00 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai	$= 250 \text{ kg}$
- Koefisien reduksi	$= 0,3$
- Beban hidup, W_h	$= 0,3.250.(18.56) = 75600 \text{ kg}$

Berat total lantai $= 1247205,00 + 75600 = 1322805,00 \text{ kg}$
 $= 1322805,00.0,00981 = 12976,717 \text{ kN}$

8. Berat lantai 1

a. Beban mati

- Pelat	$= 465.(4.14).(2.9)$	$= 468720,00 \text{ kg}$
- Tembok penuh	$= (1.56+13.18-1.8).(4,575-0,8).250$	$= 285012,50 \text{ kg}$
- Tembok ½ penuh	$= (2.56+2.18-2.8).(4,575-0,8).250.0,55$	$= 64363,75 \text{ kg}$
- <i>Shear wall</i>	$= 3.8.4,575.0,3.2400$	$= 79058,00 \text{ kg}$
- Kolom tepi	$= 30.(3,9/2+5,25/2).0,5.0,8.2400$	$= 131760,00 \text{ kg}$
- Kolom tengah	$= (15-3).(3,9/2+5,25/2).0,5.0,85.2400$	$= 88128,00 \text{ kg}$
- Balok arah x	$= (3.56).(0,35.0,6).2400$	$= 84672,00 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 - \text{Balok arah y} &= (15,18) \cdot (0,4 \cdot 0,8) \cdot 2400 &= 207360,00 \text{ kg} \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 W_m &= 1409072,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg

- Koefisien reduksi = 0,3

- Beban hidup, $W_h = 0,3 \cdot 250 \cdot (18,56) = 75600 \text{ kg}$

Berat total lantai = $1409072,26 + 75600 = 1484672,26 \text{ kg}$

$= 1484672,26 \cdot 0,00981 = 14564,635 \text{ kN}$

Berat struktur total (W_t):

$W_t = 7267,341 + 12280,315,5 + 12532,103 + 12628,516,5 + 12880,304$

$+ 12976,717,4 + 14564,635$

$= 223695,407 \text{ kN}$

B. Waktu Getar struktur (T)

Dengan rumus empiris:

$$T = \frac{0,09 \cdot H}{\sqrt{B}}, \text{ dengan } H = 71,55 \text{ m}$$

$$T = \frac{0,09 \cdot 71,55}{\sqrt{18}} = 1,518 \text{ dt}$$

C. Koefisien Gempa Dasar (C)

Untuk nilai $T = 1,518 \text{ dt}$, pada wilayah gempa 2 dan jenis tanah keras, dari gambar 3.2, dapat diperoleh nilai $C = 0,052$

D. Faktor Keutamaan I

Dari Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, diperoleh $I = 1,5$

E. Faktor Jenis Struktur K

Untuk struktur beton bertulang dengan daktilitas penuh, $K = 1,0$

F. Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa (V)

Berat struktur total (W_t) = 223695,407 kN

$$\begin{aligned} V_x = V_y &= C \cdot I \cdot K \cdot W_t \\ &= 0,058 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 223695,407 \text{ kN} \\ &= 17406,915 \text{ kN} \end{aligned}$$

G. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang

Tinggi Gedung

Arah x ;

$$\frac{H}{B} = \frac{71,55}{56} = 1,28 < 3, \text{ maka digunakan persamaan :}$$

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$$

Arah y ;

$$\frac{H}{B} = \frac{71,515}{18} = 3,98 > 3, \text{ maka digunakan persamaan :}$$

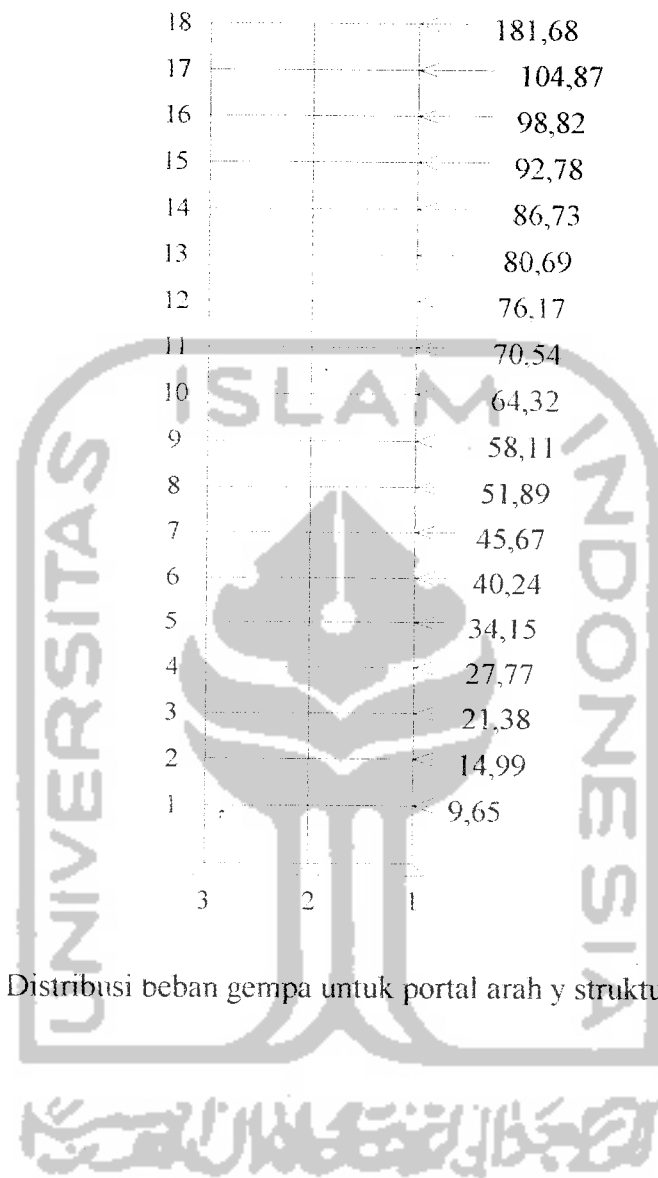
$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot 0,9 \cdot V$$

