

Perbandingan Volume Kebutuhan Baja pada Pembuatan Struktur Rangka Atap Bentang 30 Meter berdasarkan SNI 1729-2015

Sella Anggraini¹⁾
Bayzoni²⁾
Hasti Riakara Husni³⁾

Abstract

The use of steel as a framework for the roof of the warehouse building requires research on the efficiency of its volume according to the form of the frame designed by considering the strength and the economical of the building materials. In the implementation of this research the calculation of structural analysis using method of joint. The outline of the implementation step is to determine the profile data (quality and dimensions) and various controls on Gording, calculate the loading using SNI 1727-2013, calculate the structure analysis of each roof frame using Microsoft Excel, calculate the analysis of truss frame design (Tensile and press members), weld joint planning using SNI 1729-2015 and calculate the steel requirement volume ratio of the four types of roof truss structure. The result of the research shows that the volume of steel used in Type 1 roof truss construction is 0,2046 m³ with weight 1571,4287 kg; In Type 2 roof truss construction is 0,1862 m³ with weight 1461,5889 kg; In Type 3 roof truss construction is 0,1499 m³ with weight 1176,0578 kg; In Type 4 roof truss construction is 0,1488 m³ with weight 1167,4652 kg. Based on these results, the Type 4 is the most optimal type of roof truss construction, because the lowest volume and weight of steel was obtained.

Keywords: Roof frame, SNI 1729-2015, steel, tensile member, press member

Abstrak

Penggunaan baja sebagai penyusun rangka atap bangunan gudang memerlukan penelitian mengenai efisiensi volumenya menurut bentuk kuda-kuda yang dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan serta keekonomisan bahan bangunan tersebut. Dalam pelaksanaan penelitian ini perhitungan analisis strukturnya menggunakan metode titik buhul. Secara garis besar langkah pelaksanaan pengerjaannya adalah menentukan data profil (mutu dan dimensi) dan berbagai kontrol pada Gording, menghitung pembebanan menggunakan SNI 1727-2013, menghitung analisis struktur masing-masing rangka kuda-kuda atap menggunakan *Microsoft Excel*, menghitung analisis desain rangka batang (batang tarik dan batang tekan), perencanaan sambungan las menggunakan SNI 1729-2015 dan menghitung perbandingan volume kebutuhan baja dari 4 tipe struktur rangka kuda-kuda atap. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil volume baja yang digunakan pada konstruksi rangka atap Tipe 1 adalah 0,2046 m³ dengan berat 1571,4287 kg; pada konstruksi rangka atap Tipe 2 adalah 0,1862 m³ dengan berat 1461,5889 kg; pada konstruksi rangka atap Tipe 3 adalah 0,1499 m³ dengan berat 1176,0578 kg; pada konstruksi rangka atap Tipe 4 adalah 0,1488 m³ dengan berat 1167,4652 kg. Berdasarkan hasil tersebut, konstruksi rangka atap Tipe 4 merupakan tipe rangka atap yang paling optimal jika digunakan, dikarenakan volume dan berat baja yang digunakan pada konstruksi tersebut merupakan volume dan berat yang paling rendah.

Kata kunci : Rangka atap, SNI 1729-2015, baja, batang tarik, batang tekan

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel: sellaanggraini@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: bayzoni@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel : hasti.riakara.h@gmail.com

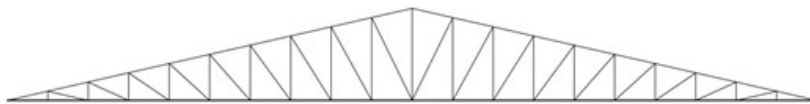
1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang sangat cepat berimplikasi pada pertumbuhan kebutuhan bangunan perindustrian dan bangunan luas seperti gudang guna memenuhi kebutuhan sarana penyimpanan. Salah satu komponen penting dari sebuah bangunan adalah atap yang berfungsi sebagai bagian keindahan dan pelindung bangunan dari pengaruh angin, hujan, sinar matahari, petir dan lain sebagainya (Daryanto,1996). Pembuatan rangka atap yang biasanya berbahan dasar kayu sudah mulai digantikan oleh baja dikarenakan kayu merupakan material alam yang mulai langka. Penggunaan baja sebagai penyusun rangka atap bangunan gudang memerlukan penelitian mengenai efisiensi volumenya menurut bentuk kuda-kuda yang dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan, kekakuan dan daktilitas serta keekonomisan bahan bangunan tersebut (Dewobroto,2016).

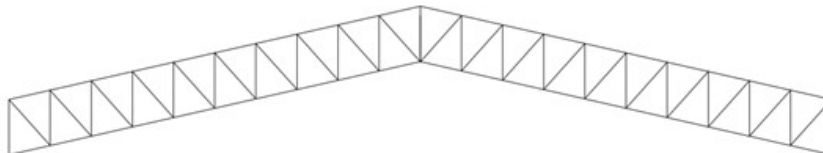
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Permodelan Struktur

Model struktur rangka atap yang digunakan terdiri atas 4 tipe berbeda namun seluruh rangka atap tersebut menahan beban luar dan memiliki panjang bentang yang sama.



