



Tersedia Secara Online di  
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

**JURMATEKS**

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

## Meningkatkan Kemampuan Struktur Jembatan dengan Sistem Girder Pelat Baja pada Jembatan Golo, Tumpakoyot Blitar

M. Y. Ansori<sup>1\*</sup>, E. Gardjito<sup>2</sup>, S. Winarto<sup>3</sup>, F. Romadhon<sup>4</sup>, H. Wicaksono<sup>5</sup>

<sup>1\*,2,3,4,5</sup>Fakultas Teknik. Universitas Kediri

Email : <sup>1\*</sup>[yusufansori.muh@gmail.com](mailto:yusufansori.muh@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Artikel masuk : 06 – 05 – 2021

Artikel revisi : 23 – 05 – 2021

Artikel diterima : 03 – 06 – 2021

#### Keywords :

Modification, Composite Bridge,  
Girder, Steel Plate.

#### Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[18]

A. A. Saputra, S. Winarto, and A. Ridwan, "Perencanaan Struktur Baja Pada Konstruksi Empat Lantai Pada Hotel Jaya Baya," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 67–73, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.382.

### ABSTRACT

*The bridge becomes a vital building in living today, which is connecting two areas that separated land. The Golo Bridge also connects the two regions, Blitar and Tulungagung. The Golo Bridge in Tumpakoyot Blitar is part of a national project to build alternative and fast routes in the Southern Java alternative route. The existing Golo bridge is a bridge with a PC-I Girder structure 40 m long and 11 m wide. This research aims to re-plan or modify it to become a bridge with a steel plate girder structure by dividing it into 2 spans, collecting the existing data to be processed in the analysis calculation. It's started with determining the dimensions of the initial structure, giving loads, controlling the structure's ability, also for the abutment & pier. The calculation shows that the dimensions of the steel plate girder have a profile of 2500. 700. 14. 40 mm. Meanwhile, the abutment has a total height of 5.70 m, a width of 4.50 m, and 9.50 m. The bridge pillars have a total height of 6.20 m, a width of 6.20 m and a length of 9.50 m. These results show that the structures is able to support the working loads.*

### ABSTRAK

Jembatan menjadi infrastruktur vital dalam mobilitas kehidupan masyarakat yang mana menghubungkan dua daerah yang terpisah secara daratan. Jembatan Golo merupakan jembatan yang menghubungkan Kabupaten Blitar dengan Kabupaten Tulungagung. Jembatan tersebut menjadi bagian dari proyek nasional pembangunan jalur alternatif dan cepat di jalur lintas pantai selatan Pulau Jawa. Existing jembatan Golo berupa jembatan dengan struktur girder beton pratekan tipe-I (PC-I Girder) berdimensi panjang bentang 40 m dan lebar jembatan 11 m. Penelitian ini bertujuan melakukan perencanaan ulang struktur jembatan menggunakan girder pelat baja dengan membagi menjadi 2 bentang. Data yang digunakan berupa hasil peninjauan kondisi jembatan existing. Perhitungan yang dilakukan meliputi penentuan dimensi struktur awal, pemberian beban, pengontrolan kemampuan struktur, serta perhitungan abutment dan pilar jembatan. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi girder pelat baja yakni memiliki profil 2500. 700. 14. 40 mm. Sedangkan abutment memiliki tinggi total 6,20 m, lebar

4,50 m dan panjang 9,50 m. Untuk pilar jembatan memiliki tinggi total 6,20 m, lebar 5,50 m dan panjang 9,50 m. Hasil tersebut telah memenuhi kemampuan struktur terhadap beban yang bekerja.

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini teknologi bangunan jembatan telah berkembang pesat, dari yang dahulu hanya menggunakan kayu sebagai materialnya sekarang berubah menggunakan material beton ataupun baja. Jembatan merupakan bangunan penunjang jalan yang memiliki peranan penting dalam menghubungkan sistem transportasi yang terpisah secara daratan oleh sebuah kondisi misalkan adanya sungai atau melintasi permukiman dan lainnya[1]. Peningkatan pembangunan infrastruktur transportasi sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan mobilitas kehidupan. Hal ini demi menunjang kelancaran transportasi itu sendiri yang berperan besar terhadap sendi kehidupan masyarakat agar terus berkelanjutan [2].

