

PERENCANAAN KABEL PADA JEMBATAN TIPE PELENGKUNG RANGKA SUNGAI DAMA

Rendy Setiawan Ang¹, Ir. Ester Priskasari. MT², dan Vega Aditama. ST. MT³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: randysetiawan256@gmail.com

ABSTRACT

The bridge is a construction that has a function to provide convenience and shorten the distance of the track as well as to cross various obstacles such as valleys, lakes, rivers and others. Bridges are built in various forms according to their needs. One of them is an arch bridge with cable stayed. Based on the situation on the Dama River, an arch bridge is the right form to use because it has a fairly long span. Preliminary planning data includes the total length of the existing bridge, namely, 120 m with a width of 8.6 m. After analyzing this bridge, for the dimensions of the 6 x 7 dyform suspension cables IWRC Bridge Rope 28 mm.

Keywords: Bridges, Cables, Arches

ABSTRAK

Perencanaan jembatan Sungai Dama dibangun dengan tipe Jembatan pelengkung. Data awal perencanaan meliputi panjang total jembatan yang sudah ada 120 m lebar 8,6 m. Jembatan ini merupakan jembatan pelengkung yang menggunakan balok rangka pada struktur utama pelengkungnya dengan memakai profil WF yang disusun menjadi satu kesatuan balok rangka dengan dihubungkan oleh kabel penggantung untuk menahan gaya-gaya yang terjadi pada lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang dan gelagar memanjang tepi. Dalam perencanaan Kabel penggantung kita harus merencanakan berapa dimensi kabel, sambungan yang dibutuhkan dan bagaimana perilaku dari kabel akibat beban-beban yang tidak simetris. Maupun pada saat pengencangan dari kabel yang tidak sesuai seperti pada saat pemeliharaan. Dari analisa jembatan ini, dimensi kabel penggantung yang dibutuhkan adalah kabel dyform 6 x 7 IWRC Bridge Rope 28 mm.

Kata kunci: Jembatan, Kabel, Pelengkung

1. PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan saat ini membuat transportasi memiliki peran penting bagi keberlangsungan hidup manusia sebagai prasarana penghubung dari satu tempat ke tempat lainnya. Jembatan merupakan salah satu dari prasarana transportasi yang fungsi memberikan kelancaran bagi laju lalu lintas dengan aman, cepat serta efisien.

Tujuan teknis sebuah perencanaan bangunan selalu memiliki berbagai kriteria dasar pertimbangan dan perencanaan terhadap fungsi dari bangunannya, sistem konstruksinya, baik dari sisi ekonomi ataupun nilai estetikanya. Nilai sebuah keberhasilan tujuan dari suatu perencanaan sangat bergantung pada keobjektifan dalam setiap pertimbangan memiliki struktur sebuah konstruksi.

Kabel stayed yang terbuat dari baja adalah material dengan mutu tinggi yang telah banyak digunakan dalam penguatan suatu struktur jembatan dengan bentang yang panjang. Karena selain mempunyai nilai estetik yang baik, apabila dibandingkan dengan baja solid secara umum, kabel baja mempunyai kualitas mutu lima kali lebih baik. Jika bentangan pada baja solid mempunyai nilai kuat tarik (f_y) sebesar 300 Mpa, maka pada kabel baja

dapat menahan Tarik 1500 Mpa. Nilai kekuatan itu akan terwujud dengan adanya penelitian terhadap material-material yang dikombinasikan. Dengan demikian, jembatan yang mempunyai maupun mengharuskan terbentuknya bentangan yang sangat panjang, perkuatan struktur jembatan yang dipakai ialah material kabel ini. Akan tetapi, satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam struktur kabel, yakni tidak dapat menahan gaya aksian tekan (Hadi Pratomo 1994). Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, maka diperoleh rumusan masalah ini adalah bagaimana struktur dan dimensi kabel yang diperlukan pada jembatan Sungai Dama?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Cable Stayed

Cable Stayed adalah salah satu teknologi yang sangat baik dalam membuat suatu jembatan yang mempunyai bentang yang panjang. Jembatan dengan bentang yang cukup panjang membutuhkan struktur kabel (*cable stayed*) yang berguna sebagai pilar-pilar penghubung dalam memikul sebagian besar dari beban jembatan yang selanjutnya dilimpahkan ke pondasi ataupun menara. Maksud dari pengembangan teknologi kabel tersebut adalah untuk merangkai bentang-bentang pendek menjadi

satu bentang panjang yang bisa menghasilkan kekuatan penopang yang lebih kuat guna memikul berat jembatan itu sendiri maupun lalu lintas yang melalui jembatan tersebut.

