

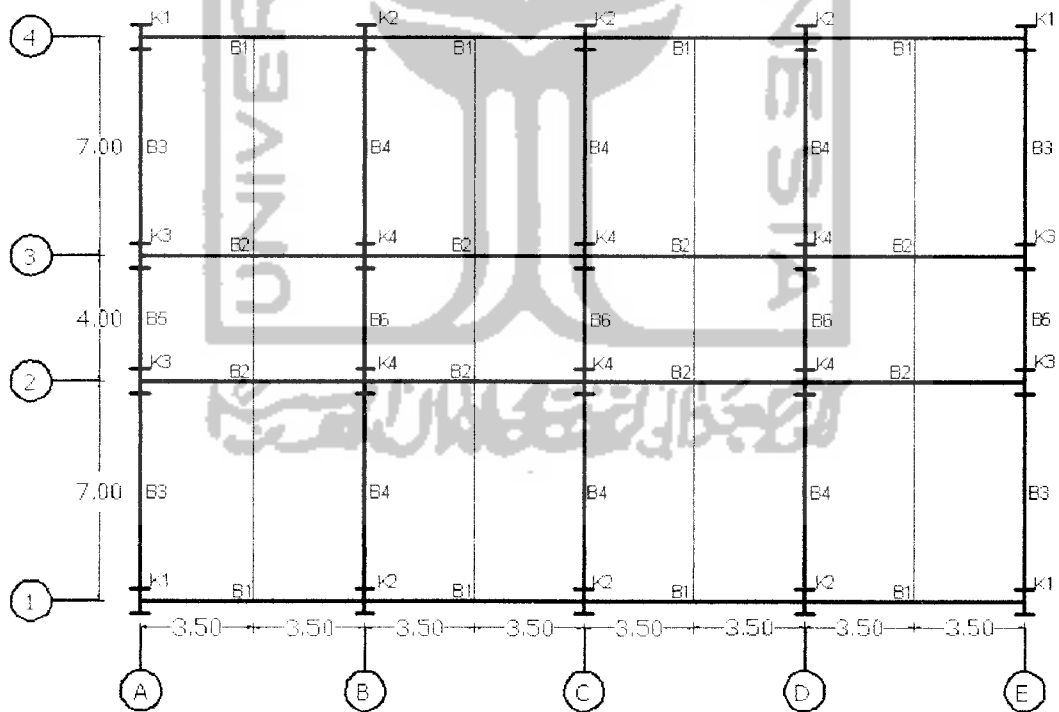
BAB V

ANALISIS DAN DISAIN

5.1 Pembebanan Struktur

5.1.1 Rencana Penempatan Elemen Struktur

Cara pemilihan profil untuk elemen struktur adalah dengan cara *trial and error*, dengan mempertimbangkan kekuatan elemen dan simpangan antar tingkat. Profil yang sudah dipilih tersebut kemudian didisain sesuai dengan kapasitasnya masing-masing.



Gambar 5.1 Denah Balok dan Kolom Struktur Portal Baja

5.1.2 Pembebanan Lantai dan Berat Total Struktur

1. Pembebanan Atap

Beban yang bekerja :

a. Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,1 \times 2400 = 240 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafond} = 1 \times 18 = 18 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Lapis kedap air} = 0,03 \times 2400 = 72 \text{ Kg/m}^2$$

$$330 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{b. Beban hidup} = 100 = 100 \text{ Kg/m}^2$$

2. Pembebanan Lantai

Beban yang bekerja :

a. Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat pasir} = 0,05 \times 1800 = 90 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0,03 \times 2400 = 72 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik} = 0,01 \times 2400 = 24 \text{ Kg/m}^2$$

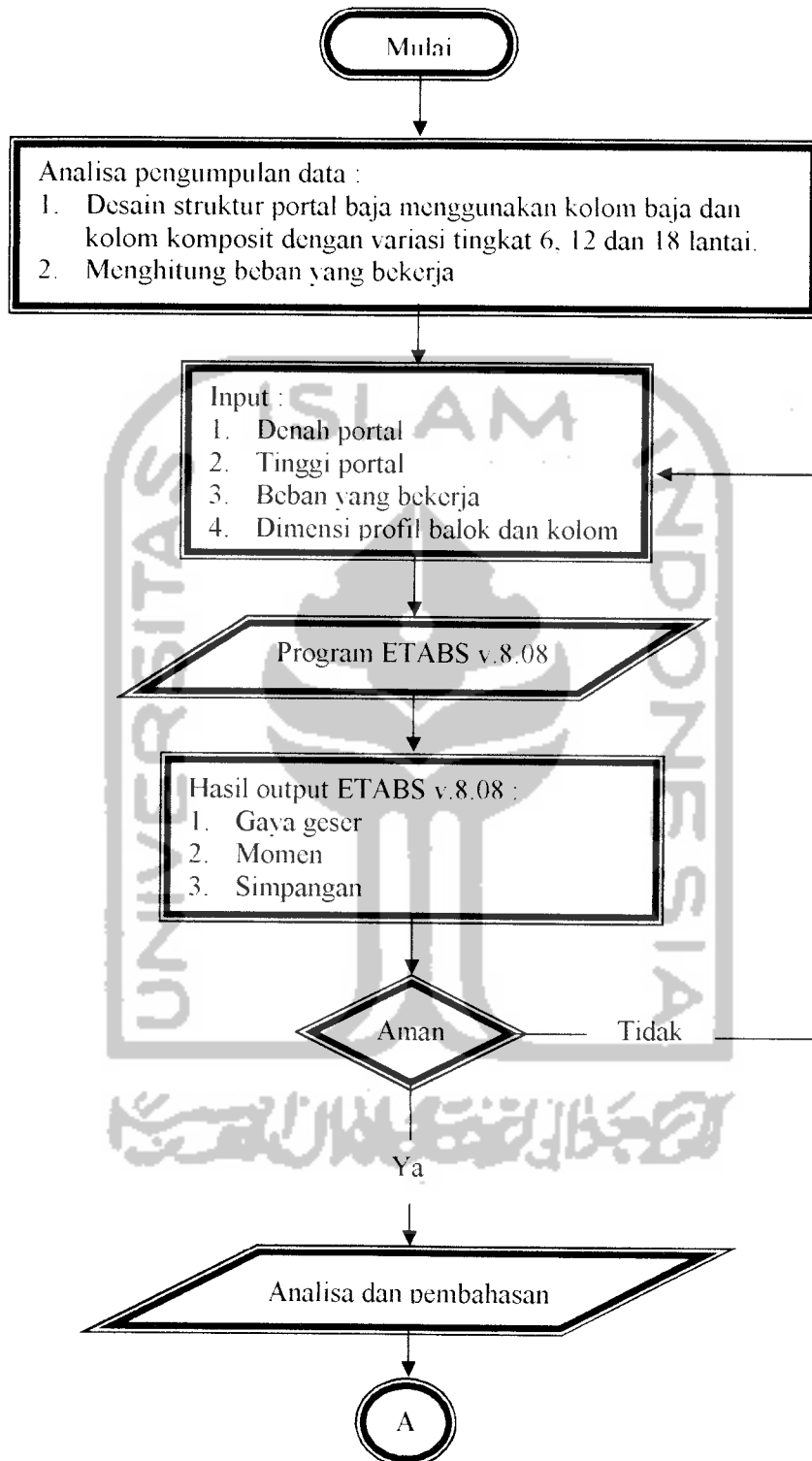
$$\text{Berat plafond} = 1 \times 18 = 18 \text{ Kg/m}^2$$

