

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 TINJAUAN UMUM

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur rangka atap. Studi literatur dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan/desain struktur bangunannya, seperti konfigurasi denah atap dan pembebanan sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

2.2 KONSEP PEMILIHAN JENIS STRUKTUR

Desain struktur harus memperhatikan beberapa aspek diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan dan kestabilan struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur mempunyai kaitan yang erat dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja.

2. Kemudahan pelaksanaan

Kemudahan pelaksanaan pengerjaan merupakan faktor yang mempengaruhi sistem struktur yang dipilih.

3. Faktor ekonomi

Meliputi jumlah biaya yang akan dikeluarkan agar dalam proses pelaksanaan, perencana dapat memberikan alternatif rencana yang lebih murah dan memenuhi aspek mekanika dan fungsionalnya.

2.3 KONSEP PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA ATAP

2.3.1 DENAH ATAP

Dalam mendesain rangka atap, perlu direncanakan terlebih dahulu denah atap. Gambar denah atap dan potongan dapat dilihat pada lampiran yang terletak pada bagian akhir laporan ini.

2.3.2 DATA MATERIAL

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan dalam perencanaan struktur rangka atap ini adalah sebagai berikut :

Bahan	:	baja konvensional dan baja ringan
Tegangan Leleh (f_y)	:	baja konvensional = 2400 kg/cm ² baja ringan = 5000 kg/cm ²
Tegangan Putus (f_u)	:	baja konvensional = 3700 kg/cm ² baja ringan = 6600 kg/cm ²

2.3.3 PEMBEBANAN

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Berikut ini akan disajikan jenis-jenis beban. Data beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan sebagai dasar acuan bagi perhitungan struktur.

2.3.3.1 JENIS – JENIS BEBAN

Jenis-jenis beban yang biasa dipergunakan dalam perencanaan struktur rangka atap antara lain sebagai berikut:

a. Beban mati (*Dead Load / DL*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu konstruksi yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari konstruksi tersebut.

b. Beban hidup (*Life Load / LL*)

Beban hidup merupakan beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu konstruksi sangatlah sulit karena fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban hidup lebih besar dibanding beban mati.

c. Beban angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada suatu konstruksi yang disebabkan oleh selisih tekanan udara.

2.3.3.2 KOMBINASI PEMBEBANAN

Kombinasi pembebanan yang harus ditinjau menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 adalah sebagai berikut :

- Pembebanan tetap
M + H
 - Pembebanan Sementara
M + H + A
- Dimana :
- M = Beban Mati
H = Beban Hidup
A = Beban Angin

2.3.3.3 DATA BEBAN

Perencanaan pembebanan struktur sesuai dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, dengan data-data pembebanan sebagai berikut :

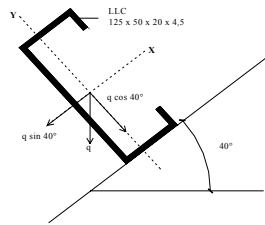
- Berat jenis baja : 7850 kg/m³
- Plafon / langit-langit : 11 kg/m²
- Penggantung langit-langit dari kayu : 7 kg/m²
- Penutup atap (genteng beton) : 50 kg/m²
- Beban Pekerja : 100 kg/m²
- Beban Angin : 25 kg/m²

2.4 ANALISIS PERHITUNGAN

2.4.1 PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA KONVENSIONAL

Struktur atap rangka baja konvensional dalam perencanaan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) atau desain beban dan faktor resistensi, dimana cek tegangan yang terjadi terhadap tegangan leleh (f_y). Untuk mempermudah perhitungan, maka terlebih dahulu dibuat denah atap dengan mempertimbangkan letak kuda-kuda dan gording.

