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

I Wayan Reditya Candra Wibawa[1], Mohammad Erfan[2], Vega Aditama[3]

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

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 × 175 × 7 × 11 for elongated girders, WF profiles 800 × 300 × 14 × 26 for transverse girders, Box profiles 800 x 600 x 30 x 30 for edge elongated main girders, profiles Pipe 610 x 548 x 30.9 for lower and upper arch main girder, Pipe profile 406 x 364 x 21 for vertical and diagonal main girder, Pipe profile 356 x 318 x 19 for upper transverse girder, Pipe profile 273 x 238 x 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 × 400 × 120 and 500 × 500 × 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 kontruksi beton PCI Girder dengan 2 pilar beton ditengahnya. Berdasarkan hal tersebut, pada perencanaan studi alernatif ini akan memilih jembatan tipe pelengkung rangka baja pipa dengan tingggi 20 meter, lebar jemabtan 9 meter, dan pnajang jemabtan 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 × 175 × 7 × 11 untuk gelagar memanjang, profil WF 800 × 300 × 14 × 26 untuk gelagar melintang, profil Box 800 x 600 x 30 x 30 untuk gelagar induk memanjang tepi, profil Pipa 610 x 548 x 30,9 untuk gelagar induk pelengkung bawah dan atas, profil Pipa 406 x 364 x 21 untuk gelagar induk vertikal dan diagonal, profil Pipa 356 x 318 x 19 untuk gelagar melintang atas, profil Pipa 273 x 238 x 17,49 untuk Ikatan Angin atas kabel, penggantung menggunakan Tension Rod D60 mm. Didapatkan dimensi untuk perletakan elastomer pada gelagar induk memanjang tepi 400 × 400 × 120 dan 500 × 500 × 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 efesiensi 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

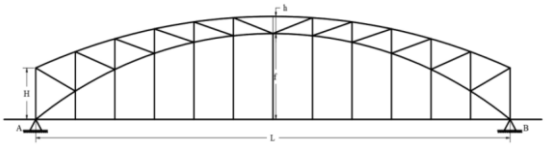
2.1 Jembatan Pelengkung Rangka

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:

$$f = \frac{1}{5} \text{ x L Hingga } f = \frac{1}{8} \text{ x L} \quad (2.1)$$

$$t = \frac{1}{25} \text{ x L Hingga } t = \frac{1}{45} \text{ x L} \quad (2.2)$$

$$h = \frac{1}{12} \text{ x L} \quad (2.3)$$



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)	V, OH		

(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,[a] 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

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

$A_{we} = t_e x\, L_w$ (2.5)

Dimana:

T_e = Tebal efektif minimum (mm)

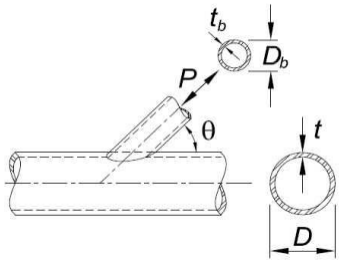
L_w = Panjang las (mm)

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 samnbungan T dan jika tidak maka diklasifikan 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

$P\sin\theta = Fy \times t^2 \times (3{,}1 + 15{,}6 \times \beta^2) \times \gamma^{0.2} \times Q_f$ (2.6)

Dimana:

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

t = Tebal kord yang disambung, (mm)

β = Rasio lebar, rasio diameter cabang terhadap diameter kord = Db/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:

$U = \frac{Pro}{Fc \times Ag} + \frac{Mro}{Fc \times Ag}$

(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).