$$F_{atap} = 0,1 \cdot V + \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot 0,9 \cdot V$$

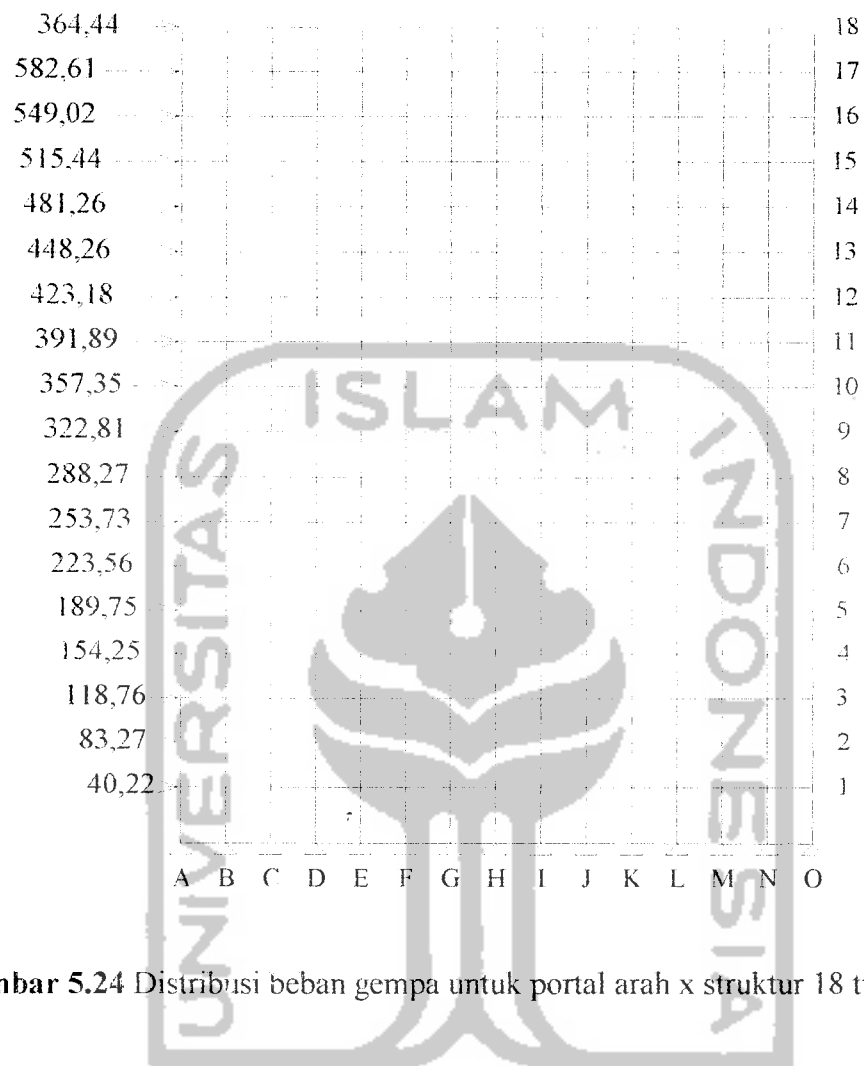
Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 18 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fix total (kN)	Fix=1/3.Fi (kN)	Fiy total (kN)	Fiy=1/15.Fi (kN)
18	71,55	7267,341	519978,263	1093,977	364,659	2725,270	181,685
17	67,65	12280,315	830763,307	1747,834	582,611	1573,050	104,870
16	63,75	12280,315	782870,079	1647,072	549,024	1482,365	98,824
15	59,85	12280,315	734976,850	1546,310	515,437	1391,679	92,779
14	55,95	12280,315	687083,622	1445,548	481,849	1300,993	86,733
13	52,05	12280,315	639190,394	1344,786	448,262	1210,307	80,687
12	48,15	12532,103	603420,775	1269,530	423,177	1142,577	76,172
11	44,25	12628,516	558811,833	1175,678	391,893	1058,110	70,541
10	40,35	12628,516	509560,621	1072,059	357,353	964,853	64,324
9	36,45	12628,516	460309,408	968,440	322,813	871,596	58,106
8	32,55	12628,516	411058,196	864,821	288,274	778,339	51,889
7	28,65	12628,516	361806,984	761,202	253,734	685,082	45,672
6	24,75	12880,304	318787,533	670,694	223,565	603,624	40,242
5	20,85	12976,717	270564,550	569,238	189,746	512,314	34,154
4	16,95	12976,717	219955,354	462,762	154,254	416,485	27,766
3	13,05	12976,717	169346,158	356,286	118,762	320,657	21,377
2	9,15	12976,717	118736,961	249,809	83,270	224,828	14,989
1	5,25	14564,635	76464,333	160,872	40,218	144,785	9,652
Jumlah		223695,407	8273685,220	17406,915	5788,899	17406,915	1160,461



