

PERENCANAAN SAMBUNGAN KABEL PENGGANTUNG PADA DESAIN ALTERNATIF JEMBATAN SUNGAI BESUK KOBOKAN TIPE PELENGKUNG (THROUGH ARCH)

I Putu Hendra Wijana¹, Sudirman Indra², Vega Aditama³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : 1821092@scholar.itn.ac.id¹

ABSTRACT

The Besuk Kobokan River Bridge is located at Jalan Raya Dampit No. 335, Krajan, Jarit, Candipuro District, Lumajang Regency, East Java with a span of 130 meters with reinforced concrete structure. This bridge plays an important role as a connecting entrance between Lumajang Regency and Malang Regency. The bridge was damaged by the eruption of Mount Semeru, disrupting traffic and the region's economy. On that basis, in this plan, the Besuk Kobokan river bridge has been redesigned using an arch bridge of 20 meters high, a bridge width of 9 meters, and using a cable car along the span of the bridge as a hanger to hold the vehicle floor. under. In this plan, use the latest DLoad and Resistance Factor Design (LRFD) method as well as SNI as reference for bridge structure planning. As a result of the planning that was done, WF 450 × 200 × 9 × 14 profiles were used for the elongated girders, WF 800 × 300 × 14 × 26 profiles were used for transverse girders, HWF 552 × 480 × 30 × 50 profiles for main arch beams, HWF 552 × 480 × 30 × 50 profiles for main side length beams, WF 400 × 400 × 13 × 21 profiles for upper cross beams, 2L 200 × 200 × 15 profiles for windward crossbars, D60 mm cable tension rod for hangers. The dimensions of the elastic supports are 700 × 700 × 170.

Keywords : Arch, Bridge, LRFD

ABSTRAK

Jembatan Sungai Besuk Kobokan terletak di Jalan Raya Dampit No. 335, Krajan, Jarit, Kec. Candipuro, Kab. Lumajang, Jawa Timur memiliki bentang sepanjang 130 meter dengan konstruksi beton bertulang. Jembatan ini memiliki peranan penting sebagai akses penghubung antar Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang. Rusaknya jembatan tersebut akibat erupsi Gunung Semeru yang menyebabkan terhentinya akses lalu lintas dan perekonomian di kawasan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, pada perencanaan ini Jembatan Sungai Besuk Kobokan didesain ulang menggunakan tipe pelengkung rangka (*Through Arch*) dengan tinggi 20 meter, lebar jembatan 9 meter dan menggunakan kabel pengantung di sepanjang bentang jembatan sebagai penggantung untuk menahan lantai kendaraan dibawahnya. Dalam perencanaan ini menggunakan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) serta SNI terbaru sebagai acuan perencanaan struktur jembatan. Hasil dari perencanaan yang telah dilakukan, digunakan profil WF 450 × 200 × 9 × 14 untuk gelagar memanjang, profil WF 800 × 300 × 14 × 26, profil HWF 552 × 480 × 30 × 50 untuk gelagar induk, pelengkung, profil HWF 552 × 480 × 30 × 50 untuk gelagar induk memanjang tepi, profil WF 400 × 400 × 13 × 21 untuk gelagar melintang atas, profil 2L 200 × 200 × 15 untuk ikatan angin atas, kabel penggantung menggunakan *Tension Rod* D60 mm. Didapatkan dimensi untuk perletakan elastomer 700 × 700 × 170.

Kata kunci : DFBK, Jembatan, Pelengkung

1. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang menggalakkan program pembangunan di segala sector, termasuk sector konstruksi. Mengingat banyaknya kebutuhan dalam akses transportasi untuk menghubungkan antar daerah maka pembangunan jembatan dibutuhkan untuk hal tersebut. Jembatan merupakan struktur yang dirancang untuk melintasi jurang atau rintangan seperti sungai, jalur kereta api, atau jalan raya sehingga dapat mengatasi hambatan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api. Jembatan juga merupakan bagian dari

infrastruktur transportasi jalan, yang sangat penting guna kelancaran sirkulasi dalam pesatnya perkembangan ekonomi di Indonesia.

Terdapat berbagai macam tipe dan bentuk jembatan saat ini, mulai dari jembatan kayu, beton, hingga baja, dengan berbagai bentuk dan ukuran yang dalam perencanaannya membutuhkan metode yang tepat sehingga tercipta struktur jembatan yang baik. Jembatan baja merupakan salah satu infrastruktur yang sering digunakan, dikarenakan proses pengerjaan yang mudah dan memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan jembatan yang terbuat dari beton.