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

  $\frac{D}{t} \leq 50$ (2.7)

  Dimana:

  t = Tebal dinding kord, (mm)

  D = Diameter dinding kord, (mm)
- Kelangsingan dinding cabang

  $\frac{D_b}{t_b} \leq 50$ (2.8)

  Dimana:

  t_b = Tebal dinding cabang, (mm)

  D_b = Diameter dinding cabang, (mm)
- Kekuatan material penampang

  Fy dan Fyb ≤ 360 MPa (2.9)

  Dimana:

  Fy = Fyb = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)
- Jarak ujung sambungan

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

$P\sin\theta = fy \times t^2 \times (2{,}0 + 11{,}3 \times \beta) \times Q_g$ (2.11)

Cabang tarik:

$P\sin\theta = P\sin\theta_{cabangtekan}$ (2.12)

Dimana:

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

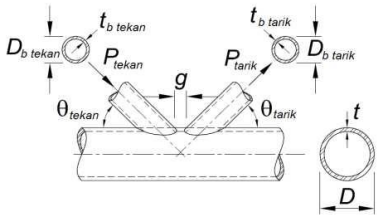
t = Tebal kord yang disambung, (mm)

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

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

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

Catatan bahwa exp(x) adalah sama dengan ex, 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

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

  Dimana:

  e = Eksentrisitas dalam sambungan, (mm)

  D = Diameter dinding kord, (mm)
- Kelangsingan dinding kord

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

  Dimana:

  t = Tebal dinding kord, (mm)

  D = Diameter dinding kord, (mm)
- Kelangsingan dinding cabang

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

  Dimana:

  t_b = Tebal dinding cabang, (mm)

  D_b = Diameter dinding cabang, (mm)
- Rasio Lebar

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

  Dimana:

  D = Diameter dinding kord, (mm)

  D_b = Diameter dinding cabang, (mm)
- Celah

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

  Dimana:

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

  t_{btarik} = Tebal dinding cabang tarik, (mm)
- Kekuatan material penampang

  Fy dan Fyb ≤ 360 MPa (2.18)

  Dimana:

  Fy = Fyb = Kuat leleh minimum material yang disambung, (MPa)
- Jarak ujung sambungan

  $D \times \left(1{,}25 - \frac{\beta}{2}\right)$ (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 (fc')	=	30 MPa
Mutu baja	=	243 MPa
Mutu Las	=	E60XX (elektroda 60 ksi)

3.2 Lokasi Perencanaan

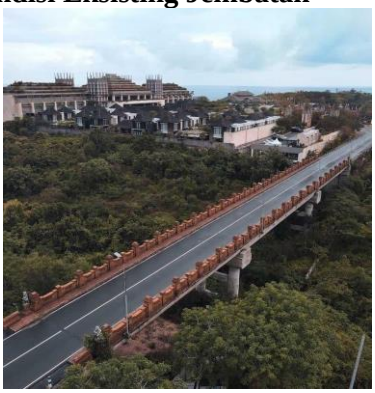
Jembatan Sawangan Nikko-Bali berlokasi di Jl. Raya Nusa Dua Selatan, Benoa, Kec. Kuta. Selatan., Kabupaten Badung, Bali



Gambar 4 Lokasi Perencaan Jembatan Sawangan Nikko-Bali

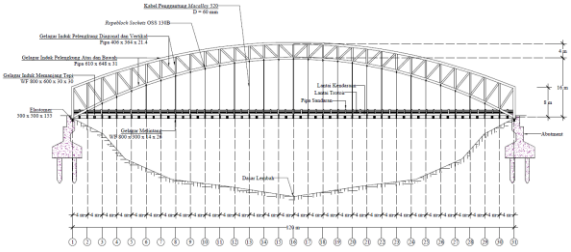
(Sumber: https://goo.gl/maps/EiJXCdQn95iFraNo8)