2.4.1.1 PERENCANAAN GORDING



Gambar 2.1
Arah gaya pada gording

- Digunakan profil *Light Lip Channels* dengan mutu baja BJ 37 ($F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$) dan satu buah trekstang.
- Data yang diperlukan antara lain adalah kemiringan atap (α), bentang gording (L) dan jarak antar gording.
- Pembebanan :
 - a. Beban mati (q_D), meliputi berat penutup atap (genteng beton), berat gording dan berat bracing.
 - b. Beban hidup (q_L), meliputi beban pekerja (q_P) dan air hujan ($q_R = (40 - 0,8\alpha) \cdot \text{jarak gording}$).
 - c. Beban angin ($q_A = 25 \text{ kg/m}^2$), meliputi :
 - Beban angin tekan = $\text{Koef} \cdot q_A \cdot \text{jarak gording}$
 - Beban angin hisap = $\text{Koef} \cdot q_A \cdot \text{jarak gording}$
 - Dimana : Koefisien tekan (+) = $((0,2 \cdot \alpha) - 0,4)$
 - Koefisien hisap (-) = $- 0,4$

- Perhitungan momen

\Rightarrow Arah x

$$M_x \text{ komb.1} = M_{Dx} + M_{Px}$$

$$M_x \text{ komb.2} = M_{Dx} + M_{Px} + M_{Wxt}$$

$$M_x \text{ komb.3} = M_{Dx} + M_{Px} + M_{Wxh}$$

$$M_x \text{ komb.4} = M_{Dx} + M_{Rx} + M_{Wxt}$$

$$M_x \text{ komb.5} = M_{Dx} + M_{Rx} + M_{Wxh}$$

\Rightarrow Arah y

$$M_y \text{ komb.1} = M_{Dy} + M_{Py}$$

$$M_y \text{ komb.2} = M_{Dy} + M_{Py} + M_{Wyt}$$

$$M_y \text{ komb.3} = M_{Dy} + M_{Py} + M_{Wyh}$$

$$M_{y \text{ komb.4}} = M_{Dy} + M_{Ry} + M_{Wyt}$$

$$M_{y \text{ komb.5}} = M_{Dy} + M_{Ry} + M_{Wyh}$$

Dari kombinasi tersebut momen yang maksimum.

- Kontrol terhadap Tegangan

Syarat $f \leq f_y$

$$f = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

- Kontrol lendutan (f)

$f \leq f_{\text{ijin}}$

$f_{\text{ijin}} = 1/240 \times L$

$$q_x = q_{Dx} + q_{Wx}$$

$$q_y = q_{Dy} + q_{Wy}$$

$$\text{Untuk arah x, } f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^4}{384 \cdot E I_x} + \frac{P_x \cdot L^3}{48 \cdot E I_x}$$

$$\text{Untuk arah y, } f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot L^4}{384 \cdot E I_y} + \frac{P_y \cdot L^3}{48 \cdot E I_y}$$

$$f = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$$

2.4.1.2 PENDIMENSIONIAN KUDA-KUDA

- Menentukan syarat-syarat batas tumpuan panjang bentang dan dimensi profil yang akan digunakan.
- Melakukan analisa pembebanan.

Pembebanan yang dilakukan pada struktur rangka atap sama dengan beban yang diterima pada saat perencanaan gording hanya ada penambahan pada berat sendiri konstruksi rangka atap.

Sedangkan kombinasi beban yang diberikan pada analisis struktur atap ini adalah :

Kombinasi I : Beban Mati + Beban Hidup

Kombinasi II : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin

Kanan

Kombinasi II : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin Kiri

$$w = 1,2 D + 1,6 L$$

$$w = 1,2 D + 0,5 L \pm 1,3 W$$

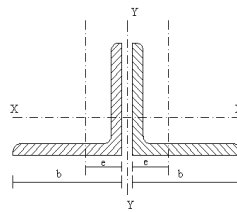
Keterangan:

D = Beban mati

L = Beban hidup (akibat pekerja dan air hujan)

W = Beban angin

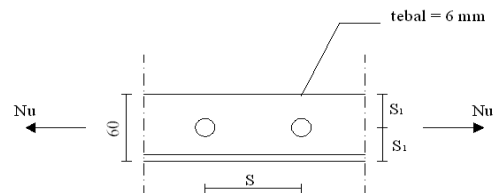
- Melakukan pengecekan kekuatan pada profil majemuk.



Gambar 2.2 Penampang siku profil ganda

$$A_g = 2xA \quad (A = \text{luas penampang batang tunggal})$$

- Cek terhadap batang tarik



Gambar 2.3 Batang yang mengalami gaya tarik

Syarat penempatan baut : (SNI 03-1729-2002 hal.104)

$$s_1 \geq 1,5 d_b$$

$$s_1 \leq 12 t_p$$

$$s_1 \leq 150 \text{ mm}$$

$$s \geq 3 d_b$$

$$s \leq 15 t_p$$

$$s \leq 200 \text{ mm}$$

$$d \text{ (lubang baut)} = \phi + 1$$

$$A = A_{nt}$$

Pot 1 – 2 :

$$A_{nt} = A_g - n \times d \times t$$

Penampang efektif (SNI 03-1729-2002 butir 10.2)

\bar{x} = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan.