Gambar 5.23 Distribusi beban gempa untuk portal arah y struktur 18 tingkat



Gambar 5.24 Distribusi beban gempa untuk portal arah x struktur 18 tingkat

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.10 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi pada Struktur 18 Tingkat

5.10.1 Beban merata ekwivalen untuk portal arah y pada struktur 18 tingkat

A. Portal A

$$q_{eq} = 1,8683 \cdot q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 18)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 448,39 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1154,02 \text{ kg/m}^1$$

$$= 1154,02 \cdot 0,00981 = 11,321 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (SNIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 75 \cdot 100 = 140,12 \text{ kg/m}^1$$

$$= 140,12 \cdot 0,00981 = 1,375 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 13, 14, 15, 16 dan 17

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 12,2400 = 538,07 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,8683 \cdot 1,21 = 39,23 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1600 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,8683 \cdot 1,24 = 44,84 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,7) \cdot 250 = 800,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2217,45 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2217,45 \cdot 0,00981 = 21,753 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi (FPIUG'83)} = 0,75$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekivalen. } q_{eq} (\text{hidup}) &= 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 350,31 \text{ kg/m}^1 \\ &= 350,31 \cdot 0,00981 = 3,437 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10, 11 dan 12

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 12 \cdot 2400 = 538,07 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,8683 \cdot 1,21 = 39,23 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,8683 \cdot 1,0 \cdot 0,05 \cdot 1600 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,8683 \cdot 1,24 = 44,84 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 720,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,75) \cdot 250 = 787,50 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2252,95 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2252,95 \cdot 0,00981 = 22,101 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekuivalen } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,8683 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 350,31 \text{ kg/m}^1 \\ &= 350,31 \cdot 0,00981 = 3,437 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

4. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $1,8583 \cdot 1,0,12 \cdot 2400 = 538,07 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $1,8683 \cdot 1,18 = 33,63 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $1,8683 \cdot 1,21 = 39,23 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $1,8683 \cdot 1,0,05 \cdot 1600 = 89,68 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $1,8583 \cdot 1,24 = 44,84 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah y = $0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400 = 768,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9 - 0,8) \cdot 250 = 775,00 \text{ kg/m}^1$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 2288,45 \text{ kg/m}^1$$

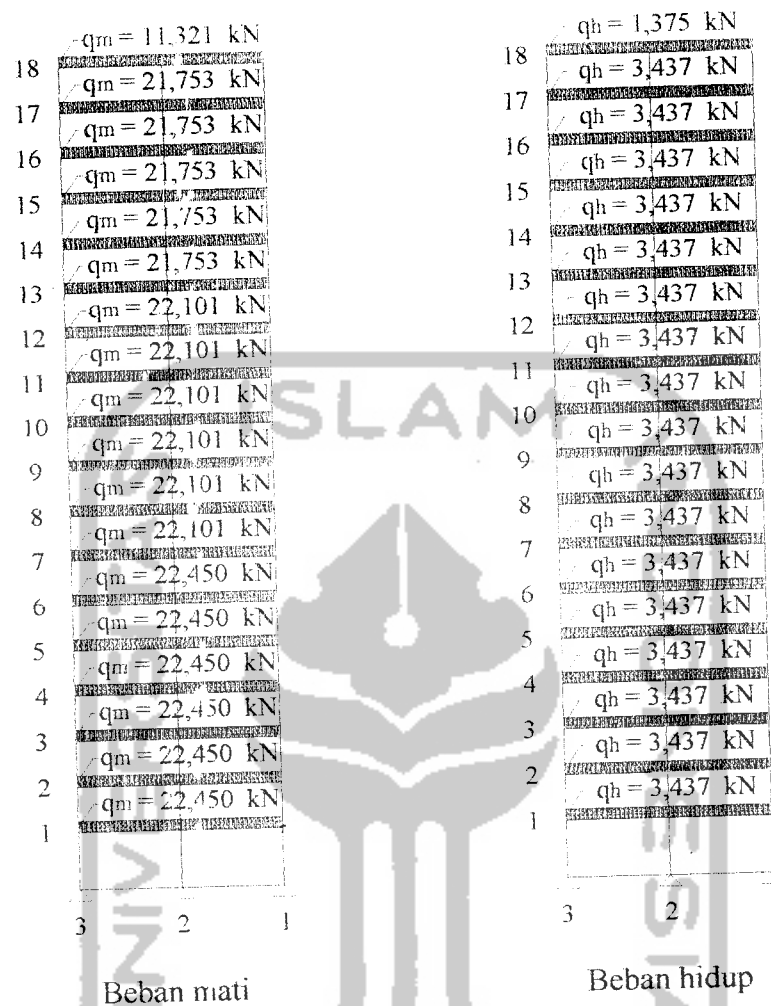
$$= 2288,45 \cdot 0,00981 = 22,450 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 1,8683 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 350,31 \text{ kg/m}^1 \\ &= 350,31 \cdot 0,00981 = 3,437 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$