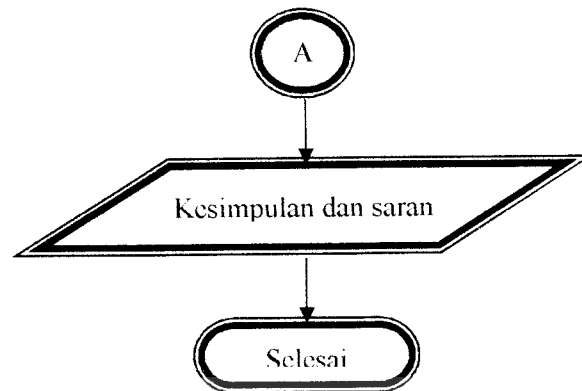
$$492 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{b. Beban hidup} = 250 = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{c. Beban tembok} = 3,75 \times 250 = 937,5 \text{ Kg/m}$$

Diagram Alir Perencanaan Struktur Portal Dengan ETABS v. 8.08





Input pada program ETABS v.8.08 sebagai berikut :

1. Denah portal
2. Tinggi portal
Tinggi dasar bangunan 4,25 m dan tinggi tiap lantai 3,75 m.
3. Beban yang bekerja
 - Atap :
 - a. Beban mati = 330 Kg/m²
 - b. Beban hidup = 100 Kg/m²
 - Lantai :
 - a. Beban mati = 492 Kg/m²
 - b. Beban hidup = 250 Kg/m²
 - c. Beban tembok = 937,5 Kg/m
4. Material properties
 - a. Dipakai profil baja WF, dengan $F_y = 36$ Ksi
 - b. Modulus Elastisitas baja $E = 29000$ Ksi
 - c. Mutu beton yang dipakai $f_c' = 3,5$ Ksi dan modulus elastis beton

$$E_c = w^{1,5} \sqrt{f_c'} (\text{Ksi})$$
 - d. Tebal pelat atap 10 cm dan pelat lantai 12 cm.

5. Beban kombinasi :

1,4D

1,2D + 1,6L

1,2D + 0,5L ± E

0,9D ± E

Tabel 5.1 Profil Rencana Balok 6 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Balok					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
6	W12x14	W10x22	W10x22	W12x14	W6x20	W6x20
5	W12x14	W10x22	W10x22	W12x14	W8x10	W8x10
4	W12x14	W14x30	W14x22	W14x34	W8x10	W8x10
3	W14x22	W14x30	W14x22	W14x34	W8x10	W8x10
2	W14x22	W14x30	W14x22	W14x34	W8x10	W8x10
1	W14x22	W14x30	W14x22	W14x34	W8x10	W8x10

Tabel 5.2 Profil Rencana Balok 12 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Balok					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
12	W14x22	W14x22	W14x22	W18x35	W14x22	W14x22
11	W14x22	W14x22	W14x22	W18x35	W14x22	W14x22
10	W18x40	W14x22	W14x22	W18x35	W14x22	W14x22
9	W18x40	W14x22	W14x22	W18x35	W14x22	W14x22
8	W18x40	W18x35	W18x35	W18x50	W14x22	W14x22
7	W18x40	W18x35	W18x35	W18x50	W14x22	W14x22
6	W18x40	W18x35	W18x35	W18x50	W14x22	W14x22
5	W18x60	W18x35	W18x35	W18x50	W14x22	W14x22
4	W18x60	W18x35	W18x50	W18x50	W14x22	W14x22
3	W18x60	W18x35	W18x50	W18x50	W14x22	W14x22
2	W18x60	W18x35	W18x50	W18x50	W14x22	W14x22
1	W18x60	W18x35	W18x50	W18x50	W14x22	W14x22

Tabel 5.3 Profil Rencana Balok 18 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Balok					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
18	W16x26	W12x35	W12x26	W12x26	W10x15	W8x13
17	W16x26	W12x35	W12x26	W12x26	W10x15	W8x13
16	W16x26	W12x35	W12x26	W12x26	W10x15	W8x13
15	W16x26	W12x35	W12x26	W12x26	W10x15	W8x13
14	W16x26	W12x35	W12x26	W12x65	W10x15	W8x13
13	W16x45	W18x35	W16x45	W12x65	W10x22	W8x13
12	W16x45	W18x35	W16x45	W12x65	W10x22	W8x13

Lanjutan tabel 5.3

Lantai	Balok			
	B1	B1	B1	B1
11	W16x45	W18x35	W16x45	W12x65
10	W16x45	W18x35	W16x45	W12x65
9	W16x45	W18x35	W16x45	W12x65
8	W18x60	W18x35	W16x77	W12x65
7	W18x60	W18x35	W16x77	W12x65
6	W18x60	W18x35	W16x77	W12x79
5	W18x60	W18x60	W16x77	W12x79
4	W18x60	W18x60	W16x77	W12x79
3	W18x60	W18x60	W16x77	W12x79
2	W18x60	W18x60	W16x77	W12x79
1	W18x60	W18x60	W16x77	W12x79

Tabel 5.4 Profil Rencana Kolom 6 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Kolom			
	K1	K2	K3	K4
6	W14x68	W14x48	W14x61	W14x48
5	W14x68	W14x48	W14x61	W14x48
4	W14x68	W14x68	W14x68	W14x61
3	W14x82	W14x68	W14x68	W14x61
2	W14x82	W14x68	W14x74	W14x68
1	W14x82	W14x68	W14x74	W14x68

Tabel 5.5 Profil Rencana Kolom 12 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Kolom			
	K1	K2	K3	K4
12	W14x193	W14x74	W14x74	W14x90
11	W14x193	W14x74	W14x74	W14x90
10	W14x193	W14x74	W14x74	W14x90
9	W14x283	W14x74	W14x74	W14x90
8	W14x283	W14x90	W14x90	W14x90
7	W14x283	W14x90	W14x90	W14x109
6	W14x283	W14x90	W14x90	W14x109
5	W14x283	W14x90	W14x90	W14x109
4	W14x370	W14x120	W14x120	W14x109
3	W14x370	W14x120	W14x120	W14x132
2	W14x370	W14x120	W14x120	W14x132
1	W14x370	W14x120	W14x120	W14x132

Tabel 5.6 Profil Rencana Kolom 18 Lantai (Portal Baja dengan kolom baja)

Lantai	Kolom			
	K1	K2	K3	K4
18	W14x74	W14x68	W14x68	W14x74
17	W14x74	W14x68	W14x68	W14x74
16	W14x74	W14x68	W14x68	W14x74
15	W14x74	W14x68	W14x109	W14x74

Lanjutan tabel 5.6

Lantai	Kolom			
	K1	K2	K3	K4
14	W14x90	W14x90	W14x109	W14x109
13	W14x90	W14x90	W14x109	W14x109
12	W14x90	W14x90	W14x145	W14x109
11	W14x90	W14x90	W14x145	W14x109
10	W14x145	W14x109	W14x145	W14x132
9	W14x145	W14x109	W14x211	W14x132
8	W14x145	W14x109	W14x211	W14x132
7	W14x145	W14x109	W14x211	W14x145
6	W14x145	W14x109	W14x211	W14x145
5	W14x211	W14x120	W14x211	W14x145
4	W14x211	W14x120	W14x211	W14X193
3	W14x211	W14x120	W14X233	W14X193
2	W14x211	W14x120	W14X233	W14X193
1	W14x211	W14x120	W14X233	W14X193

Untuk portal baja dengan kolom komposit, profil balok dan profil kolom yang digunakan sama dengan profil balok dan profil kolom untuk portal baja dengan kolom baja.

