

# STUDI ANALISIS PENGARUH PERKUATAN SAMBUNGAN PADA STRUKTUR JEMBATAN RANGKA CANAI DINGIN TERHADAP LENDUTAN

Billy Wijaya Hidayatullah, Roland Martin Simatupang, Desy Setyowulan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167 Malang, 65145, Jawa Timur – Indonesia  
Email: alifalfiantoo@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Jembatan rangka baja canai dingin hanya diperuntukkan untuk pejalan kaki. Jembatan rangka merupakan sebuah jembatan yang terdiri dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan sendi hingga membentuk rangka segitiga yang akan mengalami tegangan akibat gaya tarik, gaya tekan, atau kadang-kadang keduanya jika terkena beban-beban dinamis. Material baja canai dingin atau *cold formed* adalah suatu komponen struktur yang terbuat dari lembaran-lembaran baja yang diproses dengan bentuk-bentuk profil tertentu menggunakan proses *press-braking* atau *roll forming*. Material baja ringan yang merupakan komponen yang tipis, ringan dan mudah dalam pengerjaan bila dibandingkan dengan material baja biasa (*hot rolled*).

Dalam studi ini akan dilakukan sebuah analisis jembatan rangka dengan material baja ringan canai dingin. Analisis yang akan dilakukan pada studi ini yaitu dengan menggunakan bantuan *software* SAP 2000. Dalam analisisnya terbatas pada 2 dimensi sehingga analisis yang dilakukan hanya pada struktur rangka batang tanpa ikatan angin dan struktur melintangnya. Terdapat 3 model rangka batang yang dianalisis yaitu struktur jembatan rangka tanpa perkuatan, struktur jembatan rangka dengan perkuatan 50 cm, dan struktur jembatan rangka dengan perkuatan 70 cm.

**Kata kunci:** jembatan rangka, perkuatan sambungan, canai dingin.

## ABSTRACT

Cold rolled steel truss bridge is reserved for pedestrians only. The bridge is a bridge framework consisting of rods connected by pin connection to form a triangular frame that will experience stress due to the tensile force, compressive force, or sometimes both when exposed to dynamic loads. Material cold rolled steel or cold formed is a structural component made of sheets of steel are processed forms of a specific profile using the press-braking or roll forming. Mild steel material which is a component that is thin, light and easy in progress when compared with the usual steel material (*hot rolled*).

This study will be an analysis of bridge frame with dingi rolled mild steel material. The analysis will be performed on this study is to use the help of SAP software 2000. In its analysis is limited to two dimensions so that the analysis is done only on the truss without bond wind and transverse structure. There are 3 models of trusses are analyzed without strengthening the framework bridge structure, bridge structure reinforcement frame by 50 cm, and the bridge structure reinforcement frame with 70 cm.

**.Keywords:** bridge framework, strengthening the connection, cold rolled.

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, yang dimaksud dengan jembatan adalah jalan yang terletak di atas permukaan air dan atau di atas permukaan tanah. Dari definisi jembatan tersebut dapat disimpulkan bahwa suatu jembatan merupakan infrastruktur yang berfungsi sebagai penghubung antar wilayah untuk melewati suatu hambatan seperti sungai, lembah, jurang, dan sebagainya. Sehingga diharapkan dapat mempercepat serta memperlancar laju program pembangunan diberbagai bidang.

Dan pada saat ini dengan seiringnya zaman material baja (*Hot Rolled*) telah digantikan oleh material baru yakni material baja ringan (*Cold Formed*). Dengan beberapa keunggulan, yaitu kuat namun ringan dibandingkan dengan material baja (*Hot Rolled*). Untuk saat ini, pemakaian baja ringan itu sendiri digunakan untuk rangka plafond, rangka atap, dan rangka bangunan.

Struktur baja ringan adalah komponen struktur yang terbuat dari lembaran baja yang di proses dengan bentuk-bentuk profil tertentu menggunakan proses *press-braking* atau *roll forming*. Pada pembuatan baja ringan suhu yang tinggi tidak diperlukan seperti halnya dalam pembuatan baja *hot rolled*, sehingga penyebutan baja ringan ini adalah *cold formed*. Pada umumnya baja *cold-formed* merupakan komponen yang ringan, tipis, mudah dalam pengerjaan dibandingkan dengan baja *hot-rolled* (Mutawalli, 2007).

Jembatan yang didesain tersebut digunakan untuk pejalan kaki sehingga beban yang dirancang tidak seberat jembatan baja. Dalam perakitan jembatan sebenarnya, dapat dipastikan terdapat beberapa sambungan dalam satu rangkaian struktur jembatan. Namun untuk analisis sambungan pada jembatan canai dingin tersebut masih belum banyak dibahas oleh, karena itu penulis ingin meneliti lebih lanjut mengenai analisis pengaruh perkuatan sambungan pada jembatan rangka canai dingin terhadap lendutan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Jenis-jenis jembatan

Jembatan merupakan salah satu sarana prasarana transportasi penunjang aktivitas sebuah daerah. Setiap daerah memiliki topografi dan geografi yang berbeda-beda sehingga penentuan jenis sebuah jembatan sangat dibutuhkan agar sesuai kebutuhan dan dapat memperlancar jalannya proses konstruksi. Menurut Siyoum (2007), jenis-jenis jembatan dapat diklasifikasikan dalam beberapa kriteria yang berbeda, yaitu:

1. Klasifikasi berdasarkan fungsi:
  - Jembatan Jalan Raya (*Highway Bridge*)
  - Jembatan Pejalan Kaki (*Pedestrian Bridge*)
    - Jembatan Jalan Kereta Api (*Rail-Road Brodge*)
    - Jembatan Untuk Saluran Air (*Waterway Bridge*)
2. Klasifikasi berdasarkan material yang digunakan:
  - Jembatan Baja (*Steel Bridge*)
  - Jembatan Beton (*Concrete Bridge*)
  - Jembatan Beton Prategang (*Prestressed Concrete Bridge*)
  - Jembatan Kayu (*Wood Bridge*)
  - Jembatan Komposit (*Compicite Bridge*)
  - Jembatan Pasangan Batu Kali atau Bata
3. Klasifikasi berdasarkan letak lantai jembatan:
  - *Deck Bridge*
  - *Through Bridge*
  - *Semi Through Bridge*
4. Klasifikasi berdasarkan sistem struktur:
  - Jembatan Plat Beton (*Slab Bridge*)
  - Jembatan Gelagar T-beam
  - Jembatan Rangka (*Truss Bridge*)
  - Jembatan Komposit (*Composite Bridge*)
  - Jembatan Suspensi (*Suspension Bridge*)

### Jembatan Rangka

Jembatan rangka merupakan sebuah jembatan yang terdiri dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan sendi hingga membentuk rangka segitiga yang akan mengalami tegangan akibat gaya tarik, gaya tekan, atau kadang-kadang keduanya jika terkena beban-beban dinamis.

Struktur rangka batang tersusun atas tiga batang lurus yang saling terhubung dan ujung-ujungnya membentuk suatu pola segitiga. Susunan segitiga ini menghasilkan struktur yang stabil sehingga tidak akan mengalami perubahan bentuk apabila menerima beban tetap. Deformasi yang terjadi pada struktur yang stabil ini adalah minor dan diasosiasikan dengan perubahan panjang batang akibat gaya dalam batang tersebut yang diakibatkan oleh beban luar. Selain itu juga struktur ini tidak mengalami perubahan sudut diantara dua batang. Rangka batang tidak mengalami momen

lentur, namun akan menghasilkan gaya dalam batang berupa gaya normal yang terdiri atas gaya tarik dan gaya tekan akibat beban yang diterima. (Schodek, 1998).

