

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN

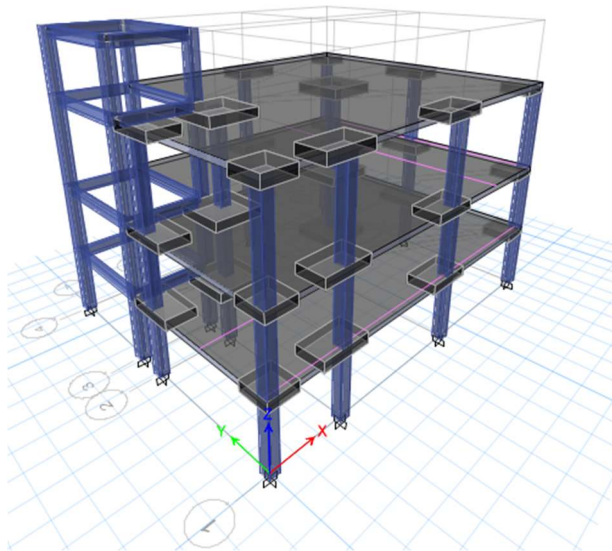
4.1 Umum

4.1.1 Desain Struktur Primer

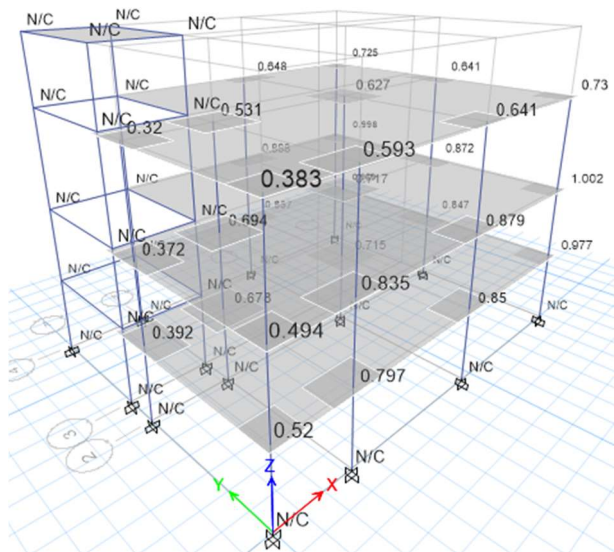
Pada Bab ini lebih menitik beratkan pada perhitungan beban yang terdapat pada gedung baik beban gravitasi maupun lateral (gempa) juga permodelan struktur serta analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016. Dimensi dari tiap elemen struktur sesuai dengan hasil desain struktur pada perhitungan sebelumnya. Bila hasil dari analisa struktur mampu menahan beban rencana maka akan dilanjutkan untuk perancangan struktur primer, bila tidak maka dilakukan evaluasi ulang atau dengan mengganti dimensi struktur sebelumnya.



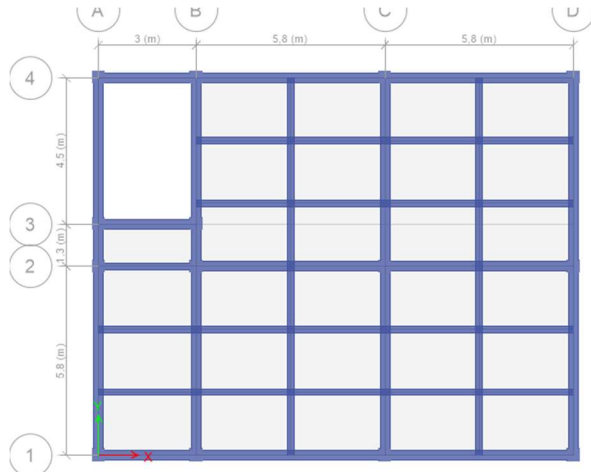
Gambar 4. 1 Denah Flat Slab Dengan Drop Panel



