

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA CASTELLA DENGAN METODE LRFD (*LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN*) PADA GUDANG PT. HOONGTAI WOOD BEJI KABUPATEN PASURUAN

Ario Susanto¹, Bambang Suprpto², Warsito³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : ariosusanto27@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : bambang.suprpto@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : warsito@unisma.ac.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effectiveness of using Castella steel profiles as an alternative to Wide Flange (WF) profiles in the roof structure of a factory warehouse building. Castella profiles, which are obtained through the process of cutting and reconnecting WF profiles to increase the moment of inertia and material efficiency, are expected to reduce the number of support columns without sacrificing structural strength. The analysis method used includes structural modeling using Etabs v19 software and manual calculations based on SNI 1729:2020 and SNI 1727:2020. The case study was conducted on a warehouse with a span of 40 meters, using Castella main beam type HC 675x200x9x14. The analysis results show that the Castella profile is able to withstand the applied working load with deformations and stresses that are still within safe limits, and offers structural efficiency by reducing the number of columns. Thus, the Castella profile is feasible as an alternative in the planning of wide-span warehouse structures.

Keywords : Castella steel, Wide Flange Steel, Warehouse Structure, Structural Efficiency, Etabs.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan zaman sekarang ini bangunan baja semakin banyak diminati. Baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan oleh konstruksi bangunan, khususnya konstruksi pabrik [1]. Bangunan baja memiliki karakteristik yang lebih ringan dibandingkan beton, memiliki kekerasan (hardness) dan kekuatan tarik (tensile strength) yang tinggi sangat sesuai dalam dunia konstruksi. Dengan kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu baja menjadi elemen struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama pada struktur nya.[2]

Baja memiliki beberapa keunggulan yang perlu diperhatikan dalam pembangunan yaitu tahan lama dan kuat, *specific strength* yang lebih tinggi serta waktu pengerjaan yang lebih cepat, ditambah lagi dengan keseragaman material yang lebih terjamin karena dibuat secara fabrikasi [3].

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kurang optimalnya baja WF dalam hal efisiensi berat dan kapasitas.
2. Baja WF lebih terbatas dalam mendukung bentang yang cukup panjang.
3. Baja castella dapat mengurangi berat total struktur atas tanpa mengurangi kekuatannya.
4. Desain baja castella yang berlubang memberikan performa yang lebih baik dalam stabilitasnya.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapa dimensi gording yang dibutuhkan?
2. Berapa dimensi rafter dengan baja castella yang di butuhkan?
3. Berapa diameter ikatan angin yang dibutuhkan?
4. Berapa dimensi balok yang dibutuhkan?
5. Berapa dimensi kolom yang dibutuhkan?
6. Berapa dimensi sambungan struktur atas baja castella?
7. Berapa dimensi pondasi yang dibutuhkan?

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak melakukan peninjauan terhadap analisa biaya dan waktu perencanaan.
2. Tidak melakukan peninjauan terhadap perhitungan gempa.
3. Tidak membahas detail metode pelaksanaan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Gudang adalah sebuah ruangan yang berfungsi untuk menyimpan berbagai macam barang. Setiap jenis bangunan bisa saja memiliki gudang, misalnya gudang pada bangunan pabrik, toko, bahkan rumah tinggal.

Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) didasarkan pada ilmu probabilitas, sehingga dapat mengantisipasi segala ketidakpastian dari material maupun beban. Oleh karena itu metode LRFD dianggap cukup handal [4].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Dusun Kasurejo Desa Gunungsari Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1 Lokasi PT.Hoongtai Wood Pasuruan.
Sumber : Google Earth, 2025