**Konstruksi Baja Canai Dingin**

**Komponen struktur yang menerima aksial tarik**

Mendesain sebuah komponen struktur yang menerima gaya aksial tarik ( $N^*$ ) harus memenuhi syarat berikut ini yang sesuai dengan peraturan SNI 7971-2013 tentang struktur baja ringan

$$N^* \leq \phi_t N_t \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

$\phi_t$  adalah faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik ( $\phi_t = 0,9$ )

$N_t$  adalah kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik.

Untuk menghitung kapasitas nominal penampang dari sebuah komponen struktur tarik maka diambil nilai terkecil dari (SNI 7971-2013):

$$N_t = A_g f_y \dots\dots\dots(2-3) \text{ dan}$$

$$N_t = 0,85 k_t A_n f_u \dots\dots\dots(2-4)$$

Keterangan:

$A_g$  adalah luas bruto penampang.

$f_y$  adalah tegangan leleh yang digunakan dalam desain.

$k_t$  adalah faktor koreksi untuk distribusi gaya.

$A_n$  adalah luasan netto penampang, diperoleh dengan mengurangi luas bruto penampang dengan luas penampang penetrasi dan lubang termasuk lubang pengencang.

$$A_n = A_g - 2. d_f. t \dots\dots\dots(2-5)$$

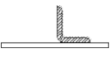
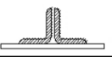
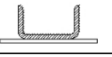

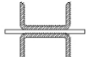
$d_f$  adalah diameter sekrup

$t$  adalah tebal profil

$f_u$  adalah kekuatan tarik yang digunakan dalam desain.

Untuk menentukan nilai  $k_t$  dapat dilihat pada tabel 1 yang ada di bawah ini.

Tabel 1 Faktor koreksi ( $k_t$ ) untuk elemen yang diarsir

Kasus konfigurasi	Faktor koreksi ( $k_t$ )
(i) 	0,75 untuk siku tidak sama kaki yang dihubungkan pada kaki pendeknya 0,85 untuk kasus lainnya
(ii) 	Seperti kasus (i)
(iii) 	0,85
(iv) 	1,0
(v) 	1,0

**Komponen struktur yang menerima aksial tekan**

Mendesain sebuah komponen struktur yang menerima gaya aksial tekan ( $N^*$ ) harus memenuhi syarat berikut ini (SNI 7971-2013):

$$N^* \leq \phi_c N_s \dots\dots\dots(2-6)$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \dots\dots\dots(2-7)$$

Keterangan:

$\phi_c$  adalah faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur dalam tekan.

$N_s$  adalah kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan  $= A_e f_y$

$\phi_c$  adalah luas efektif saat tegangan leleh ( $f_y$ )

$N_c$  adalah kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan.  $= A_e f_n$

$f_n$  adalah tegangan kritis, harus ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 1,5 : f_n = (0,658 \lambda_c^2) f_y \dots\dots\dots(2-8)$$

$$\text{Untuk } \lambda_c > 1,5 : f_n = (0,877 / \lambda_c^2) f_y \dots\dots\dots(2-9)$$

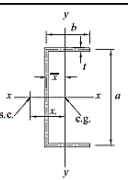
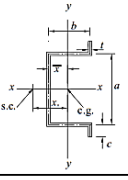
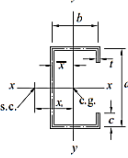
$\lambda_c$  adalah kelangsingan nondimensi yang digunakan untuk menentukan  $f_n$

$$= \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} \dots\dots\dots(2-10)$$

$f_{oc}$  adalah nilai terkecil dari tegangan tekuk lentur, torsi dan lentur-torsi elastis.

Untuk mencari jarak pusat geser ( $y_0$ ;  $x_0$ ) dapat dilihat pada SNI 7971 pasal E yang disesuaikan dengan profil yang ada yaitu

Tabel 2 Rumus mencari jarak pusat geser

Penampang	$\bar{x}$	$x_0$
	$\frac{b^2}{a+2b}$	$\frac{b^2}{a+2b} + \frac{3b^2}{6b+a}$
	$\frac{b(b+2c)}{a+2b+2c}$	$\frac{bt(b+2c)}{A} + \frac{bt}{12I_x} (6ca^2 + 3ba^2 - bc^3)$
	$\frac{b(b+2c)}{a+2b+2c}$	$\frac{bt(b+2c)}{A} + \frac{bt}{12I_x} (6ca^2 + 3ba^2 - bc^3)$

Nilai radius girasi ( $r_{oi}$ ) pada penampang terhadap pusat geser yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(10) :

$$r_{oi} = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2} \dots\dots\dots(2-11)$$

Keterangan:



$r_x, r_y$  adalah radius girasi penampang terhadap sumbu x dan y

$x_0, y_0$  adalah koordinat pusat geser penampang  
 Nilai konstanta puntir terhadap lengkung untuk penampang dalam peraturan SNI 7971 pasal E2 yang disesuaikan dengan bentuk profil yaitu

$$m = \frac{a^2 \cdot b^2 \cdot t}{I_x} \cdot \left( \frac{1}{4} + \frac{c}{2 \cdot b} + \frac{2 \cdot c^3}{3 \cdot a^2 \cdot b} \right) \dots \dots \dots (2-12)$$

$$I_w = \frac{b^2 \cdot t}{6} \cdot (4 \cdot c^3 + 6 \cdot a \cdot c^2 + 3 \cdot a^2 \cdot c + a^2 \cdot b) \cdot m^2 \cdot I_x \dots \dots \dots (2-13)$$

Keterangan :

- a adalah tinggi profil penampang (mm)
- b adalah lebar profil penampang (mm)
- c adalah tinggi sayap profil penampang (mm)
- t adalah tebal profil penampang (mm)

Nilai konstanta torsi ( $J$ ) untuk penampang yang sesuai dengan Peraturan SNI pasal E1 yaitu

$$J = \sum \frac{t^3 b}{3} \dots \dots \dots (2-14)$$

Tegangan tekuk elastis ( $f_{0x}$ ) arah x pada struktur yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(14) :

$$f_{0x} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l/r_x)^2} \dots \dots \dots (2-15)$$

Keterangan:

- E adalah modulus elastisitas profil ( $2 \times 10^5$  Mpa)
- l adalah panjang efektif untuk tekuk (mm)
- $r_x$  adalah radius girasi penampang terhadap sumbu x (mm)

Tegangan tekuk elastis ( $f_{0z}$ ) arah z pada struktur tekan yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(12) :

$$f_{0z} = \frac{G \cdot J}{A \cdot r_{o1}^2} \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{G \cdot J \cdot l^2} \right) \dots \dots \dots (2-16)$$

Keterangan :

- G adalah modulus elastisitas geser ( $80 \times 10^3$  Mpa)
- J adalah konstanta torsi untuk penampang
- E adalah modulus elastisitas profil ( $2 \times 10^5$  Mpa)
- A adalah luasan profil ( $mm^2$ )
- $r_{o1}$  adalah nilai radius girasi (mm)
- $I_w$  adalah konstanta puntir lengkung untuk penampang

Tegangan tekuk lateral ( $f_{oc}$ ) pada struktur yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.4.3 yaitu

$$f_{oc} = \frac{1}{2\beta} [(f_{ox} + f_{oz}) - \sqrt{(f_{ox} + f_{oz})^2 - 4\beta \cdot f_{ox} \cdot f_{oz}}] \dots \dots (2-17)$$

Keterangan:

$f_{ox}$  adalah tegangan tekuk elastis arah x

$f_{oz}$  adalah tegangan tekuk elastis arah z

$$\beta \text{ didapat dengan rumus } \beta = 1 - \left( \frac{x_0}{r_{o1}} \right)^2 \quad (2-18)$$