Gambar 5.25 Beban gravitasi portal A dan portal O struktur 18 tingkat

B. Portal B

$$q_{eq} = 2.1,8683.q = 3,7366.$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 18)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 1,2400 = 896,78 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366 \cdot 1,18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1636,04 \text{ kg/m}^1 = 16,05 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

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

2. koefisien reduksi (PPIUG '83) = 0,75

Beban hidup ekivalen, $q_{eq} \text{ (hidup)} = 3,7366 \cdot 1,0,75 \cdot 100 = 280,25 \text{ kg/m}^1$

$$= 280,25 \cdot 0,00981 = 2,749 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 13, 14, 15, 16 dan 17

a. Beban mati tiap m^1

1. plat $= 3,7366 \cdot 1,0,12 \cdot 2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$

2. plafon $= 3,7366 \cdot 1,18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$

3. spesi $= 3,7366 \cdot 1,21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$

4. pasir $= 3,7366 \cdot 1,0,03 \cdot 1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$

5. tegel $= 3,7366 \cdot 1,24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah y $= 0,4 \cdot 0,7 \cdot 2400 = 672,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding $= (3,9 - 0,7) \cdot 250 = 800,00 \text{ kg/m}^1$

$q_{eq} \text{ (mati)} = 2962,90 \text{ kg/m}^1$

$$= 2962,90 \cdot 0,00981 = 29,066 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban tiap m^1

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

2. koefisien reduksi = 0,75

• Beban hidup ekivalen, $q_{eq} \text{ (hidup)} = 3,7366 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 700,61 \text{ kg/m}^1$

$$= 700,61 \cdot 0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10, 11 dan 12

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366 \cdot 1.0,12 \cdot 2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366 \cdot 1.18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 3,7366 \cdot 1.21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 3,7366 \cdot 1.0,03 \cdot 1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 3,7366 \cdot 1.24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah y} = 0,4 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 720,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,75) \cdot 250 = 787,50 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2998,40 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2998,40 \cdot 0,00981 = 29,414 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban tiap m^1

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

$$2. \text{ koefisien reduksi} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuvalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 3,7366 \cdot 1.0,75 \cdot 250 = 700,61 \text{ kg/m}^1$$

$$= 700,61 \cdot 0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1$$

4. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 3,7366 \cdot 1.0,12 \cdot 2400 = 1076,14 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 3,7366 \cdot 1.18 = 67,26 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 3,7366 \cdot 1.21 = 78,47 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 3,7366 \cdot 1.0,03 \cdot 1600 = 179,36 \text{ kg/m}^1$$

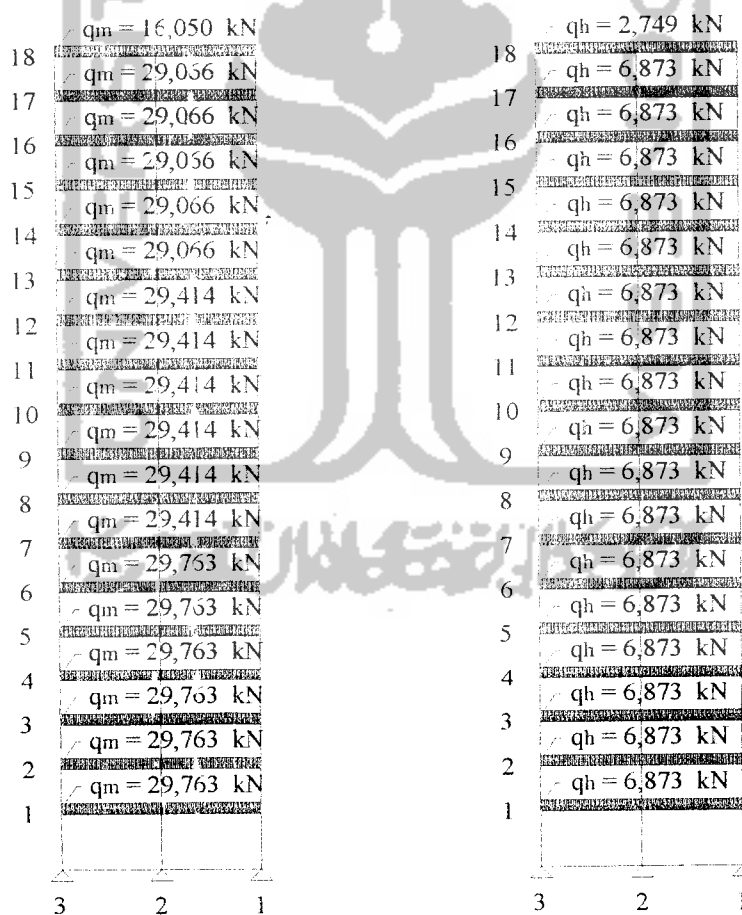
$$5. \text{ tegel} = 3,7366 \cdot 1.24 = 89,68 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 6. \text{ balok arah } y &= 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400 &= 768,00 \text{ kg/m}^1 \\
 7. \text{ dinding} &= (3,9-0,8) \cdot 250 &= 775,00 \text{ kg/m}^1 \\
 & &+ \\
 q_{eq} \text{ (mati)} &= 3033,90 \text{ kg/m}^1 &= 29,763 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban tiap m¹