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0,9$$

U = faktor reduksi

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik.

$$A_e = A \times U$$

$$\phi N_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$\phi N_n = \phi \times A_e \times f_u$$

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (aman)}$$

- Cek terhadap batang tekan

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$\phi N_n = \phi \times A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

Dimana :

$$\omega = 1 \quad (\lambda_c \leq 0,25)$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \quad (0,25 < \lambda_c < 1,2)$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad (\lambda_c \geq 1,2)$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Kestabilan batang majemuk :

$$\lambda_{iy} < \lambda_x \text{ (tekuk terjadi pada sumbu x)}$$

$$\lambda_{iy} < \lambda_y \text{ (tekuk terjadi pada sumbu y)}$$

Syarat kestabilan struktur : (SNI 03-1729-2002 hal.59)

$$\lambda_x \geq 1,2 \lambda_1$$

$$\lambda_{iy} \geq 1,2 \lambda_1$$

$$\lambda_1 \leq 50$$

$$\lambda_1 = \frac{kLi}{i \min} \quad (Li = \text{jarak kopel})$$

Estimasi jarak kopel minimum :

$$\frac{kLi}{i \min} = 0,75 \frac{kLk}{ix}$$

$$\frac{Li}{i \min} = 0,75 \frac{Lk}{ix}$$

Dimana :

$$Li = \frac{Lk}{\text{jumlahben tan } g}$$

jumlah bentang harus ganjil dan minimal 3 buah

k = faktor tekuk (SNI 03-1729-2002 gambar 7.6-1)

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

$$\lambda_y = \frac{kLy}{iy}$$

$$I_y = 2 (I_{y1} + A_1 (e_x + \frac{1}{2} d)^2)$$

$$A_g = 2x A_1$$

$$\lambda_x = \frac{kLx}{ix}$$

Kontrol tekuk lokal : (SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

$$\lambda_f \leq \lambda_r$$

pada profil siku ganda dengan plat kopel sebagai penyokong

$$\lambda_f = \frac{b}{t}$$

$$\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}}$$

dimana :

b = lebar profil siku

t = tebal profil siku

2.4.1.3 PENDIMENSIONIAN PELAT KOPEL PADA BATANG PROFIL GANDA

Pelat kopel harus cukup kaku, sehingga memenuhi persamaan :

$$\frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_i}{L_i} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 pers. 9.3-5})$$

Dimana :

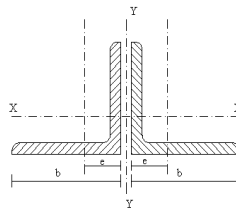
I_p = Momen kelembaman pelat kopel

a = Jarak sumbu elemen batang tersusun

I_i = Momen kelembaman elemen batang tunggal terhadap sumbu b-b

L_i = Jarak pelat kopel

a = $2e$ + pelat pengisi



Gambar 2.4 Dimensi penampang profil siku

$$V_u \leq \phi V_n$$

Gaya lintang yang dipikul = D

$$D = 0,02 N_u \quad (\text{SNI 03-1729-2002 pers. 9.3-8})$$

N_u = gaya batang yang terjadi

V_u = gaya geser nominal, sama seperti persamaan sebelumnya

Kekuatan geser pelat kopel : (SNI 03-1729-2002 pers.8.8-2)

$$- \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$V_n = 0,6 x f_y x A_w$$

A_w = luas kotor pelat badan

$$- \quad 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left[\frac{h}{t_w} \right]}$$

Atau

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$

$$\text{dengan } C_v = 1,10 \frac{\sqrt{k_n E / f_y}}{(h/t_w)}$$

$$- \quad 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w}$$

$$V_n = \frac{0,9 \times A_w \times k_n E}{(h/t_w)^2}$$

atau

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$

$$\text{dengan } C_v = 1,15 \frac{k_n E}{f_y \leq \left(\frac{h}{t_w} \right)^2}$$