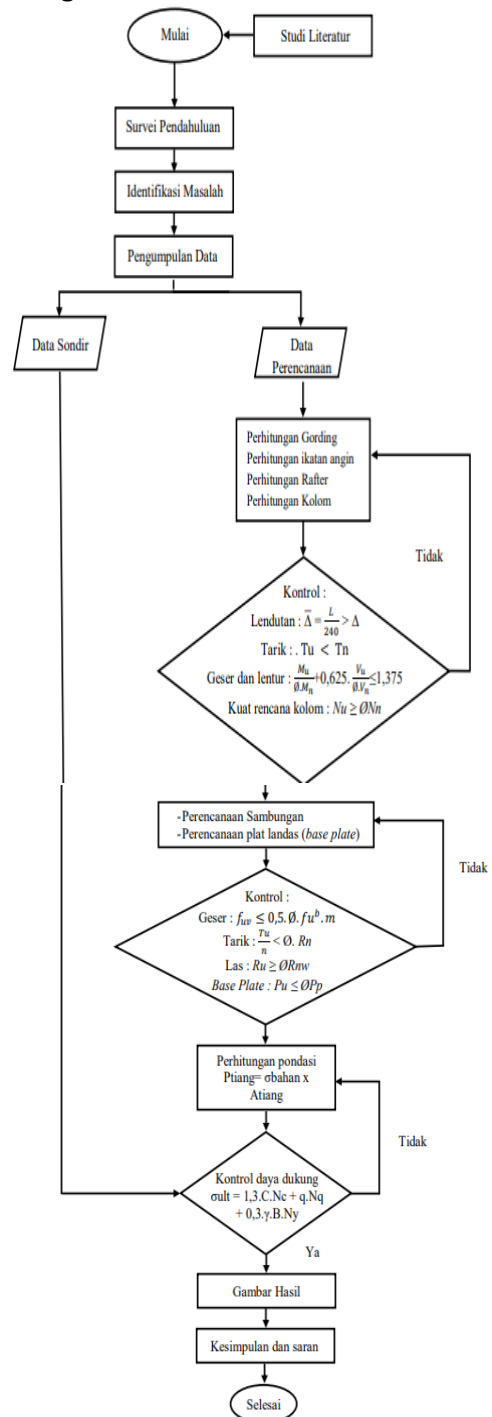
3.2 Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Gambar struktur
2. Data tanah
3. Spesifikasi teknis

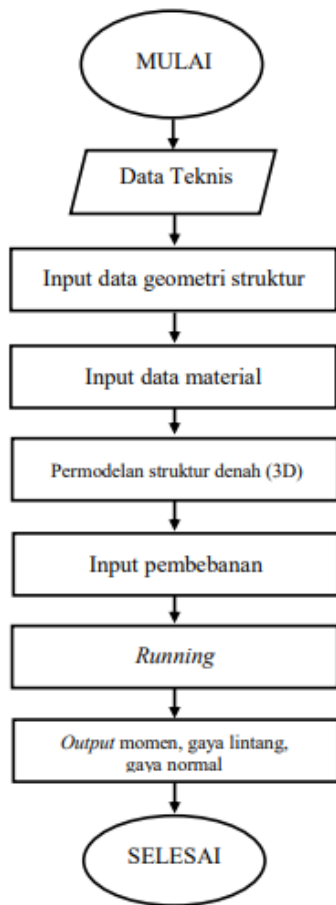
3.3 Diagram Alir

• Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2025

• **Diagram Alir Etabs v19**



Gambar 3 Diagram Alir Etabs v19
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

1. Fungsi Bangunan : Pengolahan Kayu
2. Lokasi : Desa Gunungsari
Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan
Provinsi Jawa Timur
3. Panjang Bangunan : 72 m
4. Bentang kuda-kuda : 40 m
5. Tinggi Bangunan : 12,16 m
6. Jarak antar kuda-kuda : 6.00 m
7. Jenis atap : Spandek 1000mm x 0.35mm x 3m
8. Kemiringan atap (α) : 10°
9. Panjang miring kuda-kuda : $(L/\cos \alpha)$:
 $20/0.98 = 20,408\text{m}$
10. Mutu baja : BJ 41
 $f_y = 250 \text{ Mpa} = 2500\text{kg/cm}^2$
 $f_u = 410 \text{ Mpa} = 4100\text{kg/cm}^2$
11. Modulus Elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$
12. Beban angin : 25 kg/m^2 (Jauh dari pantai)

4.2 Perencanaan Gording

Diasumsikan Profil C $150 \times 50 \times 3.2 \times 3.2$

1. Kontrol Penampang :

Kelangsingan elemen penampang menurut [4] :

$$\text{Untuk elemen sayap } l_r = \frac{170}{(250)^{0.5}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 3.2} = 7.81 < l_r \dots \text{OK!}$$

$$\text{untuk elemen badan } l_r = \frac{1680}{(250)^{0.5}} = 106.25$$

$$\frac{h}{t_b} = \frac{106.8}{3.2} = 33,7 < l_r \dots (\text{OK})$$

2. Momen Nominal

Pada sumbu X

$$M_{nx} = Z_x \cdot f_y = 37,4 \times 2500 = 93500 \text{ kgcm}$$

Pada sumbu Y

$$M_{ny} = Z_y \cdot f_y = 8,20 \times 2500 = 20500 \text{ kgcm}$$

3. Kontrol Interaksi momen x dan y

$$M_{ux} \max = 358,352 \times 10^2 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} \max = 27,026 \times 10^2 \text{ kgcm}$$

$$\left[\frac{M_{ux}}{f_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{f_b M_{ny}} \right] \leq 1$$

$$\left[\frac{35835,2}{0,90 \times 93500} + \frac{2702}{0,90 \times 20500} \right] \leq 1$$

$$0.572 < 1 \quad \text{Beam cukup kuat}$$

4. Lendutan yang terjadi

$$\Delta = \frac{L}{180} = \frac{600}{180} = 3.33 \text{ cm}$$

Lendutan terhadap sumbu x :

$$\Delta x = \frac{5}{384} \times \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$\Delta x = \frac{5}{384} \times \frac{0,16 \cdot 600^4}{2000000 \times 280} + \frac{1}{48} \times \frac{0,98 \cdot 600^3}{2000000 \times 280} = 0,56 \text{ cm}$$