1. q_h lantai = 250 kg/m²
2. koefisien reduksi = 0,75

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup ekuvalen, } q_{eq} \text{ (hidup)} &= 3,7366 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 250 = 700,61 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 700,61 \cdot 0,00981 = 6,873 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$



Beban mati

Beban hidup

Gambar 5.26 Beban gravitasi portal B – N struktur 18 tingkat

5.10.2 Beban merata ekwivalen untuk portal arah x pada struktur 18 tingkat

A. Portal 1

$$q_{eq} = 1,3333.q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 18)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,3333.1.0,1.2400 = 319,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333.1.0,18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 763,99 \text{ kg/m}^1$$

$$= 763,99.0,00981 = 7,495 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/n}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) = 1,3333.1.0,75.100 = 100 \text{ kg/m}^1$$

$$= 100.0,00981 = 0,981 \text{ kN/m}^1$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 13,14, 15, 16 dan 17

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,3333.1.0,12.2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333.1.18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,3333.1.21 = 28,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,3333.1.0,03.1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,3333.1.24 = 32,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ dinding} &= (3,9-0,5).250 &= 850,00 \text{ kg/m}^1 \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 q_{eq} (\text{mati}) &= 1801,99 \text{ kg/m}^1 \\
 & & = 1801,99.0,00981 = 17,677 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) &= 1,3333.1.0,75.250 = 250 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 250.0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada blok lantai 7,8, 9, 10, 11 dan 12

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 1,3333.1.0,12.2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 1,3333.1.18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 1,3333.1.21 = 28,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 1,3333.1.0,03.1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 1,3333.1.24 = 32,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35.0,55.2400 = 462,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9-0,55).250 = 837,50 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 & \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 q_{eq} (\text{mati}) &= 1831,49 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 1831,49.0,00981 = 17,967 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. $q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$

2. koefisien reduksi (PPIUG '83) = 0,75

Beban hidup ekuivalen. $q_{eq}(\text{hidup}) = 1,3333 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 250 \text{ kg/m}^1$
 $= 250 \cdot 0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1$

4. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $1,3333 \cdot 1,0,12 \cdot 2400 = 383,99 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $1,3333 \cdot 1,18 = 24,00 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $1,3333 \cdot 1,21 = 28,00 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $1,3333 \cdot 1,0,03 \cdot 1600 = 64,00 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $1,3333 \cdot 1,24 = 32,00 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah x = $0,35 \cdot 0,6 \cdot 2400 = 504,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9 - 0,6) \cdot 250 = 825,00 \text{ kg/m}^1$

$q_{eq}(\text{mati}) = 1860,99 \text{ kg/m}^1$

$= 1860,99 \cdot 0,00981 = 18,256 \text{ kN/m}^1$

b. Beban hidup tiap m^1

1. $q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$

2. koefisien reduksi (PPIUG '83) = 0,75

Beban hidup ekuivalen, $q_{eq}(\text{hidup}) = 1,3333 \cdot 1,0,75 \cdot 250 = 250 \text{ kg/m}^1$
 $= 250 \cdot 0,00981 = 2,452 \text{ kN/m}^1$

		$q_m = 7,495 \text{ kN}$			$q_h = 0,981 \text{ kN}$										
18		$q_m = 17,677 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
17		$q_m = 17,677 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
16		$q_m = 17,677 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
15		$q_m = 17,677 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
14		$q_m = 17,677 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
13		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
12		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
11		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
10		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
9		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
8		$q_m = 17,967 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
7		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
6		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
5		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
4		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
3		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
2		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
1		$q_m = 18,256 \text{ kN}$			$q_h = 2,452 \text{ kN}$										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O

Gambar 5.27 Beban gravitasi portal 1 dan portal 3 struktur 18 tingkat

B. Portal 2

$$q_{eq} = 2.1,3333.q = 2,6667.q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap (lantai 18)

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667.1.0,1.2400 = 639,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667.1.18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ balok arah x} = 0,35.0,5.2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 1107,98 \text{ kg/m}^1 = 10,869 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. q_h atap = 100 kg/m^2