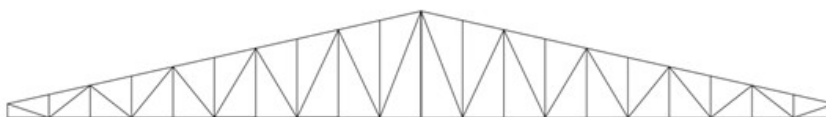
Gambar 1. Rangka Atap Tipe 1



Gambar 2. Rangka Atap Tipe 2

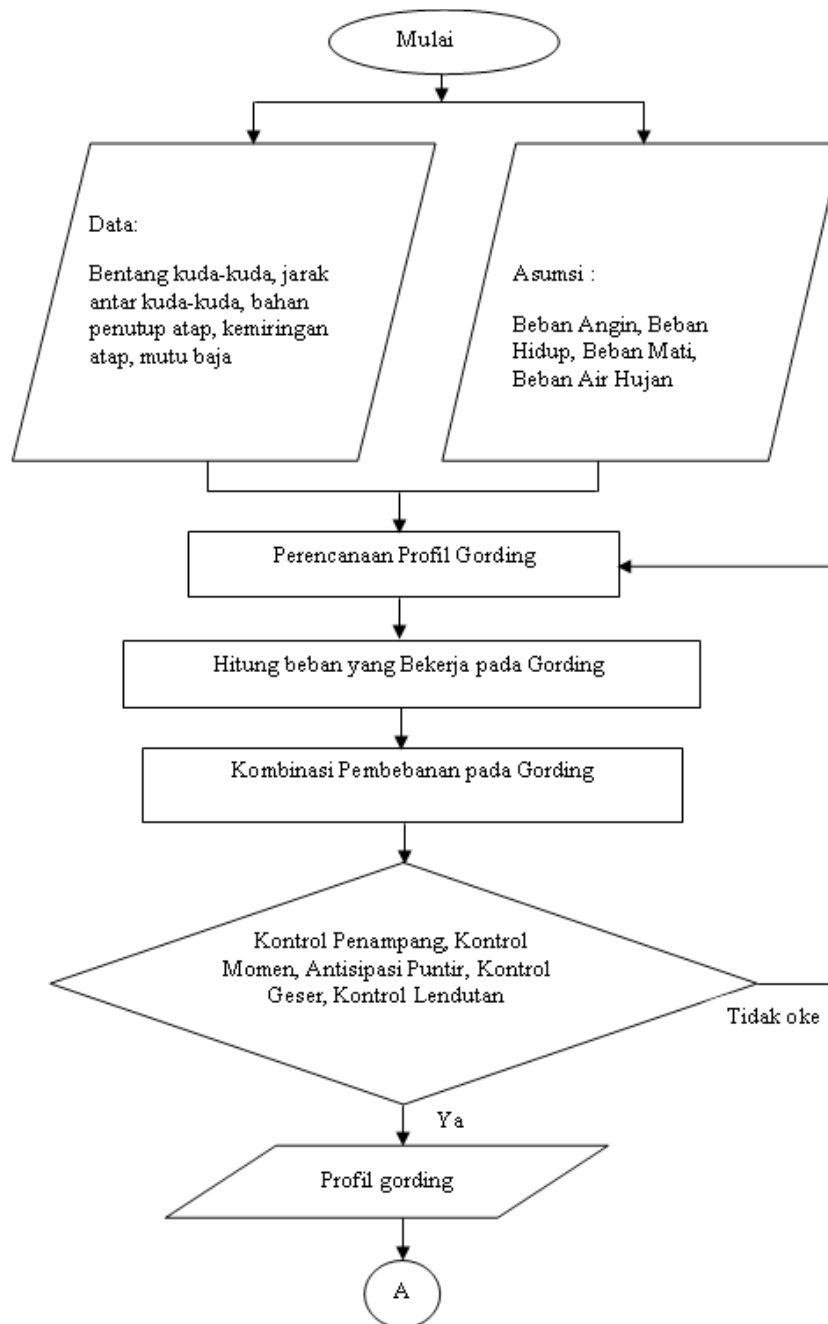


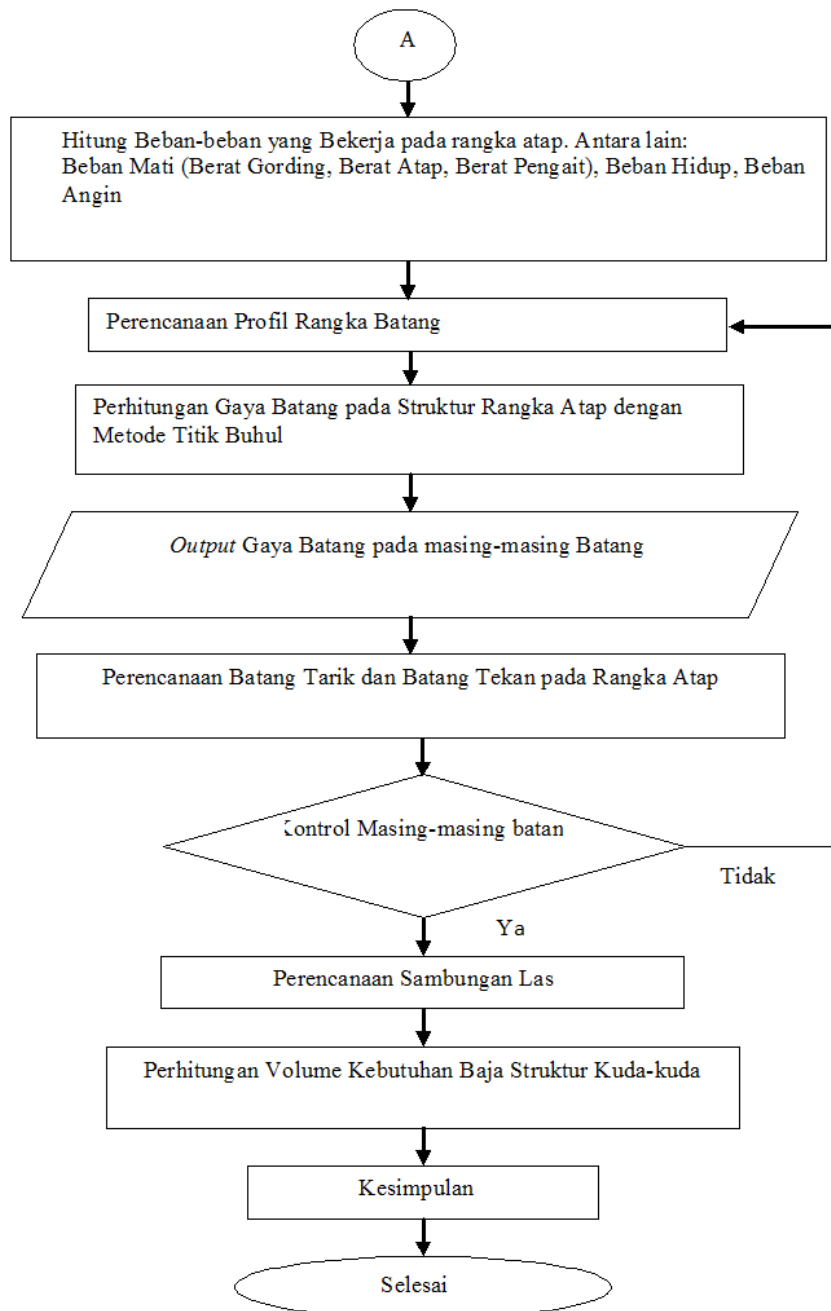
Gambar 3. Rangka Atap Tipe 3



Gambar 4. Rangka Atap Tipe 4

Diagram alir secara keseluruhan proses penelitian adalah sebagai berikut :





Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Tinjauan Umum

Perbandingan volume kebutuhan baja pada pembuatan rangka kuda-kuda atap ini dimulai dengan merencanakan jarak antar gording, tekanan angin, gording, trekstang, *bracing*, menghitung beban berdasarkan SNI 1727 (2013), perhitungan analisis struktur menggunakan Metode Titik Buhul dengan tumpuan sendi-rol dan perhitungan desain

struktur berdasarkan SNI 1729 (2015), kemudian dilanjutkan dengan menghitung volume baja yang digunakan pada masing-masing variasi bentuk rangka atap.

