

BAB IV

ANALISIS PEMBEBANAN

4.1 Umum

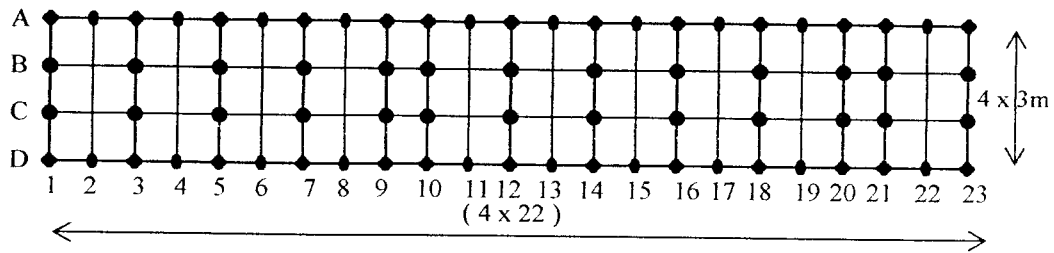
Bab ini menguraikan prosedur perhitungan beban dan analisis struktur atas yang meliputi beban gempa dan beban gravitasi dengan bantuan program SAP 2000.

4.2 Kriteria Analisis

4.2.1 Data umum struktur

Data umum struktur adalah sebagai berikut :

1. mutu beton $f'_c = 30$ Mpa dan mutu baja $f_y = 400$ Mpa
2. modulus elastis beton $E_c = 20 \cdot 10^4$ Mpa,
3. tebal plat atap 12 cm dan plat lantai 14 cm,
4. tinggi kolom pada lantai 1 adalah 4 m dan lantai 2 – 7 adalah 3,5 m,
5. dimensi kolom tepi 40/80 cm dan kolom tengah 80/80 cm,
6. dimensi balok lantai 1- 6 diambil 50/75 cm dan balok atap 50/60 cm,
7. tataguna bangunan sebagai gedung perkuliahan,
8. bangunan terletak pada wilayah gempa 3 dan dibangun di atas tanah lunak,
9. bangunan dirancang simetris, sehingga pusat massa dan pusat kekakuan saling berimpit, dan
10. denah struktur seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Denah struktur

4.2.2 Peraturan pembebanan yang dipakai

Peraturan yang dipakai dalam perhitungan pembebanan adalah Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung *SNI 1727-1989*. Peraturan - peraturan tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Berat sendiri bahan bangunan per satuan volume (m^3)
 - a. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m^3
 - b. Berat jenis pasir : 1800 kg/m^3
2. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung per satuan luas (m^2)
 - a. Berat sendiri spesi per cm tebal : 21 kg/m^2
 - b. Berat sendiri tegel per cm tebal : 24 kg/m^2
 - c. Berat sendiri plafon dan penggantung : $(11 + 7) \text{ kg/m}^2$
 - d. Berat sendiri dinding $\frac{1}{2}$ batu : 250 kg/m^2
3. Beban hidup per satuan luas (m^2)
 - a. Beban hidup rencana untuk atap : 100 kg/m^2
 - b. Beban hidup rencana untuk pelat lantai : 250 kg/m^2

4.2.3 Kombinasi pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan ini dipakai dua macam kombinasi pembebanan, yaitu kombinasi pertama dengan hanya memperhitungkan beban hidup

dan beban mati, dan kombinasi kedua dengan memperhitungkan beban gempa, selain beban hidup dan beban mati. Beban ultimate rencana dihitung berdasarkan rumusan :

$$\text{Kombinasi 1} \quad W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

$$\text{Kombinasi 2} \quad W_u = 1,05 (W_D + L_R + E)$$

dengan : W_D : beban mati,

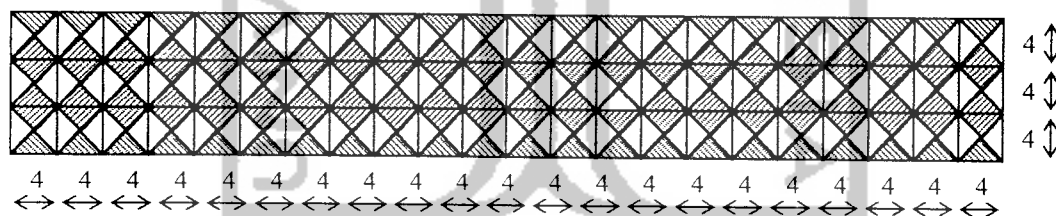
W_L : beban hidup.

