

BAB II Perancangan bangunan gedung toko grosir 3 lantai di Yogyakarta

2.1 Latar belakang

Menurut UU No.28 Tahun 2002 Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukan, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatan, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Dalam perancangan ini subjek yang dirancang adalah bangunan toko grosir 3 lantai, dengan data struktur yang sudah ditentukan oleh dosen pengajar, yaitu:

- a. Kemiringan Atap : 30°
- b. L1 : 5 m
- c. L2 : 6 m
- d. L3 : 5,5 m
- e. Tinggi lantai : 3m
- f. Tekanan Tiup angin : 80 kg/m²
- g. Jenis sambunugan : baut
- h. Fungsi Bangunan : toko grosir
- i. Mutu beton : 210 Mpa
- j. Mutu tulangan baja : 420 Mpa
- k. Kedalaman Tanah keras : 2 m

- l. Berat volume tanah : 18 kg/m^3
- m. Daya Dukung tanah : 240 kg/m^2
- n. Mutu baja profil : BJ 34

Dalam perancangan bangunan terbagi menjadi 3 bagian, yaitu perhitungan rencana atap yang terdiri dari perancangan gording, kuda-kuda dan sambungan. dilanjutkan dengan Perhitungan rencana struktur atas yang terdiri dari perancangan kolom, balok, dan tangga. kemudian diakhiri dengan perhitungan struktur bawah yaitu pondasi. Hal ini harus dilakukan secara berurutan untuk memastikan struktur dapat menahan beban secara aman.

2.2 Metode perancangan

Dalam perancangan ini, penulis menggunakan Modul Kuliah Praktik Perancangan Gedung yang dibuat oleh Johannes Januar, S. Modul kuliah tersebut difungsikan sebagai panduan langkah dalam perancangan bangunan gedung toko grosir 3 lantai di Yogyakarta. Selain modul kuliah, penulis juga menggunakan referensi SNI yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional, yaitu SNI-1729-2015, SNI-1727-2019, SNI-1727-2013, SNI-2847-2019

2.3 Rencana atap

Perencanaan atap merupakan tahap pertama dalam perancangan bangunan. Perencanaan atap terbagi menjadi 3 yaitu perencanaan gording, perencanaan kuda-kuda, dan perencanaan sambungan.

2.3.1 Perencanaan gording

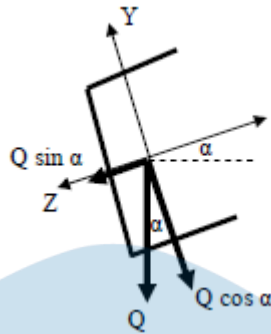
Perencanaan Gording menggunakan profil kanal C jarak miring sebaiknya tidak terlalu panjang (< 2 m). Gording sebaiknya diletakkan pada *Joint* kuda-kuda sehingga batang kuda-kuda hanya menghitung beban aksial. Sagrod berfungsi untuk menghubungkan antar gording dan mengurangi defleksi gording kearah samping, sagrod juga berfungsi sebagai tumpuan arah lateral. jarak maksimum

2.3.2 Pembebanan gording`

Pembebanan gording terbagi menjadi 3 jenis beban, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban angin. Beban mati terdiri dari penutup atap, berat gording, dan penunjang lainnya seperti baut, sagrod, dan plafon. Kemudian terdapat beban hidup yang biasanya diambil seberat 1kN untuk mewakili beban manusia yang naik ke atap. Dan terakhir adalah beban angin yang bekerja tegak lurus terhadap gording.

2.3.3 Analisis struktur gording

Analisis struktur gording dilakukan untuk mendapatkan baja ringan kanal C yang sesuai. Pada profil kanal dilakukan analisis struktur dengan menghitung momen dari sumbu y (M_{uy}) dan sumbu z (M_{uz}). Arah pembebanan beban mati dan beban hidup mengarah ke vertikal kearah gravitasi bumi diuraikan kearah sumbu y dan z, sedangkan beban angin mengarah ke sumbu y dikarenakan beban tegak lurus.