Penggunaan komponen baja pada jembatan sangat tepat mengingat dari segi kekuatan, baja dikhususkan untuk menopang beban berat terutama beban tekan dan tarik aksial.

Selain kekuatan dari struktur baja itu sendiri, hal paling penting lainnya adalah sambungan. Sambungan pada struktur baja sangat penting untuk menghubungkan setiap komponen menjadi struktur yang utuh. Maka dari itu perencanaan sambungan pada struktur baja harus direncanakan secara baik dan mendetail agar tidak terjadi kegagalan pada struktur tersebut. Dalam hal ini penyusun merencanakan desain sambungan kabel penggantung pada desain alternatif Jembatan Sungai Besuk Kobokan.

Jembatan Sungai Besuk Kobokan menggunakan struktur beton bertulang dengan pelengkung di bawah lantai kendaraan dengan bentang 130 meter dan lebar 9 meter. Jembatan tersebut telah hancur akibat erupsi Gunung Semeru sehingga menyebabkan lalu lintas kendaraan dan akses perekonomian antar kabupaten terhenti.

Berdasarkan hal tersebut, struktur atas Jembatan Sungai Besuk Kobokan didesain ulang menggunakan tipe pelengkung rangka (*Through Arch*) dengan kabel penggantung, tipe struktur tersebut akan lebih efektif digunakan pada jembatan bentang panjang (60-500 meter). Selain itu, jembatan pelengkung akan menghadirkan keindahan estetika dan kesan monumental.

Dengan adanya desain baru konstruksi Jembatan Sungai Besuk Kobokan ini diharapkan mampu menjadi solusi dalam merencanakan sebuah jembatan yang kuat secara struktural dan memberikan kesan monumental.

Rumusan Masalah

1. Berapa dimensi kabel penggantung pada jembatan?
2. Berapa dimensi *socket* pada jembatan?
3. Berapa dimensi pelat dudukan untuk *socket* dan kabel?

Tujuan Penelitian

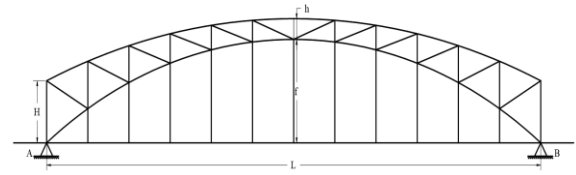
Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dimensi serta sambungan kabel penggantung pada desain alternatif Jembatan Sungai Besuk Kobokan yang berfungsi sebagai batang tarik dalam menahan struktur lantai kendaraan dibawahnya.

Manfaat Penelitian

Untuk dapat meningkatkan pengetahuan dan kemampuan dalam ilmu perencanaan kabel penggantung pada sebuah jembatan, khususnya jembatan tipe pelengkung. Selain itu, sebagai referensi dalam perhitungan dalam merencanakan dimensi kabel penggantung yang mengacu pada peraturan SNI 1729-2020.

2. LANDASAN TEORI

Jembatan Busur



Gambar 2. 1 Bagan Suatu Jembatan Busur

Untuk mendapatkan bentuk busur yang baik, dimana lantai kendaraan berada dibawah busur maka digunakan persamaan berikut:

$$f = \frac{1}{5} L \text{ s/d } \frac{1}{8} L \dots\dots\dots(2.1)$$

$$t = \frac{1}{25} L \text{ s/d } \frac{1}{45} L \dots\dots\dots(2.2)$$

$$H = \frac{1}{12} L \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

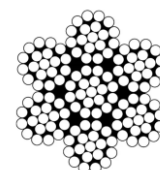
- f = Tinggi busur jembatan
- h = Jarak antara busur bawah dengan busur atas puncak jembatan
- H = Tinggi panel jembatan

Perencanaan Kabel

Kabel penggantung merupakan elemen jembatan yang menghubungkan antara lantai jembatan dengan pelengkung. Kabel penggantung meneruskan beban-beban yang bekerja pada lantai jembatan yang ada dibawahnya pada pelengkung jembatan. Kabel penggantung harus mempunyai kapasitas terhadap gaya-gaya aksial yang bekerja pada jembatan. Kabel dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu *Wire Ropes*, *Parallel Ropes* dan *Compact Ropes*.

1. Wire Ropes

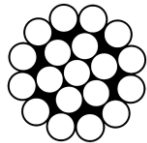
Tipe kabel *strand* ini merupakan kabel yang paling fleksibel serta elastis dikarenakan setiap kabel/tali (*rope*) disusun dengan diberi jarak diantara *strand*nya. Terdiri dari 3 sampai 9 *strand* utama dan setiap *strand* tersebut berisi 7, 19, 37, atau 61 kawat. *Strand-strand* tersebut dijalin untuk membuat sebuah kabel. Setiap tali tidak boleh berisi 250-300 kawat, ini dimaksudkan untuk menghindari tali terlalu kaku. Namun begitu, tipe ini memiliki beban tarik putus paling rendah dibandingkan dengan tipe yang lain.