$x_0$  adalah jarak pusat geser arah x

$r_{o1}$  adalah nilai radius girasi

**Komponen pada sambungan**

Dalam komponen sambungan terdapat beberapa syarat jarak minimal yang harus dilakukan yaitu

- Persyaratan umum  
 $3,0 \text{ mm} \leq d_f \leq 7,0 \text{ mm}$
- Sambungan sekrup dalam geser ( sesuai SNI pasal 5.4.2.1 ) :  
 Jarak minimum :  
 $Jarak (\text{pusat} - \text{pusat}) > 3 \cdot d_f$   
 Jarak tepi :  
 $Jarak (\text{pusat} - \text{tepi}) > 3 \cdot d_f$
- Sambungan sekrup dalam tarik ( sesuai SNI pasal 5.4.3.1 )  
 Jarak minimum :  
 $Jarak (\text{Pusat} - \text{tepi}) > 3 \cdot d_f$

a. Analisis sambungan dalam geser

1. Tarik pada bagian tersambung  
 Kapasitas tarik ( $N_t^*$ ) dari sambungan sekrup dalam geser ( SNI pasal 5.4.2.2)  
 $N_t^* \leq \phi N_t \dots \dots \dots (2-19)$

Keterangan:

$\phi$  adalah faktor reduksi kapasitas sambungan sekrup dalam tarik ( $\phi = 0,65$ )

$$N_t = A_n \cdot f_u \dots \dots \dots (2-20)$$

$A_n$  adalah Luasan netto profil

$f_u$  adalah kekuatan tarik yang digunakan dalam desain.

2. Analisis miring dan tumpu lubang

Gaya tumpu desain ( $V_b^*$ ) pada satu sekrup ( SNI pasal 5.4.2.3(1) ) :

$$V_b^* \leq \phi \cdot V_b \dots \dots \dots (2-21)$$

Keterangan:

$\phi$  adalah faktor reduksi kapasitas sekrup yang menerima miring dan tumpu lubang ( $\phi = 0,5$ )

$V_b$  adalah kapasitas tumpu nominal bagian tersambung.

Apabila dalam sambungan geser tunggal digunakan sekrup dan kedua lembaran yang tersambung saling kontak maka digunakan syarat sebagai berikut:

- a) Untuk  $t_2/t_1 = 1,0$  maka harus diambil nilai terkecil dari berikut:

$$1) V_b = 4,2 \sqrt{(t_2^3 \cdot d_f) \cdot f_{u2}} \dots \dots \dots (2-22)$$

$$2) V_b = C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1} \dots \dots \dots (2-23)$$

- 3)  $V_b = C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u2}$  .....(2-24)
- b) Untuk  $t_2/t_1 \geq 2,5$  maka harus diambil nilai terkecil dari berikut:
- 1)  $V_b = 2,7t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1}$  .....(2-25)
  - 2)  $V_b = 2,7t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2}$  .....(2-26)
- c) Untuk  $1,0 \leq t_2/t_1 \leq 2,5$  maka harus ditentukan dengan cara interpolasi linier antara nilai kecil dari persamaan (i) hingga persamaan(iii) dan nilai terkecil dari persamaan (iv) dan persamaan (v).

Keterangan:

- $t_1$  adalah tebal lembaran yang kontak dengan kepala sekrup
- $t_2$  adalah lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup
- $d_f$  adalah diameter sekrup nominal
- $f_{u1}$  adalah kekuatan tarik lembaran yang kontak dengan kepala sekrup
- $f_{u2}$  adalah kekuatan tarik lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup
- C adalah faktor tumpu (lihat tabel 3)

Tabel 3 Faktor Tumpu (C)

Rasio diameter pengencang dan ketebalan komponen struktur	Faktor Tumpu (C)
$d_f/t < 6$	2,7
$6 \leq d_f/t \leq 13$	$3,3 - 0,1 (d_f/t)$
$d_f/t > 13$	2,0

- Geser sambungan  
 Dalam mendesain sekrup harus dihitung geser sambungan yang dibatasi jarak ujung yang sesuai dengan SNI pasal 5.4.2.4 yaitu

$$V_{fv}^* \leq \phi \cdot V_{fv} \text{ .....(2-27)}$$

Dimana,  $\phi$  didapat jika

$$f_u/f_y \geq 1,08 \text{ maka } \phi = 0,7$$

$$f_u/f_y < 1,08 \text{ maka } \phi = 0,6$$

$$V_{fv} \text{ didapat dari } V_{fv} = t \cdot e \cdot f_u \text{ .....(2-28)}$$

Keterangan :

- t adalah tebal bagian yang jarak ujungnya diukur.
- e adalah jarak yang diukur pada garis gaya dari pusat lubang standar ke ujung terdekat bagian tersambung

3. Sambungan sekrup dalam tarik

Untuk jarak dari pusat sekrup ke setiap tepi tidak boleh kurang dari 3  $d_f$ .

- Cabut dan tembus

Didalam SNI pasal 5.4.3.2(1) hanya berlaku untuk sambungan sekrup dalam tarik yang kedua lembaran saling kontak pada titik pengencangan

Gaya tarik desain ( $N_t^*$ ) pada sekrup harus memenuhi sebagai berikut

$$N_t^* \leq \phi \cdot N_t \text{ .....(2-29)}$$

Keterangan:

$$\phi = 0,5$$

$N_t$  adalah kapasitas nominal sambungan dalam tarik.

Dimana, kapasitas nominal ( $N_t$ ) diambil nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$N_t = 0,85 \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \text{ untuk } t_2 > 0,9 \text{ mm .....(2-30)}$$

$$N_t = 1,5 \cdot t_1 \cdot d_w \cdot f_{u1} \text{ untuk } 0,5 < t_1 < 1,5 \text{ mm .....(2-31)}$$

Keterangan :

$d_w$  adalah diameter kepala baut dan diameter ring yang lebih besar tetapi tidak lebih besar dari 12,5 mm.

- Kapasitas tarik desain ( $N_t^*$ ) pada sekrup  
 $N_u = \text{Jumlah sekrup} \cdot N_t^* \text{ .....(2-32)}$

**Batasan Dimensi**

Dalam mendesain sebuah profil tentunya ada batasan-batasan agar tidak mengalami kegagalan pada profil seperti tekuk pada profil. Sesuai yang ada di peraturan SNI 7971:2013 tentang struktur baja canai dingin.

**Rasio maksimum antara lebar-rata terhadap ketebalan**

Sesuai dengan SNI pasal 2.1.3.1 disebutkan bahwa rasio maksimum antara lebar-rata terhadap ketebalan ( $b/t$ ) harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- (a) Untuk elemen tekan dengan pengaku yang mempunyai satu tepi longitudinal yang terhubung dengan pelat badan atau sayap dan elemen lain yan diperkaku oleh:
  - (i) Lip sederhana .....60; dan
  - (ii) Bentuk-bentuk pengaku lain dengan ketentuan :
    - (A)  $I_s < I_a$ ..... 60; dan
    - (B)  $I_s \geq I_a$ ..... 90
- (b) Untuk elemen tekan dengan pengaku dimana kedua tepi longitudinalnya terhubung ke elemen lain yang diperkaku..... 500.
- (c) Untuk elemen tekan tanpa pengaku..... 60.



### Rasio maksimum tinggi badan dan ketebalan

Rasio maksimum tinggi badan dan ketebalan ( $d_1/t_w$ ) untuk omponen struktur lentur tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut in:

- (a) Untuk pelat badan tanpa pengaku:  $d_1/t_w$  ..... 200.
- (b) Untuk elat badan dengan pengaku transversal yang memenuhi syarat pasal 3.3.8.1 :
  - (i) jika hanya menggunakan pengaku tumpu:  $d_1/t_w$  ..... 260; dan
  - (ii) jika menggunakan pengaku tumpu dan pengaku antara :  $d_1/t_w$  ..... 300.

