

BAB VI

ANALISIS STRUKTUR PORTAL

Analisis struktur portal dihitung menggunakan program aplikasi komputer SAP90, dengan pemasukan data-data sebagai berikut:

1. Nomor joint dan frame, disesuaikan dengan bentuk dan ukuran portal.
2. Dukungan portal dianggap jepit.
3. Ukuran penampang balok dan kolom
4. Modulus elastisitas beton $E = 4700\sqrt{f_c'}$ dengan $f_c' = 25$ MPa.
jadi $E = 4700\sqrt{25} = 23500$ MPa
5. Pembebanan portal, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa.
6. Jenis pembebanan, beban merata dan beban terpusat

Data-data input program komputer disajikan dalam lampiran-lampiran. Hasil output dari perhitungan analisis struktur portal, berupa reaksi dukungan, joint displacements, dan gaya-gaya dalam untuk keperluan perhitungan desain balok dan kolom sebagai elemen portal, disajikan dalam lampiran-lampiran. Langkah-langkah pemograman SAP90 menurut (Wilson dan Habibullah, 1990).

Selanjutnya akan dibahas mengenai perhitungan pembebanan portal sebagai input dalam program aplikasi komputer SAP 90 untuk kepentingan analisis struktur portal.

6.1 Perhitungan Pembebanan Portal

Pembebanan portal meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa kiri/kanan. Besarnya beban yang dipakai sesuai dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987.

1. Beban yang digunakan meliputi.

a. Beban Mati

Beban mati ditetapkan seperti tercantum pada Tabel 6.1

Tabel 6.1 Beban Mati

No.	Jenis Material	Beban
1.	Beton bertulang	24 kN/m ³
2.	Tegel per	24 kN/m ³
3.	Spesi	21 kN/m ³
4.	Plafond	0,18 kN/m ²
5.	Aspal	14 kN/m ³
6.	Tembok	2,5 kN/m ²

Perhitungan pembebanan plat lantai untuk beban mati per m²:

- Plat beton = 0,12. 1,0. 1,0. 24 = 2,88 kN/m²
- Tegel = 0,02. 1,0. 1,0. 24 = 0,48 kN/m²
- Spesi = 0,04. 1,0. 1,0. 21 = 0,84 kN/m²
- Plafond = 1,0. 1,0. 0,18 = 0,18 kN/m² +
4,40 kN/m²

Perhitungan pembebanan plat atap untuk beban mati per m²:

- Plat beton = 0,12. 1,0. 1,0. 24 = 2,88 kN/m²
- Aspal = 0,04. 1,0. 1,0. 14 = 0,56 kN/m²
- Plafond = 1,0. 1,0. 0,18 = 0,18 kN/m² +
3,62 kN/m²

b. Beban Hidup

Beban hidup untuk ruang kuliah ditetapkan = 2,5 kN/m², dan beban hidup untuk pekerja atap ditetapkan = 1 kN/m².

c. Beban Gempa

Beban gempa dihitung berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung.

Gaya geser total akibat gempa ditentukan berdasarkan metode statik ekuivalen menurut persamaan: (PPKGURDG 1987)

$$V = C.I.K.W_i \quad (6-1)$$

dengan:

C = koefisien gempa dasar

I = faktor keutamaan, diambil $I=1,5$

K = faktor jenis struktur, diambil $K=1$

W_i = massa bangunan

Untuk perencanaan daktilitas penuh (Kusuma dan Andriano, 1993):

$$V = C.I.K.W_i$$

Untuk perencanaan daktilitas terbatas (Kusuma dan Andriano, 1993):

$$V = 2.C.I.K.W_i$$

Distribusi beban lateral ke masing-masing tingkat dihitung dengan persamaan (PPKGURDG, 1987):

$$F_i = \frac{W_i . h_i}{\sum W_i . h_i} . V \quad (6-2)$$

dengan:

F_i = Gaya geser horisontal akibat gempa pada lantai ke- i

h_i = tinggi lantai ke- i terhadap lantai dasar

V = gaya geser horisontal total akibat gempa

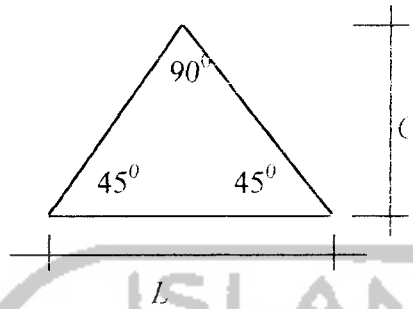
W_i = beban total tiap lantai

2. Jenis pembebanan Portal meliputi.

a. Pembebanan Merata

Pembebanan merata adalah distribusi beban plat ke balok tumpuan, dalam hal ini digunakan cara pembebanan amplop, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

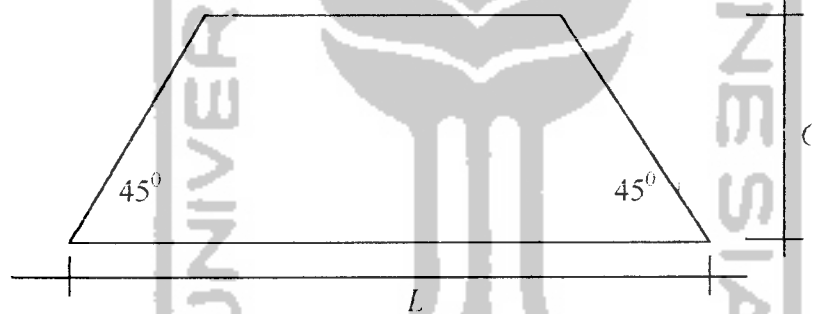
- Untuk beban bentang pendek:



Gambar 6.1 Distribusi beban merata pada bentang pendek

Beban merata = beban per $m^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot C$

- Untuk beban bentang panjang



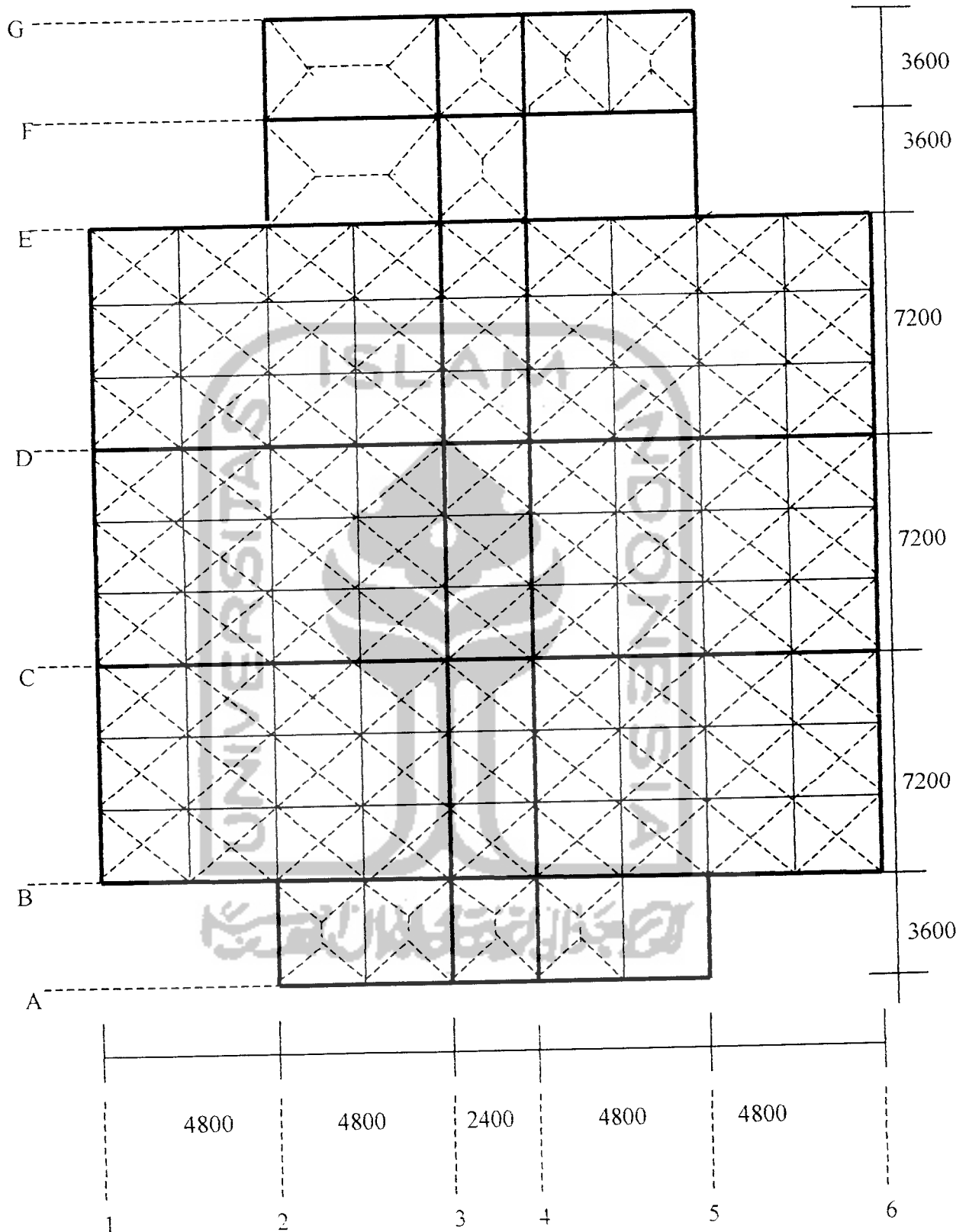
Gambar 6.2 Distribusi beban merata pada bentang panjang

Beban merata = beban per $m^2 \cdot (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2))$

Distribusi pembebanan merata pada balok tumpuan dapat dilihat pada Gambar 6.3.

b. Pembebanan Titik

Pembebanan titik untuk beban mati dan beban hidup, berasal dari reaksi tumpuan balok anak dan reaksi tumpuan rangka baja yang telah dihitung sebelumnya pada perencanaan balok anak (Bab V) untuk beban titik akibat balok anak, dan perencanaan atap (Bab IV) untuk beban titik akibat beban rangka baja.



Gambar 6.3 Pembagian beban amlop pada balok induk dan balok anak lantai 1-4 (Skala 1 : 180)

6.1.1 Perhitungan Pembebanan PORTAL AS 1 dan AS 6

A. Beban Gravitasi Mati

a. Beban mati atap merata (elemen 64 s/d 69)

- Balok ring : $qD = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 24 = 7,2 \text{ kN/m}$

b. Beban mati atap terpusat

- $PD1'$: Rangka atap K1 = 51,876 kN (nodal 52)

- $PD2'$: Rangka atap K2 = 49,044 kN (nodal 51 dan 53)

- $PD3'$: Rangka atap K3 = 45,663 kN (nodal 50 dan 54)

- $PD4'$: Rangka atap K4 = 14,227 kN (nodal 49 dan 55)

c. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (elemen 28 s/d 63)

- Plat : $2/3 \cdot 1,2 \cdot 4,40 = 3,52 \text{ kN/m}$

- Balok : $(0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$

- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = 7,75 \text{ kN/m} +$

$qD = 19,91 \text{ kN/m}$

d. Beban mati terpusat lantai 1,2,3, dan 4 (nodal 10 s/d 47)

- PD : beban mati dari balok anak = 38,17 kN

e. Beban mati merata sloof (elemen 25 s/d 27)

- Balok sloof : $qD = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 24 = 5,76 \text{ kN/m}$

Beban mati portal as 1 dan as 6 disajikan pada Gambar 6.4

B. Beban Gravitasi Hidup

a. Beban hidup atap terpusat

- $PL1'$: Pekerja rangka atap K1 = 18 kN (nodal 52)

- $PL2'$: Pekerja rangka atap K2 = 18 kN (nodal 51 dan 53)

- $PL3'$: Pekerja rangka atap K3 = 18 kN (nodal 50 dan 54)

- $PL4'$: Pekerja rangka atap K4 = 4 kN (nodal 49 dan 55)

b. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (elemen 28 s/d 63)

- Ruang kuliah : $qL = 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 2,5 = 2 \text{ kN/m}$

c. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3, dan 4 (nodal 10 s/d 47)

- PL : beban hidup dari balok anak = 14,07 kN

Beban hidup portal as 1 dan as 6 disajikan pada Gambar 6.5

C. Beban gempa.

a. Berat Atap

Beban mati

- Balok ring : $0,5 \cdot 0,6 \cdot 21,6 \cdot 24 = 155,52 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,8 \cdot 24 \cdot 4 = 178,752 \text{ kN}$
- $PD1'$: Rangka atap K1 = $51,876 \text{ kN}$
- $PD2'$: Rangka atap K2: $2 \cdot 49,044 = 98,088 \text{ kN}$
- $PD3'$: Rangka atap K3: $2 \cdot 45,663 = 91,326 \text{ kN}$
- $PD4'$: Rangka atap K4: $2 \cdot 14,227 = 28,454 \text{ kN} + 521,072 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi

- $PL1'$: Pekerja rangka atap K1 = $0,5 \cdot 18 = 9,0 \text{ kN}$
- $PL2'$: Pekerja rangka atap K2 = $0,5 \cdot 2 \cdot 18 = 18 \text{ kN}$
- $PL3'$: Pekerja rangka atap K3 = $0,5 \cdot 2 \cdot 18 = 18 \text{ kN}$
- $PL4'$: Pekerja rangka atap K4 = $0,5 \cdot 2 \cdot 4 = 4,0 \text{ kN} + 49 \text{ kN}$

Berat total atap = $521,072 + 49 = 570,072 \text{ kN}$

b. Beban Lantai 1,2,3, dan 4

Beban mati

- Plat : $2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 4,40 \cdot 21,6 = 75,686 \text{ kN}$
- Balok : $(0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 \cdot 21,6 = 186,624 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 \cdot 21,6 = 167,4 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,8 \cdot 24 \cdot 4 = 44,688 \text{ kN}$
- Balok anak : $38,17,6 = 229,02 \text{ kN} + 692,258 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi lantai

- Ruang kuliah = $0,5 \cdot 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 2,5 \cdot 21,6 = 21,6 \text{ kN}$
- Dari balok anak = $0,5 \cdot 14,07,6 = 42,21 \text{ kN} + 61,77 \text{ kN}$

Beban total lantai 4 = $692,258 + 61,77 = 754,028 \text{ kN}$

c. Beban total $Wt = 570,072 + 4 \cdot 754,028 = 3586,184 \text{ kN}$

d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKGURDG,1987):

$$T = 0,06.H^{3/4} = 0,06. 20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$$

- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T= 0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKGURDG,1987)
 $V = C.I.K.W_T = 0,07. 1,5. 1,0.3586,184 = 376,549 \text{ kN}$
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini. (PPKGURDG,1987)

$$F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} . V$$

dengan: F_i = Gaya geser horisontal akibat gempa pada lantai ke-i

h_i = tinggi lantai ke-i terhadap lantai dasar

V = gaya geser horisontal total akibat gempa

W_i = beban total tiap lantai

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel.6.2 Distribusi gaya geser gempa PORTAL AS 1 dan AS 6

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	570,072	376,549	11743,483	97,783
4	16,8	754,028	376,549	12667,67	105,48
3	13	754,028	376,549	9802,364	81,621
2	9,2	754,028	376,549	6937,0576	57,762
1	5,4	754,028	376,549	4071,7512	33,904
	$\Sigma =$	3586,184		45222,326	278,77

- i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh:(PPKGURDG,1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i . d_i^2}{g . \sum F_i . d_i} \right)}$$

dengan: W_i = Berat lantai ke-i.

F_i = gaya gempa lantai ke-i.

d_i = deformasi lateral total akibat F_i yang terjadi pada lantai ke-i, dari hasil perhitungan analisa struktur.

g = percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/det}^2$.

