

PERENCANAAN TUMPUAN PADA JEMBATAN BUSUR KALI KERING

Umbu Jaiwu Anakoda D.D Betung¹, Ester Priskasari², Mohammad Erfan³

Jurusan Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: umbubetung@gmail.com

ABSTRACT

The bridge that is the case study in this research is the Kali Kering bridge located in Umbu Langgang Village, West Umbu Ratu Nggay District, Central Sumba Regency, East Nusa Tenggara Province. This bridge is one of the main transportation accesses connecting Central Sumba Regency and East Sumba Regency which stretches over a dry river with a span of 100 meters and a vehicle floor width of 7 meters. The bridge was re-planned with a steel truss arch type. When planning a bridge, the choice of support type for the bridge must be considered. The factor in choosing supports on a bridge is to pay attention to ease of inspection, maintenance and repair. The supports must also have strong mechanical properties and high durability so that the bridge's design life can be achieved. The aim of the author is to plan supports using elastomer with a layered elastomer type. The support must be able to withstand the vertical and horizontal forces that occur on the bridge. Based on the analysis results, the dimensions of the elastomer were $1000 \times 1000 \times 239$ mm, the base plate was $1200 \times 1200 \times 50$ mm, the number of anchors was 12 with a diameter of 52 mm, and the length of the embedded anchor was 890 mm.

Keywords: Support, Steel Reinforced elastomer

ABSTRAK

Jembatan yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini adalah jembatan Kali Kering terletak di Desa Umbu Langgang, Kecamatan Umbu Ratu Nggay Barat, Kabupaten Sumba Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Jembatan ini merupakan salah satu akses utama transportasi penghubung Kabupaten Sumba Tengah dan Kabupaten Sumba Timur yang membentang diatas sungai kali kering dengan bentang 100 meter dan lebar lantai kendaraan 7 meter. Jembatan direncanakan ulang dengan tipe busur rangka baja. Dalam perencanaan jembatan pemilihan jenis tumpuan untuk jembatan harus diperhatikan. Faktor pemilihan tumpuan pada jembatan adalah dengan memperhatikan, kemudahan dalam pemeriksaan, pemeliharaan, dan perbaikan. Tumpuan juga harus memiliki sifat mekanis yang kuat dan durabilitas yang tinggi agar umur rencana jembatan dapat tercapai. Tujuan dari penulis adalah merencanakan tumpuan dengan menggunakan elastomer dengan tipe elastomer yang berlapis. Tumpuan harus mampu menahan gaya vertical dan horizontal yang terjadi di jembatan. Berdasarkan hasil analisa, didapatkan dimensi elastomer $1000 \times 1000 \times 239$ mm, pelat landasan $1200 \times 1200 \times 50$ mm, jumlah angkur 12 buah dengan diameter 52 mm, dan panjang angkur tertanam 890 mm.

Kata Kunci: Elastomer tipe berlapis, Tumpuan

1. PENDAHULUAN

Tumpuan pada jembatan dirancang harus selalu dapat menjaga perputaran dan perpindahan jembatan. Tumpuan juga harus memiliki sifat mekanis yang kuat dan durabilitas yang baik terhadap suhu, gesekan, dan deformasi, sehingga umur rencana jembatan dapat tercapai. Maka dari itu, harus sangat diperhatikan dalam pemilihan jenis tumpuan yang akan digunakan pada jembatan. Kegagalan desain tumpuan dapat mengakibatkan kegagalan struktur jembatan itu sendiri karena tumpuan tidak dapat mengakomodasi transfer beban dari struktur atas ke struktur bawah jembatan. Jenis tumpuan jembatan digunakan yaitu elastomer, yang dapat direncanakan sebagai tumpuan sendi dan rol. Fleksibilitas yang

dimiliki elastomer karena dapat berperilaku seperti tumpuan sendi dan rol menjadi daya tarik dalam penggunaan elastomer sebagai tumpuan. Selain itu pemeriksaan, pemeliharaan, dan perbaikan elastomer juga tergolong mudah dan relatif murah. Dalam tugas akhir ini, tumpuan yang direncanakan pada perencanaan ulang Kali Kering adalah tumpuan elastomer. Jembatan Kali Kering merupakan jembatan kelas I dengan bentang 100 m, lebar 9 m. Jembatan direncanakan sebagai jembatan busur rangka baja dengan profil box.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Jenis elastomer yang digunakan?
2. Berapa dimensi elastomer yang digunakan?
3. Berapa dimensi pelat landasan yang digunakan?
4. Berapa jumlah dan diameter angkur yang digunakan?
5. Berapa panjang angkur yang tertanam ?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tumpuan Jembatan