3.2 Menentukan Jarak Antar Gording

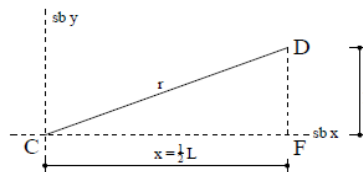
3.2.1 Data Teknis

Untuk menentukan jarak antar gording diperlukan data-data sebagai berikut :

Tipe Konstruksi	:	Rangka Atap
Bahan penutup atap	:	Spandex R950
Jarak Antar Portal (d_k)	:	6 m
Bentang kuda-kuda (L)	:	30 m
Tinggi Kolom (H)	:	8 m
Kemiringan atap (α)	:	13°
Mutu Baja	:	250 MPa
Tegangan Ijin Baja	:	2250 kg/cm ²
Berat Penutup Atap	:	3,31 kg/m ² (Gunung Steel Group, 2016)

3.2.2 Jarak Gording

Untuk menentukan panjang balok dapat menggunakan bantuan Gambar 6 dibawah ini



Gambar 6. Penentuan Jarak Gording

Diketahui

(L_k)	=	30 m
(x)	=	15
Jarak C-D	=	x/r
$\cos \alpha$	=	x/r
r	=	$x/\cos \alpha = 15,3753$ m
Jarak gording sebenarnya (d_g)	=	$r/10 = 1,53753$ m

3.3 Penentuan Tekanan Angin

Penentuan tekanan angin didasarkan pada ketentuan Pasal 26 dan Pasal 27 SNI 1727 (2013) yang dijelaskan pada Bab II.

