

PERENCANAAN SAMBUNGAN LAS PADA RANGKA BAJA PIPA JEMBATAN SAWANGAN NIKKO-BALI TIPE PELENGKUNG

I Wayan Reditya Candra Wibawa¹, Mohammad Erfan², Vega Aditama³

¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : 1921109@scholar.itn.ac.id¹

ABSTRACT

The bridge has a function as a supporting infrastructure to connect between cities and regions, besides that the bridge also functions as an icon of the area or city itself when viewed from an architectural perspective. A bridge with an arch type steel frame is the topic of selection in an alternative study on the superstructure planning of the Sawangan Nikko-Bali Bridge, because this type of bridge has a span length of 100 meters with a vehicle floor width of 9.65 meters using PCI Girder concrete construction with 2 concrete pillars in the middle. Based on this, the alternative planning study will choose a steel pipe frame arch type bridge with a height of 20 meters, a bridge width of 9 meters, and a bridge length of 120 meters. Planning using the DFBT (Load Factor and Endurance Design) method, 3D structural analysis modeling the superstructure of the bridge using SAP 2000 v21 software, and the latest SNI as a reference for bridge structure planning. The results of the planning that has been done, used WF profiles $350 \times 175 \times 7 \times 11$ for elongated girders, WF profiles $800 \times 300 \times 14 \times 26$ for transverse girders, Box profiles $800 \times 600 \times 30 \times 30$ for edge elongated main girders, profiles Pipe $610 \times 548 \times 30.9$ for lower and upper arch main girder, Pipe profile $406 \times 364 \times 21$ for vertical and diagonal main girder, Pipe profile $356 \times 318 \times 19$ for upper transverse girder, Pipe profile $273 \times 238 \times 17,49$ For wind ties over the cable, the hanger uses a D60 mm Tension Rod. The dimensions for elastomeric bearings on the edge of the main girder are $400 \times 400 \times 120$ and $500 \times 500 \times 155$ for the arch main girder.

Keywords: Bridge, Arch, LRFD.

ABSTRAK

Jembatan memiliki fungsi sebagai infrastruktur pendukung untuk menghubungkan antara kota maupun daerah, selain itu jembatan juga berfungsi menjadi sebuah ikon dari daerah atau kota itu sendiri apabila dilihat dari segi arsitekturalnya. Jembatan dengan rangka baja tipe pelengkung menjadi topik pemilihan pada studi alternatif perencanaan struktur atas Jembatan Sawangan Nikko-Bali, karena tipe jembatan ini memiliki panjang bentang 100 meter dengan lebar lantai kendaraan 9,65 meter menggunakan konstruksi beton PCI Girder dengan 2 pilar beton ditengahnya. Berdasarkan hal tersebut, pada perencanaan studi alternatif ini akan memilih jembatan tipe pelengkung rangka baja pipa dengan tinggi 20 meter, lebar jembatan 9 meter, dan panjang jembatan 120 meter. Perencanaan menggunakan metode DFBT (Desain Faktor Beban dan Ketahanan), analisa struktur 3D pemodelan struktur atas jembatan menggunakan software SAP 2000 v21, dan SNI terbaru sebagai acuan perencanaan struktur jembatan. Hasil dari perencanaan yang telah dilakukan, digunakan profil WF $350 \times 175 \times 7 \times 11$ untuk gelagar memanjang, profil WF $800 \times 300 \times 14 \times 26$ untuk gelagar melintang, profil Box $800 \times 600 \times 30 \times 30$ untuk gelagar induk memanjang tepi, profil Pipa $610 \times 548 \times 30,9$ untuk gelagar induk pelengkung bawah dan atas, profil Pipa $406 \times 364 \times 21$ untuk gelagar induk vertikal dan diagonal, profil Pipa $356 \times 318 \times 19$ untuk gelagar melintang atas, profil Pipa $273 \times 238 \times 17,49$ untuk Ikatan Angin atas kabel, penggantung menggunakan Tension Rod D60 mm. Didapatkan dimensi untuk perletakan elastomer pada gelagar induk memanjang tepi $400 \times 400 \times 120$ dan $500 \times 500 \times 155$ gelagar induk pelengkung.

Kata kunci: DFBT, Jembatan, Pelengkung

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan infrastruktur jembatan di Indonesia saat ini telah berkembang begitu pesat dengan bentuk dan tipe yang telah diterapkan dimana-mana, yang

akhirnya membuat jembatan bukan hanya sebagai penghubung antara kota maupun daerah tetapi telah menjadi ikon di kota atau daerah itu sendiri. Dengan adanya pembangunan infrastruktur jembatan diharapkan dapat mempermudah akses hingga

menjadi lebih cepat dan lebih ekonomis dari segi biaya apabila dibandingkan dengan membangun infrastruktur jalan namun harus memutar untuk menghindari hambatan yang ada.