Gambar 2. 2 Wire Rope
(Tokyo Rope, n.d)

2. *Parallel Ropes*

Jenis ini merupakan kabel yang disusun oleh kawat yang sejajar satu sama lain untuk membentuk sebuah strand. Sebuah kabel ini bisa terdiri dari 7, 19, 37, atau 61 strand yang disatukan satu sama lain. Kabel ini memiliki kekakuan yang baik dan beban tarik putus yang tinggi, serta regangan kabel yang rendah.



Gambar 2. 3 Parallel Wire Cables (Tokyo Rope, n.d)

3. *Compact Ropes*

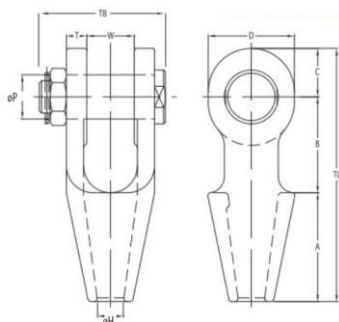
Berbeda dengan *wire ropes*, kabel jenis ini memiliki inti kawat (*Wire core*) dan terdiri dari beberapa lapisan (*layer*). Inti kawat diuntai berulang hingga mencapai diameter yang dibutuhkan dan dipadatkan sehingga menjadi sangat kaku. Karena itu kawat jenis ini memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi dan regangan pada kawat yang sangat rendah. Kawat ini cocok digunakan pada *High Strength and Low Stretch Constructions* seperti pada jembatan gantung.



Gambar 2. 4 Locked Coil Ropes (STA-LOK, n.d)

Perencanaan Socket

Socket digunakan sebagai alat penyambung kabel ke struktur utama. Ada banyak jenis dari *socket* yang digunakan di lapangan, salah satunya adalah dengan tipe *Open Socket with Bolt and Nut*. *Socket* ini sering digunakan karena proses pemasangannya yang mudah dibandingkan dengan jenis lain karena menggunakan baut dan mur sebagai penguncinya yang dapat dibongkar pasang. *Socket* nantinya akan didesain berdasarkan diameter kabel dan kuat tarik yang terjadi pada kabel.



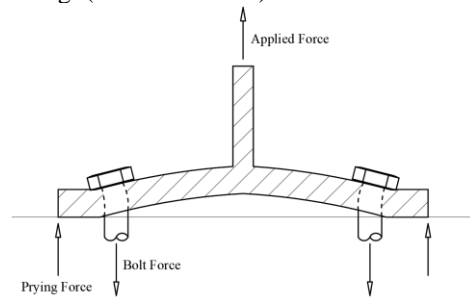
Gambar 2. 5 Open Spelter Socket (Ropeblock Catalogue, 2021a)

Pelat Dudukan

Pelat dudukan digunakan sebagai tempat menghubungkan *socket* dengan struktur utama. Banyak jenis pelat dudukan yang digunakan diantaranya: Profil T, Profil WF yang dipotong sedemikian rupa, serta *Gusset Plate*. Jenis-jenis tersebut sering dijumpai pada jembatan. Namun ada beberapa hal jenis tersebut tidak bisa digunakan dikarenakan kekuatan ataupun kebutuhan untuk konstruksinya, maka dari itu digunakan perkuatan pada pelat tersebut atau menggunakan profil khusus. Jika beberapa profil diatas memiliki ukuran lebih kecil dari yang dibutuhkan oleh *socket*, bisa digunakan perkuatan dengan menggunakan pelat pengisi tapi kekuatannya akan kurang dibandingkan dengan menggunakan profil tersusun khusus. Profil tersebut bisa didapatkan dengan memesan langsung pada produsen sesuai kebutuhan.