Tabel 5.7 Dimensi Beton Kolom Komposit 6 Lantai

Lantai	Dimensi Beton			
	K1	K2	K3	K4
6	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
5	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
4	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
3	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
2	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
1	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in

Tabel 5.8 Dimensi Beton Kolom Komposit 12 Lantai

Lantai	Dimensi Beton			
	K1	K2	K3	K4
12	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
11	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
10	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
9	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
8	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
7	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
6	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
5	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
4	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
3	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
2	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in
1	24 in x 26 in	20 in x 20 in	24 in x 24 in	20 in x 20 in

Tabel 5.9 Dimensi Beton Kolom Komposit 18 Lantai

Lantai	Dimensi Beton			
	K1	K2	K3	K4
18	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
17	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
16	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
15	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
14	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
13	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
12	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
11	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
10	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
9	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
8	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
7	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
6	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
5	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
4	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
3	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
2	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in
1	20 in x 20 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in	18 in x 18 in

Contoh perhitungan berat total struktur 6 lantai untuk portal 2

1. Berat Lantai 6

- Berat pelat lantai = $18 \times 3,5 \times 330 \text{ kg/m}^2$ = 20790 kg

- Berat balok induk

B. Induk	Berat Struktur
B2	$7 \times 4 \times 32,80$
B3	$3,5 \times 2 \times 32,80$
B4	$3,5 \times 3 \times 21,02$
B5	$2 \times 2 \times 29,77$
B6	$2 \times 3 \times 29,77$

= 1666,3 kg

- Berat balok anak = $(3,5 \times 4 \times 38,66) + (2 \times 4 \times 22,29)$ = 719,6 kg

- Berat kolom

Kolom	W kolom
K3	$3,75 \times 2 \times 38,86$
K4	$3,75 \times 3 \times 50,54$

= 860 kg

- Beban mati = $(28 \times 3,5 \times 330 \text{ kg/m}^2) + (28 \times 2 \times 330 \text{ kg/m}^2) = 50820 \text{ Kg}$

- Beban hidup = $(28 \times 3,5 \times 100 \text{ kg/m}^2) + (28 \times 2 \times 100 \text{ kg/m}^2) = 15400 \text{ kg}$

Total = 58685,8 kg

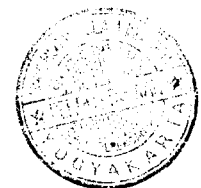
Untuk perhitungan berat lantai selanjutnya, akan dimasukkan dalam bentuk tabel.

Tabel 5.10 Berat tiap lantai struktur 6 lantai portal 2

Lantai	Wi (Kg)
6	58685,8
5	142447,0
4	143557,4
3	143875,8
2	143875,8
1	144095,1
$\Sigma =$	58685,8

Tabel 5.11 Berat tiap lantai struktur 12 lantai portal 2

Lantai	Wi (Kg)
12	60514,8
11	144424,1
10	144424,1
9	144424,1
8	145509,6
7	145822,3
6	145822,3
5	145822,3
4	146311,4
3	146698,0
2	146698,0
1	147170,5
$\Sigma =$	1663641,4



Tabel 5.12 Berat tiap lantai struktur 18 lantai portal 2

Lantai	Wi (Kg)
18	60966,2
17	144875,4
16	144875,4
15	145330,2
14	146517,7
13	146759,6
12	147165,2
11	147165,2
10	147604,2
9	148335,7
8	148675,3
7	148897,0
6	149114,6
5	150147,5
4	150949,1
3	151195,5
2	151195,5
1	151972,2
$\Sigma =$	2581741,6

5.1.3 Perhitungan Gaya Geser Dasar Akibat Gempa dan Distribusinya ke Sepanjang Tinggi Gedung

1. Waktu getar struktur (T)

a. Untuk Portal 6 Tingkat

$$T = 0,085 (H)^{3/4} = 0,085 (23)^{3/4} = 0,89 \text{ detik}$$

b. Untuk Portal 12 Tingkat

$$T = 0,085 (H)^{3/4} = 0,085 (45,50)^{3/4} = 1,49 \text{ detik}$$

c. Untuk Portal 18 Tingkat

$$T = 0,085 (H)^{3/4} = 0,085 (68)^{3/4} = 2,01 \text{ detik}$$

2. Koefisien gempa dasar

Struktur berada di wilayah gempa 3 dan bangunan diatas tanah keras

- a. Untuk Portal 6 Tingkat

$$T = 0,89 \text{ detik, maka } C = 0,258$$

- b. Untuk Portal 12 Tingkat

$$T = 1,49 \text{ detik, maka } C = 0,154$$

- c. Untuk Portal 18 Tingkat

$$T = 2,01 \text{ detik, maka } C = 0,114$$

3. Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi gempa maksimum (R)

Ditentukan nilai $I = 1$ (perkantoran) dan $R = 8,50$

4. Gaya geser dasar horizontal akibat gempa pada portal 2

- a. Untuk Portal 6 Tingkat

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \cdot W_t \quad (3.1-1)$$

$$= \frac{0,258 \cdot 1}{8,50} \cdot 58685,8 = 1781,2866 \text{ Kg}$$

- b. Untuk Portal 12 Tingkat

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \cdot W_t \quad (3.1-1)$$

$$= \frac{0,154 \cdot 1}{8,50} \cdot 1663641,4 = 30141,2677 \text{ Kg}$$

- c. Untuk Portal 18 Tingkat

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \cdot W_t \quad (3.1-1)$$

$$= \frac{0,114 \cdot 1}{8,50} \cdot 2581741,6 = 34625,7109 \text{ Kg}$$

5. Distribusi gaya geser dasar akibat gempa

a. Untuk Portal 6 Tingkat

$$\frac{H}{B} = \frac{23}{18} = 1,278 < 3$$

b. Untuk Portal 12 Tingkat

$$\frac{H}{B} = \frac{45,50}{18} = 2,528 < 3$$

c. Untuk Portal 18 Tingkat

$$\frac{H}{B} = \frac{68}{18} = 3,778 > 3 \text{ maka gaya geser dasar horizontal disepanjang}$$

tinggi gedung didistribusikan dengan persamaan berikut :

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

Tabel 5.13 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal struktur 6 lantai pada portal 2

Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	hi *Wi	Fi (Kg)
6,0	23,00	26687,4	613809,6	1496,7
5,0	19,25	70407,3	1355340,9	3304,8
4,0	15,50	71385,2	1106470,3	2698,0
3,0	11,75	71385,2	838775,9	2045,2
2,0	8,00	73526,6	588212,9	1434,3
1,0	4,25	74279,6	315688,3	769,8
		$\Sigma =$	4818297,8	