L_R : beban hidup tereduksi,

E : beban gempa.

4.3 Mekanisme Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan ditentukan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (Yayasan LPMB, 1983 dan 1991), distribusi pembebanan untuk tiap portal ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Denah struktur dan distribusi pembebanan pada tiap portal

4.3.1 Pembebanan beban atap dan lantai

a. Beban lantai 7 (lantai atap)

1. Beban mati pada atap ($W_{D,Atap}$)

$$\text{a. berat pelat 12 cm} \quad = 0,12 \cdot 2400 \quad = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{b. berat plafon dan penggantung} \quad = 11 + 7 \quad = \underline{18 \text{ kg/m}^2}$$

$$W_{D,Atap} = 306 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban pada atap } (W_L \text{ Atap}) \quad W_L \text{ Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

di 1 - 6

Beban pada lantai ($W_D \text{ Lantai}$)

$$\text{Lantai beton 14 cm} \quad = 0,14 \cdot 2400 \quad = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon dan penggantung} \quad = 11 + 7 \quad = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik 3 cm} \quad = 0,03 \cdot 1800 \quad = 54 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel 2 cm} \quad = 2 \cdot 24 \quad = 48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi 3 cm} \quad = 3 \cdot 21 \quad = 63 \text{ kg/m}^2$$

$$W_D \text{ Lantai} = 519 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban pada lantai } (W_L \text{ Lantai}) \quad W_L \text{ Lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban tembok } \frac{1}{2} \text{ bata} \quad = 250 \text{ kg/m}^2$$

Beban gaya geser dasar horizontal total akibat gempa dan angin kesepanjang tinggi gedung.

Beban total (W_t)

di 7 (Atap)

Beban

$$\text{Plat 12 cm} \quad = 1056 \cdot 306 \quad = 323136 \text{ kg}$$

$$\text{Balok} = (4 \cdot 88 + 23 \cdot 12) \cdot 0,50 \cdot 0,60 \cdot 2400 \quad = 452160 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom} = ((48 \cdot 1,75 \cdot 0,40 \cdot 0,80) + (22 \cdot 1,75 \cdot 0,80 \cdot 0,80)) \cdot 2400$$

$$= 123648 \text{ kg}$$

$$\text{Tebal dinding} \quad = 200 \cdot 1,75 \cdot 250 \quad = 87500 \text{ kg}$$

$$= 986444 \text{ kg}$$

2. Beban hidup

$$\text{a. berat beban hidup} = 1056 \cdot 0,3 \cdot 100 = 31680 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 7} = 986444 + 31680 = 1018124 \text{ kg}$$

2. Berat lantai 2, 3, 4, 5 dan 6

1. Beban mati

$$\text{a. berat plat 14 cm} = 1056 \cdot 519 = 548064 \text{ kg}$$

$$\text{b. berat balok} = (4 \cdot 88 + 23 \cdot 12) \cdot 0,50 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 565200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{c. berat kolom} &= ((48 \cdot 3,50 \cdot 0,40 \cdot 0,80) + (22 \cdot 3,50 \cdot 0,80 \cdot 0,80)) \cdot 2400 \\ &= 247296 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. berat dinding} &= 200 \cdot 3,50 \cdot 250 = 175000 \text{ kg} \\ &= 1535560 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Beban hidup

$$\text{a. berat beban hidup} = 1056 \cdot 0,3 \cdot 250 = 79200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 2,3,4,5 dan 6} = 1535560 + 79200 = 1614760 \text{ kg}$$

3. Berat lantai 1

1. Beban mati

$$\text{a. berat plat 14 cm} = 1056 \cdot 519 = 548064 \text{ kg}$$

$$\text{b. berat balok} = (4 \cdot 88 + 23 \cdot 12) \cdot 0,50 \cdot 0,75 \cdot 2400 = 565200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{c. berat kolom} &= ((48 \cdot 3,75 \cdot 0,40 \cdot 0,80) + (22 \cdot 3,75 \cdot 0,80 \cdot 0,80)) \cdot 2400 \\ &= 264960 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. berat dinding} &= 200 \cdot 3,75 \cdot 250 = 187500 \text{ kg} \\ &= 1565724 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Beban hidup

$$\text{a. berat beban hidup} = 1056 \cdot 0,3 \cdot 250 = 79200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 1} = 1565724 + 79200 = 1644924 \text{ kg}$$

