

# **KAJIAN KEKUATAN SAMBUNGAN STRUKTUR PELENGKUNG RANGKA BAJA MENERUS PADA JEMBATAN UTAMA TAYAN PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

Riyan Pradana<sup>1)</sup>, Elvira<sup>2)</sup>, Aryanto<sup>2)</sup>

## **Abstrak**

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan pada struktur atas jembatan utama tayan yang melintasi sungai kapuas di Provinsi Kalimantan Barat. Jembatan utama tayan merupakan jembatan rangka baja menerus dengan struktur pelengkung di atasnya. Jembatan utama tayan ini memiliki bentang total 350 m. Peraturan pembebanan yang dipakai dalam perencanaan ini mengacu pada RSNI T-02-2005 yang merupakan pedoman peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan. Adanya peraturan pembebanan dimaksudkan untuk memberikan saran dalam perencanaan jembatan di Indonesia yang dapat menjamin tingkat keamanan dan tingkat penghematan yang dapat diterima struktur jembatan. Perhitungan pada struktur atas jembatan mengacu pada peraturan LRFD – AISC. Tahap awal analisa perhitungan dalam tugas akhir ini adalah pengumpulan data perencanaan awal. Kemudian dibuat pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 serta memasukkan data dimensi profil dan mutu baja yang digunakan. Setelah itu dibuat pemodelan pembebanan dan kombinasi pembebanan berdasarkan RSNI T-02-2005. Setelah dianalisa oleh program SAP2000 dan didapatkan gaya-gaya dalam dan momen yang bekerja, kemudian dihitung analisa kekuatan sambungan berdasarkan syarat-syarat kekuatan yang berlaku sehingga memberikan nilai daya dukung kekuatan sambungan pada jembatan tayan terhadap gaya-gaya yang bekerja terhadapnya.

**Kata-kata kunci:** jembatan, rangka baja, struktur pelengkung, sambungan.

1) Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya taraf hidup yang ditunjang oleh pesatnya perkembangan ekonomi dan teknologi, tuntutan sarana transportasi terus meningkat baik segi kualitas maupun kuantitas. Hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya mobilitas manusia dan barang yang dituntut cepat, aman dan nyaman, salah satunya dengan pembangunan sarana berupa jembatan sebagai sarana penghubung suatu wilayah.

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain.

Jembatan Tayan merupakan jembatan yang terdapat pada jalan Transkalimantan, Kecamatan Tayan Provinsi Kalimantan Barat. Jembatan ini merupakan penghubung jalan transkalimantan yang terputus akibat adanya sungai. Konstruksi Jembatan Tayan ini mempunyai panjang total betang 1420 m dengan lebar total jembatan 12,5 m. Struktur atas berupa struktur baja komposit untuk jembatan satu yakni penghubung dari tayan ke pulau, plate girder dan struktur pelengkung rangka baja menerus sebagai penghubung dari pulau ke seberangnya, dengan struktur pelengkung rangka baja menerus sebagai jembatan utamanya. Sedangkan struktur bawahnya menggunakan pondasi borpile dengan casing.

Konstruksi bangunan baja seperti pada jembatan rangka baja dan gedung terdiri atas batang-batang baja yang digabung dan disusun sedemikian hingga membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi. Dalam penggabungannya memerlukan alat sambung ataupun teknik penyambungan tertentu. Sambungan dalam konstruksi baja merupakan bagian yang sangat penting, karena kegagalan pada sambungan dapat menyebabkan kegagalan pada konstruksi secara keseluruhan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan Utama Tayan menggunakan sistem struktur jembatan rangka baja pelengkung menerus. Jembatan pelengkung baja menerus ini didesain dengan pola span 75 m – 200 m – 75 m. Span utama dibuat 200 m untuk mengakomodir pergerakan kapal yang berdasarkan data yang ada.

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (Pelat buhul dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las). Pada Jembatan Utama Tayan digunakan Sambungan Baut dan Las. Pada tugas akhir ini perhitungan dilakukan terhadap kekuatan baut dan pelat penyambung pada jembatan utama Tayan.

### 2.1. Kekuatan Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang di samping las yang

cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Dua tipe baut mutu tinggi yang disarankan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490. Sesuai dengan cara bekerjanya baut maka baut dibedakan dalam dua type yaitu type friksi (*friction type*) dan type tumpu (*bearing type*).

a) Tahanan Nominal Baut

SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2. menyatakan, suatu baut yang memikul beban terfaktor  $R_u$ , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (1)$$

b) Tahanan Geser Baut

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (2)$$

c) Tahanan Tumpu Baut

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (3)$$

d) Tahanan Tarik Baut (*Proofing Load*)

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (4)$$

e) Sambungan Tipe Friksi

$$V_d = \phi V_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot Proofload \quad (5)$$