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 2,6667 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 100 = 200 \text{ kg/m}^1 \\ &= 200 \cdot 0,00981 = 1,962 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai 13, 14, 15, 16 dan 17

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $2,6667 \cdot 1 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$

2. plafon = $2,6667 \cdot 1 \cdot 18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$

3. spesi = $2,6667 \cdot 1 \cdot 21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$

4. pasir = $2,6667 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$

5. tegel = $2,6667 \cdot 1 \cdot 24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$

6. balok arah x = $0,35 \cdot 0,5 \cdot 2400 = 420,00 \text{ kg/m}^1$

7. dinding = $(3,9 - 0,5) \cdot 250 = 850,00 \text{ kg/m}^1$

$$q_{eq}(\text{mati}) = 2333,97 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2333,97 \cdot 0,00981 = 22,896 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

1. q_h atap = 250 kg/m^2

2. koefisien reduksi (PPIUG'83) = 0,75

$$\begin{aligned} \text{• Beban hidup ekivalen, } q_{eq}(\text{hidup}) &= 2,6667 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 250 = 500 \text{ kg/m}^1 \\ &= 500 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$

3. Beban gravitasi pada balok lantai 7, 8, 9, 10, 11 dan 12

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667 \cdot 1.0,12 \cdot 2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667 \cdot 1.18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 2,6667 \cdot 1.21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 2,6667 \cdot 1.0,03 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 2,6667 \cdot 1.24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$6. \text{ balok arah x} = 0,35 \cdot 0,55 \cdot 2400 = 462,00 \text{ kg/m}^1$$

$$7. \text{ dinding} = (3,9 - 0,55) \cdot 250 = 837,50 \text{ kg/m}^1$$

$$q_{eq} (\text{mati}) = 2363,47 \text{ kg/m}^1$$

$$= 2363,47 \cdot 0,00981 = 23,186 \text{ kN/m}^1$$

b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG'83)} = 0,75$$

$$\text{Beban hidup ekuivalen, } q_{eq} (\text{hidup}) = 2,6667 \cdot 1.0,75 \cdot 250 = 500 \text{ kg/m}^1$$

$$= 500 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1$$

4. Beban gravitasi pada balok lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6

a. Beban mati tiap m^1

$$1. \text{ plat} = 2,6667 \cdot 1.0,12 \cdot 2400 = 767,98 \text{ kg/m}^1$$

$$2. \text{ plafon} = 2,6667 \cdot 1.18 = 48,00 \text{ kg/m}^1$$

$$3. \text{ spesi} = 2,6667 \cdot 1.21 = 56,00 \text{ kg/m}^1$$

$$4. \text{ pasir} = 2,6667 \cdot 1.0,03 \cdot 1600 = 128,00 \text{ kg/m}^1$$

$$5. \text{ tegel} = 2,6667 \cdot 1.24 = 64,00 \text{ kg/m}^1$$

$$\begin{aligned}
 6. \text{ balok arah } x &= 0,35 \cdot 0,6 \cdot 2400 &= 504,00 \text{ kg/m}^1 \\
 7. \text{ dinding} &= (3,9 - 0,6) \cdot 250 &= 825,00 \text{ kg/m}^1 \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm} +} \\
 q_{eq} (\text{mati}) &= 2392,97 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 2392,97 \cdot 0,00981 = 23,475 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup tiap m^1

$$1. q_h \text{ atap} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ koefisien reduksi (PPIUG '83)} = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup ekuivalen } q_{eq} (\text{hidup}) &= 2,6667 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 250 = 500 \text{ kg/m}^1 \\
 &= 500 \cdot 0,00981 = 4,905 \text{ kN/m}^1
 \end{aligned}$$

18	$q_m = 10,896 \text{ kN}$	$q_h = 1,962 \text{ kN}$
17	$q_m = 22,896 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
16	$q_m = 22,896 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
15	$q_m = 22,896 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
14	$q_m = 22,896 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
13	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
12	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
11	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
10	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
9	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
8	$q_m = 23,186 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
7	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
6	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
5	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
4	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
3	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
2	$q_m = 23,475 \text{ kN}$	$q_h = 4,905 \text{ kN}$
1		
	A B C D E F G H I J K L M N O	

Gambar 5.28 Beban gravitasi portal 2 struktur 18 tingkat

Hasil-hasil perhitungan beban akibat gaya gravitasi untuk semua portal pada struktur 18 tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Beban gravitasi struktur 18 tingkat (kN)

Jenis Beban	Lantai	Beban portal arah y		Beban portal arah x	
		Portal A & O	Portal B s/d N	Portal 1 & 3	Portal 2
DL	18 (Atap)	11,321	16,050	7,495	10,869
	13 - 17	21,753	29,066	17,677	22,896
	7 - 12	22,101	29,414	17,967	23,186
	1 - 6	22,450	29,763	18,256	23,475
LL	18 (Atap)	1,375	2,749	0,981	1,962
	1 - 17	3,437	6,873	2,452	4,905