Pembebanan

Dalam perencanaan jembatan ini menggunakan peraturan (SNI 1725 2016).

Tabel 1. Pembebanan Jembatan Pelengkung Dama

Klasifikasi Beban	Nama Beban
Beban permanen	<i>selfweight</i>
	Beban mati tambahan
Beban hidup	Beban lajur (TD)
	Beban truk (TT)
	Beban rem (TB)
	Beban pejalan kaki (TP)
Beban dinamis	Beban angin pada struktur
	Beban angin pada kendaraan
Beban dinamis	Beban gempa

(Sumber: SNI 1725-2016)

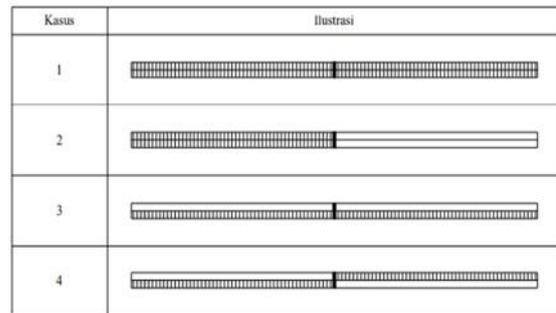
Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa jembatan ini di ambil dari SNI 1725 dan menggunakan konfigurasi beban pada Peraturan PU No. 08/SE/M/2015 (Kementerian PUPR 2015)

Tabel 2. Kombinasi Pembebanan

Keadaan Batas	MS MA TA FA PK PL SH	TD TT TB TR TP	FU	FWs	FWl	RF	Em	TG	FS	Gunakan Salah Satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_2	1,80	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_2	1,40	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_2	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_2	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_2	1,00	1,40	1,00	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_2	γ_{ES}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	-
Ekstrem II	γ_2	0,5	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Layan I	1,0	1,0	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Layan II	1,0	1,3	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Layan III	1,0	0,8	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{16}	γ_{ES}	-	-	-
Layan IV	1,0	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-
Perik	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Sumber: SNI 1725-2016)



Gambar 1. Konfigurasi Beban

(Sumber: Peraturan PU. NO. 08/SE/M/2015)

Sistem dan Jenis Kabel

Sistem kabel menjadi salah satu hal dasar dalam suatu perencanaan jembatan pelengkung. Kabel memiliki fungsi untuk menopang gelagar diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke pylon atau menara (Zamad 2017). Berdasarkan pada susunannya, beberapa jenis kabel yang berbeda diaplikasikan pada jembatan, bentuk serta konfigurasi. Umumnya, pada satu helai terdiri dari tujuh kawat dengan diameter 3 hingga 7 mm. Kabel adalah bagian yang sangat penting pada sebuah desain suatu jembatan, sebab fungsinya untuk menyalurkan beban mati dari struktur atas (lantai jembatan) menuju ke menara atau pylon.

Sehelai kabel bisa terdiri dari satu atau lebih tali structural, *strand structural* (untaian struktural) *locked oil strand* (lilitan untaian terkunci) atau *parallel wire strand* (untaian kawat paralel). Suatu strans selain jenis *parallel wire strand* dibuat dari kawat yang dibentuk spiral pada sekitar sebuah kawat pusat di satu atau lebih lapisan simetris dan diproduksi di Amerika Serikat berdasar pada standari pesifikasi ASTM A-586. Sistem kabel dapat disederhanakan dengan melakukan peninjauan kabel sebagai suatu tatanan longitudinal. Tatanan transversal atau tatanan melintang bisa menggunakan tiga alternative, yakni *single plane* (satu bidang), *two lateral plane* (dua bidang), dan tiga atau lebih bidang. Kabel satu bidang dimanfaatkan untuk jembatan dengan lebar yang relative kecil dan jumlah lajur lalu lintas yang genap, sedangkan untuk dua bidang dipakai pada jembatan dengan lebar jalur lintas cukup besar, seperti jembatan Galalapoka (jembatan Merah Putih), jembatan Suramadu, dan lainnya. Jembatan *cablerstayed* dengan jumlah bidang kabel tiga atau lebih, biasanya digunakan untuk jembatan yang begitu lebar. Selain penataan pada arah transversal, penataan juga dilaksanakan pada arah melintang. Tatanan melintang secara umum diketahui dengan

tipe sejajar, tipe kipas, tipe *radiating*, dan tipe bintang (Zamad, 2017).