Tabel 5.14 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal struktur 12 lantai pada portal 2

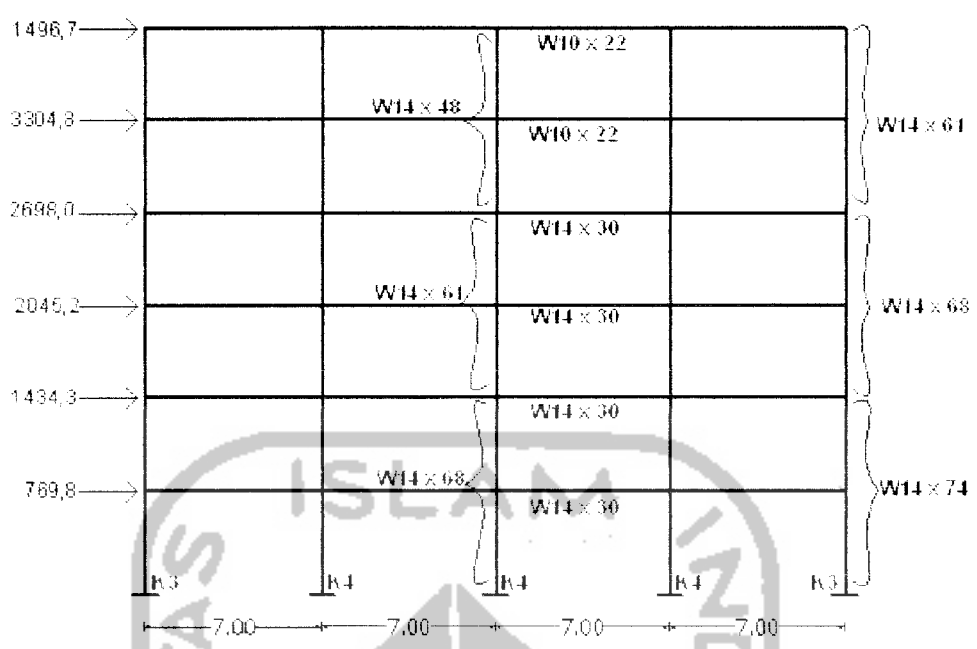
Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	hi *Wi	Fi (Kg)
12,0	45,50	60514,8	2753424,3	2100,6
11,0	41,75	144424,1	6029704,9	4600,1
10,0	38,00	144424,1	5488114,7	4187,0
9,0	34,25	144424,1	4946524,4	3773,8
8,0	30,50	145509,6	4438041,9	3385,8
7,0	26,75	145822,3	3900745,4	2975,9
6,0	23,00	145822,3	3353911,9	2558,7
5,0	19,25	145822,3	2807078,5	2141,6

Lanjutan tabel 5.14

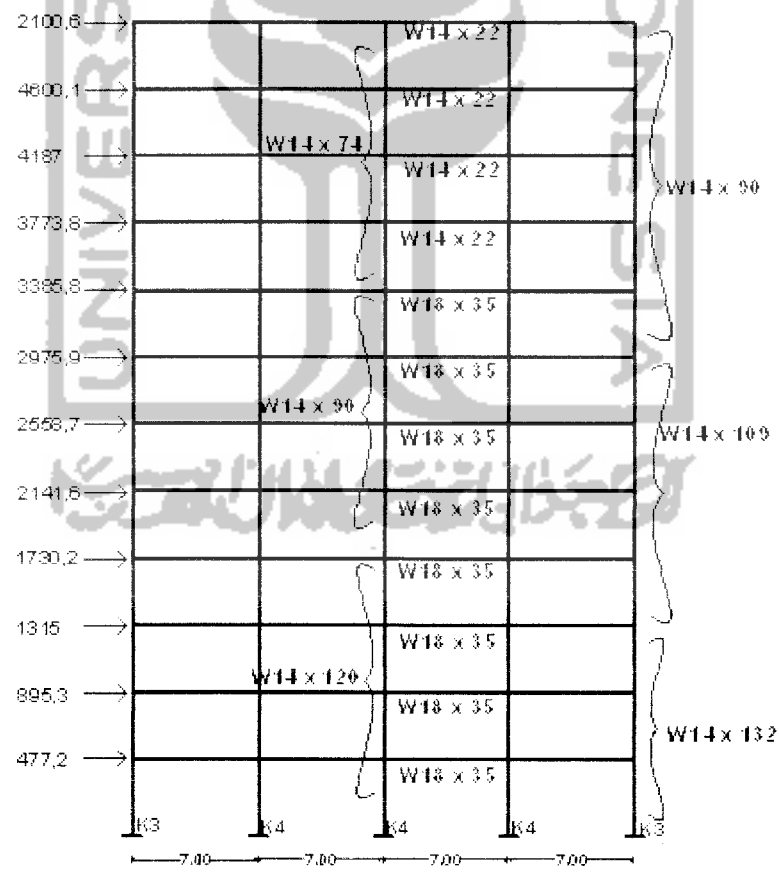
Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	hi *Wi	Fi (Kg)
4	15,50	146311,4	2267827,3	1730,2
3	11,75	146698,0	1723701,9	1315,0
2	8,00	146698,0	1173584,3	895,3
1	4,25	147170,5	625474,8	477,2
		$\Sigma =$	5790588,3	

Tabel 5.15 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal struktur 18 lantai pada portal 2

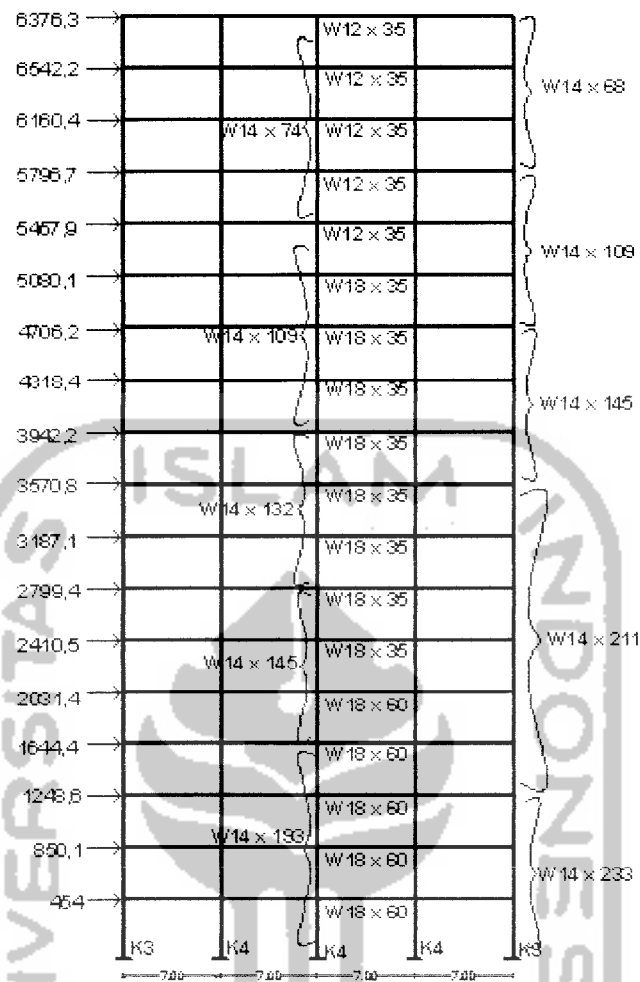
Lantai	hi (m)	Wi (Kg)	hi *Wi	Fi (Kg)
18	68,00	60966,2	4145699,6	6376,3
17	64,25	144875,4	9308245,8	6542,2
16	60,50	144875,4	8764963,0	6160,4
15	56,75	145330,2	8247491,1	5796,7
14	53,00	146517,7	7765437,8	5457,9
13	49,25	146759,6	7227910,7	5080,1
12	45,50	147165,2	6696014,5	4706,2
11	41,75	147165,2	6144145,2	4318,4
10	38,00	147604,2	5608959,8	3942,2
9	34,25	148335,7	5080497,9	3570,8
8	30,50	148675,3	4534596,8	3187,1
7	26,75	148897,0	3982995,5	2799,4
6	23,00	149114,6	3429635,4	2410,5
5	19,25	150147,5	2890339,9	2031,4
4	15,50	150949,1	2339711,7	1644,4
3	11,75	151195,5	1776547,2	1248,6
2	8,00	151195,5	1209564,0	850,1
1	4,25	151972,2	645882,0	454,0
		$\Sigma =$	44338889,8	



