

BAB II

PRAKTIK PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG

2.1 Pengertian

Dalam menjalankan suatu proyek konstruksi diperlukan adanya perencanaan teknis bangunan, dan dalam mata kuliah Praktik Perancangan Bangunan Gedung mahasiswa diajarkan untuk membuat rencana atap baja, desain gording, desain batang kuda-kuda, desain sambungan baut dan las, desain pelat lantai, desain balok beton bertulang, dan desain fondasi telapak.

Dalam tugas Praktik Perancangan Bangunan Gedung mahasiswa diajarkan merancang bangunan gedung 4-5 lantai yang meliputi rangka atap baja dengan kuda-kuda *truss* (rangka batang), struktur beton bertulang (pelat lantai, balok dan kolom), fondasi telapak.

Secara garis besar langkah-langkah perancangan bangunan gedung mencakup estimasi dimensi, pembebanan, analisis struktur, desain, analisis kapasitas dan pembuatan gambar. Estimasi dimensi bertujuan untuk menetapkan dimensi penampang yang akan digunakan, dimensi ini berkaitan dengan berat sendiri struktur yang harus dimasukkan saat perhitungan beban.

2.2 Metode Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari gaya-gaya dalam meliputi momen lentur, gaya geser, gaya aksial, dan torsi. Setelah gaya-gaya dalam diperoleh maka berikutnya dilakukan desain atau perancangan untuk menetapkan dimensi profil dan perhitungan sambungan serta dimensi dan penulangan yang dibutuhkan. Syarat kemampuan berarti bangunan dapat digunakan oleh penghuni tanpa menimbulkan rasa khawatir bagi yang

bersangkutan. Syarat ini dapat dipenuhi bila struktur memiliki lendutan yang sangat kecil sehingga tidak sampai terasa oleh penghuni bangunan tersebut. Bila struktur bangunan dihitung biayanya diharapkan masih dalam kategori wajar tidak terlampaui mahal. Karena itu bila seorang perencana menghitung kebutuhan tulangan baja pada balok beton bertulang maka perencana tersebut akan menggunakan jumlah tulangan baja sesuai yang diperlukan dari hasil perhitungan.

Sesudah desain tuntas perlu dilakukan analisis kapasitas guna meninjau ulang jika struktur yang dirancang memanglah betul-betul terjamin untuk memikul beban yang bekerja. Gambar rencana yang terbuat harus sesuai dengan hasil desain yang sudah dicoba serta mudah dipahami oleh orang yang membaca gambar tersebut.

2.3 Data dan Hasil

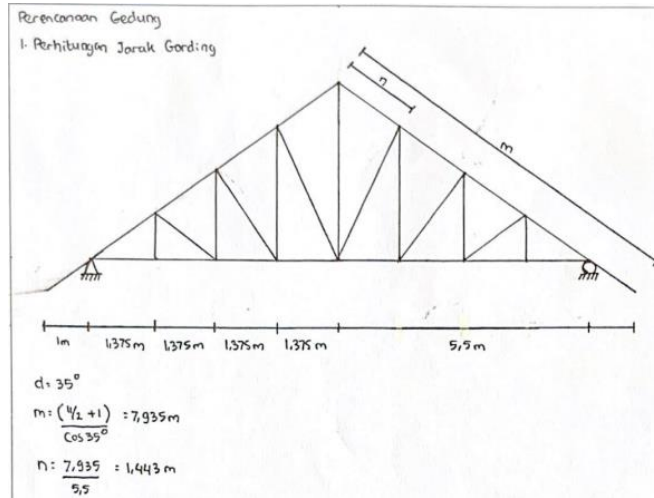
Dalam praktik perancangan bangunan ini penulis mendapatkan kasus dengan keterangan sebagai berikut:

Bangunan 5 lantai terbuat dari struktur beton bertulang dengan fondasi telapak. Bentuk atap pelana dengan rangka atap baja berupa rangka batang dan penutup atap dari genteng.