Jembatan Sawangan Nikko yang berlokasi di Desa Sawangan, Kel. Benoa, Kec. Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali merupakan akses transportasi jalan penghubung antar Desa yang membentang untuk memotong jalan. Jembatan ini memiliki panjang total 100 meter dengan lebar lantai kendaraan 9,65 meter menggunakan konstruksi beton PCI Girder dengan 2 pilar beton di tengahnya. Melihat kondisi tersebut penyusun mencoba melakukan studi alternatif pada struktur atas jembatan menggunakan tipe baja pelengkung. Pemilihan tipe ini sebagai alternatif pada Jembatan Sawangan Nikko karena jika jembatan memiliki bentang 60-500 meter, maka akan lebih efektif menggunakan tipe jembatan pelengkung baja. Pemilihan struktur pelengkung pada jembatan ini dapat mengurangi momen lentur sehingga terpenuhinya penggunaan efisiensi bahan.

Dengan adanya desain alternatif tersebut, diharapkan dapat memberikan solusi terhadap Jembatan Sawangan Nikko yang sebelumnya monoton menjadi lebih monumental dari segi arsitektural akan tetapi tetap memperhatikan secara strukturnya.

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Berapa ukuran baja pipa yang digunakan pada jembatan?
2. Apa Jenis las digunakan pada sambungan jembatan?
3. Berapa mutu las yang digunakan pada sambungan jembatan

1.3 TUJUAN PERECANAAN

Untuk merencanakan desain alternatif perencanaan struktur atas pada Jembatan Sawangan Nikko, Nusa Dua-Bali menggunakan baja pipa dengan sambungan las sebagai efisiensi penggunaan baut.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Sebagai refrensi tambahan dalam merencanakan jembatan pelengkung rangka di Indonesia, yang mana jembatan pada umumnya masih menggunakan sambungan baut pada sambungan bajanya. Selain hal tersebut, refrensi tambahan dalam perhitungan merencanakan sambungan ini mengacu pada SNI 1729:2020.

2. TINJAUAN PUSTAKA

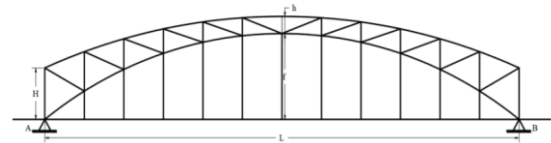
2.1 Jembatan Pelengkung Rangka

Jembatan pelengkung rangka memiliki tipe jembatan lengkung yang menumpu pada dua tumpuan di atasnya untuk menahan beban tarik dan tekan. Untuk mendapatkan desain jembatan yang baik maka diperlukannya syarat dalam menentukan Tinggi busur jembatan, dimana:

$$f = \frac{1}{5} \times L \text{ Hingga } f = \frac{1}{8} \times L \tag{2.1}$$

$$t = \frac{1}{25} \times L \text{ Hingga } t = \frac{1}{45} \times L \tag{2.2}$$

$$h = \frac{1}{12} \times L \tag{2.3}$$



Gambar 1 Ilustrasi Jembatan Pelengkung Rangka

2.2 Perencanaan Sambungan Las

Perencanaan ini akan menggunakan sambungan las tumpul untuk menyambungkan baja pipa yang akan dijadikan rangka pada jembatan. Sebab, sambungan las tumpul merupakan sambungan las yang digunakan untuk menyambungkan antar batang yang seragam. Sehingga kekuatan sambungan las ini setidaknya memiliki keseragaman kekuatan yang sama dengan batang yang disambung (Setiawan, 2013, hal. 137). Berikut beberapa tahapan dalam menghitung sambungan las tumpul, diantaranya:

1. Tebal efektif Minimum Las Tumpul Berdasarkan (SNI 1729:2020, Pasal J2.1, Hal. 114), Tebal efektif minimum dari las tumpul tidak boleh lebih kecil dari ukuran yang diperlukan untuk menyalurkan gaya yang dihitung atau ukuran yang tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Tebal Efektif Las Tumpul

Proses pengelasan	Posisi Pengelasan F (datar), H (horizontal), V (vertikal), OH (di atas kepala)	Tipe Las gruv (AWS D1.1, Gambar 3.3)	Tenggorok Efektif
Pengelasan Busur Metal Terselubung (LBMS)	Semua	Las gruv J atau U V 60°	Tinggi las gruv
Pengelasan Busur Metal Gas (LBMG) Pengelasan Busur Berinti Fluks (LBIF)			
Pengelasan Busur Terendam (LBR)	F	Las gruv J atau U Miring 60° atau V	
Pengelasan Busur Metal Gas (LBMG) Pengelasan Busur Berinti Fluks (LBIF)	F, H	Miring 45°	Tinggi las gruv
Pengelasan Busur Metal Terselubung (LBMS)	Semua	Miring 45°	Tinggi las gruv dikurangi 1/8 in. (3 mm)
Pengelasan Busur Metal Gas (LBMG) Pengelasan Busur Berinti Fluks (LBIF)			

(Sumber: SNI 1729-2020, hal. 114)

2. Tebal Minimum Las Tumpul Ketentuan spesifikasi untuk Tebal minimum perencanaan sambungan las diatur (SNI 1729:2020, Pasal J2, Hal. 113 antara lain:

Tabel 2. Tebal Minimum Las Tumpul

Tebal Material pada Bagian yang lebih Tipis yang Disambung, in. (mm)	Tenggorok Efektif Minimum, in. (mm)
Sampai dengan 1/4 (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari 1/4 (6) sampai dengan 1/2 (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari 1/2 (13) sampai dengan 3/4 (19)	1/4 (6)
Lebih besar dari 3/4 (19) sampai dengan 1 1/2 (38)	5/16 (8)
Lebih besar dari 1 1/2 (38) sampai dengan 2 1/4 (57)	3/8 (10)
Lebih besar dari 2 1/4 (57) sampai dengan 6 (150)	1/2 (13)
Lebih besar dari 6 (150)	5/8 (16)

(Sumber: SNI 1729-2020, hal. 115)

3. Luas Efektif Las Tumpul

Berdasarkan (SNI 1729:2020, Pasal J2.1a, Hal. 114) menjelaskan, luas efektif untuk las tumpul ditentukan dengan mengkalikan panjang las dengan tebal efektif.

$$A_{we} = t_e \times L_w \tag{2.5}$$

Dimana:

T_e = Tebal efektif minimum (mm)

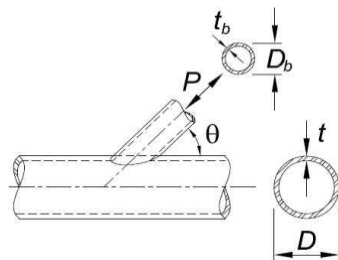
L_w = Panjang las (mm)

2.3 Sambungan Rangka Batang PSR ke PSR Bundar

Berdasarkan (SNI 1729:2020, Pasal K3.(a), Hal. 150) menjelaskan, sambungan rangka PSR ke PSR diartikan sebagai sambungan yang memiliki lebih dari satu atau lebih komponen struktur cabang yang dilas langsung ke kord menerus. Jika sambungan memiliki cabang tegak lurus terhadap kord maka diklasifikasikan sebagai sambungan T dan jika tidak maka diklasifikasikan sebagai sambungan Y. Namun, apabila pada suatu komponen struktur cabang yang pada dasarnya diseimbangkan (dalam 20%) dengan beban komponen struktur cabang lain pada sisi yang sama dari sambungan, sambungan tersebut harus diklasifikasikan sebagai sambungan K.

1. Sambungan T & Y

batas ketersediaan sambungan T & Y batang PSR ke PSR Bundar telah diatur pada (SNI 1729:2020, Pasal K4. Tabel 3.1. Hal. 152), dengan sebagai berikut:



Gambar 2 Keadaan Batas Platifikasi Kord Sambungan T dan Y

$$P_{nsin\theta} = F_y \times t^2 \times (3,1 + 15,6 \times \beta^2) \times \gamma^{0,2} \times Q_g \tag{2.6}$$

Dimana:

F_y = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)

t = Tebal kord yang disambung, (mm)

β = Rasio lebar, rasio diameter cabang terhadap diameter kord = D_b/D untuk PSR bundar

γ = rasio kelangsingan kord, rasio antara setengah diameter terhadap tebal dinding = $D/2t$ untuk PSR bundar

Q_f = 1 untuk kord (permukaan penyambung) dalam kondisi tarik

Q_f = $1,0 - 0,3U(1 + U)$ untuk PSR (permukaan penyambung) dalam kondisi tekan, Dimana:

$$U = \frac{P_{ro}}{F_c \times A_g} + \frac{M_{ro}}{F_c \times A_g}$$

(SNI 1729:2020, Pasal K4 Tabel K3.1, Hal. 152) menjelaskan, nilai P_{ro} dan M_{ro} ditentukan berdasarkan sisi joint yang

memiliki nilai tekan terendah. Dengan nilai $P_{ro}=P_u$ dan $M_{ro}=M_u$ untuk PSR (DFBT).

batas keberlakuan sambungan T & Y batang PSR ke PSR Bundar telah diatur pada (SNI 1729:2020, Pasal K4. Tabel 3.1A. Hal. 153), dengan sebagai berikut:

- Kelangsingan dinding kord

$$\frac{D}{t} \leq 50 \tag{2.7}$$

Dimana:

t = Tebal dinding kord, (mm)

D = Diameter dinding kord, (mm)

- Kelangsingan dinding cabang

$$\frac{D_b}{t_b} \leq 50 \tag{2.8}$$

Dimana:

t_b = Tebal dinding cabang, (mm)

D_b = Diameter dinding cabang, (mm)

- Kekuatan material penampang

$$F_y \text{ dan } F_{yb} \leq 360 \text{ MPa} \tag{2.9}$$

Dimana:

$F_y = F_{yb}$ = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)

- Jarak ujung sambungan

$$D \times \left(1,25 - \frac{\beta}{2}\right) \tag{2.10}$$

Dimana:

D = Diameter dinding kord, (mm)

β = Rasio diameter cabang (D_b/D)

2. Sambungan K dengan Celah atau Overlap

batas ketersediaan sambungan K batang PSR ke PSR Bundar telah diatur pada (SNI 1729:2020, Pasal K4. Tabel 3.1. Hal. 152), dengan sebagai berikut:

Cabang tekan:

$$P_{nsin\theta} = f_y \times t^2 \times (2,0 + 11,3 \times \beta) \times Q_g \tag{2.11}$$

Cabang tarik:

$$P_{nsin\theta} = P_{nsin\theta} \text{ cabang tekan} \tag{2.12}$$

Dimana:

F_y = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)