### Alat sambung

Sambungan sekrup (gaya tarik)

Gaya tarik desain ( $N_t^*$ ) pada penampang neto harus memenuhi (SNI 7971-2013):

$$N_t^* \leq \phi N_t \text{ .....(2-33)}$$

Keterangan:

$\phi$  adalah faktor reduksi kapasitas sambungan sekrup dalam tarik. ( $\phi = 0,65$ )

$N_t$  adalah kapasitas tarik nominal penampang neto bagian tersambung

$= (2,5 d_f / S_f) A_n f_u \leq A_n f_u \rightarrow$  untuk sekrup tunggal, atau satu baris sekrup tegak lurus gaya

$= A_n f_u \rightarrow$  untuk sekrup majemuk segaris dengan gaya

$d_f$  adalah diameter sekrup nominal.

$S_f$  adalah jarak sekrup tegak lurus garis gaya; atau lebar lembaran pada kasus sekrup tunggal.

$A_n$  adalah luas neto bagian tersambung.

### Sambungan sekrup (gaya geser)

Gaya geser desain harus memenuhi syarat sebagai berikut (SNI 7971-2013):

$$V_{fv}^* \leq \phi V_{fv} \text{ .....(2-34)}$$

Jika  $f_u/f_y \geq 1,08, \phi = 0,7$

Jika  $f_u/f_y < 1,08, \phi = 0,6$

Jika jarak ke suatu tepi bagian tersambung sejajar dengan garis gaya yang bekerja, gaya geser nominal harus dihitung sebagai berikut (SNI 7971-2013):

$$V_{fv} \leq t e f_u \text{ .....(2-35)}$$

Keterangan

$t$  adalah tebal bagian yang jarak ujungnya diukur.

$e$  adalah jarak yang diukur pada garis gaya dari pusat lubang standar ke ujung terdekat bagian tersambung

## METODE PENELITIAN

### Tahapan Pembahasan

Langkah-langkah untuk menganalisis pengaruh kekuatan sambungan pada struktur jembatan rangka canai dingin terhadap lendutan antara lain:

### Penentuan model Struktur jembatan

Dalam menentukan model struktur rangka baja ringan (*Cold Formed*) telah ditetapkan dari awal dengan dimensi tinggi 60 cm dan panjang 4 meter. Model struktur tersebut dibagi menjadi 4 segmen dan terdapat 3 model struktur rangka 2 dimensi. Pemodelan struktur rangka dapat dilihat pada gambar 1 hingga gambar 3

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sesuai peraturan yang berlaku dan sesuai dengan yang terdapat di pasaran seperti dimensi profil rangka baja ringan (*Cold Formed*), mutu profil dan lain-lain

### Perhitungan Pembebanan

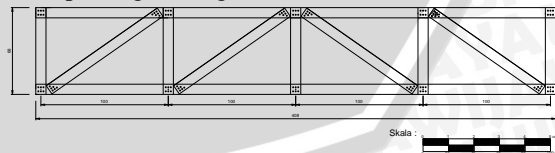
Untuk perhitungan pembebanan dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku dan mendekati dengan kondisi sebenarnya seperti beban pejalan kaki, berat sendiri dan lain-lain.

### Analisis Data

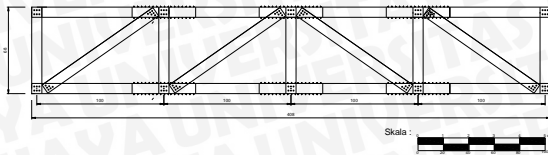
Langkah awal yang akan dilakukan dalam menganalisis data adalah menghitung kapasitas profil untuk mengetahui seberapa besar kemampuan profil menahan beban yang sesuai peraturan SNI-7971 tentang struktur canai dingin. Langkah selanjutnya adalah menganalisis menggunakan SAP 2000 untuk mengetahui lendutan serta gaya dalam struktur rangka tersebut. Lalu cek lendutan tersebut dengan lendutan izin yang berlaku.

### Kesimpulan dan saran

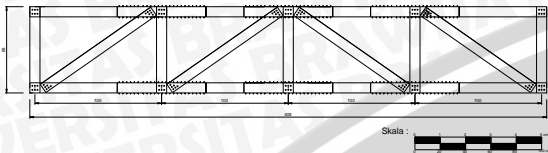
Menarik kesimpulan dari seluruh analisis tersebut dan memberikan suatu saran bagi yang berkepentingan dengan studi ini.



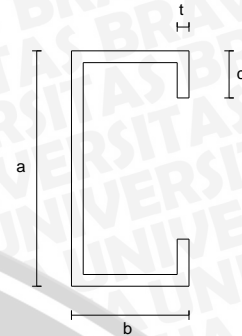
Gambar 1 Model 1 Tanpa Sambungan



Gambar 2 Model 2 Dengan Sambungan panjang 50cm



Gambar 3 Model 3 Dengan Sambungan panjang 70cm



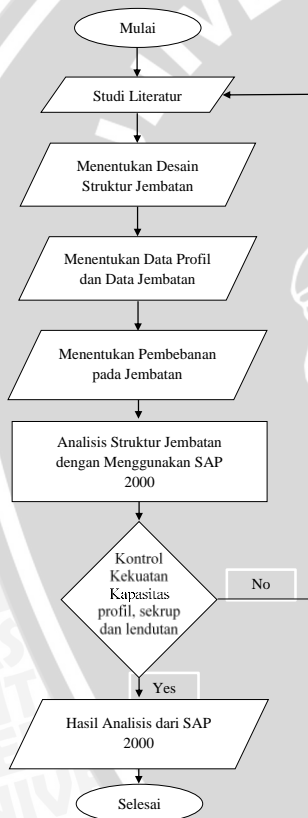
## PEMBAHASAN

### Data Bahan Baja Ringan Profil C 80.35.0,75.0,75

#### Data Profil :

Tinggi Profil	: 80	mm
Lebar Profil	: 35	mm
Tebal Profil	: 0,75	mm
Luas Profil	: 123,4795	mm <sup>2</sup>
Momen Inersia arah x ( I <sub>x</sub> )	: 126593,9	mm <sup>4</sup>
Momen Inersia arah y ( I <sub>y</sub> )	: 21345,092	mm <sup>4</sup>
Area Geser arah y ( A <sub>y</sub> )	: 57,375	mm <sup>2</sup>
Area Geser arah z ( A <sub>z</sub> )	: 47,25	mm <sup>2</sup>
Section Modulus arah x ( S <sub>x</sub> )	: 3164,8474	mm <sup>3</sup>
Section Modulus arah y ( S <sub>y</sub> )	: 899,0847	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus arah x ( Z <sub>x</sub> )	: 3164,8474	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus arah y ( Z <sub>y</sub> )	: 899,0847	mm <sup>3</sup>
Radius of Gyration arah x ( r <sub>x</sub> )	: 32,0191	mm
Radius of Gyration arah y ( r <sub>y</sub> )	: 13,1478	mm
Mutu Bahan G550 f <sub>u</sub>	: 550	MPa
f <sub>y</sub>	: 550	Mpa

