

## BAB VI

### PERENCANAAN

Struktur bangunan yang dihitung perencanaan ini adalah struktur bangunan dengan jumlah tingkat 14 dan menggunakan metode daktail yang menggunakan konsep *strong colum weak beam*. Perencanaan meliputi perhitungan dimensi balok, kolom dan panel zone, serta sambungan kolom dengan balok, sambungan kolom dengan kolom dan plat dasar.

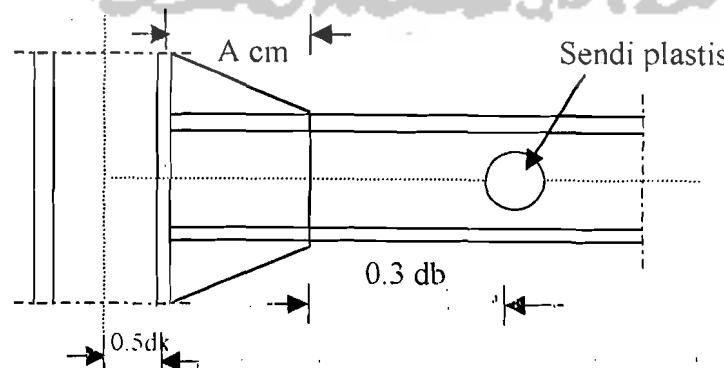
#### 6.1. Perencanaan tanpa Memperhitungkan Efek P-Delta.

##### 6.1.1. Perencanaan balok

Untuk perencanaan balok daktail, momen yang digunakan untuk perencanaan adalah momen yang terjadi pada sendi plastis.

Langkah-langkah perhitungan balok daktail pada tingkat 1, balok tepi adalah sebagai berikut :

1. Penentuan letak sendi plastis.



Gambar 6.1 : Letak sendi plastis

Dimana  $d_k$  = tinggi profil kolom = 42,52 cm

$A$  = panjang sambungan = 30 cm (asumsi)

$d_b$  = tinggi profil balok = 37,54 cm

$$x = 0,5d_k + A \text{ cm} + 0,3 d_b \quad (3.13)$$

$$= 0,5 \cdot 42,52 + 30 + 0,3 \cdot 37,54 = 62,5 \text{ cm}$$

Letak sendi plastis untuk balok pada tingkat berikutnya disajikan dalam tabel 6.1

Tabel 6.1. Letak sendi plastis balok kiri dan balok kanan

Balok tingkat	$d_k$ (cm)	$d_b$ (cm)	$A$ (cm)	$X=0,5d_k+0,3d_b+Acm$
1-13 kiri	42,52	37,54	30	62,5
1-13 kanan	42,52	37,54	30	62,5
14 (atap) kiri	42,52	35,66	30	61,96
14 (atap) kanan	42,52	35,66	30	61,96

Selanjutnya untuk menghitung momen plastis rencana dilakukan dengan cara perhitungan redistribusi momen pada tiap portal. Momen plastis adalah momen yang terjadi pada sendi plastis. Momen-momen ini diperoleh dari hasil analisis struktur program SAP90.

### 1. Portal 14 lantai (Metode Tanpa P-Delta)

#### 1.1 Lantai 1-2

$$M_{12} = 24,742 \text{ tm}$$

$$M_{23} = 24,299 \text{ tm}$$

$$M_L = 6,472 \text{ tm}$$

$$M_L = 4,922 \text{ tm}$$

$$M_{21} = -44,388 \text{ tm}$$

$$M_{32} = -47,044 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_{bi} = M_{12} + M_{21} + M_{23} + M_{32} \quad (3.15)$$

$$= 24,742 + 44,388 + 24,299 + 47,044$$

$$= 140,473 \text{ tm}$$

a. Untuk balok bentang kiri

diambil  $\Delta M_1 = 10\% \cdot 47,045 = 4,704$  dan  $\Delta M_2 = \Delta M_1 = 4,704 \text{ tm}$ , dimana

nilai  $\Delta M_1$  dan  $\Delta M_1 < 30\% M_{maks} = 14,114 \text{ tm}$ , sehingga diperoleh

$$M_{12}' = M_{12} + \Delta M_1 = 24,742 + 4,704 = 29,446 \text{ tm} \quad (3.17)$$

$$M_{21}' = -M_{21} + \Delta M_1 = -44,388 + 4,704 = -39,684 \text{ tm}$$

$$M_L' = M_L + \Delta M_1 = 6,472 + 4,704 = 11,176 \text{ tm}$$

kemudian ditentukan letak titik plastis dengan persamaan sebagai berikut

$$X = 0,5dk + Acm + 0,3 db$$

sehingga diperoleh

$$X_i = 0,5 \cdot 42,52 + 0,3 \cdot 37,54 + 30 = 62,5 \text{ cm}, \text{ diambil } X_i = 58,3 \text{ cm}$$

$$X_a = 62,5 \text{ cm}, \text{ diambil } X_a = 58,3 \text{ cm}$$

Kemudian dari perhitungan diatas dapat dihitung momen plastis balok

$$M_{12x}' = M_{12x} + \Delta M_1 = 23,961 + 4,704 = 28,665 \text{ tm}$$

$$M_{21x}' = M_{21x} - \Delta M_1 = -33,648 + 4,704 = -28,943 \text{ tm}$$

Sehingga untuk balok bentang kiri momen plastis ujung kiri  $M_{pi} = 28,665 \text{ tm}$ , momen plastis ujung kanan  $M_{pa} = -28,943 \text{ tm}$ . Untuk perencanaan balok bentang kiri digunakan momen plastis rencana  $M_p = -28,943 \text{ tm}$ .

b. Untuk balok bentang kanan

Diambil  $\Delta M_2 = 15\% \cdot 47,045 = 7,057 \text{ tm} < 30\% M_{maks} = 14,114 \text{ tm}$

$$M_{23} = 24,299 + 7,057 = 31,356 \text{ tm}$$

$$M_{32} = -47,045 + 7,057 = -39,987 \text{ tm}$$

kemudian ditentukan letak titik plastis dengan persamaan sebagai berikut

$$X = 0,5dk + Acm + 0,3 db$$

sehingga diperoleh

$$X_i = 0,5 \cdot 42,52 + 0,3 \cdot 37,54 + 30 = 62,5 \text{ cm, diambil } X_i = 58,3 \text{ cm}$$

$$X_a = 62,5 \text{ cm, diambil } X_a = 58,3 \text{ cm}$$

Kemudian dari perhitungan diatas dapat dihitung momen plastis balok

$$M_{23x}' = M_{23x} + \Delta M_2 = 23,333 + 7,057 = 30,389 \text{ tm}$$

$$M_{32x}' = M_{32x} - \Delta M_2 = -36,120 + 7,057 = -29,064 \text{ tm}$$

Kontrol redistribusi

$$\begin{aligned} \Sigma M_{bi}' &= \Sigma M_{bi} \\ &= 29,446 + 39,684 + 31,356 + 39,987 \\ &= 140,473 \cong \Sigma M_{bi} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan selanjutnya diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6.2. Momen hasil redistribusi balok tingkat 1-2

Letak Balok	$M_i$ ( tm )	$M_{i'}$ ( tm )	$M_a$ ( tm )	$\Delta M$ $M_{maks}$ ( tm )	% $\Delta M_i$ ( tm )	$\Delta M_i'$ ( tm )	$M_i'$ ( tm )	$M_{i'}$ ( tm )	$M_a'$ ( tm )
1-2 kiri	24,742	6,472	-44,388	14,114	10	4,704	29,447	11,176	-39,684
1-2 Kanan	24,299	4,922	-47,044	14,114	15	7,056	31,356	11,98	-39,987

Tabel 6.3. Momen Rencana Plastis Balok tingkat 1-2

Letak Balok	$M_{ix}$ ( tm )	$M_{ax}$ ( tm )	$\Delta M$ ( tm )	$M_{pi}$ ( tm )	$M_{pa}$ ( tm )	$M_u$ ( tm )
1-2 Kiri	23,960	-33,648	4,704	28,665	-28,944	-28,944
1-2 Kanan	23,333	-36,120	7,058	30,389	-29,063	30,389

Hasil perhitungan momen pada sendi plastis diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 6.4. Momen balok hasil reduksi pada sendi plastis untuk tiap – tiap elemen

Tingkat	Elemen	Momen kiri (tm)	Momen kanan (tm)
1	43	26,83	-27,275
	44	26,792	-26,716
2	45	28,665	-28,943
	46	30,389	-29,063
3	47	28,341	-28,46
	48	30,729	-29,314
4	49	27,021	-27,327
	50	30,087	-28,81
5	51	25,198	-25,828
	52	28,858	-27,891
6	53	23,008	-24,077
	54	27,192	-26,655
7	55	20,491	-22,098
	56	25,128	-25,133
8	57	17,659	-19,904
	58	22,684	-23,336
9	59	14,518	-17,496
	60	19,867	-21,269
10	61	11,083	-14,887
	62	16,693	-18,944
11	63	7,397	-12,108
	64	13,206	-16,394
12	65	4,441	-8,429
	66	10,834	-12,482
13	67	0,28	-6,771
	68	6,252	-11,3
14	69	-1,4	-3,863
	70	-0,921	-3,738

Perencanaan dilakukan tiap dua tingkat dengan membedakan antara balok tepi dan balok tengah. Momen rencana tiap ditunjukkan pada tabel 6.5. beikut ini.

Tabel 6.5. Momen balok hasil redistribusi momen pada sendi plastis  
tanpa efek P-Delta

No	Elemen struktur	Momen kiri-balok (tm)	Momen kanan-balok (tm)
1	Balok kiri tingkat 1-2	28,665	-28,943
2	Balok kiri tingkat 3-4	28,341	-28,460
3	Balok kiri tingkat 5-6	25,198	-25,828
4	Balok kiri tingkat 7-8	20,491	-22,098
5	Balok kiri tingkat 9-10	14,518	-17,496
6	Balok kiri tingkat 11-12	7,397	-12,108
7	Balok kiri tingkat 13-14	0,280	-6,771
8	Balok kanan tingkat 1-2	30,389	-29,063
9	Balok kanan tingkat 3-4	30,729	-29,314
10	Balok kanan tingkat 5-6	28,858	-27,891
11	Balok kanan tingkat 7-8	25,128	-25,133
12	Balok kanan tingkat 9-10	19,867	-21,269
13	Balok ka. tingkat 11-12	13,206	-16,394
14	Balok ka. tingkat 13-14	6,252	-11,300