## 2.2. Kekuatan Pelat Penyambung

Dalam menentukan tahanan nominal harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu :Leleh dari luas penampang kotor, Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan dan Geser blok pada sambungan (*block shear*). Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 dinyatakan bahwa semua komponen struktur yang

memikul gaya aksial terfaktor sebesar  $T_u$ , maka harus memenuhi :

$$T_u \leq \phi T_n \quad (6)$$

Besarnya tahanan nominal ( $T_n$ ) suatu batang tarik untuk tipe keruntuhan leleh dan fraktur ditentukan sebagai berikut :

a) Kondisi Leleh dari Luas Penampang Kotor.  $T_n = A_g \cdot f_y$  (7)

b) Kondisi Fraktur dari Luas Penampang Efektif Sambungan.

c)  $T_n = A_e \cdot f_u$  (8)

d) Kondisi Geser Blok Geser Leleh-Tarik Fraktur

( $f_y \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ ), maka (9)

$$N_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \quad (10)$$

Geser Fraktur-Tarik Leleh

( $f_y \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ ), maka (11)

$$N_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \quad (12)$$

## 2.3. Kekuatan Sambungan Las

Pada Jembatan ini jenis sambungan las yang digunakan adalah las sudut.

Filosofi umum dari LRFD terhadap persyaratan keamanan suatu struktur, dalam hal ini terutama untuk las, adalah terpenuhinya persamaan:

$$\phi R_{nw} \geq R \quad (13)$$

a) Las Sudut

Kuat rencana per satuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut :

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 f_{uw}) \text{ (las)} \quad (14)$$

$$\phi R_{nw} = 0,80 \cdot t_e \cdot (0,6 f_u) \text{ (bhn dasar)} \quad (15)$$

## 2.4 Pembebanan jembatan.

- a) **Beban mati.**  
Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.
- b) **Beban mati tambahan.**  
Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.
- c) **Beban hidup.**  
Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.
- d) **Beban lalu lintas.**
  - Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.
  - Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap pada semua

jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan.

- e) **Beban angin.**  
Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:  
$$T_{EW} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (16)$$
- f) **Pengaruh temperatur/suhu.**  
Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai, dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut.

## 2.5 Kombinasi beban rencana.

- a) Pembebanan rencana terdiri atas kombinasi dari beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban lalu lintas.
- b) Kombinasi beban lalu lintas yang digunakan harus diambil dari salah satu kemungkinan susunan pembebanan yang paling berbahaya.
- c) Pengaruh dari beban angin dimasukkan sebagai aksi tetap atau pengaruh temperatur, diambil salah satu mana yang lebih cocok.

## 3. METODE PENELITIAN

Adapun Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Pengumpulan data perencanaan jembatan tayan.
- b) Membuat pemodelannya dalam program SAP2000 dan memasukkan

data elemen struktur serta material baja yang digunakan.

- c) Menjalankan analisa program sehingga didapatkan gaya aksial terfaktor dan momen yang terjadi.
- d) Menjadikan tahanan nominal batang tarik dan tekan maksimum sebagai gaya yang berkerja pada sambungan.
- e) Menganalisa kekuatan sambungan baut dan las terhadap pengaruh gaya tarik dan tekan yang terjadi sudah memenuhi syarat kekuatan atau belum.
- f) Menarik kesimpulan dan memberikan solusi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Profil Baja

Adapun data tentang penampang batang pada rangka jembatan utama adalah sebagai berikut :

Tabel 1 : Dimensi Penampang

NO	KODE				DIMENSION				PROFIL
	H	B	TW	TF					
1			D1	V1	450	200	12	25	WF
2			D2	V2	450	225	12	25	WF
3	TC3	BC3	D3	V3	450	250	12	25	WF
4		BC4	D4	V4	450	275	12	25	WF
5	TC5		D5	V5	450	300	12	25	WF
6		BC6		V6	450	325	12	25	WF
7	TC7		D7	V7	450	350	12	25	WF
8	TC8			V8	450	375	12	25	WF
9	TC9	BC9	D9	V9	450	400	12	25	WF
10	TC10		D10		450	425	12	25	WF
11	TC11	BC11	D11	V11	450	450	16	28	WF
12	TC12	BC12		V8	450	475	16	28	WF
13		BC13	D13	V13	450	500	16	28	WF
14	TC14	BC14	D14		450	550	12	25	WF
15	TC15	BC15	D15	V15	450	600	12	25	WF
16	TC16				450	650	12	25	WF
17	TC17	BC17			450	700	12	25	WF
18			D18		450	750	12	25	WF
19	TC19	BC19			450	850	12	25	WF
20	TC20	BC20			450	900	16	28	WF
21	TC21				450	950	16	28	WF
22	TC22				450	1000	16	28	WF
23	TC23	BC23			450	1050	16	32	WF
24	TC24				450	1100	16	32	WF
25		BC25	D25	V25	450	1150	16	34	WF
26		BC26			450	1200	36	36	WF
27		BC27			450	1300	36	36	WF
28		BC28			450	1400	40	40	WF
29		MG			450	1100	12	25	WF
30		BR1			190.7	-	8	-	PIPA
31		BR2			190.7	-	8	-	PIPA
32		BR3			190.7	-	8	-	PIPA
33		BR4			250	125	8	11	WF
34		G			150	300	12	12	WF
35		CB1			1100	300	16	28	WF
36		CB2			1100	450	16	28	WF
37		STR1			450	160	8	12	WF
38		STR2			600	200	8	12	WF

##### 4.2 Tahanan Nominal Profil Baja

Tahanan nominal profil baja digunakan sebagai beban yang bekerja pada sambungan. Karena kekuatan pada daerah sambungan harus lebih besar daripada kekuatan profil yang disambung, maka desain sambungan menggunakan tahanan dari profil yang disambung.