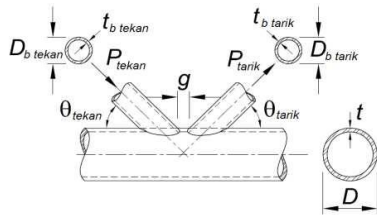
t = Tebal kord yang disambung, (mm)

β = Rasio lebar, rasio diameter cabang terhadap diameter kord = D_b/D untuk PSR bundar

γ = Rasio kelangsingan kord, rasio antara setengah diameter terhadap tebal dinding = $D/2t$ untuk PSR bundar

$$Q_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024\gamma^{1,2}}{\exp\left(\frac{0,5\gamma}{t} - 1,33\right) + 1} \right)$$

Catatan bahwa $\exp(x)$ adalah sama dengan e^x , dengan $e = 2,71828$ adalah dasar dari logaritma natural.



Gambar 3 Keadaan Batas Platifikasi Kord Sambungan K

batas keberlakuan sambungan K batang PSR ke PSR Bundar telah diatur pada (SNI 1729:2020, Pasal K4. Tabel 3.1A. Hal. 153), dengan sebagai berikut:

- Eksentrisitas joint

$$-0,55 \leq \frac{e}{D} \leq 0,25 \quad (2.13)$$

Dimana:

e = Eksentrisitas dalam sambungan, (mm)
 D = Diameter dinding kord, (mm)

- Kelangsingan dinding kord

$$\frac{D}{t} \leq 50 \quad (2.14)$$

Dimana:

t = Tebal dinding kord, (mm)
 D = Diameter dinding kord, (mm)

- Kelangsingan dinding cabang

$$\frac{D_b}{t_b} \leq 50 \quad (2.15)$$

Dimana:

t_b = Tebal dinding cabang, (mm)
 D_b = Diameter dinding cabang, (mm)

- Rasio Lebar

$$0,4 \leq \frac{D_b}{D} \leq 1,0 \quad (2.16)$$

Dimana:

D = Diameter dinding kord, (mm)
 D_b = Diameter dinding cabang, (mm)

- Celah

$$g \geq t_{btekan} + t_{btarik} \quad (2.17)$$

Dimana:

t_{btekan} = Tebal dinding cabang tekan, (mm)
 t_{btarik} = Tebal dinding cabang tarik, (mm)

- Kekuatan material penampang

$$F_y \text{ dan } F_{yb} \leq 360 \text{ MPa} \quad (2.18)$$

Dimana:

F_y = F_{yb} = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)

- Jarak ujung sambungan

$$D \times \left(1,25 - \frac{\beta}{2}\right) \quad (2.19)$$

Dimana:

D = Diameter dinding kord, (mm)
 β = Rasio diameter cabang terhadap diameter kord (D_b/D)

3. METODOLOGI PERENCANAAN

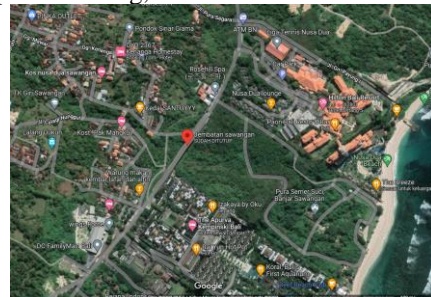
3.1 Data Perencanaan

Kelas Jembatan = Kelas I (satu)
 Panjang Jembatan = 120 meter

Lebar Jembatan = 9 meter
 Lebar Lantai Kendaraan = 7 meter
 Lebar Trotoir = 2 x 1 meter
 Tipe Jembatan = Pelengkung
 Jarak antar Gelagar Melintang = 4 meter
 Jarak antar Gelagar Memanjang = 1,4 meter
 Mutu beton (f_c') = 30 MPa
 Mutu baja = 243 MPa
 Mutu Las = E60XX (elektroda 60 ksi)

3.2 Lokasi Perencanaan

Jembatan Sawangan Nikko-Bali berlokasi di Jl. Raya Nusa Dua Selatan, Benoa, Kec. Kuta Selatan., Kabupaten Badung, Bali



Gambar 4 Lokasi Perencanaan Jembatan Sawangan Nikko-Bali

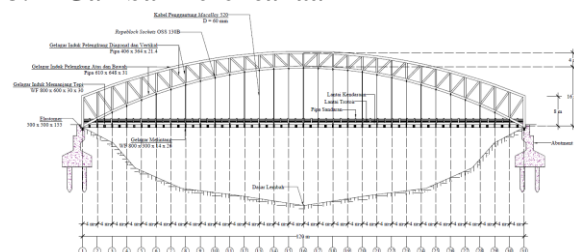
(Sumber: <https://goo.gl/maps/EiJXCdOn95iFraNo8>)