Lendutan terhadap sumbu y :

$$\Delta y = \frac{5}{384} \times \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \times \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$

$$\Delta y = \frac{5}{384} \times \frac{0,02 \cdot 300^4}{2000000 \times 28} + \frac{1}{48} \times \frac{0,17 \cdot 300^3}{2000000 \times 28} = 0.05 \text{ cm}$$

5. Kontrol lendutan

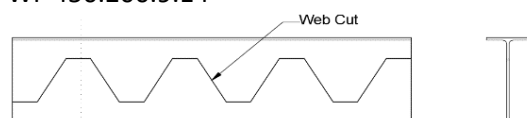
$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{0,56^2 + 0,05^2} = 0,56 < 3,33 \text{ cm} \dots (\text{OK!})$$

4.3 Perencanaan kuda-kuda

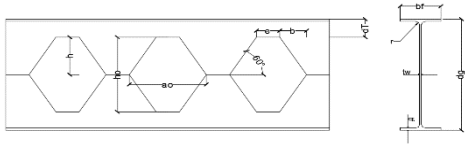
1. Perencanaan baja castella

Profil sebelum dipotong menggunakan

WF 450.200.9.14



Kenaikan tinggi balok castella mencapai $\pm 1,5$ kali dari tinggi asli.



Didapatkan profil HC 675.200.9.14

2. Kontrol kelangsingan kuda kuda sesuai dengan [5] Pasal 7.6.4 :

Sumbu Kuat :

$$\lambda_x = \frac{L_x \cdot k_c}{I_x} = \frac{2040 \times 1}{32,2} = 63,35$$

Sumbu Lemah :

$$\lambda_y = \frac{L_y \cdot k_c}{I_y} = \frac{600 \cdot 1}{5} = 120 \dots (\text{Menentukan})$$

Maka Nilai (λ_c) :

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{120}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,351$$

$$\lambda_c = 1,351$$

$$\lambda_c = 1,351 > 1,2 \text{ termasuk kolom langsing.}$$

Menurut SNI 1729 Pasal 7.6.2 maka (ω) :

$$\omega = 1,25 \times \lambda_c^2$$

Maka Nilai (ω) :

$$\omega = 1,25 \times 1,351^2 = 2,281$$

3. Kontrol Kuat tekan (SNI 1729 Pasal 10.1) :

$$P_n = A \cdot \frac{f_y}{\omega} = 117,01 \times \frac{2500}{2,281}$$

$$P_n = 128244,191 \text{ Kg}$$

Cek kelayakan profil baja :

$$P_u < \phi P_n$$

$$50680 \text{ Kg} < 0,85 \times 128244,191 \text{ Kg}$$

$$50680 \text{ Kg} < 109007,56 \text{ Kg} (\text{Memenuhi Syarat})$$

4. Kontrol komponen struktur kuda-kuda

a. Kontrol sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \cdot 14} < \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$7,14 < 10,75$$

(Memenuhi Syarat)

b. Kontrol badan (ketika berlubang)

$$\lambda < \lambda_p < \lambda_r$$

$$\lambda = \frac{dT}{t_w} = \frac{112,5}{9} = 12,50$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_R}} = \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} = 27,57$$

$$\lambda > \lambda_p < \lambda_r \text{ Tidak OK}$$

(maka, diberi pengaku/stiffner pada perhitungan torsi lateral dibawah)

5. Tekuk torsi lateral

Perhitungan berdasarkan SNI 1729 hal 51-52

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$r_y = r_t = \text{radius girasi dari castella 675.200.9.14}$$

$$\frac{b_f}{\sqrt{12(1+\frac{1}{6}) \times (\frac{h \cdot t_w}{b_f \cdot t_f})}} = \frac{200}{\sqrt{12(1+\frac{1}{6}) \times (\frac{225 \cdot 9}{200 \cdot 14})}} = 62,85 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 62,85 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 3128,6 \text{ mm} = 3,128 \text{ m}$$

Maka panjang jarak pengaku lateral/ stiffner yaitu $L_{stifner} \leq 3,128 \text{ m}$ di sepanjang kuda kuda.