Penemuan material baja sebagai struktur jembatan telah memberikan dampak yang besar terhadap perkembangan perencanaan jembatan. Penggunaan material baja menawarkan struktur dengan berbagai variasi bentuk [3]. Jika dibandingkan dengan material beton dan kayu, material baja lebih menguntungkan karena sifat baja yang tahan karat dan pelapukan, mudah dipotong untuk menyesuaikan ukuran kebutuhan serta mudah dirakit dan dibongkar [4][5]. Jembatan girder merupakan jembatan dengan struktur balok-balok penahan lantai kendaraan. Beberapa penelitian mengenai jembatan girder telah dilakukan dan menunjukkan bahwa struktur girder memiliki kemampuan memikul beban lebih kuat dan lebih kaku dengan adanya ikatan arah memanjang dan melintang. [6]

Jembatan Golo Desa Tumpakoyot merupakan satu dari beberapa jembatan pada jalur lintas pantai Selatan yang menghubungkan Kabupaten Blitar dengan Kabupaten Tulungagung. Dan menjadi bagian dari proyek nasional pembangunan jalur lintas pantai selatan Pulau Jawa yang merupakan satu dari banyak jalur alternatif dan cepat di Selatan Pulau Jawa. Pembangunan Jembatan Golo Desa Tumpakoyot Blitar ini diharapkan dapat bermanfaat meningkatkan mobilitas masyarakat yang berkaitan dengan pembangunan sosial dan ekonomi. Jembatan Golo Desa Tumpakoyot Blitar ini sebelumnya dibangun dengan struktur PC-I girder. Bentang jembatan memiliki panjang 40 meter dengan satu bentang dua abutment. Penggunaan material PC-I girder selain bertujuan memberikan konstruksi yang kuat dan berjangka panjang, juga untuk pemeliharaan yang minim. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perencanaan ulang pada Jembatan Golo Desa Tumpakoyot Blitar menggunakan struktur atas girder pelat baja. Sistem girder pelat baja dipilih karena sudah banyak

dilaksanakan di berbagai daerah di Indonesia dan berkaitan dengan kebutuhan dan kemudahan mendapatkan atau mengolah material baja sebagai struktur bangunan jembatan.

## 2. Studi Literatur

Salah satu jenis struktur utama jembatan yaitu menggunakan gelagar balok (girder). Girder merupakan balok-balok tumpuan utama yang menahan lantai kendaraan. Girder dapat berupa beton maupun baja dengan tujuan penerapan yang berbeda [7]. Girder beton pratekan merupakan jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik/ditegangkan terhadap betonnya. Penarikan ini menghasilkan kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar [8][9]. Sedangkan Girder pelat baja adalah suatu gelagar berdimensi besar yang dibuat dari susunan beberapa pelat yang disatukan dengan alat penyambung untuk mendapatkan material struktur yang lebih efisien dibanding dengan balok tempa.[10]

### 2.1 Pembebanan Jembatan

Pada peraturan SNI 1725:2016, beban-beban pada jembatan dibedakan menjadi : beban primer (beban mati, beban hidup) serta beban sekunder (beban angin, beban gempa, gaya rem, dan lainnya). Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau[11]. Beban mati terdiri dari beban sendiri (elemen struktural misalnya beton dan baja tulangan) dan beban mati tambahan (utilitas misalnya lapisan *overlay*, genangan air hujan, dan lain-lain). Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan bergerak dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan [12][13], terdiri dari beban lajur, beban truk, dan beban gaya rem) dan beban lingkungan (beban angin, beban temperatur, dan beban gempa) [14].

### 2.2 Perencanaan Girder Pelat Baja

Girder pelat baja mampu menahan gaya dalam (momen lentur dan gaya lintang) yang sangat besar, atau disebut juga balok tinggi berukuran  $h_c / t_w > \lambda_r$  atau badan balok ramping.