5.11 Waktu Getar Struktur (T) dengan Cara *T Rayleigh* pada Struktur 18

Tingkat

Waktu getar struktur dapat diketahui berdasarkan nilai simpangan horizontal (deformasi lateral) dari hasil analisis struktur. Dengan menggunakan rumus *T Rayleigh* persamaan (3.5), nilai T yang didapat harus sama dengan T yang digunakan pada awal analisis struktur, jika tidak maka siklus diulangi dari menghitung koefisien gempa dasar. Langkah ini dapat ditabelkan untuk semua tingkat pada Tabel 5.17 berikut,

Tabel 5.17 Waktu getar struktur 18 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	Wi (kN)	diy (cm)	diy ² (cm ²)	Fiy (kN)	Wi.diy ² (kNcm ²)	Fiy.diy (kNcm)
18	7267,34	17,936	321,700	2725,270	2337904,360	48880,448
17	12280,31	16,923	286,385	1573,050	3516892,405	26620,574
16	12280,31	15,890	252,505	1482,365	3100838,622	23555,365
15	12280,31	14,834	220,051	1391,679	2702289,727	20644,301
14	12280,31	13,752	189,126	1300,993	2322523,842	17891,644
13	12280,31	12,647	159,944	1210,307	1964163,674	15306,632
12	12532,10	11,523	132,786	1142,577	1664093,422	13166,260
11	12628,52	10,389	107,935	1058,110	1363064,894	10992,919

10	12628,52	9,248	85,516	964,853	1079943,411	8922,479
9	12628,52	8,106	65,710	871,596	829825,829	7065,331
8	12628,52	6,976	48,658	778,339	614473,284	5429,302
7	12628,52	7,274	52,905	685,082	668114,884	4983,009
6	12880,30	4,799	23,034	603,624	296688,027	2897,034
5	12976,72	3,786	14,336	512,314	186035,094	1939,774
4	12976,72	2,839	8,061	416,485	104606,051	1182,486
3	12976,72	1,976	3,903	320,657	50642,939	633,458
2	12976,72	1,216	1,479	224,828	19188,101	273,391
1	14564,63	0,587	0,344	144,785	5013,393	84,945
jumlah	223695,41			17406,915	22826301,959	210469,352

$$T_1 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum W_i \cdot d_i^2 / g \cdot \sum I_i \cdot d_i)} = 2,095 \text{ detik} \neq T_0 = 1,518 \text{ detik}$$

maka dipakai nilai $T = T_1 = 2,095$ detik. Dari Gambar 3.2 untuk nilai $T = 2,095$ detik, diperoleh nilai $C = 0,035$

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

$$= 0,035 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 223695,41 = 11744,009 \text{ kN}$$

Selanjutnya dihitung gaya geser horizontal seperti pada Tabel 5.18 berikut,

Tabel 5.18 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi struktur 18 tingkat untuk tiap portal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kNm)	Fix total (kN)	Fix=1/3.Fi (kN)	Fiy total (kN)	Fiy=1/15.Fi (kN)
18	71,55	7219,135	516529,1	733,593	244,531	1830,079	122,005
17	67,65	12183,902	824241,0	1170,616	390,205	1053,555	70,237
16	63,75	12183,902	776723,8	1103,131	367,710	992,818	66,188
15	59,85	12232,109	732091,7	1039,743	346,581	935,768	62,385
14	55,95	12280,315	687083,6	975,821	325,274	878,239	58,549
13	52,05	12280,315	639190,4	907,801	302,600	817,021	54,468
12	48,15	12483,897	601099,6	853,703	284,568	768,333	51,222
11	44,25	12532,103	554545,6	787,585	262,528	708,827	47,255
10	40,35	12532,103	505670,4	718,171	239,390	646,354	43,090
9	36,45	12580,310	458552,3	651,252	217,084	586,127	39,075
8	32,55	12628,516	411058,2	583,800	194,600	525,420	35,028

7	28,65	12628,516	361807,0	513,851	171,284	462,466	30,831
6	24,75	12832,098	317594,4	451,059	150,353	405,953	27,064
5	20,85	12880,304	268554,3	381,410	127,137	343,269	22,885
4	16,95	12880,304	218321,2	310,067	103,356	279,061	18,604
3	13,05	12928,511	168717,1	239,618	79,873	215,656	14,377
2	9,15	12976,717	118737,0	168,634	56,211	151,771	10,118
1	5,25	14564,635	76464,3	108,597	27,149	97,738	6,516
Jumlah		222827,69	8236980,9	1698,454	3890,435	11698,454	779,897

Dari hasil perhitungan di atas maka input analisis struktur SAP90 mengalami perubahan dengan memasukkan nilai F_i yang baru, selanjutnya didapatkan nilai deformasi lateral dan nilai T baru, seperti pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Waktu getar struktur 18 tingkat untuk E balok pondasi 1E10