6. Kontrol terhadap momen

$$Z_x = 2333,3 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 187 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$M_u = 39511,56 \text{ kgm} (\text{Analisis Etabs v19})$$

$$M_n = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2333,3 = 5833250 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 5833250 \text{ kgcm}$$

$$= 4666600 \text{ kgcm} = 46666 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$46666 \text{ Kgm} \geq 39511,56 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

7. Kontrol terhadap geser

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_u = \text{Gaya geser maksimum} : 6476,1 \text{ Kg}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

Mencari nilai A_w

$$A_w = t_w \cdot d_g = 9 \times 675 = 6075 \text{ mm}^2 = 60,75 \text{ cm}$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 60,75 = 91125 \text{ Kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 91125 = 82012 \text{ Kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$6659,24 \text{ Kg} \leq 82012 \text{ Kg} \dots (\text{OK})$$

8. Kontrol lendutan

$$q = 143,2 \text{ kg/m}$$

$$E = 200000 \text{ MPa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = L/240 = 40/240 = 0,16 \text{ m}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{311 \times 40^4}{20394320000 \times 0,0078747} = 0,064 \text{ cm} \leq 0,16 \text{ cm} \dots (\text{OK})$$

4.4 Perencanaan Balok WF

Hasil Maksimum Analisa menggunakan ETABS 2019 :

$$V_u: 18.3257 \text{ kN}$$

$$M_u: 42.8708 \text{ kNm}$$

1. Klasifikasi penampang (SNI 1729:2020)

a. Elemen sayap

$$\lambda = b_f/2 \cdot t_f = 200/13 = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 28,284$$

Karena $\lambda < \lambda_p < \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang KOMPAK

b. Elemen badan

$$\lambda = h/tw = 342/13 = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,220$$

Karena $\lambda < \lambda_p < \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang KOMPAK

2. Kondisi keadaan batas

a. Kondisi leleh

$$M_n = M_p = fy \times Z_x$$

$$M_n = M_p = 250 \times 1286000 \text{ mm}^3 = 321500000 \text{ Nmm} = 321,5 \text{ kNm}$$

nilai Mu dari program bantu ETABS v19

$$Mu = 42.8708 \text{ kNm}$$

$$Mu < \phi M_n \quad (\text{SNI 1729:2020})$$

$$42,8708 \text{ kNm} < 0,9 \times 321,5 \text{ kNm}$$

$$42,8708 \text{ kNm} < 289,35 \text{ kNm (OK)}$$

b. Kondisi *Lateral Torsional Buckling* (LTB)

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,76 \times 45,4 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 2260,02 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \sqrt{\frac{E}{fy} \left[\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 fy}{E} \right)^2} \right]}$$

$$h_0 = h - tf = 342 - 13 = 329 \text{ mm}$$

Radius girasi efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot C_w}{S_x} \text{ dimana } C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4}$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{174000000 \cdot 329^2}{4} = 470848350000 \text{ mm}^4$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot C_w}{S_x} = \frac{174000000 \cdot 470848350000}{1185000000} = 8314,87 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = 83,14 \text{ mm}$$

- Nilai koefisien (C)

c = 1 untuk profil I simetris ganda

- Konstanta torsi (J)

$$\begin{aligned} J &= 1/3 \times (2tf^3 \times b + tw^3 h_0) \\ &= 1/3 \times (2tf^3 \times b + tw^3 (h - tf)) \\ &= 1/3 \times (2 \times 13^3 \times 200 + 8^3 \times (329)) \\ &= 461381 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts}$$

$$\frac{E}{0,7fy} \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 fy}{E} \right)^2}} = 1,95 \times 83,14$$

$$\frac{200000}{0,7 \cdot 250} \sqrt{\frac{461381 \cdot 1}{118500000 \cdot 329} + \sqrt{\left(\frac{461381 \cdot 1}{118500000 \cdot 329} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2}}$$

$$= 9070,22 \text{ mm} = 9,07 \text{ m}$$

$$L_b = 6 \text{ m}$$

Karena $L_p < L_b < L_r$ maka, nilai Momen Nominal adalah :

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7 fy \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \leq$$

M_p

Maka, untuk mencari nilai C_b adalah :

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

Momen maksimum dari program bantu ETABS V19

$$M_{max} = 42.8708 \text{ kNm}$$

$$M_A (\text{Momen } \frac{1}{2} \text{ Bentang}) = 7,73 \text{ kNm}$$

$$M_B (\text{Momen } \frac{1}{4} \text{ Bentang}) = 16,11 \text{ kNm}$$

$$M_C (\text{Momen } \frac{3}{4} \text{ Bentang}) = 15,47 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 42,8708}{2,5 \times 42,8708 + 3 \times 7,73 + 4 \times 16,11 + 3 \times 15,47} \leq 2,3$$

$$= \frac{514,449}{107,175 + 23,19 + 64,44 + 46,41} = 2,132 \leq 2,3$$

Sehingga nilai M_n :