3.3 Kondisi Eksisting Jembatan



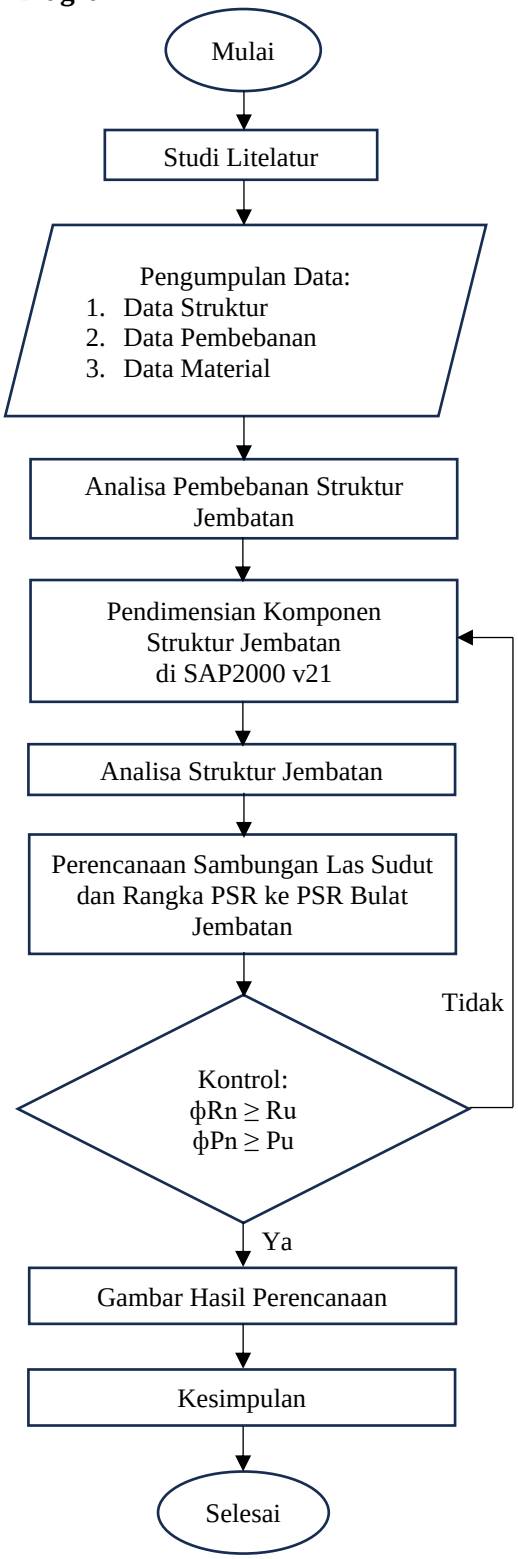
Gambar 5 Kondisi Eksisting Jembatan Sawangan Nikko-Bali

3.4 Gambar Perencanaan



Gambar 6 Perencanaan Tampak Samping Jembatan Sawangan Nikko-Bali

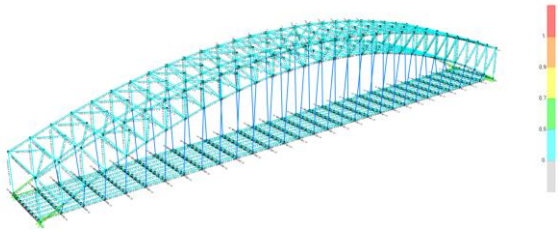
3.5 Diagram Alir



Gambar 7 Diagram Alir Perencanaan Sambungan Las Jembatan Rangka Pelengkung

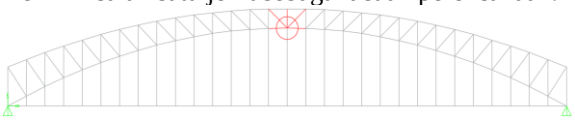
4. PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Sambungan Las Tumpul

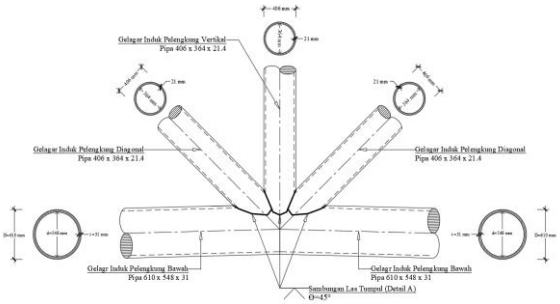


Gambar 6 Hasil Cek Analisa Design Struktur

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 Pu = 281216,94 Kg dan dimensi cabang kord profil pipa 406 x 364 x 21,4 didapatkan gaya tekan pada sebesar Pu = 5808,5 Kg.