Gambar 2.1 Arah pembebanan gording

Kombinasi beban disesuaikan dengan peraturan baja SNI 03-1729-2002:

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,3 W + 0,5 (La \text{ atau } H)$
- c. $1,2D = 1,6 (La \text{ atau } H) + 0,8 W$

Perlu diperhatikan adanya Sagrod, dimana difungsikan untuk mengurangi lendutan dan tumpuan arah lateral. Tumpuan sagrod menyesuaikan dengan desain yang direncanakan.

2.3.4 Desain gording

Gording didesain menurut metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Profik kanal diperiksa apakah termasuk penampang kompak atau tak kompak.

- a. Pemeriksaan Kompak

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots \dots \dots (2.2)$$

- b. Setelah itu dihitung momen nomial terhadap sumbu kuat (Muz)

- untuk penampang kompak

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{E/f_y} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$M_{pz} = f_y Z_z \leq 1,5 M_y$$

$$\leq 1,5 f_y S_z \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Z = \frac{A}{2} a \dots \dots \dots (2.6)$$

- untuk penampang tak kompak

$$M_\pi = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots \dots \dots (2.7)$$

c. Kemudian dihitung penampang tak kompak

- Untuk penampang kompak

$$M_{ny} = M_{py} = f_y Z_y \leq 1,5 M_y$$

$$\leq 1,5 f_y S_y \dots \dots \dots (2.8)$$

- Untuk penampang tak kompak

$$M_\pi = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$M_r = 0,7 f_y S_y \dots \dots \dots (2.10)$$

d. Kontrol Penampang

$$\frac{M_{uz}}{\phi M_{nz}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \leq 1$$

$$\phi = 0,9 \dots \dots \dots (2.11)$$

Jika control penampang melebihi satu, maka profil kanal harus diganti dengan yang lebih besar.

e. Kontrol Lendutan

$$\delta = \sqrt{\delta_y^2 + \delta_z^2} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\delta \leq L/240 \dots \dots \dots (2.13)$$

2.4 Perencanaan Kuda-kuda

Perencanaan kuda-kuda adalah langkah selanjutnya dalam perencanaan atap, kuda-kuda berfungsi untuk menahan beban gording dan penutup atap.

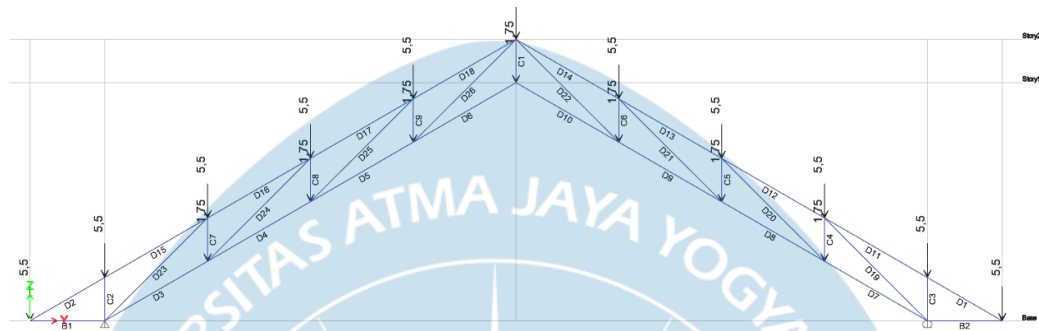
Dalam pemilihan bentuk kuda-kuda yang dipakai perlu memperhatikan bentang kuda-kuda itu sendiri, kuda-kuda sebaiknya ditaruh diatas kolom tetapi bila jarak terlalu jauh (> 6 m) maka perlu dipasang kuda-kuda diatas ring balok yang dirancang untuk memikul beban kuda-kuda tersebut. Bila penutup atap menggunakan material yang berat seperti genteng beton maka jarak antar kuda-kuda tidak melebihi 4 meter.

Dalam perhitungan ini, beban mati, beban hidup dan beban mati bekerja sebagai beban terpusat pada *Joint* kuda-kuda.

2.4.1 Pembebanan

Terdapat 3 jenis pembebanan yaitu beban mati, beban hidup, dan beban angin. Beban mati dibagi menjadi 2 yaitu yang pertama beban atas yang terdiri dari penutup atap, gording, dan penunjangnya, lalu yang kedua adalah beban

bawah yang terdiri dari plafond dan berat sendiri kuda-kuda. Beban hidup sebesar 1 kN dan hanya bekerja di *Joint* kuda-kuda, dan beban angin yang bekerja tegak lurus dengan kuda-kuda.



