



STUDI PERENCANAAN PEMBANGUNAN GUDANG BAHAN BAKU BERBASIS LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN

Ahmad Dendya Wahid Abdulah¹, Diah Sarasanty^{2*}, Faizatus Sholikhah²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit

²Dosen Program Studi Teknik, Universitas Islam Majapahit

Abstrak

ARTICLE INFO:

Article history:

Received 1 July 2024

Received in revised form

15 July 2024

Accepted 30 July 2024

Available online 29

November 2024

Keywords:

struktur baja, gudang, load resistance, perencanaan, stress design

Struktur baja (*steel structure*) merupakan material bahan yang umum digunakan pada bangunan industri, akan tetapi dibutuhkan perencanaan yang optimum agar kinerja pada bangunan dapat memenuhi standart kenyamanan dan keamanan, (Agustiar dan Anam, 2017). Dalam beberapa tahun terakhir perencanaan struktur baja menggunakan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*), dimana sebelumnya menggunakan metode ASD (*Allowable stress design*). Metode LRFD digunakan karena metode ini didasarkan pada ilmu probabilitas, yaitu dapat mengantisipasi masalah ketidakpastian dari beban maupun material. Tujuan dari penelitian ini adalah, untuk merencanakan pembangunan gudang bahan baku dengan menggunakan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*). Metodologi pada penelitian ini meliputi perencanaan gording, perhitungan batang tarik, perhitungan ikatan angin, perhitungan kuda-kuda, perhitungan kolom, dan perhitungan pondasi. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu, untuk memastikan keamanan dan ketepatan hasil perhitungan, agar studi perencanaan dapat diterapkan dalam proses pembangunannya.

Copyright © Universitas Islam Majapahit, Mojokerto Jawa Timur

1. Pendahuluan

Pada era perkembangan, pembangunan semakin meningkat, baik yang berada di desa maupun di kota, dimana pembangunan berupa gedung maupun jembatan, baja merupakan salahsatu mterial yang cukup diminati oleh para pengembang, karena kualitas yang dimiliki yaitu lebih tahan lama, (Ikhtisoliyah dan Suroyo, 2017).

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

Struktur baja (*steel structure*) merupakan material bahan yang umum digunakan pada bangunan industri, akan tetapi dibutuhkan perencanaan yang optimum agar kinerja pada bangunan dapat memenuhi standart kenyamanan dan keamanan, (Agustiar dan Anam, 2017). Dalam beberapa tahun terakhir perencanaan struktur baja menggunakan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*), dimana sebelumnya menggunakan metode ASD (*Allowable stress design*). Metode LRFD digunakan karena metode ini didasarkan pada ilmu probabilitas, yaitu dapat mengantisipasi masalah ketidakpastian dari beban maupun material (Ridwan dan Bakhtiar, 2015).

Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk merencanakan pembangunan gudang bahan baku pabrik dengan menggunakan metode LRFD. Dalam penelitian ini terdapat ruang lingkup dan batasan-batasan penelitian yaitu : tidak membahas manajemen konstruksi, tidak melakukan perbandingan perhitungan dari segi material, tidak menganalisa manajemen K3, objek penelitian ini dilakukan pada gudang bahan baku pabrik kopi PT.Sumber Kopi Prima Mojokerto.

Menurut Ridwan & Bakhtiar [1], Dalam perencanaan pembangunan konstruksi bangunan, terutama pada bangunan gedung dengan bahan konstruksi baja, sangat diperlukan perencanaan yang sangat matang agar bangunan yang dihasilkan sesuai dengan standart keamanan dan layak digunakan, salahsatu metode yangdigunakan dalam perencanaan pembangunan gedung yaitu metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) dengan menggunakan metode ini maka hal ini dapat mengatasi ketidakpastian atau keragu-raguan dalam melakukan perencanaan konstruksi gedung, oleh karena itu metode LRFD dapat di andalkan sebagai metode perencanaan konstruksi baja..

2. Metode

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan diantaranya : 1) Mengumpulkan data sekunder berupa gambar kerja, RAB, dan RKS ; 2) Penetapan beban yang bekerja DL, LL, E, W; 3) Perhitungan mekanika teknik struktur statis tak tentu; 4) Kontrol kapasitas momen berbasis running modelling SAP 200 dan perhitungan manual; 5) Perencanaan profil masing-masing elemen bangunan; 6) Kontrol kapasitas penampang berdasarkan beban yang terjadi secara komprehensif.

3. Hasil dan Analisa

Peraturan yang digunakan sebagai dasar perhitungan diantaranya : Buku panduan [PPIUG 1983], Perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung SNI 03–1792–2002, Perencanaan struktur baja dengan metode [LRFD] berdasarkan SNI– 03– 1792– 2002, Tabel profil baja.