Efek Prying

Amplikasi gaya tarik pada suatu baut yang disebabkan oleh pengungkitan oleh pengungkitan diantara titik pembebanan, baut dan reaksi dari elemen-elemen yang disambung. (SNI 1729-2020)



Gambar 2. 6 Efek Prying pada Pelat

Adanya efek *prying* menyebabkan pelat sayap bekerja seperti balok terjepit di bagian tengah (Tepi pelat badan) dan pinggiran lubang. (Dewobroto, 2016) Dengan menentukan tebal pelat sayang agar tidak terjadi efek *prying* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$t_{min} = \sqrt{\frac{4,44 \times T \times b'}{p \times f_u}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

T = Gaya tarik yang terjadi di baut (N)

$$T = \phi \times A_b \times f_{nt} \dots\dots\dots(2.5)$$

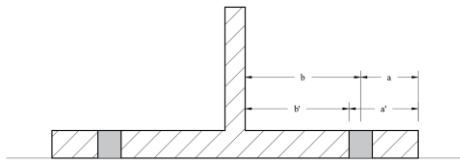
b' = Jarak tepi lubang terdalam ke badan profil (mm)

p = Jarak antar baut (mm)

f_u = Tegangan tarik putus baut (MPa)

Menghitung nilai a' dan b'

Nilai a' merupakan jarak tepi pelat ke tepi lubang bagian dalam. Sedangkan nilai b' merupakan jarak tepi lubang bagian dalam ke pelat badan. Nilai-nilai tersebut dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2. 7 Penampang Pelat

$$a' = a + \frac{1}{2} db \dots\dots\dots(2.6)$$

$$b' = b - \frac{1}{2} db \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

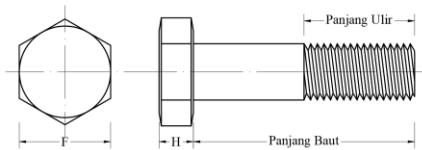
a = Jarak baut ke tepi pelat sayap (mm)

b = Jarak baut ke pelat badan (mm)

db = Diameter baut (mm)

Sambungan Baut

Pada perencanaan jembatan pelengkung ini, sambungan direncanakan menggunakan baut mutu tinggi A490 pada setiap sambungan profilnya. Terutama pada sambungan kabel dengan gelagar induk jembatan. Baut mutu tinggi merupakan pengencang yang cukup populer karena beberapa kelebihanannya, seperti jumlah tenaga yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya lebih besar, dan dapat menghemat biaya konstruksi.



Gambar 2. 8 Dimensi Baut

Jarak baut ditentukan berdasarkan (SNI 1729-2020), adalah sebagai berikut:

1. Jarak Tepi Baut

Jarak baut ke tepi sambungan tidak boleh kurang dari nilai yang sudah ditetapkan pada (SNI 1729-2020, hal. 130).

2. Jarak Spasi baut

Jarak pusat baut ke tepi sambungan maksimum adalah $St = 12t$ (pelat yang disambung), dan harus $St \leq 150$ mm.

Kekuatan nominal baut dan jarak spasi baut beserta seluruh ketentuannya ditentukan berdasarkan (SNI 1729-2020).

1. Kekuatan Tarik dan Geser Baut

$$Rn = \phi \times fn \times Ab \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

$\phi = 0,75$ (DFBK)

fn = Tegangan tarik nominal (fnt),
Tegangan geser (fnv)

Ab = Luas baut (mm²)

2. Kuat Tumpu Desain Baut

$$Rn = 2,4 \times d \times t \times fu \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$\phi = 0,75$ (DFBK)

d = Diameter baut (mm)

t = Tebal material yang disambung (mm)

Fu = Beban terfaktor (Kg)

3. METODE PENELITIAN

Data Teknis Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan ulang desain Jembatan Sungai Besuk Kobokan:

1. Kelas jembatan : 1 (satu)
2. Panjang jembatan : 130 meter
3. Tinggi Jembatan : 20 meter
4. Lebar jembatan : 9 meter
5. Lebar lantai kendaraan : 7 meter
6. Lebar trottoir : 2 x 1 meter
7. Tipe jembatan : Pelengkung
8. Jarak tiap gelagar melintang : 5 meter
9. Jarak tiap gelagar memanjang : 1,75 meter
10. Mutu beton (fc') : 30 MPa
11. Mutu baja : A572
12. Mutu baja tulangan : BJTS 420A
13. Mutu steeldeck : 560 MPa
14. Mutu baut : A490

Lokasi Perencanaan

Jembatan Sungai Besuk Kobokan berlokasi di Jalan Raya Dampit-Lumajang No. 335, Krajan, Jarit, Kec. Candipuro, Kab. Lumajang, Jawa Timur.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Perencanaan Jembatan

(Sumber: www.google.com)