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7 fy \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) = 2,132 (309 - (309 - 0,7 \cdot 250 \cdot 1185) \left(\frac{6 - 2,2}{9,07 - 2,2} \right))$$

$$M_n = 244,84 \text{ kNm}$$

$$M_p = 321,5 \text{ kNm}$$

Maka, $M_n < M_p$

Kontrol Kemampuan

Berdasarkan LRFD

$$Ru < \phi R_n$$

$$42,8708 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 244,84 \text{ kNm}$$

$$42,8708 \text{ kNm} < 220,356 \text{ kNm} \dots (\text{OK})$$

3. Kontrol geser

$$V_n = 0,6 \times fy \times A_w \times C_v$$

Nilai C_v ditentukan oleh hasil dari h/tw

$$h/tw = 342/13 = 42,75 \text{ mm}$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35 \text{ mm}$$

Karena $h/tw < 2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}}$ maka, $\phi_v = 1$ dan $C_v = 1$

$$A_w = d \times tw = 400 \times 8 = 3200 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$V_n = 0,6 \times fy \times A_w \times C_v = 0,6 \times 250 \times 3200 \times 1 = 480000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 1 \times 480000 \text{ N} = 480 \text{ kN}$$

Nilai V_u dari program bantu ETABS v19

$$V_u = 18.3257 \text{ kN}$$

$$480 \text{ kN} \geq 18.3257 \text{ kN}$$

$$\phi V_n \geq V_u (\text{OK})$$

Maka, profil mampu memikul beban geser yang

ada.

4.5 Perencanaan Kolom WF

1. Kontrol penampang

a. Plat sayap

$$\lambda < \lambda_r$$

$$\lambda = \frac{bf}{t_f} = \frac{200}{9} = 7,142$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 16,175$$

maka, $\lambda < \lambda_r$

$$7,142 < 16,17 \quad (\text{penampang kompak})$$

b. Plat badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 43,01$$

maka, $\lambda < \lambda_p$

$$42,89 < 43,01 \quad (\text{penampang kompak})$$

2. Tegangan kritis tekuk lentur

$$K = 1$$

$$L = 7800 \text{ mm}$$

$$L_c = K.L = 7800 \text{ mm}$$

$$\frac{L_c}{r_y} = \frac{7800}{44,0} = 177,27$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,218$$

$$177,27 \geq 133,218$$

Karena $\frac{L_c}{r_y} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, Maka tidak terjadi tekuk

inelastis

3. Tegangan kritis tekuk puntir

$$H_0 = d - t_f = 450 - 14 = 436 \text{ mm}$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{1870 \cdot 436^2}{4} = 8869880 \text{ mm}^6$$

$$K_z = 1$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$J = 2 \left(\frac{1}{3} b f \cdot t_f^3 \right) + \left(\frac{1}{3} H_0 t_w^3 \right)$$

$$= 2 \left(\frac{1}{3} 200 \cdot 14^3 \right) + \left(\frac{1}{3} 436 \cdot 9^3 \right) = 471814,6 \text{ mm}^4$$

$$f_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{L_{cz}^2} + G J \right) \frac{1}{I_x + I_y}$$

$$\left(\frac{3,14^2 \cdot 200000 \cdot 8869880}{7800^2} + 80000 \cdot 471814,6 \right) \frac{1}{3,35 \cdot 10^8 + 1,87 \cdot 10^7} = 106,72$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y$$

$$= \left(0,658 \frac{250}{106,72} \right) 250 = 93,78 \text{ Mpa}$$

4. Kuat tekan nominal

Untuk kuat tekan nominalnya adalah :

$$P_n = F_{cr} \cdot A = 93,78 \times 9680 = 907435,39 \text{ N}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$177121,2 \text{ N} < 0,9 \times 907435,39 \text{ N}$$

$$177121,2 \text{ N} < 816691,8 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

5. Kontrol momen

$$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 289 \text{ cm}^3$$

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x = 250 \times 16210000 \text{ mm}^3 = 4052500000 \text{ Nmm} = 4052,5 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 4052,5 = 3647,25 \text{ kNm}$$

$$M_u < \phi M_n$$

$$606,8699 \text{ kNm} < 3647,25 \text{ kNm} \dots (\text{OK})$$

4.6 Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Puncak (Rafter-Rafter)

Diketahui hasil analisa dari program bantu ETABS v19:

$$V_u : 66,5924 \text{ kN}$$

$$M_u : 395,1156 \text{ kNm}$$

Diameter baut M22 :