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.3 Waktu getar bangunan dengan cara T Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_i (m)	d_i^2 (m ²)	F_i (kN)	$W_i \cdot d_i^2$ (kN.m ²)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
Atap	570,072	0,016	0,000256	97,783	0,1459	1,5645
4	754,028	0,014	0,000196	105,48	0,1478	1,4767
3	754,028	0,011	0,000121	81,621	0,0912	0,8978
2	754,028	0,008	0,000064	57,762	0,0483	0,4621
1	754,028	0,004	0,000016	33,904	0,0121	0,1356
				$\Sigma =$	0,4453	4,5368

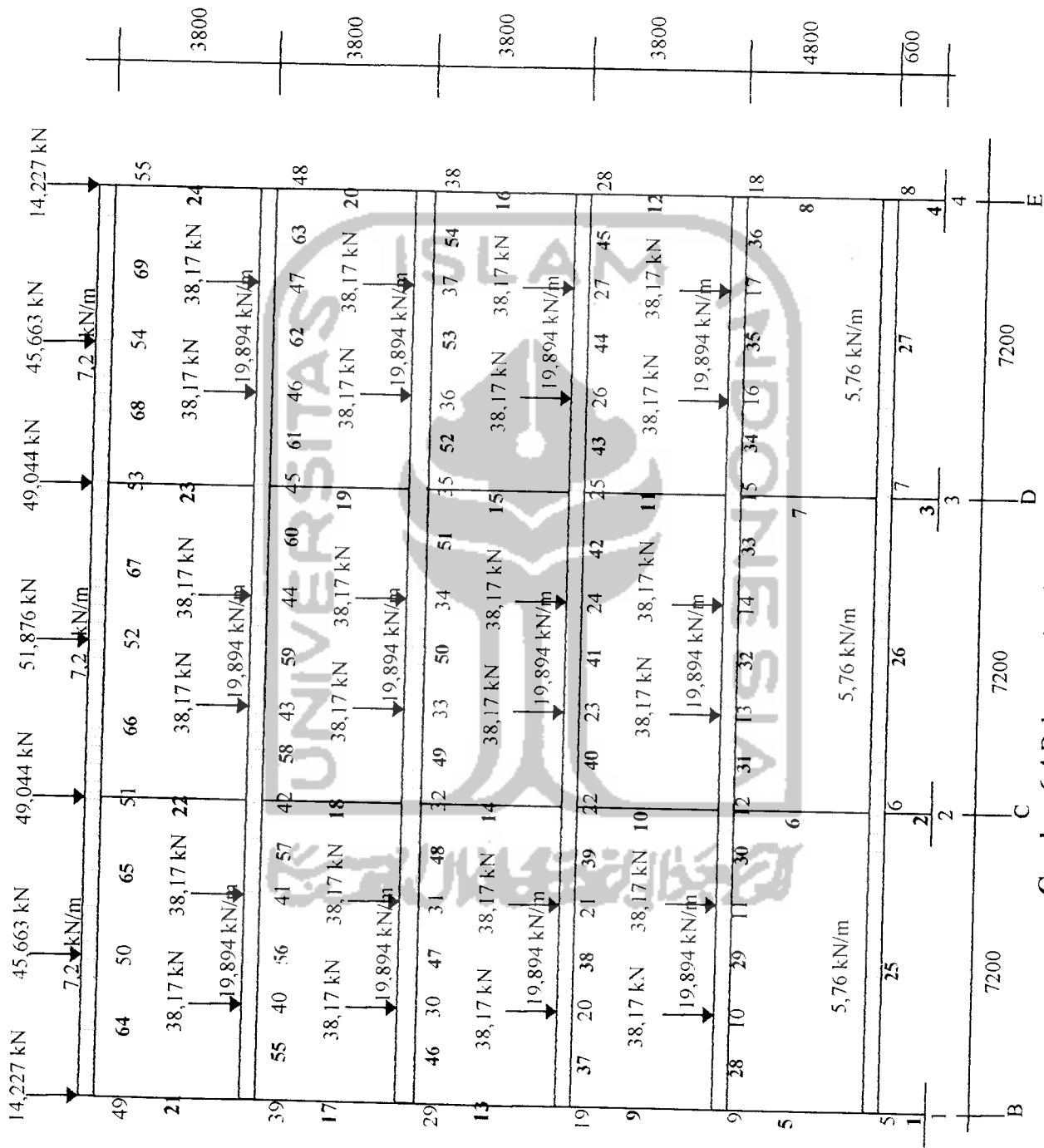
$$T = 6,3 \sqrt{(0,4453 / (9,81 \times 4,5368))}$$

$$= 0,63 \text{ detik}$$

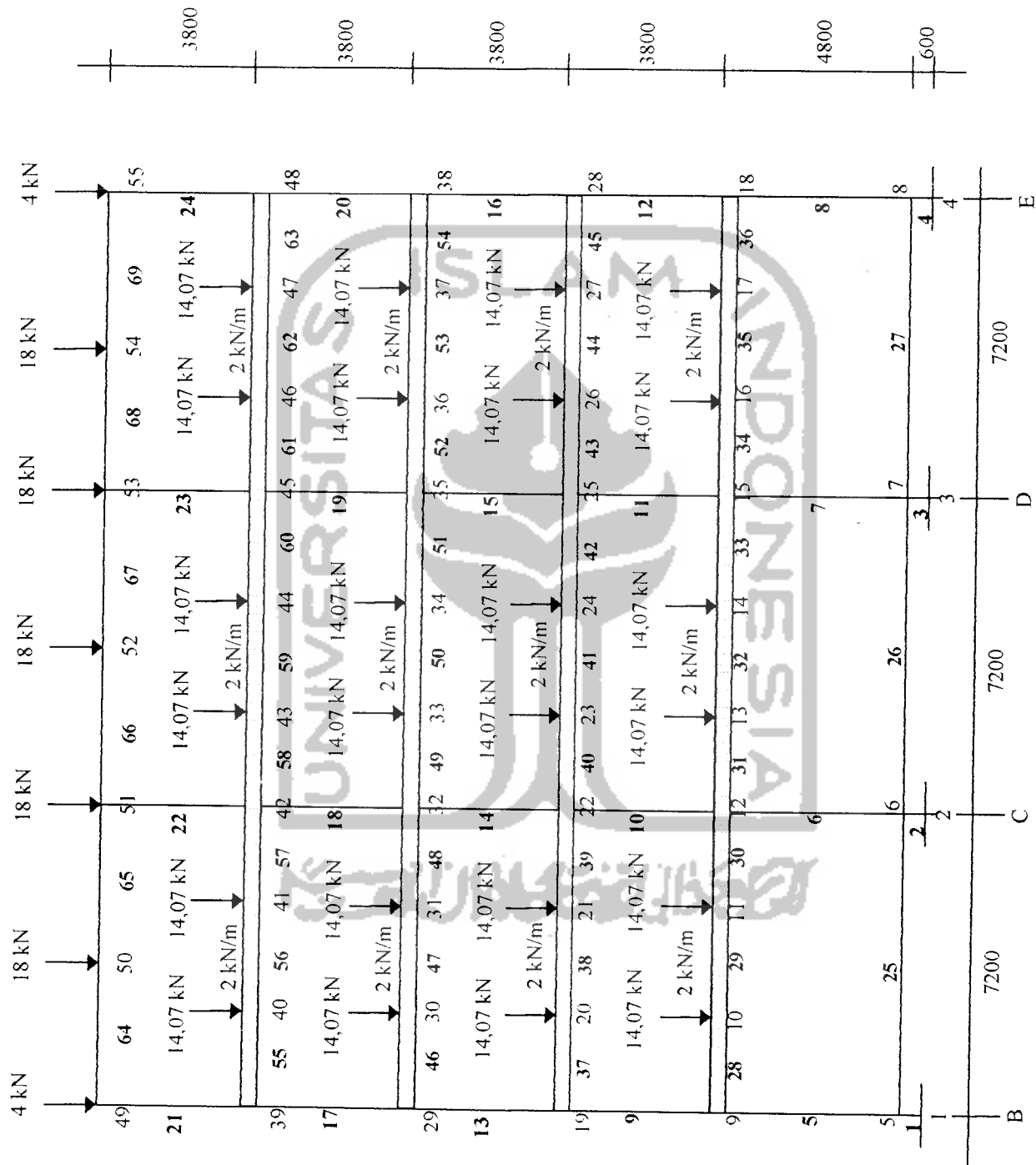
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,63$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara T Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

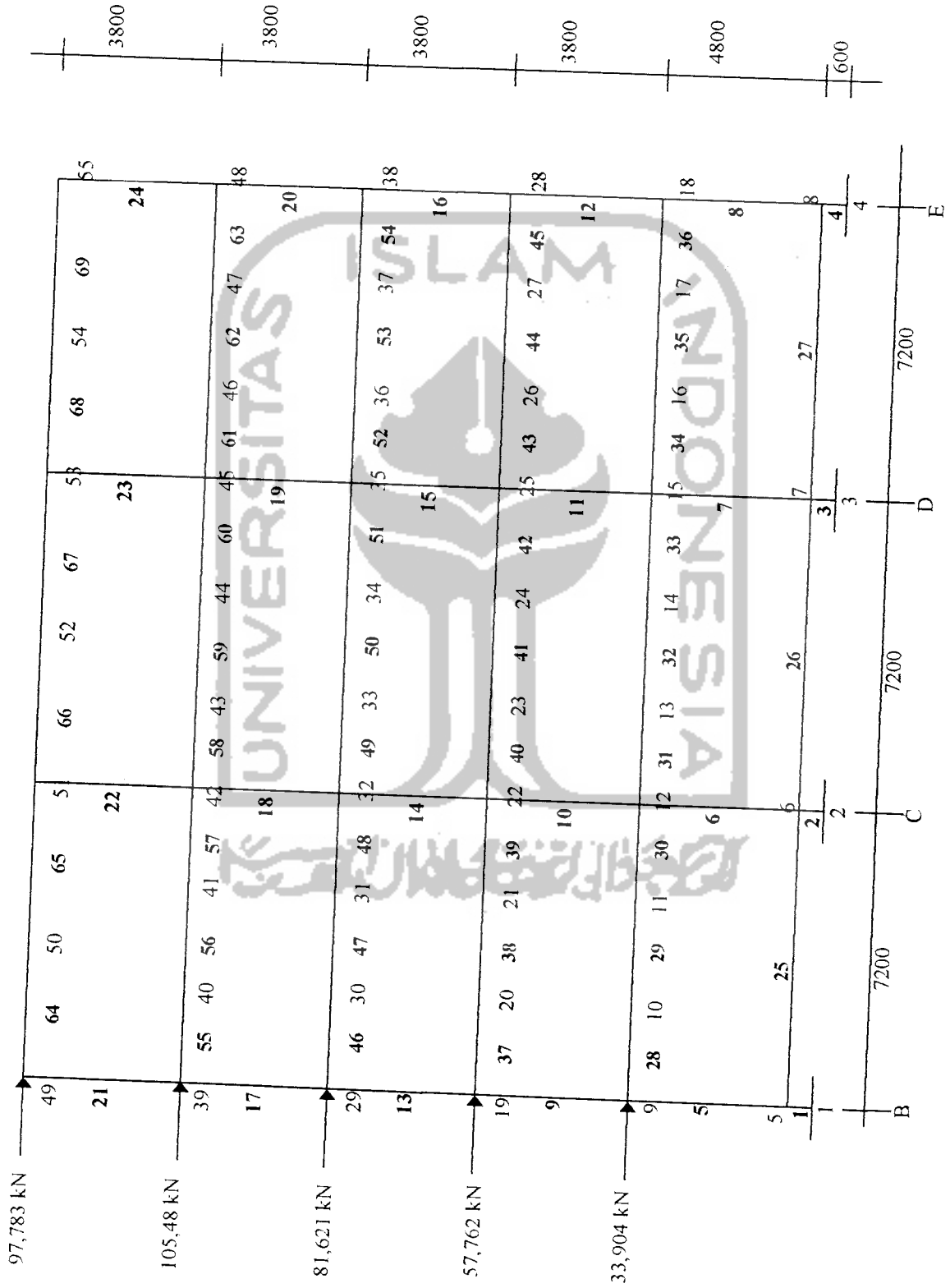
Beban gempa portal as 1 dan as 6 disajikan pada Gambar 6.6.



Gambar 6.4 Beban mati pada Portal as 1 dan as 6



Gambar 6.5 Beban hidup pada Portal as 1 dan as 6



Gambar 6.6 Beban gempa pada Portal as 1 dan as 6

6.1.2 Perhitungan Pembebanan PORTAL AS 2 dan AS 5

1. Portal AS 2 (A-B) dan AS 5 (A-B)

A. Beban Mati

- a. Beban mati merata atap (no. elemen 18)

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,2^2/3,6^2)) = 0,852 < 1$$

- Beban plat : $0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 = 3,701 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = \underline{3,36 \text{ kN/m}}$ +
- $$qD = 7,061 \text{ kN/m}$$

- b. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen 13 s/d 17)

- Plat : $0,852 \cdot 1,2 \cdot 4,40 = 4,499 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = 3,36 \text{ kN/m}$
 - Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}}$ +
- $$qD = 15,61 \text{ kN/m}$$

Beban mati portal as2 dan as 5 (A-B) disajikan pada Gambar 6.7

B. Beban Hidup

- a. Beban hidup merata atap (no. elemen 18)

- Pekerja atap : $qL = 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,022 \text{ kN/m}$

- b. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen 13 s/d 17)

- Ruang kuliah : $qL = 0,852 \cdot 1,2 \cdot 2,5 = 2,556 \text{ kN/m}$

Beban hidup portal as 2 dan as 5 (A-B) disajikan pada Gambar 6.8

C. Beban gempa.

- a. Berat Atap

Beban mati

- Beban plat : $0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 \cdot 3,6 = 13,322 \text{ kN}$
 - Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 \cdot 3,6 = 12,096 \text{ kN}$
 - Kolom : $0,25 \cdot (0,5 + 0,45) \cdot 24 \cdot 3,8 = 21,66 \text{ kN}$
 - Kolom : $0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,8 \cdot 24 = \underline{44,688 \text{ kN}}$ +
- $$91,766 \text{ kN}$$

Beban hidup tereduksi

- Pekerja atap : $0,5 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 3,6 = 1,841 \text{ kN}$

$$\text{Berat total atap} = 91,766 + 1,841 = 93,607 \text{ kN}$$

b. Berat Lantai 1,2,3, dan 4

Beban mati

- Beban plat : $0,852.1,2.4,4. 3,6 = 16,195 \text{ kN}$
- Balok : $(0,2.0,7).24.3,6 = 12,096 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8-0,7).2,5.3,6 = 27,9 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25.(0,5+0,45).24.3,8 = 21,66 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7.0,7.24.3,8 = 44,688 \text{ kN} +$
 $119,666 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi

- Ruang kuliah : $0,5.0,852.1,2.2,5.3,6 = 4,601 \text{ kN}$

Berat total lantai 4 = $119,666 + 4,601 = 124,267 \text{ kN}$ c. Beban total $W_i = 93,607 + 4.124,267 = 590,675 \text{ kN}$

d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):

$$T = 0,06.H^{3/4} = 0,06. 20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$$

e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)

g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKURDG,1987)

$$V = C.I.K.W_i = 0,07. 1,5. 1,0.590,675 = 62,021 \text{ kN}$$

h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini. (PPKGURDG,1987)

$$F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} . V$$

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel.6.4 Distribusi gaya geser gempa PORTAL AS 2(A-B) dan AS 5(A-B)

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	93,607	62,021	1928,3042	16,062
4	16,8	124,267	62,021	2087,6856	17,39
3	13	124,267	62,021	1615,471	13,456
2	9,2	124,267	62,021	1143,2564	9,523
1	5,4	124,267	62,021	671,0418	5,590
	$\Sigma =$	590,675		7445,759	45,959

i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh (PPKGURDG, 1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.5. Waktu getar bangunan dengan cara T Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_{ix} (m)	d_{ix}^2 (m ²)	F_{ix} (kN)	$W_i \cdot d_{ix}^2$ (kN.m ²)	$F_{ix} \cdot d_{ix}$ (kN.m)
Atap	93,607	0,0123	0,000151	16,062	0,0142	0,1976
4	124,267	0,0106	0,000112	17,39	0,0140	0,1843
3	124,267	0,0083	0,000069	13,456	0,0086	0,1117
2	124,267	0,0055	0,000030	9,523	0,0038	0,0524
1	124,267	0,0026	0,000007	5,59	0,0008	0,0145
				$\Sigma =$	0,0413	0,5605

$$T = 6,3 \sqrt{(0,0413 / (9,81 \times 0,5605))}$$

$$= 0,55 \text{ detik}$$

Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,55$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara T Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

Beban gempa portal as 2 dan as 5 (A-B) disajikan pada Gambar 6.9

2. Portal AS 2 (E-G) dan AS 5 (E-G)

A. Beban Mati

a. Beban mati merata atap (no. elemen: 29 s/d 30)

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot (C^2/L^2))) = (1 - (4/3 \cdot (1,2^2/3,6^2))) = 0,852 < 1$$

$$\text{Beban plat} : \gamma \cdot 3,62 = 0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 = 3,701 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = 3,36 \text{ kN/m} +$$

$$q/D = 7,061 \text{ kN/m}$$

b. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 21 s/d 28)