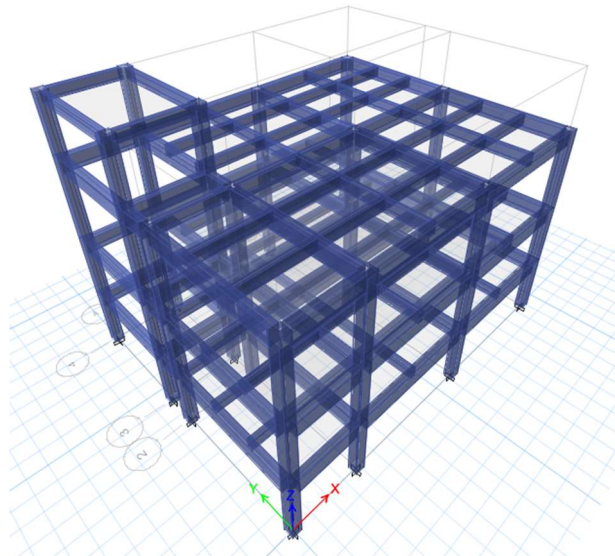
Gambar 4. 2 Model 3D Gedung



Gambar 4. 3 Diagram Punching Shear



Gambar 4. 4 Denah Struktur Pelat Konvensional



Gambar 4. 5 3D Model Balok Konvensional

4.2 Pembebanan

4.2.1 Beban Mati

1. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktural yang diperhitungkan adalah beban struktur beton bertulang, yaitu sebesar 2400 kg/m^3 .

2. Beban Mati Tambahan atau SIDL

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur.

4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung termasuk bebanbeban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin, serta peralatan yang bukan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung tersebut. Beban hidup yang bekerja pada pelat lantai untuk bangunan kantor adalah 250 kg/m^2 , sedangkan beban hidup yang bekerja pada lantai atap adalah 100 kg/m^2 .

4.2.3 Beban Gempa Rencana

Analisis gempa yang akan dikenakan pada struktur gedung menggunakan analisis spektrum respons. Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons gempa rencana desain harus dibuat terlebih dahulu. Dengan data percepatan batuan dasar $S_s = 0.662933$ dan $S_1 = 0.292861$ yang berada di kota Gresik, tahap-

tahap yang perlu dilakukan untuk membuat spektrum respons gempa rencana desain dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Kategori Risiko (I) dan Faktor Keutamaan (Ie)

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa (Ie) 1.

2. Jenis Tanah

Berdasarkan hasil sampel yang ada, berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726-2012, maka kategori tanah yang ada di lapangan merupakan TANAH SEDANG (SD).

3. Koefisien Situs

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, koefisien situs ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai $S_s = 0.662933$ dan $S_1 = 0.292861$ dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah.

$$F_a = 1.269654$$

$$F_v = 2.014278$$

Penentuan nilai SMS dan SM1:

$$SMS = F_a \times S_s$$

$$SMS = 1.269654 \times 0.662933$$

$$SMS = 0.841695$$

$$SM_1 = F_v \times S_1$$

$$SM_1 = 2.014278 \times 0.292861$$

$$SM_1 = 0.589904$$

4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu SDS dan SD1 ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$Sds = \frac{2}{3} Sms$$

$$Sds = \frac{2}{3} (0.841695)$$

$$Sds = 0.561130$$

$$Sd1 = \frac{2}{3} Sm1$$

$$Sd1 = \frac{2}{3} (0.589904)$$

$$Sd1 = 0.393269$$

Dengan nilai-nilai tersebut, struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori D.

5. Sistem Penahan Gaya Seismik

Untuk kategori desain seismik D, dapat digunakan system rangka gedung (SRG) sebagai sistem strukturnya. Dengan dinding geser beton bertulang khusus pada arah x dan y. Dengan sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang khusus maka 90% gaya gempa akan di pikul dinding geser, Parameter sistem struktur untuk arah x dan y dengan dinding geser beton bertulang khusus adalah:

$$R0 = 6$$

$$\Omega0 = 2,5$$

$$Cd = 5$$

6. Spektrum Respons Desain

Penentuan nilai T_0 dan T_s :