Kondisi Eksisting Jembatan



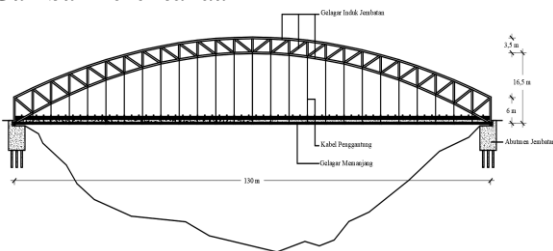
Gambar 3. 2 Kondisi Eksisting Jembatan

(Sumber: www.google.com)



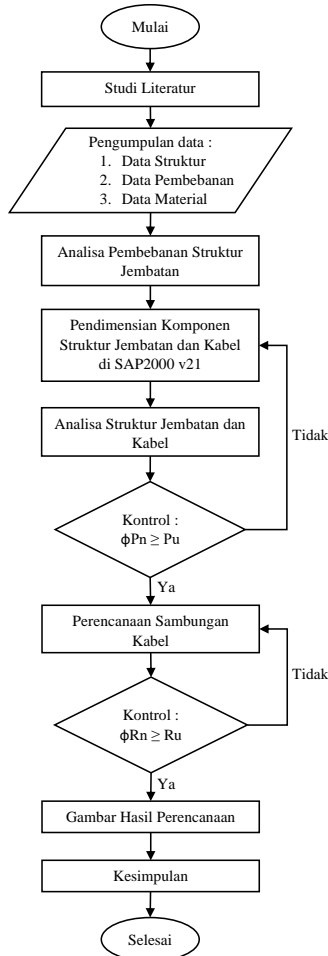
Gambar 3. 3 Kondisi Jembatan yang Telah Rusak
(Sumber: www.google.com)

Gambar Perencanaan



Gambar 3. 4 Gambar Perencanaan Jembatan Sungai Besuk Kobokan

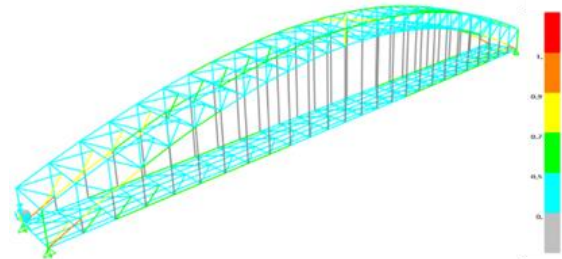
Diagram Alir



Gambar 3. 5 Diagram Alir Perencanaan Kabel

4. PEMBAHASAN

Perencanaan Dimensi Kabel



Gambar 4. 1 Tegangan yang terjadi pada Jembatan

Dalam menentukan dimensi kabel untuk penggantung, kita harus mengetahui gaya tarik yang terjadi pada kabel. Nilai tersebut dapat dilihat pada hasil Analisa di SAP2000 v21. Untuk kontrol kabel perlu dihitung kekuatan tarik desain pada kondisi leleh tarik dan keruntuhan tarik, dimana gaya tarik pada kabel harus lebih besar dari tegangan tarik kabel dari analisa SAP2000 v21.

$$\phi t P_n \geq P_u$$

Dimana:

ϕt = Faktor reduksi

P_n = Kekuatan tarik desain (Kg)

P_u = Beban terfaktor (Kg)

Kabel yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan Tension Rod dengan diameter 60 mm, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Kabel

| Table 1 - Material Properties | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|--|
| Product name | Material | Minimum Yield Stress (ksi) | Min. Breaking Stress (ksi) | Min. Elongation (%) | Min. Charpy Impact Value @ 20°C | Nominal Young's Modulus (ksi/in ²) |
| Macalloy 460 | Carbon Steel | 460 | 610 | 19 | 27 | 205 |
| Macalloy S460 | Stainless Steel | 460 | 610 | 15 | 27 | 205 |
| Macalloy 520 | Carbon Steel | 520 | 660 | 19 | 27 | 205 |
| Macalloy S520 | Stainless Steel | 520 | 660 | 15 | 27 | 205 |

| Table 3 - Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 520 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Thread | Units | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 | M36 | M42 | M48 | M56 | M64 | M76 | M85 | M90 | M100 | M105 |
| Nominal Bar Dia. | mm | 10 | 11 | 15 | 19 | 22 | 28 | 34 | 39 | 45 | 52 | 60 | 72 | 82 | 87 | 97 | 102 |
| Min. Yield Load | kN | 28 | 41 | 77 | 122 | 176 | 284 | 411 | 566 | 746 | 1030 | 1360 | 1985 | 2531 | 2662 | 3585 | 3979 |
| Min. Break Load | kN | 35 | 52 | 98 | 155 | 223 | 360 | 522 | 719 | 948 | 1308 | 1727 | 2520 | 3212 | 3633 | 4551 | 5279 |
| Design Resistance to EC3 N_{Ed} | kN | 26 | 38 | 71 | 112 | 161 | 257 | 376 | 518 | 682 | 942 | 1244 | 1814 | 2313 | 2616 | 3277 | 3801 |
| Nominal Bar Weight | kg/m | 0.5 | 0.75 | 1.4 | 2.2 | 3 | 4.8 | 7.1 | 9.4 | 12.5 | 16.7 | 22.2 | 32 | 41.5 | 46.7 | 58 | 64.1 |