Pada struktur jembatan, struktur atas dan bawah dihubungkan oleh tumpuan yang berfungsi untuk meneruskan beban vertikal dan horizontal dari struktur atas ke struktur bawah (SE Ditjen. Bina Marga, 2021). Berdasarkan prinsip cara kerjanya, tumpuan dibagi dalam 3 jenis yaitu :

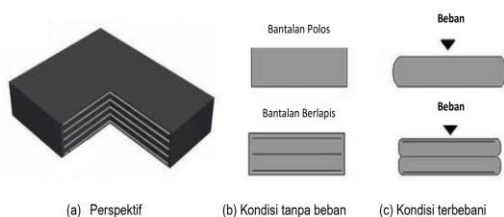
1. Tumpuan sendi, tumpuan jenis hanya dapat menahan gaya vertikal dan horizontal, tidak dapat menahan momen.
2. Tumpuan rol, jenis tumpuan ini hanya dapat menerima gaya vertikal saja.
3. Tumpuan jepit, merupakan tumpuan yang paling kaku karena dapat menahan gaya vertikal, horizontal, dan momen (rotasi).

Tumpuan jembatan yang saat ini banyak digunakan adalah tumpuan elastomer. Tumpuan ini dapat bekerja seperti sendi dan rol

Elastomer

Elastomer merupakan material yang memiliki sifat karet asli, karet vulkanisasi, atau karet sintetis yang meregang apabila diberi tegangan dan berdeformasi secara cepat dan dapat kembali ke dimensi semula (SE Kemen. PUPR, 2015). Karet elastomer yang akan digunakan sebagai tumpuan jembatan harus diuji menurut SNI 3967-2008 dan memenuhi ketentuan yang telah diatur didalamnya.

Bentuk dari elastomer tergantung pada desain dan fungsinya. Terdapat dua jenis elastomer yaitu bantalan polos dan bantalan berlapis (Gambar 1). Dalam perencanaan ini digunakan bantalan elastomer tipe berlapis (gambar 1b) yang terdiri dari dua atau lebih lapisan elastomer dan pelat baja yang bekerja secara komposit.



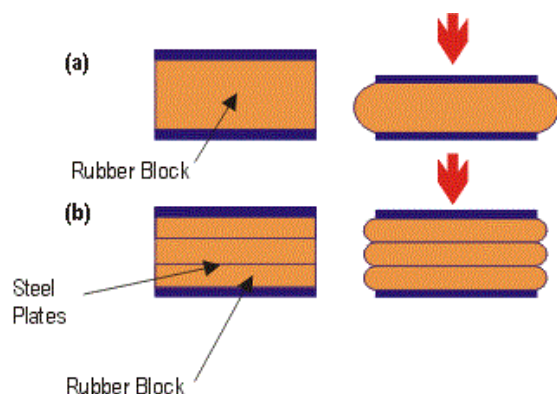
Gambar 1. Tipe Bantalan Elastomer

(Sumber : SE Kemen. PUPR, 2015)

Perilaku Elastomer Akibat Beban Gravitasi

Penggunaan elastomer sebagai tumpuan jembatan telah dimulai sejak tahun 1950 (Yura et al., 2001). Hingga saat ini, elastomer tipe berlapis merupakan yang paling banyak digunakan. Elastomer ketika diberi beban gravitasi akan mengalami deformasi berupa tonjolan (*bulge*) sehingga tidak terdapat kekakuan yang dibutuhkan untuk menahan gaya tersebut (Gambar 2a). Penonjolan ini terjadi karena sifat elastomer yang fleksibel tetapi hampir konstan mempertahankan volumenya ketika diberi berbagai tipe beban (Roeder et al., 1989). Tentunya hal ini menjadi masalah yang harus diperhatikan. Pencegahan yang dilakukan terhadap kejadian tersebut adalah dengan menanam lapisan pelat baja dalam elastomer. Pelat baja berfungsi untuk memberikan kekakuan vertikal pada karet sehingga kapasitas elastomer menahan gaya gravitasi dapat meningkat secara signifikan. Elastomer dengan pelat baja didalamnya disebut dengan elastomer/bantalan tipe berlapis. Pelat baja yang kaku akan membatasi tonjolan (*bulge*) pada karet elastomer yang diberi beban gravitasi (Gambar 2b). Kekakuan dari efek tonjolan (*bulge*) ini diwakili dengan faktor bentuk (*S*), yang merupakan rasio dari luasan yang mengalami gaya tekan terhadap luasan yang bebas mengalami tonjolan (*area free to bulge*)

$$S = \frac{L \times W}{I_p \times h_{ri}}$$



Gambar 2. Deformasi Elastomer

(Sumber : “The purpose of using steel plates for elastomeric bearing - Mo Civil Engineering,” n.d.)