3.3 Kondisi Eksisting Jembatan



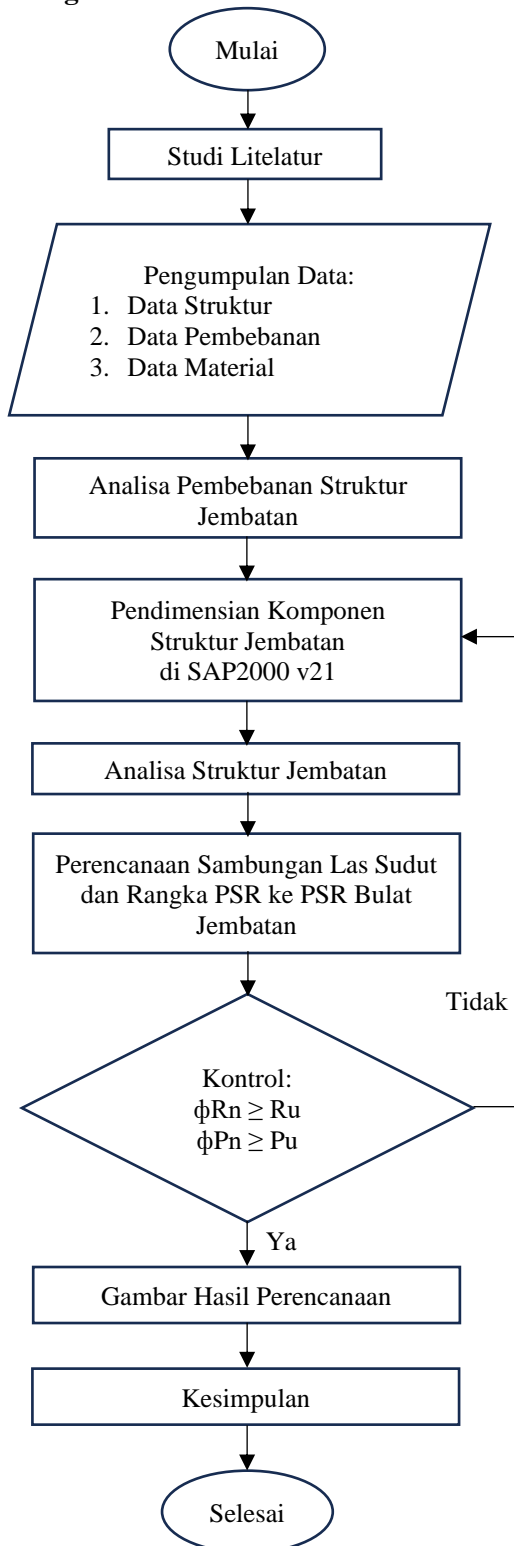
Gambar 5 Kondisi Eksisting Jembatan Sawangan Nikko-Bali

3.4 Gambar Perencanaan



Gambar 6 Perencanaan Tampak Samping Jembatan Sawangan Nikko-Bali

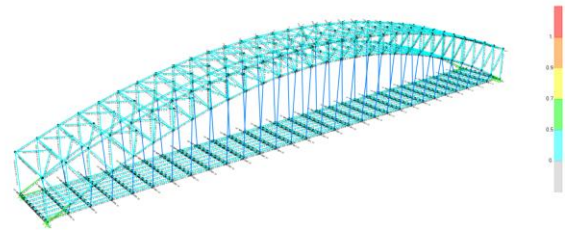
3.5 Diagram Alir



Gambar 7 Diagram Alir Perencanaan Sambungan Las Jembatan Rangka Pelengkung

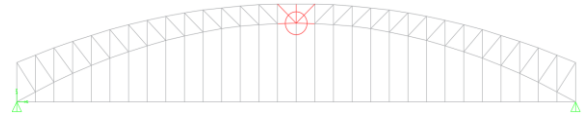
4. PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Sambungan Las Tumpul

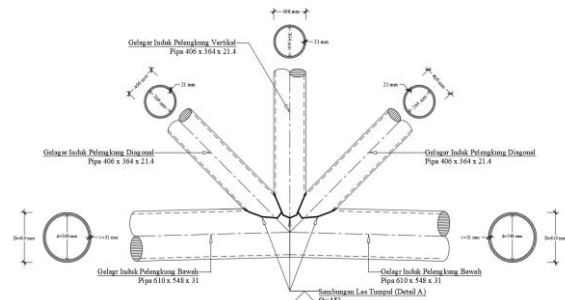


Gambar 6 Hasil Cek Analisa Design Struktur

Dalam menentukan dimensi profil pipa pada rangka jembatan, harus mengetahui gaya yang bekerja pada rangka jembatan itu sendiri. Nilai tersebut dapat dilihat dari hasil analisa SAP2000v21. Dengan memilih salah satu joint sebagai acuan perencanaan.



Gambar 8 Titik Tinjau Sambungan Gelagar Induk Pelengkung Rangka



Gambar 9 Titik Tinjau Sambungan Gelagar Induk Pelengkung Rangka

Pada joint rangka diatas terdapat Kord sebagai titik utama yang disambung oleh struktur cabang kord. Dengan dimensi kord profil pipa 610 x 575 x 17,5 didapatkan gaya tekan pada sebesar $P_u = 281216,94$ Kg dan dimensi cabang kord profil pipa 406 x 364 x 21,4 didapatkan gaya tekan pada sebesar $P_u = 5808,5$ Kg.