Pengecekan kekuatan profil disesuaikan dengan kode batang pada perencanaan awal. Data yang dimasukkan dalam mengecek kekuatan dari profil adalah dengan menggunakan bentang terpanjang pada masing-masing tipe profil sebagai data bentang perencanaan. Hal ini dimaksudkan agar rangka batang yang menggunakan tipe profil yang sama tetapi bentangnya lebih pendek dari bentang terpanjang akan lebih aman dari segi kekuatan.

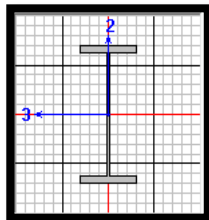
Berdasarkan hasil desain tahanan nominal dikelompokkan menjadi tahanan nominal batang tarik dan tahanan nominal batang tekan.

Perhitungan mengenai kekuatan batang disajikan sebagai berikut.

#### 4.2.1. Tahanan nominal batang tarik

##### A. Tinjau *Frame Section 1*.

a. Diketahui *frame section 1* dengan data-data :



$F_y$	= 365	MPa.
$F_u$	= 490	MPa.
$b$	= 200	mm.
$h$	= 450	mm.
$t_f$	= 25	mm.
$t_w$	= 12	mm.
$L$	= 9388	mm.
$r_x$	= 189	mm.
$r_y$	= 54	mm.
$A_g$	= 16100	mm <sup>2</sup> .

##### b. Tahanan Nominal Leleh Profil ( $T_n$ )

$$\begin{aligned} T_n &= A_{\text{gross}} \cdot F_y \\ &= 16100 \text{ mm}^2 \cdot 365 \text{ N/mm}^2 \\ &= 5876500 \text{ N} \end{aligned}$$

##### c. Faktor Reduksi Tahanan Nominal ( $\phi = 0.9$ )

$$\begin{aligned} \phi \cdot T_n &= 0.9 \cdot (5876500 \text{ N}) \\ &= 5288850 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada perhitungan didapat bahwa pada *frame section 1*,  $\Phi \cdot T_n = 5288850 \text{ N}$ .

#### 4.2.2. Tahanan nominal batang tekan

##### A. Tinjau *Frame Section 3*.

a. Diketahui *frame section 3* dengan data-data :

$F_y$	= 365	MPa.
$F_u$	= 490	MPa.
$b$	= 250	mm.
$h$	= 450	mm.
$t_f$	= 25	mm.
$t_w$	= 12	mm.
$L$	= 7480	mm.
$r_x$	= 191	mm.
$r_y$	= 61	mm.
$A_g$	= 17300	mm <sup>2</sup> .
$E$	= 200000	

b. Periksa kelangsingan penampang :

$$\text{- Flens: } \frac{b/2}{t_f} = \frac{250/2}{25} = 5$$

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{F_y}} = \frac{250}{\sqrt{365}} = 13.086$$

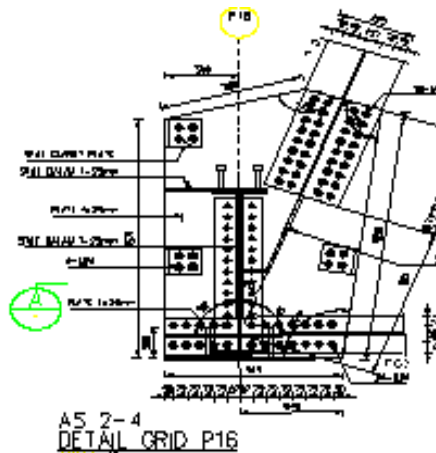
$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r$$

$$\text{- Web} \quad : \quad \frac{h}{t_w} = \frac{450}{12} = 37.5$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}} = \frac{665}{\sqrt{365}} = 34.8$$







Member/ batang yang berada pada sambungan buhul P.16.1 adalah batang dengan frame section kode 10 dan 3.

A. Frame Section Kode 10.

a. Tinjau terhadap kekuatan geser.

$$R_n = m \cdot r1 \cdot F_u \cdot A_b$$

$$= (1) \cdot (0,4) \cdot 830 \cdot 530,66$$

$$= 176179,12 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 176179,12 \text{ N}$$

$$= \mathbf{132134,34 \text{ N}}$$

$$R_u = 4286925 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 4286925 \text{ N} / 132134,34 \text{ N}$$

$$= 32,44 = 33 \text{ bh.}$$

$$N_{dsn} = 36 \text{ bh} > N_{baut} = 33 \text{ bh} \dots \dots \dots \text{ (memenuhi persyaratan).}$$

b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu.