Gambar 5.2 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal pada portal 2



Gambar 5.3 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal pada portal 2



Gambar 5.4 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal pada portal 2

5.2 Perencanaan Balok

Perhitungan momen rencana balok ($M_{u,b}$) dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan maksimum dari :

$$M_{u,b} = 1,2M_D + 1,6M_L$$

$$M_{u,b} = 1,2M_D + 0,5M_L \pm M_E$$

$$M_{u,b} = 0,9M_D \pm 1,0M_E$$

Kombinasi pembebanan yang diambil adalah yang paling maksimum. Hasil analisis struktur dilampirkan pada lampiran.

5.2.1 Perencanaan Balok Portal 6 Tingkat

Contoh perhitungan kuat lentur nominal balok portal

Pada struktur 6 tingkat diambil contoh hitungan untuk balok tepi kiri (B2) portal 2 lantai 1 dengan momen rencana hasil dari analisis struktur yang dapat dilihat pada lampiran adalah $M_{u,b} = 794,758 \text{ k.in}$

Bentang balok as ke as (L) $7 \text{ m} = 275,5906 \text{ in}$, bentang bersih (L_n) $266,561 \text{ in}$

$L_b = 137,7953 \text{ in}$

Profil yang digunakan adalah W14x30, dengan data properties sbb :

$A = 8,85 \text{ in}^2$	$I_x = 291 \text{ in}^4$	$I_y = 19,6 \text{ in}^4$
$d = 13,84 \text{ in}$	$S_x = 42 \text{ in}^3$	$S_y = 5,82 \text{ in}^3$
$t_w = 0,27 \text{ in}$	$Z_x = 47,3 \text{ in}^3$	$Z_y = 8,99 \text{ in}^3$
$bf = 6,73 \text{ in}$	$E_s = 29000 \text{ Ksi}$	$r_y = 1,49 \text{ in}$
$tf = 0,385 \text{ in}$	$F_y = 36 \text{ Ksi}$	$J = 0,38 \text{ in}^4$
$r_x = 5,73 \text{ in}$	$F_r = 10 \text{ Ksi}$	$C_w = 887 \text{ in}^6$

Kontrol rasio lebar terhadap tebal (b/t) dan (h/t) penampang :

$$\text{Pada sayap, } \lambda_s = \frac{b}{t} \equiv \frac{bf}{2tf} \equiv \frac{6,73}{2 \cdot 0,385} \equiv 8,74 \leq \lambda_{ps} \equiv \frac{65}{\sqrt{36}} \equiv 10,8$$

$$\text{Pada badan, } \lambda_b = \frac{hc}{tw} \equiv \frac{13,84}{0,27} \equiv 51,259 \leq \lambda_{pb} \equiv \frac{640}{\sqrt{36}} \equiv 106,67$$

Karena memenuhi persyaratan maka profil W14x30 termasuk profil kompak dan dapat dipakai untuk disain.

Kuat lentur Balok

Karena profil sangat kompak, maka $\phi M_n = \phi M_p$

$$M_u \leq \phi M_n \tag{3.3-1}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 47,3 \cdot 36 \end{aligned}$$

$$= 1532,52 \text{ K.in}$$

$$L_p = 300 \frac{r_y}{\sqrt{F_y (\text{Ksi})}} = 300 \frac{1,49}{\sqrt{36}} = 74,5 \text{ in} \quad (3.3-5)$$

$$F_1 = F_y - F_r = 36 - 10 = 26 \text{ Ksi} \quad (3.3-6)$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E.G.J.A}{2}} = \frac{\pi}{42} \sqrt{\frac{29000.11200.0,38.8,85}{2}}$$

$$= 1748,0628 \text{ Ksi}$$

$$X_2 = 4 \cdot \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G.J} \right)^2 = 4 \cdot \frac{887}{19,6} \left(\frac{42}{11200.0,38} \right)^2$$

$$= 0,0176 \text{ ksi}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{F_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot F_1^2}} \quad (3.3-7)$$

$$= \frac{1,49 \cdot 1748,0638}{26} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0176 \cdot 26^2}} = 214,6539 \text{ in}$$

→ $L > L_r$, maka termasuk bentang pendek

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} < 2,3 \quad (3.3-8)$$

$$= \frac{12,5 \cdot 794,758}{2,5 \cdot 794,758 + 3 \cdot 377,142 + 4 \cdot 302,454 + 3 \cdot 100,519}$$

$$= 2,1458 > 2,3 \rightarrow C_b \text{ pakai} = 2,3$$

$$M_r = S_x (F_y - F_r) \quad (3.3-4)$$

$$= 42 (36 - 10)$$

$$= 1092 \text{ K.in}$$

$$M_{cr} = M_n = \frac{C_b \cdot S_x \cdot X_1 \sqrt{2}}{L} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 \cdot X_2}{2 \left(\frac{L}{r_y} \right)^2}} \quad (3.3-10)$$

$$= \frac{2,1458 \cdot 42 \cdot 1748,0628 \cdot \sqrt{2}}{275,59055 \cdot 5,73} \sqrt{1 + \frac{1748,0628^2 \cdot 0,0176}{2 \left(\frac{275,59055}{1,49} \right)^2}}$$

$$= 6190,7812 \text{ K-in} > M_p = Z_x \cdot F_y = 47,3 \times 36 = 1702,8 \text{ K-in}$$

Karena $M_n > M_p$, maka :

$$\phi M_n = \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot 1702,8 = 1532,52 \text{ K.in}$$

Rasio kapasitas lentur yang terjadi, $\frac{M_u, b}{\phi M_n} = \frac{794,758}{1532,526} = 0,5186 < 1,0 \rightarrow OK$

Perhitungan ini menunjukkan situasi aman, tetapi boros. Untuk mendapatkan kondisi aman dan tidak boros, rasio kapasitas lentur yang terjadi harus mendekati 1,0. Perhitungan kuat lentur balok disajikan secara lengkap dalam tabel pada lampiran.