| | | | |
|-----------------------|---|--|--------------------------|
| Kemiringan atap | : | a) 30° | b) 35° |
| L1 | : | a) 4 m | b) 5 m |
| L2 | : | a) 6 m | b) 8 m |
| L3 | : | a) 4,5 m | b) 5,5 m |
| Tinggi antar lantai | : | a) 3 m | b) 3,5 m |
| Tekanan tiup angin | : | a) 40 kg/m ² | b) 50 kg/m ² |
| Jenis sambungan | : | a) baut | b) las |
| Fungsi bangunan | : | a) kantor | b) restoran |
| Mutu beton | : | a) 20 MPa | b) 25 MPa |
| Mutu tulangan baja | : | 240 MPa ($\varnothing \leq 12$ mm) dan 400 MPa ($\varnothing > 12$ mm) | |
| Kedalaman tanah keras | : | a) 2 m | b) 2,5 m |
| Berat volume tanah | : | a) 16 kN/m ³ | b) 18 kN/m ³ |
| Daya dukung tanah | : | a) 240 kN/m ² | b) 270 kN/m ² |
| Mutu baja profil | : | a) BJ 34 | b) BJ 37 |

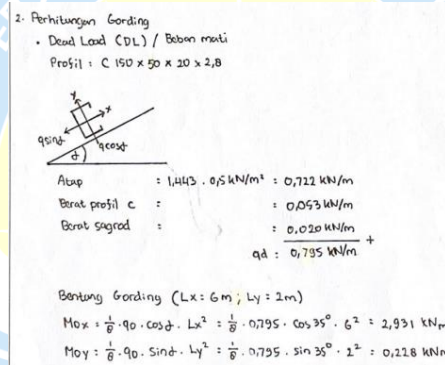
Gambar 1 Keterangan Bangunan

2.4 Perhitungan jarak gording

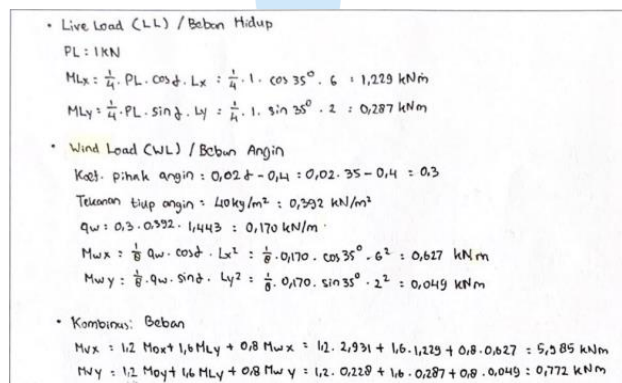


Gambar 2 Perhitungan Jarak Gording

2.4.1 Perhitungan gording



Gambar 3 Perhitungan Gording



Gambar 4 Perhitungan Beban

2.4.2 Perhitungan kuat rencana

3. Perhitungan Kuat Rencana

Profil yang digunakan : C 150 x 50 x 20 x 2,8

| | | |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| T_f : 2,8 mm | I_x : 250 0000 mm ⁴ | r_y : 18,3 mm |
| B_f : 50 mm | I_y : 26 0000 mm ⁴ | C_y : 154 mm |
| $B_o = B_f - \frac{1}{2} T_f$: 48,6 mm | S_x : 33300 mm ³ | x_o : 38 mm |
| d : 150 mm | S_y : 74900 mm ³ | J : 19870000 mm ⁴ |
| $h_o = d - T_f$: 147,2 mm | F_y : 240 N/mm ² | C_w : 1267000000 mm ⁶ |
| A : 760 mm ² | r_x : 57,3 mm | |

• Mencari nilai Z_x dan Z_y :

$A_1 = 75 \cdot 2,8 = 210 \text{ mm}^2$
 $A_2 = 44,4 \cdot 2,8 = 124,32 \text{ mm}^2$
 $A_3 = 2,8 \cdot 10 = 28 \text{ mm}^2$