Tabel 4.1 Berat tiap lantai

Lantai	Berat Total Tingkat (kg)
7 (Atap)	1018124
6	1614760
5	1614760
4	1614760
3	1614760
2	1614760
1	1644924
	$W_t = 10736848$

B. Perhitungan beban gempa

a. Waktu getar bangunan (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot 25^{3/4} = 0,671 \text{ detik}$$

b. Koefisien gempa dasar (C)

Nilai koefisien gempa dasar diperoleh dari gambar pada Peraturan Bangunan Tahan Gempa PPTGUG 1987. untuk $T = 0,671$ detik, wilayah gempa 3 dan jenis tanah lunak, maka nilai koefisien gempa dasar, maka $C = 0,07$.

c. Faktor keutamaan (I) dan faktor jenis struktur (K)

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah 1987 (PPKG 1987). Untuk bangunan perkuliahan yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktalitas penuh diperoleh $I = 1,0$ dan $K = 1,0$.

d. Gaya geser horisontal total akibat gempa (V)

$$V_x = V_y = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

$$= 0,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 10736,848 = 751,579 \text{ ton}$$

e. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung.

a. arah - X

$$\frac{H}{A} = \frac{25}{12} = 2,083 < 3, \text{ maka } F_{i,x} = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} V_x$$

b. arah - Y

$$\frac{H}{A} = \frac{25}{88} = 0,284 < 3, \text{ maka } F_{i,y} = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} V_y$$

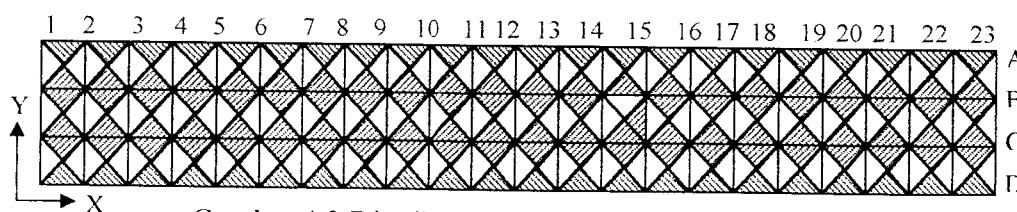
Tabel 4.2 Distribusi gaya geser dasar horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah -X dan -Y untuk tiap portal.

Tingkat	H _i (m)	W _i (ton)	W _i · H _i (tm)	F _{ix,y} (ton)	Untuk tiap portal	
					1/4 · F _{ix}	1/23 · F _{ix}
7	25	1018,124	25453,1	128,043	32,011	5,567
6	21,5	1614,760	34717,34	174,647	43,662	7,593
5	18	1614,760	29065,68	146,216	36,554	6,357
4	14,5	1614,760	23414,02	117,854	29,464	5,124
3	11	1614,760	17762,36	89,354	22,339	3,885
2	7,5	1614,760	12110,7	60,924	15,231	2,659
1	4	1644,924	6579,696	33,010	8,253	1,435
			Σ = 149402,896			

4.3.3 Mekanisme distribusi beban gravitasi pada portal

Penentuan pembebanan ditentukan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (Yayasan LPMB, 1983 dan 1991). Pembagian pembebanan pada setiap portal menggunakan sistem amplop sehingga untuk portal arah -X dan arah -Y dapat dilihat dalam penyelesaian berikut ini.

