

BAB II

PRAKTIK PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG

2.1 Latar Belakang

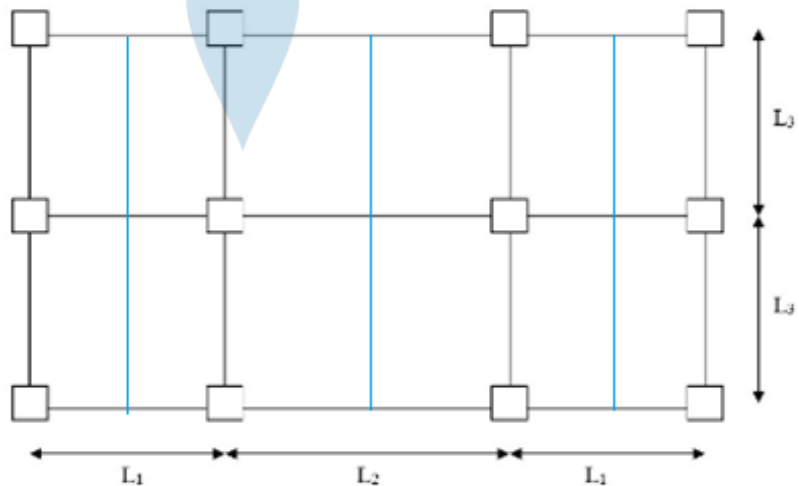
Praktik Perancangan Bangunan Gedung (PPBG) merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa prodi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada kurikulum 2016. Mata kuliah ini bertujuan agar mahasiswa dapat memahami bagaimana cara untuk merancang sebuah bangunan gedung. Bangunan gedung yang akan di rencanakan adalah gedung perkantoran yang memiliki tinggi 4 lantai. Gedung tersebut di bangun di daerah Padang.

2.2 Langkah-langkah Pengerjaan

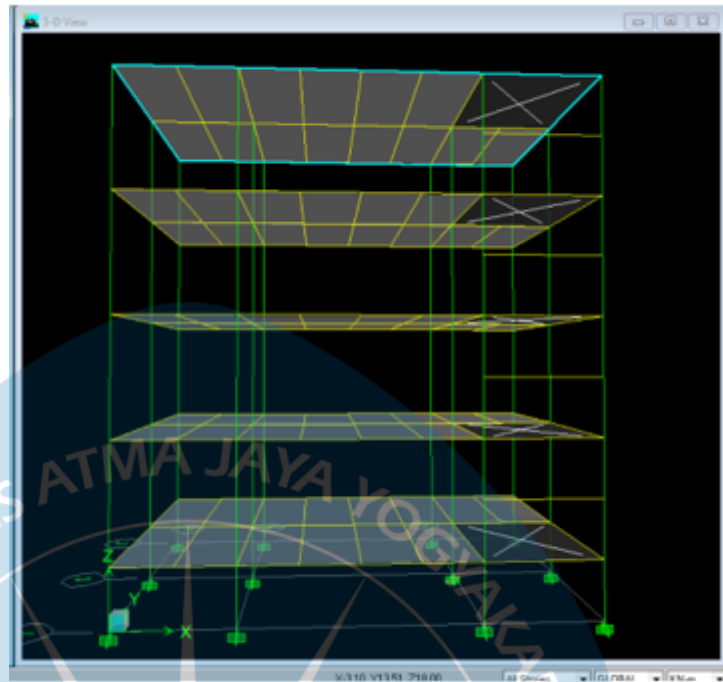
Dalam proses pengerjaan Praktik Perancangan Bangunan Gedung (PPBG) memiliki langkah-langkah yang harus di lakukan secara berurutan agar hasil dari perancangan tersebut dapat dikatakan dengan sempurna. Berikut adalah langkah-langkah untuk mengerjakan Praktik Perancangan Banguna Gedung (PPBG):

2.2.1 Pemodelan Stuktur

Langkah pertama dalam mengerjakan Praktik Perancangan Bangunan Gedung yaitu pemodelan rangka bangunan gedung. Pemodelan ini menggunakan aplikasi *E-tabs*, aplikasi *E-tabs* juga memabantu melakukan proses perhitungan rencana gedung. Pemodelan tampak atas dapat dilihat di gambar 2.1 dan pemodelan 3 dimensi dapat dilihat di gambar 2.2