## Flowchart



## 4.2 Analisis Kapasitas Penampang

### 4.2.1 Kapasitas Tarik

- Luas bruto penampang (A<sub>g</sub>)  
 $A_g = 123,4795 \text{ mm}^2$
- Kekuatan tarik untuk desain ( SNI 7971 pasal 1.5.1.4 (b)):  
 $f_u = 550 \text{ MPa}$
- Tegangan leleh untuk desain ( SNI 7971 pasal 1.5.1.4 (b)):  
 $f_y = 90\% \times f_u$   
 $= 0,9 \times 550$   
 $= 495 \text{ MPa}$
- Syarat desain Tarik (SNI 7971 Pasal 3.2.1) :  
 $N_t^* \leq \phi N_t$  .....(2-2)  
 $N_t = A_g \cdot f_y$  .....(2-3)  
 $= 123,4795 \cdot 495$   
 $= 61122,3525 \text{ N}$   
 $A_n = A_g - 2 \cdot d_f \cdot t$ .....(2-5)  
 $= 123,4795 - (2 \cdot 4,8 \cdot 0,75)$   
 $= 116,2795 \text{ mm}^2$   
 $N_t = 0,85 k_t A_n f_u$ .....(2-4)  
 $= 0,85 \cdot 0,85 \cdot 116,2795 \cdot 550$

$$= 46206,5663 \text{ N}$$

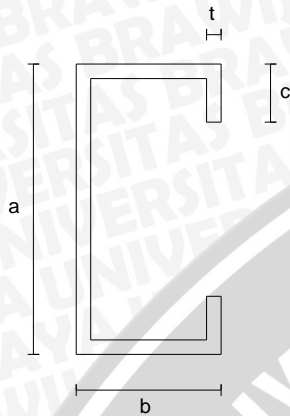
$$N_t^* \leq \phi_t N_t \dots\dots\dots(2-2)$$

$$\leq 0,9 \cdot 46206,5663$$

$$\leq 41585,91 \text{ N}$$

» Maka **nilai kapasitas tarik maksimum** untuk baja ringan tersebut adalah **41585,91 N**

**4.2.2 Kapasitas Tekan**



Diketahui :

bf	= 35	mm
a	= 80	mm
b	= 35	mm
c	= 10	mm
Ix	= 126593,9	mm <sup>2</sup>
A	= 123,4795	mm <sup>2</sup>
t	= 0,75	mm
rx	= 32,0191	mm
ry	= 13,1478	mm
l	= 1000	mm

Sesuai peraturan SNI 7971 pasal 1.5.1.4 maka nilai  $f_y$  sebesar 90% dari nilai yang sebenarnya maka

$$f_y = 550 \times 90\%$$

$$= 495 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 550 \text{ Mpa}$$

- Mencari nilai jarak pusat geser ( $y_0 ; x_0$ ) yang sesuai dengan peraturan SNI tabel E1 :

$$y_0 = 0 \text{ mm}$$

$$x_0 = \frac{b \cdot t \cdot (b+2c)}{A} + \frac{b \cdot t}{12 \cdot I_x} (6 \cdot c \cdot a^2 + 3 \cdot b \cdot a^2 - b \cdot c^3)$$

$$= \frac{35 \cdot 0,75 \cdot (35 + 2 \cdot 10)}{123,4795}$$

$$+ \frac{35 \cdot 0,75}{12 \cdot 126593,9} (6 \cdot 10 \cdot 80^2 + 3 \cdot 35 \cdot 80^2 - 35 \cdot 10^3)$$

$$= 29,335 \text{ mm}$$

- Mencari nilai radius girasi ( $r_{01}$ ) pada penampang terhadap pusat geser yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(10) :

$$r_{01} = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2} \dots\dots\dots(2-11)$$

$$= \sqrt{32,0191^2 + 13,1478^2 + 29,335^2 + 0^2}$$

$$= 45,372 \text{ mm}$$

- Mencari nilai konstanta puntir terhadap lengkung untuk penampang dalam peraturan SNI pasal E2 :

$$m = \frac{a^2 \cdot b^2 \cdot t}{I_x} \cdot \left( \frac{1}{4} + \frac{c}{2b} + \frac{2 \cdot c^3}{3 \cdot a^2 \cdot b} \right) \dots\dots\dots(2-12)$$

$$m = \frac{80^2 \cdot 35^2 \cdot 0,75}{126593,9} \cdot \left( \frac{1}{4} + \frac{10}{2 \cdot 35} + \frac{2 \cdot 10^3}{3 \cdot 80^2 \cdot 35} \right)$$

$$m = 18,386$$

$$I_w = \frac{b^2 \cdot t}{6} \cdot (4 \cdot c^3 + 6 \cdot a \cdot c^2 + 3 \cdot a^2 \cdot c + a^2 \cdot b) \cdot m^2 \cdot I_x \dots\dots\dots(2-13)$$

$$I_w = \frac{35^2 \cdot 0,75}{6} \cdot (4 \cdot 10^3 + 6 \cdot 80 \cdot 10^2 + 3 \cdot 80^2 \cdot 10 + 80^2 \cdot 35) \cdot 18,386^2 \cdot 126593,9$$

$$I_w = 3,067 \cdot 10^{15}$$

- Mencari nilai konstanta torsi ( $J$ ) untuk penampang yang sesuai dengan Peraturan SNI pasal E1 (dalam catatan pasal E1) :

$$J = \sum \frac{t^3 b}{3} \dots\dots\dots(2-14)$$

$$= \frac{t^3 \cdot (b_f + d_1)}{3}$$

$$= \frac{0,75^3 \cdot (35 + 10)}{3}$$

$$= 6,328$$

- Perhitungan tegangan tekuk elastis ( $f_{0x}$ ) arah x pada struktur yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(14) :

$$f_{0x} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l/r_x)^2} \dots\dots\dots(2-15)$$

$$f_{0x} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(1000/32,0191)^2}$$

$$f_{0x} = 2023,709 \text{ MPa}$$

- Perhitungan tegangan tekuk elastis ( $f_{0z}$ ) arah z pada struktur tekan yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.3.3.2(12) :

$$f_{0z} = \frac{G \cdot J}{A \cdot r_{01}^2} \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{G \cdot J \cdot l^2} \right) \dots\dots\dots(2-16)$$

$$f_{0z} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 6,328}{123,4795 \cdot 45,372^2} \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3,067 \cdot 10^{15}}{8 \cdot 10^4 \cdot 6,328 \cdot 1000^2} \right)$$

$$f_{0z} = 2,382 \cdot 10^{10} \text{ Mpa}$$

- Perhitungan tegangan tekuk lateral ( $f_{oc}$ ) pada struktur yang sesuai dengan peraturan SNI pasal 3.4.3 :

$$\beta = 1 - \left( \frac{x_0}{r_{01}} \right)^2 \dots\dots\dots(2-18)$$





$$= 1 - \left( \frac{29,335}{45,372} \right)^2$$

$$= 0,582$$

$$f_{oc} = \frac{1}{2\beta} [(f_{ox} + f_{oz}) - \sqrt{(f_{ox} + f_{oz})^2 - 4\beta \cdot f_{ox} \cdot f_{oz}}] \dots\dots(2-17)$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 0,582} [ (2023,709 + 2,382 \cdot 10^{10}) - \sqrt{(2023,709 + 2,382 \cdot 10^{10})^2 - 4 \cdot 0,582 \cdot 2023,709 \cdot 2,382 \cdot 10^{10}} ]$$

$$= 2023,709 \text{ MPa}$$

$$f_{oc} = f_{oxz} = \frac{f_{oz} \cdot f_{ox}}{(f_{oz} + f_{ox})}$$

$$= \frac{(2,382 \cdot 10^{10} \cdot 2023,709)}{(2,382 \cdot 10^{10} + 2023,709)}$$

$$= 2023,709 \text{ MPa}$$

» Maka **nilai tegangan tekuk lateral ( f<sub>oc</sub> )** yang diambil adalah **2023,709 MPa**