1. Menentukan tebal efektif minimum las tumpul

Tabel 3 Tebal Efektif Minimum Las Tumpul

Tebal Material pada Bagian yang lebih Tipes yang Disambung, in. (mm)	Tenggorok Efektif Minimum, ^{in.} (mm)
Sampai dengan 1/4 (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari 1/4 (6) sampai dengan 1/2 (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari 1/2 (13) sampai dengan 3/4 (19)	1/4 (6)
Lebih besar dari 3/4 (19) sampai dengan 1 1/2 (38)	5/16 (8)
Lebih besar dari 1 1/2 (38) sampai dengan 2 1/4 (57)	3/8 (10)
Lebih besar dari 2 1/4 (57) sampai dengan 6 (150)	1/2 (13)
Lebih besar dari 6 (150)	5/8 (16)

(Sumber: SNI 1729:2020, Pasal 1.1(a).Tabel.J2.3, Hal. 115)

Diketahui:

Tebal profil (t) = 31 mm

Maka, Tebal efektif minimum las tumpul (t_{emin}) sebesar 8 mm

2. Menentukan tebal efektif las tumpul

Tebal efektif las tumpul apabila cabang kord dengan kord yang disambung memiliki ketebalan profil yang berbeda maka ketentuan tebal las efektif sebagai berikut:

$$T1 < T2 ; te = T1$$

$$21,4 \text{ mm} < 31 \text{ mm} ; te = 21,4 \text{ mm}$$

(Sumber: Setiawan (2013), Hal. 140)

- Menentukan luas efektif las tumpul (SNI 1729:2020, Pasal J2.1a, Hal. 114) menjelaskan, luas efektif untuk las tumpul ditentukan dengan mengkalikan panjang las dengan tebal efektif. Sehingga,

$$\begin{aligned} A_{we} &= te \times L_w \\ &= 12 \times \pi \times d \\ &= 12 \times \pi \times 364 \\ &= 12 \times 1143,539 \\ &= 24471,751 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan kuat nominal las (SNI 1729:2020, Pasal J4.(a), Hal. 119) menjelaskan, dalam menentukan kuat nominal las harus merupakan nilai terkecil antara kekuatan logam dasar dan logam las. Dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk logam dasar:

$$Rn = F_{nBM} \times A_{BM}$$

Nilai F_{nBM} dan A_{BM} ditentukan berdasarkan (SNI 1729: 2020, Tabel J2.5, hal. 120) untuk sambungan las tumpul ditentukan sebagai berikut:

Untuk logam dasar:

Nilai tegangan nominal logam dasar:

$$F_{nBM} = fy = 243 \text{ MPa}$$

Nilai luas penampang logam dasar:

$$A_{BM} = Ag = 25655 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Rn &= 243 \times 25655 \\ &= 6234164,901 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Rn &= \phi \times Rn \\ &= 0,9 \times 6234164,901 \\ &= 5610748,411 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk logam las:

$$Rn = F_{nw} \times A_{we}$$

Nilai F_{nw} dan A_{we} ditentukan berdasarkan (SNI 1729: 2020, Tabel J2.5, hal. 120) untuk sambungan las tumpul ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Rn &= 0,9 \times F_{EXX} \times A_{we} \\ &= 0,9 \times 413,7 \times 24471,751 \\ &= 9111566,728 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Rn &= \phi \times Rn \\ &= 0,8 \times 9111566,728 \\ &= 7289253,382 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga, berdasarkan kuat desain antara logam dasar dan logam las dipilih nilai yang terkecil, didapatkan

$$\begin{aligned} \phi Rn &= 5610748,411 \text{ N} \\ &= 572139,2369 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan rencana las

$$\begin{aligned} Pu &\leq \phi Rn \\ 281216,94 \text{ Kg} &\leq 572139,2369 \text{ Kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pu &\leq \phi Rn \\ 5808,5 \text{ Kg} &\leq 572139,2369 \text{ Kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

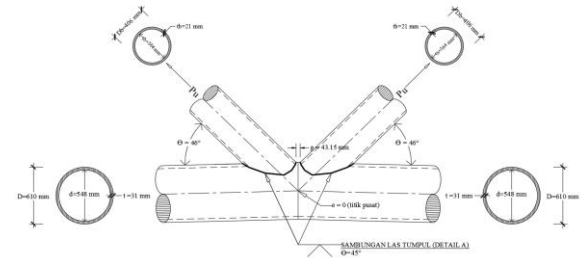
4.2 Sambungan Rangka Batang PSR ke PSR Bulat

Berdasarkan (SNI 1729:2020, Pasal K3.(a), Hal. 150) menjelaskan, sambungan rangka PSR ke PSR diartikan sebagai sambungan yang memiliki lebih dari satu atau lebih komponen struktur cabang yang dilas langsung ke kord menerus.