$Y = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_3}{A}$
 $= \frac{210 \cdot 37,5 + 124,32 \cdot 1,4 + 28 \cdot 10}{210 + 124,32 + 28}$
 $= 22,056 \text{ mm}$

$a = 150 - 2 \cdot (21,056)$
 $= 107,888 \text{ mm}$

$Z_x = \frac{A}{2} \cdot a$
 $= \frac{760}{2} \cdot 105,888$
 $= 40237,44 \text{ mm}^3$

$M_{px} = F_y \cdot Z_x \leq 1,5 \cdot F_y \cdot S_x$
 $240 \cdot 40237,44 \leq 1,5 \cdot 240 \cdot 33300$
 $9656985,6 \leq 11988000$

$M_{nx} = C_b [M_{px} - (M_{px} - 0,7 \cdot F_y \cdot S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)]$
 $= 1,3 [9656985,6 - (9656985,6 - 0,7 \cdot 240 \cdot 33300) \left(\frac{2000 - 329,76}{158434,32 - 929,76} \right)]$
 $= 12484663,23 \text{ Nmm}$

Gambar 5 Perhitungan Kuat Rencana

$M_{nx} > M_{px}$

$\phi M_{nx} : 0,9 \cdot 12484663,23$
 $= 11236156,91 \text{ Nmm}$
 $= 11,236 \text{ kNm}$

$\phi M_{nx} > M_{ux}$
 $11,236 > 5,985 \text{ (Aman)}$

$A = 760 \text{ mm}^2$
 dibagi 2 : $\frac{760}{2} = 380 \text{ mm}^2$

Lebar bagian kepotongan : $\frac{380}{150} = 2,533 \text{ mm}$

$X_1 = \frac{1}{2} \cdot 2,533$
 $= 1,267 \text{ mm}$

$A_1 = 0,267 \cdot 150 = 40,05 \text{ mm}^2$
 $A_2 = 47,2 \cdot 2,8 = 132,16 \text{ mm}^2$
 $A_3 = 2,8 \cdot 17,2 = 48,16 \text{ mm}^2$

$a = 29,364 - 1,267$
 $= 28,097 \text{ mm}$

$X_2 = \frac{(40,05 \cdot 2687) + (2 \cdot (132,16 \cdot 2641)) + (2 \cdot (48,16 \cdot 48,4))}{40,05 + 2 \cdot (132,16) + 2 \cdot (48,16)}$
 $= 29,364 \text{ mm}$

Gambar 6 Lanjutan Perhitungan Kuat Rencana (2)

$$\begin{aligned}
 Z_y &= \frac{A}{2} \cdot a \\
 &= \frac{760}{2} \cdot 28,097 \\
 &= 10676,86 \text{ mm}^2 \\
 M_{py} &= F_y \cdot Z_y \leq 1,5 \cdot F_y \cdot S_y \\
 240 \cdot 10676,86 &\leq 1,5 \cdot 240 \cdot 7400 \\
 2562446,4 &\leq 2664000 \\
 \phi M_{py} &= 0,8 \cdot 2562446,4 \\
 &= 2050957,12 \text{ Nmm} \\
 &= 2,051 \text{ kNm} \\
 \phi M_{py} &> M_{uy} \\
 2,051 &> 0,772 \text{ (Aman)} \\
 \text{• Kontrol Penampang} \\
 \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} &\leq 1 \\
 \frac{5,985}{11,236} + \frac{0,772}{2,306} &\leq 1 \\
 0,867 &\leq 1 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Gambar 7 Lanjutan Perhitungan Kuat Rencana (3)