Keterangan : Digunakan elastomer tipe berlapis dalam perencanaan (Gambar 2b)

Faktor bentuk (*S*) harus memenuhi ketentuan dari AASHTO 2012, yaitu sebagai berikut :

Untuk bantalan polos : $1 < S \leq 4$

Untuk bantalan berlapis : $4 < S \leq 12$

Besarnya deformasi tekan (Δ_c) yang terjadi akibat gaya gravitasi (gambar 3) pada elastomer tipe berlapis ditentukan dengan grafik pada gambar 4. Berdasarkan grafik tersebut, nilai deformasi tekan, Δ_c , tergantung pada kekerasan dan faktor bentuk (S) dari elastomer. AASHTO 2012 memberikan batasan nilai deformasi tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 7% ketebalan internal elastomer (h_{ri}).

$$\Delta_c \leq 0,07h_{ri}$$

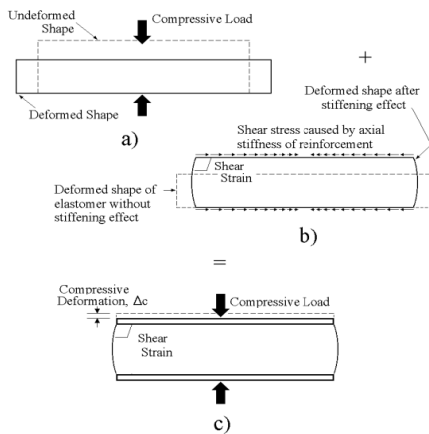
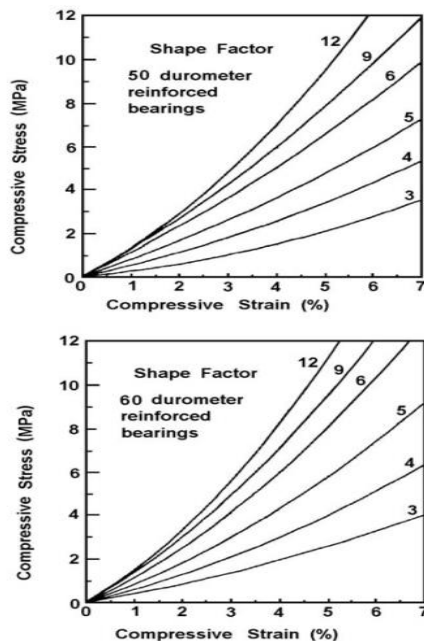


Figure 1.1 Deformation of Elastomeric Bearing Under Gravity Loads
 a) Deformation of an Unreinforced Elastomer Layer, b) Shear Stress and Deformation Caused by Reinforcement, and c) Final Deformation of Reinforced Elastomer

Gambar 3. Deformasi Tekan Elastomer Akibat Gaya Gravitasi

(Sumber : Lehman et al., 2003)



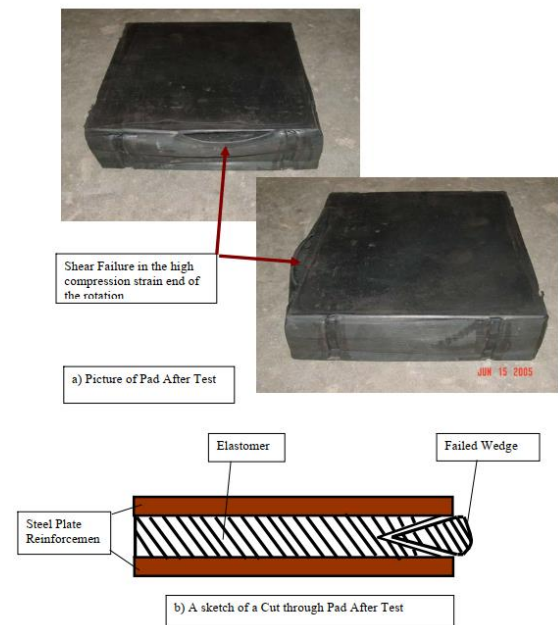
Gambar 4. Grafik Hubungan Tegangan – Regangan
 (Sumber : AASHTO, 2012)