3.3.1 Parameter Dasar Penentuan Tekanan Angin

Kecepatan angin dasar (V)	:	40 km/jam = 11,1111 m/s
Faktor Arah Angin (K_d)	:	0,85
Kategori Eksposur	:	C
Faktor Topografi (K_{zt})	:	1
Faktor Pengaruh Tiupan Angin (G)	:	0,85
Klasifikasi Ketertutupan	:	Bangunan Gedung Tertutup
Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})	:	0,18

3.3.2 Penentuan K_z dan K_h (Tekanan Velositas) dipengaruhi Kategori Eksposurnya

$$\begin{aligned} z &= 8 \text{ m} \\ K_z &= 0,9507 \\ h &= 11,1883 \text{ m} \\ K_h &= 1,0204 \end{aligned}$$

3.3.3 Penentuan q_z dan q_h

$$\begin{aligned} q_z &= 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 = 61,1537 \text{ N/m}^2 \\ q_h &= 0,613 \cdot K_h \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 = 65,6406 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.3.4 Penentuan Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

Berdasarkan Gambar 27.4-1 SNI 1727 : 2013

- a. Koefisien Atap Angin Datang = -0,718
- b. Koefisien Atap Angin Pergi = -0,260

3.3.5 Penentuan Tekanan Angin Desain (p)

- 1) Tekanan Atap Angin Kiri

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) = -40,0803 \text{ N/m}^2$$

- 2) Tekanan Atap Angin Kanan

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) = -14,5066 \text{ N/m}^2$$

3.4 Perencanaan Gording

Untuk merencanakan gording digunakan perancangan balok lentur, dengan data-data sebagai berikut

3.4.1 Data-Data

Berat gording (q_g)	: 4,96 kg/m
Jarak antar gording (d_g)	: 1,53753 m
Jarak kuda-kuda (d_k)	: 6 m
Jarak setengah kuda-kuda ($d_k/2$)	: 3 m
Berat atap (q_a)	: 3,31 kg/m ²
Beban angin Datang (p_3)	: -4,0898 kg/m ²
Beban angin Pergi (p_4)	: -1,4803 kg/m ²
Sudut kemiringan (α)	: 13°
Berat jenis baja	: 7850 kg/m ³

3.4.2 Beban pada Gording

Akibat beban mati

$$\begin{aligned} q_D &= q_g + \text{berat atap } (w_a \cdot d_g) + \text{berat pengait } (10\% (q_g + w_a \cdot d_g)) \\ &= 11,05414673 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Akibat beban hidup

$$P = 100 \text{ kg}$$

Akibat beban angin kiri

$$q_w = p \cdot d_g = -6,2882 \text{ kg/m}$$

Akibat beban angin kanan

$$q_w = p \times d_g = -2,2759 \text{ kg/m}$$

Akibat beban air hujan

$$q_R = 0.0098 \times (d_s + d_h) \cdot d_g = 20 \text{ kg/m}$$

Maka didapat $M_{ux} = 295,548423 \text{ kgm}$ dan $M_{uy} = 30,35109 \text{ kgm}$

3.4.3 Kontrol Profil Gording

Setelah didapat momen *ultimate* maksimum yang diterima oleh gording, maka direncanakan profil baja pada gording yang akan di pakai adalah profil C 150x50x20x2,3 dengan data-data sebagai berikut

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$C = 20 \text{ mm}$$

$$T = 2,3 \text{ mm}$$

$$A = 632 \text{ mm}^2$$

$$q = 4,96 \text{ kg/m}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

1) Klasifikasi Penampang

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10,748$$

$$\lambda_{rf} = 1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 28,284$$

Rasio lebar tebal

$$= \frac{b_f}{t_f}$$

$$= 21,7391 < \lambda_{pf} \rightarrow \text{profil badan 'non kompak'}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 106,349$$

$$\lambda_{rf} = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 161,220$$

Rasio Lebar Tebal

$$= h/t_w$$

$$= 65,2174 < \lambda_{pw} \rightarrow \text{profil sayap 'kompak'}$$

2) Parameter LTB berdasarkan ketentuan F12 (SNI 1729, 2015)

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

$$= 925,9139$$

$$L_b = 6000 \text{ mm}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = 55254,513 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = 235,063 \text{ mm}$$

$$c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} = 1,0501$$

$$h_o = H - t = 147,7 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,75 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2} = 1246571,909 \text{ mm}$$

$$C_b = 1,14$$

3) Pelelehan

$$F_n = F_y = 250 \text{ MPa}$$

4) Tekuk Torsi Lateral

$$F_n = F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,087 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = 6462480,871 \text{ MPa}$$

$$F_n \text{ Pelelehan} < F_n \text{ Tekuk Torsi Lateral}$$

Maka yang terjadi adalah pelelehan terlebih dahulu

5) Rasio Kekuatan ($M_u / \phi M_n$)

$$M_{ux} = 2896374,55 \text{ Nmm}$$

$$M_{nx} = F_n \cdot S_{min} = 7000000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 6300000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rasio Kekuatan } (M_{ux} / \phi M_n) = 0,460 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

$$M_{uy} = 297440,71 \text{ Nmm}$$

$$M_{ny} = F_n \cdot S_{min} = 7000000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 6300000$$

$$\text{Rasio Kekuatan } (M_{uy} / \phi M_n) = 0,047 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