5.2.2 Gaya Geser Rencana Balok

Gaya geser pada balok lebih ditentukan oleh momen plastis balok (M_{pb}) pada kedua ujung balok pada arah yang berlawanan.

Contoh hitungan gaya geser rencana balok

Pada struktur 6 tingkat diambil contoh hitungan untuk balok tepi kiri (B2) lantai 1 portal A dengan gaya geser rencana hasil dari analisis struktur yang dapat dilihat pada lampiran adalah :

$$V_D = 7,56 \text{ Kips}$$

$$V_L = 0,09 \text{ Kips}$$

$$V_E = 3,59 \text{ Kips}$$

$$\text{Jarak antar sendi plastis } L' = 266,561 \text{ in}$$

$$V_u = 1,2 \cdot 7,56 + 0,5 \cdot 0,09 + \frac{2 \cdot (47,3 \cdot 36)}{266,561} = 21,8931 \text{ Kips} \quad (3.3-12)$$

$$V_u = 1,2 \cdot 7,56 + 0,5 \cdot 0,09 + 4 \cdot 3,59 = 23,477 \text{ Kips} \quad (3.3-13)$$

$$V_u \text{ pakai} = 21,8931 \text{ Kips}$$

$$h = 0,95 \cdot d$$

$$= 0,95 \cdot 13,84 = 13,148 \text{ in}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{13,148}{0,27} = 48,6963 < \frac{418}{\sqrt{F_y}} = \frac{418}{\sqrt{36}} = 69,67$$

$$A_w = d \cdot t_w \quad (3.3-15)$$

$$= 13,84 \cdot 0,27 = 3,7368 \text{ in}$$

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \quad (3.3-14)$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 36 \cdot 3,7368 = 72,6434 \text{ Kips}$$

Rasio kapasitas geser yang terjadi :

$$\frac{V_{u,b}}{\phi V_n} = \frac{21,8931}{72,6434} = 0,3014 < 1,0 \rightarrow OK$$

Perhitungan ini menunjukkan situasi aman, tetapi boros. Untuk mendapatkan kondisi aman dan tidak boros, rasio kapasitas lentur yang terjadi harus mendekati 1,0. Perhitungan gaya geser rencana balok disajikan secara lengkap dalam tabel pada lampiran.

5.2.3 Kontrol Lendutan.

Lendutan yang terjadi pada tengah bentang diperoleh dari momen akibat beban gravitasi. Lendutan balok portal tepi (B2) lantai 1 portal 2 yang berasal dari analisis struktur akibat beban mati dan hidup adalah sebagai berikut :

$$M_d = 396,519 \text{ K.in}$$

$$M_s = 235,622 \text{ K.in}$$

$$M_b = 367,991 \text{ K.in}$$

Untuk balok yang mendukung beban lantai, lendutan ijin maksimum pada tengah bentang adalah :

$$\frac{L}{360} = \frac{275,5906}{360} = 0,7655 \text{ in} \quad (3.3-17)$$

Dimana lendutan pada tengah bentang dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.24)

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{pertengahan bentang}} &= \frac{5L^3}{48EI} [M_s - 0,1(M_a + M_b)] & (3.3-19) \\ &= \frac{5 \cdot 275,5906^3}{48 \cdot 29000 \cdot 510} [235,662 - 0,1(396,519 + 367,991)] \\ &= 0,0851 \text{ in} < 0,7655 \text{ in} \rightarrow \text{OK!} \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol lendutan balok disajikan secara lengkap dalam tabel pada lampiran.

5.3 Perencanaan Kolom Portal

5.3.1 Perencanaan Kolom Portal 6 Tingkat

Contoh hitungan Kolom K3 lantai 6 (portal E)

Beban aksial yang terjadi diperoleh dari analisis struktur akibat beban mati dan hidup adalah sebagai berikut :

$$P_D = 6,15 \text{ kips}$$

$$P_L = 2,63 \text{ kips}$$

Profil balok lantai 6 adalah W10x22 ($d = 10,17 \text{ in}$; $Z_x = 26 \text{ in}^3$)

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 26 \times 36 = 936 \text{ K.in}$$

Asumsi profil kolom W14x 61

L balok = 7 m = 275,59 in

h kolom = 3,75 m = 147,6378 in

Gaya aksial rencana (P_U) :

$$P_U = 1.2P_D + 0.5 P_L + \left(\frac{2 \cdot Mp}{L} \right)_{UIC} \quad (3.4-1)$$

$$= 1,2 \cdot 6,15 + 0,5 \cdot 2,63 + \left(\frac{2 \cdot 936}{275,59} \right) = 15,4877 \text{ kips}$$

Momen rencana (M_U) :

$$L' = 275,59 - (6,99) - (6,985) = 261,7056 \text{ in}$$

$$h' = 147,6378 - \frac{10,17}{2} - \frac{10,17}{2} = 137,4678 \text{ in}$$

$$M_U = Mp \cdot \left(\frac{L}{L'} \right) \left(\frac{h'}{h} \right) \quad (3.4-3)$$

$$= 936 \cdot \left(\frac{275,59}{261,7056} \right) \cdot \left(\frac{137,4678}{147,6378} \right) = 917,7632 \text{ K.in}$$

5.3.2 Perencanaan Kolom Terhadap Momen Lentur dan Gaya Aksial

Kolom

Contoh hitungan untuk kolom lantai 6 (Kolom K3 Portal 2) :

Profil yang digunakan adalah W14X61 dengan data sebagai berikut:

A	=	10,00 in ²	I _x	=	340 in ⁴	F _y	=	36 Ksi
d	=	13,98 in	I _y	=	23,3 in ⁴	J	=	0,57 Ksi
t _w	=	0,285 in	S _x	=	48,6 in ³	C _w	=	1070 in ⁶
b _f	=	6,745 in	S _y	=	6,91 in ³			
t _f	=	0,455 in	Z _x	=	54,6 in ³			
r _x	=	5,83 in	Z _y	=	10,6 in ³			
r _y	=	1,53 in	E _s	=	29000 Ksi			

Cek kompak penampang, $\lambda \leq \lambda_p$.

$$\text{Kontrol sayap, } \lambda_s = \frac{bf}{2f} = \frac{6,745}{2,0,455} = 7,4121 < \lambda_{ps} = \frac{65}{\sqrt{f_v}} = \frac{65}{\sqrt{36}} = 10,8 \quad (3.4-6a)$$

$$\text{Kontrol badan, } \lambda_b = \frac{h_c}{t_w} = \frac{13,98}{0,285} = 49,0526 < \lambda_{pb} = \frac{640}{\sqrt{f_v}} = \frac{640}{\sqrt{36}} = 106,67 \quad (3.4-6b)$$

Menentukan nilai kondisi ujung (*end condition*) join kolom

$$G_{Aw} = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_b} = \frac{\left(\frac{23,3}{147,6378} \right)}{\left(\frac{41,4}{78,74} \right) + \left(\frac{118}{137,7953} \right)} = 0,1142 \quad (3.4-7)$$

$$G_{Bw} = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_b} = \frac{\left(\frac{23,3}{147,6378} \right) + \left(\frac{23,3}{147,6378} \right)}{\left(\frac{41,4}{78,74} \right) + \left(\frac{118}{137,7953} \right)} = 0,2289 \quad (3.4-7)$$