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u$$

$$= (2,4) \cdot (24) \cdot 25 \cdot 830$$

$$= 1294800 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 1294800 \text{ N}$$

$$= \mathbf{971100 \text{ N}}$$

$$R_u = 4286925 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 4286925 \text{ N} / 971100 \text{ N} = 3,66$$

$$= 4,41 = 5 \text{ bh.}$$

$$N_{dsn} = 36 \text{ bh} > N_{baut} = 5 \text{ bh} \dots \dots \dots \text{ (memenuhi persyaratan).}$$

c. Tinjau terhadap kekuatan friksi.

$$R_n = 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$= 1,13 \cdot (0,35) \cdot 1 \cdot 284672$$

$$= 112587,78 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 112587,78 \text{ N}$$

$$= \mathbf{84449,83 \text{ N}}$$

$$R_u = 4286925 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 4286925 \text{ N} / 84449,83 \text{ N} = 42$$

$$N_{dsn} = 36 \text{ bh} < N_{baut} = 51 \text{ bh} \dots \dots \dots \text{ (Tambah jumlah baut untuk friksi).}$$

d. Penentuan Jumlah baut.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya terhadap tiga kondisi kekuatan diambil kondisi kekuatan dengan nilai terkecil. Maka yang menentukan adalah akibat geser, dengan jumlah baut pada desain 36 bh sedangkan pada hitungan 33 bh, sehingga memenuhi syarat kekuatan geser.

B. Frame Section Kode 3.

a. Tinjau terhadap kekuatan geser.

$$R_n = m \cdot r1 \cdot F_u \cdot A_b$$

$$= (1) \cdot (0,4) \cdot 830 \cdot 530,66$$

$$= 176179,12 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 176179,12 \text{ N}$$

$$= \mathbf{132134,34 \text{ N}}$$

$$R_u = 2331691,63 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 2331691,63 \text{ N} / 132134,34 \text{ N}$$

$$= 17,65 = 18 \text{ bh.}$$

$$N_{dsn} = 24 \text{ bh} > N_{baut} = 18$$

bh..... (memenuhi persyaratan).

b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu.

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u$$

$$= (2,4) \cdot (24) \cdot 25 \cdot 830$$

$$= 1294800 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 1294800 \text{ N}$$

$$= 971100 \text{ N.}$$

$$R_u = 2331691,63 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 2331691,63 \text{ N} / 971100 \text{ N}$$

$$= 2,40 = 4 \text{ bh.}$$

$N_{dsn} = 24 \text{ bh} > N_{baut} = 4$   
bh..... (memenuhi persyaratan).

c. Tinjau terhadap kekuatan friksi.

$$R_n = 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$= 1,13 \cdot (0,35) \cdot 1 \cdot 284672$$

$$= 112587,78 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 112587,78 \text{ N}$$

$$= 84449,83 \text{ N.}$$

$$R_u = 2331691,63 \text{ N. sehingga :}$$

$$N_{baut} = R_u / \Phi \cdot R_n$$

$$= 2331691,63 \text{ N} / 84449,83 \text{ N}$$

$$= 28$$

$N_{dsn} = 24 \text{ bh} < N_{baut} = 28 \text{ bh...}$   
**Tambah jumlah baut untuk friksi).**

d. Penentuan Jumlah baut.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya terhadap tiga kondisi kekuatan diambil kondisi kekuatan dengan nilai terkecil. Maka yang menentukan adalah akibat geser, dengan jumlah baut pada desain 24 bh sedangkan pada hitungan 18 bh,

sehingga memenuhi syarat kekuatan geser.

4.4. Kekuatan plat sambungan

Kekuatan pelat penyambung didesain berdasarkan dua tipe keruntuhan yaitu tipe fraktur dan tipe leleh. Sama halnya dengan baut penyambung, kekuatan pelat didesain harus lebih kuat daripada yang disambung sehingga gaya yang bekerja diambil berdasarkan tahanan nominal dari profil yang disambung.

Desain mengenai kekuatan penyambung direncanakan dengan menggunakan data dimensi profil sesuai dengan perencanaan. Desain pelat penyambung dihitung berdasarkan *frame section*. Perhitungan mengenai kekuatan pelat penyambung disajikan berikut ini.

Data :

Tebal pelat penyambung ( $t$ ) = 25 mm.  
Diameter lubang baut ( $d$ ) = 24 mm + 2 = 26 mm.  
 $F_y = 365 \text{ MPa.}$   
 $F_u = 490 \text{ MPa.}$

A. *Frame section 1* ( $b = 200 \text{ mm}$ )

a. Luasan kotor penampang ( $A_g$ )  
 $= b \cdot t = 200 \cdot 25 = 5000 \text{ mm}^2.$

b. Luasan penampang bersih ( $A_n$ )  
 $= A_g - n \cdot d \cdot t$   
 $= 5000 - (4 \cdot 26 \cdot 25) = 2400 \text{ mm}^2.$

c. Syarat luas penampang minimum ( $A_n \leq 0,85 \cdot A_g$ ).