Gambar 2.2 Pembebanan beban Mati kuda-kuda.

2.4.2 Analisis struktur

Analisis struktur dilakukan dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut

- 1,4D
- $1,2D + 1,3 W + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + \text{atau } 0,8 W$

2.4.3 Desain batang

Dalam perancangan ini digunakan rangka batang dobel profil siku

- Batang tekan

Batang tekan harus memenuhi syarat :

$$\phi N_n \geq N_u ; \quad \phi = 0,85 \dots \dots \dots (2.14)$$

Atau

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \leq 200 \dots \dots \dots (2.15)$$

Bila tidak memenuhi salah satu syarat diatas, maka harus menggunakan ukuran yang lebih besar.

b. Batang Tarik

Batang Tarik harus memenuhi syarat :

$$\phi N_n \geq N_u \dots \dots \dots (2.16)$$

Syarat ini dihitung setelah perhitungan sambungan baut selesai.

2.4.4 Sambungan

Diameter baut yang sering digunakan adalah ½”, 5/8”, 3/4”, 7/8”, dan 1”.

Perancangan ini menggunakan baut tipe tumpu.

2.4.5 Kuat geser baut

$$V_d = \phi V_n \quad ; \quad \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.17)$$

$$V_n = r_1 f_u A_b \dots \dots \dots (2.18)$$

2.4.6 Kuat tumpu baut

Kuat tumpu bahu diperhitungkan dengan menggunakan rumus berikut

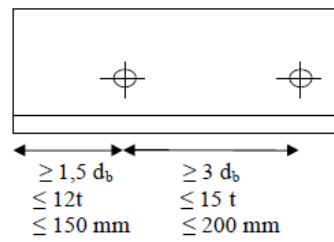
$$R_d = \phi R_n \quad ; \quad \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.19)$$

$$r_n = 2,4 d_b t_p f_u \dots \dots \dots (2.20)$$

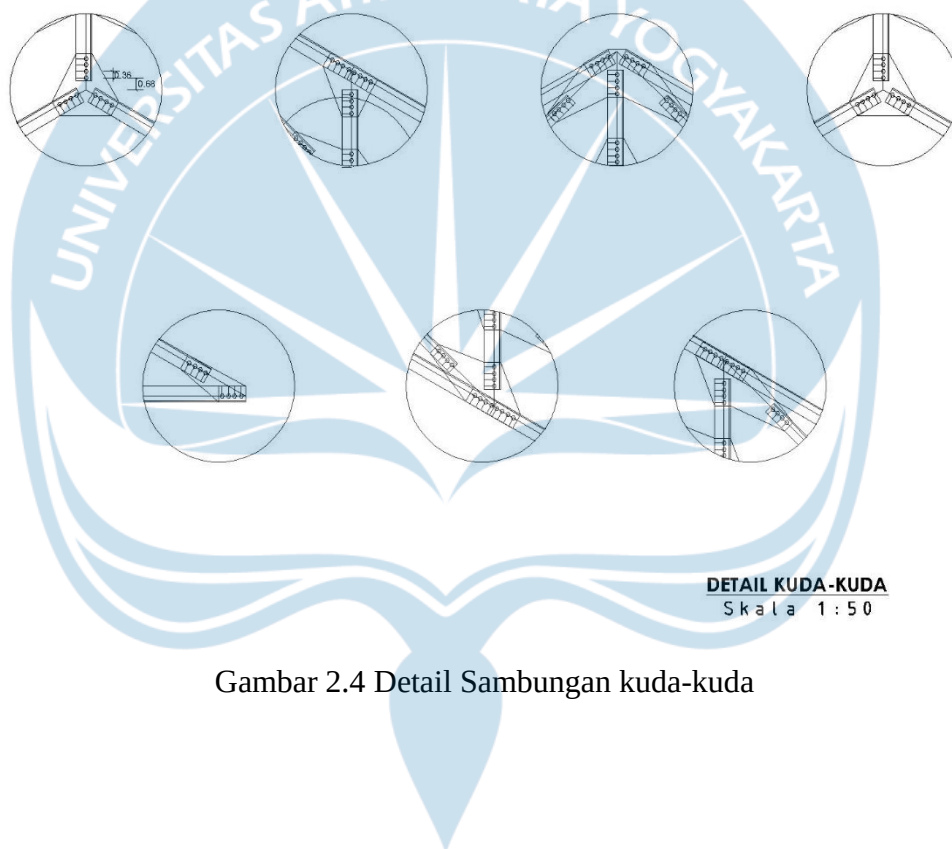
2.4.7 Jumlah baut

$$n = \frac{P}{V_d} \quad \text{atau} \quad n = \frac{P}{R_d} \dots \dots \dots (2.21)$$