Cek perbandingan tinggi terhadap tebal panel :

$$\frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

2.4.1.4 PERHITUNGAN SAMBUNGAN

- Sambungan baut

$$R_u \leq \phi R_n$$

Syarat kekuatan baut :

Kekuatan baut terhadap geser (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.1)

$$V_d = \phi_f r_1 f_u^b A_b$$

ϕ_f = faktor reduksi kekuatan untuk fraktur, 0,75

r_1 = untuk baut tanpa ulir pada bidang geser, 0,5

r_1 = untuk baut dengan ulir pada bidang geser, 0,4

f_u^b = tegangan tarik putus baut, 370 Mpa

A_b = luas penampang bruto baut pada daerah yang tak berulir

$$V_d = \phi_f r_1 f_u^b A_b$$

$$V_d = 0,75 \times 0,4 \times 370 \times 1/4 \times \pi \times 16^2 = 41846,01 \text{ N}$$

Kekuatan baut yang memikul tarik (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.2)

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f \times 0,75 f_u^b A_b$$

$$T_d = 0,75 \times 0,75 \times 370 \times 1/4 \times \pi \times 16^2 = 41846,01 \text{ N}$$

Kuat tumpu dalam lubang baut (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.4)

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \times \phi_f d_b t_p f_u$$

ϕ_f = faktor reduksi kekuatan untuk fraktur, 0,75

d_b = diameter baut nominal pada daerah tak berulir, 16 mm

t_p = tebal pelat, 7 mm

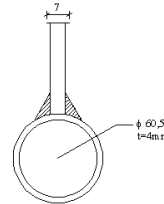
Dari ketiga nilai di atas diambil nilai terendah sebagai bahan perencanaan pendimensian sambungan dan jika tebal plat pengisi (t) $6 \text{ mm} < t < 20 \text{ mm}$, maka kuat geser nominal 1 baut yang ditetapkan harus dikurangi 15 % (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.5).

Sehingga :

$$R_u = 0,85 \phi R_n$$

$$\text{Jumlah baut} = n = \frac{N_u}{0,85 \phi R_n}$$

- Sambungan las



Gambar 2.5 Sambungan las pada profil pipa

Tabel 2.1 Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, t _w (mm)
$t \leq 7$	3
$7 \leq t \leq 10$	4
$10 \leq t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(SNI 03-1729-2002, tabel 13.5-1)

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung :

- a. $t_p < 6,4 \text{ mm}$ $t_{\text{maks}} = t_p$
- b. $t_p \geq 6,4 \text{ mm}$ $t_{\text{maks}} = t_p - 1,6 \text{ mm}$

Kuat las sudut : (SNI 03-1729-2002)

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \text{ (bahan las)}$$

Dimana :

$\phi_f R_{nw}$ = gaya terfaktor per satuan panjang las

ϕ_f = faktor reduksi kekuatan saat fraktur, 0,75

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa

f_{uw} = tegangan tarik putus bahan las, Mpa

t_t = tebal rencana las, mm

$$\text{Panjang las} = L_n = \frac{R_u}{\phi_f R_{nw}}$$

$$L_n \geq 4 t_t$$

$$L_{\text{bruto}} = L_n + 3 t_t$$

2.4.1.5 PERHITUNGAN IKATAN ANGIN

Dikarenakan pada SNI 03-1729-2002 tidak dijelaskan mengenai perencanaan bracing (ikatan angin) pada struktur atap (hanya ada pada bangunan struktur baja tahan gempa), maka referensi diambil dari PPBBI 1984.

Menurut PPBBI 1984 halaman 64, pada hubungan gording, ikatan angin harus dianggap ada gaya P yang arahnya sejajar sumbu gording yang besarnya :

$$P' = 0,01 P \text{ kuda-kuda} + 0,005 n.q.dk.dq$$

P kuda-kuda = gaya pada bagian tepi kuda-kuda di tempat gording itu

n = jumlah trave antara dua bentang ikatan angin

q = beban atap vertikal terbagi rata

dk = jarak antar kuda-kuda

dq = jarak antar gording

Pada bentang ikatan angin harus dipenuhi syarat :

$$\frac{h}{L} \geq \sqrt{\frac{0,25Q}{EA_{\text{tepi}}}} \text{ (PPBBI 1984 halaman 64)}$$