- Perhitungan untuk mencari nilai tegangan kritis ( f<sub>n</sub> )

- Perhitungan rasio kelangsingan
 
$$\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} = \sqrt{\frac{495}{2023,709}} = 0,4946 \dots(2-10)$$

Dengan nilai  $\lambda_c \leq 1,5$  maka persamaan untuk mencari nilai tegangan kritis ( f<sub>n</sub> ) sesuai dengan SNI pasal 3.4.1(5) adalah

$$f_n = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y \dots\dots\dots(2-8)$$

$$f_n = (0,658^{0,4946^2}) \cdot 495$$

$$f_n = 446,826 \text{ MPa}$$

- Mencari nilai kapasitas tekan ( N\* ) sesuai SNI pasal 3.4.1

- Perhitungan luas efektif
 
$$A_e = A_n - 2 (d_f \cdot t_f)$$

$$A_e = 123,4795 - 2 (4,8 \cdot 0,75)$$

$$A_e = 116,2795 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas penampang nominal ( N<sub>s</sub> ) dalam komponen struktur tekan
 
$$N_s = A_e \cdot f_y$$

$$N_s = 116,2795 \cdot 495$$

$$N_s = 57558,3525 \text{ N}$$

- Kapasitas komponen struktur nominal ( N<sub>c</sub> ) dari komponen struktur dalam tekan
 
$$N_c = A_e \cdot f_n$$

$$= 116,2795 \cdot 446,826$$

$$= 51956,704 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai kapasitas dari komponen struktur tekan. Sehingga perhitungan untuk kapasitas nominal desain dari struktur tekan tersebut yaitu :

$$N^* \leq \phi_c \cdot N_s \dots\dots\dots(2-6)$$

$$\leq 0,85 \cdot 57558,3525$$

$$\leq 48924,6 \text{ N}$$

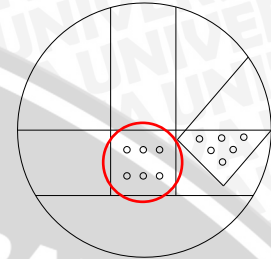
$$N^* \leq \phi_c \cdot N_c \dots\dots\dots(2-7)$$

$$\leq 0,85 \cdot 51956,704$$

$$\leq 44163,198 \text{ N}$$

» Maka **nilai kapasitas tekan nominal penampang** adalah **44163,198 N**

**Analisis Sambungan Sekrup**  
**Sambungan 6 Sekrup**



- Diketahui :
- Diameter sekrup : 4,8 mm
  - Diameter kepala ring dan sekrup : 12,192 mm
  - Kapasitas tegangan leleh ( f<sub>y</sub> ) : 550 Mpa
  - Kapasitas tegangan tarik ( f<sub>u</sub> ) : 550 · 90% = 495 Mpa
  - Perhitungan luas profil : 123,4795 mm<sup>2</sup>

**Pemeriksaan jarak**

- Persyaratan umum ( sesuai SNI pasal 5.4.1 ) :
  - $3,0 \text{ mm} \leq d_f \leq 7,0 \text{ mm}$
  - $3,0 \text{ mm} \leq 4,8 \leq 7,0 \text{ mm}$
- Sambungan sekrup dalam geser ( sesuai SNI pasal 5.4.2.1 ) :
  - Jarak minimum ( Pusat - pusat ) :  $32 \text{ mm} > 3 \cdot d_f$
  - :  $32 \text{ mm} > 3 \cdot 4,8$
  - :  $32 \text{ mm} > 14,4 \text{ mm}$
  - Jarak tepi ( Pusat - Tepi ) :  $24 \text{ mm} > 3 \cdot d_f$
  - :  $24 \text{ mm} > 3 \cdot 4,8$
  - :  $24 \text{ mm} > 14,4 \text{ mm}$
- Sambungan sekrup dalam tarik ( sesuai SNI pasal 5.4.3.1 )
  - Jarak minimum ( Pusat - tepi ) :  $24 \text{ mm} > 3 \cdot d_f$
  - :  $24 \text{ mm} > 3 \cdot 4,8$
  - :  $24 \text{ mm} > 14,4 \text{ mm}$

**Analisis sambungan dalam geser Tarik pada bagian tersambung**

- Perhitungan luas netto
 
$$A_n = A_g - 3 \cdot d_f \cdot t_f$$

$$= 123,4795 - 3 \cdot 4,8 \cdot 0,75$$

$$= 112,6795 \text{ mm}^2$$
- Kapasitas Tarik ( N<sub>t</sub>\* ) dari sambungan sekrup dalam geser ( SNI pasal 5.4.2.2)
 
$$N_t^* \leq \phi N_t \dots\dots\dots(2-19)$$

$$\leq 0,65 \cdot A_n \cdot f_u$$

$$\leq 0,65 \cdot 112,6795 \cdot 495$$

$$\leq 36254,629 \text{ N}$$

» Maka **nilai kapasitas tarik** dalam geser dari sambungan sekrup adalah **36254,629 N**

**Analisis miring dan tumpu lubang**

- Gaya tumpu desain ( $V_b^*$ ) pada satu sekrup (SNI pasal 5.4.2.3(1))  
 $V_b^* \leq \phi \cdot V_b$  .....(2-21)
- Mencari nilai faktor tumpu ( $C$ ) (SNI tabel 5.4.2.3)

$$6 \leq d_f/t \leq 13$$

$$6 \leq 4,8/0,75 \leq 13$$

$$6 \leq 6,4 \leq 13$$

» maka nilai faktor tumpu ( $C$ )

$$= 3,3 - 0,1 \frac{d_f}{t}$$

$$= 3,3 - 0,1 \frac{4,8}{0,75}$$

$$= 3,3 - 0,1 \cdot 6,4$$

$$= 2,66$$

- Perbandingan antara tebal 1 dan tebal 2 untuk menentukan persamaan kapasitas tumpu nominal ( $V_b$ )  
 $t_2/t_1 = 0,75/0,75 = 1$

» maka persamaan yang digunakan adalah

$$V_b = 4,2 \sqrt{(t_2^3 \cdot d_f) \cdot f_{u2}} \dots\dots\dots(2-22)$$

$$V_b = 4,2 \sqrt{(0,75^3 \cdot 4,8 \cdot 495}$$

$$= 2958,469 N$$

$$V_b = C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1} \dots\dots\dots(2-23)$$

$$= 2,66 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$= 4740,12 N$$

$$V_b = C \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \dots\dots\dots(2-24)$$

$$= 2,66 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$= 4740,12 N$$

sehingga nilai kapasitas tumpu nominal ( $V_b$ ) yang digunakan adalah 2958,469 N, maka untuk mencari nilai gaya tumpu desain ( $V_b^*$ ):

$$V_b^* \leq \phi \cdot V_b \dots\dots\dots(2-21)$$

$$\leq 0,5 \cdot 2958,469$$

$$\leq 1479,2345 N$$

Jadi perhitungan kapasitas tumpu pada bagian yang tersambung untuk 6 baut adalah

$$N_u = 6 \cdot V_b^*$$

$$= 6 \cdot 1479,2345$$

$$= 8875,407 N$$

» maka **nilai kapasitas tumpu sekrup** untuk 6 buah sekrup pada bagian sambungan adalah **8875,407 N**