Jumlah minimal dalam setiap sambungan baut adalah 2 buah baut, pemasangan baut memiliki syarat seperti gambar dibawah ini



Gambar 2.3 Syarat minimum pembebanan



Gambar 2.4 Detail Sambungan kuda-kuda

2.5 Estimasi Dimensi

Estimasi dimensi perlu dilakukan diawal perancangan untuk menetapkan berat struktur sendiri, analisis dengan bantuan program computer memerlukan dimensi dimasukkan diawal pemubuatan model struktur.

2.5.1 Dimensi balok

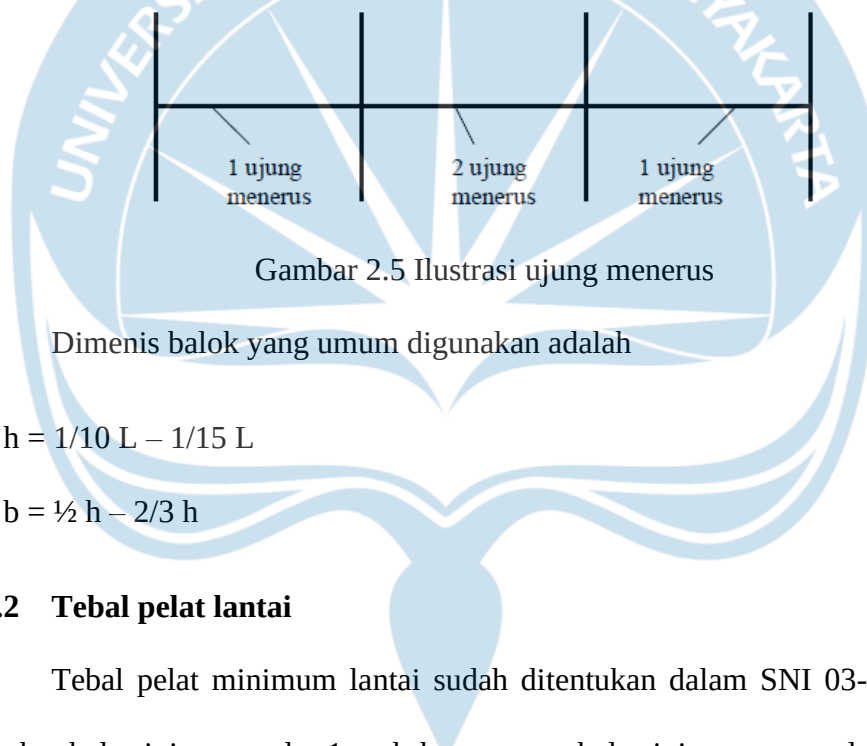
Tinggi minimum balok sudah diatur dalam SNI 03-2847-2013 seperti di table 2.1

Tabel 2.1 Estimasi dimensi balok

2 tumpuan sederhana	1 ujung menerus	2 ujung menerus	kantilever
$L/16$	$L/18,5$	$L/21$	$L/8$

L dalam satuan mm

Untuk ketentuan 1 ujung menerus dan 2 ujung menerus dapat dilihat di gambar 2.5



Gambar 2.5 Ilustrasi ujung menerus

Dimenis balok yang umum digunakan adalah

a. $h = 1/10 L - 1/15 L$

b. $b = 1/2 h - 2/3 h$

2.5.2 Tebal pelat lantai

Tebal pelat minimum lantai sudah ditentukan dalam SNI 03-2847-2013. Untuk tebal minimum pelat 1 arah ketentuan tebal minimum sama dengan balok sedangkan untuk tebal minimum 2 arah ditentukan dengan ketentuan berikut.