$$T_0 = 0.2 \frac{Sd1}{Sds}$$

$$T_0 = 0.2 \frac{0.393269}{0.561130}$$

$$T_0 = 0.140170$$

$$T_s = \frac{Sd1}{Sds}$$

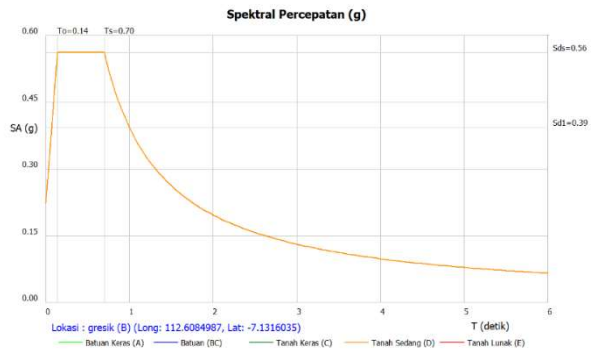
$$T_s = \frac{0.393269}{0.561130}$$

$$T_s = 0.700852$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$s_a = \frac{Sd1}{T}$$

Dengan bantuan Program Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2019, spektrum gempa rencana sesuai letak gedung tersebut didapatkan sebagai berikut.



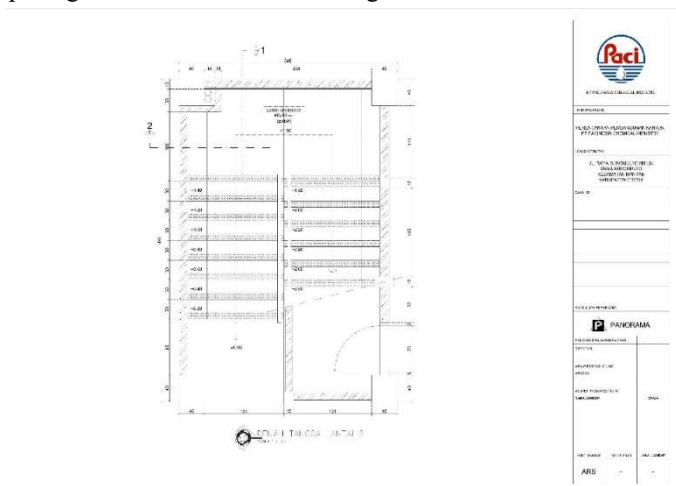
Gambar 4. 6 Spektrum Respons Gempa Rencana

4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

Pada perhitungan struktur sekunder yang akan dibahas pada bab kali ini adalah perancangan plat tangga dan bordes.

4.3.1 Desain Tangga

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga seperti pada gambar 3.5 data desain sebagai berikut :



Gambar 4. 7 Denah Tangga

Mutu beton (f_c')	= 30	Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400	Mpa
Tinggi antar lantai	= 360	cm
Panjang bordes	= 298	cm
Lebar bordes	= 140	cm
Lebar injakan	= 30	cm
Tinggi tanjakan	= 20	cm
Lebar tangga	= 149	cm
Tebal pelat tangga	= 15	cm
Tebal pelat bordes	= 15	cm
Tebal selimut beton	= 2,5	cm

Dari data di atas, jumlah tanjakan, injakan, sudut kemiringan tangga, tebal pelat rata-rata, dan tebal rata-rata pelat tangga dihitung berdasarkan setengah tinggi dari tinggi antar lantai.

1. Jumlah tanjakan :

$$nt = 180 \text{ cm} / 20 \text{ cm} = 9 \text{ buah} = 9 \text{ buah}$$
2. Jumlah injakan :