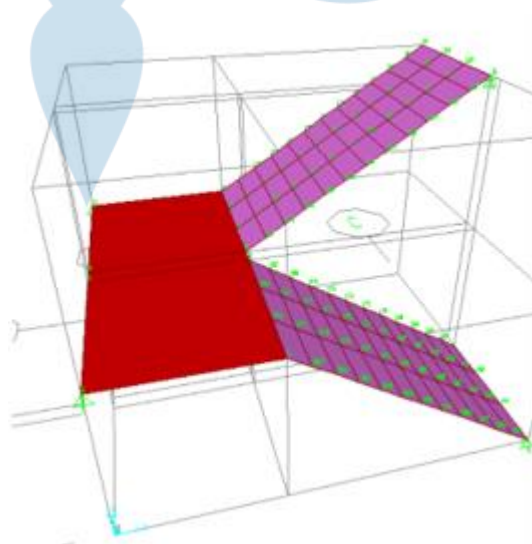


Gambar 2.1 pemodelan tampak atas Gedung



Gambar 2.2 pemodelan 3 dimensi bangunan

Setelah memodelkan struktur bangunan selanjutnya pemodelan struktur tangga. pemodelan struktur tangga menggunakan aplikasi *SAP*, aplikasi tersebut tidak hanya untuk pemodelan saja akan tetapi membantu untuk proses perhitungan pada struktur tangga. Pemodelan struktur tangga dapat dilihat di gambar 2.3



Gambar 2.3 pemodelan struktur tangga

2.2.2 Estimasi Dimensi Struktur

Langkah ke-2 yaitu mengestimasi dimensi pada struktur, berikut ini adalah estimasi dimensi struktur :

- Struktur Balok Primer

Estimasi dimensi balok untuk L1 (bentang 4 m)

$$L1 = 33 \times 15 \text{ cm}$$

Estimasi dimensi balok untuk L2 (bentang 8 m)

$$L2 = 66 \times 33 \text{ cm}$$

Estimasi dimensi balok untuk L3 (bentang 5 m)

$$L3 = 42 \times 42 \text{ cm}$$

B1 selimut beton 0,04 m

B2 selimtu beton 0,05 m

- Struktur Balok Sekunder

Estimasi dimensi balok sekunder

$$L4 = 60 \times 30 \text{ cm}$$

- Kolom

Dimensi kolom = dilakukan *trial and error* dan didapatkan hasil:

$$K1 = 60 \times 60 \text{ cm} \qquad K3 = 65 \times 65 \text{ cm}$$

$$K2 = 60 \times 60 \text{ cm} \qquad K4 = 70 \times 70 \text{ cm}$$

K1 selimut beton untuk luar ruangan 0,04 m

K2 selimut beton untuk dalam ruangan 0,05 m

- Plat Lantai

Dimensi dimisalkan :

Balok

$$bw = 350 \text{ mm} \qquad h = 600 \text{ mm}$$

dimisalkan dimensi plat

$$bw = 140 \text{ mm} \qquad h = 120 \text{ mm}$$

maka di dapat :

Plat A

$$h_{\min} = 152,3809 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = 152,3809 > 120 \text{ mm}$$

maka digunakan tebal plat lantai 160 mm

Plat B

$$h_{\min} = 101,5873 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = 101,587 < 120 \text{ mm}$$

maka digunakan tebal plat lantai 160 mm

- Tangga

$$\text{Selisih tangga} = 4 \text{ m} \quad \text{panjang ruang tangga} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tangga} = 6 \text{ m} \quad \text{jumlah anak tangga} = 24$$