Mtenga and Ansley, 2007 telah melakukan penelitian tentang perilaku elastomer pada berbagai kombinasi beban. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa ketika deformasi tekan maksimum elastomer tercapai, terjadi sobekan (delaminasi) pada tonjolan elastomer (Gambar 5). Selanjutnya dilakukan pengamatan pada permukaan elastomer yang gagal menggunakan mikroskop elektron, dari hasil pengamatan terlihat permukaan elastomer mengalami delaminasi dan kegagalan geser. Hal ini membuktikan bahwa kegagalan yang dominan pada elastomer merupakan kegagalan geser, bahkan kegagalan fatig merupakan kegagalan geser. Oleh sebab itu, SE. Kemen. PUPR No 10/SE/M/2015 tentang Pedoman Perencanaan Bantalan Elastomer untuk Jembatan membatasi nilai tegangan tekan maksimum pada elastomer yang mengalami geser guna menghindari terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya. Nilai tegangan tekan maksimum harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sigma_s \leq 7,0 \text{ MPa}$$

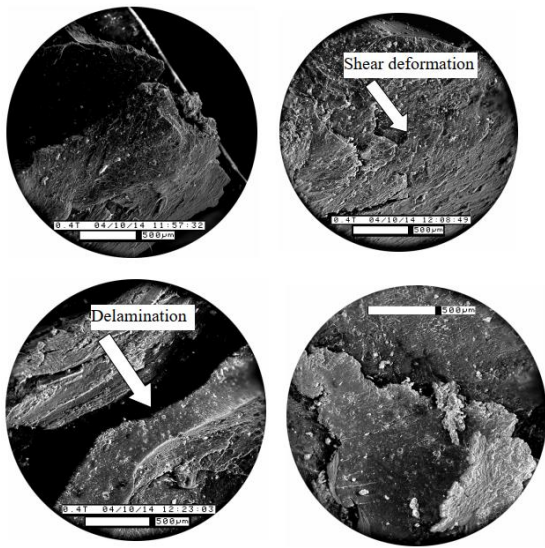
$$\sigma_s \leq 1,0 \text{ GS}$$

Dimana σ_s merupakan tegangan tekan maksimum, G adalah modulus geser elastomer dan S adalah faktor bentuk dari elastomer. Untuk elastomer tipe berlapis yang dikembang terhadap deformasi geser, nilai tegangan ijin dapat ditingkatkan sebesar 10%.



Gambar 5. Kegagalan Elastomer Akibat Deformasi Geser

(Sumber : Mtenga and Ansley, 2007)

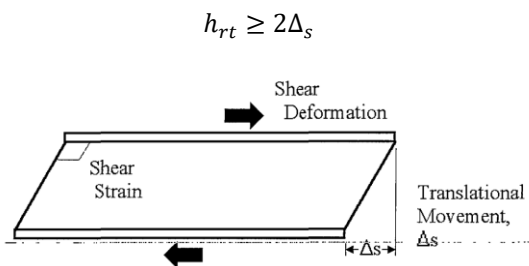


Gambar 6. Hasil Pengamat Mikroskop Elektron pada Permukaan Elastomer : Bukti Kegagalan Geser & Delaminasi

(Sumber : Mtenga and Ansley, 2007)

Perilaku Elastomer Akibat Gaya Geser

Elastomer tipe berlapis memiliki kekakuan vertikal yang sangat besar tetapi tidak memiliki kekakuan horizontal untuk menahan gaya geser. Gaya geser pada jembatan mengakibatkan terjadinya perpindahan horizontal pada tumpuan (Gambar 7). Umumnya elastomer didesain berdasarkan perpindahan horizontal jembatan yang terjadi. Nilai perpindahan tersebut harus diambil dari deformasi maksimum struktur atas jembatan. Semakin besar gaya geser, semakin besar perpindahan horizontal, dan semakin besar kemungkinan elastomer untuk mengalami slip. Untuk itu, AASHTO, 2012 membatasi nilai perpindahan horizontal, Δ_s , sebesar 50% dari ketebalan efektif elastomer (h_{rt}).

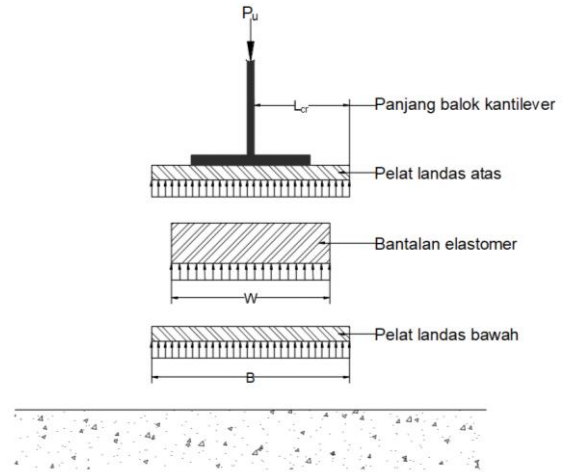


Gambar 7. Deformasi Geser Akibat Perpindahan Horizontal Jembatan

(Sumber : C. W. Roeder et al., 1989)

Pelat Landasan

Slip yang terjadi antara elastomer, struktur atas, dan struktur bawah jembatan harus dapat dihindari. Hal ini dapat dicegah dengan menambahkan *base plate* (pelat landasan) pada bagian atas dan bawah elastomer, yang dihubungkan dengan baut atau angkur baja. Dalam mendesain *base plate*, tegangan yang terjadi akibat reaksi vertikal dimodelkan sebagai tegangan persegi.