Ketentuan Umum :

- Mutu baja BJ 37 $\rightarrow f_y = 240 \text{ MPa}$, $f_u = 370 \text{ MPa}$
- Alat sambung yang digunakan \rightarrow Baut HTB
- Jenis bangunan \rightarrow Bangunan industri
- Jarak antar kuda – kuda $\rightarrow 6 \text{ Meter}$
- Bentang kuda – kuda $\rightarrow 56 \text{ Meter}$
- Jarak antar gording [horizontal] $\rightarrow 1,200 \text{ Meter}$
- Kemiringan atap $[\alpha] \rightarrow 5^\circ$
- Bentuk atap [Atap pelana], Profil kuda – kuda [Gable IWF], Profil gording [Lipped channel], Berat penutup atap $[0,20 \text{ kN/m}^2]$, Beban angin $[0,30 \text{ kN/m}^2]$, Beban orang $[100 \text{ kN/m}^2]$.
- Pembebanan gording

Beban mati Profil yang digunakan Lipped channel $= 150 \times 50 \times 20 \times 3,2$; Berat sendiri gording $= 0,0676 \text{ kN/m}$, Berat penutup atap $= q \text{ atap} \times \text{jarak miring gording} = 0,24 \text{ kN/m}$, Total beban mati $= 0,0676 + 0,24 = 0,308 \text{ kN/m}$, Beban hidup, Beban air hujan [Beban merata] $[q_l] = 40 - 0,8\alpha \geq 0,2 \text{ kN/m}^2 = 40 - 0,8 \times 5 = 0,36 \text{ kN/m}^2$ $[q_{ah}] = q_l \times \text{jarak antar gording} = 0,36 \times 1,200 = 0,432 \text{ kN/m}$, Beban orang [Beban terpusat] ,Beban orang+peralatan $= 100 \text{ kN/m}^2$, Beban angin $P = 0,30 \text{ kN/m}^2$ [nilai minimum untuk bangunan jauh dari pantai], Beban angin tekan $W_t = 0,1 \times 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,200 = 0,036 \text{ kN/m}$, Beban angin hisap $W_h = -0,4 \times 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 1,200 = -0,144 \text{ kN/m}$

Analisa pembebanan

Kombinasi Pembebanan

Tabel 1. Momen

Beban	M	M [kN/m]	
		$M_x = M \times \cos\alpha$	$M_x = M \times \sin\alpha$
Beban mati [DL]	1,384	1,379	0,121
Beban hidup [LL]	2,241	2,233	0,195
Beban hujan [qah]	1,944	1,937	0,169
Beban angin [qw]	0,648	0,646	0,056

Sumber : Perhitungan, 2024

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

Tabel 2. Gaya lintang

Beban	M	M [kN/m]	
		$M_y = M \times \cos\alpha$	$M_y = M \times \sin\alpha$
Beban mati [DL]	1,154	1,149	0,101
Beban hidup [LL]	0,687	0,685	0,060
Beban hujan [qah]	1,620	1,614	0,141
Beban angin [qw]	0,540	0,538	0,047

Sumber : Perhitungan, 2024

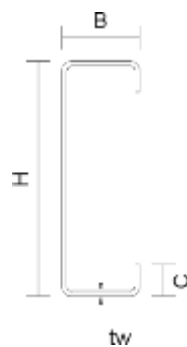
Tabel 3. Kombinasi pembebanan

Kombinasi	M_x	M_y	V_x	V_y
1,4DL	1,931	0,169	1,609	0,141
1,2DL+1,6LL+0,5qah	6,196	0,542	3,281	0,287
1,2DL+1,6LL+0,8qw	5,744	0,503	2,905	0,254
1,2DL+1,3qw+0,5qah	3,462	0,303	2,885	0,252
0,9DL+1,3qw	2,080	0,182	1,734	0,152
User load	6,196	0,542	3,281	0,287

Sumber : Perhitungan, 2024

Cek gording

Dicoba dimensi gording [C150.50.20.3,2]



Gambar 1. Kuda – kuda gable

Sumber : *Design autocad*, 2020

Tinjauan terhadap tekuk lokal pelat sayap

$$M_n = M_p - [M_p - M_r] \times [(\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p)] = 9,596 - [9,596 - 6,358] \times [(15,63 - 10,97) / (28,38 - 10,97)]$$

$$= 8,731 \text{ kN/m}$$

Tinjauan terhadap tekuk lokal pelat badan

$$M_n = M_p = [Z \times x] \times f_y = 9,596 = 39,984768 \times 240 = 9,60 \text{ kN/m}$$