- Plat : $2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,6 \cdot 4,38 = 5,256 \text{ kN/m}$

- Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = 3,36 \text{ kN/m}$

- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}}$
 $qD = 16,366 \text{ kN/m}$

c. Beban mati merata sloof (no. elemen: 19 s/d 20)

- Balok sloof : $qD = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 24 = 5,76 \text{ kN/m}$

Beban mati portal as 2 dan as 5 (E-G) disajikan pada Gambar 6.7

B. Beban Hidup

a. Beban hidup merata atap (no. elemen: 29 s/d 30)

- Pekerja atap : $qL = 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,022 \text{ kN}$

b. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 19 s/d 28)

- Ruang kuliah : $qL = 2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = 3 \text{ kN/m}$

Beban hidup portal as 2 dan as 5 (E-G) disajikan pada Gambar 6.8

C. Beban gempa.

a. Beban Atap

Beban mati

- Beban plat : $0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 \cdot 7,2 = 26,648 \text{ kN}$

- Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 \cdot 7,2 = 24,192 \text{ kN}$

- Kolom = $0,25 \cdot (0,5 + 0,45) \cdot 24 \cdot 3,8 = 21,66 \text{ kN}$

- Kolom : $0,25 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 = 15,96 \text{ kN}$

- Kolom : $0,7 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 = \underline{44,688 \text{ kN}}$

$= 133,148 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi

- Pekerja atap : $0,5 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 7,2 = 3,680 \text{ kN}$

Beban total atap = $133,148 + 3,680 = 136,828 \text{ kN}$

b. Beban Lantai 4

Beban mati lantai 1,2,3, dan 4

- Plat : $2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,6 \cdot 4,38 \cdot 7,2 = 37,843 \text{ kN}$

- Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 \cdot 7,2 = 24,192 \text{ kN}$

- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 \cdot 7,2 = 55,8 \text{ kN}$

- Kolom : $0,25 \cdot (0,5+0,45) \cdot 24 \cdot 3,8 = 21,66 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 = 15,96 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 = \underline{44,688 \text{ kN}}$
 $= 200,143 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi lantai 1,2,3, dan 4

Ruang kuliah : $0,5 \cdot 2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,6 \cdot 2,5 \cdot 7,2 = 10,8 \text{ kN/m}$

Beban total lantai 4 = $200,143 + 10,8 = 210,943 \text{ kN}$

- c. Beban total $W_t = 136,828 + 4 \cdot 210,943 = 980,6 \text{ kN}$
- d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (Gideon,1993):
 $T = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot 20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$
- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T = 0,58 \text{ detik}$, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKURDG,1987)
 $V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t = 0,07 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 980,6 = 102,963 \text{ kN}$
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini. (PPKURDG,1987)

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

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel. 6.6 Distribusi gaya geser gempa PORTAL AS 2(E-G) dan AS 5(E-G)

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i \cdot h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	136,828	102,963	2818,6568	23,819
4	16,8	210,943	102,963	3543,8424	29,947
3	13	210,943	102,963	2742,259	23,173
2	9,2	210,943	102,963	1940,6756	16,399
1	5,4	210,943	102,963	1139,0922	9,626
	$\Sigma =$	980,6		12184,526	79,144

- i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh. (PPKURDG,1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.7 Waktu getar bangunan dengan cara T Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_{ix} (m)	d_{ix}^2 (m ²)	F_{ix} (kN)	$W_i \cdot d_{ix}^2$ (kN.m ²)	$F_{ix} \cdot d_{ix}$ (kN.m)
Atap	136,828	0,0167	0,000279	23,819	0,0382	0,3978
4	210,943	0,0149	0,000222	29,947	0,0468	0,4462
3	210,943	0,012	0,000144	23,173	0,0304	0,2781
2	210,943	0,0082	0,000067	16,399	0,0142	0,1345
1	210,943	0,0038	0,000014	9,626	0,0030	0,0366
				$\Sigma =$	0,1326	1,2931

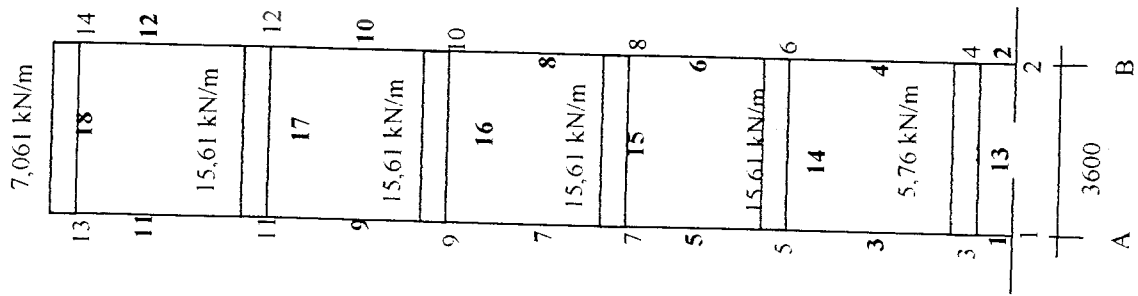
$$T = 6,3 \sqrt{(0,1326 / (9,81 \times 1,2931))}$$

$$= 0,64 \text{ detik}$$

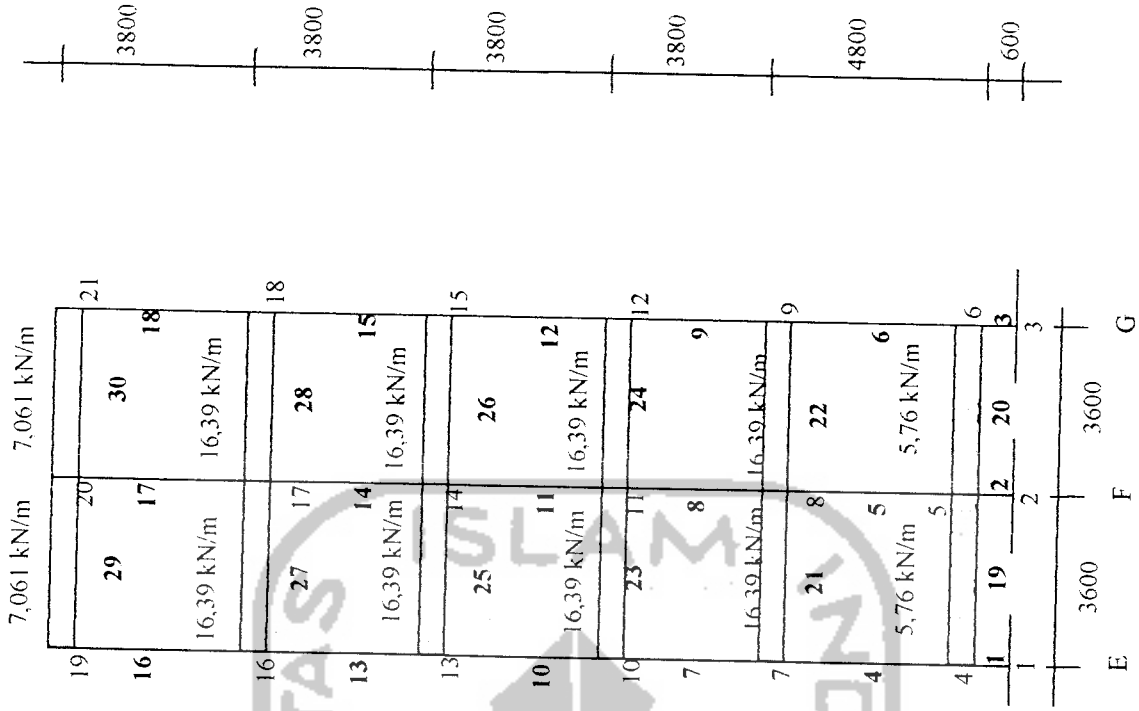
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,64$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara T Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

Beban gempa portal as 2 dan as 5 (E-G) disajikan pada Gambar 6.9

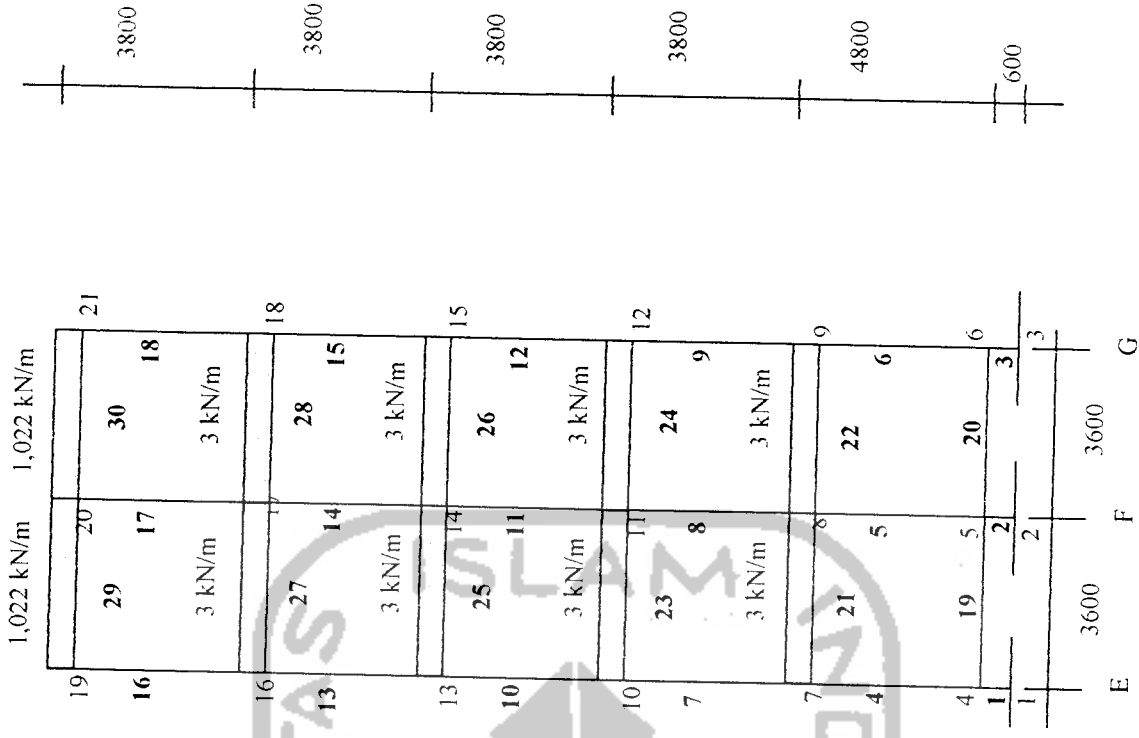
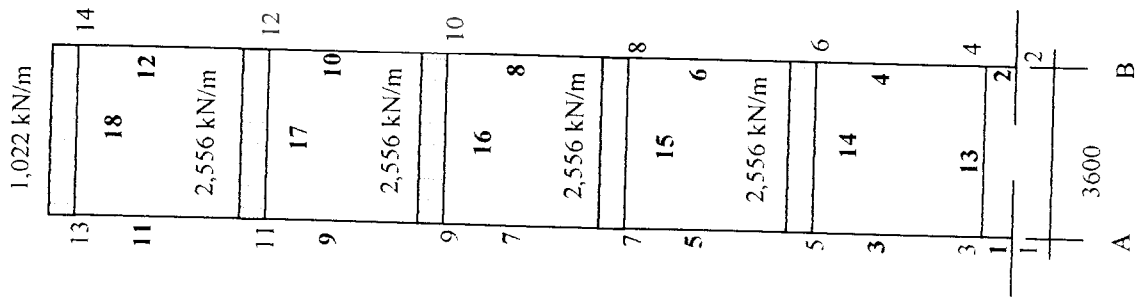


Portal as 2 (A-B) dan as 5 (A-B)



Portal as 2 (E-G) dan as 5 (E-G)

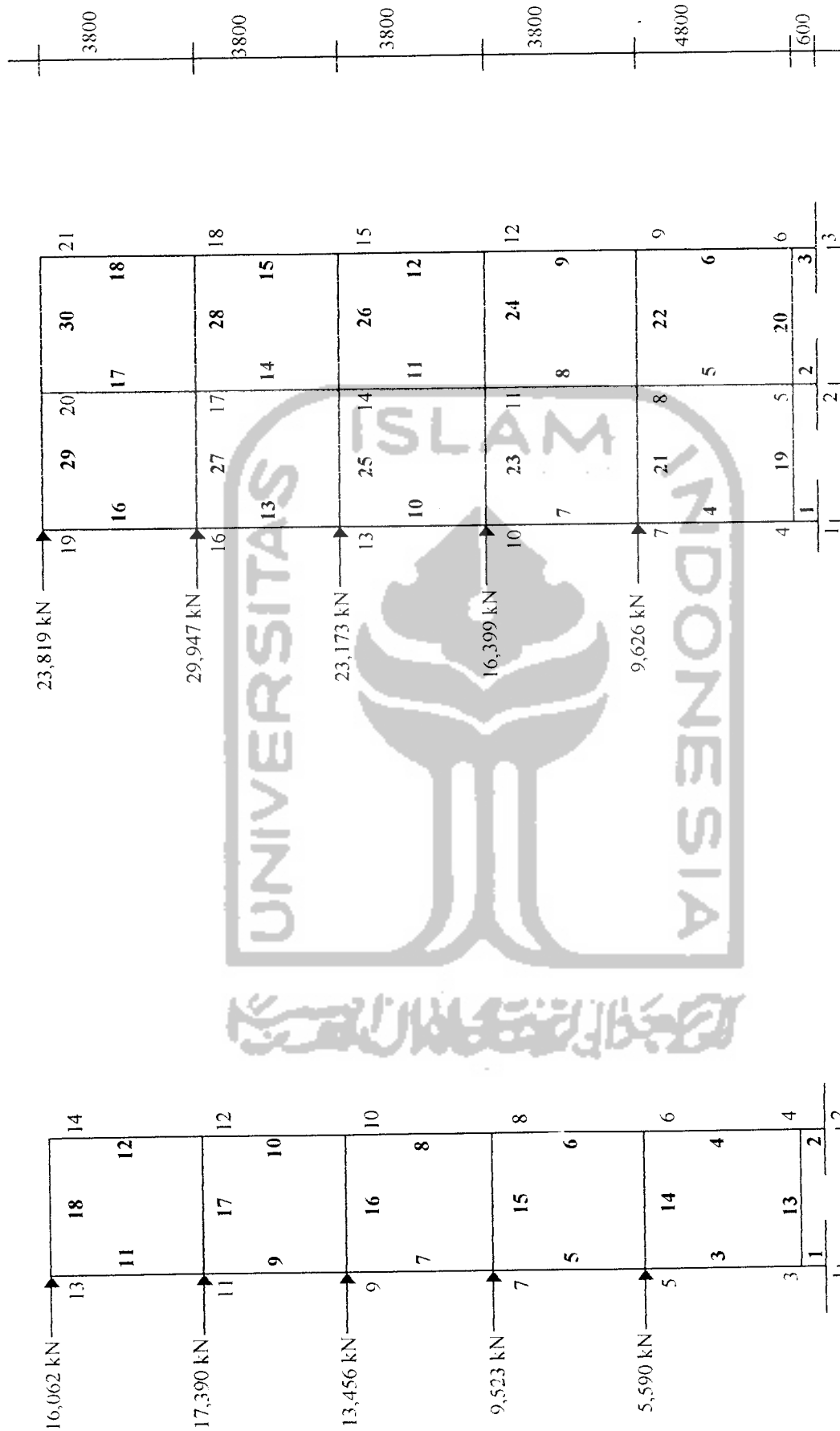
Gambar 6.7 Beban mati pada portal as 2 dan as 5



Portal as 2 (A-B) dan as 5 (A-B)

Portal as 2 (E-G) dan as 5 (E-G)

Gambar 6.8 Beban hidup pada Portal as 2 dan as 5



Portal as 2 (A-B) dan as 5 (A-B) Portal as 2 (E-G) dan as 5 (E-G)

Gambar 6.9 Beban gempa pada Portal as 2 dan as 5

6.1.3 Perhitungan Pembebanan PORTAL as 3 dan as 4

A. Beban Mati

- a. Beban mati merata atap (no. elemen: 95 s/d 97)

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot (c^2/L^2))) = (1 - (4/3 \cdot 1,2^2/3,6^2)) = 0,852 < 1$$

$$\text{Beban plat} : 2 \cdot \gamma \cdot 1,2 \cdot 3,62 = 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 = 7,402 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = \underline{8,64 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 16,042 \text{ kN/m}$$