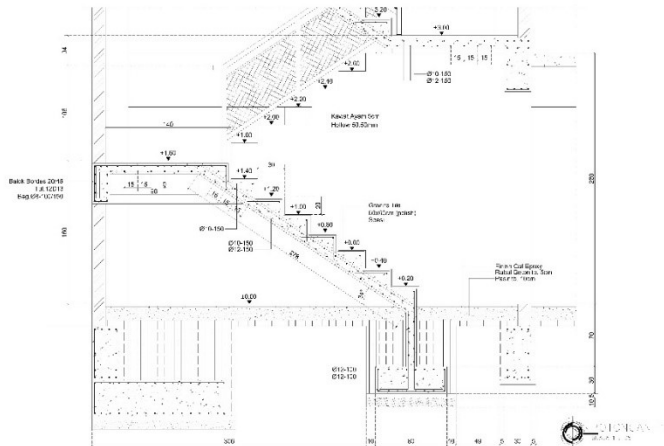
$$ni = nt - 1 = 9 - 1 = 8 \text{ buah}$$
3. Sudut kemiringan (α) :

$$\tan^{-1}(20 \text{ cm} / 30 \text{ cm}) = 33,66^\circ$$
4. Tebal pelat rata-rata :

$$(i/2) \times \sin \alpha = (30/2) \times \sin 33,66^\circ = 8,31 \text{ cm}$$
5. Tebal rata-rata pelat tangga :

$$9 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$

Dari perhitungan di atas ditunjukkan pada :



Gambar 4. 8 Potongan Tangga

4.3.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

1. Pembebanan Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat tangga} = (0.24/\cos 33.66) \times 2400 = 692,307 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total (DL)} = 808,307 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Akibat gravitasi maka } Q_{dl} &= 808,307 \text{ kg/m}^2 \times \cos 33,66^\circ \\ &= 672.511 \text{ kg/m}^2. \end{aligned}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban

$$Q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

$$= 1.2 (808,307) + 1.6 (300)$$

$$= 1449,968 \text{ kg/m}^2$$

2. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat bordes} = 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total (DL)} = 476 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 (476) + 1.6 (300) \\ &= 1051,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

1.3.3 Analisa Struktur Tangga

1. Reaksi Perletakan tangga

Analisa struktur tangga menggunakan metode statis tertentu dengan perletakan sendi-rol.

$$\Sigma MC = 0$$

$$RA \cdot 5 - \left[1051,2 \times 1,4 \left(\frac{1,4}{2} + 2,1 \right) \right] - \left[1449,968 \times 2,1 \frac{2,1}{2} \right] = 0$$

$$RA \cdot 5 - 4120,704 - 3197,179 = 0$$

$$RA = \frac{7317,883}{5} = 1463,577 \text{ kg}$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$-RC \cdot 5 + \left[1051,2 \times 1,4 \left(\frac{1,4}{2} \right) \right] - \left[1449,968 \times 2,1 \left(\frac{2,1}{2} + 1,4 \right) \right] = 0$$

$$-RC \cdot 5 + 1030,176 + 746,009 = 0$$

$$RC = \frac{8490,261}{5} = 1698,052 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$1463,557 + 1698,052 - 1051,2 \times 1,4 - 1449,968 \times 2,1 = 0 \text{ (OK)}$$

2. Pembebanan Tangga

Akibat beban yang dibebankan pada tangga maka struktur tangga akan memiliki gaya-gaya akibat beban yang dibebankan seperti gaya normal, gaya lintang, serta momen. Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya tersebut.

a. Pada pelat bordes

1) Gaya lintang

Potongan X_1

$$DX_1 = RA - q_1 \times X_1 = 1463,557 - 1051,2 \times X_1$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad DA = 1463,557 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1,4 \text{ m} \quad DB = 812,300 \text{ kg}$$

2) Momen

Potongan X_1

$$MX_1 = RA \times X_1 - q_1 \times 0,5 \times X_1^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad MA = 0 \text{ kg}$$

$$X_1 = 1,4 \text{ m} \quad MB = 1434,285 \text{ kg}$$

b. Pada pelat bordes

1) Gaya lintang

$$\text{Titik B} = 812,300 \text{ kg} \times \sin 33,66$$

$$= 450,176 \text{ kg}$$

$$\text{Titik C} = 450,176 - 1449,968 \text{ kg} \times \sin 33,66 \times 2,1$$

$$= -1237,325 \text{ kg}$$

2) Gaya normal

$$\text{Titik B} = 812,300 \text{ kg} \times \cos 33,66$$

$$= 675,833 \text{ kg}$$

$$\text{Titik C} = 675,833 - 1449,968 \text{ kg} \times \sin 33,66 \times 2,1$$

$$= -1011,668 \text{ kg}$$

3) Momen

Potongan X_2

$$MX_2 = RC \times X_2 - q_2 \times X_2 \times 0,5 \times X_2$$

$$MX_2 = 1698,052 \times X_2 - 1449.968 \times 0,5 \times X_2^2$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad MA = 0 \text{ kg}$$