Tinjauan terhadap trekuk lateral

$$M_n = [9,596 - [9,596 - 6,358]] \times [(2000 - 919,6035088) / (L_r - 919,6035088)]$$

$$M_n = 8,731 \text{ kN/m}$$

Kombinasi antara geser dan lentur

$$M_u / \theta M_n + 0,625x$$

$$V_u / \theta V_n \leq 1.375 \text{ [ok]}$$

$$6,196 / 8,731 + 0,625 \times 3,281 / 66,17088 \leq 1.375 \text{ [ok]}$$

Kontrol lendutan

$$\delta = \sqrt{(8,078636992 + 0,0923392432)} \leq (6 \times 1000) / 240 \text{ [ok]}$$

$$\delta = 8,079164694 \leq 25 \text{ [OK]}$$

Kesimpulan : profil Lipped Channel 150×50×20×3,2 memenuhi persyaratan.

Perhitungan batang tarik [Trackstang]

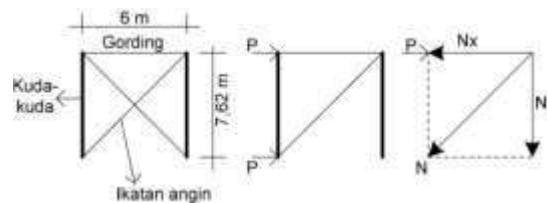
$$d = \sqrt{(4 \times F_{br}) / \pi}$$

$$= \sqrt{(4 \times 3,15295212) / [22/7]}$$

$$= 2,003209$$

Maka, batang tarik yang digunakan adalah \varnothing 3-5 mm.

Perhitungan ikatan angin



Gambar 2. Pembebanan pada ikatan angin

Sumber : *Design autocad*, 2024

$$d = \sqrt{(4 \times F_{br}) / \pi}$$

$$= \sqrt{(4 \times 25,29867586) / [22/7]}$$

$$= 5,674355887 \text{ mm}$$

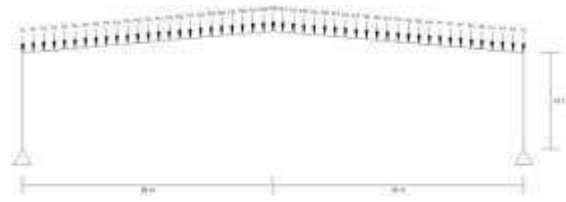
Maka, batang tarik yang digunakan adalah \varnothing 6 mm

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

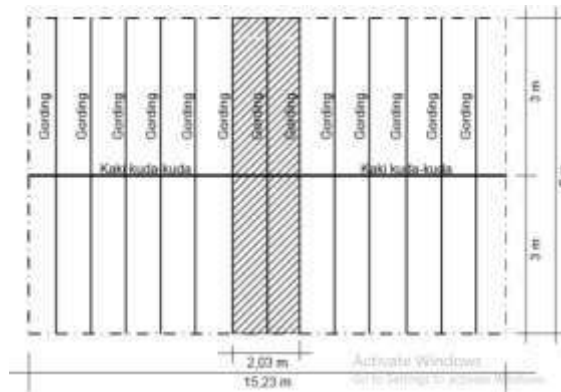
Perhitungan kuda – kuda [Gable]

Pembebanan pada balok gable



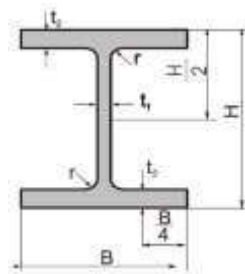
Gambar 3. Distribusi pembebanan

Sumber : *Design autocad*, 2024



Gambar 4. Pembebanan yang dipikul oleh gording

Sumber : *Design autocad*, 2024



Gambar 5. Penampang baja IWF

Sumber : *Design autocad*, 2024

Balok yang direncanakan menggunakan IWF $\rightarrow 500 \times 200 \times 10 \times 16$

Tabel 4. Pembebanan pada gording

Pembebanan	P1 [kg]	P2 s/d P24
1 Berat penutup atap	72	144
2 Berat gording	40,56	40,56
3 Berat sendiri balok	53,82	107,64
4 Berat alat sambung	5,382	10,764
Σ	171,762	302,964

Sumber : Perhitungan, 2024

Beban merata akibat beban mati :

$$\begin{aligned}q &= [\sum P / (0,5 * L)] \\ &= [(2 * (171,762) + 23(302,964))] / [0,5 * (56)] \\ &= 261,132 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban merata akibat beban hidup :