- b. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 47,59,71,dan 83)

$$\text{Plat} : 2 \cdot 0,852 \cdot 4,38 = 8,957 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$$

$$\text{Tembok} : (3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 25,347 \text{ kN/m}$$

- c. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 48-56, 60-68, 72-80, dan 84-92)

$$\text{Plat} : 0,852 \cdot 1,2 \cdot 4,38 = 4,478 \text{ kN/m}$$

$$\text{Plat} : 2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,6 \cdot 4,38 = 5,256 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$$

$$\text{Tembok} : (3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 26,124 \text{ kN/m}$$

- d. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 57,58,69,70,93,dan 94)

$$\text{Plat} : 2 \cdot 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 4,38 = 7,008 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$$

$$\text{Tembok} : (3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 23,398 \text{ kN/m}$$

- e. Beban mati terpusat lantai 1,2,3, dan 4 (nodal: 17-24, 30-37, 43-50,dan 56-63)

$$\text{Balok anak} : PD = 38,17 + 10,61 = 48,78 \text{ kN}$$

- f. Beban mati merata sloof

$$\text{Berat sendiri sloof} : qD = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 24 = 5,76 \text{ kN/m (no. elemen: 41 s/d 46)}$$

Beban mati portal as 3 dan as 4 disajikan pada Gambar 6.10

B. Beban Hidup

- a. Beban hidup merata atap (no. elemen: 95 s/d 97)

$$\text{Pekerja atap} : qL = 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,045 \text{ kN/m}$$

- b. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 47,59,71,dan 83)
- Ruang kuliah : $qL = 2.0,852.1,2.2,5 = 5,112 \text{ kN/m}$
- c. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 48-56, 60-68, 72-80, dan 84-92)
- Ruang kuliah : $2/3.1,8.2,5 = 3 \text{ kN/m}$
 - Ruang kuliah : $0,852.1,2.2,5 = \underline{2,556 \text{ kN/m}}$ +
 $qL = 5,556 \text{ kN/m}$
- d. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 57,58,69,70,93,dan 94)
- Ruang kuliah : $qL = 2.2/3.1/2.2,4.2,5 = 4 \text{ kN.m}$
- e. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3, dan 4 (nodal: 17-24, 30-37, 43-50,dan 56-63)
- Balok anak : $PL = (14,07 + 4,8) = 18,87 \text{ kN}$

Beban hidup portal as 3 dan as 4 disajikan pada Gambar 6.11

C. Beban gempa.

a. Berat Atap

. Beban mati

- Beban plat : $2.0,852.1,2.3,62.10,8 = 79,944 \text{ kN}$
- Balok : $(0,6.0,4+0,4.0,3).24.10,8 = 93,312 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25.0,7.24.3,8.3 = 47,88 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7.0,7.24.3,8.2 = \underline{89,376 \text{ kN}}$ +
 $310,512 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi

- Pekerja atap : $0,5.2.0,852.1,2.1.10,8 = 11,042 \text{ kN}$

Beban total atap = $310,512 + 11,042 = 321,554 \text{ kN}$

b. Berat Lantai 1,2,3, dan 4

Beban mati

- Plat as A-B : $2.0,852.1,2.4,38.3,6 = 32,243 \text{ kN}$
- Plat as B-E : $2.2/3.1/2.2,4.4,38.21,6 = 151,373 \text{ kN}$
- Plat as E-G : $(4,478 + 5,256).7,2 = 70,085 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8-0,7).2,5.32,4 = 251,1 \text{ kN}$
- Balok : $(0,6.0,4+0,4.0,3).24.32,4 = 279,936 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25.0,7.24.3,8.3 = 47,88 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7.0,7.24.3,8.4 = 178,752 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} - \text{ Balok anak} : 48,78.6 &= \underline{332,68 \text{ kN}} + \\ &1447,113 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban hidup tereduksi

$$\begin{aligned} - \text{ Plat as A-B} : 0,5.2.0,852.1,2.2,5.3,6 &= 9,202 \text{ kN} \\ - \text{ Plat as B-E} : 0,5.2.2/3.1/2.2,4.2,5.21,6 &= 43,2 \text{ kN} \\ - \text{ Plat as E-G} : 0,5.(3+2,556).7,2 &= 20,002 \text{ kN} \\ - \text{ Balok anak} : 0,5.15,39.12 &= \underline{80,34 \text{ kN}} + \\ &152,744 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban total lantai 4} = 1447,113 + 152,744 = 1599,857 \text{ kN}$$

- c. Beban total $W_1 = 321,554 + 4.1599,857 = 6720,982 \text{ kN}$
- d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):
 $T = 0,06.H^{3/4} = 0,06.20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$
- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T = 0,58 \text{ detik}$, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKURDG,1987)
 $V = C.I.K.W_1 = 0,07.1,5.1,0.6720,982 = 705,703 \text{ kN}$
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung, dihitung dengan rumus berikut ini. (PPKURDG,1987)

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

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel.6.8 Distribusi gaya geser gempa PORTAL as 3 dan as 4

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	321,554	705,703	6624,0124	60,195
4	16,8	1599,857	705,703	26877,598	244,25
3	13	1599,857	705,703	20798,141	189
2	9,2	1599,857	705,703	14718,684	133,75
1	5,4	1599,857	705,703	8639,2278	78,508
	$\Sigma =$	6720,982		77657,663	645,51

i. Waktu getar struktur dengan cara *T* Rayleigh

Dengan program SAP90, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus *T* Rayleigh. (PPKURDG, 1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 6.9 Waktu getar bangunan dengan cara *T* Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_{ix} (m)	d_{ix}^2 (m ²)	F_{ix} (kN)	$W_i \cdot d_{ix}^2$ (kN.m ²)	$F_{ix} \cdot d_{ix}$ (kN.m)
Atap	321,554	0,0175	0,000306	60,195	0,0985	1,0534
4	1599,857	0,0143	0,000204	244,25	0,3272	3,4928
3	1599,857	0,0119	0,000142	189	0,2266	2,2491
2	1599,857	0,0085	0,000072	133,75	0,1156	1,1369
1	1599,857	0,0044	0,000019	78,509	0,0310	0,3454
				$\Sigma =$	0,7987	8,2776

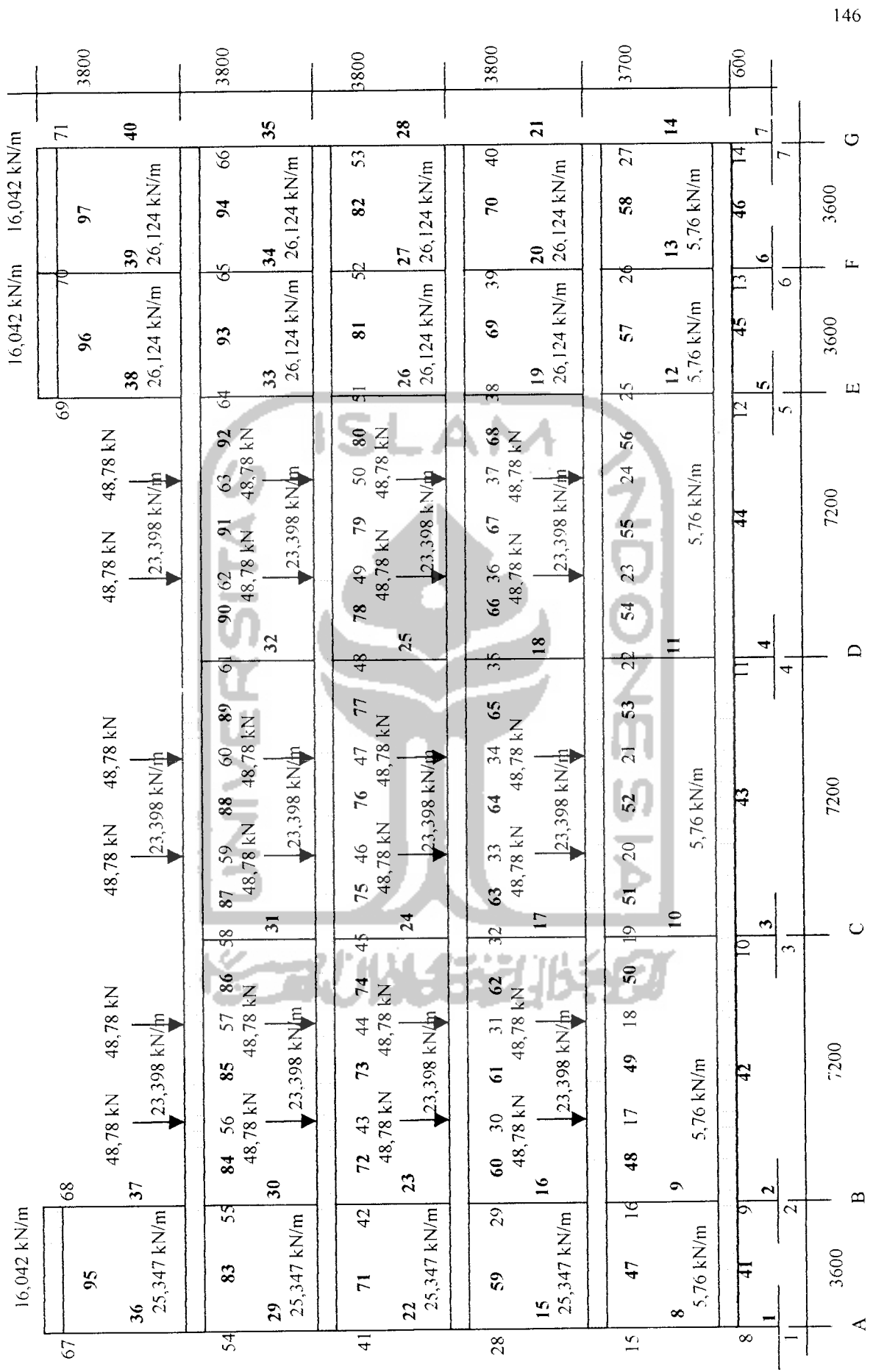
$$T = 6,3 \sqrt{(0,7987 / (9,81 \times 8,2776))}$$

$$= 0,62 \text{ detik}$$

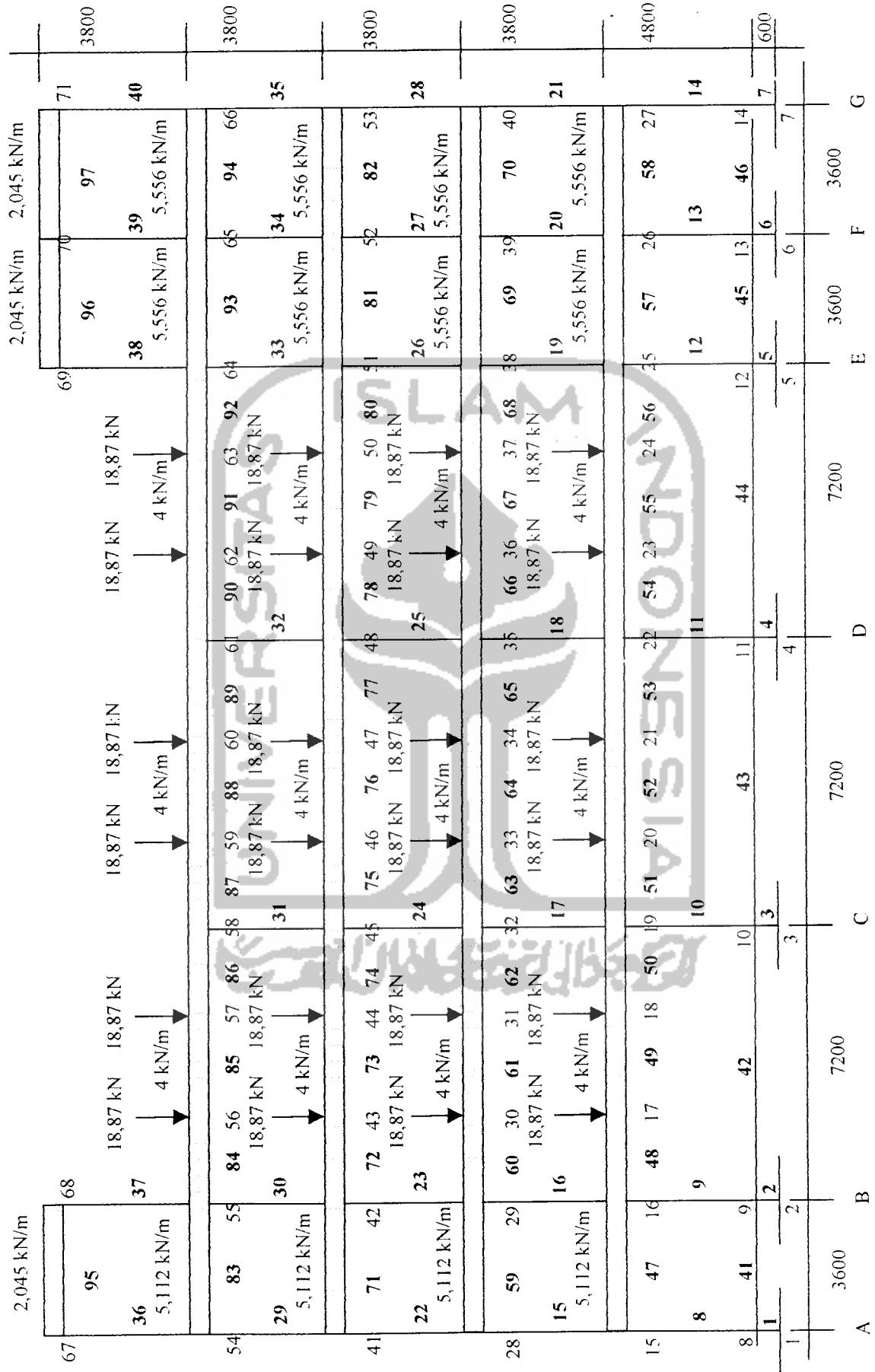
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,62$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara *T* Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

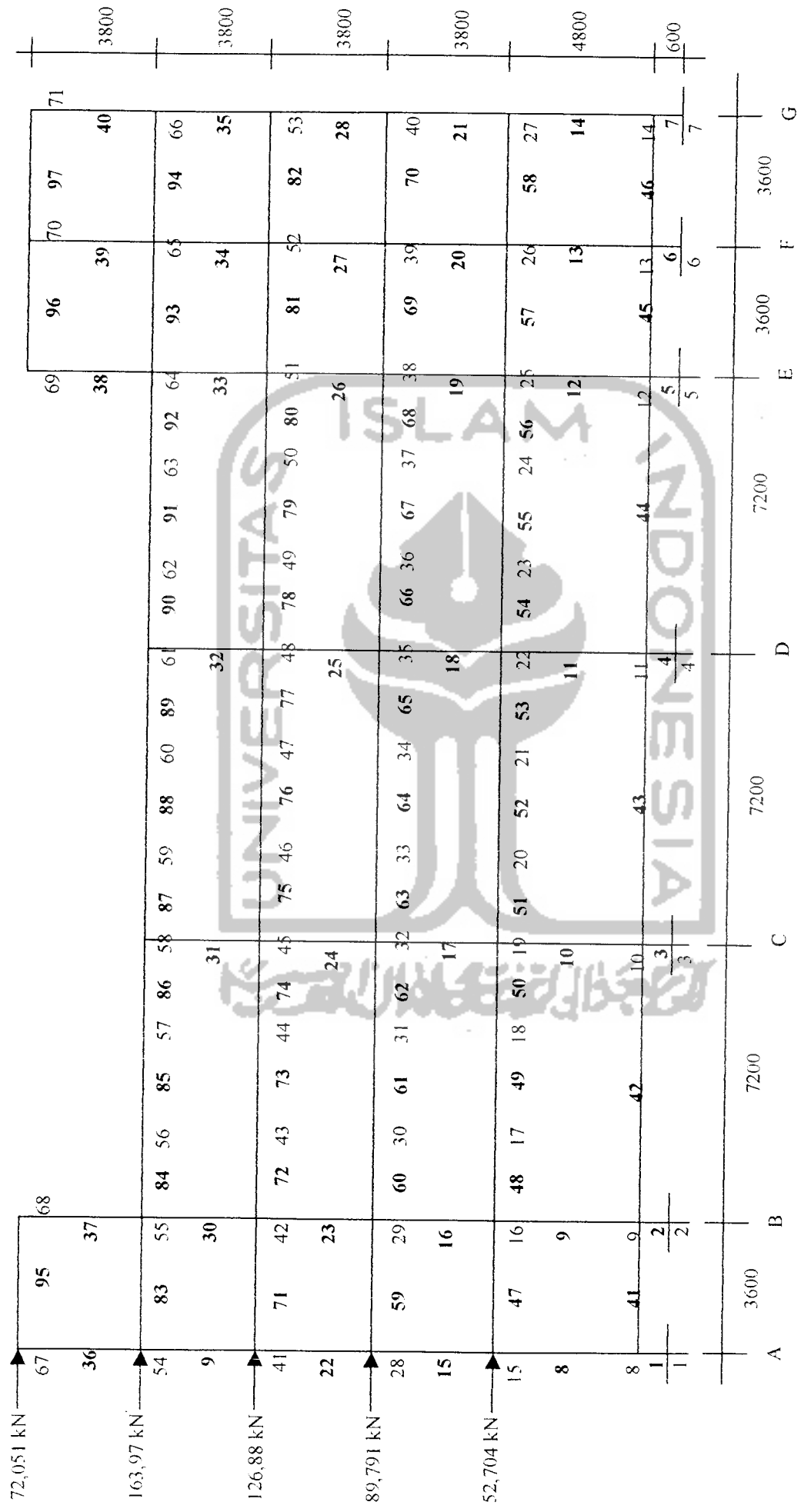
Beban gempa portal as 3 dan as 4 disajikan pada Gambar 6.12