Luas tubuh baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

Kuat nominal terhadap tarik :

$$R_n = f_{nt} \times A_b = 620 \times 379,94 = 235562,8 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 235562,8 = 176672,1 \text{ N}$$

Kuat nominal terhadap geser :

$$R_n = f_{nv} \times A_b = 372 \times 379,94 = 141337,68 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 141337,68 = 106003,26 \text{ N}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang-lubang baut :

Berdasarkan (SNI 1729:2020 hal, 127 dari 254)

$$t_p = 16 \text{ mm}$$

$$R_n = 2,4 \times d \times t_p \times f_u = 2,4 \times 22 \times 16 \times 410 = 346368 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 346368 = 259776 \text{ N}$$

Diambil kuat nominal yang terkecil :

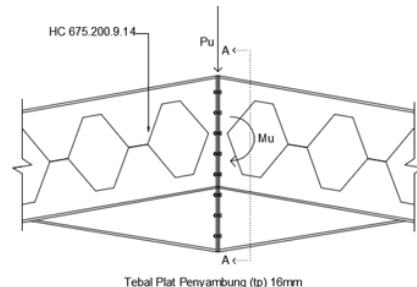
$$\text{Geser} = 106003,26 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan ;

$$P_u = 506,8 \text{ kN} = 506800 \text{ N}$$

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{506800}{106003,26} = 4,7 \text{ baut}$$

dicoba 8 baut dalam 1 baris



Gambar 4.1 Sambungan Puncak
Sumber : (Hasil Perencanaan, 2025)

Kontrol kekuatan geser :

$$P_u / 8 \leq \phi R_n$$

$$506800 / 8 \leq 106003,26 \text{ N}$$

$$63350 \text{ N} \leq 106003,26 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

2. Sambungan Rafter-Kolom

Diameter baut M20 :

Diambil ukuran diameter 20mm

Luas tubuh baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 20^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Kuat nominal terhadap tarik :

$$R_n = f_{nt} \times A_b = 620 \times 314 = 194680 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 194680 = 146010 \text{ N}$$

Kuat nominal terhadap geser ;

$$R_n = f_{nv} \times A_b = 372 \times 314 = 116808 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 116808 = 87606 \text{ N}$$

Kuat nominal tumpu pada lubang-lubang baut :

$$t_p = 16$$

$$R_n = 2.4 \times d \times t_p \times f_u = 2.4 \times 20 \times 16 \times 410 = 314880 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 314880 \text{ N} = 236160 \text{ N}$$

Diambil yang terkecil :

$$\text{Geser} = 87606 \text{ N}$$

$$P_u = 331,4274 \text{ kN} = 331427,4 \text{ N}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan ;

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{331427,4 \text{ N}}{87606 \text{ N}} = 3,7 \text{ baut}$$

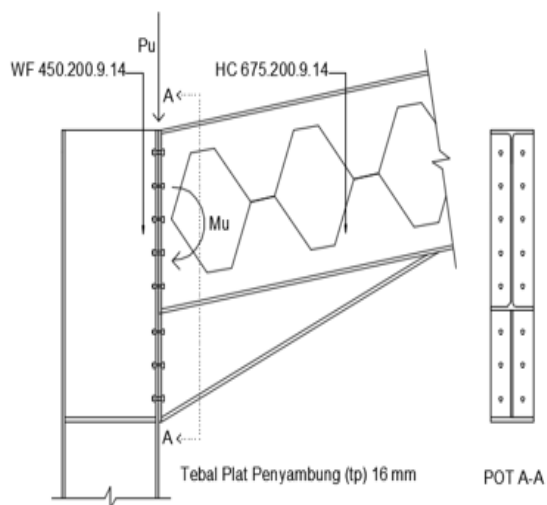
dicoba 8 baut dalam satu baris

Kontrol kekuatan geser :

$$V_u \leq \phi R_n \times n$$

$$25701 \text{ N} / 8 \leq 87606 \text{ N}$$

$$3212,62 \text{ N} \leq 87606 \text{ N} \text{ (OK)}$$



Gambar 4.2 Sambungan Rafter-Kolom

Sumber : (Hasil Perencanaan, 2025)

4.7 Perencanaan Base Plate

1. Dimensi *Base Plate* :

$$B = 500 \text{ mm}$$

$$N = 500 \text{ mm}$$

Menentukan nilai m dan n

$$m = \frac{N - 0.95 \times d}{2}$$

$$= \frac{500 - 0.95 \times 450}{2} = 36,25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8 \times b_f}{2} = \frac{500 - 0.8 \times 200}{2} = 170 \text{ mm}$$