6) Antisipasi Masalah Puntir

$$\begin{array}{rclcl} \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} & + & \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} & < & 1 \\ 0,460 & + & 0,047 & < & 1 \\ & & 0,50695 & < & 1 \end{array} \quad \text{OK}$$

3.4.4 Kontrol Geser

1) Kombinasi pembebanan

$$P_{Dx} = q_{Dx} \times d_k = 64,62498 \text{ Kg}$$

$$P_{Dy} = q_{Dy} \times d_k = 14,91985 \text{ Kg}$$

$$P_{Lx} = P_{Lx} = 97,43701 \text{ Kg}$$

$$P_{Ly} = P_{Ly} = 22,49511 \text{ Kg}$$

$$P_{Wx} = q_w \times d_k = -31,7293 \text{ Kg}$$

$$P_{Wy} = 0$$

Dari beban, didapat $P_{ux} = 214,5845 \text{ kg}$, $P_{uy} = 409,3805 \text{ kgm}$

2) Kuat Geser Nominal

$$A_w = d \cdot t_w = 334,42 \text{ mm}^2$$

$$h = d - 2t_f = 145,4 \text{ mm}$$

$$k_v = 5$$

$$h/t_w = 1,01 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$63,2174 \leq 71,005 \rightarrow \begin{matrix} \phi_v = 0,9 \\ C_v = 1 \end{matrix}$$

$$V_u = P_{ux} = 2102,93 \text{ N}$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 50163 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 45146,7$$

$$\text{Rasio Kekuatan } (V_u / \phi V_n)$$

$$= 0,047 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

3.4.5 Kontor Lendutan

$$\begin{aligned} \Delta_y &= \frac{5 q_y dk^4}{384 E I_x} + \frac{P_y dk^3}{48 E I_x} \\ &= 3,6067 + 2,3006 \\ &= 5,9037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_x &= \frac{5 q_x dk^4}{384 E I_y} + \frac{P_x dk^3}{48 E I_y} \\ &= 13,2105 + 9,9651 \\ &= 23,1756 \\ &< dk / 240 \end{aligned}$$

$$20,5214 < 25,00000 \quad \text{OK}$$

Dikarenakan rasio kekuatan lentur dan geser memenuhi dasar desain, maka profil C 150x50x20x2,3 cocok digunakan sebagai profil gording pada perencanaan ini.

3.5 Perencanaan Trackstang

1) Data-data

$$\text{Jarak antar kuda-kuda (dk)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah trackstang (n)} = 2 \text{ bh}$$

$$\text{Jarak antar trackstang (dt)} = 2 \text{ m}$$

2) Gaya pada trackstang

a. Beban Mati

$$P1 = (q_{dy}) \times d_t = 4,97328 \text{ kg}$$

b. Beban Hujan

$$P2 = q_{Ry} \times d_t = 13,8348 \text{ kg}$$

c. Beban Hidup

$$P3 = P_y = 22,4951 \text{ kg}$$

d. Gaya yang Bekerja pada Trekstang

$$P = 1,2 P_1 + 0,5 (P_2 + P_3) = 24,4951 \text{ kg}$$

3) Tegangan Ijin

1) Tegangan leleh Ijin

$$f_{ijin} = 0,9 \times f_y = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

2) Tegangan putus Ijin

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= 0,75 \times f_u \times 0,75 = 2306,25 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2306,25 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{ijin} = 2250 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{dipakai})$$

3) Luas Trekstang

$$A_{trackstang} = P / f_{ijin} = 0,01073 \text{ cm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 1,1689 \text{ mm}$$

4) Cek Keamanan *Trackstang*

$$d < 12$$

$$1,1689 > 12$$

Dikarenakan $d < 4$ dan yang biasa dipakai di lapangan adalah diameter 4 mm, maka digunakan diameter *trackstang* 4 mm

5) Beban *Trackstang*

$$\begin{aligned} W_{trekstang} &= A_{trekstang} \times \text{berat jenis baja} \\ &= 0,88781 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