A_{tepi} = luas penampang bagian tepi kuda-kuda

h = jarak kuda-kuda pada bentang ikatan angin

L = panjang tepi atas kuda-kuda

Ikatan angin juga menerima beban Q

$$Q = n \cdot q \cdot dk \cdot L$$

n = jumlah trave antara dua bentang

q = beban atap vertikal terbagi rata

dk = jarak antar kuda-kuda

L = panjang tepi atas kuda-kuda

2.4.1.6 PERHITUNGAN TREKSTANG

Pemasangan trekstang antar gording pada tengah bentang gording, memberikan kekakuan tambahan pada gording terhadap sumbu y. Trekstang menahan gaya yang bekerja pada sumbu x. Jumlah trekstang yang digunakan adalah 1.

$$\omega = q_{Dy} \cdot \frac{Lk}{n} + P_y$$

$$q_{Dy} = q_D \cos \alpha$$

$$P_y = P \cos \alpha$$

$$\sigma = \frac{\omega}{A}$$

$$\sigma = \frac{\omega}{1/4\pi d^2}$$

akan diperoleh diameter trekstang (d).

cek

$$n \cdot d \leq 1/500 Lk \text{ (aman)}$$

2.4.1.7 PERHITUNGAN ANGKUR

Perhitungan didasarkan terhadap reaksi pada tumpuan tersebut dimana:

$$P = \sqrt{R_{AV}^2 + R_{AH}^2}$$

$$\text{Jumlah angkur} = \frac{P}{\phi V_n}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w \text{ (SNI 03-1729-2002, pasal 8.8.3)}$$

$$\tau_{batang} = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{P}{\tau_{ba \tan g}} = \text{cm}^2$$

$$A = \pi r.L$$

2.4.1.8 PERHITUNGAN PELAT LANDAS

Dasar perencanaannya diambil dari dimensi pelat landas (panjang dan lebar) akibat kebutuhan ruang penempatan angkur.

Sehingga :

$$f = \frac{P}{A} < f'_c$$

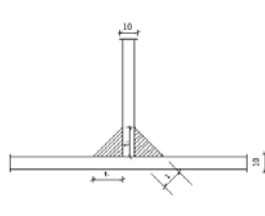
Dimana :

P = reaksi yang terjadi

A = Luas permukaan bidang pelat landas (panjang x lebar)

f'_c = mutu beton di bawah pelat landas

Perhitungan sambungan las pelat landas



Gambar 2.6 Sambungan las pada pelat landas

Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, tw (mm)
$t \leq 7$	3
$7 \leq t \leq 10$	4
$10 \leq t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(SNI 03-1729-2002, tabel 13.5-1)

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung :

a. $t_p < 6,4 \text{ mm}$ $t_{maks} = t_p$

b. $t_p \geq 6,4 \text{ mm}$ $t_{maks} = t_p - 1,6 \text{ mm}$

Kuat las sudut : (SNI 03-1729-2002)

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \text{ (bahan las)}$$

Dimana :

$$\phi_f R_{nw} \quad = \text{ gaya terfaktor per satuan panjang las}$$

$$\phi_f \quad = \text{ faktor reduksi kekuatan saat fraktur, } 0,75$$

$$f_u \quad = \text{ tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa}$$

$$f_{uw} \quad = \text{ tegangan tarik putus bahan las, Mpa}$$

$$t_t \quad = \text{ tebal rencana las, mm}$$

$$\text{Panjang las} = L_n = \frac{R_u}{\phi_f R_{nw}}$$

$$L_n \geq 4 t_t$$

$$L_{\text{bruto}} = L_n + 3 t_t$$

2.4.2 PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA RINGAN

Struktur rangka atap yang menggunakan baja ringan dianalisis berdasarkan konsep *ASD* (*Allowable Stress Design*). Konsep desain ini berarti bahwa setiap elemen struktur tidak boleh melewati batas tegangan ijin dari material baja ringan yang digunakan.

2.4.2.1 PEMBEBANAN

Kombinasi beban yang diberikan pada analisis struktur atap ini adalah :

Kombinasi I : Beban Mati + Beban Hidup

Kombinasi II : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin Kanan

Kombinasi II : Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin Kiri

Dengan menggunakan software diperoleh gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur.