Maka :

$$\text{Tinggi anak tangga} = 16 \text{ cm} \quad (\text{syarat } 0 < 16 \leq 20)$$

$$\text{Lebar anak tangga} = 30 \text{ cm} \quad (\text{syarat } 26 \leq A \leq 30)$$

$$\text{Lebar bordes} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Kemiringan tangga/ } \alpha = 28,07^\circ$$

$$\text{Digunakan tebal plat tangga} = \text{tebal bordes} = 12 \text{ cm}$$

Maka :

$$t' = 19,93 \text{ cm}$$

$$h' = 26,13 \text{ cm}$$

2.2.3 Pembebanan

Langkah ke-3 yaitu pembebanan yang terjadi pada masing-masing struktur, berikut ini adalah pembebanan pada masing-masing struktur :

- Pembebanan pada balok

$$\text{Batako 10 cm} = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kaca 12mm} = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plester + Aci} = 2,88 \text{ kN/m}^2 \quad +$$

$$\text{Total} = 8,88 \text{ kN/m}^2$$

- Perhitungan Beban pada Plat atap

Superimposed Dead Load (SDL)

$$\text{Berat plafond} = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ME} = 0,3 \text{ kN/m}^2 \quad +$$

$$\text{Total} = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

Live Load (LL)

$$\text{Jenis atap} = \text{atap datar}$$

$$\text{Beban Hidup} = 150 \text{ kg/m}^2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Rain Load (RL)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi dak} &= 0,05 \text{ m} \\ \text{Berat jenis air} &= 10 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Beban hujan} &= 0,05 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 0,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Beban pada Plat Lantai

Superimposed Dead Load (SDL)

$$\begin{aligned} \text{Berat plafond} &= 0,18 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat keramik} &= 0,03 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 0,72 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat spesi} &= 0,02 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^3 = 0,422 \text{ kN/m}^2 \\ \text{ME} &= 0,3 \text{ kN/m}^2 \quad + \\ \text{Total} &= 1,62 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Live Load (LL)

Fungsi Gedung = Gedung perkantoran

$$\text{Beban hidup} = 240 \text{ kg/m}^2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

- Pembebanan pada Plat Tangga

$$\alpha = \text{Arc tg } \frac{1,6 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 28,07^\circ$$

$$T = 16 \text{ cm} \times \text{Cos } (28,07^\circ) = 14,12 \text{ cm}$$

$$t = \left(\frac{1}{2} \times 14,12\right) + 14,12 = 0,2118 \text{ m}$$

maka :

Dead Load (DL)

$$\text{Berat plafond} = 0,2188 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2 = 5,0832 \text{ kN/m}^2$$

Superimposed Dead Load (SDL)

$$\begin{aligned} \text{Berat ubin} &= 0,03 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2 = 0,72 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Berat Spesi} &= 0,03 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2 = 0,42 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Railing} &= 0,89 \text{ kN/m}^2 \quad + \\ \text{Total} &= 2,14 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Live Load (LL)

$$\text{Beban hidup} = 450 \text{ kg/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

- Pembebanan Balok Bordes

Dead Load (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0,12 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2 = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

Superimposed Dead Load (SDL)

$$\text{Berat ubin} = 0,03 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^2 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Spesi} = 0,02 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Railing} = 0,89 \text{ kN/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 2,14 \text{ kN/m}^2$$

Live Load (LL)

$$\text{Beban hidup} = 450 \text{ kg/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

2.2.4 Menganalisa Gempa

Langkah ke-4 yaitu menganalisa beban yang di hasilkan oleh adanya gempa. menganalisa beban gempa melakukan perhitungan statistik terlebih dahulu, perhitungan statistik berpedoman terhadap aturan menurut SNI 1726:2012. Hasil perhitungan statistic dapat di lihat di tabel 2.1, 2.2, 2.3 dan grafik respon spectrum dapat di lihat di gambar 2.4.