Untuk perhitungan desain balok diambil momen yang terbesar. Momen rencana pada balok kanan tingkat 1-2 sebesar 30,389 tm. Dieoba profil W14x61 dengan data profil sebagai berikut

$$\begin{array}{llll}
 A_s = 17,9 \text{ in}^2 & I_x = 640 \text{ in}^4 & I_y = 107 \text{ in}^2 & X_1 = 2720 \\
 d = 13,89 \text{ in} & S_x = 92,2 \text{ in}^3 & S_y = 21,5 \text{ in}^3 & X_2 = 0,002460 \\
 t_w = 0,375 \text{ in} & r_x = 5,98 \text{ in} & r_y = 2,45 \text{ in} & C_w = 4710 \\
 b_f = 9,995 \text{ in} & Z_x = 102 \text{ in}^3 & Z_y = 32,8 \text{ in}^3 & J = 2,20 \\
 t_f = 0,645 \text{ in} & F_r = 10 \text{ ksi} & F_y = 36 \text{ ksi} & L = 7,00 \text{ meter} \\
 E = 29000 \text{ ksi}
 \end{array}$$

kapasitas momen tampang untuk profil dihitung dengan persamaan 3.18 sampai dengan persamaan 3.24 sebagai berikut

$$G = \frac{E}{2,6} = \frac{29000}{2,6} = 11153,85 \text{ ksi}$$

$$A = A_s = 17,9 \text{ in}^2$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 102,36 = 3672 \text{ kip in}$$

$$M_r = (F_y - F_r) S_x = (36 - 10) \cdot 92,2 = 2397,2 \text{ kip in}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{F_y - F_r} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \left( F_y - F_r \right)^2}} = 419,973 \text{ in} > L_b = 275,59 \text{ in}$$

$$L_p = \frac{300 \cdot r_y}{\sqrt{F_y}} = \frac{300 \cdot 2,45}{\sqrt{36}} = 122,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} M_n &= c_b \left( M_p - \left( M_p - M_r \right) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \\ &= 1,0 \left( 3672 - \left( 3672 - 2397,2 \right) \frac{275,59 - 122,5}{419,973 - 122,5} \right) = 3015,944 \text{ kip in} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 3015,944 = 2714,35 \text{ kip in} = 31,298 \text{ tm}$$

$$M_u = 30,389 < 31,298 \text{ Ok}$$

Ditinjau sebagai balok-kolom, harus menentukan kekakuan elemen setiap joint dengan grafik kekakuan dengan rumus persamaan 3.31 sebagai berikut

$$G_a = 1$$

$$G_b = \frac{\sum \frac{I_c}{L_c}}{\sum \frac{I_g}{L_g}}$$

Dari grafik kekakuan dimasukkan nilai  $G_a$  dan  $G_b$ , yang akan diperoleh nilai  $K = 3.6$ . Dan untuk perhitungan selanjutnya seperti diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 6.6 kekakuan elemen dan gaya aksial yang terjadi

Tingkat	K
1-2	3,6
3-4	3,6
5-6	3,6
7-8	3,6
9-10	3,8
11-12	4,1
13-14	4,9

Selanjutnya dihitung kelangsungan kolom dengan persamaan 3.32 s/d 3.36

$$\lambda_c = \frac{kl}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{3.6.275,59}{5,98.\pi} \sqrt{\frac{36}{29000}} = 1,86 > 1,5 \text{ maka,}$$

$$F_{cr} = \left( \frac{0,877}{\lambda^2} \right) F_y = \left( \frac{0,877}{1,86^2} \right) . 36 = 9,126$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} \cdot A_g = 0,85 \cdot 9,126 \cdot 17,9 = 138,852 \text{ kips} = 61,767 \text{ ton}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{0,231}{61,767} = 0,0037 < 0,2 \text{ maka}$$

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} = \frac{0,231}{2 \cdot 61,767} + \frac{30,389}{31,297} = 0,973 < 1$$

untuk perhitungan selanjutnya diperlihatkan pada tabel 6.7 dan 6.8 berikut ini.

Tabel 6.7 Hasil hitungan desain balok tanpa efek P-Delta

Elemen struktur	Profil	$M_u$ (tm)	$\phi M_n$	$\phi M_n/M_u$
Balok kiri tingkat 1-2	W 14x61	28,943	31.297	1.081
Balok kiri tingkat 3-4	W 14x61	28,460	31.297	1.099
Balok kiri tingkat 5-6	W 14x61	25,828	31.297	1.212
Balok kiri tingkat 7-8	W 14x61	22,098	31.297	1.416
Balok kiri tingkat 9-10	W 14x53	17,496	23.905	1.366
Balok kiri tingkat 11-12	W 14x43	12,108	17.830	1.473
Balok kiri tingkat 13-14	W 14x34	6,771	11.749	1.735
Balok kanan tingkat 1-2	W 14x61	30,389	31.297	1.030
Balok kanan tingkat 3-4	W 14x61	30,729	31.297	1.018
Balok kanan tingkat 5-6	W 14x61	28,858	31.297	1.085
Balok kanan tingkat 7-8	W 14x61	25,133	31.297	1.245
Balok kanan tingkat 9-10	W 14x53	21,269	23.905	1.124
Balok ka. tingkat 11-12	W 14x43	16,394	17.830	1.088
Balok ka. tingkat 13-14	W 14x34	11,300	11.749	1.040

Tabel 6.8 Perhitungan balok kolom tanpa efek P-Delta

Tingkat	Profil	$P_u$ (t)	$\phi P_n$ (t)	$P_u/\phi P_n$	$M_u$ (tm)	$\phi M_n$ (tm)	$M_u/\phi M_n$	Interaksi
1-2	W 14x61	0,231	61,767	0,0037	30,389	31,297	0,971	0,973
3-4	W 14x61	0,303	61,767	0,0049	30,729	31,297	0,981	0,983
5-6	W 14x61	0,456	61,767	0,0074	28,858	31,297	0,922	0,926
7-8	W 14x61	0,673	61,767	0,0109	25,133	31,297	0,803	0,808
9-10	W 14x53	0,894	46,837	0,0191	21,269	23,905	0,889	0,899
11-12	W 14x43	1,137	31,728	0,0358	16,394	17,830	0,919	0,937
13-14	W 14x34	1,197	17,691	0,0677	11,300	11,749	0,962	0,996

### 6.1.2. Perencanaan kolom

Perencanaan kolom daktail mempergunakan prinsip *strong column weak beam*, yaitu memperkuat kolom dibandingkan balok. Perencanaan dilakukan tiap 2 lantai dengan memperhatikan kolom tepi dan kolom tengah. Besarnya momen kolom didasarkan pada besarnya momen plastis pada balok setelah dikalikan

dengan rasio pembesaran. Untuk desain lantai 1-2 tepi perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Menghitung momen plastis pada balok yang terletak pada sendi plastis, dengan besarnya momen plastis dengan persamaan 3.25 sebagai berikut:  $M_p = Z_x \cdot F_y = 102.36 = 3672$  kip in. Perhitungan momen plastis pada tingkat selanjutnya ditunjukkan pada tabel 6.9.
2. Rasio pembesaran momen pada kolom  $\beta$  diambil 1,1 (M, Burneau, 1998) sehingga momen rencana kolom  $M_{pr}$  (pers.3.26) pada balok adalah :  $M_{pr} = 1,1 \cdot 3672 = 4039.2$  kip in. perhitungan selanjutnya ditunjukkan pada tabel 6.9.

Tabel 6.9. Momen pada sendi plastis

Lantai	Elemen	$Z_x$	$F_y$	$M_p = Z_x \cdot F_y$	$M_{pr}$
1	43	102	36	3672	4039.2
	44	102	36	3672	4039.2
2	45	102	36	3672	4039.2
	46	102	36	3672	4039.2
3	47	102	36	3672	4039.2
	48	102	36	3672	4039.2
4	49	102	36	3672	4039.2
	50	102	36	3672	4039.2
5	51	102	36	3672	4039.2
	52	102	36	3672	4039.2
6	53	102	36	3672	4039.2
	54	102	36	3672	4039.2
7	55	102	36	3672	4039.2
	56	102	36	3672	4039.2
8	57	102	36	3672	4039.2
	58	102	36	3672	4039.2
9	59	87.1	36	3135.6	3449.16
	60	87.1	36	3135.6	3449.16
10	61	87.1	36	3135.6	3449.16
	62	87.1	36	3135.6	3449.16
11	63	69.6	36	2505.6	2756.16
	64	69.6	36	2505.6	2756.16

12	65	69.6	36	2505.6	2756.16
	66	69.6	36	2505.6	2756.16
13	67	54.6	36	1965.6	2162.16
	68	54.6	36	1965.6	2162.16
14	69	54.6	36	1965.6	2162.16
	70	54.6	36	1965.6	2162.16

3. Perencanaan kolom juga memperhatikan kekakuan kolom ( $\alpha$ ), yang didapat dengan rumus (pers. 3.30)

$$\alpha = \frac{M_{ka}}{M_{tot}} = \frac{8,051}{8,051 + 14,581} = 0,356$$

Perhitungan kekakuan  $\alpha$  ditabelkan pada tabel 6.10, sebagai berikut.

Tabel 6.10. kekakuan kolom

Tingkat	Elemen	$M_{ka}$	$M_{kb}$	$\alpha_a$	$\alpha_b$
1	1	8.051	-	0.356	-
	2	23.255	-	0.371	-
	3	16.214	-	0.372	-
2	4	11.203	14.581	0.453	0.644
	5	33.447	39.393	0.487	0.629
	6	22.35	27.368	0.475	0.628
3	7	12.747	13.539	0.525	0.547
	8	34.827	35.239	0.508	0.513
	9	24.19	24.694	0.510	0.525
4	10	12.743	11.554	0.559	0.475
	11	34.681	33.676	0.522	0.492
	12	24.573	23.218	0.526	0.490
5	13	12.251	10.065	0.589	0.441
	14	33.657	31.723	0.533	0.478
	15	24.438	22.108	0.539	0.474
6	16	11.493	8.535	0.625	0.411
	17	32.153	29.539	0.543	0.467
	18	23.996	20.908	0.551	0.461
7	19	10.541	6.888	0.674	0.375
	20	30.259	27.029	0.556	0.457
	21	23.321	19.555	0.564	0.449

	22	9.414	5.095	0.749	0.326
8	23	28.004	24.186	0.571	0.444
	24	22.435	18.017	0.579	0.436
	25	8.115	3.148	0.885	0.251
9	26	25.394	21.006	0.592	0.429
	27	21.34	16.29	0.597	0.421
	28	6.635	1.053	0.850	0.115
10	29	22.427	17.498	0.621	0.408
	30	20.029	14.379	0.619	0.403
	31	4.939	1.168	0.590	0.150
11	32	19.088	13.696	0.663	0.379
	33	18.474	12.308	0.645	0.381
	34	2.975	3.433	0.349	0.410
12	35	15.305	9.705	0.721	0.337
	36	16.534	10.153	0.668	0.355
	37	0.026	5.542	0.004	0.651
13	38	10.989	5.918	0.762	0.279
	39	14.105	8.232	0.665	0.332
	40	5.623	6.141	1.000	0.996
14	41	5.105	3.434	1.000	0.238
	42	10.916	7.111	1.000	0.335

4. Kemudian momen kolom yang direncanakan dihitung dengan rumus  
(pers 3.29) sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 M_{\text{kolom}} &= \frac{h_n}{h} \alpha DMF \cdot 0,7 \left( \frac{L_{bi}}{L_{nbi}} M_{bi} + \frac{L_{ba}}{L_{nba}} M_{ba} \right) \\
 &= \frac{189,905}{196,85} 0,356 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \left( \frac{275,59}{229,921} 4039,2 + 0 \right) \\
 &= 1448,32 \text{ kip-in} = 16,701 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

dimana :

M <sub>pr</sub> balok kanan	= M <sub>ba</sub>	= 4039,2 kip-in
Tinggi kolom total	= h	= 196,85 in
Tinggi kolom bersih	= h <sub>n</sub>	= 189,905 in
Bentang balok kiri kolom	= L <sub>bi</sub>	= 275,59 in

$$\text{Bentang antar sendi plastis balok} = L_{bi} = 229,921 \text{ in}$$

Hasil perhitungan momen kolom ditunjukkan pada tabel 6.11 berikut ini.