Pemilihan jenis kabel bergantung pada segi pelaksanaan, struktur serta keuangan. Saat ini, jenis ruji kabel yang seringkali dan umum untuk digunakan berdasar pedoman perencanaan teknis beruji kabel ialah: (American Institute of Steel Construction 2016)

1. *Parallel Wire Cables*

Terbuat dari kawat bulat galvanis dengan diameter 5 hingga 7 mm berbentuk hexagonal, dengan suatu helix panjang. Kawat tersebut pada umumnya dibungkus oleh *High Destiny Polythylene (HDPE) tube*.

2. *Parallel Strand Cables*

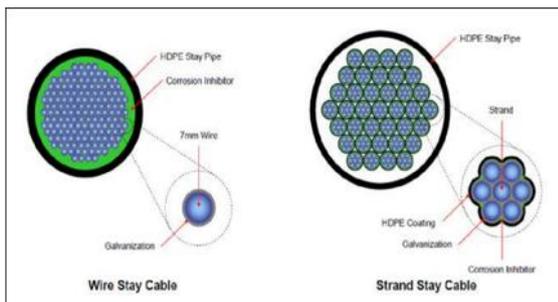
Terbentuk dari beberapa strand. Selanjutnya *strand-strand* tersebut dipasang secara paralel. Pada tiap kabel bisa terdiri dari beberapa *strand* antara lain sebanyak 7, 19, 37, 61, 91 ataupun 127 buah.



Gambar 4. *Strand Stayed Cable*

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel)

Spesifikasi kabel yang diaplikasikan pada jembatan bisa dilihat dari tabel berikut:



Gambar 2. Jenis Kabel

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel)



Gambar 3. *Wire Stayed Cable*

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel)

Tabel 3. Jenis-Jenis Kabel

Jenis Kabel					
	Coupled bars 7/25 Steel S52/1030	Uncoupled bars 36/21	Parallel wires 128/21	Strands 27/215 15 mm	Locked-coil cables
Tendons	Bars 426.5, 32, 36 mm	Bars 16 mm	Wire 6, 7 mm	Strand 6, 5, 0.6, 0.7 of 7 twisted wires	Wire with different profiles 42.9-7 mm
0.2% proof stress, $\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	835 - 1080	1350	1470	1570 - 1670	-
Ultimate tensile strength, f_u (N/mm ²)	1030 - 1230	1500	1670	1770 - 1870	1000 - 1300
Fatigue					
$\Delta\sigma$ (N/mm ²)	80	-	350	300 - 320	120 - 150
σ_{max}/f_u	0.6	-	0.45	0.5 - 0.45	0.45
Modulus of elasticity, E (N/mm ²)	210 000	210 000	205 000	190 000 - 200 000	180 000 - 165 000
Failure Load kN	7339	7624	7467	7634	7310

(Sumber: Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel)

3. PEMBAHASAN

Kabel Penggantung (Hanger)

Kabel memiliki fungsi sebagai penggantung antara gelagar induk dengan gelagar busur/pelengkung.

Dalam perencanaannya, kabel gantung harus memperhentikan baik pada situasi batas layan maupun kondisi batas ultimit. Pada perencanaan ini, kabel penggantung direncanakan berdasar pada kondisi batas ultimit, dimana ketahanan tarik dari kabel dilakukan pemeriksaan dibawah kombinasi berbagai beban yang berkaitan dengan keadaan batas ultimit, dengan faktor reduksi kekuatan = 0,80 yang diterapkan kepada kekuatan.

Dimensi dan Kontrol Kabel

Untuk melakukan perhitungan dimensi dari kabel, sbelumnya harus diketahui terlebih dulu mengenai gaya tarik yang terjadi pada kabel. Untuk menghitung tegangan tarik dari kabel bisa menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = \frac{ql^2}{8f} + 16 \left(\frac{f}{l} \right) \dots\dots\dots(2.56)$$

Keterangan:

- q: beban total jembatan
- l: panjang jembatan
- f: sag maksimum dari kabel

Perpanjangan elastis kabel dengan tegangan yang sama

$$\Delta L = \frac{TL}{EA} \dots\dots\dots(2.57)$$

Keterangan:

- T: Tegangan
- L: Panjang kabel
- E: Elastisitas kabel baja
- A: Luas penampang kabel

Untuk menghitung panjang kabel menggunakan persamaan sebagai berikut:

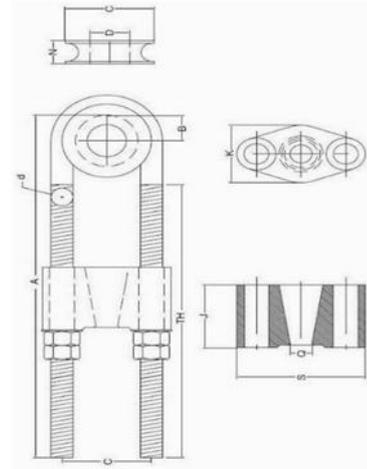
$$L = l \left[1 + \left(\frac{8}{3} \right) \left(\frac{f}{l} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.58)$$

Alat Sambung Kabel

Cable roof structures berpendapat bahwa terdapat dua jenis penyambung yang bisa diaplikasikan untuk menyambung kabel ke struktur, yakni:

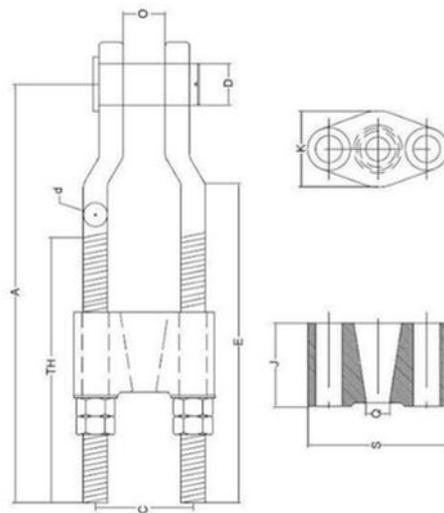
- 1) *Close Bridge Sockets*
 Untuk dimensi daripada sambungan bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 10. *Close Bridge Socket*



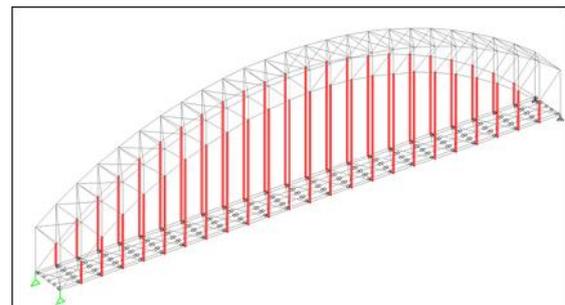
- 2) *Open Bridge Sockets*
 Dimensi dari jenis sambungan bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 11. *Open Bridge Socket*



Struktur Kabel Penggantung

Gambar 12. 58 Kabel Penggantung



Tabel 4. Analisa Gaya Batang Kabel Penggantung

No	Batang	Axial	Critical
1	144	-15358	Tarik
2	144	-15358	Tarik

Nilai gaya PU rebesar ialah 1535844,4 N

(Sumber: Perhitungan Program Staad PRO)

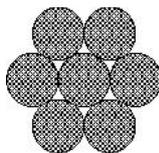
J) Perhitungan dimensi batang tarik 144

Dimensi kabel = CHS318 5X9 (permodelan staadPRO)

$$P_u = 1535844,4$$

$$N = 1535,84 \text{ kN}$$

Material dari staad pro v8i digantikan material kabel dengan spesifikasi :



Gambar 13. Penampang kabel penggantung dyform 6 x 7 IWRC Bridge Rope 60,325 mm

$$\text{Diameter} = 60,3 \text{ mm}$$

$$\text{Type} = \text{Dyform 6, rope grade 2160 Gak 28mm}$$

$$P_n = 1640 \text{ kN (Bridon ropes. Hal 59)}$$

Kontrol :

$$1640 \text{ kN} > 1536 \text{ kN}$$

Perhitungan Kontrol Lendutan Rangka Batang

Kontrol lendutan rangka batang harus kurang dari lendutan ijin, perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{1}{7} \times L$$

$$\text{Panjang jembatan} = 210 \text{ m}$$

$$\text{Kontrol} = \frac{1}{7} \times 210$$

$$= 0,3 < \text{Lendutan ada} =$$

0,5 m (staad pro v8i).