2.4.3 Perencanaan Kuda-kuda

Perencanaan Kuda - Kuda

- Dead Load

| | | |
|--------------------|----------------------|--|
| Berat Penutup Atap | : 1,443 · 5,5 · 0,5 | : 3,96 825 |
| Berat Gording | : 5,5 · 0,053 | : 0,2915 |
| Berat Sagrod | : 1,443 · 0,02 | : 0,02886 |
| Berat Penggantung | : 1,443 · 5,5 · 0,18 | : 1,42857 |
| Berat Platfond | : 1,443 · 5,5 · 0,11 | : $\frac{0,873015}{6,590195} \text{ kN}$ |
- Life Load

| | |
|---------------|--------|
| Berat manusia | : 1 kN |
| PL | : 1 kN |

Gambar 8 Perhitungan Dead Load dan Life Load

3. Wind Load

Koef. pihak angin : $0,02 \cdot d - 0,4$
 $= 0,02 \cdot 35 - 0,4$
 $= 0,3$

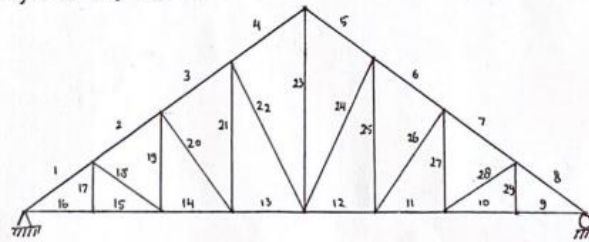
Tekanan tiup angin : $50 \text{ kg/m}^2 = 0,490 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Koef. hawan angin : $-0,4$

- Pihak angin
 $WL = 1,443 \cdot 0,490 \cdot 0,3 \cdot 6 = 1,273 \text{ kN}$

- Lawan angin
 $WR = 1,443 \cdot 0,490 \cdot -0,4 \cdot 6 = -1,697 \text{ kN}$
 $WL_x = 1,273 \cdot \cos 55^\circ = 0,730 \text{ kN}$
 $WL_y = 1,273 \cdot \sin 55^\circ = 1,043 \text{ kN}$

$WR_x = 1,697 \cdot \cos 55^\circ = 0,973 \text{ kN}$
 $WR_y = 1,697 \cdot \sin 55^\circ = 1,390 \text{ kN}$

Menghitung Gaya yang terjadi pada Kuda - Kuda



Profil yang digunakan : 2L 75 x 75 x 6

Gambar 9 Perhitungan Wind Load

Tabel 1 Gaya Tekan dan Tarik Batang

| Kode Batang | Gaya Batang | | Keterangan |
|-------------|-------------|--------|------------|
| | Tarik | Tekan | |
| 1 | | 65,642 | COMB 3 |
| 2 | | 56,668 | COMB 3 |
| 3 | | 47,15 | COMB 3 |
| 4 | | 37,611 | COMB 2 |
| 5 | | 38,155 | COMB 3 |
| 6 | | 47,008 | COMB 3 |
| 7 | | 56,098 | COMB 2 |
| 8 | | 64,726 | COMB 2 |
| 9 | 52,938 | | COMB 3 |
| 10 | 53,005 | | COMB 3 |
| 11 | 47,015 | | COMB 3 |
| 12 | 40,759 | | COMB 3 |
| 13 | 44,415 | | COMB 4 |
| 14 | 53,144 | | COMB 4 |
| 15 | 61,391 | | COMB 4 |
| 16 | 61,348 | | COMB 4 |
| 17 | 0,175 | | COMB 1 |
| 18 | | 10,087 | COMB 4 |
| 19 | 6,498 | | COMB 4 |
| 20 | | 15,038 | COMB 4 |
| 21 | 12,833 | | COMB 4 |
| 22 | | 20,404 | COMB 4 |
| 23 | 32,9 | | COMB 2 |
| 24 | | 17,599 | COMB 2 |
| 25 | 11,2 | | COMB 1 |
| 26 | | 12,983 | COMB 2 |
| 27 | 5,702 | | COMB 1 |
| 28 | | 8,663 | COMB 2 |
| 29 | 0,175 | | COMB 1 |