**Geser sambungan**

Geser sambungan yang dibatasi jarak ujung (SNI pasal 5.4.2.4)

$$V_{fv}^* \leq \phi \cdot V_{fv} \dots\dots\dots(2-27)$$

Dari  $f_u/f_y = 495/550 = 0,9 < 1,08$  maka nilai  $\phi = 0,6$

Perhitungan kapasitas geser sambungan ( $V_{fv}^*$ ) yang dibatasi jarak ujung

$$V_{fv} = t \cdot e \cdot f_u \dots\dots\dots(2-28)$$

$$= 0,75 \cdot 24 \cdot 495$$

$$= 8910 N$$

$$V_{fv}^* \leq \phi \cdot V_{fv} \dots\dots\dots(2-27)$$

$$V_{fv}^* \leq 0,6 \cdot 8910$$

$$V_{fv}^* \leq 5346 N$$

» maka **nilai kapasitas geser sambungan** desain yang dibatasi jarak ujung pada bagian sambungan adalah **5346 N**

**Sambungan sekrup dalam tarik**

**Cabut dan tembus (SNI pasal 5.4.3.2(1))**

$$N_t^* \leq \phi \cdot N_t \dots\dots\dots(2-29)$$

- Perhitungan kapasitas nominal sambungan dalam tarik ( $N_t$ ) (SNI pasal 5.4.3.2(2))

$$N_t = 0,85 \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \dots\dots\dots(2-30)$$

$$N_t = 0,85 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$N_t = 1514,7 N$$

$$N_t = 1,5 \cdot t_1 \cdot d_w \cdot f_{u1} \dots\dots\dots(2-31)$$

$$= 1,5 \cdot 0,75 \cdot 12,192 \cdot 495$$

$$= 6789,42 N$$

Maka nilai  $N_t$  yang digunakan adalah 1514,7 N sehingga

$$N_t^* \leq \phi \cdot N_t \dots\dots\dots(2-29)$$

$$N_t^* \leq 0,5 \cdot 1514,7$$

$$\leq 757,35 N$$

Kapasitas tarik desain ( $N_t^*$ ) pada sekrup

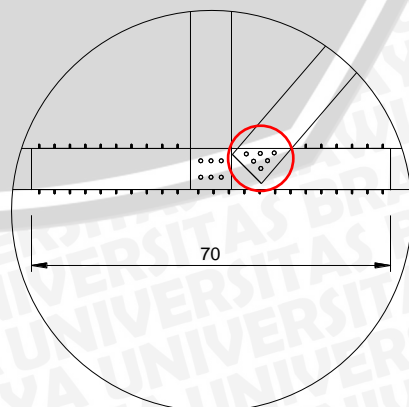
$$N_u = 6 \cdot N_t^* \dots\dots\dots(2-32)$$

$$= 6 \cdot 757,35$$

$$= 4544,1 N$$

» Jadi untuk **kapasitas tarik desain** pada sekrup untuk sambungan adalah **4544,1 N**

**Sambungan 6 Sekrup Miring**



Diketahui :

Diameter sekrup : 4,8 mm



Diameter kepala ring dan sekrup : 12,192 mm  
 Kapasitas tegangan leleh ( $f_y$ ) : 550 Mpa  
 Kapasitas tegangan tarik ( $f_u$ ) : 550 · 90% = 495 Mpa  
 Perhitungan luas profil : 123,4795 mm<sup>2</sup>

$$= 3,3 - 0,1 \frac{4,8}{0,75}$$

$$= 3,3 - 0,1 \cdot 6,4$$

$$= 2,66$$

**Pemeriksaan jarak**

- Persyaratan umum ( sesuai SNI pasal 5.4.1 ):  
 $3,0 \text{ mm} \leq d_f \leq 7,0 \text{ mm}$   
 $3,0 \text{ mm} \leq 4,8 \leq 7,0 \text{ mm}$

- Sambungan sekrup dalam geser ( sesuai SNI pasal 5.4.2.1 ):

Jarak minimum : 20 mm > 3 · d<sub>f</sub>  
 ( Pusat - pusat ) : 20 mm > 3 · 4,8  
 : 20 mm > 14,4 mm  
 Jarak tepi : 24 mm > 3 · d<sub>f</sub>  
 ( Pusat - Tepi ) : 24 mm > 3 · 4,8  
 : 24 mm > 14,4 mm

- Sambungan sekrup dalam tarik ( sesuai SNI pasal 5.4.3.1 )

Jarak minimum : 24 mm > 3 · d<sub>f</sub>  
 ( Pusat - tepi ) : 24 mm > 3 · 4,8  
 : 24 mm > 14,4 mm

**Analisis sambungan dalam geser Tarik pada bagian tersambung**

- Perhitungan luas netto

$$A_n = A_g - (n \cdot d \cdot t) + \left( \frac{s^2 \cdot t}{4 \cdot sg} \right)$$

$$n = 123,4795 - (6 \cdot 4,8 \cdot 0,75) + \left( \frac{28,284^2 \cdot 0,75}{4 \cdot 20} \right)$$

$$A_n = 109,379 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas Tarik (  $N_t^*$  ) dari sambungan sekrup dalam geser ( SNI pasal 5.4.2.2)

$$N_t^* \leq \phi N_t \dots \dots \dots (2-19)$$

$$\leq 0,65 \cdot A_n \cdot f_u$$

$$\leq 0,65 \cdot 109,379 \cdot 495$$

$$\leq 35192,693 \text{ N}$$

» Maka **nilai kapasitas tarik dalam geser** dari sambungan sekrup adalah **35192,693 N**

**Analisis miring dan tumpu lubang**

- Gaya tumpu desain (  $V_b^*$  ) pada satu sekrup ( SNI pasal 5.4.2.3(1) )

$$V_b^* \leq \phi \cdot V_b \dots \dots \dots (2-21)$$

- Mencari nilai faktor tumpu ( C ) ( SNI tabel 5.4.2.3 )

$$6 \leq \frac{d_f}{t} \leq 13$$

$$6 \leq \frac{4,8}{0,75} \leq 13$$

$$6 \leq 6,4 \leq 13$$

» maka nilai faktor tumpu ( C ) = 3,3 - 0,1  $\frac{d_f}{t}$

- Perbandingan antara tebal 1 dan tebal 2 untuk menentukan persamaan kapasitas tumpu nominal (  $V_b$  )

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{0,75}{0,75} = 1$$

» maka persamaan yang digunakan adalah

$$V_b = 4,2 \sqrt{(t_2^3 \cdot d_f) \cdot f_{u2}} \dots \dots \dots (2-22)$$

$$V_b = 4,2 \sqrt{(0,75^3 \cdot 4,8 \cdot 495)}$$

$$V_b = 2958,469 \text{ N}$$

$$V_b = C \cdot t_1 \cdot d_f \cdot f_{u1} \dots \dots \dots (2-23)$$

$$= 2,66 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$V_b = 4740,12 \text{ N}$$

$$V_b = C \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \dots \dots \dots (2-24)$$

$$V_b = 2,66 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$V_b = 4740,12 \text{ N}$$

sehingga nilai kapasitas tumpu nominal (  $V_b$  ) yang digunakan adalah 2958,469 N, maka untuk mencari nilai gaya tumpu desain (  $V_b^*$  ):

$$V_b^* \leq \phi \cdot V_b \dots \dots \dots (2-21)$$

$$\leq 0,5 \cdot 2958,469$$

$$\leq 1479,2345 \text{ N}$$

Jadi perhitungan kapasitas tumpu pada bagian yang tersambung untuk 6 baut adalah

$$N_u = 6 V_b^*$$

$$= 6 \cdot 1479,2345$$

$$= 8875,407 \text{ N}$$

» maka **nilai kapasitas tumpu sekrup** untuk 6 buah sekrup pada bagian sambungan adalah **8875,407 N**

**Geser sambungan**

Geser sambungan yang dibatasi jarak ujung ( SNI pasal 5.4.2.4 )

$$V_{fv}^* \leq \phi \cdot V_{fv} \dots \dots \dots (2-27)$$

Dari  $\frac{f_u}{f_y} = \frac{495}{550} = 0,9 < 1,08$  maka nilai  $\phi = 0,6$

Perhitungan kapasitas geser sambungan (  $V_{fv}^*$  ) yang dibatasi jarak ujung

$$V_{fv} = t \cdot e \cdot f_u \dots \dots \dots (2-28)$$

$$= 0,75 \cdot 24 \cdot 495$$

$$= 8910 \text{ N}$$

$$V_{fv}^* \leq \phi \cdot V_{fv} \dots \dots \dots (2-27)$$

$$\leq 0,6 \cdot 8910$$

$$\leq 5346 \text{ N}$$

» maka **nilai kapasitas geser sambungan** desain yang dibatasi jarak ujung pada bagian sambungan adalah **5346 N**.