Tabel 6.11. Momen dan gaya aksial rencana

Tingkat	Gaya aksial (t)	Momen (tm)
1 tepi	230.539	16.701
2-3 tepi	212.055	26.361
4-5 tepi	153.031	22.625
6-7 tepi	115.195	23.675
8-9 tepi	97.141	24.304
10-11 tepi	63.323	21.824
12-14 tepi	7.380	22.435
1 tengah	240.743	67.769
2-3 tengah	221.891	77.543
4-5 tengah	167.293	73.513
6-7 tengah	131.934	74.479
8-9 tengah	114.499	75.108
10-11 tengah	80.013	65.924
12-14 tengah	45.901	55.584

5. Menentukan nilai kekakuan elemen dengan grafik kekakuan elemen.

Hasil dari perhitungan kekakuan elemen diperlihatkan pada tabel 6.12

berikut ini.

Tabel 6.12 Kekakuan elemen kolom

Tingkat	K
1 tepi	1.4
2-3 tepi	1.75
4-5 tepi	1.9
6-7 tepi	2
8-9 tepi	2.2
10-11 tepi	2.2
12-14 tepi	2.1
1 tengah	1.6
2-3 tengah	2
4-5 tengah	2.1
6-7 tengah	2.1
8-9 tengah	2.1

10-11 tengah	2.2
12-14 tengah	2.25

6. Kolom tepi tingkat 1 direncanakan dengan profil W 14x90 dengan data profil sebagai berikut.

$$\begin{array}{llll}
 A_s = 26,5 \text{ in}^2 & I_x = 999 \text{ in}^4 & I_y = 362 \text{ in}^2 & X_1 = 2900 \\
 d = 14,02 \text{ in} & S_x = 143 \text{ in}^3 & S_y = 49,9 \text{ in}^3 & X_2 = 0,001750 \\
 t_w = 0,440 \text{ in} & r_x = 6,14 \text{ in} & r_y = 3,70 \text{ in} & C_w = 16000 \\
 b_f = 14,520 \text{ in} & Z_x = 157 \text{ in}^3 & Z_y = 75,6 \text{ in}^3 & J = 4,06 \\
 t_f = 0,710 \text{ in} & F_r = 10 \text{ ksi} & F_y = 36 \text{ ksi} & L = 7,00 \text{ meter} \\
 E = 29000 \text{ ksi} & & & 
 \end{array}$$

kapasitas momen tampang untuk profil dihitung dengan persamaan 3.18 sampai dengan persamaan 3.24 sebagai berikut

$$G = \frac{E}{2,6} = \frac{29000}{2,6} = 11153,85 \text{ ksi}$$

$$A = A_s = 26,5 \text{ in}^2$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 157 \cdot 36 = 5652 \text{ kip in}$$

$$M_r = (F_y - F_r) S_x = (36 - 10) \cdot 143 = 3718 \text{ kip in}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{F_y - F_r} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \left( \frac{F_y - F_r}{r_y} \right)^2}} = 649,581 \text{ in} > L_b = 275,59 \text{ in}$$

$$L_p = \frac{300 \cdot r_y}{\sqrt{F_y}} = \frac{300 \cdot 3,70}{\sqrt{36}} = 185 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= c_b \left( M_p - \left( M_p - M_r \right) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \\
 &= 1,0 \left( 5652 - (5652 - 3718) \frac{275,59 - 185}{649,58 - 185} \right) = 5274,883 \text{ kip in}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 5274,883 = 4747,395 \text{ kip in} = 54,739 \text{ tm}$$

selanjutnya dihitung interaksi balok-kolom dengan pers. 3.32 s/d 3.36 berikut

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1,4 \cdot 196,85}{6,14} \sqrt{\frac{36}{29.000}} = 0,504$$

$$F_{cr} = 0,658 \lambda_c^2 \cdot F_y = 0,658^{0,504^2} \cdot 36 = 32,374 \text{ Kip}$$

$$\phi P_n = \phi \cdot F_{cr} \cdot A_g = 0,85 \cdot 32,374 \cdot 26,5 = 324,390 \text{ Kip}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{230,329}{324,390} = 0,711 > 0,2$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_u}{M_n} \right) = \frac{230,329}{324,390} + \frac{8}{9} \left( \frac{16,701}{54,739} \right) = 0,98 < 1$$

Untuk perhitungan kolom selanjutnya diperlihatkan pada tabel 6.13 berikut

ini.

Tabel 6.13 Rasio gaya aksial terhadap kapasitas aksial kolom

Tingkat	Profil	P <sub>u</sub> (t)	$\phi P_n$ (t)	P <sub>u</sub> /tP <sub>n</sub>	M <sub>u</sub>	$\phi M_n$	Interaksi
1 tepi	W 14x90	230,539	324,390	0,711	16,701	54,7395	0,98
2-3 tepi	W 14x99	212,055	363,780	0,583	26,361	60,715	0,97
4-5 tepi	W 14x82	153,031	295,532	0,518	22,625	44,672	0,97
6-7 tepi	W 14x74	115,195	264,228	0,436	23,675	39,9034	0,96
8-9 tepi	W 14x74	97,141	257,866	0,377	24,304	39,9034	0,91
10-11 tepi	W 14x61	63,323	211,135	0,299	21,824	31,297	0,92
12-14 tepi	W 14x53	7,38	183,196	0,040	22,435	23,905	0,96
1 tengah	W 14x159	240,743	559,075	0,431	67,769	103,831	1,01
2-3 tengah	W 14x176	221,891	636,475	0,349	77,543	116,184	0,94
4-5 tengah	W 14x159	167,293	566,811	0,295	73,513	103,831	0,92
6-7 tengah	W 14x145	131,934	517,320	0,255	74,479	93,740	0,96
8-9 tengah	W 14x145	114,499	517,320	0,221	75,108	93,740	0,93
10-11 tengah	W 14x120	80,013	421,269	0,190	65,924	75,257	0,97
12-14 tengah	W 14x99	45,901	344,101	0,133	55,584	60,715	0,98

aksial tarik atau tekan sayap balok. Tahapan perencanaan panel zone adalah sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya gaya geser horisontal pada kolom akibat momen lentur pada balok dan gaya geser pada kolom tengah lantai 3-4.

$$V_u = \frac{DMF.M_1}{0,95.db_1} + \frac{DMF.M_2}{0,95.db_2} - \frac{V_3 + V_4}{2}$$

$$= \frac{1,3.2635,546}{0,95.13,89} + \frac{1,3.2635,546}{0,95.13,89} - \frac{43,753 + 45,485}{2} = 474,681 \text{ Kip}$$

2. Kontrol terhadap tekuk lokal pada sayap kolom.

$$\phi R_{nf} = 6,25 \cdot t_{fc}^2 \cdot F_y = 6,25 \cdot 1,31^2 \cdot 36 = 386,123$$

3. Kontrol terhadap tekuk lokal pada badan kolom.

$$\phi R_{nw} = \phi (5k + t_{fb}) F_y \cdot t_{wc}$$

$$= 0,9(5 \cdot 1,4 + 0,645) 36 \cdot 0,745 = 208,673$$

Karena  $V_u > \phi R_{nf}$  dan  $V_u > \phi R_{nw}$  maka diperlukan panel zone, perencanaannya adalah sebagai berikut.

4. Kebutuhan luasan pengaku badan kolom untuk pencegahan tekuk lokal pada sayap dan badan kolom.

$$A_{st \text{ perlu}} = \frac{b_{fb} \cdot t_{fb} \cdot F_y - (5k + t_{fb}) F_y \cdot t_{wc}}{F_y}$$

$$= \frac{0,9 \cdot 9,995 \cdot 0,645 \cdot 36 - 0,9(5 \cdot 1,6 + 0,645) 36 \cdot 0,745}{36} = 2,017 \text{ in}^2$$

5. Kebutuhan lebar minimum panel zone.

$$A_{st \text{ perlu}} = \frac{b_{fb} \cdot t_{fb} \cdot F_y - (5k + t_{fb}) F_y \cdot t_{wc}}{F_y}$$

$$= \frac{0,9 \cdot 9,995 \cdot 0,645 \cdot 36 - 0,9(5,1,6 + 0,645) \cdot 36 \cdot 0,745}{36} = 2,017 \text{ in}^2$$

5. Kebutuhan lebar minimum panel zone. (pers. 3.42)

$$b_{min} = \frac{b_{fb}}{3} - \frac{t_{wc}}{2} = \frac{9,995}{3} - \frac{0,745}{2} = 2,959 \text{ in}$$

6. Kebutuhan tebal minimum panel zone (pers. 3.41)

$$t_{s min} = \frac{t_{fb}}{2} = \frac{0,645}{2} = 0,3225 \text{ in}$$

Panel zone menggunakan dimensi 4"x3/4" dengan luas  $A_s = 3" > 2,017 \text{ in}^2$

Tabel 6.14 Kontrol kebutuhan panel zone

Elemen struktur	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	V <sub>u</sub>	φR <sub>nf</sub>	φR <sub>nw</sub>	Ket
tepi kiri 1-2	2635.546		243.308	136.890	108.987	Perlu
tengah 1-2	2635.546	2635.546	474.681	386.123	208.673	Perlu
kanan 1-2	2635.546		228.864	136.890	108.987	Perlu
tepi kiri 3-4	2665.033		246.761	164.481	147.633	Perlu
tengah 3-4	2665.033	2665.033	481.890	113.423	286.265	Perlu
kanan 3-4	2665.033		232.370	164.481	147.633	Perlu
tepi kiri 5-6	2502.767		233.347	138.651	167.636	Perlu
tengah 5-6	2502.767	2502.767	453.462	267.323	269.018	Perlu
kanan 5-6	2502.767		218.015	138.651	167.636	Perlu
tepi kiri 7-8	2179.709		204.769	138.651	155.204	Perlu
tengah 7-8	2179.709	2179.709	395.301	267.323	245.547	Perlu
kanan 7-8	2179.709		188.724	138.651	155.204	Perlu
tepi kiri 9-10	1844.596		175.418	138.651	170.003	Perlu
tengah 9-10	1844.596	1844.596	335.718	267.323	245.877	Perlu
kanan 9-10	1844.596		159.966	138.651	170.003	Perlu
tepi kiri 11-12	1421.802		141.112	93.606	140.090	Perlu
tengah 11-12	1421.802	1421.802	266.819	198.810	220.407	Perlu
kanan 11-12	1421.802		124.489	93.606	140.090	Perlu
tepi kiri 13-14	980.015		90.533	98.010	131.329	Tidak
tengah 13-14	980.015	980.015	183.910	136.890	183.932	Perlu
kanan 13-14	980.015		83.325	98.010	131.329	Tidak

### 1. Menentukan momen rencana untuk sambungan balok kolom

Momen rencana ditentukan dan dihitung berdasarkan persamaan 3.43

dibawah ini :

$$M_u \text{ tingkat } 1-2 = \text{DMF} \left[ \frac{L_{bi}}{L_{nbi}} M_{kap} \right] = 1,3 \left[ \frac{275,59}{229,921} 4039,2 \right] = 6293,959 \text{ Kip}$$