Maks batang tarik = 61,391 kN (Batang 15)

Maks batang tekan = 65,642 kN (Batang 1)

2.4.4 Check Batang Tarik dan Tekan

Check Batang Tarik dan Tekan

Profil kuda-kuda : 2 L 75 x 75 x 6

| | | |
|--------------------------|--|--|
| $F_y = 240 \text{ MPa}$ | $A_g = 17,454 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ | $I_y = (I_y' + A' \cdot d^2) \cdot 2$ |
| $F_u = 370 \text{ MPa}$ | $E = 200000 \text{ MPa}$ | $= (46,1 \cdot 10^{-8} + 8727 \cdot 0,0256^2) \cdot 2$ |
| $h = 75 \text{ mm}$ | $I_y' = I_z' = 46,1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$ | $= 20,659 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$ |
| $b = 75 \text{ mm}$ | $C = 0,0206 \text{ m}$ | $A_{tot} = A_g$ |
| $t = 6 \text{ mm}$ | $d = 0,0256 \text{ m}$ | $= 17,454 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ |
| $A' = 8,727 \text{ m}^2$ | | |

Gambar 10 Keterangan Diketahui

• Batang Tekan

| | | |
|--|--|------------------------------|
| $r_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_{tot}}}$ | $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_{tot}}}$ | $r_{min} = 0,0163 \text{ m}$ |
| $= \sqrt{\frac{46,1 \cdot 10^{-8}}{17,454 \cdot 10^{-4}}}$ | $= \sqrt{\frac{20,659 \cdot 10^{-7}}{17,454 \cdot 10^{-4}}}$ | |
| $= 0,0163 \text{ m}$ | $= 0,0344 \text{ m}$ | |

$N_u = 63,642 \text{ kN}$ (Batang 1)

| | |
|---|---|
| $L_k = k_e \cdot L$ | $\lambda = \frac{L_k}{r}$ |
| $= 17,6786$ | $= \frac{1,6786}{0,0163} = 102,982 \leq 200 \text{ (OK)}$ |
| $\gamma_c = \frac{L_k}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$ | $w = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \gamma_c}$ |
| $= \frac{1,6786}{\pi \cdot 0,0163} \cdot \sqrt{\frac{240}{200000}}$ | $= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,136}$ |
| $= 1,136$ | $= 1,705$ |

| | |
|---|--------------------------------------|
| $N_n = A_g \cdot \frac{F_y}{w}$ | $\phi N_n \geq N_u$ |
| $= 17,454 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{240000}{1,705}$ | $0,85 \cdot 245,687 \geq 63,424$ |
| $= 245,687 \text{ kN}$ | $208,834 \geq 63,424 \text{ (Aman)}$ |

Gambar 11 Perhitungan Batang Tekan

• Batang Tarik

$N_u = 61,391 \text{ kN}$ (Batang 15)

$N_n = A_g \cdot F_y$

$= 17,454 \cdot 10^{-4} \cdot 240000$

$= 418,896 \text{ kN}$

$\phi N_n \geq N_u$

$0,9 \cdot 418,896 \geq 61,391$

$377,0064 \geq 61,391 \text{ (Aman)}$

Gambar 12 Perhitungan Batang Tarik

2.4.5 Check Batang Tekan Terpanjang dan Tertinggi

Check Batang Tekan Terpanjang (Batang 23)

$L = 3,1989 \text{ m}$
 $K = 1$

- Rasio Kelangsingan

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$= \frac{1 \cdot 3,1989}{0,0163}$$

$$= 196,252 \leq 200 \text{ (OK)}$$

- $4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 139,366$

$$\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{(KL/r)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(196,252)^2}$$

$$= 51,251 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

$$= 0,877 \cdot 51,251$$

$$= 44,947 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 44,947 \cdot 1745,4$$

$$= 78\,900,044 \text{ N}$$

$$= 78,9 \text{ kN}$$

Gambar 13 Perhitungan Batang Tekan Terpanjang (Batang 23)