Dari nomogram untuk portal bergoyang *Johnson dan moreland* diperoleh

$$k_x = 1,21$$

$$G_{Ax} = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_b} = \frac{\left(\frac{340}{147,6378} \right)}{\left(\frac{118}{137,7953} \right)} = 2,6893$$

$$G_{Bx} = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_b} = \frac{\left(\frac{340}{147,638} \right) + \left(\frac{340}{147,638} \right)}{\left(\frac{118}{137,7953} \right)} = 5,3785$$

Dari nomogram untuk portal bergoyang *Johnson dan moreland* diperoleh

$$k_x = 2,57$$

Menentukan nilai parameter kelangsingan kolom :

$$\lambda_x = \frac{k_x L}{\pi r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2,57 \cdot 147,6378}{\pi \cdot 5,83} \sqrt{\frac{36}{29000}} = 0,568 \quad (3.4-8)$$

$$\lambda_y = \frac{k_y L}{\pi r_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1,21 \cdot 147,6378}{\pi \cdot 1,53} \sqrt{\frac{36}{29000}} = 1,1363$$

Diambil λ_c adalah λ terbesar = 1,1363 ; karena $\lambda_c < 1,5$ maka:

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y = (0,658^{1,1363^2}) 36 = 20,9701 \text{ Ksi} \quad (3.4-9)$$

$$\phi_c P_n = \phi_c A_g F_{cr} = 0,85 \cdot 10 \cdot 20,9701 = 178,2458 \text{ Kips} \quad (3.4-11)$$

$$\phi P_n = 178,2458 \text{ Kips}$$

$$L_p = 300 r_y \frac{1}{\sqrt{F_y}} = 300 \cdot 1,53 \cdot \frac{1}{\sqrt{36}} = 76,5 \text{ in}$$

$$X_1 = \frac{\pi \sqrt{E G J A}}{S_x} = \frac{\pi \sqrt{29000 \cdot 11200 \cdot 0,57 \cdot 10}}{48,6} = 1966,7268 \text{ Ksi}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w \left(\frac{S_x}{G J} \right)^2}{I_y} = 4 \frac{1070 \left(\frac{48,6}{11200 \cdot 0,57} \right)^2}{23,3} = 0,0106 \text{ Ksi}$$

$$F_1 = F_y - F_r = 36 - 10 = 26 \text{ Ksi}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{F_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot F_1^2}} = \frac{1,53 \cdot 1966,7268}{26} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0106 \cdot 26^2}}$$

$$= 227,3097 \text{ in}$$

Karena $L_b \leq L_p$ maka M_n ditentukan dengan persamaan:

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 54,6 \cdot 36 = 1965,6 \text{ K-in}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 54,6 \cdot 36 = 1769,04 \text{ K-in}\end{aligned}$$

Kontrol rasio beban aksial tekan P_u dengan kapasitas tekan nominal :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{15,4877}{178,2458} = 0,0869 \geq 0,2 \quad (3.4-12)$$

maka :

$$\begin{aligned}\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi_r M_n} \right) &\leq 1,0 \\ \frac{15,4877}{178,2458} + \frac{8}{9} \left(\frac{917,7632}{1769,04} \right) &= 0,548 \leq 1,0 \rightarrow OK!\end{aligned}$$

Perhitungan ini menunjukkan situasi aman, tetapi boros. Untuk mendapatkan kondisi aman dan tidak boros, rasio kapasitas lentur yang terjadi harus mendekati 1,0. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran !!!

5.3.3 Perencanaan Kolom Terhadap Geser

Pada struktur 6 tingkat diambil contoh hitungan untuk kolom K3 lantai 6 portal 2 dengan gaya geser rencana hasil dari analisis struktur yang dapat dilihat pada lampiran adalah :

$$V_D = 2,34 \text{ Kips}$$

$$V_L = 1,04 \text{ Kips}$$

$$V_E = 3,49 \text{ Kips}$$

$$\text{Jarak antar sendi plastis } L' = 147,6378 - (10,17) = 137,4678 \text{ in}$$

$$V_u = 1,2V_D + 0,5V_L + \mu V_E \quad (3.4-5)$$

$$= 1,2 \cdot 2,34 + 0,5 \cdot 1,04 + 4 \cdot 3,49 = 17,288 \text{ Kips}$$

Menentukan rasio tinggi badan dengan tebal badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{13,98}{0,285} = 49,0526 < \frac{418}{\sqrt{f_y} \text{ (Ksi)}} = \frac{418}{\sqrt{36}} = 69,67$$

Berdasarkan nilai rasio di atas, dihitung kapasitas geser penampang :

$$A_w = d \cdot tw = 13,98 \cdot 0,285 = 3,9843 \text{ in}^2$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 36 \cdot 3,9843 = 77,4548 \text{ Kips}$$

Rasio kapasitas geser yang terjadi

$$\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{17,288}{77,4548} = 0,2232 \leq 1,0 \rightarrow \text{OK!}$$

Perhitungan ini menunjukkan situasi aman, tetapi boros. Untuk mendapatkan kondisi aman dan tidak boros, rasio kapasitas lentur yang terjadi harus mendekati 1,0.

5.4 Analisis Kapasitas Tampang Kolom Komposit

Kolom dianggap sebagai struktur balok-kolom komposit, sehingga harus di kontrol terhadap interaksi gaya aksial dan lentur. Hasil analisa mekanika dengan ETABS v.8.08 diketahui gaya-gaya yang bekerja pada kolom tepi K3 lantai 6 portal 2 sebagai berikut :

$$\text{Gaya axial } (P_u) = 9,54 \text{ Kips}$$

$$\text{Momen ujung } (M_1) = 772,23 \text{ K-in}$$

$$\text{Momen ujung } (M_2) = 736,4 \text{ K-in}$$

Data-data kolom komposit W14 x 61 encased 18" x 18" dengan $f'_c = 3,5$

Ksi (25 Mpa), $F_y = 36 \text{ Ksi}$ (248 Mpa). Data kolom sebagai berikut :

Tulangan Longitudinal (A_s) = 4 - #8 bars

Sengkang pengikat = #3 - 12 in

a. Kontrol syarat batas kolom

➤ Cek tulangan lateral (No #3 - 12 in)

$$\text{Spasi maksimum} = 2/3 b \geq 12 \text{ in}$$

$$= 2/3 \cdot 18 = 12 \text{ in} > 12 \text{ in}$$

Tulangan No.3 (A_r) = $0,11 \text{ in}^2$, diameter nominal = $0,375 \text{ in}$

$$= 0,11 \text{ in}^2 \geq 0,007 (12) = 0,084 \text{ in}$$

➤ Cek tulangan Longitudinal (4 - #8 bars)

$$\text{Penutup beton} = 1,5 \text{ in}$$

$$\text{Jarak tulangan} = b - 2 (P_b + d_s) - d_l$$

$$= 18 - 2 (1,5 + 0,375) - 1$$

$$= 13,25 \sim 14 \text{ in}$$

$$\text{Tulangan No.8} = A_r = 0,790 \text{ in} \geq 0,007 \cdot 14 = 0,1 \text{ in}$$