A. Pembebanan untuk portal arah -X



Gambar 4.3 Distribusi beban titik pada portal arah - X

a. Portal as – A = as - D

1. beban merata pada balok atap

1. beban mati pada atap tiap m²

$$\text{a. plat 12 cm} = 2,0 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{b. plafon dan penggantung} = 2,0 \cdot (11 + 7) = 36 \text{ kg/m}$$

$$W_{D \text{ atap}} = 612 \text{ kg/m}$$

$$\text{c. dinding (uniform)} = 1,75 \cdot 250 = 437,5 \text{ kg/m}$$

2. beban hidup pada atap tiap m²

$$\text{a. beban hidup atap (} W_{L \text{ atap}} \text{)} = 2,0 \cdot 0,6 \cdot 100 = 120 \text{ kg/m}$$

2. Beban merata pada balok lantai

1. beban mati pada lantai tiap m²

$$\text{a. plat 14 cm} = 2,0 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 672 \text{ kg/m}$$

$$\text{b. plafon dan penggantung} = 2,0 \cdot (11 + 7) = 36 \text{ kg/m}$$

$$\text{c. tegel} = 2,0 \cdot 2,0 \cdot 24 = 96 \text{ kg/m}$$

$$\text{d. pasir} = 2,0 \cdot 0,03 \cdot 1800 = 108 \text{ kg/m}$$

$$\text{e. spesi} = 2,0 \cdot 3,0 \cdot 21 = 126 \text{ kg/m}$$

$$W_{D \text{ Lantai}} = 1038 \text{ kg/m}$$

$$\text{f. dinding (uniform)} = 3,5 \cdot 250 = 875 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup pada lantai tiap m²

$$\text{a. beban hidup lantai (} W_{L \text{ Lantai}} \text{)} = 2,0 \cdot 0,6 \cdot 250 = 300 \text{ kg/m}$$

b. Portal as – B = as – C

1. beban merata pada balok atap

1. beban mati pada atap tiap m²

$$\text{a. plat 12 cm} = 2 \cdot 2,0 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 1152 \text{ kg/m}$$

$$\text{b. plafon dan penggantung} = 2 \cdot 2,0 \cdot (11 + 7) = 72 \text{ kg/m}$$

$$W_{D \text{ atap}} = 1124 \text{ kg/m}$$

$$\text{c. dinding (uniform)} = 2 \cdot 1,75 \cdot 250 = 875 \text{ kg/m}$$

2. beban hidup pada atap tiap m²

$$\text{a. beban hidup atap (} W_{L \text{ atap}} \text{)} = 2 \cdot 2,0 \cdot 0,6 \cdot 100 = 240 \text{ kg/m}$$

2. beban merata pada balok lantai

1. beban mati pada lantai tiap m²

$$\text{a. plat 14 cm} = 2 \cdot 2,0 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 1344 \text{ kg/m}$$

$$\text{b. plafon dan penggantung} = 2 \cdot 2,0 \cdot (11 + 7) = 72 \text{ kg/m}$$

$$\text{c. tegel} = 2 \cdot 2,0 \cdot 2,0 \cdot 24 = 192 \text{ kg/m}$$

$$\text{d. pasir} = 2 \cdot 2,0 \cdot 0,03 \cdot 1800 = 216 \text{ kg/m}$$

$$\text{e. spesi} = 2 \cdot 2,0 \cdot 3,0 \cdot 21 = 252 \text{ kg/m}$$

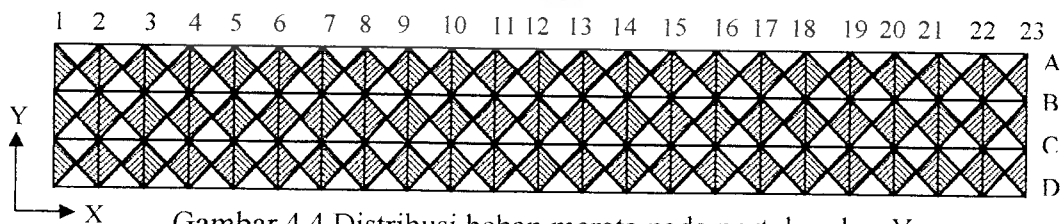
$$W_{D \text{ Lantai}} = 2076 \text{ kg/m}$$

$$\text{f. dinding (uniform)} = 2 \cdot 3,5 \cdot 250 = 1750 \text{ kg/m}$$

2. beban hidup pada lantai tiap m²

$$\text{a. beban hidup lantai (} W_{L \text{ Lantai}} \text{)} = 2 \cdot 2,0 \cdot 0,6 \cdot 250 = 600 \text{ kg/m}$$