Gambar 6.10 Beban mati pada Portal as 3 dan as 4



Gambar 6.11 Beban hidup pada Portal as 3 dan as 4



Gambar 6.12 Beban gempa pada Portal as 3 dan as 4

6.1.4 Perhitungan pembebanan PORTAL as A dan as G

A. Beban Mati

- a. Beban mati merata atap (no. elemen: 48 s/d 52)

$$\text{Beban plat} : 2/3 \cdot 1/2 \cdot 3,62 \cdot 2,4 = 2,896 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok} : (0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = \underline{3,36 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 6,256 \text{ kN/m}$$

- b. Beban mati terpusat atap (nodal: 34 dan 37)

$$\text{- Plat beban balok anak: } 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 3,62 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = 13,324 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak: } 0,3 \cdot 0,25 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = \underline{3,24 \text{ kN}} +$$

$$PD = 16,564 \text{ kN}$$

- c. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 28 s/d 47)

$$\text{- Plat} : 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 4,38 = 3,504 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Balok} : (0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 = 3,36 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Tembok} : (3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}} +$$

$$qD = 14,614 \text{ kN/m}$$

- d. Beban mati terpusat lantai 1,2,3 dan 4 (nodal: 10 s/d 31)

$$\text{- Plat beban balok anak: } 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 4,4 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = 16,195 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak: } 0,3 \cdot 0,25 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = \underline{3,24 \text{ kN}} +$$

$$PD = 19,435 \text{ kN}$$

- e. Beban mati merata sloof (no. elemen: 25 s/d 27)

$$\text{- Berat sloof: } qD = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 24 = 5,76 \text{ kN/m}$$

Beban mati portal as A dan as G disajikan pada Gambar 6.13

B. Beban Hidup

- a. Beban hidup merata atap (no. elemen: 48 s/d 52)

$$\text{- Pekerja atap} : qL = 2/3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,8 \text{ kN/m}$$

- b. Beban hidup terpusat atap (nodal: 34 dan 37)

$$\text{- Beban pekerja pada balok anak: } PL = 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = 3,681 \text{ kN}$$

- c. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 28 s/d 47)

$$\text{- Ruang kuliah} : qL = 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,4 \cdot 2,5 = 2 \text{ kN/m}$$

- d. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3 dan 4 (nodal: 10 s/d 31)

$$\text{- Beban pekerja pada balok anak: } PL = 2 \cdot 0,852 \cdot 1,2 \cdot 2,5 \cdot 3,6 \cdot 0,5 = 9,207 \text{ kN}$$

Beban hidup portal as A dan as G disajikan pada Gambar 6.14

C. Beban Gempa.

a. Beban Atap

Beban mati

- Beban plat : $2/3 \cdot 1/2 \cdot 4,38 \cdot 2,4 \cdot 12 = 42,048 \text{ kN}$
- Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 \cdot 12 = 40,32 \text{ kN}$
- Balok anak : $2 \cdot 16,564 = 33,128 \text{ kN}$
- Kolom = $0,25 \cdot (0,5 + 0,45) \cdot 24 \cdot 3,8 \cdot 2 = 43,32 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 \cdot 2 = \underline{31,92 \text{ kN}}$ +
198,08 kN

Beban hidup tereduksi

- Pekerja atap : $0,5 \cdot 2/3 \cdot 1/2 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 12 = 4,8 \text{ kN}$
- Balok anak : $0,5 \cdot 2 \cdot 3,681 = \underline{3,681 \text{ kN}}$ +
8,481 kN

Beban total atap = $198,08 + 8,481 = 206,561 \text{ kN}$

b. Beban Lantai 4

Beban mati lantai 1,2,3, dan 4

- Plat : $2/3 \cdot 1/2 \cdot 4,38 \cdot 2,4 \cdot 12 = 42,048 \text{ kN}$
- Balok : $(0,2 \cdot 0,7) \cdot 24 \cdot 12 = 40,32 \text{ kN}$
- Balok anak : $2 \cdot 19,435 = 38,87 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 \cdot 12 = 93 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25 \cdot (0,5 + 0,45) \cdot 24 \cdot 3,8 \cdot 2 = 43,32 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25 \cdot 0,7 \cdot 24 \cdot 3,8 \cdot 2 = \underline{31,92 \text{ kN}}$ +
296,674 kN

Beban hidup tereduksi lantai 1,2,3, dan 4

- Ruang kuliah : $0,5 \cdot 2/3 \cdot 1/2 \cdot 2,5 \cdot 2,4 \cdot 12 = 12 \text{ kN}$
- Balok anak : $0,5 \cdot 2 \cdot 9,207 = \underline{9,202 \text{ kN}}$ +
21,202 kN

Beban total lantai 4 = $296,674 + 21,202 = 317,876 \text{ kN}$

c. Beban total $W_l = 206,561 + 4 \cdot 317,876 = 1478,065 \text{ kN}$

d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):

$$T = 0,06.H^{3/4} = 0,06.20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$$

- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T = 0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKGURDG,1987)
 $V = C.I.K.Wt = 0,07.1,5.1,0.1478,065 = 155,197 \text{ kN}$
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini.(PPKGURDG,1987)

$$F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} . V$$

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel.6.10 Distribusi gaya geser gempa PORTAL as A dan as G

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	V (kN)	Wi.hi (kN.m)	Fi (kN)
Atap	20,6	206,561	155,197	4255,1566	35,951
4	16,8	317,876	155,197	5340,3168	45,12
3	13	317,876	155,197	4132,388	34,914
2	9,2	317,876	155,197	2924,4592	24,709
1	5,4	317,876	155,197	1716,5304	14,503
	$\Sigma =$	1478,065		18368,851	119,25

- i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh. (PPKURDG,1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i . d_i^2}{g . \sum F_i . d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.11 Waktu getar bangunan dengan cara T Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	dix (m)	dix^2 (m ²)	Fix (kN)	$W_i.dix^2$ (kN.m ²)	$Fix.dix$ (kN.m)
Atap	206,561	0,0124	0,000154	35,951	0,0318	0,4458
4	317,876	0,0113	0,000128	45,12	0,0406	0,5099
3	317,876	0,0093	0,000086	34,914	0,0275	0,3247
2	317,876	0,0065	0,000042	24,709	0,0134	0,1606
1	317,876	0,0032	0,000010	14,503	0,0033	0,0464
				$\Sigma =$	0,1165	1,4874

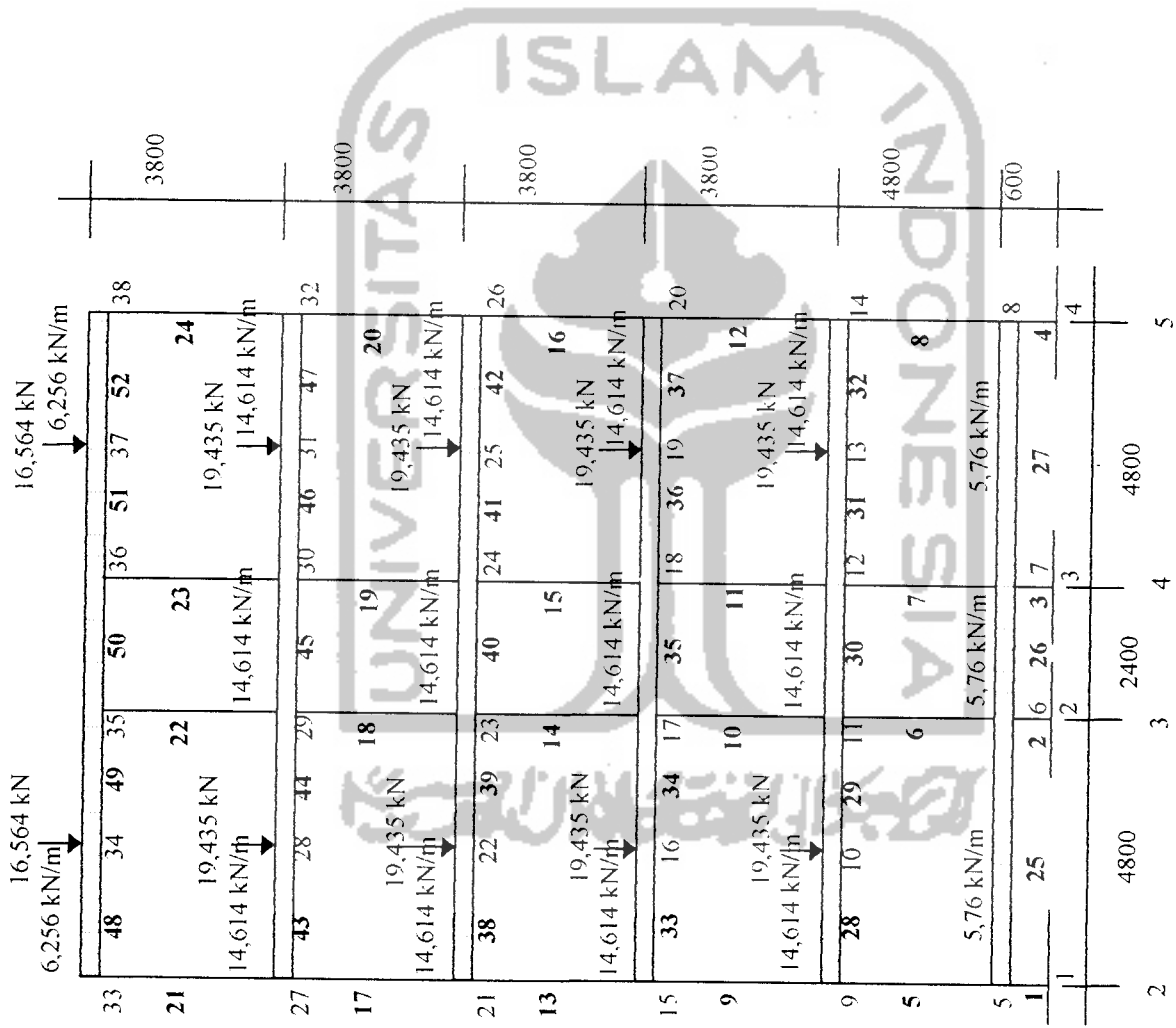
$$T = 6,3 \sqrt{(0,1165 / (9,81 \times 1,4874))}$$

$$= 0,56 \text{ detik}$$

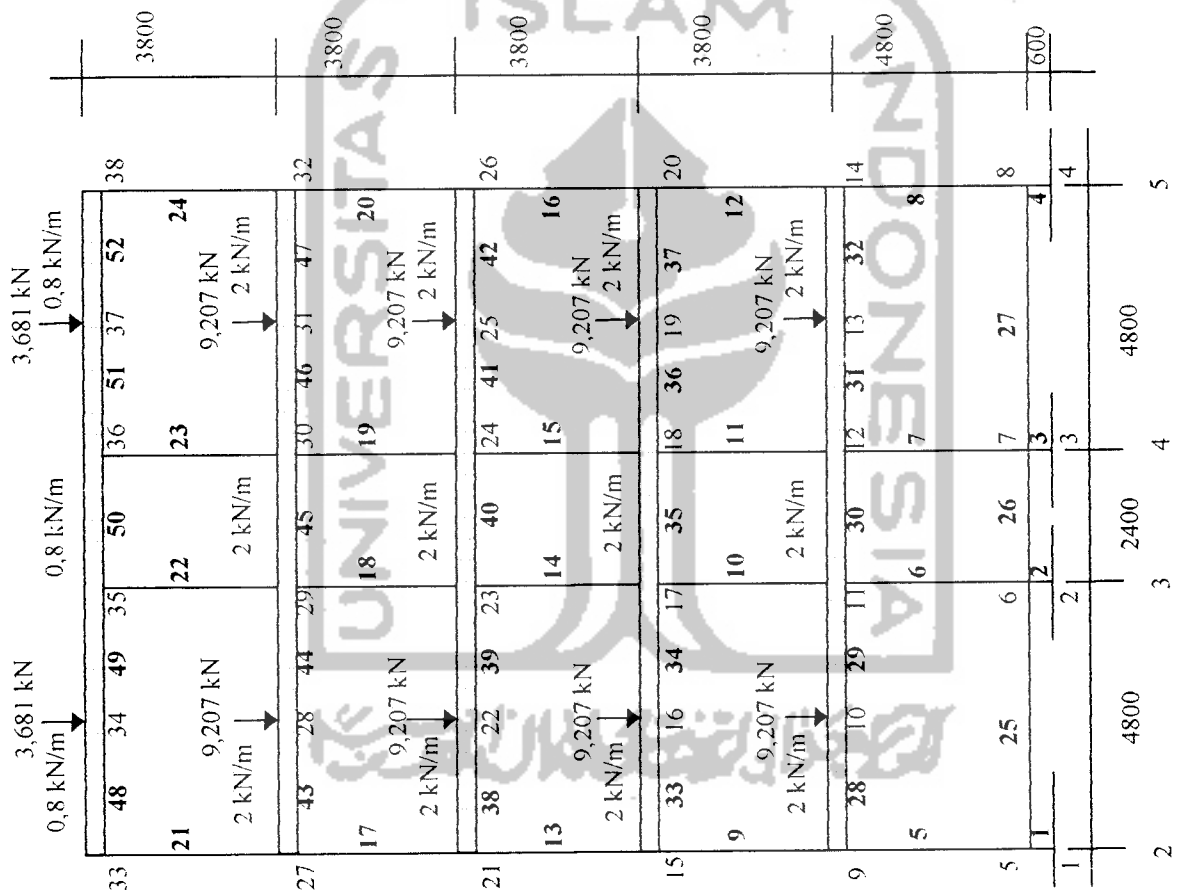
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,56$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara T Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