3.6 Perencanaan *Bracing*

a. Data-data

$$L_{bracing} = \sqrt{dk^2 + (13 dg)^2} = 16,5045 \text{ m}$$

$$\alpha_b = 19,5271^\circ$$

$$\text{Tinggi atap (y)} = 3,376 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kuda-kuda (Lk)} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Sisi miring atap (r)} = 15,3753 \text{ m}$$

b. Luas Atap

$$A_{atap} = 0,5 L_k \times y = 50,64 \text{ m}^2$$

c. Beban Angin

$$W_{angin} = 0,5 \times A_{atap} \times W = 23,2997 \text{ kg}$$

$$S = W_{angin} / \cos \alpha_b = 24,7216 \text{ kg}$$

$$R = W_{angin} \cdot r / dk = 64,0919 \text{ kg}$$

$$P_u = 64,0919 \text{ kg}$$

d. Luas dan Diameter *Bracing*

$$A_{bracing} = P_u / \phi f_y = 0,02849 \text{ cm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 1,9049 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dpakai} &= 8 \text{ mm} \\
 A_{\text{bracing}} &= 0,25 \pi d^2 \\
 &= 5,0265 \times 10^{-5} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

e. Beban *Bracing*

$$\begin{aligned}
 W_{\text{bracing}} &= A_{\text{bracing baru}} \times \text{berat jenis baja} \\
 &= 0,39458 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3.7 Pembebanan pada Rangka Atap

Hasil pembebanan dari masing-masing rangka atap dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Pembebanan Rangka Atap Tipe 1 dan 3

Joint	Beban Mati Tipe 1 (kg)	Beban Mati Tipe 3 (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban Angin			Beban Air Hujan (kg)	
				W	Vertikal	Horizontal		
A	155,33	149,17	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
B	155,33	149,17	100	13,65569603	13,3057	3,0718632	184,5	
C	96,189	78,618	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
D	97,232	88,084	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
E	98,563	79,021	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
F	100,11	88,898	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
G	101,82	79,424	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
H	103,64	89,952	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
I	105,54	79,827	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
J	107,49	91,205	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
K	109,5	80,23	100	37,72935758	36,76236	8,4872588	184,5	
L	135,82	136,21	100	37,7294	13,6557	50,06806	5,4153955	184,5
M	109,5	80,23	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
N	107,49	91,205	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
O	105,54	79,827	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
P	103,64	89,952	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
Q	101,82	79,424	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
R	100,11	88,898	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
S	98,563	79,021	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
T	97,232	88,084	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
U	96,189	78,618	100	1,48026337	13,3057	3,0718632	184,5	
V	180,39	182,09	0	0	0	0	0	
W	188,59	177,56	0	0	0	0	0	
X	189,63	187,33	0	0	0	0	0	
Y	190,97	177,96	0	0	0	0	0	
Z	192,51	188,24	0	0	0	0	0	
1	194,22	178,36	0	0	0	0	0	
2	196,04	189,38	0	0	0	0	0	
3	197,94	178,76	0	0	0	0	0	
4	199,9	190,7	0	0	0	0	0	
5	218,86	179,17	0	0	0	0	0	

Tabel 1. Lanjutan

Joint	Beban Mati Tipe 1 (kg)	Beban Mati Tipe 3 (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban Angin			Beban Air Hujan (kg)
				W	Vertikal	Horizontal	
6	199,9	190,7	0	0	0	0	0
7	197,94	178,76	0	0	0	0	0
8	196,04	189,38	0	0	0	0	0
9	194,22	178,36	0	0	0	0	0
10	192,51	188,24	0	0	0	0	0
11	190,97	177,96	0	0	0	0	0
12	189,63	187,33	0	0	0	0	0
13	188,59	177,56	0	0	0	0	0
14	180,39	182,09	0	0	0	0	0

Tabel 2. Pembebanan Rangka Atap Tipe 2 dan 4

Joint	Beban Mati Tipe 2 (kg)	Beban Mati Tipe 4 (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban Angin (kg)			Beban Air Hujan (kg)
				W	Vertikal	Horizontal	
A	125,17	116,54	0	0	0	0	0
B	125,17	116,54	0	0	0	0	0
C	75,443	67,582	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
D	98,048	82,612	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
E	98,048	94,604	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
F	98,048	83,622	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
G	98,048	98,487	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
H	98,048	84,632	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
I	98,048	102,85	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
J	98,048	85,643	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
K	98,048	107,46	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
L	98,048	86,653	100	37,72935758	36,762357	8,4872588	184,5
M	137,48	155,13	100	37,7294 13,6557	50,068058	5,4153955	184,5
N	98,048	86,653	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
O	98,048	107,46	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
P	98,048	85,643	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
Q	98,048	102,85	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
R	98,048	84,632	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
S	98,85	98,487	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
T	98,048	83,622	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
U	98,048	94,604	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
V	98,522	82,612	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
W	75,917	67,582	100	13,65569603	13,305701	3,0718632	184,5
X	187,45	183,83	0	0	0	0	0
Y	187,45	173,82	0	0	0	0	0
Z	187,45	187,25	0	0	0	0	0
1	187,45	174,83	0	0	0	0	0
2	187,45	191,37	0	0	0	0	0
3	187,45	175,84	0	0	0	0	0
4	187,45	195,86	0	0	0	0	0
5	187,45	176,85	0	0	0	0	0
6	187,45	200,61	0	0	0	0	0
7	190,8	177,86	0	0	0	0	0
8	187,45	200,61	0	0	0	0	0