Tabel 2.1 Beban Gempa Terhadap Sumbu X

X					
LANTAI	W _x (kN)	h (m)	W _x . H _x ^k (kNm)	C _v _x	F _x (kNm)
Atap	1654,81	16	35365,39	0,382072	443,4919
4	1772,62	12	27571,63	0,297871	345,7559
3	1772,62	8	17619,24	0,19035	220,9502
2	1772,62	4	8194,637	0,088531	102,763
1	1772,62	2	3811,292	0,041175	47,79466
Total	8745,275		92562,2		1160,756

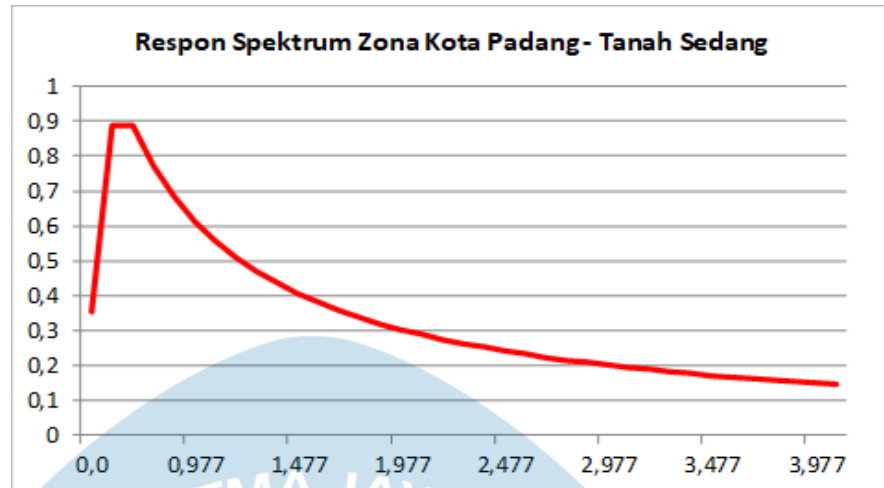
Tabel 2.2 Beban Gempa Terhadap Terhadap Sumbu Y

Y					
LANTAI	W _x (kN)	h (m)	W _x . H _x ^k (kNm)	C _v _y	F _y (kNm)

Atap	1654,811	16	38082,77	0,411429	477,5685
4	1772,616	12	29462,97	0,3183046	369,4739
3	1772,616	8	18625,15	0,2012177	233,5646
2	1772,616	4	8503,637	0,0918694	106,638
1	1772,616	2	3882,484	0,0419446	48,68743
Total	8745,275		98557,01		1235,932

Tabel 2.3 Perhitungan Arah yang Ditinjau dan Arah Tegak Lurus

LANTAI	Perhitungan Gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	Fx	30% Fx	Fy	30% Fy
Atap	443,4919	133,0476	477,5685	143,2706
Lantai 4	345,7559	103,7268	369,4739	110,8422
Lantai 3	220,9502	66,28506	233,5646	70,06937
Lantai 2	102,763	30,82891	106,638	31,99139
Lantai 1	47,79466	14,3384	48,68743	14,60623



Gambar 2.4 Grafik Respon Spektrum

Setelah mengitung statistik beban gempa lalu hasil dari pembebanan tersebut di masukan kedalam *E-tabs* agar menjadi beban tambahan yang di hasilkan oleh dengan adanya gempa terhadap stuktur bangunan. Hitungan beban gempa yang sudah di input ke dalam etabs maka mendapatkan nilai-nilai sebagai berikut:

Momen Max pada balok

$$M_{2-2 \text{ max}} = 4,158 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{3-3 \text{ max}} = 312,881 \text{ kN/m}^2$$

Geser max pada balok

$$V_{2-2 \text{ max}} = 144,45 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{3-3 \text{ max}} = 32,62 \text{ kN/m}^2$$

Aksial maximum pada kolom

$$P_{\text{max}} = 35,81 \text{ kN/m}^2$$

2.2.5 Perencanaan Penulangan

Langkah terakhir yaitu menghitung untuk merencanakan penulangan pada struktur bangunan gedung, berikut hitungan penulangan pada struktur bangunan:

- Penulangan Plat Tangga

Direncanakan diameter tulangan $\emptyset D = 13 \text{ mm}$

Selimut beton, $p = 20 \text{ mm}$

Tinggi efektif, $d = 133,5 \text{ mm}$

Maka tulangan tumpuan :

$$M_u = 26.136 \text{ kN/m}$$

$$M_n = M_u/0,8 \\ = 32,67 \text{ kN/m}$$

$$K = M_n/(b \cdot d^2) \\ = 0,916 \text{ MPa}$$

$$m = f_y/(0,85 \cdot f_c) \\ = 23,53$$

$$\rho = 1/m \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot K)/f_y}) \\ = 0,00236$$

$$\rho_b = (0,85 \cdot f_c')/f_y \cdot \beta_1 \cdot (600/(600+f_y)) \\ = 0,026$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \\ = 0,0195$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/400 = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33 \cdot 0,0035 = 0,00466$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \\ = 1217,52 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} = A_{\emptyset}/A_s \\ = 218,04 \text{ mm}$$

Jadi pakai $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Tulangan Lapangan:

$$M_u = 13,13 \text{ kN/m}$$

$$M_n = M_u/0,8 \\ = 15,45 \text{ kN/m}$$

$$R_n = M_n/(b \cdot d^2) \\ = 0,433 \text{ MPa}$$

$$m = f_y/(0,85 \cdot f_c) \\ = 23,53$$

$$\rho = 1/m \cdot (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n)/f_y}) \\ = 0,0011$$

$$\rho_b = (0,85 \cdot f_c')/f_y \cdot \beta_1 \cdot (600/(600+f_y)) \\ = 0,026$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,0195$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33 \cdot 0,0035 = 0,00466$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 1244,22 \text{ mm}^2$$

$$S = A_{\emptyset}/A_s$$

$$= 213,35 \text{ mm}$$

Jadi dipakai $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

- Tulangan Kolom

Kolom $60 \times 60 \text{ cm}$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y' = 400 \text{ MPa}$$

Dari E-tabs di peroleh:

$$P_u = 2440,03 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 273,813 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 337,192 \text{ kNm}$$

$$V_u = 193,89 \text{ kNm}$$

Maka :

$$M_u \text{ Ekuivalen} = M_{uy} + M_{ux} \cdot b/h \cdot ((1-\beta)/\beta)$$

$$= 0,3389$$

$$\text{Mod} = M_u / (f_c' \cdot b \cdot h)$$

$$= 0,0892$$

As total :

Dari diagram interaksi kolom didapat $\rho = 0,985 \%$ maka:

$$A_{\text{total}} = \rho \cdot A_g$$

$$= 3546 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Tul}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 490,873 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = A_{\text{total}} / A_{\text{tulangan}}$$

$$= 7,22$$

Dipakai 8 tulangan D25

Cek jarak bersih :

$$X = 124,67 \text{ mm}$$

$$=124,67 > 40 \text{ mm}$$

Tinjauan terhadap geser:

$$\begin{aligned} V_c &= (1+P_u/(14.A_g)) \cdot \sqrt{F_c'}/6 \cdot b \cdot d \\ &= 348,123 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat geser sengkang

$$\begin{aligned} V_s &= V_u/\phi - V_c \\ &= -89,60 \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$0,75(348,123) > 193,89 \text{ AMAN!!!}$$

$$S_{max} = d/2 = 524,5/2 = 262,25 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang : 2P13-250mm

- Penulangan Balok

Balok induk berukuran (350 x 700) mm

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

Nilai etabs :

$$M_t = 330,742 \text{ KNm}$$

$$M_l = 474,17 \text{ KNm}$$

Asumsi tulangan :

$$d \text{ tulangan} = 22 \text{ m}$$

$$d \text{ sengkang} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

Mencari nilai d :

$$\begin{aligned} d &= 700 - (50 + 13 + 0,5 \times 25) \\ &= 626 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mencari Tulangan Tumpuan (Balok Induk Momen MAX)

$$\begin{aligned} R_n &= M_u / (\phi \times b \times d^2) \\ &= 2,6794 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{min} &= 1,4/F_y \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{perlu} &= (0,85 \times F_c) / F_y (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / 0,85 \times F_c}) \\ &= 0,00718 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= 0,249 (0,85 \times F_c \times \beta / F_y) \\ &= 0,0194 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{min 2} &= \sqrt{F_c} / 4 \times F_y \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