1. Dimensi pelat girder secara umum tinggi pelat girder antara 1/6 s/d 1/15 atau rata-rata adalah 1/10 s/d 1/12 kali bentangan [4].
2. Ketebalan pelat badan yang diberi pengaku melintang harus memenuhi [10]:

$$\frac{h}{t_w} \leq 7,07 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \longrightarrow \quad \text{jika } 1,0 \leq \frac{a}{h} \leq 3,0$$

Dengan:

h = Tinggi bersih balok

- tw = Tebal pelat badan  
E = Modulus elastisitas baja  
fy = Tegangan leleh baja

Untuk tujuan praktis ketebalan pelat badan umumnya diambil, a. untuk jembatan,  $tw_{min} = 3/8$  inc (9 mm); b. untuk gedung,  $tw_{min} = 1/4$  s/d  $5/16$  inc (6 – 8 mm).

3. Menentukan dimensi pelat sayap digunakan pendekatan berikut [10]:

$$Af \cdot fy \cdot h = Mu$$

$$Af = \frac{Mu}{(fy \cdot h)}$$

Dengan:

- Af = Dimensi pelat sayap yang dicari  
Mu = Kuat lentur rencana (momen rencana)

4. Kuat lentur rencana dihitung berdasarkan RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan [15] :

$$Mu = \phi Mn$$

5. Kuat lentur nominal (Momen nominal balok), merupakan kemampuan sendiri material yang ditentukan. Dihitung dengan rumus berikut [16],

$$Mn = Kg \cdot S \cdot fcr$$

dengan,

- S = Modulus penampang  
fcr = Tegangan kritis (Mpa)  
Kg = Koefisien balok berdinding penuh diambil sebesar

6. Kuat geser rencana (Vu), berdasarkan RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan), pelat badan yang memikul gaya geser perlu Vu harus memenuhi [15],

$$Vu = \phi Vn$$

7. Kuat geser nominal (Vn) pelat badan, merupakan kemampuan material tertentu terhadap tahanan geser. Ditentukan berikut [15],

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \cdot \left( \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} \right) \quad \text{maka,} \quad Vn = 0,6 fy \cdot Aw$$

8. Lebar pengaku pada tiap-tiap sisi pelat badan (*web*) harus > 1/3 lebar pelat sayap (*flange*) dikurangi 1/2 tebal pelat badan [10],

$$b > \left( \frac{bf}{3} - \frac{tw}{2} \right)$$

9. Tebal pengaku harus lebih tebal dari 1/2 tebal pelat sayap [10],

$$ts > \frac{tf}{2}$$

## 2.5 Sambungan pada Girder Pelat Baja

Sambungan dimaksudkan agar dua potongan girder menyatu dan menerima gaya dalam rencana yang sama yang disalurkan oleh sambungan diantara keduanya. Perbandingan dimensi sambungan pada struktur harus konsisten dan memenuhi syarat analisis struktur. [17]

1. Sambungan baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$ , direncanakan harus memenuhi :

$$R_u = \phi \cdot R_n$$

dengan,

$\phi$  = faktor reduksi kuat sambung baut

$R_n$  = kuat nominal terkecil baut

2. Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut:[18]

$$V_d = \phi_f \cdot V_n = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

dengan,

$r_1$  = 0,50 untuk baut polos pada bidang geser

$\phi_f$  = faktor reduksi kekuatan untuk fraktur, bernilai 0,75

$f_{ub}$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah polos (tanpa ulir)

## 2.6 Girder Komposit

Girder komposit merupakan bentuk struktur dari gabungan dua jenis komponen bahan berupa baja dengan beton sehingga menjadi sebuah penampang baru.[16][19] Komponen beton diterapkan pada lantai jembatan. Sedangkan komponen baja menjadi struktur rangka jembatan yang memikul lantai jembatan. Keduanya dihubungkan dengan Penghubung Geser (*Shear Connector*). [20]

Penulangan beton slab jembatan sebagai jalur lalu lintas kendaraan disesuaikan dengan (RSNI T-12-2004 Pasal 5.5.2) harus memiliki tebal minimum ( $t_s$ ) yang memenuhi dua ketentuan sebagai berikut:

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + 40 L \text{ [16]}$$

a. Kebutuhan tulangan lentur dihitung dengan rumus berikut :