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 78,9$$

$$= 71,01 \text{ kN} > P_u \text{ (Aman)}$$

Check Batang Tekan Tertinggi (Batang 1)

$L = 1,6786 \text{ m}$
 $K = 1$

- Rasio Kelangsingan

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$= \frac{1 \cdot 1,6786}{0,0163}$$

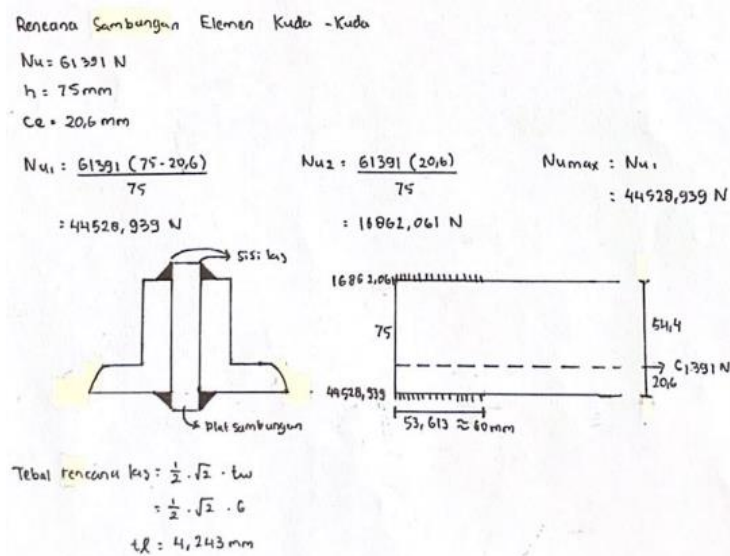
$$= 102,982 \leq 200 \text{ (OK)}$$

Gambar 14 Perhitungan Batang Tekan Tertinggi (Batang 1)

$$\begin{aligned} \cdot 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,936 \\ \frac{KL}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &\rightarrow F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) F_y \\ F_e &= \frac{\pi^2 \cdot E}{(KL/r)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(102,982)^2} \\ &= 186,126 \text{ MPa} \\ F_{cr} &= (0,658^{F_y/F_e}) F_y \\ &= (0,658^{240/186,126}) \cdot 240 \\ &= 139,902 \text{ MPa} \\ P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 139,902 \cdot 1745,4 \\ &= 244184,951 \text{ N} \\ &= 244,185 \text{ kN} \\ \phi P_n &= 0,9 \cdot P_n \\ &= 0,9 \cdot 244,185 \\ &= 219,7665 \text{ kN} > P_u \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Gambar 15 Lanjutan Perhitungan Batang Tekan Tertinggi

2.4.6 Rencana sambungan elemen kuda-kuda



Gambar 16 Rencana Sambungan Elemen Kuda-kuda

$$\begin{aligned}
 R_u \text{ (las)} &= \phi f \cdot 0,75 \cdot t_L (0,6 \cdot f_u) \\
 &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 4,243 \cdot (0,6 \cdot 351) \\
 &= 502,636 \text{ kN/m} \\
 \\
 R_u \text{ (bahan dasar)} &= \phi f \cdot 0,75 \cdot t_L (0,6 \cdot f_u) \\
 &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 4,243 (0,6 \cdot 290) \\
 &= 415,284 \text{ kN/m} \\
 \\
 R_{u \text{ min}} &= R_u \text{ (bahan dasar)} \\
 &= 415,284 \text{ kN/m} \\
 \\
 \text{Panjang efektif las} &= \frac{N_{u \text{ max}}}{2 \cdot R_{u \text{ min}}} \\
 &= \frac{44528,939}{2 \cdot 415,284} \\
 &= 53,613 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gambar 17 Perhitungan Lanjutan Rencana Sambungan Elemen Kuda-kuda