- in

Perhitungan selanjutnya dihitung setiap 2 tingkat dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.16 sebagai berikut

Tabel 6.16 Momen rencana balok kolom (TPD)

ELEMEN	Momen rencana balok kolom (metode TPD) (Kip - in)
Tingkat 1-2	6293,959
Tingkat 3-4	6293,959
Tingkat 5-6	6293,959
Tingkat 7-8	6293,959
Tingkat 9-10	5374,547
Tingkat 11-12	4294,701
Tingkat 13-14	3369,119

2. Menghitung gaya yang bekerja pada sambungan terhadap elemen balok. Perhitungan didasarkan dengan persamaan 3.44 sebagai berikut

$$T_u = \frac{\phi M_u}{d} = \frac{0,9 \cdot 6293,959}{13,89} = 407,816 \text{ Kip}$$

3. Menghitung perencanaan kebutuhan luas sambungan las sebagai berikut (pers 3.45)

$$A_g = \frac{T_u}{\phi b F_y} = \frac{407,816}{0,9 \cdot 36} = 12,587 \text{ in}^2$$

4. Menghitung kapasitas sambungan las dengan elektrode E70 dengan persamaan 3.46 sebagai berikut

$$\varnothing R_{nw} = \varnothing (0,707a)(0,60.F_{EXX}) = 0,75 (0,707.a) (0,60.70) = 22,27 \text{ a Kip/in}$$

dengan tebal las (a) = 0,75 in maka diperoleh

$$\varnothing R_{nw} = 22,27 \cdot 0,75 = 16,703 \text{ Kip/in}$$

5. Menghitung kebutuhan panjang las ( $L_w$ ) untuk sambungan tersebut dengan persamaan 3.47 sebagai berikut

$$L_w = \frac{T_u}{\varnothing R_{nw}} = \frac{407,816}{16,703} = 24,416 \text{ in}$$

Selanjutnya hasil perhitungan untuk joint sambungan lain dapat dilihat di dalam tabel 6. 17 berikut

Tabel 6.17 Perencanaan sambungan balok kolom

Tingkat	Tebal Las (a) (in)	Panjang Las (Lw) (in)
Tingkat 1-2	0,75	25
Tingkat 3-4	0,75	25
Tingkat 5-6	0,75	25
Tingkat 7-8	0,75	25
Tingkat 9-10	0,75	21
Tingkat 11-12	0,75	17
Tingkat 13-14	0,75	13

#### 6.1.5 Sambungan kolom dengan kolom

Perencanaan elemen untuk setiap dua tingkat mengakibatkan terjadinya perbedaan elemen kolom sehingga diperlukan sambungan antara kolom dengan kolom. Sambungan antara kolom dengan kolom keuatannya direncanakan

berdasarkan pada gaya yang terjadi pada sambungan dan berdasarkan kekuatan atas kapasitas profil yang digunakan sebagai elemen kolom.

Sambungan antara kolom dengan kolom pada tingkat 2 dan 3 bagian tepi direncanakan masing-masing sambungan pada sayap untuk menahan momen dan sambungan pada badan untuk menahan geser. Perencanaan masing-masing bagiannya adalah sebagai berikut

1. Sambungan pada badan kolom

- a. Gaya geser ( $T_u$ ) yang terjadi

Gaya geser yang terjadi diambil dari hasil perhitungan analisis struktur yang maksimum

$$T_u = 7,3 \text{ ton} = 16,410 \text{ Kip}$$

- b. Luas penampang pelat badan yang diperlukan

Luas pelat badan yang diperlukan akibat gaya geser yang terjadi dihitung dengan persamaan 3.50 sebagai berikut

$$A_g = \frac{T_u}{0,4 \cdot F_y} = \frac{16,410}{0,4 \cdot 36} = 1,140 \text{ in}^2$$

- c. Tebal pelat yang diperlukan (pers 3.51)

$$t_{\text{perlu}} = \frac{A_g}{2 \cdot d} = \frac{1,140}{2 \cdot 14,160} = 0,040 \text{ in}$$

Sehingga pada badan kolom digunakan pelat sambung  $2,5'' \times \frac{1}{2}''$

2. Sambungan pada sayap kolom

Sambungan pada sayap kolom berfungsi sebagai penahan momen yang bekerja pada profil. Perhitungan sambungan pada sayap kolom dihitung dengan persamaan sebagai berikut

a. Menentukan momen kapasitas profil kolom

Momen kapasitas profil kolom dihitung dengan persamaan 3.48

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 173.36 = 6228 \text{ Kip - in}$$

b. Menghitung kebutuhan luasan pelat sambung

Kebutuhan luasan pelat sambung dihitung berdasarkan rasio momen yang terjadi terhadap momen kapasitas profil dikalikan dengan luasan sayap kolom dengan persamaan 3.52 sebagai berikut

$$A_g = \frac{M_u}{\phi M_n} b_f t_f = \frac{1478,245}{0,9.6228} \cdot 14,565 \cdot 0,780 = 2,996 \text{ in}^2$$

Sehingga pada badan kolom digunakan pelat sambung 3" x 1"

3. Perhitungan sambungan las

Kebutuhan sambungan las pada badan dan sayap diasumsikan memiliki panjang yang sama dengan perhitungan sebagai berikut

a. Menentukan gaya geser atau gaya tarik maksimum yang terjadi (3.49)

$$T_{usayap} = \frac{\phi M_n}{d} = \frac{0,9.6228}{14,160} = 395,847 \text{ Kip}$$

$$T_{ubadan} = 16,410 \text{ Kip}$$

b. Menghitung kebutuhan luas sambungan las

Kebutuhan luas sambungan las dapat dihitung dengan pers. 3.50 berikut

$$A_g = \frac{T_u}{0,4 \cdot F_y} = \frac{395,847}{0,4 \cdot 36} = 27,489 \text{ in}^2$$

c. Menghitung kapasitas las dengan elektrode las E70 (pers.3.54 )

$$\varnothing R_{nw} = \varnothing (0,707a)(0,60 \cdot F_{exx}) = 0,75 (0,707 \cdot a) (0,60 \cdot 70) = 22,27 a \text{ Kip/in}$$

dengan tebal las (a) = 2 in maka diperoleh

$$\phi R_{nw} = 22,27 \cdot 2 = 44,541 \text{ Kip/in}$$

d. Menghitung panjang las dengan elektrode E70 (pers. 3.55)

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_{nw}} = \frac{395,847}{44,541} = 8,887 \text{ in}$$

Untuk perhitungan sambungan kolom lainnya diperlihatkan di dalam tabel

6.18 sebagai berikut

Tabel 6.18 Perencanaan sambungan kolom dengan kolom

KOLOM	Badan		Sayap		Las	
	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)
2-3 Tepi	2,5	0,5	3	1	8	2
4-5 Tepi	2,5	0,5	4,5	1	7,5	2
6-7 Tepi	2	0,5	4	1	6,5	2
8-9 Tepi	2	0,5	4,5	1	6,5	2
10-11 Tepi	2	0,5	4,5	1	5,5	2
12-13 Tepi	2	0,5	4	1	5	2
2-3 Tengah	6,5	0,5	8	1,5	16	2
4-5 Tengah	6,5	0,5	9,5	1,5	14	2
6-7 Tengah	6	0,5	9	1,5	13	2
8-9 Tengah	5	0,5	9	1,5	13	2
10-11 Tengah	4	0,5	13,5	1	11	2
12-13 Tengah	2,5	0,5	12	1	9	2

### 6.1.6 Perencanaan pelat dasar

Perencanaan pelat dasar masing-masing untuk kolom tepi dan kolom tengah. Pelat dasar merupakan pelat tumpuan kolom yang menopang kolom agar dapat mendistribusikan tegangan yang terjadi merata pada luasan pondasi yang ada. Adapun perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Pelat dasar kolom tepi ( metoda TPD )

Profil Kolom : W14 x 90

Gaya aksial yang bekerja ( $P_u$ ) = 230,539 ton = 507,797 Kip

Momen rencana arah x ( $M_{nx}$ ) =  $\beta \cdot Z_x \cdot F_y = 1,1 \cdot 157 \cdot 36 = 6217,2$  Kip-in

Momen rencana arah y ( $M_{ny}$ ) =  $\beta \cdot Z_y \cdot F_y = 1,1 \cdot 75,6 \cdot 36 = 2993,76$  Kip-in

Mutu beton pada pondasi ( $f_c'$ ) = 30 Mpa = 3,625 ksi

a. Menghitung luas perlu Pelat (Ag) pers.3.56

$$A = \frac{P_u}{0,85 \cdot \Phi \cdot f_c'} = \frac{507,797}{0,85 \cdot 0,6 \cdot 3,625} = 274,67 \text{ in}^2$$

Selanjutnya dicoba dimensi pelat dasar bujur sangkar dengan panjang sisi

$$B = L = 45 \text{ in}$$

Sehingga dikontrol tegangan pelat ( $f_p$ ) adalah sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{A_{pelat}} = \frac{507,797}{45 \times 45} = 0,251 \text{ ksi} < 0,35 f_c' = 0,35 \cdot 3,625 = 1,27 \text{ ksi}$$

b. Kontrol tegangan di bawah pelat dasar

Arah x (pers. 3.59 a & 3.59 b)

$$f_{p1} = \frac{P_u}{A_{pelat}} + \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{507,797}{45 \times 45} + \frac{6217,2}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = 0,660 \text{ ksi} < 0,35 f_c' = 1,27 \text{ ksi}$$

$$f_{p2} = \frac{P_u}{A_{pelat}} - \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{507,797}{45 \times 45} - \frac{6217,2}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = -0,159 \text{ ksi} < 0,35 f_c' = 1,27 \text{ ksi}$$

Arah y

$$f_{p1} = \frac{P_u}{A_{pelat}} + \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{507,797}{45 \times 45} + \frac{2993,76}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = 0,448 \text{ ksi} < 0,35 f_c' = 1,27 \text{ ksi}$$

$$f_{p2} = \frac{P_u}{A_{pelat}} - \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{507,797}{45 \times 45} - \frac{2993,76}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = 0,054 \text{ ksi} < 0,35 f_c' = 1,27 \text{ ksi}$$

$$m = \frac{1}{2} (B - 0,95d) = \frac{1}{2} (45 - 0,95 \cdot 14,02) = 15,841 \text{ in} \quad (3.57 \text{ a})$$

$$n = \frac{1}{2} (L - 0,8 \cdot bf) = \frac{1}{2} (45 - 0,8 \cdot 14,52) = 16,692 \text{ in} \quad (3.57 \text{ b})$$

c. Menentukan tebal pelat

Arah x (pers. 3.60 s/d 3.65)

$$X = \frac{f_{p_1} \cdot B}{f_{p_1} + f_{p_2}} = \frac{0,660 \cdot 45}{0,660 + 0,159} = 36,283 \text{ in}$$

$$f_{p3} = f_{p2} + \frac{B - m}{B} (f_{p_1} - f_{p_2}) = 0,159 + \frac{45 - 15,841}{45} (0,660 + 0,159) = 0,372 \text{ ksi}$$

$$M = \frac{1}{2} (f_{p_1} + f_{p3}) \cdot \frac{1}{2} \cdot m^2 = \frac{1}{2} (0,66 + 0,372) \cdot \frac{1}{2} \cdot 15,841^2 = 64,741 \text{ kip-in}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 64,741}{0,75 \cdot 36}} = 3,793 \text{ in}$$

Arah y

$$Y = \frac{f_{p_1} \cdot N}{f_{p_1} + f_{p_2}} = \frac{0,448 \cdot 45}{0,448 + 0,054} = 40,187 \text{ in}$$

$$f_{p3} = f_{p2} + \frac{N - n}{N} (f_{p_1} - f_{p_2}) = 0,054 + \frac{45 - 16,692}{45} (0,448 + 0,054) = 0,302 \text{ ksi}$$

$$M = \frac{1}{2} (f_{p_1} + f_{p3}) \cdot \frac{1}{2} \cdot n^2 = \frac{1}{2} (0,448 + 0,302) \cdot \frac{1}{2} \cdot 16,692^2 = 52,209 \text{ kip-in}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 52,209}{0,75 \cdot 36}} = 3,249 \text{ in}$$

Sehingga digunakan pelat dimensi pelat dasar 45"x 45"x 4"

d. Menghitung dimensi angkur

Angkur direncanakan menahan gaya tarik pelat dasar berdasarkan tegangan minimumnya.