Tabel 2. Lanjutan

Joint	Beban Mati Tipe 2 (kg)	Beban Mati Tipe 4 (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban Angin (kg)			Beban Air Hujan (kg)
				W	Vertikal	Horizontal	
9	187,45	176,85	0	0	0	0	0
10	187,45	195,86	0	0	0	0	0
11	187,45	175,84	0	0	0	0	0
12	187,45	191,37	0	0	0	0	0
13	188,25	174,83	0	0	0	0	0
14	187,45	187,25	0	0	0	0	0
15	187,45	173,82	0	0	0	0	0
16	187,45	183,83	0	0	0	0	0

3.8 Hasil Analisis Struktur

Analisis struktur yang digunakan pada konstruksi ini adalah Metode Titik Buhul dengan hasil gaya batang maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Gaya Batang Maksimum

Batang	Tipe 1 (kg)	Tipe 2 (kg)	Tipe 3 (kg)	Tipe 4 (kg)
A1	-26881,7874	-4533,5019	-16656,385	-10778,4307
A2	-25526,6022	-8593,8618	-17872,012	-10774,0755
A3	-24121,5971	-12173,1681	-18827,868	-15878,5459
A4	-22723,7399	-15288,8884	-19558,087	-15874,1907
A5	-21321,3924	-17931,4667	-20057,211	-16502,7518
A6	-19897,4518	-20100,9028	-20316,225	-16498,3966
A7	-18463,9164	-21797,197	-20341,368	-15578,3787
A8	-17066,4365	-23020,349	-20156,925	-15574,0234
A9	-15642,502	-23770,359	-19729,443	-16812,4577
A10	-14224,3447	-24047,2269	-19076,121	-16808,1025
A11	-14227,1236	-23635,5848	-19078,9	-16833,6858
A12	-15666,6987	-23487,3827	-19753,639	-16835,2621
A13	-17115,5168	-22856,5876	-20206,006	-15640,1156
A14	-18537,4699	-21743,1993	-20414,921	-15641,6919
A15	-19996,2779	-20147,2179	-20415,051	-16599,8906
A16	-21445,3734	-18068,6434	-20181,192	-16601,4669
A17	-22872,4786	-15421,3661	-19706,825	-15996,9301
A18	-24296,7029	-12290,0229	-19002,974	-15998,5064
A19	-25727,0576	-8676,0866	-18072,467	-10870,4974
A20	-27106,9219	-4579,5573	-16881,519	-10872,0738
B1	26229,9091	-30,5681	14176,016	-24,3693
B2	26229,9091	4507,289	16321,573	14089,1508
B3	24913,7008	8572,0041	17559,49	14089,1508
B4	23548,9496	12165,2217	18538,505	16022,5692

Tabel 3. Lanjutan

Batang	Tipe 1 (kg)	Tipe 2 (kg)	Tipe 3 (kg)	Tipe 4 (kg)
B5	22191,1629	15285,2973	19291,876	16022,5692
B6	20829,0012	17932,2308	19814,289	15752,0011
B7	19445,7997	20106,0222	20096,955	15752,0011
B8	18053,2494	21806,6716	20145,958	15968,8878
B9	16695,8304	23034,1789	19984,957	15968,8878
B10	15312,6349	23788,5441	19581,357	16221,4454
B11	15280,699	23501,5697	19549,421	16221,4454
B12	16690,848	22869,1982	19979,975	16014,0148
B13	18074,8206	21754,2336	20167,529	16014,0148
B14	19494,7036	20156,6759	20145,859	15840,0052
B15	20905,1229	18076,5251	19890,41	15840,0052
B16	22294,1156	15427,6714	19394,829	16145,2037
B17	23678,5878	12294,7519	18668,143	16145,2037
B18	25070,7466	8679,2393	17716,535	14223,0636
B19	26413,7092	4581,1336	16505,374	14223,0636
B20	26413,7092	0	14359,817	0
D1	-1350,82996	6607,906	2424,5759	11047,1078
D2	-1493,9062	5918,9292	2012,9326	-4577,4708
D3	-1637,78663	5232,3472	1604,5421	1739,5582
D4	-1832,96942	4543,3704	1169,1586	-894,0244
D5	-2067,16221	3854,3936	712,384	85,9133
D6	-2313,91746	3165,4169	247,8832	630,3129
D7	-2561,55813	2476,4401	-218,2454	-1101,9751
D8	-2853,06945	1787,4633	-1037,9548	-1856,1569
D9	-3142,46587	1098,4865	-1529,0207	1009,164
D10	-3204,25513	409,5097	-1590,8099	129,0232
D11	-2908,66554	218,1033	-1093,5509	194,875
D12	-2611,66696	920,8424	-597,2282	954,961
D13	-2359,33447	1623,5816	-126,4078	-1804,1505
D14	-2107,83857	2326,3207	342,8337	-1142,5511
D15	-1869,07403	3029,0599	804,18	667,2262
D16	-1669,97528	3857,1898	1243,4795	61,095
D17	-1523,90752	4562,0735	1654,0573	-877,3436
D18	-1378,28804	5264,8126	2068,2438	1738,5675
D19		5967,5518		-4604,1306
D20		6670,924		11140,1993
V1	216,469331	-6297,8036	-2883,1911	-6196,2864
V2	530,18051	-5706,4865	-2420,7405	-374,9792