Sambungan Kabel Pada Gelagar Induk

Dimensi gelagar induk = WF 400 x 408 x 21 x 21

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$b = 408 \text{ mm}$$

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

$$f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baut} = \text{A490} = 1024,25 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter baut} = \varnothing 22 \text{ mm} = 2,2 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 22 \text{ mm} + \text{spasi lubang} = 22 \text{ mm} + 2 \text{ mm}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$P (\text{Panjang Baut}) = 5 \text{ Cm}$$

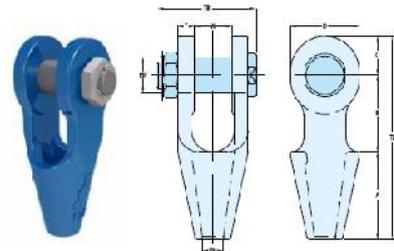
$$= 153584,44$$

1) Perhitungan Sambungan Socket

Direncanakan menggunakan kabel wire ropes diameter = 34,925 mm

Open Spelter Sockets with bolt and nut

Quenched and tempered cast steel



Gambar 14. Open Spelter Sockets with bolt and nut

Tabel 5. Dimensi Open Spelter Sockets With Bolt And Nut

Model nr.	MBL (Weiss)	for wire Ø		Stand Ø		Dimensions (mm)										Weight (kg)
		mm	inch	mm	inch	A	B	C	D	ØH	ØP	T	TL	TB	W	
OSS 196 P	8	6-7	1/4	-	-	50	40	19	34	9	16	9	109	51	19	0,4
OSS 197 P	12	8-10	3/8	-	-	57	45	22	42	13	20	11	124	63	21	0,7
OSS 198 P	20	11-13	1/2	-	-	64	51	27	50	15	25	12	142	67	25	1
OSS 199 P	25	14-16	5/8	13	1/2	76	63	32	58	18	30	14	171	85	32	1,8
OSS 100 P	40	18-19	3/4	14-16	1/2	89	76	40	70	22	35	16	205	95	38	3
OSS 104 P	55	20-22	7/8	16-19	1/2	101	89	45	80	25	41	19	235	110	44	4,6
OSS 108 P	75	23-26	1	20-22	3/4	114	101	60	104	29	51	22	275	128	51	8
OSS 111 P	90	27-30	1 1/8	23-26	1	127	114	65	114	33	57	25	306	142	57	11
OSS 115 P	125	31-36	1 1/4	27-28	1 1/8	139	127	72	125	39	63	28	338	155	63	15
OSS 118 P	150	37-39	1 1/2	30-32	1 1/4	152	142	80	142	42	70	30	394	177	76	22
OSS 120 P	170	40-42	1 3/4	32-35	1 1/2	165	165	88	156	45	76	33	418	187	76	27
OSS 125 P	225	43-48	1 7/8	36-40	1 3/4	191	178	100	175	52	89	39	469	215	89	41

Dari tabel di dapat diameter baut pengunci,

$$d = 121 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12,1 \text{ cm}$$

$$\varnothing \text{ Lubang baut (db)} = 12,1 + 0,2$$

$$= 12,3 \text{ cm}$$

$$\text{kuat tarik bahan baut} = 1035 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 1035 \text{ Mpa}$$

- Luas Baut

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12,2^2$$

$$= 115,03 \text{ cm}^2$$

- Kekuatan geser desain baut :

$$m (\text{bidang geser}) = 1$$

$$R_{nv} = x (r \times f_u^b) \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times (0,5 \times 10350) \times 1 \times 115$$

$$= 446485,138 \text{ Kg}$$

- Menentukan jarak minimum baut pengunci :

Jarak baut ketepi plat

jarak tepi baut = $1,5 \text{ db} < S < B$
 = $181,5 < 34,5 < 127$ ok
 Diambil jarak tepi baut = 120 mm
 = 12 cm

- Menentukan plat simpul :

L = Jarak baut ke tepi plat

$$t = \frac{\frac{P/n}{\Phi \times f_t \times L}}{\frac{1}{0,7 \times 5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{1}} = 3,102$$

Maka digunakan ketebalan, $t = 2$ cm

- Kontrol kekuatan geser baut :

$$R_{uv} = \frac{P}{n} = \frac{1}{4} = 446485,135 \text{ kg}$$

Kontrol

R _{nv}	R _{uv}
153584,44 kg	446485,138 kg Aman

2) Menghitung Plat Penyambung

Direncanakan plat penyambung L 100.100.14 untuk irisan tunggal dan Ganda kekuatan tarik desain baut :

- Luas Baut

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,2^2 = 3,779 \text{ cm}^2$$

- Kekuatan geser desain baut :

$$m \text{ (bidang geser)} = 2$$

$$R_{nv} = \phi \times (r \times f_u^b) \times m \times A_b = 0,75 \times (0,4 \times 1035) \times 2 \times 3,799 = 23594,274 \text{ Kg}$$