a. kategori pelat 2 arah

$$\frac{L_y}{L_x} \leq 2 \dots \dots \dots (2.22)$$

b. Rasio Kekuatan pelat

$$\alpha = \frac{E_c I_{c\text{balok}}}{E_c I_{c\text{pelat}}} \dots \dots \dots (2.23)$$

c. Rata-rata rasio kekakuan pelat

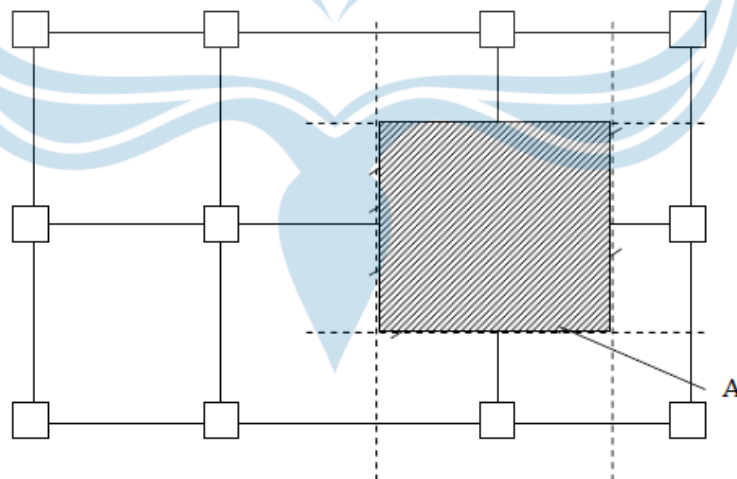
$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha}{n} \dots \dots \dots (2.24)$$

d. Tebal kekakuan minimum pelat dapat didapatkan setelah rata-rata rasio kekakuan pelat dengan menggunakan ketentuan yang ada dengan menggunakan rumus berikut.

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \dots \dots \dots (2.25)$$

2.5.3 Dimensi kolom

Untuk dimensi kolom terlebih dahulu ditentukan *Tributary Area* seperti gambar 2.5.3



Gambar 2.6 Luas *Tributary area*

Setelah itu ditentukan Beban mati (ND) dan beban hidup (NL) sesuai dengan fungsi gedung yang ada di *Tributary Area*, maka dimasukkan ke rumus

a. beban aksial terfaktor :

$$P_u = 1,2 ND + 1,6 NL \dots \dots \dots (2.26)$$

b. Kondisi kritis kuat rencana

$$\phi P_n = P_u \dots \dots \dots (2.27)$$

c. Beban aksial nominal kolom dengan

$$P_n = 0,8 \{ 0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \dots \dots \dots (2.28)$$

d. Sisi kolom didapatkan

$$a = \sqrt{A_g} \dots \dots \dots (2.29)$$

2.6 Beban Gempa

Untuk perhitungan beban gempa telah diatur dalam SNI 1726:2012

2.6.1 Gaya geser gempa

Gaya geser gempa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V = C_s W \dots \dots \dots (2.30)$$

2.6.2 Distribusi gaya lateral

Penghitungan distribusi gaya lateral setiap lantai dihitung dengan menggunakan rumus:

$$F_i = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \dots \dots \dots (2.31)$$

2.6.3 Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk bangunan kategori desain seismic B digunakan sebagai berikut :

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L
- c. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x$
- d. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x$
- e. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_y$
- f. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_y$
- g. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + \rho E_x$
- h. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D - \rho E_x$
- i. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + \rho E_y$
- j. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D - \rho E_y$

2.6.4 Kontrol Simpangan antar lantai

$$\Delta_n = \frac{c_d(\delta_{e,n} - \delta_{e,n-1})}{I_e} \dots \dots \dots (2.32)$$

2.7 Pelat lantai

2.7.1 Perancangan pelat lantai

Menggunakan estimasi dimensi, pelat lantai diperiksa Kembali menggunakan rumus:

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c b d} \dots \dots \dots (2.33)$$

Pemeriksaan pelat lantai harus memenuhi syarat :

$$\phi V_c \geq V_u \quad ; \quad \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.34)$$

Bilamana syarat tidak terpenuhi maka tebal pelat lantai harus ditambah karna tidak adanya tulangan geser.