Arah x (pers. 3.60 s/d 3.62, 3.66)

$$e = \frac{\beta \cdot M_u}{P_u} = \frac{6217,2}{507,797} = 12,243 \text{ in}$$

$$T = \frac{3 \cdot \beta \cdot M_u - x}{2 \cdot B} = \frac{3 \cdot 6217,2 - 36,283}{2 \cdot 45} = 206,837 \text{ Kip}$$

$$C = P_u + T = 507,797 + 206,837 = 714,634 \text{ Kip}$$

$$A_{angkur} = \frac{T}{0,6F_y} = \frac{206,837}{0,6 \cdot 36} = 9,576 \text{ in}^2$$

Dipakai 2 buah angkur diameter (D)2,5" dengan luas aktual (As)

$$A_s = n \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) = 2 \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,5^2 \right) = 9,813 \text{ in}^2 > 9,576 \text{ in}^2$$

Arah y

$$e = \frac{\beta \cdot M_u}{P_u} = \frac{2993,76}{507,797} = 5,896 \text{ in}$$

$$T = \frac{3 \cdot \beta \cdot M_u - x}{2 \cdot B} = \frac{3 \cdot 2993,76 - 40,187}{2 \cdot 45} = 99,345 \text{ Kip}$$

$$C = P_u + T = 507,797 + 99,345 = 607,142 \text{ Kip}$$

$$A_{angkur} = \frac{T}{0,6F_y} = \frac{99,345}{0,6 \cdot 36} = 4,599 \text{ in}^2$$

Dipakai 2 buah angkur diameter (D)2,5" dengan luas aktual (As)

$$A_s = n \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) = 2 \cdot \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,5^2 \right) = 9,813 \text{ in}^2 > 4,599 \text{ in}^2$$

## 2. Pelat dasar kolom tengah

Profil Kolom : W14 x 159

Gaya aksial yang bekerja ( $P_u$ ) = 240,743 ton = 530,273 Kip

Momen rencana arah x ( $M_{nx}$ ) =  $\beta \cdot Z_x \cdot F_y = 1,1 \cdot 287 \cdot 36 = 11365,2 \text{ Kip-in}$

Momen rencana arah y ( $M_{ny}$ ) =  $\beta \cdot Z_y \cdot F_y = 1,1 \cdot 146 \cdot 36 = 5781,6 \text{ Kip-in}$

Mutu beton pada pondasi ( $f_c'$ ) = 30 Mpa = 3,625 ksi

### e. Menghitung luas perlu Pelat ( $A_g$ )

$$A = \frac{P_u}{0,85 \cdot \Phi \cdot f'_c} = \frac{530,273}{0,85 \cdot 0,63,625} = 286,828 \text{ in}^2$$

Selanjutnya dicoba dimensi pelat dasar bujur sangkar dengan panjang sisi

$$B = L = 45 \text{ in}$$

Sehingga dikontrol tegangan pelat ( $f_p$ ) adalah sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{A_{pelat}} = \frac{530,273}{45 \times 45} = 0,262 \text{ ksi} < 0,35 f'_c = 0,35 \cdot 3,625 = 1,27 \text{ ksi}$$

f. Kontrol tegangan di bawah pelat dasar

Arah x

$$f_{p1} = \frac{P_u}{A_{pelat}} + \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{530,273}{45 \times 45} + \frac{11365,2}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = 1,010 \text{ ksi} < 0,35 f'_c = 1,27 \text{ ksi}$$

$$f_{p2} = \frac{P_u}{A_{pelat}} - \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{530,273}{45 \times 45} - \frac{11365,2}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = -0,486 \text{ ksi} < 0,35 f'_c = 1,27 \text{ ksi}$$

Arah y

$$f_{p1} = \frac{P_u}{A_{pelat}} + \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{530,273}{45 \times 45} + \frac{5781,6}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = 0,643 \text{ ksi} < 0,35 f'_c = 1,27 \text{ ksi}$$

$$f_{p2} = \frac{P_u}{A_{pelat}} - \frac{\beta \cdot M_u}{\frac{1}{6} B^2 \cdot N} = \frac{530,273}{45 \times 45} - \frac{5781,6}{\frac{1}{6} 45^2 \cdot 45} = -0,119 \text{ ksi} < 0,35 f'_c = 1,27 \text{ ksi}$$

$$m = \frac{1}{2} (B - 0,95d) = \frac{1}{2} (45 - 0,95 \cdot 14,98) = 15,385 \text{ in}$$

$$n = \frac{1}{2} (L - 0,8 \cdot b_f) = \frac{1}{2} (45 - 0,8 \cdot 15,565) = 16,274 \text{ in}$$

g. Menentukan tebal pelat

Arah x

$$X = \frac{f_{p_1} \cdot B}{f_{p_1} + f_{p_2}} = \frac{1,01 \cdot 45}{1,01 + 0,486} = 30,373 \text{ in}$$

$$f_{p3} = f_{p2} + \frac{B - m}{B} (f_{p_1} - f_{p_2}) = -0,486 + \frac{45 - 15,385}{45} (1,01 + 0,486) = 0,499 \text{ ksi}$$

$$M = 1/2 (f_{p1} + f_{p3}) \cdot 1/2 \cdot m^2 = 1/2 (1,01 + 0,499) \cdot 1/2 \cdot 15,385^2 = 89,271 \text{ Kip-in}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 89,271}{0,75 \cdot 36}} = 4,454 \text{ in}$$

Arah y

$$Y = \frac{f_{p_1} \cdot N}{f_{p_1} + f_{p_2}} = \frac{0,643 \cdot 45}{0,643 + 0,119} = 37,977 \text{ in}$$

$$f_{p3} = f_{p2} + \frac{N - n}{N} (f_{p_1} - f_{p_2}) = 0,199 + \frac{45 - 16,274}{45} (0,643 + 0,119) = 0,367 \text{ ksi}$$

$$M = 1/2 (f_{p1} + f_{p3}) \cdot 1/2 \cdot n^2 = 1/2 (0,643 + 0,367) \cdot 1/2 \cdot 16,274^2 = 66,856 \text{ Kip-in}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 66,856}{0,75 \cdot 36}} = 3,671 \text{ in}$$

Sehingga digunakan pelat dimensi pelat dasar 45" x 45" x 4,5"

#### h. Menghitung dimensi angkur

Angkur direncanakan menahan gaya tarik pelat dasar berdasarkan tegangan minimumnya.

Arah x

$$e = \frac{\beta \cdot M_u}{P_u} = \frac{11365,2}{530,273} = 21,433 \text{ in}$$

$$T = \frac{3 \cdot \beta \cdot M_u - x}{2 \cdot B} = \frac{3 \cdot 11365,2 - 30,373}{2 \cdot 45} = 378,503 \text{ Kip}$$

$$C = P_u + T = 530,273 + 378,503 = 908,775 \text{ Kip}$$

$$A_{\text{angkur}} = \frac{T}{0,6F_y} = \frac{378,503}{0,6 \cdot 36} = 17,523 \text{ in}^2$$

Dipakai 4 buah angkur diameter (D)2,5" dengan luas aktual (As)

$$A_s = n (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2) = 4 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,5^2) = 19,625 \text{ in}^2 > 17,523 \text{ in}^2$$

Arah y

$$e = \frac{\beta \cdot M_u}{P_u} = \frac{5781,6}{530,273} = 10,903 \text{ in}$$

$$T = \frac{3 \cdot \beta \cdot M_u - y}{2 \cdot B} = \frac{3 \cdot 5781,6 - 37,977}{2 \cdot 45} = 192,298 \text{ Kip}$$

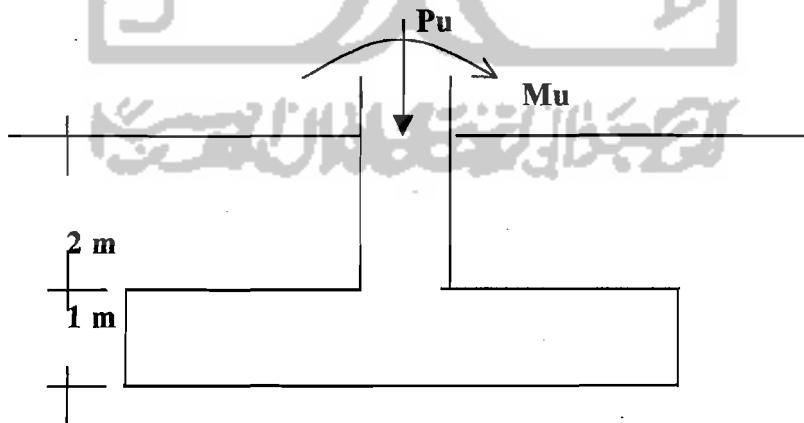
$$C = P_u + T = 530,273 + 192,298 = 722,571 \text{ Kip}$$

$$A_{\text{angkur}} = \frac{T}{0,6F_y} = \frac{192,298}{0,6 \cdot 36} = 8,903 \text{ in}^2$$

Dipakai 2 buah angkur diameter (D)2,5" dengan luas aktual (As)

$$A_s = n (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2) = 2 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,5^2) = 9,813 \text{ in}^2 > 8,903 \text{ in}^2$$

#### 6.1.7 Menentukan Dimensi Pondasi



Gambar 6.2 Bentuk Pondasi

Data-data yang digunakan untuk hitungan pondasi pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Kolom tepi

$$\text{Gaya aksial} = 43,304 \text{ ton} = 95,381 \text{ kip}$$

$$Mu = 4362,15 \text{ kip in} = 1963 \text{ kNm}$$

$$\text{Tegangan ijin tanah } (\sigma_t) = 1,5 \text{ kg/cm}^2 = 150 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat jenis tanah } \tau = 18 \text{ kN/m}^3$$