Gambar 8. Distribusi Tegangan pada Komponen Tumpuan

Jika *base plate* dianggap terkekang penuh, maka kapasitas perlu *base plate* dapat ditentukan sebagai berikut :

$$M_u = f_{max} \frac{L_{cr}^2}{2} B$$

$$f_{max} = \frac{P_u}{BN}$$

$$L_{cr} = \frac{B - b}{2}$$

Dimana :

- f_{max} = Tegangan pada base plate (kN/m²)
- L_{cr} = Panjang balok kantilever (m)
- P_u = Reaksi vertikal (kN)
- B = Lebar *base plate* (m)
- N = Panjang *base plate* (m)

Tebal Minimum Pelat Landasan

Berdasarkan MnDOT LRFD Bridge Design Manual 2017, kapasitas lentur pelat landasan dibatasi pada kondisi momen elastis. Jika ditulis dalam persamaan maka

Kapasitas lentur elastis base plate :

$$M_e = \phi_f S_x f_y$$

Modulus elastis *base plate* :

$$S_x = \frac{1}{6} B t^2$$

Selanjutnya substitusi nilai S_x pada persamaan momen elastis

$$M_r = \phi_f \frac{B t^2}{6} f_y$$

Jika kuat perlu *base plate* $M_r = M_u$, maka ketebalan perlu *base plate* adalah

$$t_{min} \geq \sqrt{\frac{6M_u}{\phi_f f_y B}}$$

Dimana

$\phi = 1,0$ untuk elemen yang mengalami lentur

$f_y =$ Tegangan leleh *base plate* (MPa)

Angkur

Jumlah angkur perlu pada tumpuan sendi cukup direncanakan berdasarkan gaya vertikal atau horizontal karena tidak terdapat momen yang mengakibatkan *base plate* terangkat dari pondasi. Untuk menentukan jumlah angkur perlu dapat digunakan persamaan :

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

Dimana ϕR_n merupakan kekuatan nominal angkur.

Tabel 1 *Material Properties* Angkur

Table 8-26. Anchor Rod Material Availability and Strength									
Type	ASTM Design.	Availability			Strength			Minimum Embdmt. Length, in.	Minimum Edge Dist., in. ^e
		Material Type ^b	Grade	Diameter, d, in.	Proof Load	Min. Yield, ksi	Min. Tensile, ksi		
Unheaded Rod Material (Only)	A36	C	—	to 8	—	36	58	12d	5d
	A572	HSLA	42	to 2	—	42	60	12d	5d
			50	to 6	—	50	65	17d	7d
	A588	HSLA, ACR	—	to 4	—	50	70	17d	7d
			—	over 4 to 5	—	46	67	17d	7d
			—	over 5 to 8	—	42	63	17d	7d
A687	A, QT, NT	—	½ to 3	—	105	150 ^c	19d	7d	
Headed Bolt or Unheaded Rod Material	A354	A, QT	BD	½ to 2½	120	130	150	19d	7d
				over 2½ to 4	105	115	140	19d	7d
			BC	½ to 2½	105	109	125	17d	7d
	over 2½ to 4	95		99	115	17d	7d		
	A449 ^d	C, QT		—	½ to 1	85	92	120	17d
	—	—	—	1½ to 1½	74	81	105	17d	7d
—	—	—	1¾ to 3	55	58	90	17d	7d	
Headed Bolt (Only)	A307	C	—	to 4	—	—	60	12d	5d
	A325 ^{a,d}	C, QT	—	½ to 1	85	92	120	17d	7d
			—	1½ to 1½	74	81	105	17d	7d
	A490 ^{a,d}	A, QT	—	½ to 1½	120	—	150	19d	7d

^aAvailable with weathering (atmospheric corrosion resistance) characteristics comparable to ASTM A242 and A588 steels.
^bA = Alloy Steel
 ACR = Atmospheric-Corrosion-Resistant Steel
 C = Carbon Steel
 HSLA = High-Strength Low-Alloy Steel
 NT = Notch-Tough Steel (CVN 15 @ -20°F)
 QT = Quenched and Tempered Steel
^cMaximum (ultimate tensile strength)
^dHeaded rod material with properties meeting ASTM A325, A490, and A449 specifications may be obtained with the use of an appropriate steel (such as ASTM A193, grade B7), quenched and tempered after fabrication.
^eNot less than 4 in.