$= 0,85 \cdot (5000) = 4250 \text{ mm}^2.$   
 $= 2400 \text{ mm}^2 \leq 4250 \text{ mm}^2$  (memenuhi !).  
Sehingga  $A_n = 2400 \text{ mm}^2.$

d. Menentukan Koefisien reduksi

Menurut manual AISC, penampang WF dengan  $b/h > 2/3$ . Dipakai  $U = 0,9$ .

e. Menentukan luasan *netto* efektif  
 $(A_e) = U \cdot A_n$

f. Cek Kondisi Keruntuhan Leleh

$$\begin{aligned} &= T_n = A_g \cdot F_y \\ &= 5000 \text{ mm}^2 \cdot 365 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1825000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Phi \cdot T_n = 0.90 \cdot 1825000 \text{ N} = 1642500 \text{ N}$$

g. Cek Kondisi Keruntuhan Fraktur

$$\begin{aligned} &= T_n = A_e \cdot F_u \\ &= 2160 \text{ mm}^2 \cdot 490 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1058400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Phi \cdot T_n = 0.75 \cdot 1058400 \text{ N} = 793800 \text{ N}$$

h. Kondisi yang menentukan, berdasarkan dua tipe keruntuhan diatas diambil kondisi keruntuhan dengan nilai terkecil, sehingga desain diambil sebagai kondisi Fraktur,

$$\Phi \cdot T_n = 793800 \text{ N}$$

i. Tahanan nominal *Frame section* 1,

$$(R_u = N_n) = 2644425 \text{ N}$$

$$R_u = 2644425 \text{ N} > \Phi \cdot T_n = 793800 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi persyaratan !)}$$

#### 4.5. Penambahan Tebal Plat Penyambung

Pada perhitungan mengenai kekuatan dari pelat penyambung ini, didapat bahwa gaya yang terjadi melebihi kapasitas dari pelat penyambung. Solusi dari masalah ini adalah dengan cara menebalkan pelat penyambung atau menambah lebar dari profil agar syarat kekuatan dari pelat penyambung dapat

terpenuhi sehingga pelat penyambung aman untuk digunakan.

Penambahan tebal pelat penyambung direncanakan 30 mm dan lebar ditambah  
 $= 200 \text{ mm} + 160 = 2160 \text{ mm}^2$ .

A. *Frame section* 1 ( $b = 400 \text{ mm}$ )

1. Luasan kotor penampang ( $A_g$ )  
 $= b \cdot t = 400 \cdot 30 = 12000 \text{ mm}^2$ .

2. Luasan penampang bersih ( $A_n$ )

$$\begin{aligned} &= A_g - n \cdot d \cdot t \\ &= 12000 - (4 \cdot 26 \cdot 30) = 8880 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3. Syarat luas penampang minimum ( $A_n \leq 0.85 \cdot A_g$ ).

$$= 0.85 \cdot (12000) = 10200 \text{ mm}^2$$

$$= 8880 \text{ mm}^2 \leq 10200 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi !). Sehingga } A_n = 8880 \text{ mm}^2$$

4. Menentukan Koefisien reduksi

Menurut manual AISC, penampang WF dengan  $b/h > 2/3$ . Dipakai  $U = 0,9$ .

5. Menentukan luasan *netto* efektif ( $A_e$ )  
 $= U \cdot A_n$

$$= 0.9 \cdot 8880 = 7992 \text{ mm}^2$$

6. Cek Kondisi Keruntuhan Leleh

$$\begin{aligned} &= T_n = A_g \cdot F_y \\ &= 12000 \text{ mm}^2 \cdot 365 \text{ N/mm}^2 \\ &= 4380000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Phi \cdot T_n = 0.90 \cdot 4380000 \text{ N} = 3942000 \text{ N}$$

7. Cek Kondisi Keruntuhan Fraktur

$$\begin{aligned} &= T_n = A_e \cdot F_u \\ &= 7992 \text{ mm}^2 \cdot 490 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3916080 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Phi \cdot T_n = 0.75 \cdot 3916080 \text{ N} = 2937060 \text{ N}$$

8. Kondisi yang menentukan, berdasarkan dua tipe keruntuhan diatas diambil

kondisi keruntuhan dengan nilai terkecil, sehingga desain diambil sebagai kondisi Fraktur,  $\Phi \cdot T_n = 2937060 \text{ N}$ .

9. Tahanan nominal *Frame section 1*,

$$(R_u = N_n) = 2644425 \text{ N}$$

$$R_u = 2644425 \text{ N} < \Phi \cdot T_n$$

$$= 2937060 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

**persyaratan !**)

4.6. Geser blok pada plat penyambung  
Perhitungan geser blok direncanakan dengan menggunakan dimensi dan gaya sesuai dengan perencanaan awal. Tidak seperti pengecekan kekuatan pada pelat berdasarkan dua tipe keruntuhan leleh dan fraktur, perhitungan geser blok dilakukan berdasarkan titik buhul karena jarak antar baut dan panjang pelat dalam arah sejajar dengan gaya yang berbeda-beda.