Dipilih beban terbesar antara beban orang dan beban hujan

Tekanan angin pada bidang atap Tekanan angin = 30 kg/m² Koefisien angin tekan

$$C_{tk} = 0,1 \rightarrow W_t$$

$$= 0,1 * 30 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m}$$

$$= 18 \text{ kg/m} \text{ Koefisien angin hisap } C_{hs} = -0,4 \rightarrow W_h$$

$$= -0,4 * 30 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m}$$

$$= -72 \text{ kg/m}$$

Tekanan angin pada bidang dinding

$$\text{Koefisien angin tekan } C_{tk} = 0,9 \rightarrow W_t$$

$$= 0,9 * 30 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m}$$

$$= 162 \text{ kg/m} \text{ Koefisien angin hisap } C_{hs} = -0,4 \rightarrow W_h$$

$$= -0,4 * 30 \text{ kg/m}^2 * 6 \text{ m}$$

$$= -72 \text{ kg/m}$$

Kontrol profil kuda – kuda gable Rafter

$$\text{Modulus elastisitas [E]} \rightarrow 200000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus geser [G]} \rightarrow 80000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan leleh [f}_y\text{]} \rightarrow 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan putus [f}_u\text{]} \rightarrow 70 \text{ Mpa}$$

$$\text{Data beban dan geometri struktur : Momen maksimum (M}_u\text{)} = 202280670 \text{ Nmm}$$

$$\text{Gaya geser maksimum (V}_u\text{)} = 72005,42 \text{ Nmm}$$

$$\text{Gaya aksial (N}_u\text{)} = 1472,48 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen nominal yang paling menentukan} = 4620931556 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kontrol kuat geser nominal tanpa pengaku : } h_2/t_w \leq 6,36\sqrt{(E/f_y)} = 42,8 \leq 183,5973856$$

$$\text{Kuat geser pelat badan tanpa adanya pengaku: } A_w = t_w \times h_t = 10 \times 500 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0,6f_y A_w = 0,6 \times 240 \times 5000 = 720000 \text{ N}$$

$$V_u / \phi V_n < 1 [\text{ok}]$$

$$= 72005,42 / 720000$$

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

$$= 0,100007528 < 1 \text{ [OK]}$$

Kesimpulan, Profil: 500×200×10×16 Aman

Kolom

Modulus elastisitas [E] → 200000 Mpa

Modulus geser [G] → 80000 Mpa

Tegangan leleh [fy] → 240 Mpa

Tegangan putus [fu] → 70 Mpa

Data beban dan geometri struktur :

Momen maksimum (Mu)

$$= 202280670 \text{ Nmm}$$

Gaya geser maksimum (Vu)

$$= 4579,8 \text{ Nmm}$$

Gaya aksial (Nu) = 8790,46 Nmm

Efek balok :

$$V_n = 0,6f_y A_w = 0,6 \times 240 \times 5000 = 720000 \text{ N}$$

$$V_u / \phi V_n < 1 \text{ [ok]}$$

$$= 72005,42 / 720000$$

$$= 0,100007528 < 1 \text{ [OK]}$$

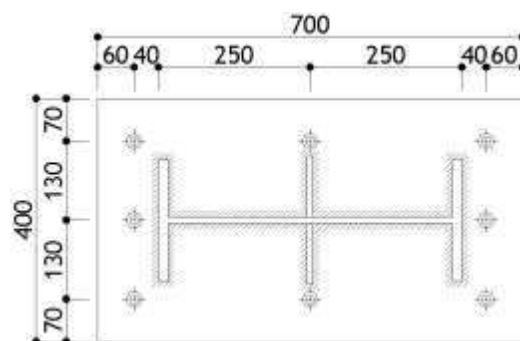
Kesimpulan, Profil: 500×200×10×16 Aman

Perencanaan perletakan

Gaya – gaya pada kolom

Gaya aksial (Nu) = 8790,46 N

Gaya geser maksimum (Vu) = 4579,8 N



Gambar 6. Detail base plate

Sumber : *Design autocad*, 2024

Kontrol tegangan yang timbul :

$$\sigma_b = N_u / F \leq \sigma' b = 25 \text{ Mpa}$$

$$F = a \times b = 700 \times 400 = 280000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_b = N_u / F < 25 \text{ Mpa}$$