Sumber : Tabel 8-26 AISC, 1994.

3. METODE PERENCANAAN

Data Umum Jembatan

- Kelas : I (Satu)
- Panjang : 100 m
- Lebar : 9,0 m
- Lebar trotoar : 2 × 1,0 m
- Lebar lantai kendaraan : 7,0 m
- Tipe : *Through Arch*
- Jarak gelagar melintang : 5,0 m
- Jarak gelagar memanjang : 1,75 m

Data Material

- Mutu beton (f'_c) : 35 Mpa
- Modulus elastisitas beton : 27805,6 MPa
- Mutu baja profil : BJ 55
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Mutu baut : A490

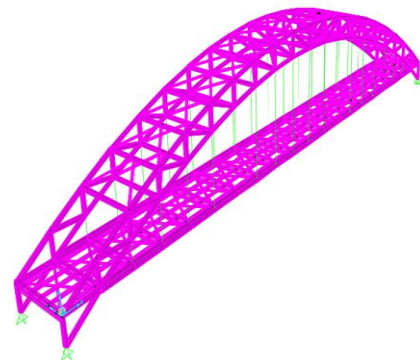
Lokasi Perencanaan



Gambar 9. Lokasi Jembatan

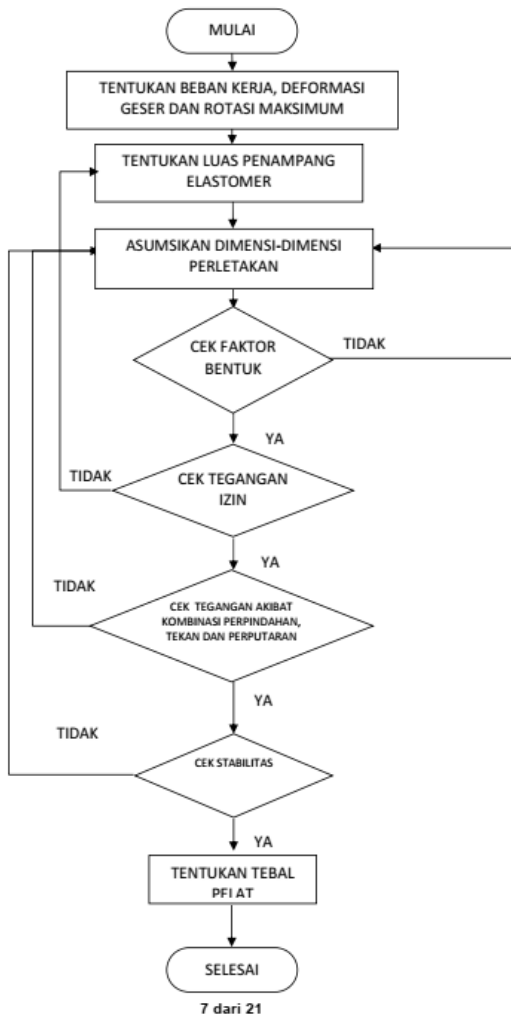
(Sumber : www.earth.google.com)

Gambar Perencanaan



Gambar 10. Tampak 3D Jembatan

Bagan Alir/Flowchart



Gambar 11. Diagram alir Perencanaan Elastomer

(Sumber : SE Kemen. PUPR, 2015)

4. PERENCANAAN

Perencanaan Perletakan

1. Beban yang bekerja
 Reaksi vertikal (P_u) = 5282,454 kN
2. Desain *properties* elastomer
 Tipe elastomer :Bantalan berlapis
 Hardness : 60 shore A
 Modulus geser (G) : 0,75 MPa
 Batas tegangan delaminasi : 7 MPa
 Lebar (L) : 1000 mm
 Panjang(W) : 1000 mm
 Tebal (H) : 239 mm

- Tebal cover atas (h_{cover}) : 4 mm
- Tebal cover bawah (h_{cover}) : 4 mm
- Tebal lapisan internal (h_{ri}) : 35 buah
- Jumlah lapisan (n) : 6 buah
- Tebal pelat baja (h_{st}) : 3 mm
- Jumlah lapisan pelat baja : 7 buah