2.4.2.2 KONTROL DIMENSI KUDA-KUDA

- Desain Lebar Efektif Elemen

Umum

Ketika rasio lebar, W , melebihi batas rasio lebar, W_{lim} , maka lebar elemen, w , dapat digantikan dengan lebar efektif. Lebar efektif digunakan untuk menentukan rasio lebar efektif, B . Rasio lebar efektif dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Kondisi 1 :} \quad W \leq W_{lim} \quad W = \text{rasio lebar} = \frac{w}{t}$$

$$B = W$$

$$B = \text{rasio lebar efektif} = \frac{b}{t}$$

$$\text{Kondisi 2 :} \quad W > W_{lim}$$

$$B = 0,95\sqrt{kE/f} \left[1 - \frac{0,208}{W} \sqrt{kE/f} \right]$$

$$W_{lim} = 0,644\sqrt{kE/f} \quad \text{dimana :} \quad k = 4$$

$$E = 203.000 \text{ MPa}$$

$$f = \frac{P}{A}$$

Elemen dengan beberapa pengaku

Untuk elemen tekan dengan beberapa elemen pengaku, baik itu yang diperkuat diantara badan dengan dua atau lebih pengaku atau diperkuat diantara badan dan tepi pengaku dengan satu atau lebih pengaku. Pengaku dapat diabaikan kalau pada tiap pengaku, $I_s \geq I_a$

dimana :

$$I_a = (4W - 26) t^4 \geq 18 t^4$$

$$I_s = 5 h t^3 [h/a - 0,7(a/h)] \geq (h/50)^4$$

, a = jarak antar pengaku

h = lebar badan elemen

t = tebal badan

Hal – hal yang perlu diperhatikan :

- a. Jika jarak dari pengaku diantara badan elemen sedemikian rupa sehingga rasio lebar, W , dari subelemen diantara pengaku lebih besar dari W_{lim} , hanya dua pengaku (yang terdekat dari tiap badan) yang diperhitungkan efektif.
- b. Jika jarak dari pengaku diantara badan elemen dan tepi pengaku sedemikian rupa sehingga rasio lebar, W , dari subelemen diantara pengaku lebih besar dari W_{lim} , hanya pengaku terdekat dari badan yang diperhitungkan efektif.
- c. Jika pengaku berjarak sangat dekat sehingga rasio lebar, W , dari semua subelemen diantara pengaku tidak melebihi W_{lim} , semua pengaku dapat diperhitungkan efektif. Dalam perhitungan rasio lebar, W_m , dan rasio lebar efektif dikurangi, B_r , dari semua elemen pengaku dapat diganti dengan elemen tanpa pengaku intermediate yang mana lebar, w_m , merupakan lebar antara badan atau dari badan sampai sisi pengaku dan ketebalan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_s = t \left[\frac{w_m}{2p} + \sqrt{\frac{3I_{sf}}{pt^3}} \right]^{1/3}$$

dimana :

I_{sf} = momen inersia penampang efektif elemen yang diperkuat termasuk pengaku intermediate.

p = panjang perimeter dari elemen beberapa pengaku, antar badan atau dari badan sampai sisi pengaku.

t = tebal profil

w_m = lebar antar badan atau dari badan sampai sisi pengaku.

$$W_m = w_m/t_s$$

Rasio lebar efektif dikurangi, B_r , dari elemen beberapa pengaku dihitung dengan menggunakan $W = W_m$, dan luas efektif dari elemen ini adalah $B_r t_s t$.

- d. Lebar efektif, b , dari elemen atau subelemen dihitung berdasarkan rasio lebar efektif dikurangi, B_r , dengan $b = B_r t$, dimana :

$$B_r = B \quad \text{ketika } W \leq 60$$

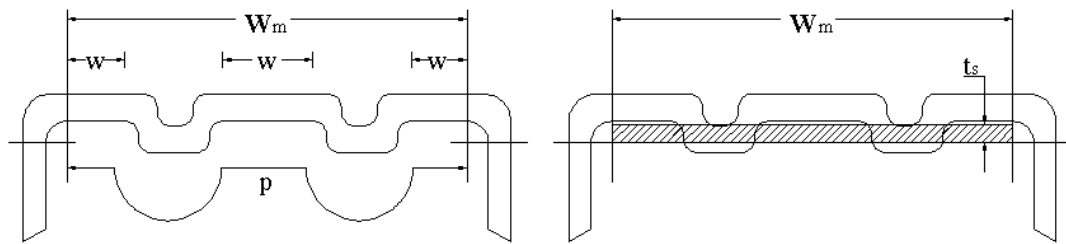
$$B_r = B - 0,1W + 6 \quad \text{ketika } W > 60$$