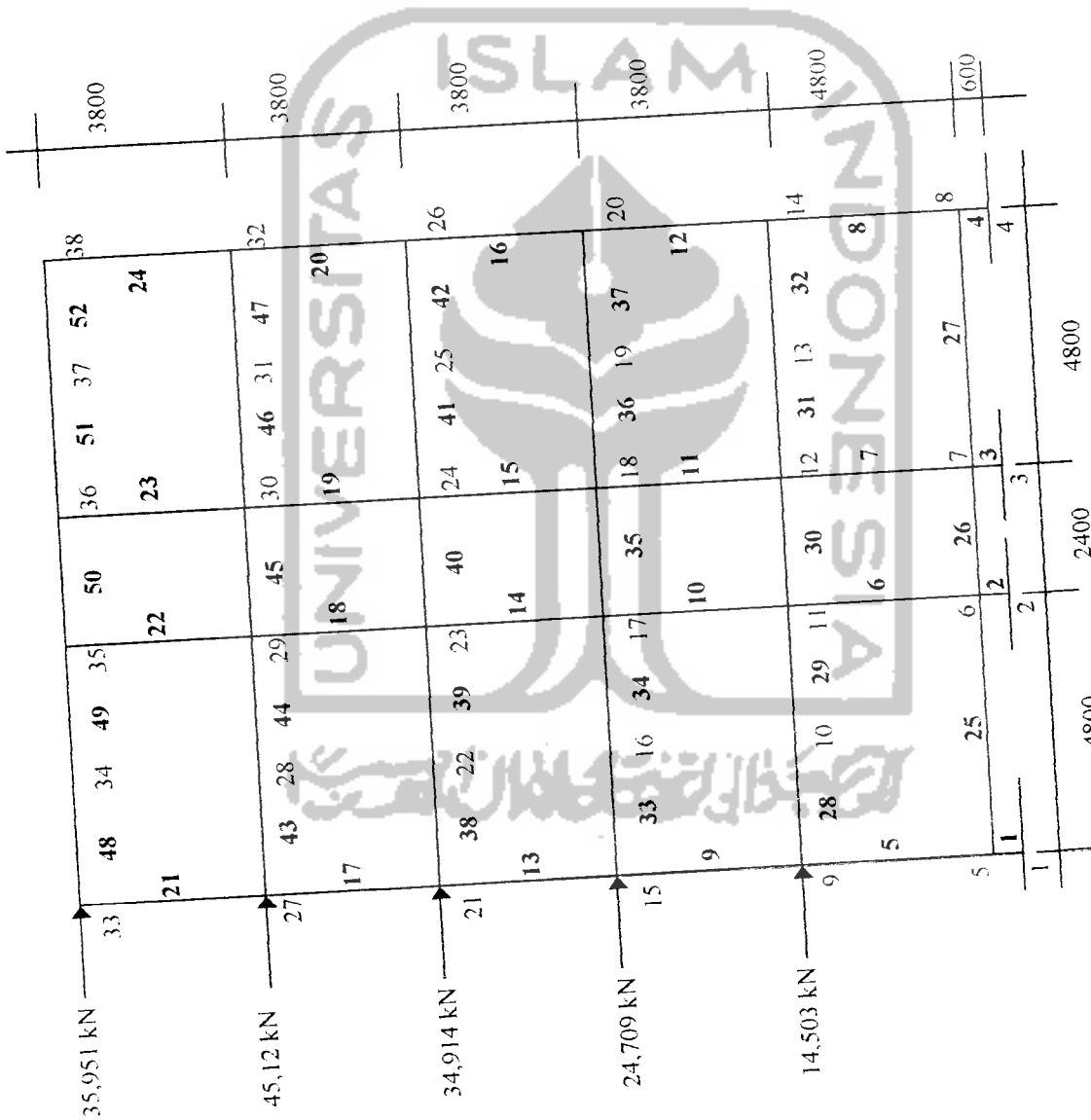
Beban gempa portal as A dan as G disajikan pada Gambar 6.15



Gambar 6.13 Beban mati pada Portal as A dan as G



Gambar 6.14. Beban hidup pada Portal as A dan as G



Gambar 6.15. Beban gempa pada Portal as A dan as G

6.1.5 Perhitungan Pembebanan PORTAL as B dan as E

A. Beban Mati

- a. Beban mati atap merata (no. elemen: 78-79, dan 86-87)

- Balok ring : $qD = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 24 = 7,2 \text{ kN/m}$

- b. Beban mati atap merata as (no. elemen: 80 s/d 85)

- Plat: $2/3 \cdot 1,2 \cdot 3,62 = 2,896 \text{ kN/m}$

- Balok ring : $qD = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 24 = 7,2 \text{ kN/m} +$

$$qD = 10,096 \text{ kN/m}$$

- c. Beban mati atap terpusat (nodal: 53 s/d 63)

- $PD1'$: Rangka atap K1 = 51,876 kN (nodal: 58)

$PD2'$: Rangka atap K2 + Balok anak = 49,044 + 16,564 = 65,61 kN

(nodal: 56, dan 59)

$PD3'$: Rangka atap K3 = 45,663 kN (nodal: 54, dan 60)

$PD4'$: Rangka atap K4 = 14,227 kN (nodal: 53, dan 63)

- d. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4

(no elemen: 42,43,51,52,60,61,69,70,49,50,58,59,67,68,76, dan 77)

- Plat : $2/3 \cdot 1,2 \cdot 4,4 = 3,52 \text{ kN/m}$

- Balok : $(0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$

- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = 7,75 \text{ kN/m} +$

$$qD = 19,91 \text{ kN/m}$$

- e. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4

(no. elemen: 44-48, 53-57, 62-66, dan 71-75)

- Plat : $2 \cdot 2/3 \cdot 1,2 \cdot 4,4 = 7,04 \text{ kN/m}$

- Balok : $(0,6 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3) \cdot 24 = 8,64 \text{ kN/m}$

- Tembok : $(3,8 - 0,7) \cdot 2,5 = 7,75 \text{ kN/m} +$

$$qD = 23,43 \text{ kN/m}$$

- f. Beban mati terpusat lantai 1,2,3, dan 4

- $PD 1$: balok anak = 42,35 kN (nodal: 14,21,24,31,34,41,44, dan 51)

- $PD 2$: balok anak = 60,263 kN (nodal: 15,20,25,30,35,40,45, dan 50)

- $PD 3$: balok anak = 42,35 + 19,435 = 61,79 (nodal: 16, 19, 26, 29, 36, 39, 46, dan

49)

Beban mati portal as B dan as E disajikan pada Gambar 6.16

B. Beban Hidup

a. Beban hidup atap terpusat

- $PL1'$: Pekerja rangka atap K1 = 18 kN (nodal: 58)

- $PL2'$: Pekerja rangka atap K2 + Balok anak = $18 + 3,681 = 21,681$ kN
(nodal: 56, dan 59)

- $PL3'$: Pekerja rangka atap K3 = 18 kN (nodal: 54, dan 60)

- $PL4'$: Pekerja rangka atap K4 = 4 kN (nodal: 53, dan 63)

b. Beban hidup atap merata (no elemen: 80 s/d 85)

- Pekerja: $qL = 2.1.2.2.4.1 = 0,8$ kN/m

c. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4

(no elemen: 42,43,51,52,60,61,69,70,49,50,58,59,67,68,76, dan 77)

- Ruang kuliah : $qL = 2/3.1.2.2.5 = 2$ kN/m

d. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4

(no. elemen: 44-48, 53-57, 62-66, dan 71-75)

- Ruang kuliah : $qL = 2.2/3.1.2.2.5 = 4$ kN/m

e. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3, dan 4

- $PL 1$: balok anak = 15,62 kN (nodal: 14,21,24,31,34,41,44,dan 51)

- $PL 2$: balok anak = 22,221 kN (nodal: 15,20,25,30,35,40,45,dan 50)

- $PL 3$: balok anak = $15,62+9,207 = 24,827$ kN (nodal: 16 ,19 ,26 ,29 ,36 ,39 ,46 ,dan 49)

Beban hidup portal as B dan as E disajikan pada Gambar 6.17

C. Beban Gempa.

a. Berat Atap

Beban mati

- Balok ring : $0,5.0,6.21,6.24 = 115,52$ kN

- Plat as 2-5: $2/3.1/2.2,4.3,62.12 = 34,752$ kN

- Kolom : $0,7.0,7.3,8.24.4 = 178,752$ kN

- $PD1'$: Rangka atap K1 = 51,876 kN

- $PD2'$: Rangka atap K2: $2.65,61 = 138,56$ kN

- $PD3'$: Rangka atap K3: $2.45,663 = 91,326 \text{ kN}$
- $PD4'$: Rangka atap K4: $2.14,227 = \underline{28,454 \text{ kN}}$ +
591,856 kN

Beban hidup tereduksi

- $PL1'$: Pekerja rangka atap K1 = $0,5.18 = 9,0 \text{ kN}$
- $PL2'$: Pekerja rangka atap K2 = $0,5.2.21,681 = 21,681 \text{ kN}$
- $PL3'$: Pekerja rangka atap K3 = $0,5.2.18 = 18 \text{ kN}$
- $PL4'$: Pekerja rangka atap K4 = $0,5.2.4 = 4,0 \text{ kN}$
- Plat as 2-5 : $0,5.2.2/3.1/2.2,4.1.12 = \underline{9,6 \text{ kN}}$ +
61,667 kN

Berat total atap = $591,856 + 61,667 = 653,523 \text{ kN}$

b. Beban Lantai 1,2,3, dan 4

Beban mati

- Plat as 1-2 dan as 5-6: $2/3.1/2.2,4.4,38.4,8.2 = 33,638 \text{ kN}$
- Plat as 2-5: $2/3.1/2.2,4.4,38.12.2 = 84,096 \text{ kN}$
- Balok : $(0,6.0,4+0,4.0,3).24.21,6 = 186,624 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PD 1 = $2.42,35 = 86,328 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PD 2 = $2.60,263 = 124,696 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PD 3 = $2.61,79 = 132,394 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8-0,7).2,5.21,6 = 167,4 \text{ kN}$
- Kolom : $0,7.0,7.3,8.24.4 = \underline{44,688 \text{ kN}}$ +
854,49 kN

Beban hidup tereduksi lantai

- Plat as 1-2 dan as 5-6 = $0,5.2/3.1/2.2,4.2,5.9,6 = 9,6 \text{ kN}$
- Plat as 2-5 = $0,5.2.2/3.1/2.2,4.2,5.12 = 24 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PL 1 = $0,5.2.15,62 = 15,916 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PL 2 = $0,5.2.22,221 = 22,99 \text{ kN}$
- Balok anak 2. PL 3 = $0,5.2.24,827 = \underline{25,118 \text{ kN}}$ +
96,09 kN

Beban total lantai 4 = $854,49 + 96,09 = 950,58 \text{ kN}$

c. Beban total $Wt = 653,523 + 4.950,58 = 4455,843 \text{ kN}$

d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):

$$T = 0,06.H^{3/4} = 0,06. 20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$$

- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T= 0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKGURDG,1987)
- $$V = C.I.K.Wt = 0,07. 1,5. 1,0.4455,843 = 467,864 \text{ kN}$$
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini (PPKURDG,1987)

$$F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} . V$$

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.12 Distribusi gaya geser gempa PORTAL as B dan as E

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	653,523	467,864	13462,574	113,15
4	16,8	950,58	467,864	15969,744	134,22
3	13	950,58	467,864	12357,54	103,86
2	9,2	950,58	467,864	8745,336	73,5
1	5,4	950,58	467,864	5133,132	43,141
	$\Sigma =$	4455,843		55668,326	354,72

- i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh:

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i . d_i^2}{g . \sum F_i . d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.13 Waktu getar bangunan dengan cara *T* Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	dix (m)	dix^2 (m ²)	Fix (kN)	$W_i \cdot dix^2$ (kN.m ²)	$Fix \cdot dix$ (kN.m)
Atap	653,523	0,0092	0,000085	113,15	0,0553	1,0410
4	950,58	0,0083	0,000069	134,22	0,0655	1,1140
3	950,58	0,0069	0,000048	103,86	0,0453	0,7166
2	950,58	0,0049	0,000024	73,5	0,0228	0,3602
1	950,58	0,0026	0,000007	43,141	0,0064	0,1122
				$\Sigma =$	0,1953	3,3440

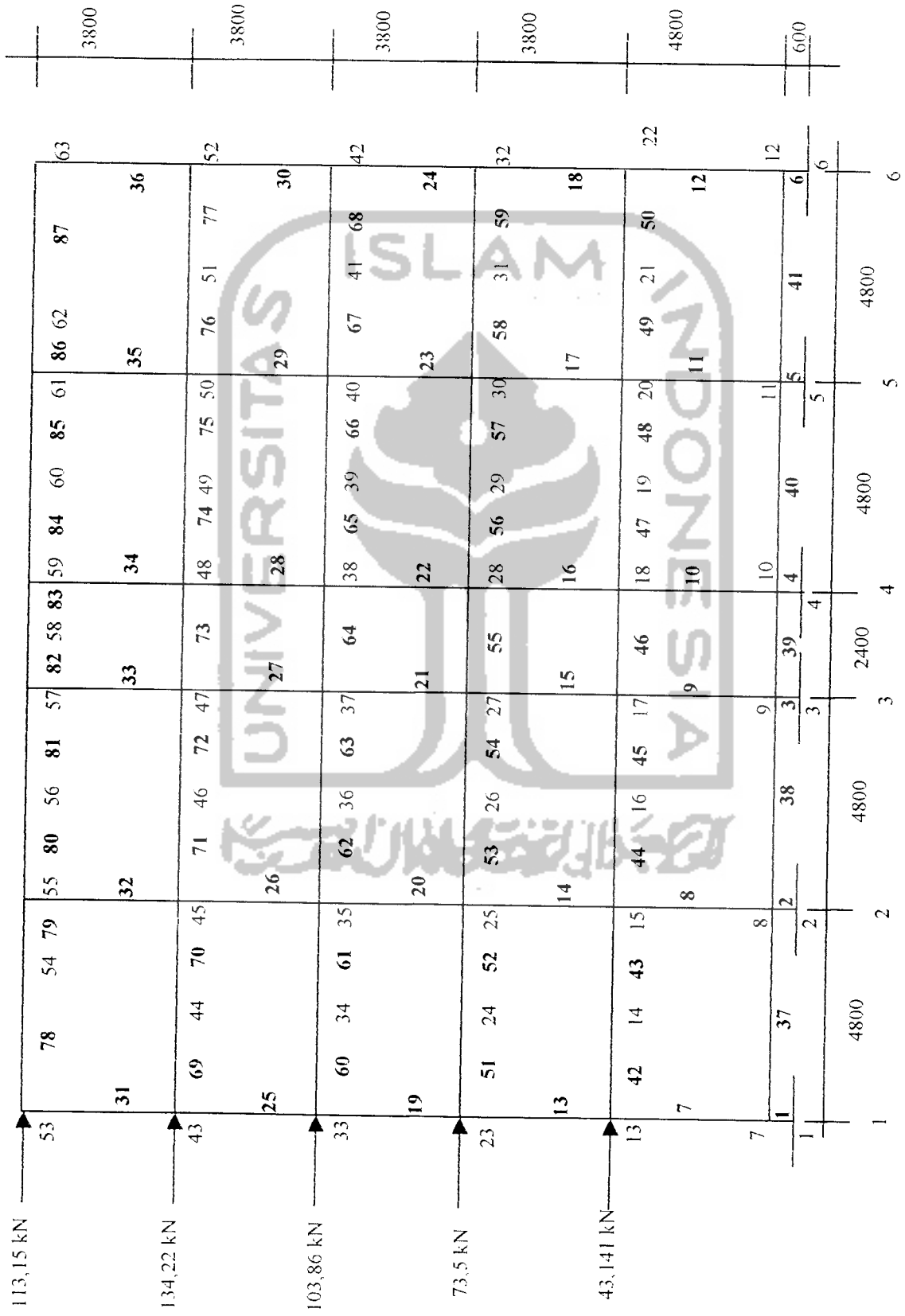
$$T = 6,3 \sqrt{(0,1953 / (9,81 \times 3,3440))}$$

$$= 0,49 \text{ detik}$$

Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,49$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara *T* Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

Beban gempa portal as B dan as E disajikan pada Gambar 6.18



Gambar 6.18 Beban gempa pada Portal as B dan as E

6.1.6 Perhitungan Pembebanan PORTAL as C dan as D

A. Beban Mati

a. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 24 s/d 59)

- Plat : $2.2/3.1/2.2,4. 4,38 = 7,008 \text{ kN/m}$
- Balok : $(0,6.0,4+0,4.0,3).24 = 8,64 \text{ kN/m}$
- Tembok : $(3,8-0,7).2,5 = 7,75 \text{ kN/m} +$
 $qD = 23,398 \text{ kN/m}$

b. Beban mati terpusat lantai 1,2,3, dan 4

- PD 1: balok anak = $2.42,35 = 84,7 \text{ kN}$ (nodal: 10, 12, 15, 17, 20, 22, 25, 27, 40, 42, 45 ,dan 47)
- PD 2: balok anak = $2.60,263 = 120,53 \text{ kN}$ (nodal: 11, 16, 17, 21, 26, 31, 36, 41, dan 46)

Beban mati portal as C dan as D disajikan pada Gambar 6.19

B. Beban Hidup

a. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 24 s/d 59)

- Ruang kuliah : $qL = 2.2/3.1,2. 2,5. = 4 \text{ kN/m}$

b. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3, dan 4

- PL 1 : balok anak = $2.15,62 = 31,24 \text{ kN}$ (nodal: 10, 12, 15, 17, 20, 22, 25, 27, 40, 42, 45 ,dan 47)
- PL 2 : balok anak = $2.22,221 = 44,442 \text{ kN}$ (nodal: 11, 16, 17, 21, 26, 31, 36, 41, dan 46)