- Luas nominal :

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \text{ (Tabel Baja)}$$

$$A_n = A_g - n \times d \times t = 528,6 - 8 \times 2,4 \times 5 = 432,6 \text{ cm}^2$$

Syarat :

$$A_n \geq 0,85 \times A_g$$

$$433 \geq 0,85 \times 528,6$$

$$443 \geq 449,31 \quad \text{Aman}$$

- Menentukan jumlah baut (n) :

$$n = \frac{P}{\phi R} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,2} = 6,509 \text{ bh} \sim 4 \text{ baut}$$

Syarat penyusunan baut :

jarak tepi baut,
 $L = 1,5 \text{ d} < L < 3 (4tp + 100)$ atau 200 mm

jarak antar baut,

$$L = 3 \text{ d} < L < 15tp \text{ atau } 200$$

a. Syarat jarak baut ke tepi plat:

i. $1,5 \times d = 1,5 \times 22 = 33 \text{ mm}$
 $4tp + 10 = 4 \times 1,4 + 10 = 156 \text{ mm}$
 Diambil jarak tepi baut = 50 mm

b. Syarat jarak antar baut:

$$3 \times d = 3 \times 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15tp + 10 = 15 \times 1,4 + 10 = 310 \text{ mm}$$

Diambil jarak antar baut = 31 mm

- Menentukan plat penyambung :

L = Jarak baut ke tepi plat

$$t = \frac{\frac{P/n}{\Phi \times f_t \times L}}{\frac{1}{0,7 \times 5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{5}} = 1,86$$

Maka dipakai plat penyambung WF 458x417x30x50, dengan tebal $t = 5$ cm

- Menentukan plat simpul :

L = Jarak baut ke tepi plat

$$t = \frac{\frac{P/n}{\Phi \times f_t \times L}}{\frac{1}{0,7 \times 5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{5}} = 1,86$$

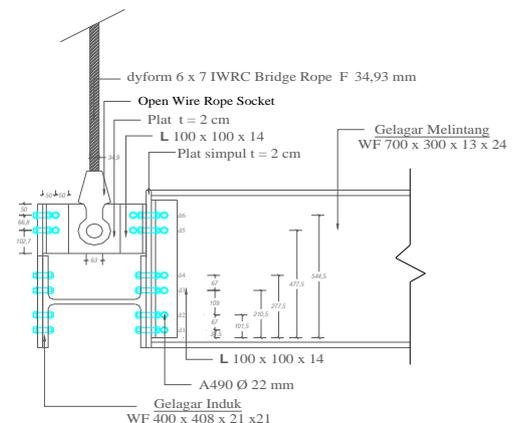
Maka digunakan ketebalan, $t = 5$ cm

- Kontrol kekuatan geser baut :

$$R_{uv} = \frac{P}{n} = \frac{1}{4} = 23594,274 \text{ kg}$$

Kontrol

R _{nv}	R _{uv}
38396,110 kg	23594,274 kg Aman



Gambar 15. Sambungan kabel ke gelagar induk di pelengkung

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada dimensi kabel menggunakan diameter kabel : Penampang kabel penggantung dyform 6 x 7 IWRC Bridge Rope 28 mm.

Perencanaan jembatan Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur ini bisa direncanakan dengan menggunakan rangka baja tipe Pelengkung sebagai salah satu alternatif, dengan alasan bahwa jembatan Pelengkung *arch bridge* bisa memberikan hasil perencanaan yang ekonomis dan kuat.

DAFTAR PUSTAKA

American Institute of Steel Construction. 2016. *Reflections. Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-16)*. Vol. 37. Chicago.

<https://doi.org/10.1080/10462937.2017.1349256>.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2016. "Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833," 1–70.

Hadi Pratomo, Winarni. 1994. "Struktur Beton Prategang (Teori Dan Prinsip Desain)." *Nova*, no. January.

Kementerian PUPR. 2015. "Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel."

Nasional, Badan Standardisasi. 2005. "Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan," 1–140.

SNI 1725. 2016. "Pembebanan Untuk Jembatan." *Badan Standardisasi Nasional*, 1–63.

Zamad, Muhammad Kadri. 2017. "Desain Elemen Kabel Jembatan Cable-Stayed the Influence of Variation Spaced Stay Cable in Cable-Stayed Bridge (Case Study : Suramadu.)"