Pada khusus joint ini memiliki satu cabang yang tegak lurus terhadap struktur kord dan dua cabang yang memiliki beban komponen struktur yang diseimbangkan pada sambungan kord, sehingga diklasifikasikan sebagai sambungan T & K

1. Menghitung kekuatan sambungan K

- Menentukan batas keberlakuan sambungan (SNI 1729:2020, Pasal K3 Tabel K3.1A, Hal. 152) menentukan batas keberlakuan sambungan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut:



Gambar 10 Perencanaan Sambungan K Rangka Batang PSR ke PSR

Cek eksentrisitas joint:

$$-0,55 \leq e/D \leq 0,25$$

$$-0,55 \leq 0/610 \leq 0,25$$

$$-0,55 \leq 0 \leq 0,25 \quad \text{OK}$$

Cek kelangsingan penampang dinding kord (pipa 610 x 575 x 17,5):

$$\frac{D}{t} \leq 50$$

Dimana,

$$D = 610 \text{ mm}$$

$$t = 30,9 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$\frac{610}{30,9} \leq 50$$

$$19,728 \leq 50 \quad \text{OK}$$

Cek kelangsingan penampang dinding kord (pipa 406 x 364 x 21,4):

$$\frac{D_b}{t_b} \leq 50$$

Dimana,

$$D_b = 406 \text{ mm}$$

$$t_b = 21 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$\frac{406}{21} \leq 50$$

$$18,991 \leq 50 \quad \text{OK}$$

Cek rasio lebar untuk sambungan K yang bercelah:

$$0,4 \leq \frac{D_b}{D} \leq 1,0$$

$$0,4 \leq \frac{406}{610} \leq 1,0$$

$$0,4 \leq 0,7 \leq 1,0 \quad \text{OK}$$

Cek jarak celah sambungan K:

$$g \geq t_{tarik} + t_{tarik}$$

$$g \geq 21,4 + 21,4$$

43,2 ≥ 43 **OK**

Cek kekuatan material penampang:

f_y dan $f_{yb} \leq 360$ MPa

Dimana,

$f_y = f_{yb} = 243$ MPa

Sehingga,

243 Mpa ≤ 360 MPa **OK**

Cek jarak cabang penampang:

$$l_{end} \geq D \times \left(1,25 - \frac{\beta}{2}\right)$$

Dimana,

$$l_{end} = 610 \text{ mm}$$

$$D = 610 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{D_b}{D} = \frac{406}{610} = 0,7$$

Sehingga,

$$610 \geq 610 \times \left(1,25 - \frac{0,7}{2}\right)$$

$$610 \geq 559 \text{ OK}$$

b. Menentukan kekuatan tersedia sambungan

(SNI 1729:2020, Pasal K3 Tabel K3.1, Hal. 152) menjelaskan, sambungan rangka PSR ke PSR harus menghitung keadaan batas kekuatan aksial yang tersedia pada sambungan. Dengan sebagai berikut:

Menghitung keadaan batas plastifikasi kord:

Untuk sambungan K bercelah keadaan batas plastifikasi kord diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_n \sin \theta = f_y \times t^2 \times \left(2,0 + 11,3 \times \frac{D_b}{D}\right) \times Q_g \times Q_f$$

Dimana,

Menghitung nilai (Q_g):

$$Q_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{\exp\left(\frac{0,5 \gamma}{t} - 1,33\right) + 1}\right)$$

Nilai $\exp(x)$ sama dengan e^x , dengan nilai $e = 2,71828$

Menghitung kelangsingan kord (γ):

$$\gamma^{0,2} = \left(\frac{406}{2 \times 21,4}\right)^{0,2}$$

$$\gamma = 9,495^{0,2}$$

$$= 1,569$$

$$\gamma^{1,2} = \left(\frac{406}{2 \times 21,4}\right)^{1,2}$$

$$\gamma = 9,495^{1,2}$$

$$= 14,894$$

Sehingga nilai Q_g didapatkan:

$$Q_g = 1,569 \left(1 + \frac{0,024 \times 14,894^{1,2}}{2,71828 \left(\frac{0,5 \times 43,2}{21,4} - 1,33\right) + 1}\right)$$

$$= 1,569 \left(1 + \frac{0,357}{2,71828^{0,368}}\right)$$

$$= 1,569 \times 1,181$$

$$= 1,853$$

Menghitung nilai (Q_f):

$$Q_f = 1$$

(untuk permukaan sambungan kondisi tarik)

Dapat disimpulkan nilai keadaan batas plastifikasi kord:

Dimana,

$$P_n \sin(46^\circ) = 243 \times (21,4)^2 \times (2,0 + 11,3 \times 0,7) \times 1,853 \times 1$$

$$P_n \sin(46^\circ) = 2192860,474$$

$$P_n = \frac{2192860,474}{\sin(46^\circ)} = \frac{2192860,474}{0,719}$$

$$= 3048434,79 \text{ N}$$

$$= 310854,992 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = \phi \times P_n$$

$$= 0,9 \times 310854,992$$

$$= 279769,493 \text{ Kg}$$

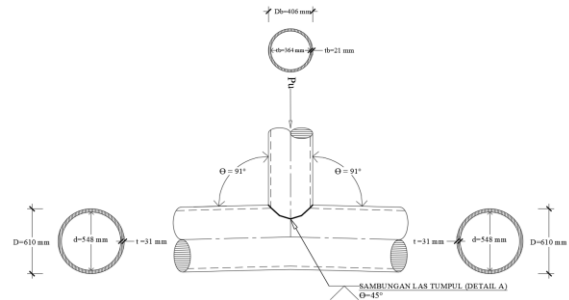
Kontrol kekuatan tersedia sambungan:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$279769,493 \text{ Kg} \geq 51162,19 \text{ Kg OK}$$