Kekuatan dari pelat penyambung didesain harus kuat dari batang yang disambung sehingga sama halnya dengan perhitungan sebelumnya, gaya yang terjadi pada pelat penyambung diambil dari tahanan nominal dari profil yang disambung. Perhitungan mengenai geser blok disajikan berikut ini.

Data :

$$\text{Tebal pelat penyambung } (t) = 25 \text{ mm.}$$

$$\text{Diameter lubang baut } (d) = 24 \text{ mm} +$$

$$2 = 26 \text{ mm.}$$

$$F_y = 365 \text{ MPa.}$$

$$F_u = 490 \text{ MPa.}$$

4.6.1. Baut buhul P.16.1

A. *Frame section 10*

a. Menentukan luasan kotor akibat geser

$$(A_{gv}) = 2 \cdot 1 \text{ pelat} \cdot t \text{ pelat}$$

b. Menentukan luasan *netto* akibat geser ( $A_{nv}$ ).

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_{gv} - (2 \cdot (n \text{ baut} - 0.5) \cdot (d) \cdot (t)) \\ &= 33800 - (2 \cdot (9 - 0.5) \cdot (26) \cdot (25)) \\ &= 22750 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

c. Menentukan luasan kotor akibat tarik ( $A_{gt}$ ).

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \cdot S1 \cdot t \text{ pelat} \\ &= 2 \cdot (72) \cdot (25) = 3600 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

d. Menentukan luasan *netto* akibat tarik ( $A_{nt}$ ).

$$\begin{aligned} A_{nt} &= A_{gt} - (2 \cdot (0.5) \cdot (d) \cdot (t)) \\ &= 3600 - (2 \cdot 0.5) \cdot (26) \cdot (25) = 2950 \\ &\text{mm}^2. \end{aligned}$$

e. Menentukan kondisi geser blok.

$$F_u \cdot A_{nt} = (490) \cdot (2950) = 1445500 \text{ N.}$$

$$0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} = 0.6 \cdot 490 \cdot 22750 =$$

$$6688500 \text{ N.}$$

$F_u \cdot A_{nt} < 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah **geser fraktur – tarik leleh**. Sehingga :

$$\begin{aligned} N_n &= 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt} \\ &= (0.6 \cdot 490 \cdot 22750) + (395 \cdot \end{aligned}$$

$$3600) = 8110500 \text{ N.}$$

$$R_u = 4286925 \text{ N}$$

$$R_u = 4286925 \text{ N} < N_n = 8110500$$

$$N \text{ (memenuhi).}$$

B. *Frame section 3*

a. Menentukan luasan kotor akibat geser

$$(A_{gv}) = 2 \cdot 1 \text{ pelat} \cdot t \text{ pelat}$$

$$= (2) \cdot (949) \cdot (25)$$

$$= 47450 \text{ mm}^2$$

b. Menentukan luasan *netto* akibat geser ( $A_{nv}$ ).

$$A_{nv} = A_{gv} - (2 \cdot (n \text{ baut} - 0.5) \cdot (d) \cdot (t))$$

$$= 47450 - (2 \cdot (12 - 0.5) \cdot (26) \cdot (25))$$

$$= 32500 \text{ mm}^2.$$

= (2). (67)

c. Menentukan luasan kotor akibat tarik ( $A_{gt}$ ).

$$A_{gt} = 2 \cdot S1 \cdot t \text{ pelat} \\ = 2 \cdot (72) \cdot (25) = 3600 \text{ mm}^2.$$

d. Menentukan luasan *netto* akibat tarik ( $A_{nt}$ ).

$$A_{nt} = A_{gt} - (2 \cdot (0,5) \cdot (d) \cdot (t)) \\ = 3600 - (2 \cdot (0,5) \cdot (26) \cdot (25)) \\ = 2950 \text{ mm}^2.$$

e. Menentukan kondisi geser blok.

$$F_u \cdot A_{nt} = (490) \cdot (2950) = 1445500 \text{ N} \\ 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot 490 \cdot 32500 \\ = 9555000 \text{ N}.$$

$F_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah **geser fraktur – tarik leleh**. Sehingga :

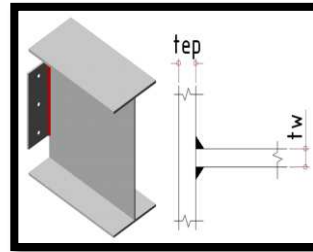
$$N_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt} \\ = (0,6 \cdot 490 \cdot 2950) + (395 \cdot 3600) \\ = 10977000 \text{ N}.$$

$$R_u = 2331691,63 \text{ N}$$

$$R_u = 2331691,63 \text{ N} < N_n \\ = 10977000 \text{ N (memenuhi)}.$$

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa untuk semua pelat penyambung pada tiap-tiap titik buhul kondisi geser blok didesain sebagai Geser fraktur – tarik leleh. Pada tabel ditunjukkan bahwa Gaya yang bekerja lebih kecil dari tahanan nominal dari geser blok, sehingga semua pelat penyambung aman terhadap geser blok.