(Macalloy Tension Structure, 2019)

Min. yield load = 1360 kN
= 138679,20 Kg

Min. break load = 1727 kN
= 176102,19 Kg

Gaya aksial yang bekerja pada kabel berdasarkan hasil output SAP2000 v21 sebesar, $P_u = 115174,75$ Kg. Maka, kekuatan tarik desain kabel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk Leleh Tarik:

$$\phi t \times P_n = 0,9 \times 138679,20 = 124811,28 \text{ Kg}$$

Untuk Keruntuhan Tarik:

$$\phi t \times P_n = 0,75 \times 176102,19 = 132076,64 \text{ Kg}$$

Dari hasil di atas, maka digunakan nilai yang terkecil, yaitu: $\phi t P_n = 124811,28 \text{ Kg}$.

Kontrol:

$$\phi t P_n \geq P_u$$

$$124811,28 \text{ Kg} \geq 61670,92 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Perencanaan Socket

Pada kabel penggantung direncanakan menggunakan *socket ropeblock with bolt and nut* tipe OSS 130 B, dengan tegangan putus minimum 360 ton (*Ropeblock Catalogue, 2021*).

Kekuatan Tarik Desain Socket:

$$\phi t \times P_n = 0,75 \times 360000$$

$$= 270000 \text{ Kg}$$

Kontrol:

$$\phi t P_n \geq P_u$$

$$270000 \text{ Kg} \geq 61670,92 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Perencanaan Sambungan Kabel

1. Perencanaan Baut:

$$\begin{aligned} \text{Mutu baut} &= A490 \\ \text{Kuat tarik nominal (fnt)} &= 780 \text{ MPa} \\ \text{Kuat geser nominal (fnv)} &= 469 \text{ MPa} \\ \text{Diameter baut (db)} &= 1 \text{ inch} \\ \text{Luas baut (Ab)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 506,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Perencanaan Pelat Penyambung:

Digunakan profil T Tersusun sebagai pelat dudukan untuk socket kabel penggantung, dimana:

$$\begin{aligned} d &= 430 \text{ mm} \\ bf &= 300 \text{ mm} \\ tw &= 75 \text{ mm} \\ tf &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Kekuatan Desain Baut

Kuat Tarik Baut:

$$\phi R_{nt} = \phi \times f_{nt} \times A_b$$

$$= 296423,88 \text{ N}$$

Kuat Geser Desain Baut:

$$\phi R_{nv} = \phi \times f_{nv} \times A_b \times m$$

$$= 178234,36 \text{ N}$$

Kuat Tumpu Desain Lubang Baut:

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times db \times t_p \times f_u$$

$$= 713232 \text{ N}$$

Dari perhitungan kuat tarik desain baut, kuat geser desain baut, dan kuat tumpu desain lubang baut, maka diambil nilai yang terkecil untuk digunakan dalam penentuan jumlah baut, yaitu:

$$\phi R_n = 178234,36 \text{ N}$$

4. Perhitungan Jumlah Baut

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

$$= \frac{61670,92}{178234,36}$$

$$= 10 \text{ baut}$$

5. Menentukan Jarak antar Baut

Jarak tepi baut ditentukan berdasarkan (SNI 1729-2020), adalah sebagai berikut:

a. Jarak Tepi Baut Minimum (Stmin)

Berdasarkan (SNI 1729-2020 Tabel J3.4, hal. 130), diameter baut yang digunakan 1 inch, maka Stmin diambil sebesar 1 ¼ inch.

b. Jarak Tepi Baut Maksimum (Stmaks)

Berdasarkan (SNI 1729-2020 Pasal J3.5, hal. 129), Stmaks ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Stmaks} &= 12 \times t \leq 150 \text{ mm} \\ &= 12 \times 30 \leq 150 \text{ mm} \\ &= 360 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan jarak tepi baut (St) = 50 mm

Jarak antar baut ditentukan berdasarkan SNI 1729-2020, hal. 128-129, sebagai berikut:

a. Spasi Minimum Antar Baut

$$\begin{aligned} S_{min} &= 3 \times db \\ &= 3 \times 25,4 \\ &= 76,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Spasi Maksimum Antar Baut