$$X_1 = 2,1 \text{ m} \quad MB = 1434.285 \text{ kg}$$

4) Momen maksimum

Momen maksimum terjadi pada daerah yang nilai gaya lintang nol ($Dx = 0$)

$$Dx = -RC + q_2 \times X_2 = 0$$

$$= -1698,052 + 1449.968 \times X_2 = 0$$

$$X = 1,171 \text{ m dari titik C}$$

$$M_{\max} = RC \times X_2 - q_2 \times 0,5 \times X_2^2 = 0$$

$$M_{\max} = 1698,052 \times 1,171 - 1449.968 \times 0,5 \times 1,171^2$$

$$M_{\max} = 994,291 \text{ kg/m}$$

1.3.4 Perhitungan Rasio Tebal Pelat

$$Ly = 278 \text{ cm}$$

$$Lx = 149 \text{ cm}$$

$$Ly/Lx = 278 \text{ cm} / 149 \text{ cm}$$

$= 1,865 < 2,00$ Maka pelat tipe tangga termasuk pelat dua arah.

1.3.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan tangga berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada tiap bentang baik bagian pelat tangga maupun pelat bordes.

4.3.7 Kebutuhan Tulangan Pelat Tangga

Data perencanaan tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 994,291 \text{ kg/m} \\ &= 994291 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat tangga} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton } (f_c') = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} D_x &= 24 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - (1/2 \cdot d) \\ &= 24 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - (1/2 \cdot 1,2 \text{ cm}) \\ &= 20,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_y &= 24 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - d - (1/2 \cdot d) \\ &= 24 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - 1 \text{ cm} - (1/2 \cdot 1,2 \text{ cm}) \\ &= 19,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penulangan arah X

$\Phi = 0,9$ diasumsikan terlebih dulu

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\Phi b \times d y^2} = \frac{994291}{0,9 \times 1000 \times 20,9^2} \\ &= 2,529 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times f_y \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,9}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 240 \times 2,52}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,00503 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = 0,002$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat } \rho &= \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} \\ 0,002 &< 0,00503 \end{aligned}$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00503$

Luas Tulangan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times 1000 \times dx \\ &= 0,00503 \times 1000 \times 209 \text{ mm} \\ &= 1.051,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai \emptyset

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 f_c \times b} = \frac{1.051,27 \times 40}{0,85 \times 30 \times 1000} = 11,92$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times (f_c' - 28) / 7) \\ &= 0,85 - (0,05 \times (30 - 28) / 7) \\ &= 0,82 \end{aligned}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,92}{0,82} = 14,53$$

$$E_t = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{209-14,53}{14,53} \cdot 0,003 = 0,0705 > 0,005$$

Jadi, faktor reduksi $\phi=0,90$ dapat digunakan syarat jarak maksimum,

$$2h = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 12$ mm, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{1.051,27 \text{ mm}^2} \\ &= 107,527 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 107,527 \text{ mm} < S_{\max} = 240 \text{ mm} \sim S_{\text{pakai}} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 12$ -100 mm

$$\begin{aligned}
 AS_{pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\
 &= 1130,4 \text{ mm}^2 > AS_{perlu} = 1.051,27 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan = **Ø12 -100 mm**

Kebutuhan tulangan susut suhu :

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1 untuk mutu baja (f_y) 400 MPa dipasang tulangan susut suhu dengan ρ sebesar

0.0018.

$$AS_{perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0018 \times 1000 \times 209 = 376,2 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan susut suhu tidak boleh lima kali tebal pelat atau 450 mm (SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2)