Tabel 3. Lanjutan

Batang	Tipe 1 (kg)	Tipe 2 (kg)	Tipe 3 (kg)	Tipe 4 (kg)
V3	835,187876	-5088,0432	-1963,4176	208,5879
V4	1144,99714	-4471,7495	-1502,8534	-376,1915
V5	1457,51252	-3853,3061	-1039,753	209,8002
V6	1769,26445	-3234,8628	-575,7672	-377,4038
V7	2083,22237	-2616,4194	-109,2216	211,0125
V8	2409,84945	-1997,9761	365,5407	-378,6161
V9	2735,22588	-1379,5327	841,1359	212,2246
V10	5967,02636	-761,0894	2919,4978	-379,8284
V11	2783,85132	10400,5136	6413,0471	213,4369
V12	2452,34415	-601,6315	998,447	-392,1819
V13	2119,49401	-1232,4283	517,4616	212,2246
V14	1799,49288	-1863,2251	44,8727	-390,9696
V15	1481,67122	-2494,0219	-425,1828	211,0125
V16	1162,99681	-3237,3727	-894,4422	-389,7573
V17	847,390513	-3869,1319	-1360,8035	209,8002
V18	536,5372	-4500,8912	-1824,1523	-388,5450
V19	216,4693	-5131,688	-2292,7796	208,5879
V20		-5763,0531		-387,3327
V21		-6367,2919		-6257,8467

3.9 Penentuan Profil Rangka Atap

Penentuan profil rangka atap pada konstruksi rangka atap berdasarkan tabel profil konstruksi baja (Gunawan, 1988). Perhitungan dengan desain struktur yang dijelaskan pada pasal batang tarik, batang tekan serta sambungan dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Profil pada Konstruksi Rangka Atap

Rangka Batang	Profil			
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Atas	2L 70.70.7	2L 70.70.7	2L 60.60.5	2L 60.60.6
Diagonal	2L 60.60.5	2L 30.30.3	2L 45.45.4	2L 45.45.4
Vertikal	2L 30.30.3	2L 50.50.4	2L 30.30.3	2L 30.30.3
Bawah	2L 60.60.6	2L 60.60.5	2L 60.60.6	2L 50.50.4

Perbedaan profil yang dipakai dipengaruhi oleh besar kecilnya gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi rangka atap.

3.10 Volume dan Berat Profil pada Rangka Atap

Untuk menghitung volume profil pada rangka atap adalah dengan mengalikan antara luas profil dan panjang bentang profil, sedangkan berat dengan mengalikan berat sendiri profil dengan panjang profil tersebut, contoh hasil perhitungan rangka atap Tipe 1 dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Berat dan Volume Baja Rangka Atap Tipe 1

Rangka Batang	Profil	Luas Penampang (m ²)	Panjang (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)
Atas	2L 70.70.7	0,00188	30,7506	0,057811	453,879
Diagonal	2L 60.60.5	0,00116	42,1357	0,048877	383,435
Vertikal	2L 30.30.3	0,000346	33,7643	0,011682	91,839
Bawah	2L 60.60.6	0,001382	30	0,041460	325,200
Pelat				0,040392	317,076
Total				0,20022	1571,4287

Untuk hasil perhitungan volume dan berat baja tipe yang lain ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 6. Berat dan Volume Baja Masing-Masing Rangka Atap

Tipe Rangka Atap	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Berat (kg)	1571,4287	1461,5889	1176,0578	1167,4652
Volume (m ³)	0,2046	0,1862	0,1499	0,1488

4. KESIMPULAN

Volume baja yang digunakan pada konstruksi rangka atap tipe 1 sampai 4 berturut-turut adalah 0,2046 m³ dengan berat 1571,4287 kg; 0,1861 m³ dengan berat 1461,5889 kg; 0,1499 m³ dengan berat 1176,0587 kg; 0,1488 m³ dengan berat 0,1488 kg. Konstruksi rangka atap tipe 4 merupakan yang paling optimal jika digunakan, karena volume dan berat baja yang diperoleh berdasarkan perhitungan merupakan yang paling rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, 1996, *Mekanika Bangunan*, Jakarta : PT Bumi Aksara, 171 hlm.
- Dewobroto, Wiryanto, 2016. *Struktur Baja : Perilaku, Analisis dan Desain – AISC 2010*, Tangerang : Penerbit Jurusan Teknik Sipil UPH, 973 hlm.
- Gunawan, Rudy, 1988, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Yogyakarta : Kanisius.68 hlm.
- Gunung Steel Group, 2016, Lipped Chanel, diakses dari http://www.gunungsteel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=185, diakses pada tanggal 2 Mei 2017.
- Setiawan, Agus, 2008, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Jakarta : Erlangga, 336 hlm.
- SNI 1727, 2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, 196 hlm.
- SNI 1729, 2015, *Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*, Badan Standardisasi Nasional, 289 hlm.