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 14 \times t \\ &= 14 \times 30 \\ &= 420 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan jarak antar baut (S) = 100 mm

6. Kontrol Baut Terhadap Geser

$$R_{uv} = \frac{P_u}{n}$$

$$= \frac{61670,92}{8}$$

$$= 7708,87 \text{ Kg}$$

Kontrol:

$$\phi R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$18168,64 \text{ Kg} \geq 7708,87 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

7. Kontrol Baut Terhadap Tumpu

$$\phi R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$193878,90 \text{ Kg} \geq 7708,87 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

8. Kontrol Pelat Penyambung (Sayap)

Dalam perencanaan ini akan digunakan profil T Tersusun, dimana:

$$\begin{aligned} bf &= 300 \text{ mm} \\ tf &= 80 \text{ mm} \\ dl &= 27,40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Komponen struktur tarik harus diambil nilai terendah pada keadaan batas, yaitu:

a. Keruntuhan Leleh pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 8964000 \text{ N} \\ &= 913761,47 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_n \times U$$

Luas Neto (An):

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times d \times t) \\ &= 19616 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Faktor Lag Geser (U):
 Ditentukan berdasarkan (SNI 1729-2020),
 maka nilai U = 1.

Sehingga, keruntuhan tarik pada penampang
 neto adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_n \times U \\ &= 10200320 \text{ N} \\ &= 779840,98 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Antara perhitungan leleh tarik penampang bruto
 dan keruntuhan tarik penampang neto, maka
 diambil nilai yang terkecil, yaitu:

$$\phi P_n = 779840,98 \text{ Kg}$$

Kontrol profil penampang:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$779840,98 \text{ Kg} \geq 61670,92 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

9. Kontrol Pelat Penyambung (Badan)

Dalam perencanaan ini akan digunakan profil T
 Tersusun, dimana:

$$d = 370 \text{ mm}$$

$$t_w = 75 \text{ mm}$$

$$d_l = 108 \text{ mm}$$

Komponen struktur tarik harus diambil nilai
 terendah pada keadaan batas, yaitu:

a. Keruntuhan Leleh pada Penampang Bruto

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 10364625 \text{ N} \\ &= 1056536,70 \text{ Kg}\end{aligned}$$

b. Keruntuhan Tarik pada Penampang Neto

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_n \times U$$

Luas Neto (A_n):

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - (\text{Lebar lubang socket} \times t_w) \\ &= 19650 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Faktor Lag Geser (U):

Ditentukan berdasarkan (SNI 1729-2020),
 maka nilai U = 1.

Sehingga, keruntuhan tarik pada penampang
 neto adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_n \times U \\ &= 7663500 \text{ N} \\ &= 781192,66 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Antara perhitungan leleh tarik penampang bruto
 dan keruntuhan tarik penampang neto, maka
 diambil nilai yang terkecil, yaitu:

$$\phi P_n = 781192,66 \text{ Kg}$$

Kontrol profil penampang:

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$781192,66 \text{ Kg} \geq 61670,92 \text{ Kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

10. Kontrol terhadap Efek *Prying*

a. Cek Kapasitas Komponen Penyusun

Luas Pelat Badan:

$$A_w = t \times \ell$$

$$\begin{aligned}&= 27750 \text{ mm}^2 \\ N &= \phi \times f_y \times A_w \\ &= 10364625 \text{ N}\end{aligned}$$

Baut Tarik:

$$\begin{aligned}N &= n \times \phi \times f_{nt} \times A_b \\ &= 2371391 \text{ N}\end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil, yaitu: $N = 2371391 \text{ N}$.

Dari hasil perhitungan diatas, maka kinerja
 sambungan kabel ditentukan oleh kekuatan
 bautnya, maka efek *prying* dianalisa oleh baut
 tariknya.

b. Analisa Efek *Prying*

Kuat Tarik Desain Baut:

$$\begin{aligned}T &= \phi \times f_{nt} \times A_b \\ &= 296423,88 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung Nilai a' dan b' :