3. Luas elastomer perlu

$$A_{perlu} > \frac{P_u}{\text{Batas tegangan delaminasi}}$$

$$L \times W > \frac{5282,454}{7}$$

$$1000000 > 754636,286 \text{ mm}^2$$

4. Menghitung faktor bentuk

$$S = \frac{A}{I_p \times h_{ri}} \text{ dimana } I_p = 2(L + W)$$

$$= \frac{1000 \times 1000}{2 \times (1000 + 1000) \times 35}$$

$$= 7,1 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } 4 < S_{(7,1 \text{ mm})} \leq 12 \text{ (Memenuhi)}$$

5. Periksa tegangan tekan elastomer

$$\sigma_s = \frac{P}{A} = \frac{5282,454 \times 1000}{1000000}$$

$$= 5,28 \text{ MPa}$$

Syarat :

Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang

$$\sigma_{s(5,28 \text{ Mpa})} \leq 7 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

$$\sigma_{s(5,28 \text{ Mpa})} \leq 1,0GS_{(5,36 \text{ Mpa})} \text{ (Memenuhi)}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang

$$\sigma_{s(5,28 \text{ Mpa})} \leq 7,7 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

$$\sigma_{s(5,28 \text{ Mpa})} \leq 1,1GS_{(5,89 \text{ Mpa})} \text{ (Memenuhi)}$$

Total deformasi geser rencana $\Delta_s = 120 \text{ mm}$

Deformasi ijin $2\Delta_s = 120 \text{ mm}$

$$h_{rt} = h_{ri} \times n + 2 h_{cover} = 218 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } h_{rt(218 \text{ mm})} \geq 2\Delta_s(120 \text{ mm}) \text{ (Memenuhi)}$$

6. Menentukan tebal pelat baja

$$h_s \leq \frac{3h_{ri}\sigma_s}{f_y}$$

$$= \frac{3 \times 35 \times 5,28}{410}$$

$$= 1,35 \text{ mm}$$

Tebal pelat minimum = 3 mm

Jadi digunakan tebal pelat (h_{st}) = 3 mm

7. Periksa stabilitas

$$H = h_{ri} + (n + 1) \times h_{st} = 239 \text{ mm}$$

Syarat :

$$H \leq \frac{L}{3}$$

$$H \leq \frac{1000}{3}$$

$$239 < 333 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$H \leq \frac{W}{3}$$

$$H \leq \frac{1000}{3}$$

$$239 < 333 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$h_{cover} < 0,7 h_{ri}$$

$$4 \text{ mm} < 0,7 (35)$$

$$4 \text{ mm} < 24,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Perencanaan Base Plate

1. Menentukan dimensi base plate

Lebar base plate (B) : 1200 mm

Panjang base plate (N): 1200 mm

Luas base plate (A) : 1440000 mm²

2. Menghitung tegangan pada base plate

$$f_{max} = \frac{P_u}{A} = \frac{5282,454}{1,44} = 3668,37 \text{ kn/m}^2$$

3. Menghitung panjang balok kantilever

$$L_{cr} = \frac{B - b}{2} = \frac{1200 - 700}{2} = 250 \text{ mm}$$

4. Menghitung kuat perlu base plate

$$\begin{aligned} M_{pl} &= f_{max} \times \frac{L_{cr}^2}{2} \times B \\ &= 3668,37 \times \frac{0,25^2}{2} \times 1,2 \\ &= 137,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Menghitung tebal base plate perlu

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{6M_{pl}}{\phi f_y B}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 137,56}{1,0 \times 410000 \times 1,2}} \end{aligned}$$

$$= 0,04096 \text{ m} \cong 40,96 \text{ mm}$$

Digunakan tebal base plate 50 mm.

Perencanaan Angkur

1. Jumlah angkur perlu

Tipe angkur A354 Grade BC

Diameter angkur (d_b) : 52 mm

Luas angkur (A_b) : 2123,7 mm²

Tegangan geser angkur (F_{nv}) : 752 MPa

Tegangan tarik angkur (F_{nt}) : 862 MPa

$$\begin{aligned} \phi R_{n(\text{geser})} &= 0,75 A_b F_{nv} n_s \\ &= (0,75 \cdot 2123,7 \cdot 752 \cdot 1,0) / 10^3 \\ &= 1197,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n(\text{tumpu})} &= 2,4 d_b t f_u \\ &= (0,75 \cdot 2,4 \cdot 52 \cdot 50 \cdot 550) / 10^3 \\ &= 2574 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{5282,454}{1197,78} = 4,41 \approx 12 \text{ M52}$$