2. Menentukan luas penampang *Base Plate*

$$A_1 = B \times N = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

3. Menentukan eksentrisitas gaya

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{606869900}{177121,2} = 3426 \text{ mm}$$

$$\frac{N}{6} = \frac{500}{6} = 83,3 \text{ mm}$$

$$e > \frac{N}{6}$$

$$3426 \text{ mm} > 83,3 \text{ mm}$$

termasuk dalam kategori D (Setiawan, 2013),

berlaku hubungan sebagai berikut :

menentukan nilai Y :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}}$$

$$f_{p\max} = \phi \cdot 0.85 \cdot f_c = 0.65 \times 0.85 \times 250 = 127,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{\max} = 12.75 \times 1200 \text{ n} = 15300 \text{ N/mm}$$

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} = \frac{177121,2}{15300} = 11,576 \text{ mm}$$

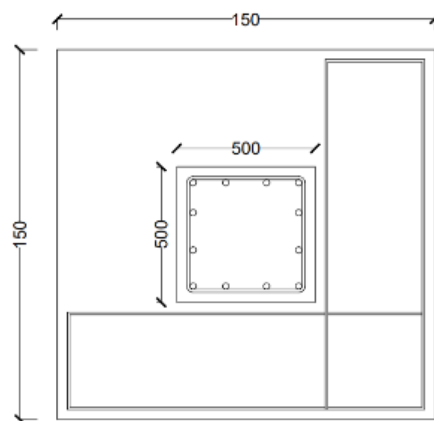
Perhitungan ketebalan pelat dasar

$$f_p = \frac{P_u}{B \cdot Y} = \frac{177121,2}{500 \times 11,576} = 30,60 \text{ N/mm}^2 = 30,60 \text{ Mpa}$$

$$t_p \geq 1,5 \cdot m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 \cdot 36,25 \sqrt{\frac{30,60}{250}} = 19,02 \text{ mm}$$

Maka tebal plat landasan yang di pakai adalah 20 mm.



Gambar 4.3 Pondasi Telapak

Sumber : (Hasil Perencanaan, 2025)

4.8 Perencanaan Kolom Pedestal

Mengacu pada SNI 2847-2019 Pasal 22.5.10.5.13 pada kolom pedestal digunakan tulangan tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, maka :

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s}$$

Nilai A_v adalah luas tulangan geser yang berada dalam rentang jarak s , dengan diameter sengkang 13 mm, maka nilai A_v adalah :

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \pi (13^2) \right) = 265,47 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{265,47 \times 250 \times 434,5}{100} = 278590,53 \text{ N}$$

Kontrol Geser

$$0,5 \times \phi \times (V_c + V_s) \geq V_u \text{ kolom}$$

$$0,5 \times 0,75 \times (199264 + 278590) \geq V_u \text{ kolom}$$

$$179195,25 \text{ kN} \geq 178.5085 \text{ kN}$$

Sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019 Pasal 22.5.10.1 sengkang harus dipasang sepanjang bentang dengan spasi tidak melebihi :

$$\frac{d}{2} = \frac{434,5}{2} = 217,25 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan sengkang $\phi 13 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

4.9 Perhitungan Pondasi

1. pondasi telapak

Ukuran plat pondasi : 150x150x40cm

Kedalaman pondasi telapak = 1,6 m

Pada kedalaman tersebut didapat :

$$\phi = 5^\circ$$

$$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$c = 2.5 \text{ ton/m}^2$$

a. Tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d = 0,007 \cdot 1500 \cdot 339 = 3559,5 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan pokok yang digunakan

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot 22^2 \cdot 1500}{3559,5}$$

$$= 119,420 \text{ mm} \sim \text{dipakai jarak } 110 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan pokok D19 – 110 mm

b. Perhitungan tulangan bagi :

Direncanakan menggunakan tulangan dengan diameter 10 mm

$$A_s \text{ bagi} = 20\% A_s = 20\% \cdot 3559,5$$

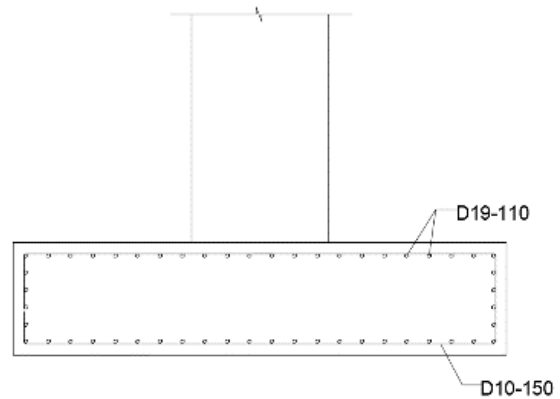
$$= 711,9 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan bagi yang digunakan :