Tingkat	W_i (kN)	d_{iy} (cm)	d_{iy}^2 (cm^2)	F_{iy} (kN)	$W_i \cdot d_{iy}^2$ ($kNcm^2$)	$F_{iy} \cdot d_{iy}$ ($kNcm$)
18	7219,13	12,35	152,55	1830,08	1101258,82	22603,31
17	12183,90	11,66	135,96	1053,55	1656583,40	12284,87
16	12183,90	10,95	119,88	992,82	1460613,53	10870,36
15	12232,11	10,22	104,51	935,77	1278374,36	9566,36
14	12280,31	9,48	89,85	878,24	1103380,71	8324,74
13	12280,31	8,72	76,01	817,02	933368,62	7122,87
12	12483,90	7,94	63,05	768,33	787168,59	6101,10
11	12532,10	7,16	51,33	708,83	643309,53	5078,53
10	12532,10	6,38	40,67	646,35	509728,04	4122,19
9	12580,31	5,59	31,27	586,13	393335,84	3277,39
8	12628,52	4,81	23,16	525,42	292502,71	2528,69
7	12628,52	4,05	16,39	462,47	207026,73	1872,48
6	12832,10	3,31	10,94	405,95	140411,41	1342,85
5	12880,30	2,62	6,84	343,27	88152,54	898,03
4	12880,30	1,96	3,85	279,06	49582,01	547,52
3	12928,51	1,37	1,87	215,66	24141,70	294,69
2	12976,72	0,84	0,71	151,77	9208,77	127,85
1	14564,63	0,41	0,17	97,74	2502,35	40,51
jumlah	222827,69			11698,45	10680649,66	97004,33

$$T_2 = 6,3 \cdot \sqrt{(\sum W_i \cdot d_i)^2 / g \cdot \sum I_i \cdot d_i} = 2,095 \text{ detik} \approx T_1 = 2,10 \text{ detik.}$$

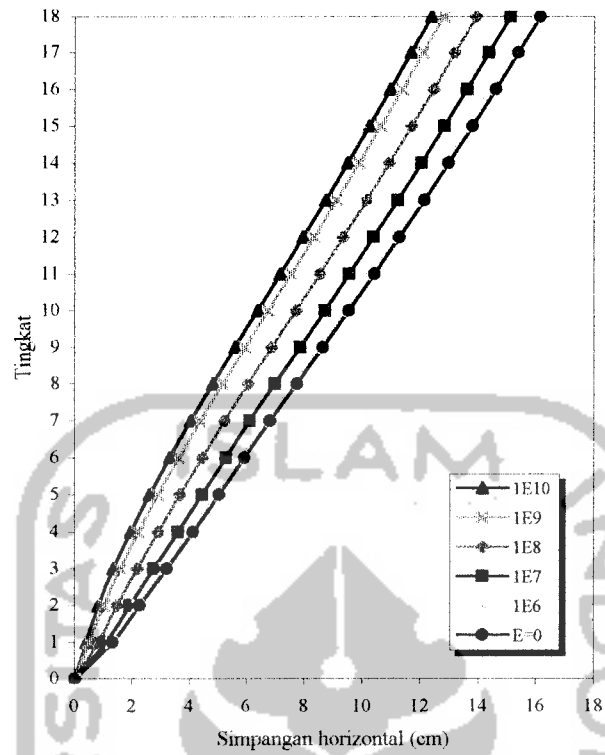
Dari Gambar 3.2 untuk nilai $T = 2,095$ detik, diperoleh nilai $C = 0,035$

Karena nilai T sudah tetap, maka nilai waktu getar tersebut dapat digunakan untuk perhitungan berikutnya. Dengan cara yang sama langkah di atas dapat dilakukan untuk variasi kekakuan balok pondasi yang lainnya.

Nilai simpangan horizontal untuk variasi kekakuan balok pondasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.29 berikut.

Tabel 5.20 Simpangan horizontal struktur 18 Tingkat

Tingkat	Simpangan horizontal (cm)					
	1E10	1E9	1E8	1E7	1E6	E=0
1	0,406	0,522	0,828	1,124	1,303	1,340
2	0,841	1,020	1,491	1,947	2,228	2,287
3	1,366	1,592	2,189	2,771	3,136	3,214
4	1,963	2,225	2,917	3,600	4,035	4,127
5	2,617	2,907	3,672	4,436	4,929	5,035
6	3,317	3,628	4,450	5,280	5,822	5,939
7	4,041	4,368	5,232	6,113	6,695	6,821
8	4,820	5,162	6,067	6,996	7,617	7,752
9	5,600	5,954	6,889	7,858	8,510	8,653
10	6,388	6,752	7,713	8,716	9,396	9,546
11	7,176	7,548	8,532	9,565	10,271	10,427
12	7,958	8,338	9,343	10,403	11,133	11,294
13	8,733	9,120	10,144	11,230	11,981	12,147
14	9,494	9,888	10,931	12,041	12,812	12,983
15	10,240	10,640	11,700	12,833	13,624	13,800
16	10,967	11,374	12,452	13,607	14,417	14,597
17	11,678	12,092	13,186	14,363	15,192	15,376
18	12,375	12,795	13,907	15,106	15,953	16,142



Gambar 5.29 Simpangan horizontal struktur 18 tingkat