2.7.2 Penulangan pelat

Penulangan pelat dilakukan dengan menggunakan menghitung rasio penulangan yang dibutuhkan, kemudian diperiksa syarat penampang daktil

- a. Penulangan pelat yang dibutuhkan

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} ; \text{ nilai } \phi \text{ diasumsikan } 0,9 \dots\dots\dots(2.35)$$

- b. penampang daktil

$$\rho_{maks} = 0,429 \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c \beta_1}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f'_c}} \right) \dots\dots\dots(2.37)$$

Hasil harus memenuhi persyaratan $\rho \geq \rho_{maks}$, bilamana hasil sudah memenuhi syarat maka selanjutnya menghitung luas tulangan yang diperluak

- a. Luas tulangan

$$A_s = \rho b d \dots\dots\dots(2.38)$$

- b. Pemeriksaan syarat $A_s \geq A_{s \min}$

$$A_{s \min} = 0,002 b h ; \text{ untuk } f_y = 300 \text{ MPa} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$A_{s \min} = 0,0018 b h ; \text{ untuk } f_y = 400 \text{ MPa} \dots\dots\dots(2.40)$$

Jika luas A_s yang dibutuhkan lebih kecil dari $A_{s \min}$ maka digunakan ketentuan Luas $A_{s \min}$, kemudian ditentukan diameter dan spasi tulangan.

$$s = \frac{1/4 \pi d^2 b}{A_s} ; s \leq 2 h \dots\dots\dots(2.41)$$

2.8 Penulangan balok

2.8.1 Penulangan Tumpuan

- a. Ditentukan terlebih dahulu ρ min

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (2.42)$$

$$\rho_{\min} =$$

$$\frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \dots \dots \dots (2.43)$$

- b. Rasio penulangan

$$k = \frac{Mu}{\phi B b d^2}; \text{ nilai } \phi \text{ diasumsikan } 0,9 \dots \dots \dots (2.44)$$

$$\rho = \frac{0,85f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85f'_c}}\right) \dots \dots \dots (2.45)$$

- c. Jumlah tulangan

$$As_{\text{balok}} = \rho \times b \times h \dots \dots \dots (2.46)$$

$$\text{Jumlah tulangan} = As_{\text{balok}} / As_{\text{Tulangan}} \dots \dots \dots (2.47)$$

2.8.2 Penulangan lapangan

Perhitungan yang digunakan di penulangan lapangan sama dengan penulangan tumpuan, Perbedaan terdapat pada *Moment ultimate* balok lapangan.

2.8.3 Penulangan geser

- a. kuat geser beton

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \dots \dots \dots (2.48)$$

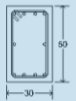
- b. Kuat geser sengkang

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c ; \phi = 0,75 \dots \dots \dots (2.49)$$

$$V_s = 0,66 \sqrt{f'c} b_w d \dots \dots \dots (2.50)$$

c. Spasi sengkang

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \dots \dots \dots (2.51)$$

TIPE	B1		GBR.POTONGAN	
	Tump. Luar	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	300X500			
Tul. Atas	4-D22	4-D22		
Tul. Bawah	4-D22	4-D22		
Sengkang	DB-100	D10-100		
Tul. Pinggang	2-D16			

DETAIL PENULANGAN BALOK
Skala 1 : 20

Gambar 2.7 Detail penulangan balok

2.9 Penulangan kolom

2.9.1 Penulangan utama

Sebelum perancangan dilakukan, kolom perlu memenuhi syarat kelangsingan kolom, jika kolom termasuk langsing maka perlu diperhitungkan faktor pembesaran momen.

a. Syarat kolom portal tak bergoyang

$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} \dots \dots \dots (2.52)$$

b. Syarat kolom portal bergoyang

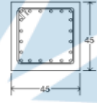
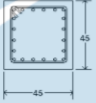
$$\frac{k l_u}{r} \leq 22 \dots \dots \dots (2.53)$$

Jika kolom termasuk langsing, maka perlu diperhitungkan faktor pembesaran momen. Kemudian perancangan penulangan dilakukan dengan

menggunakan aplikasi IKOLAT, data yang diperlukan diambil dari perhitungan yang dilakukan lewat aplikasi etabs serta excel, data meliputi kuat beton, kuat baja, modulus elastisitas, dan diameter tulangan.