maka dipakai $P_{perlu} = 0,00718$

$$A_{sperlu} = 0,00178 \times 350 \times 626$$

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times 22^2$$

$$= 380,1327$$

$$h \text{ tulangan} = 1574,0974 / 380,1327$$

$$= 4,1409 \approx 5$$

Maka jumlah tulangan yg di pakai pada tulangan tumpuan 5D22

$$A_s \text{ aktual} = 0,25 \times \pi \times 22^2 \times 5$$

$$= 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$d_s = 50 + 13 + 0,5 \times 22$$

$$= 74 \text{ mm}$$

$$d \text{ aktual} = 700 - 74$$

$$= 636$$

$$a = (1900,664 \times 400) / (0,85 \times 25 \times 350)$$

$$= 102,226 \text{ mm}$$

$$z = 626 - (102,226 / 2)$$

$$= 574,8897$$

$$T_s = 1900,664 \times 400$$

$$= 760265,4222 \text{ N}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 760265,4222 \times 574,8897 \times (10^{-6})$$

$$= 393,3619 \text{ Knm}$$

$$\text{Cek : } \phi M_n > M_u$$

$$393,3619 > 330,752 \quad \text{AMAN!!!!}$$

maka 5D22 untuk tulangan tumpuan bisa di gunakan

Mencari Tulangan Lapangan (Balok Induk Momen MAX)

$$R_n = M_u / (\phi \times b \times d^2)$$

$$= 3,8143$$

$$P_{min} = 1,4 / F_y$$

$$= 0,0035$$

$$P_{perlu} = (0,85 \times F_c) / F_y (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0,85 \times F_c)})$$

$$= 0,01608$$

$$P_{max} = 0,249 (0,85 \times F_c \times \beta / F_y)$$

$$= 0,0194$$

$$P_{min 2} = \sqrt{F_c} / 4 \times F_y$$

$$= 0,0031$$

maka dipakai $P_{perlu} = 0,01608$

$$\begin{aligned} A_{perlu} &= 0,01608 \times 350 \times 626 \\ &= 2339,08415 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tulangan} &= 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 380,1327 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h \text{ tulangan} &= 2339,08415 / 380,1327 \\ &= 6,15333 \approx 7 \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan yg di pakai pada tulangan tumpuan 7D22

$$\begin{aligned} A_s \text{ aktual} &= 0,25 \times \pi \times 22^2 \times 7 \\ &= 2660,9289 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_s &= 50 + 13 + 0,5 \times 22 \\ &= 74 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \text{ aktual} &= 700 - 74 \\ &= 636 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= (2660,9289 \times 400) / (0,85 \times 25 \times 350) \\ &= 143,1087 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z &= 626 - (143,1078 / 2) \\ &= 554,4455 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \sqrt{2660,9289 \times 400} \\ &= 1064371,591 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1064371,591 \times 554,4455 \times (10^{-6}) \\ &= 531,1225 \text{ Knm} \end{aligned}$$

$$\text{Cek : } \quad \phi M_n > M_u$$

$$531,25 > 474,17 \quad \quad \quad \mathbf{AMAN!!!!}$$

maka 7D22 untuk tulangan tumpuan bisa di gunakan

Menghitung spasi :

gaya geser ulti rencana :

$$V_u = 309,870 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser :

$$F = 0,60$$

Tegangan leleh tulangan geser :

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times d$$

$$= 182,583 \text{ kN}$$

Tahanan geser beton :

$$F \times V_c = 182,583 \times 0,6$$

$$= 109,550$$

Tahanan geser sengkang :

$$f. V_s = V_u - f. V_c = 200,320 \text{ kN}$$

Kuat geser sengkang :

$$V_s = 333,867$$

maka di gunakan 2 P 13

Luas tulangan geser sengkang :

$$\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 13^2$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang yang di perlukan :

$$(A_v \times F_y \times d) / V_s = (265,46 \times 400 \times 626) / (333,867 \times 1000)$$

$$= 199,1 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang Max :

$$d/2 = 626 / 2$$

$$= 313 \text{ mm}^2$$

maka di gunakan jarak sengkang $199,1 \text{ mm}^2 \approx 200 \text{ mm}^2$ (di ambil yang terkecil)