$$= 8790,46 / 280000$$

$$= 0,0313945 < 25 \text{ Mpa}$$

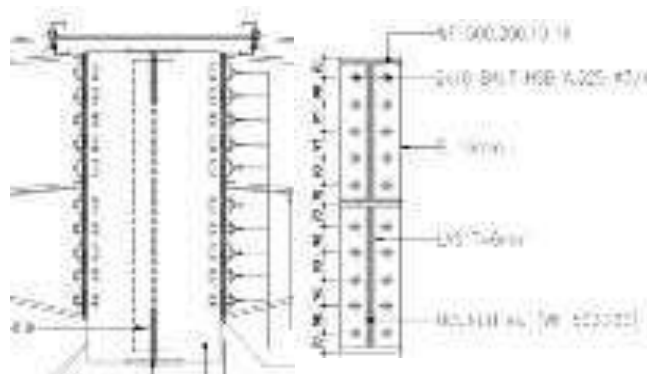
Penentuan jumlah angkur

$$V_u < n \times V_d \rightarrow n$$

$$4579,8 < n \times 27908,571 \rightarrow n = 6,093840654 \text{ buah, Digunakan } 8 \text{ } \varnothing 16$$

mm angkur.

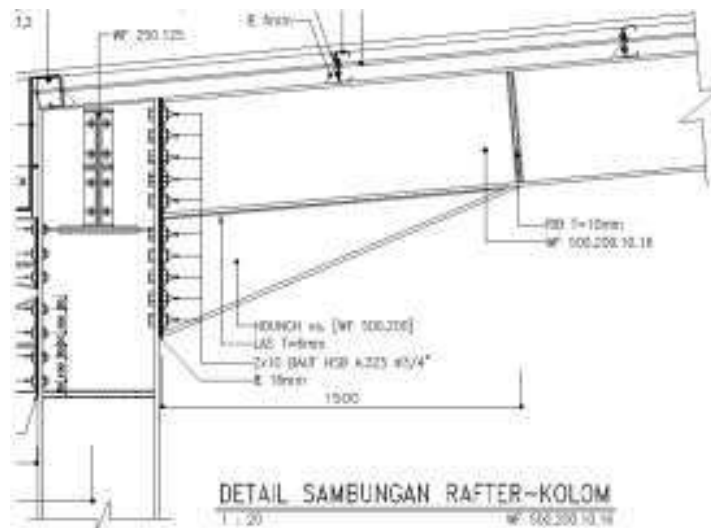
Perencanaan sambungan rafter puncak



Gambar 7. Sambungan rafter puncak

Sumber : *Design autocad, 2024*

Perencanaan sambungan rafter dengan kolom



Gambar 8. Sambungan rafter kolom

Sumber : *Design autocad, 2024*

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

Lebar pondasi [B]	= 1500	mm
Tebal pondasi	= 300	mm
Tebal selimut beton	= 75	mm
	= 100	mm
	= 200	mm

Momen rencana [Mu]= 7,5534 kNm

Faktor reduksi momen [ϕ] = 0,8

$\phi M_n = A_s \cdot f_y \cdot [d - a/2] = 7,5534 \text{ mm}$, Dipakai 18D16

$$A_s = [1/4] \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 18 = 4073,143 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \cdot f_y) / (0,85 \times f_c \times b)$$

$$= (4073,143 \times 400) / (0,85 \times 41,5 \times 1500)$$

$$= 30.79154 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 4073,143 \times 400 \times (200 - 30.79154)$$

$$= 30.79154 \text{ kNm}$$

$\phi M_n > M_u$ [ok]

$$= 220,5473 > 7,5534 \text{ [OK]}$$

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan metode (LRFD), cukup dapat membantu, dalam penyelesaian perhitungan, namun disarankan juga untuk menggunakan buku panduan lain misalnya ASD, maupun panduan perhitungan berdasarkan SNI maupun SI. Pada penggunaan software SAP 2000 analisa struktur dengan memasukan beban – beban yang bekerja cukup membantu, tetapi untuk perencanaannya selanjutnya disarankan untuk menambahkan beban – beban seperti beban gempa, dimana pada penelitian ini masih belum terdapat beban gempa, dan penambahan beban – beban lain tergantung dengan wilayah pada lokasi perencanaan pada bangunan serupa, disarankan juga untuk melakukan perhitungan hasil perbandingan dengan menggunakan software lain seperti ETABS dan TEKLA.

Daftar Pustaka

[1] SNI 03-1729-2002, tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.

*Corresponding author

E-mail addresses : diabsarasanty@unim.ac.id

- [2] Agus Setiawan, 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD), Jakarta : Erlangga.
- [3] Agus Setiawan, 2013. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode (LRFD), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- [4] Rudi Gunawan, 1998. Tabel Profil Konstruksi Baja. Kanisius Yogyakarta.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (LPMT).
- [6] Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002). Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (LPMT).