Dipakai tulangan Ø10, sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{AS_{perlu}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{376,2 \text{ mm}^2} \\
 &= 208,665 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 208,665 \text{ mm} < S_{\max} = 450 \text{ mm} \sim S_{pakai} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai Ø 10 - 150 mm

$$\begin{aligned}
 AS_{pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}^2} \\
 &= 523,333 \text{ mm} \\
 &= 523,333 \text{ mm}^2 > AS_{perlu} = 376,2 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

4.3.8 Perencanaan Balok Bordes

Desain balok bordes sesuai dengan SNI 03-2847-2012 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5a yakni balok bordes dianggap merupakan balok tertumpu sederhana. Sehingga untuk dimensi balok bordes dengan panjang (l) 2980 mm didapatkan :

$$h = L / 16 = 2980 / 16 = 186,25 \text{ cm} \sim 350 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 350 = 233,33 \text{ cm} \sim 250 \text{ mm}$$

Untuk desain awal balok bordes digunakan ukuran balok 250 x 350 mm.

4.3.9 Pembebanan Balok Bordes Bawah

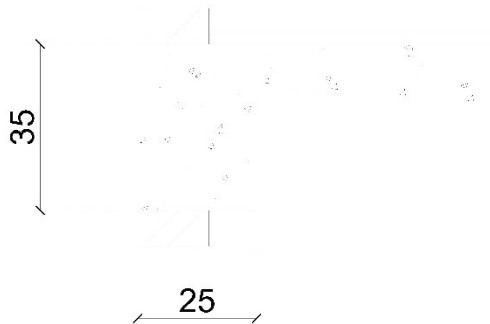
Balok bordes dirancang agar dapat menerima beban dinding diatasnya, berat sendiri, serta beban akibat perletakan tangga.

Berat sendiri balok	$= 0,25 \times 0,35 \times 2400$	$= 210$	kg/m
		Qd	= 210 kg/m
Qd ultimate = 1,2 x qd	$= 1,2 \times 210$		= 252 kg/m
Beban pelat bordes	=		= <u>1051,2kg/m</u>
		Qu	= 1303,2kg/m

1. Analisis Gaya Dalam Balok Bordes

Balok Bordes terletak bebas pada satu ujung dan terjepit elastis pada ujung yang lainnya.

Gambar 4. 9 Balok Bordes



$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1a}{10} \cdot qu \cdot l^2 = \frac{1}{10} \times 1303,2 \times 2,98^2 = 1.157,293 \text{ kg/m} \\ &= 11.572.930 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan awal, \emptyset diasumsikan 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$d = h - \text{decking} - \text{Sengkang} - \left(\frac{1}{2} \emptyset \text{lentur}\right)$$

$$d = 350 - 40 - 10 - 13/2 = 293,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{11.572.930}{0,9 \times 250 \times 293,5^2} = 0,597 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 11,339$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,339} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(11,339) \times 0,597}{400}} \right) = 0,00252$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min} = 0,0058$$

2. Tulangan lentur tarik

$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0058 \times 250 \times 293,5 = 425,57 \text{ mm}^2$ SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan A_s tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d \text{ atau } \frac{1,4b_w d}{f_y}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} \times 250 \times 293,5 = 381,396 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1,4b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 250 \times 293,5}{400} = 428,020 \text{ mm}^2$$

Maka, A_s pakai = 428,020 mm²

Digunakan tulangan D13 mm ($A_{D13} = 132,67 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s_{\text{pakai}}}}{A_{D13}} \\ &= \frac{381,396}{132,67} = 2,874 \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur Tarik 3D13 ($A_s = 265,3 \text{ mm}^2$)

3. Tulangan lentur tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur tarik atau minimal 2 buah berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013. Digunakan tulangan lentur tekan 3D13 ($A_s = 265,3 \text{ mm}^2$)