Beban hidup portal as C dan as D disajikan pada Gambar 6.20

C. Beban gempa.

a. Beban Lantai 1,2,3, dan 4

$$W1=W2=W3=W4$$

Beban mati

- Plat : $2.2/3.1/2.2,4. 4,38 .21,6 = 151,373 \text{ kN}$
- Balok : $(0,6.0,4+0,4.0,3).24.21,6 = 186,624 \text{ kN}$
- Balok anak 4.PD 1 = $4.84,7 = 345,312 \text{ kN}$
- Balok anak 2.PD 2 = $2.120,53 = 249,392 \text{ kN}$
- Tembok : $(3,8-0,7).2,5.21,6 = 167,4 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} - \text{Kolom} : 0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,8 \cdot 24 \cdot 4 &= 44,688 \text{ kN} + \\ &1144,769 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban hidup tereduksi lantai

$$- \text{Plat} = 0,5 \cdot 2,2 \cdot 3,1 \cdot 2,2 \cdot 4,2 \cdot 5,2 \cdot 1,6 = 43,2 \text{ kN}$$

$$- \text{Balok anak 4.PL 1} = 0,5 \cdot 4 \cdot 31,24 = 63,664 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} - \text{Balok anak 2.PL 2} &= 0,5 \cdot 2 \cdot 44,442 = 45,98 \text{ kN} + \\ &152,844 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban total lantai 4} = 1144,769 + 152,844 = 1297,613 \text{ kN}$$

b. $\text{Beban total } W_l = 4 \cdot 1297,613 = 5190,452 \text{ kN}$

c. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot 20,6^{3/4} = 0,58 \text{ detik}$$

d. Berdasarkan grafik koefisien gempa dasar PPKGURG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T = 0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.

e. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURDG,1987)

f. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKURDG,1987)

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_l = 0,07 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 5190,452 = 544,997 \text{ kN}$$

g. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini (PPKGURDG,1987)

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

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel. 6.14 Distribusi gaya geser gempa PORTAL as C dan as D

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i \cdot h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	0	0	0	0	0
4	16,8	1297,613	544,997	21799,898	206,22
3	13	1297,613	544,997	16868,969	159,57
2	9,2	1297,613	544,997	11938,04	112,93
1	5,4	1297,613	544,997	7007,1102	66,283
	$\Sigma =$	5190,452		57614,017	545

i. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh:

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.15 Waktu getar bangunan dengan cara T Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_i (m)	d_i^2 (m ²)	F_i (kN)	$W_i \cdot d_i^2$ (kN.m ²)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
Atap	0	0	0	0	0	0
4	1297,613	0,0187	0,000350	206,22	0,4538	3,8563
3	1297,613	0,0156	0,000243	159,57	0,3158	2,4893
2	1297,613	0,0111	0,000123	112,93	0,1599	1,2535
1	1297,613	0,0057	0,000032	66,283	0,0422	0,3778
				$\Sigma =$	0,9716	7,9769

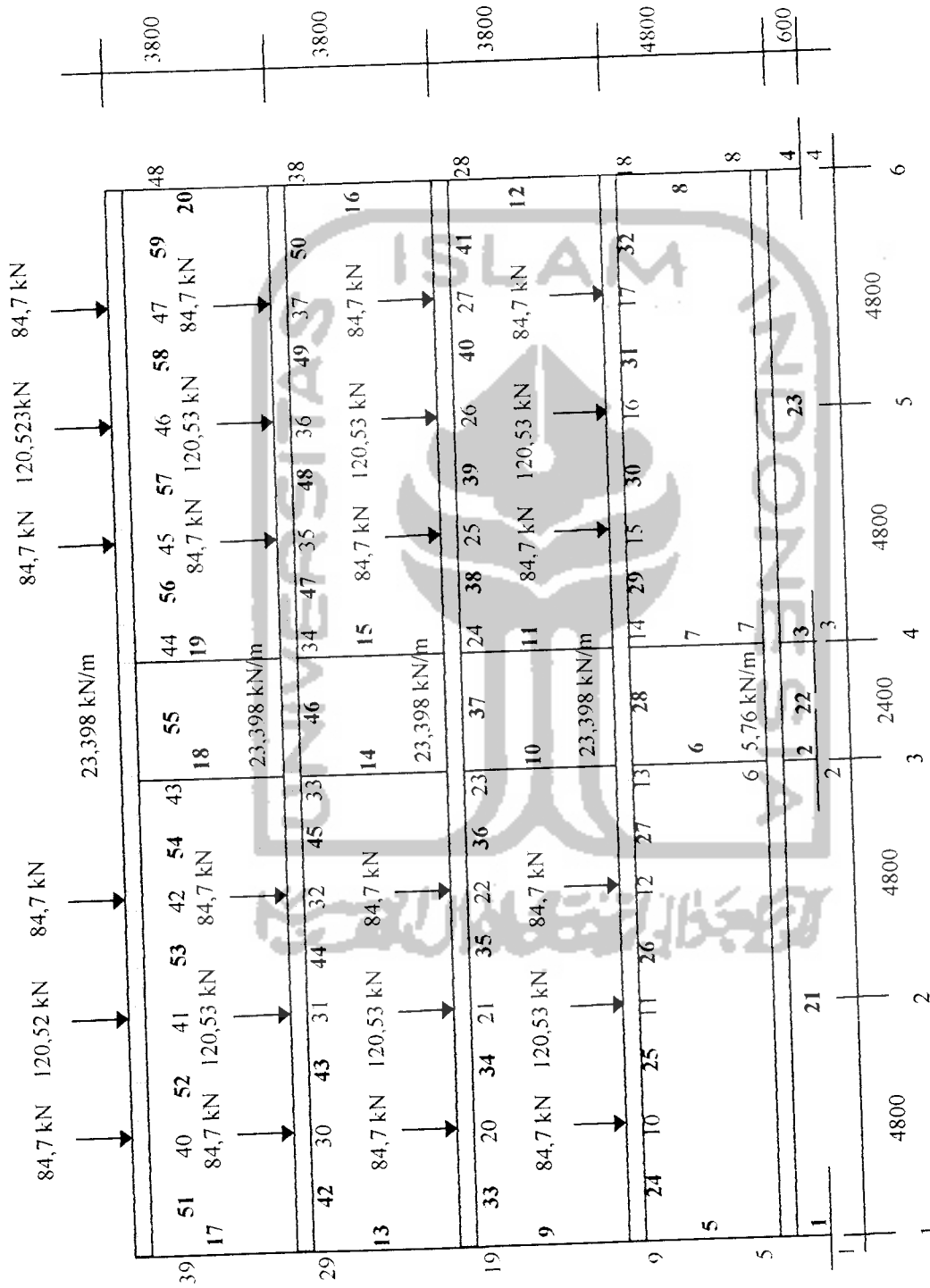
$$T = 6,3 \sqrt{(0,9716 / (9,81 \times 7,9769))}$$

$$= 0,7 \text{ detik}$$

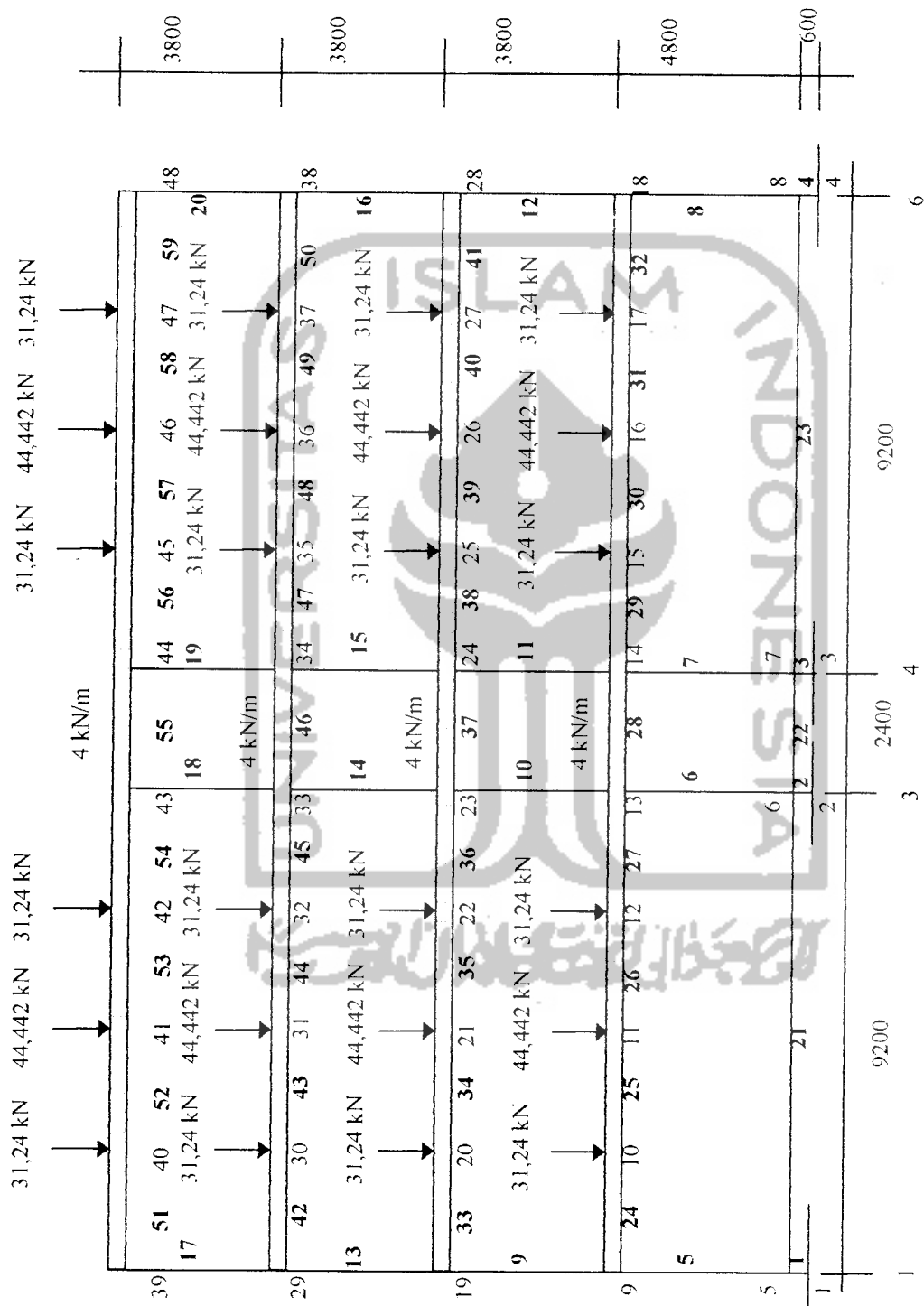
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,7$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara T Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

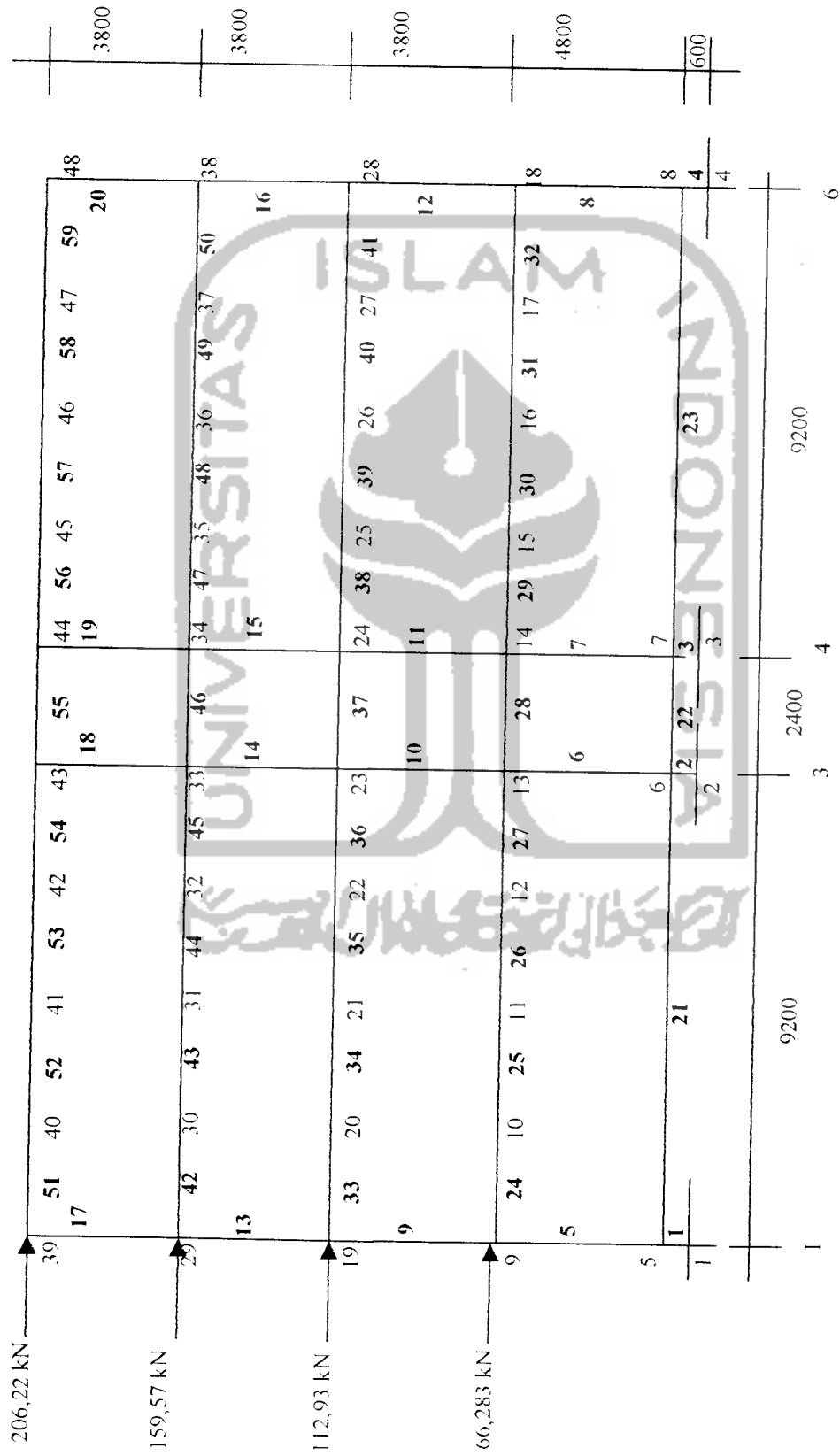
Beban gempa portal as C dan as D disajikan pada Gambar 6.21



Gambar 6.19 Beban mati pada Portal as C dan as D



Gambar 6.20 Beban hidup pada Portal as C dan as D



Gambar 6.21 Beban gempa pada Portal as C dan as D

6.1.7 Perhitungan pembebanan PORTAL as F

A. Beban Mati

- a. Beban mati merata atap (no. elemen: 44 s/d 48)
- Beban plat : $2.2/3.1,2.3,62 = 5,792 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2.0,7).24 = \underline{3,36 \text{ kN/m}}$ +
 $qD = 9,152 \text{ kN/m}$
- b. Beban mati terpusat atap (nodal: 30 dan 33)
- Balok anak : $2.16,564 = 33,128 \text{ kN}$
- c. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 28, 32, 36, dan 40)
- Plat : $2.0,813.1,8.4,4 = 12,819 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2.0,7).24 = 3,36 \text{ kN/m}$
 - Tembok : $(3,8-0,7).2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}}$ +
 $qD = 23,929 \text{ kN/m}$
- d. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 29, 33, 37, dan 41)
- Plat : $2.2/3.1/2.2,4.4,38 = 7,008 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2.0,7).24 = 3,36 \text{ kN/m}$
 - Tembok : $(3,8-0,7).2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}}$ +
 $qD = 18,118 \text{ kN/m}$
- e. Beban mati merata lantai 1,2,3, dan 4 (no. elemen: 30,31,34,35,38,39,42,dan 43)
- Plat : $2/3.1/2.2,4.4,38 = 3,504 \text{ kN/m}$
 - Balok : $(0,2.0,7).24 = 3,36 \text{ kN/m}$
 - Tembok : $(3,8-0,7).2,5 = \underline{7,75 \text{ kN/m}}$ +
 $qD = 14,614 \text{ kN/m}$
- f. Beban mati terpusat lantai 1,2,3 dan 4 (nodal: 12, 17, 22, dan 27)
- Balok lantai : 19,435 kN
- g. Beban mati sloof (no. elemen: 25 s/d 27)
- Berat sloof: $qD = 0,4.0,6.24 = 5,76 \text{ kN/m}$
- Beban mati portal as F disajikan pada Gambar 6.22
- #### B. Beban Hidup
- a. Beban hidup merata atap (no. elemen: 44 s/d 48)
- Pekerja atap : $qL = 2.2/3.1,2.1 = 1,6 \text{ kN/m}$