Momen rencana pondasi

$$Mu = \varphi \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot M_{kap} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1963 = 1374,1 \text{ kNm}$$

$$M = \frac{Mu}{0,65} = 2114 \text{ kNm}$$

a. Berat tanah diatas pondasi

$$qt = (3-1) \cdot 18 = 36 \text{ kN/m}^2$$

Berat poer

$$qp = 1 \cdot 24 = 24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat total } qt = qt + qp = 60 \text{ kN/m}^2$$

b. Menentukan ukuran pondasi

$$\sigma = \frac{Pu}{B^2} + \frac{Mu}{\frac{1}{6}B^3} + q_t \leq \sigma_t$$

$$\sigma = \frac{433}{B^2} + \frac{1963}{\frac{1}{6}B^3} + 60 \leq 150 \text{ kN/m}^2$$

sehingga didapat  $B = L = 5,5 \text{ m}$

c. tegangan yang terjadi pada pondasi

$$\sigma_{\max} = \frac{433}{5,5^2} + \frac{1963}{\frac{1}{6}5,5^3} + 60 = 145,10 \text{ kN/m}^2 \leq 150 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{433}{5,5^2} - \frac{1963}{\frac{1}{6}5,5^3} + 60 = 3,52 \text{ kN/m}^2 > 0 \text{ kN/m}^2$$

d. kontrol kuat geser

$$d = t - p_b - \frac{1}{2}\phi_{tul} = 1000 - 70 - 0,5 \cdot 29 = 915,5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{2}B - \frac{1}{2}h_k - d = \frac{1}{2} \cdot 5500 - \frac{1}{2} \cdot 1000 - 915,5 = 1334,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \left[ \frac{B - a}{B} \right] \\ &= 3,52 + (145,10 - 3,52) \left[ \frac{5,5 - 1,335}{5,5} \right] = 110,735 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$V_u = a \cdot B \cdot \sigma_1 = 1,3345 \cdot 5,5 \cdot 110,735 = 812 \text{ kN} = 110735 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c' \cdot B \cdot d} = \frac{1}{6} \sqrt{25 \cdot 5500 \cdot 915,5} = 4196041,7 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 4196041,7 = 2517625 > V_u \quad \dots \dots \text{OK}$$

e. hitungan tulangan

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot x^2 \cdot B = 0,5 \cdot 145,1 \cdot 2,3^2 \cdot 5,5 = 2110,84 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot B \cdot d^2} = \frac{2110,84 \cdot 10^6}{0,75500 \cdot 915,5} = 0,654 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}}}{m} = 0,00574$$

$$As = \rho \cdot B \cdot d = 0,00574 \cdot 5500 \cdot 915,5 = 28934,721 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 5500}{28934,721} = 93,259 \text{ mm} \text{ dipakai } \varnothing 25 - 90$$

## 2. Kolom tengah

Gaya aksial = 240,92 ton = 530,650 kip = 2409,2 kN

$M_u = 4969,92 \text{ kip in} = 2236,2 \text{ kNm}$

Tegangan ijin tanah ( $\sigma_t$ ) = 1,5 kg/cm<sup>2</sup> = 150 kN/m<sup>2</sup>

Berat jenis tanah  $\tau$  = 18 kN/m<sup>2</sup>

Momen rencana pondasi

$M_u = \phi \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot M_{kap} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 2236,2 = 1565,34 \text{ kNm}$

$$M = \frac{Mu}{0,65} = 2408 \text{ kNm}$$

a. Berat tanah diatas pondasi

$$q_t = (3-1) \cdot 18 = 36 \text{ kN/m}^2$$

Berat poer

$$q_p = 1,24 = 24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat total } q_t = q_t + q_p = 60 \text{ kN/m}^2$$

b. Menentukan ukuran pondasi

$$\sigma = \frac{P_u}{B^2} + \frac{M_u}{\frac{1}{6}B^3} + q_t \leq \sigma_t$$

$$\sigma = \frac{2409}{B^2} + \frac{2236,2}{\frac{1}{6}B^3} + 60 \leq 150 \text{ kN/m}^2$$

sehingga didapat  $B = L = 5.5 \text{ m}$

c. tegangan yang terjadi pada pondasi

$$\sigma_{\max} = \frac{2409}{5.5^2} + \frac{2236,2}{\frac{1}{6}5.5^3} + 60 = 141,10 \text{ kN/m}^2 \leq 150 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{2409}{5.5^2} - \frac{2236,2}{\frac{1}{6}5.5^3} + 60 = 137,39 \text{ kN/m}^2 > 0 \text{ kN/m}^2$$

d. kontrol kuat geser

$$d = t - pb - \frac{1}{2}\phi_{\text{tol}} = 1000 - 70 - 0.5 \cdot 29 = 915,5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{2}B - \frac{1}{2}h_k - d = \frac{1}{2} \cdot 5500 - \frac{1}{2}1000 - 915,5 = 1334,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \left[ \frac{B - a}{B} \right] \\ &= 137,39 + (141,10 - 137,39) \left[ \frac{5,5 - 1,335}{5,5} \right] = 143,224 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$V_u = a \cdot B \cdot \sigma_1 = 1,3345 \cdot 5,5 \cdot 110,735 = 812 \text{ kN} = 110735 \text{ N}$$

$$Vc = 1/6 \sqrt{f_c' \cdot B \cdot d} = 1/6 \sqrt{25 \cdot 5500 \cdot 915,5} = 4196041,7 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,6 \cdot 4196041,7 = 2517625 > V_u \quad \dots \text{OK}$$

e. hitungan tulangan

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot x^2 \cdot B = 0,5 \cdot 141,1 \cdot 2,3^2 \cdot 5,5 = 2052,84 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot B \cdot d^2} = \frac{2110,84 \cdot 10^6}{0,75500 \cdot 915,5} = 0,636 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}}{m} = 0,0031$$

$$A_s = \rho \cdot B \cdot d = 0,0031 \cdot 5500 \cdot 915,5 = 15609,275 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 5500}{15609,275} = 172,873 \text{ mm dipakai } \varnothing 25 - 170$$

## 6.2. Perencanaan dengan Analisa P-delta yang Disederhanakan

Langkah-langkah perhitungan pada perencanaan dengan analisa P-delta yang disederhanakan sama dengan pada bangunan tanpa efek P-delta, sehingga contoh perhitungan tidak disertakan dan hasil dari langkah-langkah perhitungan ditunjukkan dalam tabel.

### 6.2.1 Perencanaan balok

Tabel 6.19. Letak sendi plastis balok kiri dan balok kanan

Balok tingkat	dk (cm)	db (cm)	A (cm)	X=0,5dk+0,3db+Acm
1-13 kiri	42,52	37,54	30	62,5
1-13 kanan	42,52	37,54	30	62,5
14 (atap) kiri	42,52	35,66	30	61,96
14 (atap) kanan	42,52	35,66	30	61,96

Tabel 6.20 Momen balok hasil redistribusi momen pada sendi plastis

Tingkat	Elemen	Momen kiri (tm)	Momen kanan (tm)
1	43	28,884	-28,765
	44	28,827	-28,22

2	45	30,935	-30,622
	46	32,669	-30,722
3	47	30,532	-30,078
	48	32,931	-30,919
4	49	29,007	-28,795
	50	32,085	-30,266
5	51	26,926	-27,107
	52	30,599	-29,16
6	53	24,469	-25,157
	54	28,661	-27,726
7	55	21,684	-22,981
	56	26,329	-26,008
8	57	13,877	-22,727
	58	23,63	-24,025
9	59	15,222	-18,018
	60	20,577	-21,786
10	61	11,58	-15,255
	62	17,195	-19,31
11	63	7,721	-12,347
	64	13,533	-16,632
12	65	3,791	-9,41
	66	9,767	-13,881
13	67	0,384	-6,849
	68	6,357	-11,377
14	69	-1,367	-3,889
	70	0,955	-5,305

Perencanaan dilakukan tiap dua tingkat dengan membedakan antara balok tepi dan balok tengah.

Tabel 6.21 Momen balok hasil redistribusi momen pada sendi plastis

No	Elemen struktur	Momen kiri balok (tm)	Momen kanan balok (tm)
1	Balok kiri tingkat 1-2	30,935	-30,622
2	Balok kiri tingkat 3-4	30,532	-30,078
3	Balok kiri tingkat 5-6	26,926	-27,107
4	Balok kiri tingkat 7-8	21,684	-22,981
5	Balok kiri tingkat 9-10	15,222	-18,018
6	Balok kiri tingkat 11-12	7,721	-12,347
7	Balok kiri tingkat 13-14	0,384	-6,849
8	Balok kanan tingkat 1-2	32,669	-30,722
9	Balok kanan tingkat 3-4	32,931	-30,919

10	Balok kanan tingkat 5-6	30,599	-29,160
11	Balok kanan tingkat 7-8	26,329	26,008
12	Balok kanan tingkat 9-10	20,577	-21,786
13	Balok ka. tingkat 11-12	13,533	-16,632
14	Balok ka. tingkat 13-14	6,357	-11,377

Tabel 6.22 Hasil hitungan desain balok dengan metode P-Delta yang disederhanakan

Elemen struktur	Profil	Mu (tm)	$\phi M_n$	$\phi M_n/M_u$
Balok kiri tingkat 1-2	W 14x68	30,935	35,832	1,158
Balok kiri tingkat 3-4	W 14x68	30,532	35,832	1,174
Balok kiri tingkat 5-6	W 14x61	27,107	31,297	1,155
Balok kiri tingkat 7-8	W 14x61	22,981	31,297	1,362
Balok kiri tingkat 9-10	W 14x53	18,018	23,905	1,327
Balok kiri tingkat 11-12	W 14x43	12,347	17,830	1,444
Balok kiri tingkat 13-14	W 14x34	6,849	11,749	1,715
Balok kanan tingkat 1-2	W 14x68	32,669	35,832	1,097
Balok kanan tingkat 3-4	W 14x68	32,931	35,832	1,088
Balok kanan tingkat 5-6	W 14x61	30,599	31,297	1,023
Balok kanan tingkat 7-8	W 14x61	26,329	31,297	1,189
Balok kanan tingkat 9-10	W 14x53	21,786	23,905	1,097
Balok ka. tingkat 11-12	W 14x43	16,632	17,830	1,072
Balok ka. tingkat 13-14	W 14x38	11,377	11,749	1,037

Tabel 6.23 Perhitungan balok kolom dengan metode P-Delta yang disederhanakan

Tingkat	Profil	P <sub>u</sub> (t)	$\phi P_n$ (t)	P <sub>u</sub> / $\phi P_n$	M <sub>u</sub> (tm)	$\phi M_n$ (tm)	M <sub>u</sub> / $\phi M_n$	Interaksi
1-2	W 14x68	0,255	69,658	0,0037	32,669	35,832	0,912	0,914
3-4	W 14x68	0,382	69,658	0,0055	32,931	35,832	0,919	0,922
5-6	W 14x61	0,541	61,767	0,0088	30,599	31,297	0,978	0,986
7-8	W 14x61	0,753	61,767	0,0122	26,329	31,297	0,841	0,847
9-10	W 14x53	0,962	46,837	0,0021	21,786	23,905	0,911	0,922
11-12	W 14x43	1,185	31,728	0,037	16,632	17,830	0,932	0,951
13-14	W 14x34	1,219	17,691	0,069	11,377	11,749	0,968	1,00