➤ Cek penampang komposit

$$A_g = b \times h = 18 \times 18 = 324 \text{ in}^2$$

$$A_s = 17,90 \text{ in}^2$$

$$r_y = 5,98 \text{ in}^2, r_x = 2,44 \text{ in}^2$$

$$A_r = 4 (0,790) = 3,16 \text{ in}^2$$

$$A_c = A_g - (A_r + A_s)$$

$$= 324 - (3,16 + 17,90) = 302,1 \text{ in}^2$$

$$\frac{A_s}{A_g} = \frac{17,90}{324} = 0,055 \geq 0,04 \text{ (termasuk kolom komposit)}$$

1. Tinjauan sebagai kolom komposit

Kolom encased : $c_1 = 0,7$; $c_2 = 0,6$; $c_3 = 0,2$

$$E_c = 1750 \sqrt{f'_c (\text{Ksi})} = 3274 \text{ Ksi} ; F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$F_{Yr} = 55 \text{ Ksi}$$

$$F_{m_y} = F_y + c_1 \cdot F_{Yr} \cdot \frac{A_c}{A_s} + c_2 \cdot \Gamma \cdot c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.5-6)$$

$$= 36 + 0,7 \cdot 55 \cdot \frac{3,16}{17,90} + 0,6 \cdot 3,5 \cdot \frac{302,1}{17,90}$$

$$= 80 \text{ Ksi}$$

$$E_m = E_s + c_3 \cdot E_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \quad (3.5-7)$$

$$= 29000 + 0,2 \cdot 3274 \cdot \frac{302,1}{17,90}$$

$$= 40051,1 \text{ Ksi}$$

$$r_{m_y} = r_y \text{ profil} = 5,98 \text{ in} \quad (3.5-8)$$

$$= 0,36 b = 0,36 \times 18 = 6,48 \text{ in (menentukan)}$$

$$\lambda_{cr} = \frac{k \cdot l}{r_{m_y} \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_{m_y}}{E_m}} \quad (3.5-12)$$

$$= \frac{2,57 \cdot 147,6378}{6,48 \cdot \pi} \sqrt{\frac{132,46}{40051,1}} = 0,6 \leq 1,5$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\lambda_{cr}^2}\right) \cdot F_{m_y} = \left(0,658^{0,6^2}\right) \cdot 80 = 68,06 \text{ Ksi} \quad (3.5-10)$$

$$\begin{aligned} \phi_c \cdot P_n &= 0,85 \cdot A_s \cdot F_{cr} \\ &= 0,85 \cdot 17,90 \cdot 68,06 \\ &= 1035,5 \text{ Kips} \geq P_u = 13,94 \text{ Kips} \end{aligned}$$

2. Tinjauan sebagai Balok komposit

Kontrol terhadap persyaratan interaksi untuk struktur balok-kolom sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{13,19}{1035,5} = 0,0127 \leq 0,3, \text{ maka kuat momen nominal balok-kolom}$$

diambil interpolasi dari nilai-nilai M_n untuk $(P_u/\phi_c P_n) = 0,3$ dan M_n untuk $P_u = 0$

✓ Untuk $0,3 \leq (P_u/\phi_c P_n) < 1,0$

$$M_{nc} = Z_x \cdot F_y + \frac{1}{3}(h - 2c_r)A_r \cdot F_y + \left(\frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1,7 \cdot f'c \cdot b} \right) A_w \cdot F_y \text{ kips-in} \quad (3.6-6)$$

$$A_r = 4 (0,790) = 3,16 \text{ in}^2$$

$$A_w \cdot F_y = (5,2) 36 = 187,2 \text{ Kips}$$

$$1,7 \cdot f'c \cdot b = 1,7 \cdot 3,5 \cdot 18 = 107,1 \text{ Kips/in}$$

$$c_r = 1,5 + 0,375 + \frac{1}{2} \cdot 1 = 2,4 \text{ in}$$

$$Z_x = 102 \text{ in}^3 ; F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 102 \cdot 36 + \frac{1}{3}(18 - 2 \cdot 2,4)3,16 \cdot 36 + \left(\frac{18}{2} - \frac{187,2}{107,1} \right) 187,2 \\ &= 6003,7 \text{ K-in} \end{aligned}$$

$$\phi_b M_{nc} = 0,85 (6003,7) = 5103,2 \text{ K-in} \geq 772,23 \text{ K-in}$$

✓ Untuk $P_u = 0$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 17,90 \cdot 36 = 3672 \text{ K-in}$$

$$\phi_b M_{nc} = 0,85 (3672) = 3121,2 \text{ K-in}$$

Dari interpolasi diatas didapat $\phi_b M_{nc} = 8091,8 \text{ K-in}$

Cek adanya faktor pembesaran momen terhadap momen ultimit (M_u):

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{772,23}{736,4} \right) = 0,2 \quad (3.6-11)$$

$$P_{ex} = \frac{A_s \cdot F_{mv}}{\lambda_c^2} = \frac{17,90 \cdot 80}{0,6^2} = 3696,2 \text{ Kips} \quad (3.6-10)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{P_c}} = \frac{0,2}{1 - \frac{13,19}{33696,2}} = 0,2 \leq 1,0, \text{ maka } B_1 = 1 \quad (3.6-9)$$

$$\begin{aligned} M_t &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 772,23 + 0 \\ &= 772,23 \text{ K-in} \end{aligned} \quad (3.6-8)$$

Cek terhadap interaksi aksial momen dengan rumus LRFD H1-1b :

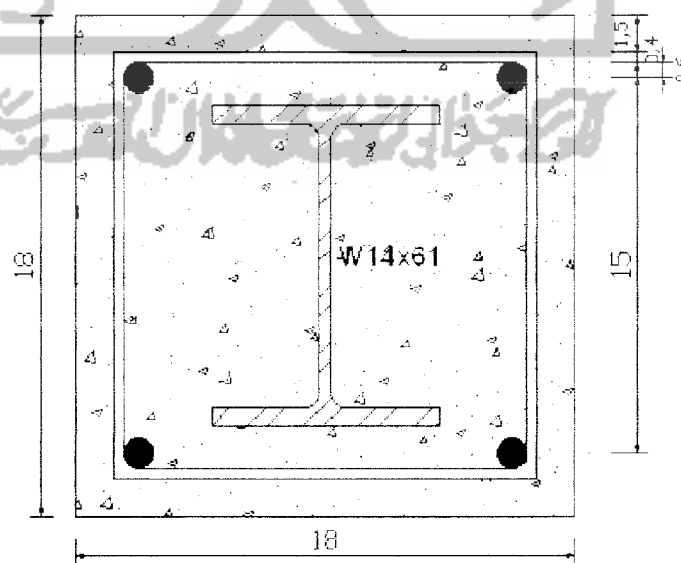
$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{13,19}{1035,5} = 0,0127 < 0,2 \quad (3.6-1)$$

Maka :

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_t}{\phi_b M_{nc}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{13,19}{2 \cdot 1035,58} + \left(\frac{772,23}{8091,8} \right) = 0,1 \leq 1,0$$

Keterangan : Profil W14 x 61 encased 18" x 18" aman terhadap interaksi gaya aksial dan momen lentur. Perhitungan ini menunjukkan situasi aman, tetapi boros. Untuk mendapatkan kondisi aman dan tidak boros, rasio kapasitas lentur yang terjadi harus mendekati 1,0.



Gambar 5.5 Penampang Kolom Komposit (K3)