B. Pembebanan untuk portal arah -Y



Gambar 4.4 Distribusi beban merata pada portal arah - Y

a. Portal as -1 = as - 23

1. beban merata pada balok atap

1. beban mati pada atap tiap m'

a. plat 12 cm $= 2,0 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 576 \text{ kg/m}$

b. plafon dan penggantung $= 2,0 \cdot (11 + 7) = 36 \text{ kg/m}$

$$W_{D \text{ atap}} = 612 \text{ kg/m}$$

c. dinding (*uniform*) $= 1,75 \cdot 250 = 437,5 \text{ kg/m}$

2. beban hidup pada atap tiap m'

b. beban hidup atap ($W_{L \text{ atap}}$) $= 2,0 \cdot 0,6 \cdot 100 = 120 \text{ kg/m}$

2. beban merata pada balok lantai

1. Beban mati pada lantai tiap m'

a. plat 14 cm $= 2,0 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 672 \text{ kg/m}$

b. plafon dan penggantung $= 2,0 \cdot (11 + 7) = 36 \text{ kg/m}$

c. tegel $= 2,0 \cdot 2,0 \cdot 24 = 96 \text{ kg/m}$

d. pasir $= 2,0 \cdot 0,03 \cdot 1800 = 108 \text{ kg/m}$

e. spesi $= 2,0 \cdot 3,0 \cdot 21 = 126 \text{ kg/m}$

$$W_{D \text{ Lantai}} = 1038 \text{ kg/m}$$

f. dinding (*uniform*) $= 3,5 \cdot 250 = 875 \text{ kg/m}$

2. beban hidup pada lantai tiap m'

a. beban hidup lantai ($W_{L \text{ lantai}}$) $= 2,0 \cdot 0,6 \cdot 250 = 300 \text{ kg/m}$

b. Portal as - 2 s/d as - 22

1. Beban merata pada balok atap

1. beban mati pada atap tiap m²

a. plat 12 cm $= 2 \cdot 2,0 \cdot 0,12 \cdot 2400 = 1152 \text{ kg/m}$

b. plafon dan penggantung $= 2 \cdot 2,0 \cdot (11 + 7) = 72 \text{ kg/m}$

$$W_{D \text{ atap}} = 1124 \text{ kg/m}$$

c. dinding (*uniform*) $= 2 \cdot 1,75 \cdot 250 = 875 \text{ kg/m}$

2. beban hidup pada atap tiap m²

b. beban hidup atap ($W_{L \text{ atap}}$) $= 2 \cdot 2,0 \cdot 0,6 \cdot 100 = 240 \text{ kg/m}$

2. beban merata pada balok lantai

1. Beban mati pada lantai tiap m²

a. plat 14 cm $= 2 \cdot 2,0 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 1344 \text{ kg/m}$

b. plafon dan penggantung $= 2 \cdot 2,0 \cdot (11 + 7) = 72 \text{ kg/m}$

c. tegel $= 2 \cdot 2,0 \cdot 2,0 \cdot 24 = 192 \text{ kg/m}$

d. pasir $= 2 \cdot 2,0 \cdot 0,03 \cdot 1800 = 216 \text{ kg/m}$

e. spesi $= 2 \cdot 2,0 \cdot 3,0 \cdot 21 = 252 \text{ kg/m}$

$$W_{D \text{ Lantai}} = 2076 \text{ kg/m}$$

f. dinding (*uniform*) $= 2 \cdot 3,5 \cdot 250 = 1750 \text{ kg/m}$

2. Beban hidup pada lantai tiap m²

a. beban hidup lantai ($W_{L \text{ Lantai}}$) $= 2 \cdot 2,0 \cdot 0,6 \cdot 250 = 600 \text{ kg/m}$

Tabel 4.3 Beban mati untuk portal as - A, D, 1, dan as - 23

Balok	Beban Mati (W_D)	
	Beban <i>uniform</i> (kg/m)	Beban <i>trapezoidal</i> (kg/m)
Atap	437,5	612
Lantai 6	875	1038
Lantai 5	875	1038
Lantai 4	875	1038
Lantai 3	875	1038
Lantai 2	875	1038
Lantai 1	875	1038