- b. Beban hidup terpusat atap (nodal: 30 dan 33)
 - Balok anak : $2.3,681 = 7,362 \text{ kN}$
- c. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no.elemen: 28, 32, 36, dan 40)
 - Ruang kuliah : $qL = 2.0,813.1,8.2,5 = 7,312 \text{ kN/m}$
- d. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no.elemen: 29, 33, 37, dan 41)
 - Ruang kuliah : $qL = 2.2/3.1/2.2,4.2,5 = 4 \text{ kN/m}$
- e. Beban hidup merata lantai 1,2,3, dan 4 (no.elemen: 30, 31, 34, 35, 38, 39, 42, dan 43)
 - Ruang kuliah : $qL = 2/3.1/2.2,4.2,5 = 2 \text{ kN/m}$
- f. Beban hidup terpusat lantai 1,2,3 dan 4 (nodal: 12, 17, 22, dan 27)
 - Balok anak : $9,207 \text{ kN}$

Beban hidup portal as F disajikan pada Gambar 6.23

C. Beban gempa

a. Beban Atap

Beban mati

- Beban plat : $2.2/3.1/2.4,38.2,4.12 = 84,096 \text{ kN}$
- Balok : $(0,2.0,7).24.12 = 40,32 \text{ kN}$
- Balok anak : $2.33,128 = 72,062 \text{ kN}$
- Kolom : $0,25.0,7.24.3,8.4 = 63,84 \text{ kN} +$
 $188,256 \text{ kN}$

Beban hidup tereduksi

Pekerja atap : $0,5.2.2/3.1/2.1.2,4.12 = 9,6 \text{ kN}$

Balok anak : $0,5.2.7,362 = 3,067 \text{ kN} +$
 $12,667 \text{ kN}$

Beban total atap = $188,256 + 12,667 = 200,923 \text{ kN}$

b. Beban Lantai 4

Beban mati lantai 1,2,3, dan 4

- Plat as (2-3): $2.0,813.1,8.4,38.4,8 = 61,533 \text{ kN}$
- Plat as (3-4): $2.2/3.1/2.4,38.2,4.2,4 = 16,819 \text{ kN}$
- Plat as (4-5): $2/3.1/2.4,38.2,4.4,8 = 16,819 \text{ kN}$
- Balok : $(0,2.0,7).24.12 = 40,32 \text{ kN}$

- Balok anak : 19,435 = 19,435 kN
- Tembok : (3,8-0,7).2,5.12 = 93 kN
- Kolom : 0,25.0,7.24.3,8.4 = 63,84kN +
312,677 kN

Beban hidup tereduksi lantai 1,2,3, dan 4

- Plat as (2-3): 0,5.2.0,813.1,8.2,5.4,8 = 17,561 kN
- Plat as (3-4): 0,5.2.2/3.1/2.2,4.2,5.2,4 = 4,8 kN
- Plat as (4-5): 0,5.2/3.1/2.2,4.2,5.4,8 = 4,8 kN
- Balok anak : 0,5.9,207 = 4,604 kN +
30,994 kN

Beban total lantai 4 = 312,677 + 30,994 = 343,671 kN

- c. Beban total $W_t = 200,923 + 4.343,671 = 1575,607$ kN
- d. Dengan rumus empiris diperoleh waktu getar alami (PPKURDG,1987):
 $T = 0,06.H^{3/4} = 0,06.20,6^{3/4} = 0,58$ detik
- e. Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURG,1987 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T = 0,58$ detik, diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0,07$.
- f. Faktor keutamaan ruang kuliah $I = 1,5$, dan faktor jenis struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh $K = 1,0$ (PPKGURG,1987)
- g. Gaya geser horisontal total akibat gempa (PPKURDG,1987)
 $V = C.I.K.W_t = 0,07.1,5.1,0.1575,607 = 165,439$ kN
- h. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dihitung dengan rumus berikut ini. (PPKURDG,1987)

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

Perhitungan distribusi gaya geser gempa disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.16 Distribusi gaya geser gempa PORTAL as F

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	V (kN)	$W_i h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
Atap	20,6	200,923	165,439	4139,0138	35,03
4	16,8	343,671	165,439	5773,6728	49,242
3	13	343,671	165,439	4467,723	38,104
2	9,2	343,671	165,439	3161,7732	26,966
1	5,4	343,671	165,439	1855,8234	15,828
	$\Sigma =$	1575,607		19398,006	130,14

i. Waktu getar struktur dengan cara *T* Rayleigh

Dengan program SAP, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa. Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus *T* Rayleigh. (PPKURDG,1987)

$$T = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i} \right)}$$

Perhitungan waktu getar bangunan disajikan pada tabel berikut ini

Tabel 6.17 Waktu getar bangunan dengan cara *T* Rayleigh

Tingkat	W_i (kN)	d_i (m)	d_i^2 (m ²)	F_i (kN)	$W_i \cdot d_i^2$ (kN.m ²)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
Atap	200,923	0,0144	0,000207	35,03	0,0417	0,5044
4	343,671	0,013	0,000169	49,242	0,0581	0,6401
3	343,671	0,0106	0,000112	38,104	0,0386	0,4039
2	343,671	0,0073	0,000053	26,966	0,0183	0,1969
1	343,671	0,0035	0,000012	15,828	0,0042	0,0554
				$\Sigma =$	0,1609	1,8007

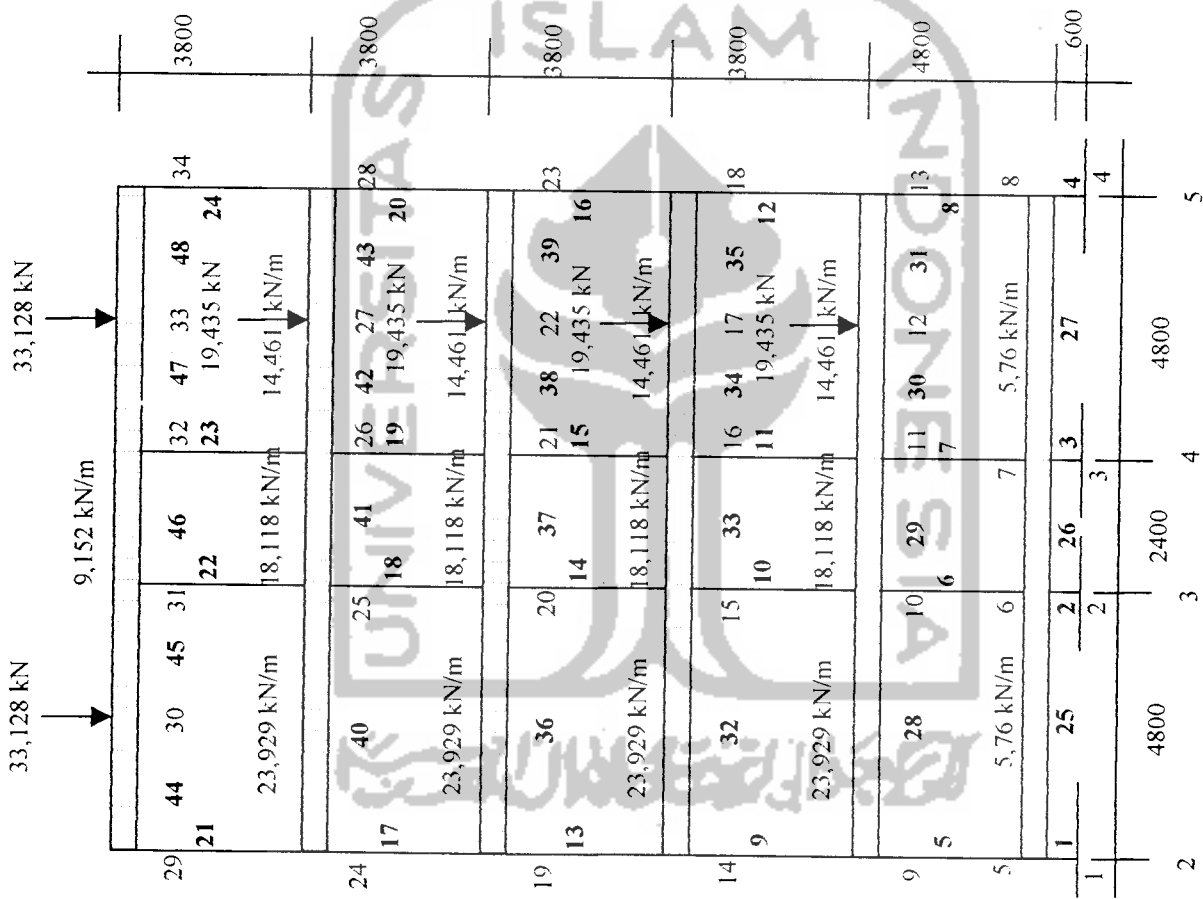
$$T = 6,3 \sqrt{(0,1609 / (9,81 \times 1,8007))}$$

$$= 0,6 \text{ detik}$$

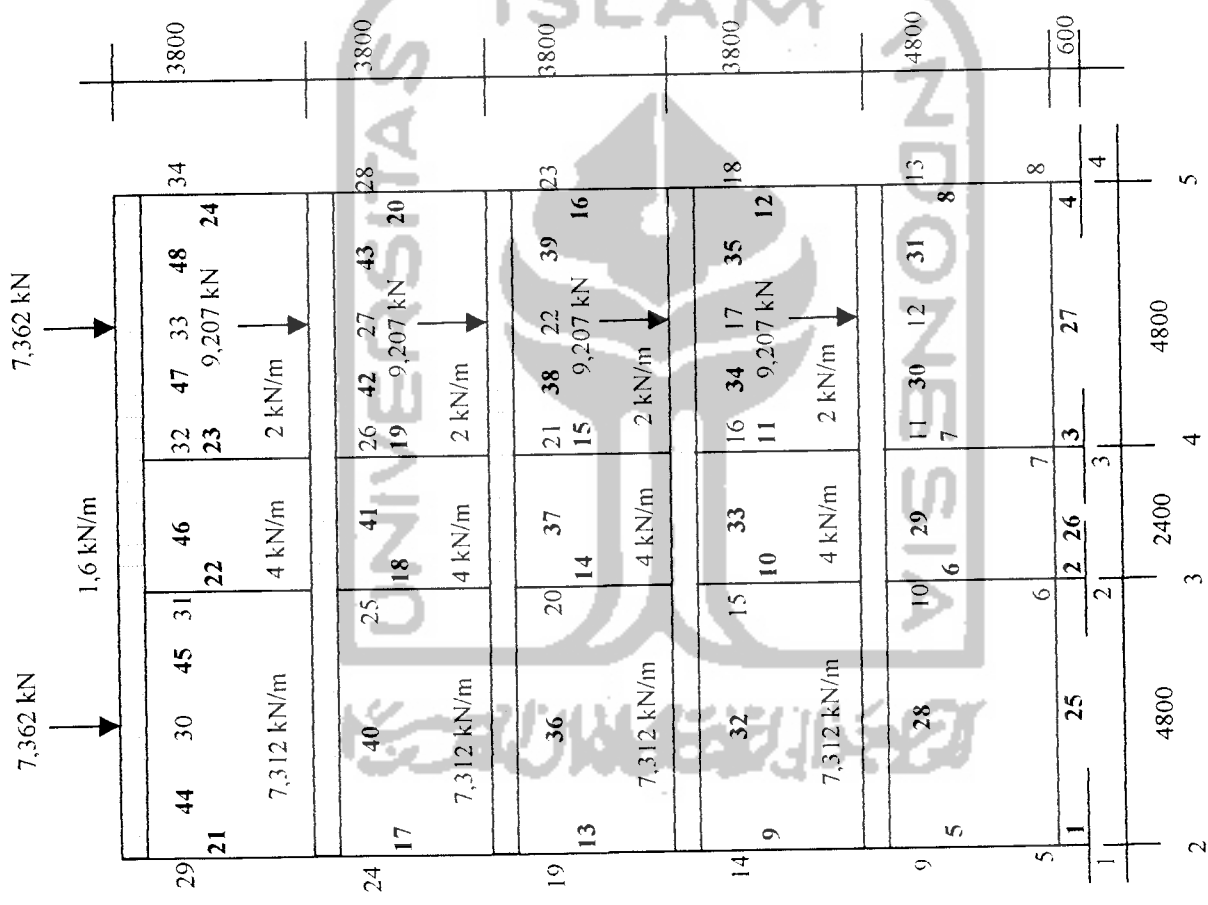
Berdasar grafik koefisien gempa dasar PPKGURDG'87 untuk wilayah 3, jenis tanah lunak dan $T=0,6$ detik, diperoleh $C = 0,07$.

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris maupun cara *T* Rayleigh tetap, maka distribusi akhir gaya geser dasar horisontal akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung tetap.

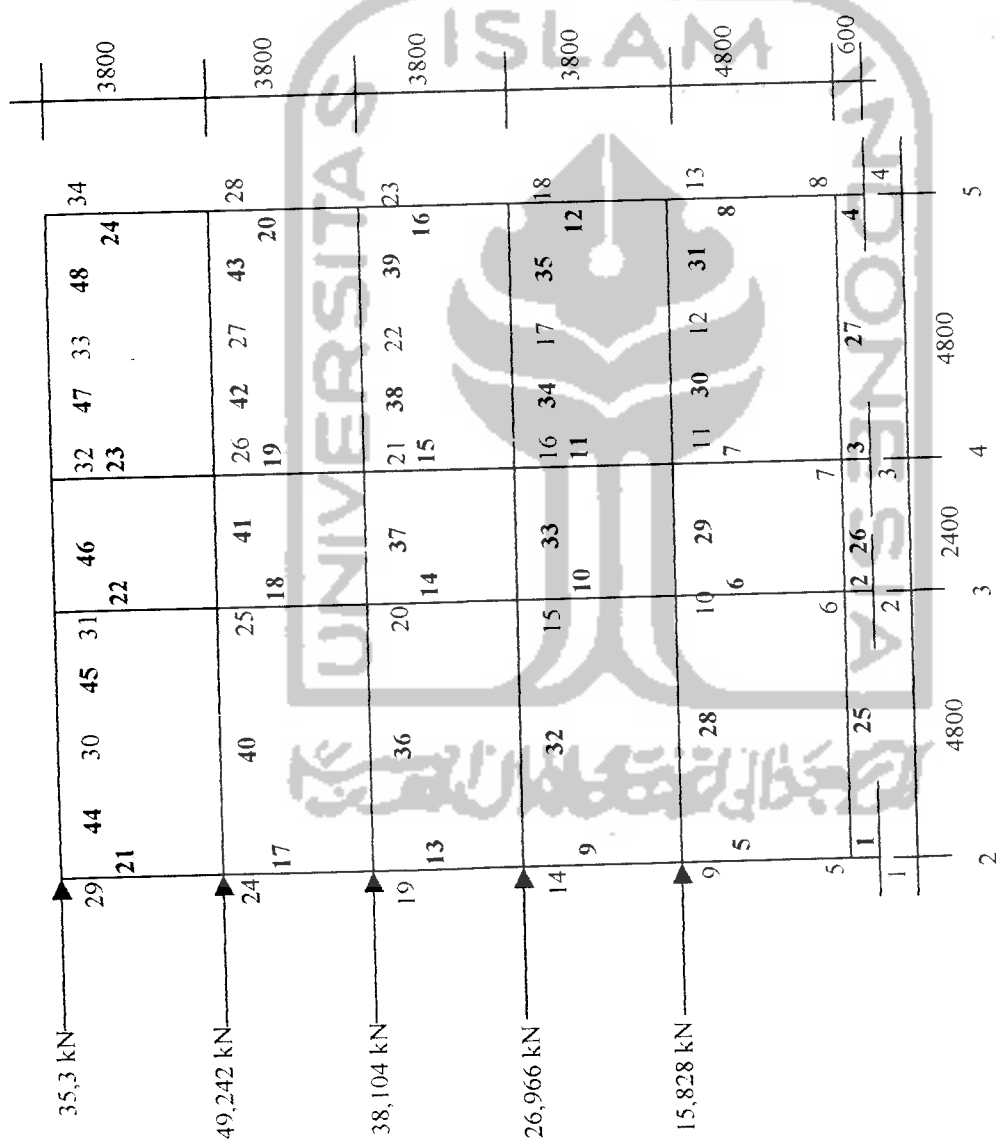
Beban gempa portal as F disajikan pada Gambar 6.24



Gambar 6.22 Beban mati pada Portal as F



Gambar 6.23 Beban hidup pada Portal as F



Gambar 6.24 Beban gempa pada Portal as F