2.9.2 Penulangan geser

Dalam perhitungan penulangan geser kelompok menggunakan aplikasi excel, langkah yang dilakukan adalah menghitung kuat geser beton dan kuat geser sengkang, kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan diameter, jumlah kaki sengkang, dan spasi sengkang

TIPE	K1		GBR.POTONGAN	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	450X450			
Tulangan	12D-16	12D-16		
Sengkang	D8-100	D10-100		

DETAIL PENULANGAN KOLOM
Skala 1:20

Gambar 2.8 Detail penulangan kolom

2.10 Fondasi Telapak

Dalam perancangan pondasi, ditentukan terlebih dahulu tebal pondasi. Lalu daya dukung tanah dihitung dengan menggunakan estimasi tebal pondasi, kemudian dimensi fondasi dihitung menggunakan beban aksial tidak berfaktor. Hasil yang didapatkan masih berupa teori sehingga perlu dikalikan dengan factor pembesar, setelah luas fondasi telah ditemukan maka ukuran fondasi dapat ditentukan. Setelah itu dihitung tinggi efektif dari fondasi

2.10.1 Periksa syarat kuat geser fondasi telapak

$$\phi V_c \geq V_u \quad ; \quad \phi = 0,75$$

$$V_u = q_u A \dots \dots \dots (2.54)$$

a. Kuat geser 1 arah

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \dots \dots \dots (2.55)$$

b. Kuat geser 2 arah

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f'_c} b_o d \dots \dots \dots (2.56)$$

$$V_c = 0,13 \sqrt{f'_c} b_o d \dots \dots \dots (2.57)$$

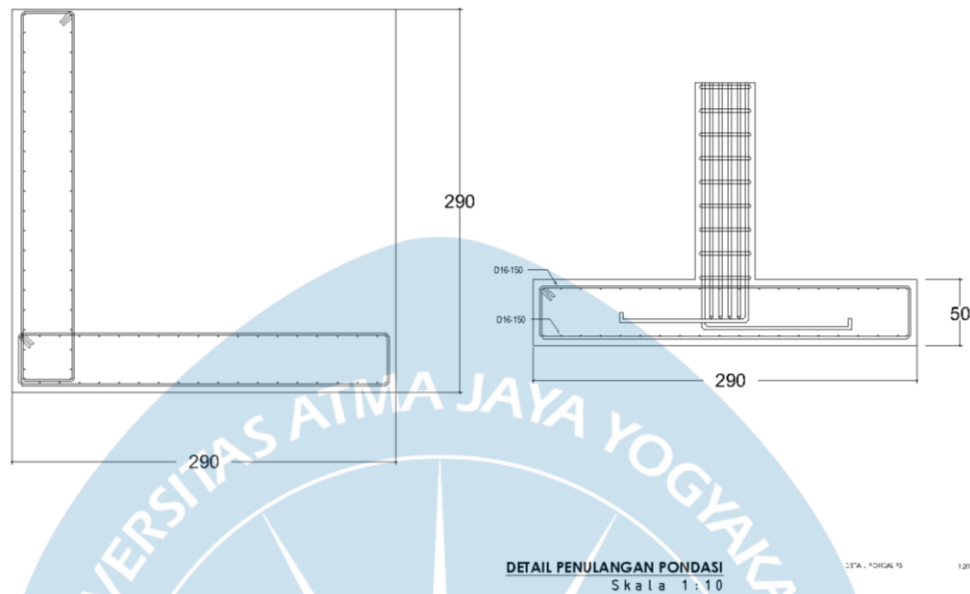
$$V_c = 0,83 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f'_c} b_o d \dots \dots \dots (2.58)$$

$$\beta = \frac{\text{sisi panjang kolom}}{\text{sisi pendek kolom}} \dots \dots \dots (2.59)$$

Dari ketiga nilai V_c , ditentukan yang terkecil

2.10.2 Penulangan fondasi

Untuk proses penulangan pondasi, proses sama dengan penulangan pelat lantai. Tulangan longitudinal dipasang di bawah pondasi yang merupakan sisi Tarik, pada bagian atas pondasi juga dipasang tulangan tambahan untuk mengurangi retak susut pada beton.