2. Panjang angkur tertanam

Berdasarkan Tabel 8-26 AISC 1994, maka panjang angkur tertanam adalah

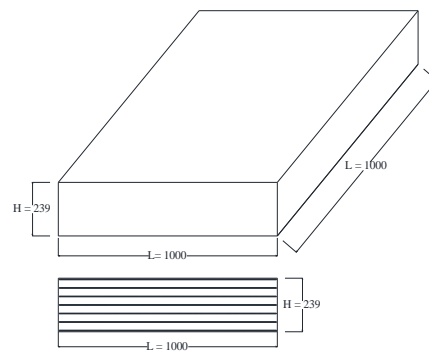
$$\begin{aligned} L_{h_{min}} &= 17d \\ &= 17 \times 52 \\ &= 884 \text{ mm} \approx 890 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Evaluasi kekuatan angkur

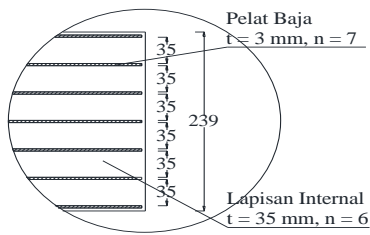
Kapasitas geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= n \phi R_{n(\text{geser})} \\ &= 12 \times 1197,78 \\ &= 14373,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

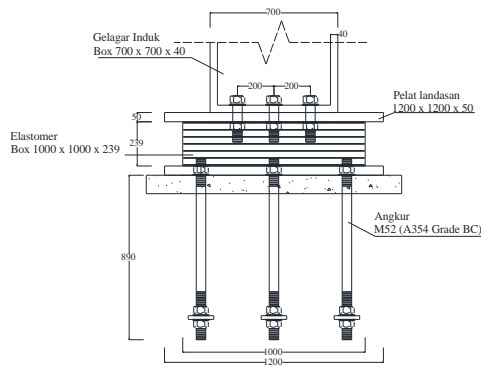
Kontrol : $\phi R_n(14373,31 \text{ kN}) > P_u(5282,454 \text{ kN})$ OKE



Gambar 12. Dimensi Elastomer



Gambar 13. Detail Elastomer



Gambar 14. Konfigurasi Akhir Elastomer

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan kontrol yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Digunakan elastomer dengan tipe bantalan berlapis.
2. Digunakan elastomer dengan dimensi $1000 \times 1000 \times 239$ mm.
3. Digunakan dimensi base plate 1200×1200 mm.
4. Digunakan *base plate* dengan tebal 50 mm.
5. Diperlukan 12 buah angkur dengan diameter 52 mm.
6. Panjang angkur tertanam 890 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (2012): AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- AISC (1994): Manual of Steel Construction, Load & Resistance Factor Design (2nd ed.), American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois, II.
- Anonim (2008): SNI 3967-2008 Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos dan Tipe Berlapis untuk Perletakan Jembatan, Badan Standardisasi Nasional.

Lehman, D. E., Roeder, C. W., Larson, R., and Curtin, K. (2003): *Cotton Duck Bearing Pads: Engineering Evaluation and Design Recommendations*.

MnDOT Bridge Office (2017): *LRFD Bridge Design Manual*, Minnesota Department of Transportation Bridge Office, Minnesota.

Mtenga, P. v., and Ansley, M. (2007): *Elastomeric Bearing Pads Under Combined Loading*, Tallahassee, Florida.

Roeder, C. W., Stanton, J. F., and Feller, T. (1989): *Low Temperature Behavior and Acceptance Criteria for Elastomeric Bridge Bearings* (NCHRP 325, Ed.), National Research Council, Washington, D.C.

Rubber Elastomer Bearing Pad / Karet Bantalan Jembatan - PD. GEMILANG ELASINDO. (n.d.): , retrieved September 30, 2022, from internet: <https://gemilangelasindo.com/elements/product-categories/rubber-elastomer-bearing-pads-karet-bantalan-jembatan>.

SE Ditjen. Bina Marga (2021): *Surat Edaran Ditjen. Bina Marga No.06/SE/Db/2021 tentang Paduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

SE Kemen. PUPR (2015): *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.10/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.

The purpose of using steel plates for elastomeric bearing - Mo Civil Engineering. (n.d.): , retrieved October 2, 2022, from internet: <https://mocivilengineering.com/the-purpose-of-using-steel-plates-for-elastomeric-bearing/?sfw=pass1664701154>.

Yura, J., Kumar, A., Yakut, A., Topkaya, C., Becker, E., and Collingwood, J. (2001): *Elastomeric Bridge Bearings : Recommended Test Methods* (NCHRP Report 449), National Research Council, Washington, D.C.

Sunarwadi, Hadi S.W., Nugroho, Heru P., Kumar, A., and Guritna, I. K (2021): *Studi Analisis Perbandingan Struktur Atas Jembatan Blahkiuh-Ayunan Dengan Model Warren Truss dan Through Arch Box*.