$$a = S_t$$

$$= 50 \text{ mm}$$

$$a' = a + \frac{1}{2} d_b$$

$$= 62,70 \text{ mm}$$

$$b = 99 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} d_b$$

$$= 86,30 \text{ mm}$$

$$p = S$$

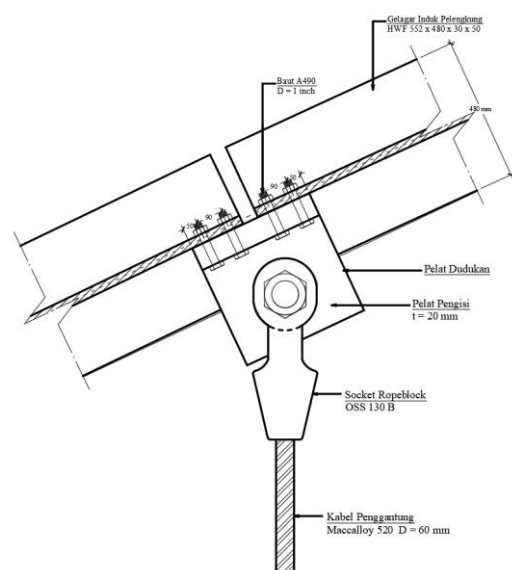
$$= 90 \text{ mm}$$

Maka:

$$t_{min} = \sqrt{\frac{4,44 \times T \times b'}{p \times f_u}}$$

$$= 49,26 \text{ mm}$$

Karena $t_{min} = 49,26 \text{ mm} < t_f = 80 \text{ mm}$, maka
 pelat sayap dianggap kaku dan kuat sehingga
 tidak mengalami deformasi dan tidak terjadi
 efek *prying*.

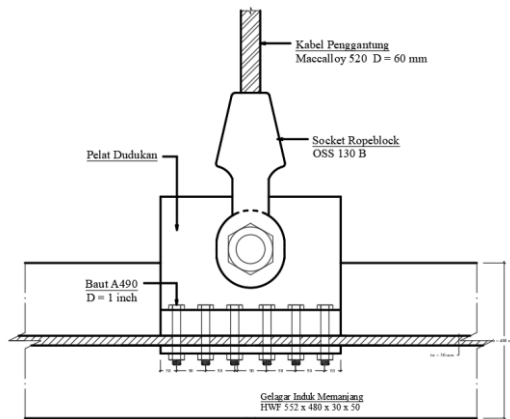


Gambar 4. 2 Sambungan Kabel-Induk Pelengkung

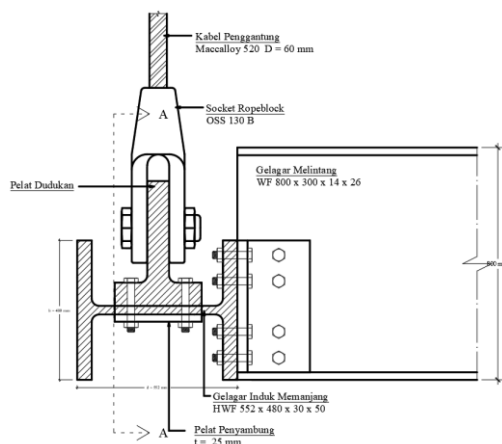
dengan baik, demi menghindari kerusakan atau kegagalan saat pembangunan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (n.d.). *Wire Rope*. Tokyo Rope MFG. CO., LTD. <https://www.tokyoropeco.jp/english/product/catalog/>
- Anonim. (n.d.). *Wire Rope*. STA-LOK., <https://www.stalok.com/brochures/>
- Anonim. (2016). *SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). *SNI 1729-2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2021a). *Ropeblock Catalogue 2021*. https://issuu.com/ropeblock/docs/ropeblock_catalogue_metric_ab7a01eee14f58
- Anonim. (2021b). *Union Floor Deck II*. PT Union Metal.
- Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja-Perilaku, Analisis & Desain-AISC 2010*. Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Gunawan, R. (1988). *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Kanisius.
- Macalloy Tension Structure, A. (2019). *Macalloy Tension Structures Catalogue*. Macalloy, British Board of Agreement.



Gambar 4. 3 Sambungan Kabel-Induk Memanjang



Gambar 4. 4 Potongan Sambungan Kabel

5. PENUTUP

Kesimpulan

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

1. Pada perencanaan kabel, digunakan kabel penggantung *Tension Rod* diameter 60 mm.
2. Penyambung kabel menggunakan *Socket Ropeblock* OSS 130 B yang dapat menahan beban hingga 360 ton.
3. Profil T Tersusun digunakan untuk memenuhi kebutuhan sebagai pelat dudukan tempat kabel dan *socket*, dengan digunakan baut A490 sebanyak 8 baut sebagai penyambung ke struktur utama.

Saran

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

1. Dalam merencanakan kabel, harus dipertimbangkan dengan baik spesifikasi kabel yang memenuhi dan sesuai dengan perencanaan jembatan tersebut.
2. Sambungan kabel ke gelagar induk pelengkung ataupun ke memanjang tepi harus direncanakan