1. Menentukan tebal efektif minimum las tumpul

Tabel 3 Tebal Efektif Minimum Las Tumpul

Tebal Material pada Bagian yang lebih Tipis yang Disambung, in. (mm)	Tenggorok Efektif Minimum,[a] 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 eketif 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 mm < 31 mm ; te = 21,4 mm
(Sumber: Setiawan (2013), Hal. 140)

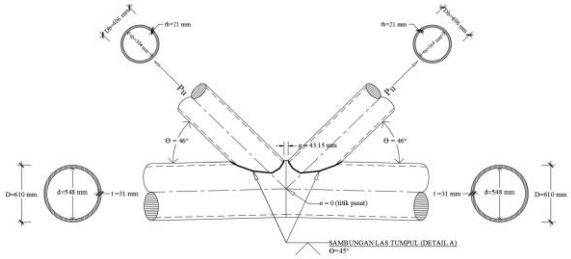
3. Menentukan luas efektif las tumpul
(SNI 1729:2020, Pasal J2.1a, Hal. 114) menjelaskan, luas efektif untuk las tumpul ditentukan dengan mengkalikan panjang las dengan tebal efektif. Sehingga,
A_{we} = te x L_w
= 12 x π x d
= 12 x π x 364
= 12 x 1143,539
= 24471,751 mm^2
4. Menentukan kuat nominal las
(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 MPa
Nilai luas penampang logam dasar:
A_{BM} = Ag = 25655 mm^2
Sehingga,
Rn = 243 x 25655
= 6234164,901 N
ϕRn = ϕ x Rn
= 0,9 x 6234164,901
= 5610748,411 N
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:
Rn = 0.9 x FEXX x A_{we}
= 0.9 x 413,7 x 24471,751
= 9111566,728 N
ϕRn = ϕ x Rn
= 0.8 x 9111566,728
= 7289253,382 N
Sehingga, berdasarkan kuat desain antara logam dasar dan logam las dipilih nilai yang terkecil, didapatkan
ϕRn = 5610748,411 N
= 572139,2369 Kg
5. Kontrol kekuatan rencana las
Pu ≤ ϕRn
281216,94 Kg ≤ 572139,2369 Kg ***OK***
Pu ≤ ϕRn
5808,5 Kg ≤ 572139,2369 Kg ***OK***

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 khasus 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

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



Gambar 10 Perencanaan Sambungan K Rangka Batang PSR ke PSR

Cek eksentrisitas joint:
-0,55 ≤ e/D ≤ 0,25
-0,55 ≤ 0/610 ≤ 0,25
-0,55 ≤ 0 ≤ 0,25 ***OK***
Cek kelangsingan penampang dindingan kord (pipa 610 x 575 x 17,5):
$\frac{D}{t} \leq 50$
Dimana,
D = 610 mm
t = 30,9 mm
Sehingga,
$\frac{610}{30,9} \leq 50$
19,728 ≤ 50 ***OK***
Cek kelangsingan penampang dindingan kord (pipa 406 x 364 x 21,4):
$\frac{D_b}{t_b} \leq 50$
Dimana,
D_b = 406 mm
t_b = 21 mm
Sehingga,
$\frac{406}{21} \leq 50$
18,991 ≤ 50 ***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 ≤ 0,7 ≤ 1,0 ***OK***
Cek jarak celah sambungan K:
$g \geq t_{btarik} + t_{btarik}$
g ≥ 21,4 + 21,4
43,2 ≥ 43 ***OK***
Cek kekuatan material penampang:

fy dan fyb ≤ 360 MPa
Dimana,
fy = fyb = 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,
lend = 610 mm
D = 610 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 ≥ 559 ***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 kakuatan aksial yang tersedia pada sambungan. Dengan sebagai berikut:
Menghitung keadaan batas plastifikasi kord:
Untuk sambungan K bercelah keadaan batas plastifikasi kord diperhitungkan sebagai berikut:

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

Dimana,
Menghitung nilai (Q_g):

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

Nilai exp(x) sama dengan ex, 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 x 1,181
= 1,853