4.6. Sambungan las pada cross beam (CB)



A. Frame section kode CB1

a. Kapasitas geser web ( $V_n$ )

$$= 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \\ = 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot (t_w \cdot (H - (2 \cdot t_f))) \\ = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 365 \cdot (16 \cdot (1100 - (2 \cdot 28))) \\ = 3247258 \text{ N}.$$

b. Persyaratn ukuran las

$$= t_w - 1,6 = 16 - 1,6 = 14,4.$$

Berdasarkan Ukuran Minimum Las Sudut, ukuran minimum las sudut untuk nilai  $t = 14,4$  berada pada posisi  $10 < t \leq 15$ , sehingga ukuran minimum las sudut ( $a$ ) = 5 mm.

c. Ukuran Las, ukuran las yang digunakan diambil sesuai data perencanaan awal, yakni untuk CB1 nilai ( $a$ ) = 8 mm.

d. Tebal efektif las ( $t_e$ )

$$= 0,707 \cdot a = 0,707 \cdot 8 = 5,7 \text{ mm}.$$

e. Kuat rencana las sudut per mm panjang (bahan las).

$$\Phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_{uw} \\ = 0,75 \cdot (5,7) \cdot 0,6 \cdot 483 \\ = 1738,8 \text{ N/mm}.$$

f. Kapasitas las tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat. (bahan pelat)

$$\Phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t \cdot 0,6 \cdot F_u \\ = 0,75 \cdot (16) \cdot 0,6 \cdot 365$$

$$= 3153.6 \text{ N/mm.}$$

Sehingga bahan las yang menentukan.

g. Beban terfaktor menggunakan kapasitas geser web ( $V_n$ ) = 3247258 N.

h. Panjang total las yang dibutuhkan ( $L_w$ )  
 $= V_n / \Phi \cdot R_{nw} = 3247258 / 1738,8$   
 $= 1867,5 \text{ mm.}$  Panjang las per dua sisi  
 $= 1867,5 \text{ mm} / 2$   
 $= 933,8 \text{ mm.}$

i.  $L_w$  perencanaan = 864 mm. <  $L_w$   
 $= 933,8 \text{ mm.}$  (**tidak memenuhi !**).

4.7. Penambahan tebal las pada cross beam (CB)

A. *Frame section* kode CBI

a. Kapasitas geser web ( $V_n$ )  
 $= 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w$   
 $= 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot (t_w \cdot (H - (2 \cdot t_f)))$   
 $= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 365 \cdot (16 \cdot (1100 - (2 \cdot 28)))$   
 $= 3247258 \text{ N.}$

b. Persyaratan ukuran las  
 $= t_w - 1,6 = 16 - 1,6 = 14,4.$

Berdasarkan Ukuran Minimum Las Sudut, ukuran minimum las sudut untuk nilai  $t = 14,4$  berada pada posisi  $10 < t \leq 15$ , sehingga ukuran minimum las sudut ( $a$ ) = 5 mm.

c. Ukuran Las, ukuran las yang digunakan diambil lebih tebal dari perencanaan awal, yakni untuk CB1 nilai ( $a$ ) = 10 mm.

d. Tebal efektif las ( $t_e$ )  
 $= 0,707 \cdot a = 0,707 \cdot 10 = 7,1 \text{ mm.}$

e. Kuat rencana las sudut per mm panjang (bahan las).

$$\Phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_{uw}$$

$$= 0,75 \cdot (7,1) \cdot 0,6 \cdot 483$$

$$= 2173.5 \text{ N/mm.}$$

f. Kapasitas las tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat. (bahan pelat)  
 $\Phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t \cdot 0,6 \cdot F_u$   
 $= 0,75 \cdot (16) \cdot 0,6 \cdot 365$   
 $= 3153.6 \text{ N/mm.}$

Sehingga bahan las yang menentukan.

g. Beban terfaktor menggunakan kapasitas geser web ( $V_n$ ) = 3247258 N.

h. Panjang total las yang dibutuhkan ( $L_w$ )  
 $= V_n / \Phi \cdot R_{nw}$   
 $= 3247258 / 2173,5$   
 $= 1494,02 \text{ mm.}$

Panjang las per dua sisi  
 $= 1494,02 \text{ mm} / 2$   
 $= 747 \text{ mm.}$

i.  $L_w$  perencanaan = 864 mm. >  $L_w$   
 $= 747 \text{ mm.}$  (**memenuhi !**).