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s} = \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1500}{711,9}$$

$$= 165,402 \text{ mm} \sim \text{dipakai jarak } 150 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10 – 150



Gambar 4.4 Penulangan Telapak
Sumber : (Hasil Perencanaan,2025)

2. pondasi strauss

$$\text{Diameter strauss} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan pokok} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = 12 \text{ mm}$$

Penulangan pokok

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 300^2 = 70650 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan pokok 3% dari luas tiang

$$A_s \text{ perlu} = 3\% \cdot 70650 = 2119,5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{2119,5}{0,25 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{2119,5}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 22^2} = 5,578 \sim \text{dipakai } 6$$

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot d^2 = 6 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ Perlu}$$

$$2279,64 > 2119,5 (\text{OK})$$

Dipakai 6 D22

Penulangan spiral

Direncanakan menggunakan material :

$$f_c = 35 \text{ Mpa} \quad f_y = 390 \text{ Mpa}$$

Tulangan spiral didapatkan dengan rumus :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y}$$

Mencari nilai luas penampang tiang (A_g)

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 300^2 = 70650 \text{ mm}^2$$

Mencari nilai luas penampian inti tiang (A_c)

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 200^2 = 31400$$

Maka :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y} = 0,45 \left(\frac{70650}{31400} - 1 \right) \frac{35}{390} = 0,050$$

Luas tulangan spiral

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \pi \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

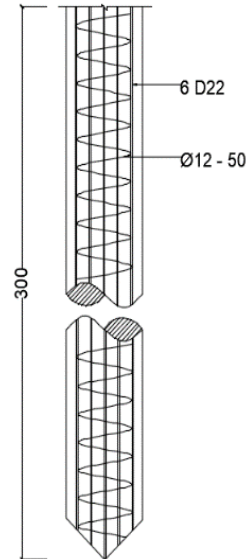
Jarak spasi tulangan spiral

$$S = \frac{4 \cdot A_{sp}}{f_y \cdot \rho_s} = \frac{4 \cdot 113,04}{390 \cdot 0,050}$$

$$= 23,187 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 50 \text{ mm}$$

Jarak spasi tulangan spiral 23,187 mm tidak

efisien, maka digunakan 50 mm sesuai dengan (Badan Standardisasi Nasional, SNI 2847 : 2019 Pasal 10.7.4.1). Jadi tulangan spiral yang digunakan $\varnothing 12 - 50$ mm



Gambar 4.5 Penulangan Strauss Pile
Sumber : (Hasil Perencanaan, 2025)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi profil gording yang di butuhkan ukuran C 150.50.3,2mm.
2. Dimensi rafter yang dibutuhkan ukuran HC 675.200.9.14mm diambil dari WF 450.150.9.14mm dengan sudut potong 60° .
3. Dimensi ikatan angin yang dibutuhkan ukuran $\varnothing 12$ mm.
4. Dimensi profil balok yang dibutuhkan ukuran WF 400.200.8.13mm.
5. Dimensi profil kolom yang dibutuhkan WF 450.200.9.14mm.
6. Jumlah dan diameter baut pada sambungan yang dibuthkan :
 - Sambungan baut pada puncak (rafter) sebanyak 2 x 8 baut $\varnothing 22$ mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm.
 - Sambungan baut pada rafter-kolom sebanyak 2 x 8 baut $\varnothing 20$ mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm.
7. Berdasarkan dari data sondir dimensi pondasi telapak 150x150x40cm dengan kedalaman 160cm menggunakan tulangan

pokok D19-150mm, dan dimensi pondasi strauss $\varnothing 30$ cm panjang 300cm dengan kedalaman 460 cm menggunakan tulangan pokok 6-D22 dan tulangan spiral D12-50mm.

5.2 Saran

1. Dalam perencanaan gudang dapat direncanakan dengan alternatif lain seperti *Portal Truss* dan *Space Truss*.
2. Dalam perencanaan gudang rangka baja ini dapat menggunakan aplikasi lain seperti SAP2000, STAAD Pro, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Suprpto and A. Bakhtiar, "Studi Perencanaan Struktur Portal Komposit," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 06, pp. 131–137, 2018.
- [2] Badaruddin, Warsito H, and Suprpto, "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Malang," vol. 8, no. 2, pp. 128–138, 2020.
- [3] J. A. Bayhaqi, W. Warsito, and B. Suprpto, "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung Dormitory Taiwan Staaf Buildingkota Bekasi," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 195–201, 2019.
- [4] Agus Setiawan, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga," *Perenc. Strukt. Baja Dengan Metod. LRFD, Erlangga*, 2008.
- [5] Badan Standarisasi Indonesia 1729 : 2020, "Standar Nasional Indonesia 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural," no. 8, 2020.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.