**Sambungan sekrup dalam tarik  
Cabut dan tembus (SNI pasal 5.4.3.2(1))**

$$N_t^* \leq \emptyset \cdot N_t \dots\dots\dots(2-29)$$

Perhitungan kapasitas nominal sambungan dalam tarik ( $N_t$ ) (SNI pasal 5.4.3.2(2))

$$N_t = 0,85 \cdot t_2 \cdot d_f \cdot f_{u2} \dots\dots\dots(2-30)$$

$$= 0,85 \cdot 0,75 \cdot 4,8 \cdot 495$$

$$= 1514,7 \text{ N}$$

$$N_t = 1,5 \cdot t_1 \cdot d_w \cdot f_{u1} \dots\dots\dots(2-31)$$

$$= 1,5 \cdot 0,75 \cdot 12,192 \cdot 495$$

$$= 6789,42 \text{ N}$$

Maka nilai  $N_t$  yang digunakan adalah 1514,7 N sehingga

$$N_t^* \leq \emptyset \cdot N_t \dots\dots\dots(2-29)$$

$$\leq 0,5 \cdot 1514,7$$

$$\leq 757,35 \text{ N}$$

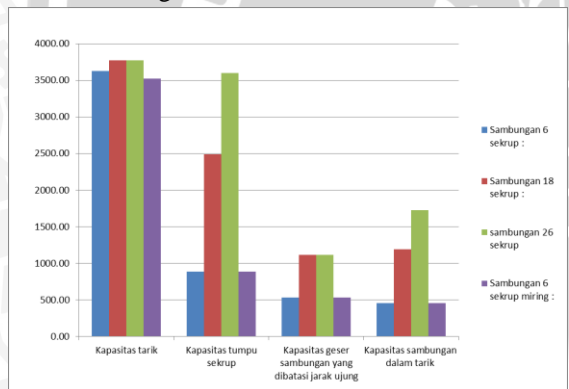
Kapasitas tarik desain ( $N_t^*$ ) pada sekrup

$$N_u = 6 \cdot N_t^* \dots\dots\dots(2-3)$$

$$= 6 \cdot 757,35$$

$$= 4544,1 \text{ N}$$

» Jadi untuk **kapasitas tarik desain** pada sekrup untuk sambungan adalah **4544,1 N**



Grafik 1 Rekap hasil perhitungan kapasitas sekrup

**Batasan dimensi  
Rasio maksimum antara lebar-rata terhadap ketebalan**

Didalam mendesain model struktur, nantinya dalam perakitan rangka jembatan tidak menggunakan pengaku sehingga digunakan syarat (c) yaitu

$$b/t < 60$$

$$35/0,75 < 60$$

$$46,6 < 60$$

Dengan rasio  $46,6 < 60$  maka rasio maksimum antara lebar-rata terhadap ketebalan telah memenuhi syarat maksimum.

**Rasio maksimum tinggi badan dan ketebalan**

Perhitungan rasio maksimum tinggi badan dan ketebalan juga tidak menggunakan pengaku dalam perakitannya sehingga syarat yang digunakan adalah

$$d_1/t_w < 200$$

$$80/0,75 < 200$$

$$106,6 < 200$$

Rasio 106,6 yang didapat tentu telah memenuhi syarat rasio maksimum tinggi badan dan ketebalan yang ada sehingga dapat digunakan.

**Analisis struktur rangka batang tanpa perkuatan**

Dalam memodelkan struktur didalam SAP 2000 harus sesuai dengan apa yang ada seperti dimensi panjang, tinggi dan jarak-jarak tiap joint sehingga selama analisis berjalan hasil dari SAP 2000 sesuai yang diharapkan.

	Model tanpa perkuatan	Model dengan perkuatan 50cm	Model dengan perkuatan 70cm
Gaya Batang Tekan	757,06 kg	760,19 kg	761,24 kg
Gaya Batang Tarik	426,83 kg	425,03 kg	424,89 kg

Dan nilai lendutan setelah pemberian beban sebesar 850kg. Seperti di tabel dibawah ini.

Model	Nilai Lendutan
Tanpa Perkuatan	4,467 mm
Dengan perkuatan 50cm	3,782 mm
Dengan perkuatan 70 cm	3,536 mm

**Nilai persentase perbandingan lendutan**

Perbandingan	Nilai Persentase
Tanpa perkuatan : Pekuatan 50 mm	15,33%
Tanpa perkuatan : Pekuatan 70 mm	20,84%

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**3.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan analisis kapasitas profil serta analisis struktur dengan menggunakan bantuan software SAP 2000 yang tiga model struktur tersebut diberi beban sebesar 850 kg pada tengah bentang, sehingga akan terdapat hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur rangka batang model 1,2 dan 3 memiliki nilai lendutan sebesar 4,467 mm; 3,782 mm; dan 3,536 mm di tengah bentang.
2. Pada tiga model struktur rangka batang tersebut mampu menahan gaya batang yang bekerja setelah diberi beban yang sama.
3. Struktur rangka batang dengan perkuatan 70cm merupakan model struktur rangka batang dengan lendutan terkecil yaitu 3,536 mm.
4. Persentase perbandingan lendutan model 1 (tanpa perkuatan) dengan model 2 (perkuatan 50 cm) adalah 15,33% lebih kecil dibandingkan model 1 sedangkan perbandingan dengan model 3 (perkuatan 70 cm) adalah 20,84% lebih kecil dibandingkan model 1.



### 3.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran-saran dalam menganalisis menggunakan SAP 2000 yang perlu diperhatikan yaitu

1. Butuh ketelitian dalam menentukan setiap koordinat-kordinat yang berfungsi dalam pembuatan model struktur jembatan rangka.
2. Teliti dalam menentukan satuan saat menggunakan software SAP 2000.
3. Teliti dalam input material serta dimensi profil yang digunakan.
4. Perhitungan momen inersia dan area geser pada SAP 2000 dihitung secara manual.
5. Studi ini dapat dijadikan referensi untuk studi selanjutnya mengenai analisis pengaruh sambungan pada struktur jembatan rangka canai dingin.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ariestiadi, D. 2008. *Teknik Struktur Bangunan*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2013. *Struktur Baja Canai Dingin SNI 7971-2013*. Jakarta.
- Mutawalli M. 2007. *Stabilitas Sambungan Struktur Baja Ringan SMART FRAME Type-T Terhadap Beban Siklik Pada Rumah Sederhana Tahan Gempa*, Tesis Program Pasca Sarjana. UGM Yogyakarta
- L Schodek, D. 1998. *Struktur*. Bandung: PT Eresco.
- RSNI-T-02. 2005. *Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI-T-03. 2005. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI-03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Siyoum, Tihitina. 2007. *Analysis and Design of Assembled Steel Truss*. (M.Sc Thesis). Addis Ababa University.
- Supriyadi B. & Muntohar A.S. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- SNI-03-1729. 2002. *SNI03-1729*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI-7971. 2013. *Struktur Baja-canai Dingin*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