Gambar 2.9 Detail penulangan pondasi

2.11 Tangga

2.11.1 Perencanaan tangga

Pembebanan pada pelat tangga menggunakan estimasi sehingga beban yang bekerja pada pelat dapat ditentukan, pembebanan pelat bordes menggunakan estimasi dan dihitung per satu meter lebar pelat. Pembebanan dibagi menjadi dua yaitu beban mati yang mencakup berat spesi, pasir, anak tangga, pelat tangga, dan arsitektur, sedangkan untuk beban hidup disesuaikan dengan fungsi gedung.

Penulangan dalam pelat tangga dihitung dengan cara yang sama dengan pelat lantai.

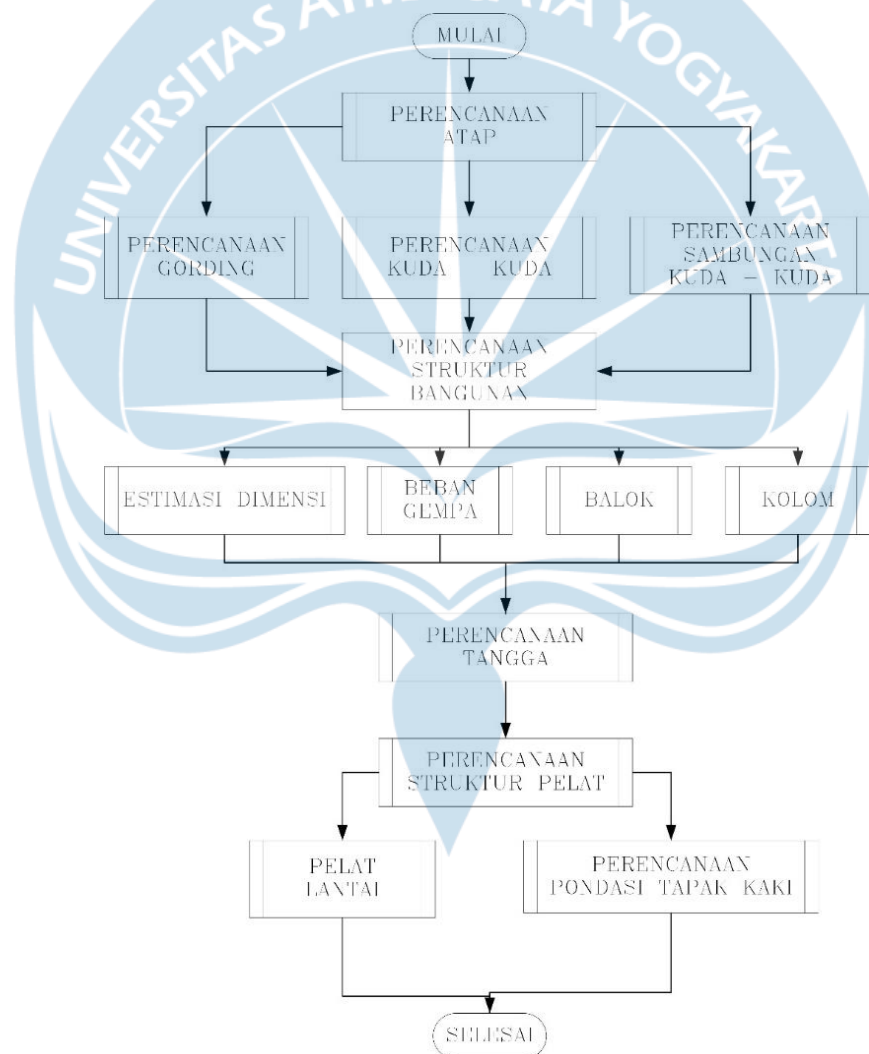
2.11.2 Bordes

Pembebanan dalam pelat bordes sama dengan pembebanan pada tangga, hanya perbedaan terdapat pada beban pelat bordes, Sedangkan penulangan bordes disamakan dengan perhitungan penulangan pelat lantai.

2.11.3 Balok bordes

Pembebanan pada balok bordes berasal dari tumpuan pelat bordes ditambah beban dinding dan berat balok itu sendiri. Bentang balok bordes menyesuaikan dengan bentang bordes. Penulangan pada balok bordes disamakan dengan penulangan balok.

2.12 Bagan alir



Gambar 2.10 Bagan alir Perancangan bangunan gedung toko grosir 3 lantai di Yogyakarta