Tabel 4.4 Beban mati untuk portal as - B, C, 2, sampai dengan as - 22

Balok	Beban Mati (W_D)	
	Beban <i>uniform</i> (kg/m)	Beban <i>trapezoidal</i> (kg/m)
Atap	875	1124
Lantai 6	1750	2076
Lantai 5	1750	2076
Lantai 4	1750	2076
Lantai 3	1750	2076
Lantai 2	1750	2076
Lantai 1	1750	2076

Tabel 4.5 Beban hidup untuk portal as - A, D, 1, dan as - 23

Balok	Beban hidup (W_L) (kg/m)
Atap	120
Lantai 6	300
Lantai 5	300
Lantai 4	300
Lantai 3	300
Lantai 2	300
Lantai 1	300

Tabel 4.6 Beban hidup untuk portal as - B, C, 2, sampai dengan as - 22

Balok	Beban hidup (W_L) (kg/m)
Atap	240
Lantai 6	600
Lantai 5	600
Lantai 4	600
Lantai 3	600
Lantai 2	600
Lantai 1	600



4.3.4 Perhitungan massa tranlasi, massa rotasi, dan pusat massa tiap lantai

1. Perhitungan lantai atap

$$m_t = \frac{(556 + 0,3 \cdot 100) \cdot 12 \cdot 88}{9,81} = 63080,122 \text{ kg-dt}^2/\text{m} = 63,080 \text{ ton-dt}^2/\text{m}$$

$$m_r = \frac{(12^2 + 88^2) \cdot 63080,122}{12} = 41464666,860 \text{ kg-dt}^2\text{-m} = 41464,667 \text{ ton-dt}^2\text{-m}$$

2. Perhitungan massa tranlasi dan rotasi lantai 1- 6

$$m_t = \frac{(769 + 0,3 \cdot 250) \cdot 12 \cdot 88}{9,81} = 90852,599 \text{ kg-dt}^2/\text{m} = 90,853 \text{ ton-dt}^2/\text{m}$$

$$m_r = \frac{(12^2 + 88^2) \cdot 90852,599}{12} = 59720048 \text{ kg-dt}^2\text{-m} = 59720 \text{ ton-dt}^2\text{-m}$$

Tabel 4.7 Massa tranlasi, massa rotasi, dan pusat massa tiap lantai

Lantai	Massa Tranlasi (Ton dt ² /m)	Massa Rotasi (Ton dt ² m)	Pusat Massa (x ; y)
1	90,853	59720	(44 ; 6)
2	90,853	59720	(44 ; 6)
3	90,853	59720	(44 ; 6)
4	90,853	59720	(44 ; 6)
5	90,853	59720	(44 ; 6)
6	90,853	59720	(44 ; 6)
Atap	63.080	41464,667	(44 ; 6)

4.4 Input dan Output SAP 2000

Untuk menganalisis struktur 3 dimensi dengan menggunakan SAP 2000 terlebih dahulu harus menghitung semua beban, yaitu beban gempa dan beban gravitasi, massa tranlasi, dan massa rotasi.. Prosedur input data pada program SAP 2000 adalah sebagai berikut.

1. Pengidentifikasian *joint*, *frame*, *restraint*, dan *constraint*.
2. Pendefinisian karakteristik *material* dan *frame section*.

3. Pendefinisian beban (*Load*), yaitu beban mati (W_D), beban hidup (W_L), dan beban gempa (E) serta kombinasinya (*Combo*).
4. Pendefinisian *masses*, yaitu massa translasi (m_t) dan massa rotasi (m_r) serta pusat massanya tiap lantai.
5. Analisis struktur dengan cara di *RUN*

Dari hasil *output* SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam akibat kombinasi beban (kombinasi 2) yaitu gaya normal (P), gaya geser (H) dan momen (M) yang bekerja pada tiap-tiap kolom dasar yang akan dipakai sebagai beban rencana pada analisa pondasi tiang pancang.

Tabel 4.8 Beban pada kolom dasar

Kolom	Beban Aksial (P) (Ton)	Momen (M) (Tm)	
		M_x	M_y
10	147,88	5,33	0,2925
11	166,76	5,58	1,8400
12	157,84	5,51	0,5081
13	169,55	5,62	1,8300
14	158,28	5,52	0,5089
15	169,59	5,62	1,8300

Hasil lengkap *input* dan *output* SAP 2000 dapat dilihat pada lampiran.