### 6.2.2 Perencanaan kolom

Tabel 6.24 Momen pada sendi plastis

Lantai	Elemen	Zx	Fy	$M_p = Zx \cdot F_y$	Mpr
1	43	115	36	4140	4554
	44	115	36	4140	4554
2	45	115	36	4140	4554
	46	115	36	4140	4554
3	47	115	36	4140	4554
	48	115	36	4140	4554
4	49	115	36	4140	4554
	50	102	36	3672	4039.2
5	51	102	36	3672	4039.2
	52	102	36	3672	4039.2
6	53	102	36	3672	4039.2
	54	102	36	3672	4039.2
7	55	102	36	3672	4039.2
	56	102	36	3672	4039.2
8	57	102	36	3672	4039.2
	58	102	36	3672	4039.2
9	59	87.1	36	3135.6	3449.16
	60	87.1	36	3135.6	3449.16
10	61	87.1	36	3135.6	3449.16
	62	87.1	36	3135.6	3449.16
11	63	69.6	36	2505.6	2756.16
	64	69.6	36	2505.6	2756.16
12	65	69.6	36	2505.6	2756.16
	66	69.6	36	2505.6	2756.16
13	67	54.6	36	1965.6	2162.16
	68	54.6	36	1965.6	2162.16
14	69	54.6	36	1965.6	2162.16
	70	54.6	36	1965.6	2162.16

Tabel 6.25. Tabel kekakuan kolom

Tingkat	Elemen	Mka	Mkb	$\alpha a$	$\alpha b$
1	1	8.68	-	0.346	
	2	24.636	-	0.369	
	3	16.878	-	0.369	
2	4	12.388	16.412	0.456	0.654
	5	35.738	42.137	0.487	0.631
	6	23.511	28.891	0.475	0.631
3	7	14.095	14.777	0.529	0.544
	8	37.256	37.574	0.511	0.513
	9	25.536	25.947	0.513	0.525
4	10	14.067	12.544	0.564	0.471
	11	37.003	35.712	0.525	0.489
	12	25.896	24.209	0.531	0.487
5	13	13.47	10.86	0.595	0.436
	14	35.755	33.45	0.536	0.475
	15	25.657	22.904	0.544	0.469
6	16	12.574	9.163	0.631	0.405
	17	33.983	30.972	0.547	0.464
	18	25.077	21.537	0.556	0.456
7	19	11.472	7.366	0.678	0.369
	20	31.807	28.18	0.559	0.453
	21	24.252	20.033	0.569	0.444
8	22	10.192	5.438	0.751	0.322
	23	29.272	25.073	0.575	0.441
	24	23.212	18.361	0.584	0.431
9	25	8.741	3.373	0.881	0.249
	26	26.394	21.654	0.595	0.425
	27	21.966	16.516	0.602	0.416
10	28	7.117	1.178	0.864	0.119
	29	23.178	17.937	0.624	0.405
	30	20.512	14.506	0.624	0.398
11	31	5.288	1.119	0.606	0.136
	32	19.616	13.961	0.666	0.376
	33	18.823	12.357	0.650	0.376
12	34	3.203	3.436	0.365	0.394
	35	15.641	9.839	0.724	0.334
	36	16.763	10.15	0.671	0.350
13	37	0.148	5.568	0.023	0.635
	38	11.174	5.971	0.763	0.276
	39	14.23	8.207	0.667	0.329
14	40	5.588	6.152	1.000	0.977
	41	5.173	3.463	1.000	0.237
	42	10.951	7.098	1.000	0.333

Tabel 6.26 Momen dan gaya aksial rencana

Tingkat	P <sub>u</sub> (t)	M <sub>u</sub>
1 tepi	235.207	18.670
2-3 tepi	216.116	29.828
4-5 tepi	175.300	25.101
6-7 tepi	116.385	25.018
8-9 tepi	97.974	24.514
10-11 tepi	63.666	22.362
12-14 tepi	7.39	22.435
1 tengah	240.745	76.328
2-3 tengah	222.019	87.485
4-5 tengah	185.262	82.475
6-7 tengah	131.933	74.605
8-9 tengah	114.498	75.216
10-11 tengah	80.012	66.031
12-14 tengah	45.901	55.670

Tabel 6.27 Rasio gaya aksial terhadap kapasitas aksial kolom

Tingkat	Profil	P <sub>u</sub> (t)	φP <sub>n</sub> (t)	P <sub>u</sub> /φP <sub>n</sub>	M <sub>u</sub>	φM <sub>n</sub>	Interaksi
1 tepi	W 14x99	235.207	356.584	0.660	18.670	60.715	0.93
2-3 tepi	W 14x109	216.116	400.579	0.540	29.828	67.7815	0.93
4-5 tepi	W 14x90	175.300	327.672	0.535	25.101	54.7395	0.94
6-7 tepi	W 14x74	116.385	268.693	0.433	25.018	39.9034	0.99
8-9 tepi	W 14x74	97.974	261.103	0.375	24.514	39.9034	0.92
10-11 tepi	W 14x61	63.666	211.135	0.302	22.362	31.297	0.94
12-14 tepi	W 14x53	7.39	211.135	0.035	22.435	23.905	0.96
1 tengah	W 14x176	240.745	621.365	0.387	76.328	116.184	0.97
2-3 tengah	W 14x193	222.019	692.296	0.321	87.485	129.293	0.92
4-5 tengah	W 14x176	185.262	622.933	0.297	82.475	116.184	0.93
6-7 tengah	W 14x145	131.933	517.320	0.255	74.605	93.740	0.96
8-9 tengah	W 14x145	114.498	517.320	0.221	75.216	93.740	0.93
10-11 tengah	W 14x120	80.012	426.222	0.188	66.031	75.257	0.97
12-14 tengah	W 14x99	45.901	341.931	0.134	55.670	60.715	0.98

### 6.2.3 Perencanaan panel zone

Tabel 6.28 Kontrol kebutuhan panel zone

Elemen struktur	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	V <sub>u</sub>	ϕR <sub>nf</sub>	ϕR <sub>nw</sub>	Ket
Tepi kiri 1-2	2833.284		258.1412	136.89	121.3121	Perlu
tengah 1-2	2833.284	2833.284	504.619	386.1225	234.4982	Perlu
kanan 1-2	2833.284		243.7126	136.89	121.3121	Perlu
tepi kiri 3-4	2856.006		261.0394	166.41	161.0847	Perlu
tengah 3-4	2856.006	2856.006	510.6588	466.56	323.5399	Perlu
kanan 3-4	2856.006		246.6446	166.41	161.0847	Perlu
tepi kiri 5-6	2653.759		247.0601	113.4225	141.0631	Perlu
tengah 5-6	2653.759	2653.759	481.0002	386.1225	313.1573	Perlu
kanan 5-6	2653.759		231.728	113.4225	141.0631	Perlu
tepi kiri 7-8	2283.435		214.1982	138.650625	155.2041	Perlu
tengah 7-8	2283.435	2283.435	414.2232	267.3225	245.5466	Perlu
kanan 7-8	2283.435		198.1532	138.650625	155.2041	Perlu
tepi kiri 9-10	1889.434		179.3701	138.650625	166.3578	Perlu
tengah 9-10	1889.434	1889.434	343.6464	267.3225	256.8931	Perlu
kanan 9-10	1889.434		162.7949	138.650625	166.3578	Perlu
tepi kiri 11-12	1442.443		143.2712	93.605625	140.0895	Perlu
tengah 11-12	1442.443	1442.443	270.5602	198.81	210.8495	Perlu
kanan 11-12	1442.443		126.3614	93.605625	140.0895	Perlu
tepi kiri 13-14	986.6929		101.9395	98.01	131.3285	Perlu
tengah 13-14	986.6929	986.6929	185.1136	136.89	187.8609	Perlu
kanan 13-14	986.6929		83.94029	98.01	131.3285	Tidak

Tabel 6.29 Perencanaan panel zone

Elemen struktur	A <sub>st</sub>	b <sub>min</sub>	t <sub>smin</sub>	Dimensi plat
tepi kiri 1-2	4.006	3.103	0.360	4x1
tengah 1-2	2.230	2.930	0.360	4x3/4
kanan 1-2	4.006	3.103	0.360	4x1
tepi kiri 3-4	3.800	3.083	0.360	4x1
tengah 3-4	1.921	2.900	0.360	4x1/2
kanan 3-4	3.800	3.083	0.360	4x1
tepi kiri 5-6	3.567	3.112	0.323	4x1
tengah 5-6	1.585	2.917	0.323	4x1/2
kanan 5-6	3.567	3.112	0.323	4x1
tepi kiri 7-8	3.516	3.107	0.323	4x1
tengah 7-8	2.347	2.992	0.323	4x3/4
kanan 7-8	3.516	3.107	0.323	4x1
tepi kiri 9-10	2.495	2.462	0.330	4x3/4

tengah 9-10	1.324	2.347	0.330	4x1/2
kanan 9-10	2.495	2.462	0.330	4x3/4
tepi kiri 11-12	1.947	2.478	0.265	4x1/2
tengah 11-12	0.877	2.370	0.265	4x1/4
kanan 11-12	1.947	2.478	0.265	4x1/2
tepi kiri 13-14	0.946	2.063	0.228	4x1/4
tengah 13-14	0.381	2.006	0.228	4x1/4
kanan 13-14	-	-	-	-

#### 6.2.4 Sambungan balok dengan kolom

Tabel 6.30 Perencanaan sambungan balok kolom (metode PDS)

Tingkat	Tebal Las (a) (in)	Panjang Las ( $L_w$ ) (in)
Tingkat 1-2	0,75	28
Tingkat 3-4	0,75	28
Tingkat 5-6	0,75	28
Tingkat 7-8	0,75	28
Tingkat 9-10	0,75	22
Tingkat 11-12	0,75	17
Tingkat 13-14	0,75	13

#### 6.2.5. Sambungan kolom dengan kolom

Tabel 6.31 Perencanaan sambungan kolom dengan kolom (metode PDS)

KOLOM	Badan		Sayap		Las	
	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)
2-3 Tepi	3	0,5	5,5	1	10	2
4-5 Tepi	2,5	0,5	5	1	8,5	2
6-7 Tepi	2,5	0,5	4,5	1	6,5	2
8-9 Tepi	2	0,5	4,5	1	6,5	2
10-11 Tepi	1,5	0,5	4	1	5,5	2
12-13 Tepi	2	0,5	4	1	5	2
2-3 Tengah	7	0,5	11	1,5	17	2
4-5 Tengah	7	0,5	10	1,5	16	2
6-7 Tengah	6	0,5	9	1,5	13	2
8-9 Tengah	5	0,5	9	1,5	13	2
10-11 Tengah	4	0,5	12	1	11	2
12-13 Tengah	3	0,5	12	1	9	2

### 6.2.6. Perencanaan pelat dasar

Tabel 6.32 Hasil perencanaan pelat dasar

Elemen Struktur	Metode PDS	
	Dimensi Pelat (BxLxT) (in)	Angkur (n x Dia) (unit x in)
Kolom tepi	45"x45"x4"	5 Ø 25"
Kol. Tengah	45"x45"x5"	7 Ø 25"

## 6.3. Perencanaan dengan Analisa Metode Pembesaran Momen

### 6.3.1. Perencanaan balok

Tabel 6.33. Letak sendi plastis balok kiri dan balok kanan

Balok tingkat	dk (cm)	db (cm)	A (cm)	X=0,5dk+0,3db+Acm
1-13 kiri	42,52	37,54	30	62,5
1-13 kanan	42,52	37,54	30	62,5
14 (atap) kiri	42,52	35,66	30	61,96
14 (atap) kanan	42,52	35,66	30	61,96