## 5. KESIMPULAN

a) Perhitungan tentang kekuatan sambungan baut pada skripsi ini menghasilkan bahwa semua sambungan dirancang berdasarkan tipe geser, sedangkan untuk tipe friksi hanya beberapa sambungan yang memenuhi syarat jumlah baut untuk mencapai kondisi friksi.

b) Pada sambungan baut gaya yang bekerja merupakan tahanan nominal atau kapasitas geser (untuk sambungan seperti *cross beam* dari profil atau batang yang disambung

- pada sambungan tersebut. Tahanan nominal atau kapasitas geser dari profil digunakan sebagai gaya yang bekerja pada sambungan merupakan syarat agar kondisi kekuatan sambungan harus lebih kuat dari pada batang yang disambung terpenuhi.
- c) Semua sambungan baut memenuhi syarat kekuatan setelah membandingkan jumlah baut minimum yang diperlukan pada masing-masing tipe sambungan dengan jumlah baut yang dipasang pada data perencanaan.
  - d) Berdasarkan perhitungan pada desain pelat penyambung, didapat bahwa kekuatan dari pelat penyambung dirancang berdasarkan kondisi keruntuhan akibat fraktur. Hal ini dikarenakan nilai yang terjadi pada kondisi keruntuhan tipe fraktur lebih kecil dari pada nilai keruntuhan pada kondisi leleh, sehingga kondisi yang menentukan untuk desain sambungan ini adalah berdasarkan tipe keruntuhan fraktur.
  - e) Hasil akhir perhitungan kekuatan pelat penyambung berdasarkan kondisi keruntuhan tipe fraktur menghasilkan bahwa hampir semua nilai dari kapasitas pelat penyambung lebih kecil daripada gaya yang terjadi, dengan kata lain kapasitas pelat penyambung dengan kondisi fraktur tidak memenuhi persyaratan kekuatan.
  - f) Solusi untuk mengatasi kekuatan pelat penyambung yang tidak memenuhi syarat kekuatan adalah dengan menambah tebal dan lebar dari pelat penyambung. Menebalkan lebar dan menambah tebal dari pelat penyambung akan memberikan nilai dari luasan penampang kotor ( $A_g$ ) dan luas penampang efektif ( $A_e$ ) menjadi lebih besar pula, sehingga nilai dari kapasitas kekuatan dari pelat penyambung mampu untuk menahan gaya yang terjadi.
  - g) Perhitungan tentang sambungan yang menggunakan las sebagai alat penyambung digunakan pada sambungan dengan *frame section* kode CB1, CB2, STR1, STR2, dan BR. Pada sambungan ini tegangan tarik dari las ( $F_{uw}$ ) cukup besar yaitu 483 MPa. Perhitungan dari sambungan las pada CB memberikan hasil bahwa dengan tebal pengelasan yang diambil sesuai dengan data perencanaan, panjang minimum las yang diperlukan lebih besar dari pada panjang pengelasan pada data perencanaan. Dengan kata lain penerapan panjang pengelasan sesuai dengan data perencanaan tidak memenuhi syarat kekuatan.
  - h) Solusi sambungan las pada CB yang tidak memenuhi syarat kekuatan ini adalah dengan mempertebal ukuran las, sehingga dengan bertambahnya tebal dari las akan berpengaruh pada panjang pengelasan yang dibutuhkan. Mempertebal ukuran las akan memperpendek panjang pengelasan

yang dibutuhkan, sehingga nilai panjang pengelasan pada perencanaan dapat digunakan dan memenuhi syarat kekuatan. Tebal las harus disesuaikan dengan batas ketebalan maksimum yang diizinkan.

## 6. SARAN

- a) Berdasarkan data pada perencanaan dan membandingkan terhadap hasil dari perhitungan dapat dilihat bahwa dimensi yang digunakan rata-rata adalah dimensi minimum yang diperlukan, sebaiknya pemilihan dimensi yang akan digunakan dibuat sedikit lebih besar agar hal-hal yang menimbulkan berkurangnya kapasitas kekuatan pada penampang tidak terjadi (*pada proses pengerjaan, pengangkutan, dan sebagainya*).
- b) Untuk kedepannya sebaiknya ada yang memperhitungkan struktur jembatan ini dengan metode yang lain seperti metode ASD (*Allowable Stress Design*) yang lebih mempertimbangkan desain pada batas tegangan ijinnya
- c) Hasil perhitungan ini masih mengacu pada data perencanaan awal, sehingga diharapkan juga untuk kedepannya akan ada perhitungan yang mengacu pada data dan gambar perencanaan yang paling akhir pula.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Jakarta : Erlangga.

Salomon, C.G, Johnson, J.E, dan Malhas, F. A. 2009. “*Steel Structure Design and Behaviour*, Fifth Edition, Emphasing Load and Resistance Factor Design”. New York : Prentice Hall

Englekirk, R. 2009. “*Stell Structures, Controlling Behavior Through Design*” New York : Wiley.

Segui, W.t. 2003. “*LRFD Steel Design, Third Edition*” Singapore : Thomson Learning.

Oentong. 2000. “*Konstruksi Baja*”. Yogyakarta : Andi.

Wiraguna Tani. 2003. “*Lampiran Perhitungan Jembatan Rangka Baja Pelengkung Menerus*”. Wiraguna Tani.

SNI 03 - 1729 – 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*.

RSNI T-02-2005. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*.

Thamrin, Nasution Ir. 2012. *Pengenalan Jembatan Baja*. Medan : Departemen Teknik Sipil, FTSP.

Thamrin, Nasution Ir. 2012. *Pengikat Struktural Baut*. Medan : Departemen Teknik Sipil, FTSP.

Thamrin, Nasution Ir. 2012. *Pengikat Struktural Las*. Medan : Departemen Teknik Sipil, FTSP.