4. Kontrol Kapasitas Penampang:

a. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{265,3 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 12,03 \text{ mm}$$

b. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{12,03}{0,85} = 14,15 \text{ mm}$$

c. Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{293,5}{14,15} - 1 \right) = 0,0592 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 265,3 \times 400 \times \left(293,5 - \frac{1}{2} \times 12,03 \right)$$

$$= 16.100.929 \text{ N/mm} = 1.610,0929 \text{ kg/m}$$

$$\phi M_n = 1.610,0929 \text{ kgm} > M_u = 1.157,293 \text{ kgm (OK)}$$

5. Penulangan geser

$$V_u = 0,5 \times q_u \times l = 0,5 \times 1303,2 \times 2,98 = 1.941,768 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \sqrt{f'c} b d)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \sqrt{30} \times 250 \times 293,5) \times 10^{-1}$$

$$\phi V_c = 4.668,915 \text{ kg}$$

$$1/2 \phi V_c \leq V_u$$

$$2.344,457 \text{ kg} \geq 1.941,768 \text{ kg}$$

Kekuatan geser balok mencukupi, namun demikian dipasang tulangan geser minimum.

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{f'c} b w d)$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{30} \times 250 \times 293,5) = 121.924,791 \text{ kg}$$

$$V_s \leq V_{c1}$$

$$0 \leq 121.924,791 \text{ kg}$$

Digunakan $\phi 10$, ($A_v=157 \text{ mm}^2$) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s_2 = \frac{d}{2} = \frac{293,5}{2} = 119,75 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{Av \times f_{yt}}{0,35 bw} = \frac{157 \times 400}{0,35 \times 250} = 430,62 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$ (dipasang sengkang $\emptyset 10-100$)

4.3.10 Pembebanan Balok Bordes Atas

Balok bordes dirancang agar dapat menerima beban dinding diatasnya, berat sendiri, serta beban akibat perletakan tangga.

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 2 \times 250 = \underline{500 \text{ kg/m}}$$

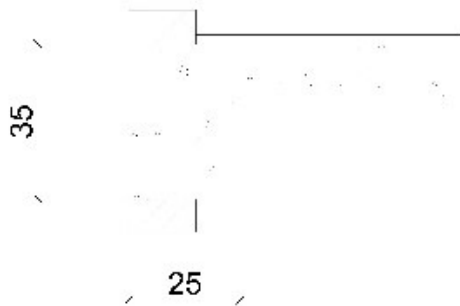
$$Q_d = 710 \text{ kg/m}$$

$$Q_d \text{ ultimate} = 1,2 \times q_d = 1,2 \times 710 = 852 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 852 \text{ kg/m}$$

Analisis Gaya Dalam Balok Bordes

Balok Bordes terletak bebas pada satu ujung dan terjepit elastis pada ujung yang lainnya.



Gambar 4. 10 Balok Bordes

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1a}{10} \cdot qu \cdot l^2 = \frac{1}{10} \times 852 \times 2,98^2 = 756.610 \text{ kg/m} \\ &= 7.566.100 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan awal, \emptyset diasumsikan 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$d = h - \text{decking} - \text{Sengkang} - (\frac{1}{2} \emptyset \text{lentur})$$

$$d = 350 - 40 - 10 - 13/2 = 293,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{7.566.100}{0,9 \times 250 \times 293,5^2} = 0,390 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{240}{0,85 \times 24,9} = 11,339$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,339} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(11,339) \times 0,390}{240}} \right) = 0,00164 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu}$$

$$\rho \text{ perlu} = \rho \text{ min} = 0,0058$$

Tulangan lentur tarik

$As = \rho \text{ perlu} \times b \times d = 0,0058 \times 250 \times 293,5 = 425,57 \text{ mm}^2$ SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan As tidak boleh kurang dari

$$As_{\text{min}} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} b_w d \text{ atau } \frac{1,4b_w d}{fy}$$

$$As_{\text{min}} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} b_w d = \frac{0,25\sqrt{24,9}}{240} \times 250 \times 293,5 = 381,396 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1,4b_w d}{fy} = \frac{1,4 \times 250 \times 293,5}{240} = 428,020 \text{ mm}^2$$

Maka, $As \text{ pakai} = 428,020 \text{ mm}^2$