Tabel 6.34 Momen balok hasil redistribusi momen pada sendi plastis

Tingkat	Elemen	Momen kiri (tm)	Momen kanan (tm)
1	43	28,212	-28,432
	44	28,166	-27,876
2	45	31,022	-30,884
	46	32,774	-30,993
3	47	30,531	-30,271
	48	32,949	-31,125
4	49	28,838	-29,011
	50	32,017	-30,523

5	51	26,914	-27,276
	52	30,614	-29,351
6	53	24,474	-25,330
	54	28,700	-27,927
7	55	21,710	-23,158
	56	26,393	-26,215
8	57	17,465	-21,944
	58	23,713	-24,232
9	59	15,278	-18,186
	60	20,617	-21,986
10	61	11,639	-15,408
	62	17,290	-19,492
11	63	7,775	-12,476
	64	13,619	-16,786
12	65	3,831	-9,506
	66	9,832	-13,998
13	67	3,856	-6,909
	68	6,396	-11,451
14	69	-1,364	-3,905
	70	0,957	-5,324

Tabel 6.35 Momen balok hasil redistribusi momen pada sendi plastis dengan metode Pembesaran Momen

No	Elemen struktur	Momen kiri balok (tm)	Momen kanan balok (tm)
1	Balok kiri tingkat 1-2	31,022	-30,884
2	Balok kiri tingkat 3-4	30,531	-30,271
3	Balok kiri tingkat 5-6	26,914	-27,276
4	Balok kiri tingkat 7-8	21,710	-23,158
5	Balok kiri tingkat 9-10	15,278	-18,186
6	Balok kiri tingkat 11-12	7,775	-12,476
7	Balok kiri tingkat 13-14	3,856	-6,909
8	Balok kanan tingkat 1-2	32,774	-30,993

9	Balok kanan tingkat 3-4	32,949	-31,125
10	Balok kanan tingkat 5-6	30,614	-29,351
11	Balok kanan tingkat 7-8	26,393	-26,215
12	Balok kanan tingkat 9-10	20,617	-21,986
13	Balok ka tingkat 11-12	13,619	-16,786
14	Balok ka tingkat 13-14	6,396	-11,451

Tabel 6.36. Hasil hitungan desain balok dengan metode pembesaran momen

Elemen struktur	Profil	M <sub>u</sub> (tm)	φM <sub>n</sub>	φM <sub>n</sub> /M <sub>u</sub>
Balok kiri tingkat 1-2	W 14x68	31,022	35,832	1,155
Balok kiri tingkat 3-4	W 14x68	30,531	35,832	1,174
Balok kiri tingkat 5-6	W 14x61	27,276	31,297	1,147
Balok kiri tingkat 7-8	W 14x61	23,158	31,297	1,351
Balok kiri tingkat 9-10	W 14x53	18,186	23,905	1,314
Balok kiri tingkat 11-12	W 14x43	12,476	17,830	1,429
Balok kiri tingkat 13-14	W 14x38	6,909	11,749	1,701
Balok kanan tingkat 1-2	W 14x68	32,774	35,832	1,093
Balok kanan tingkat 3-4	W 14x68	32,949	35,832	1,087
Balok kanan tingkat 5-6	W 14x61	30,614	31,297	1,022
Balok kanan tingkat 7-8	W 14x61	26,393	31,297	1,186
Balok kanan tingkat 9-10	W 14x53	21,986	23,905	1,087
Balok ka tingkat 11-12	W 14x43	16,786	17,830	1,062
Balok ka tingkat 13-14	W 14x38	11,451	11,749	1,026

### 6.3.2. Perencanaan kolom

Tabel 6.37 Momen dan gaya aksial rencana

Tingkat	P <sub>u</sub> (t)	M <sub>u</sub>
1 tepi	230.538	17.405
2-3 tepi	212.055	31.010
4-5 tepi	172.566	26.424
6-7 tepi	115.195	28.250
8-9 tepi	79.813	31.500
10-11 tepi	63.322	30.783
12-14 tepi	7.379	22.435
1 tengah	240.715	76.429
2-3 tengah	221.864	87.391
4-5 tengah	185.234	82.333
6-7 tengah	131.910	74.479

8-9 tengah	114.476	75.108
10-11 tengah	79.992	65.924
12-14 tengah	45.883	55.584

Tabel 6.38 Rasio gaya aksial terhadap kapasitas aksial kolom

Tingkat	Profil	P <sub>u</sub> (t)	φP <sub>n</sub> (t)	P <sub>u</sub> /φP <sub>n</sub>	M <sub>u</sub>	φM <sub>n</sub>	Interaksi
1 tepi	W 14x99	230.538	356.584	0.647	17.405	60.715	0.90
2-3 tepi	W 14x109	212.055	412.847	0.514	31.010	67.7817	0.92
4-5 tepi	W 14x90	172.566	327.672	0.527	26.424	54.7395	0.96
6-7 tepi	W 14x82	115.195	292.217	0.394	28.250	44.672	0.96
8-9 tepi	W 14x74	79.813	261.103	0.306	31.500	39.9034	1.00
10-11 tepi	W 14x74	63.322	257.866	0.246	30.783	39.9034	0.93
12-14 tepi	W 14x53	7.379	185.615	0.040	22.435	23.905	0.96
1 tengah	W 14x176	240.715	621.365	0.387	76.429	116.184	0.97
2-3 tengah	W 14x193	221.864	692.296	0.320	87.391	129.293	0.92
4-5 tengah	W 14x176	185.234	622.933	0.297	82.333	116.184	0.93
6-7 tengah	W 14x145	131.910	517.320	0.255	74.479	93.740	0.96
8-9 tengah	W 14x145	114.476	517.320	0.221	75.108	93.740	0.93
10-11 tengah	W 14x120	79.992	426.222	0.188	65.924	75.257	0.97
12-14 tengah	W 14x99	45.883	341.931	0.134	55.584	60.715	0.98

### 6.3.3. Perencanaan panel zone

Tabel 6.39 Kontrol kebutuhan panel zone

Elemen struktur	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	V <sub>u</sub>	φR <sub>nf</sub>	φR <sub>nw</sub>	Ket
tepi kiri 1-2	2842.39		260.6938	136.89	121.3121	Perlu
tengah 1-2	2842.39	2842.39	509.4529	386.1225	234.4982	Perlu
kanan 1-2	2842.39		246.2497	136.89	121.3121	Perlu
tepi kiri 3-4	2857.567		262.7216	166.41	161.0847	Perlu
tengah 3-4	2857.567	2857.567	513.8111	466.56	323.5399	Perlu
kanan 3-4	2857.567		248.3307	166.41	161.0847	Perlu
tepi kiri 5-6	2655.06		248.3509	113.4225	141.0631	Perlu
tengah 5-6	2655.06	2655.06	483.4693	386.1225	313.1573	Perlu
kanan 5-6	2655.06		233.0189	113.4225	141.0631	Perlu
tepi kiri 7-8	2288.985		215.5346	164.480625	175.898	Perlu
tengah 7-8	2288.985	2288.985	416.8326	267.3225	245.5466	Perlu
kanan 7-8	2288.985		199.4898	164.480625	175.898	Perlu
tepi kiri 9-10	1906.779		181.5309	138.650625	166.3578	Perlu
tengah 9-10	1906.779	1906.779	347.9429	267.3225	256.8931	Perlu
kanan 9-10	1906.779		164.9555	138.650625	166.3578	Perlu
tepi kiri 11-12	1455.799		144.8034	138.650625	168.1074	Perlu

tengah 11-12	1455.799	1455.799	273.6305	198.81	210.8495	Perlu
kanan 11-12	1455.799		127.8943	138.650625	168.1074	Tidak
tepi kiri 13-14	993.1107		102.6053	98.01	131.3285	Perlu
tengah 13-14	993.1107	993.1107	186.4742	136.89	187.8609	Perlu
kanan 13-14	993.1107		84.60656	98.01	131.3285	Tidak

Tabel 6.40 Perencanaan panel zone

Elemen struktur	A <sub>st</sub>	b <sub>min</sub>	t <sub>smin</sub>	Dimensi plat
tepi kiri 1-2	4.006	3.103	0.360	4x1
tengah 1-2	2.230	2.930	0.360	4x3/4
kanan 1-2	4.006	3.103	0.360	4x1
tepi kiri 3-4	3.800	3.083	0.360	4x1
tengah 3-4	1.921	2.900	0.360	4x1/2
kanan 3-4	3.800	3.083	0.360	4x1
tepi kiri 5-6	3.567	3.112	0.323	4x1
tengah 5-6	1.585	2.917	0.323	4x1/2
kanan 5-6	3.567	3.112	0.323	4x1
tepi kiri 7-8	3.211	3.077	0.323	4x1
tengah 7-8	2.347	2.992	0.323	4x3/4
kanan 7-8	3.211	3.077	0.323	4x1
tepi kiri 9-10	2.495	2.462	0.330	4x3/4
tengah 9-10	1.324	2.347	0.330	4x1/2
kanan 9-10	2.495	2.462	0.330	4x3/4
tepi kiri 11-12	1.574	2.440	0.265	4x1/2
tengah 11-12	0.877	2.370	0.265	4x1/2
kanan 11-12	-	-	-	-
tepi kiri 13-14	0.946	2.063	0.228	4x1/4
tengah 13-14	0.381	2.006	0.228	4x1/4
kanan 13-14	-	-	-	-

#### 6.3.4. Sambungan balok dengan kolom

Tabel 6.41 Perencanaan sambungan balok kolom

Tingkat	Tebal Las (a) (in)	Panjang Las (Lw) (in)
Tingkat 1-2	0,75	28
Tingkat 3-4	0,75	28
Tingkat 5-6	0,75	25

Tingkat 7-8	0,75	25
Tingkat 9-10	0,75	22
Tingkat 11-12	0,75	17
Tingkat 13-14	0,75	13

### 6.3.5. Sambungan kolom dengan kolom

Tabel 6.42 Perencanaan sambungan kolom dengan kolom

KOLOM	Badan		Sayap		Las	
	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)	Panjang (in)	Tebal (in)
2-3 Tepi	2,5	0,5	6	1	10	2
4-5 Tepi	2,5	0,5	5	1	8,5	2
6-7 Tepi	2	0,5	5	1	7,5	2
8-9 Tepi	1,5	0,5	5,5	1	6,5	2
10-11 Tepi	2	0,5	5,5	1	6,5	2
12-13 Tepi	2	0,5	4	1	5	2
2-3 Tengah	6,5	0,5	10,5	1,5	17	2
4-5 Tengah	6,5	0,5	10	1,5	15,5	2
6-7 Tengah	6	0,5	9	1,5	13	2
8-9 Tengah	5	0,5	9	1,5	13	2
10-11 Tengah	4	0,5	12	1	11	2
12-13 Tengah	2,5	0,5	10	1	9	2

### 6.3.6. Perencanaan Pelat dasar

Tabel 6.43 Hasil perencanaan pelat dasar

Elemen Struktur	Metode	MPM
	Dimensi Pelat (BxLxT) (in)	Angkur (n x Dia) (unit x in)
Kolom tepi Kol. Tengah	45"x45"x4" 45"x45"x5"	5 Ø 25" 7 Ø 25"

### 6.3.7 Pondasi

Tabel 6.44 Hasil Perencanaan Pondasi

Elemen Struktur Kolom	Dimensi (m)
Tepi	6 x 6 m
Tengah	6 x 6 m