- e. Dalam perhitungan properties struktur batang efektif, luas dari elemen dengan beberapa pengaku dapat diganti dengan luas efektif dikurangi, A_r , dimana :

$$A_r = A_{fs} \quad \text{ketika } W \leq 60$$

$$A_r = (3 - 2B_r/W + B_r/30 - W/30)A_{fs} \quad \text{ketika } 60 < W \leq 90$$

$$A_r = (B_r/W)A_{fs} \quad \text{ketika } W > 90$$



Gambar 2.7 Elemen Dengan Beberapa Pengaku

- Batang Tarik

$$\text{Syarat : } \phi T_n \geq T_r$$

- Akibat pelelehan penampang bruto

$$\phi T_n = \phi A_g F_y = 0,9 A_g F_y$$

$$\phi T_n = \frac{\phi F_y}{(1/ A_g + e/ S_t)}$$

- Akibat retakan penampang netto

$$\phi T_n = \phi A_n F_u = 0,75 A_n F_u$$

$$\phi T_n = \frac{\phi_u F_u}{(1/ A_n + e/ S_{tn})}$$

Pilih ϕT_n terkecil (yang berpengaruh)

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan), yaitu 0,9 (akibat pelelehan penampang bruto) dan 0,75 (akibat retakan penampang netto)

F_y = tegangan leleh profil

- Fu = tegangan ultimate profil
- Ag = luas penampang bruto
- An = luas penampang netto = 0,85Ag
- Tn = kekuatan nominal batang tarik
- Tr = beban terfaktor batang tarik
- ϕT_n = kekuatan desain

- Batang Tekan

Syarat : $\phi C_n \geq C_r$

$\phi_a C_n = \phi_a A_e F_a = 0,9 A_e F_a$

Batas tegangan tekan, Fa, sebagai berikut :

- ketika $F_p > F_y/2$

$$F_a = F_y - \frac{(F_y)^2}{4F_p}$$

- ketika $F_p \leq F_y/2$

$$F_a = F_p$$

dimana :

Ae = luas penampang efektif

Fp = tegangan tekuk kritis

Fp = 0,833Fst atau 0,833Fe ; pilih yang terkecil

$$F_e = \pi^2 E / (KL/r)^2$$

$$F_{st} = \frac{1}{2\beta} \left[F_s + F_t - \sqrt{(F_s + F_t)^2 - 4\beta F_s F_t} \right]$$

$$F_s = \pi^2 E / (KL/r)^2$$

$$F_t = \frac{1}{A(r_o)^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$B = 1 - (x_o/r_o)^2$$

$$x_o = e + x$$

$$r_o = \sqrt{(r_x)^2 + (r_y)^2 + (x_o)^2}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3$$

C_w	=	$\frac{I_y h^2}{4}$
J	=	momen inersia torsi
C_w	=	konstanta puntir
r_o	=	jari – jari kelembaman polar
G	=	momen kelembaman torsi (78,000 Mpa)
KL/r	=	rasio kekakuan efektif
K	=	faktor panjang efektif
L	=	panjang elemen
r	=	jari – jari kelembaman

2.4.2.3 PERHITUNGAN SAMBUNGAN

Sambungan menggunakan sekrup. Berdasarkan CSA Standard ketebalan pelat penyambung tidak melebihi 4,5 mm. Dimensi lubang sekrup untuk diameter kurang dari 13 mm adalah (d + 1) dan untuk diameter lebih dari 13 mm adalah (d + 2).

Faktor resistensi geser :

$$V_r = \phi_c 0,6 A_b F_u = 0,67 * 0,6 A_b F_u$$

Faktor resistensi tarik :

$$T_r = \phi_c 0,75 A_b F_u = 0,67 * 0,75 A_b F_u$$

A_b = luasan sekrup

F_u = tegangan sekrup

Pilih yang terbesar (yang menentukan)

$$\text{Jumlah sekrup} = \frac{|S_i|}{P}$$

S_i = gaya batang i

P = gaya sekrup yang menentukan

Jarak sekrup :

Jarak antar sekrup tidak kurang dari 2,5d dan jarak sekrup ke tepi tidak kurang dari 1,5d.

d = diameter sekrup