2. Menghitung kekuatan sambungan T

a. Menentukan batas keberlakuan sambungan



Gambar 11 Perencanaan Sambungan T Rangka Batang PSR ke PSR

Cek eksentrisitas joint:

$$-0,55 \leq e/D \leq 0,25$$

$$-0,55 \leq 0/610 \leq 0,25$$

$$-0,55 \leq 0 \leq 0,25 \text{ OK}$$

Kelangsingan dinding cabang kord:

$$\frac{D_b}{t_b} \leq 50 \times \frac{E}{f_{yb}}$$

Dimana,

$$D_b = 406 \text{ mm}$$

$$t_b = 21 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 243 \text{ MP}$$

Sehingga,

$$\frac{406}{21} \leq 50 \times \frac{200000}{243}$$

$$18,991 \leq 412 \text{ OK}$$

Cek kekuatan material penampang:

f_y dan $f_{yb} \leq 360$ MPa

Dimana,

$f_y = f_{yb} = 243$ MPa

Sehingga,

243 Mpa ≤ 360 MPa **OK**

Cek jarak cabang penampang:

$$l_{end} \geq D \times \left(1,25 - \frac{\beta}{2}\right)$$

Dimana,

$$l_{end} = 610 \text{ mm}$$

$$D = 610 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{D_b}{D} \\ &= \frac{406}{610} \\ &= 0,7\end{aligned}$$

Sehingga,

$$610 \geq 610 \times \left(1,25 - \frac{0,7}{2}\right)$$

$$610 \geq 559 \text{ OK}$$

- b. Menentukan kekuatan tersedia sambungan

Menghitung keadaan batas plastifikasi kord:

Untuk sambungan T keadaan batas plastifikasi

kord diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_n \sin\theta = f_y \times t^2 \times (3,1 + 15,6 \times \beta^2) \times \gamma^{0,2} \times Q_f$$

Dimana,

Menghitung kelangsingan kord (γ):

$$\gamma^{0,2} = \left(\frac{406}{2 \times 21,4}\right)^{0,2}$$

$$\gamma = 9,495^{0,2}$$

$$= 1,569$$

Menghitung nilai (Qf):

$$Q_f = 1,0 - 0,3 \times U \times (1 + U)$$

(PSR untuk permukaan penyambung kondisi tekan)

Menghitung nilai (U):

$$U = \frac{Pro}{F_c \times A_g} + \frac{Mro}{F_c \times A_g}$$

(SNI 1729:2020, Pasal K4 Tabel K3.1, Hal. 152) menjelaskan, nilai Pro dan Mro ditentukan berdasarkan sisi joint yang memiliki nilai tekan terendah. Dengan nilai Pro=Pu dan Mro=Mu untuk PSR (DFBT). Namun, nilai Mu pada perhitungan tidak berkalu karena tidak ada gaya momen yang terjadi.

Fc merupakan tegangan tersedia pada komponen struktur utama, dimana Fc=fy untuk DFBT (SNI 1729:2020, Pasal K1.1, Hal. 148).

Maka,

$$\begin{aligned}U &= \frac{Pro}{F_c \times A_g} \\ &= \frac{5808,5}{243 \times 25655} \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Sehingga nilai Qf didapatkan:

$$\begin{aligned}Q_f &= 1,0 - 0,3 \times 0,001 \times (1 + 0,001) \\ &= 1,000\end{aligned}$$

Dapat disimpulkan nilai keadaan batas plastifikasi kord:

Dimana,

$$P_n \sin\theta = f_y \times t^2 \times (3,1 + 15,6 \times \beta^2) \times \gamma^{0,2} \times Q_f$$

$$P_n \sin(91^\circ) = 243 \times 21^2 \times (3,1 + 15,6 \times 0,7^2) \times 1,569^{0,2} \times 1$$

$$P_n = \frac{1750892,671}{\sin 91}$$

$$= \frac{1750892,671}{0,9998}$$

$$= 1751159,38 \text{ N}$$

$$= 178569,224 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = \phi \times P_n$$

$$= 0,9 \times 178569,224 \text{ Kg}$$

$$= 160712,302 \text{ Kg}$$

Kontrol kekuatan tersedia sambungan:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$160712,302 \text{ Kg} \geq 5808,500 \text{ Kg OK}$$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Digunakan baja pipa 610 x 575 x 17,5 dan baja pipa 406 x 364 x 21,4
2. Digunakan las tumpul E60XX dengan tebal efektif ($t_e = 21,4 \text{ mm}$), dan panjang pengelasan 24471,751 mm².

5.2 Saran

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan kabel dan sambungannya, adalah sebagai berikut:

1. Dalam merencanakan Jembatan rangka dengan menggunakan sambungan las, harus dipertimbangkan dengan baik spesifikasi mutu las yang digunakan agar memenuhi dan sesuai dengan perencanaan jembatan tersebut.
2. Sambungan rangka PSR ke PSR harus direncanakan dengan baik, demi menghindari kerusakan atau kegagalan saat pembangunan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2016a). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Struyk, H. J., & Veen, K. H. C. W. Van Der. (1984). JEMBATAN (Soemargono (ed.)).
- Arifi, E., & Setyowulan, D. (2020). Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2020. UB Press.
- Dewobroto, W. (2016). Struktur Baja (Jurusan Teknik Sipil UPH (ed.); 2 ed.). LUMINA Press.