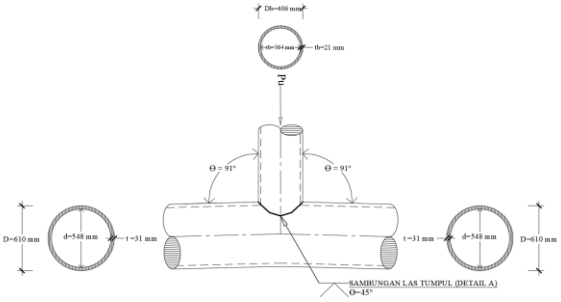
Menghitung nilai (Q_f):
$Q_f = 1$
(untuk permukaan sambungan kondisi tarik)
Dapat disimpulkan nilai keadaan batas plastifikasi kord:
Dimana,
Pn sin(46°) = 243 x $(21{,}4)^2$ x (2,0 + 11,3 x 0,7)x 1,853 x 1
Pn sin(46°) = 2192860,474

$Pn = \frac{2192860{,}474}{\sin(46°)}$
$= \frac{2192860{,}474}{0{,}719}$
= 3048434,79 N
= 310854,992 Kg
$\phi Pn = \phi \times Pn$
= 0,9 x 310854,992
= 279769,493 Kg

Kontrol kekuatan tersedia sambungan:
ϕPn ≥ Pu
279769,493 Kg ≥ 51162,19 Kg ***OK***

2. Menghitung kekutan sambungan T

a. Menentukan batas keberlakuan sambungan



Gambar 11 Perencanaan Sambungan T Rangka Batang PSR ke PSR

Cek eksentrisitas joint:
-0,55 ≤ e/D ≤ 0,25
-0,55 ≤ 0/610 ≤ 0,25
-0,55 ≤ 0 ≤ 0,25 ***OK***
Kelangsingan dindingan cabang kord:

$\frac{D_b}{t_b} \leq 50 \times \frac{E}{fyb}$

Dimana,
Db = 406 mm
tb = 21 mm
fyb = 243 MP
Sehingga,

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

18,991 ≤ 412 ***OK***
Cek kekuatan material penampang:
fy dan fyb ≤ 360 MPa
Dimana,
fy = fyb = 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,
lend = 610 mm
D = 610 mm
$\beta = \frac{D_b}{D}$

$= \frac{406}{610}$
$= 0,7$

Sehingga,

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

$610 \geq 559$ ***OK***

b. Menentukan kekuatan tersedia sambungan

Menghitung keadaan batas plastifikasi kord:

Untuk sambungan T keadaan batas plastifikasi kord diperhitungkan sebagai berikut:

$Pn \sin\theta = fy \times t^2 \times (3,1 + 15,6 \times \beta^2) \times \gamma^{0.2} \times Q_f$

Dimana,

Menghitung kelangsingan kord (γ):

$\gamma^{0.2} = (\frac{406}{2 \times 21,4})^{0,2}$

$\gamma = 9,495^{0,2}$
$= 1,569$

Menghitung nilai (Qf):

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

(PSR untuk permukaan penyambung kondisi tekan)

Menghitung nilai (U):

$U = \frac{Pro}{Fc \times Ag} + \frac{Mro}{Fc \times Ag}$

(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,

$U = \frac{Pro}{Fc \times Ag}$
$= \frac{5808,5}{243 \times 25655}$
$= 0,001$

Sehingga nilai Qf didapatkan:

$Qf = 1,0 - 0,3 \times 0,001 \times (1 + 0,001)$
$= 1,000$

Dapat disimpulkan nilai keadaan batas plastifikasi kord:

Dimana,

$Pn \sin\theta = fy \times t^2 \times (3,1 + 15,6 \times \beta^2) \times \gamma^{0.2} \times Q_f$

$Pnsin(91°) = 243 \times 21^2 \times (3,1 + 15,6 \times 0,7^2) \times 1,569^{0.2} \times 1$

$Pn = \frac{1750892,671}{\sin 91}$
$= \frac{1750892,671}{0,9998}$
$= 1751159,38$ N
$= 178569,224$ Kg

$\phi Pn = \phi \times Pn$
$= 0,9 \times 178569,224$ Kg
$= 160712,302$ Kg

Kontrol kekuatan tersedia sambungan:

$\phi Pn \geq Pu$
$160712,302$ Kg $\geq 5808,500$ 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 (te = 21,4 mm), dan panjang pengelasan 24471,751 mm^2.

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.