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left[ 1 - \sqrt{\left( \frac{1 - 2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

Dengan:

$R_n$  = kuat nominal tulangan lentur

$f_y$  = tegangan leleh baja

$m$  =  $f_y / (0,85 \cdot f_c')$

Sehingga luas tulangan lentur yang diperlukan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d \text{ [16]}$$

Jarak antar tulangan lentur dengan lebar  $b = 1000$  mm :

$$S = A_s \text{ pasang} \cdot b / A_s \text{ perlu}$$

b. Kebutuhan tulangan bagi dihitung dengan rumus berikut :

Luas tulangan bagi yang diperlukan :

$$A_s' = 50\% \cdot A_s \text{ perlu}$$

Jarak antar tulangan bagi dengan lebar  $b = 1000$  mm :

$$S = A_s \text{ pasang} \cdot b / A_s \text{ perlu}$$

## 2.7 Siar Muai (*Expansion Joint*)

Siar Muai merupakan bahan yang dipasang di antara dua bidang lantai kendaraan atau pada perkerasan kaku dan juga pada pertemuan antara konstruksi jalan pendekat sebagai media lalu lintas yang melewati jembatan agar pengguna jalan merasa aman dan nyaman. Siar muai harus direncanakan agar mampu mengakomodasi pergerakan yang diakibatkan oleh rangkai beton, susut beton, dan perubahan suhu pada beton. [21]

$$\Delta \text{expansion joint} = \Delta cr + \Delta sh + 2 \times \Delta temp$$

Dengan:

$\Delta cr$  = Pergerakan akibat rangkai beton (mm)

$\Delta sh$  = Pergerakan akibat susut beton (mm)

$\Delta temp$  = Pergerakan akibat perubahan suhu beton (mm)

## 2.8 Perletakan Jembatan

Jenis perletakan jembatan salah satunya adalah perletakan elastomer (*elastomeric bearing pads*). [22] Perletakan elastomer itu sendiri dibedakan menjadi karet bantalan polos dan karet bantalan berlapis lembaran pelat baja.

1. Mengacu pada Surat Edaran Kementerian PUPR RI Nomor : 10/SE/M/2015 Tentang Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan, [23]
  - Menghitung beban yang bekerja = beban hidup (LL) + beban mati (DL)
  - Menghitung tegangan rata – rata

$$\sigma_s = (PDL + PLL) / A$$

$$\sigma_L = PLL / A$$

## 2.9 Pangkal Jembatan (*Abutment*)

Pangkal jembatan merupakan bagian struktur jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. [24] [25]

1. Tekanan tanah aktif horizontal ke arah dalam jembatan [26]. Tanah aktif berada di belakang abutment sesuai dengan SNI T-02-2005 Standar Pembebanan Jembatan [12]

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$q_a = \lambda \cdot h^2 \cdot K_a$$

$$T_{a1} = q \cdot b$$

$$T_a = 1/3 \cdot q \cdot b$$

Dengan:

$$K_a = \text{Koefisien tanah aktif}$$

$$\phi = \text{Sudut geser tanah}$$

2. Tekanan tanah pasif pada kepala jembatan dihitung dengan rumus berikut :

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$q_p = \lambda \cdot h^2 \cdot K_p$$

$$T_p = 0,5 \cdot q \cdot b$$

Dengan:

$$K_p = \text{Koefisien tanah pasif}$$

$$T_p = \text{Tekanan tanah pasif}$$

## 2.10 Pilar Jembatan (*Pier*)

Pilar jembatan (*pier*) merupakan bangunan /bagian dari struktur jembatan yang menerima beban dari bangunan atas yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. [27]

1. Gaya horisontal akibat tekanan air dihitung berdasarkan RSNI T-02-2005 Pasal 7.4 dengan gaya akibat aliran air dengan arah memanjang atau arah X [24]

$$TEF = 0,5 \cdot CD \cdot V_s^2 \cdot A_d$$

Dengan:

$$V_s = \text{Kecepatan air rata-rata untuk keadaan batas yang ditinjau.}$$

$$CD = \text{Koefisien seret}$$

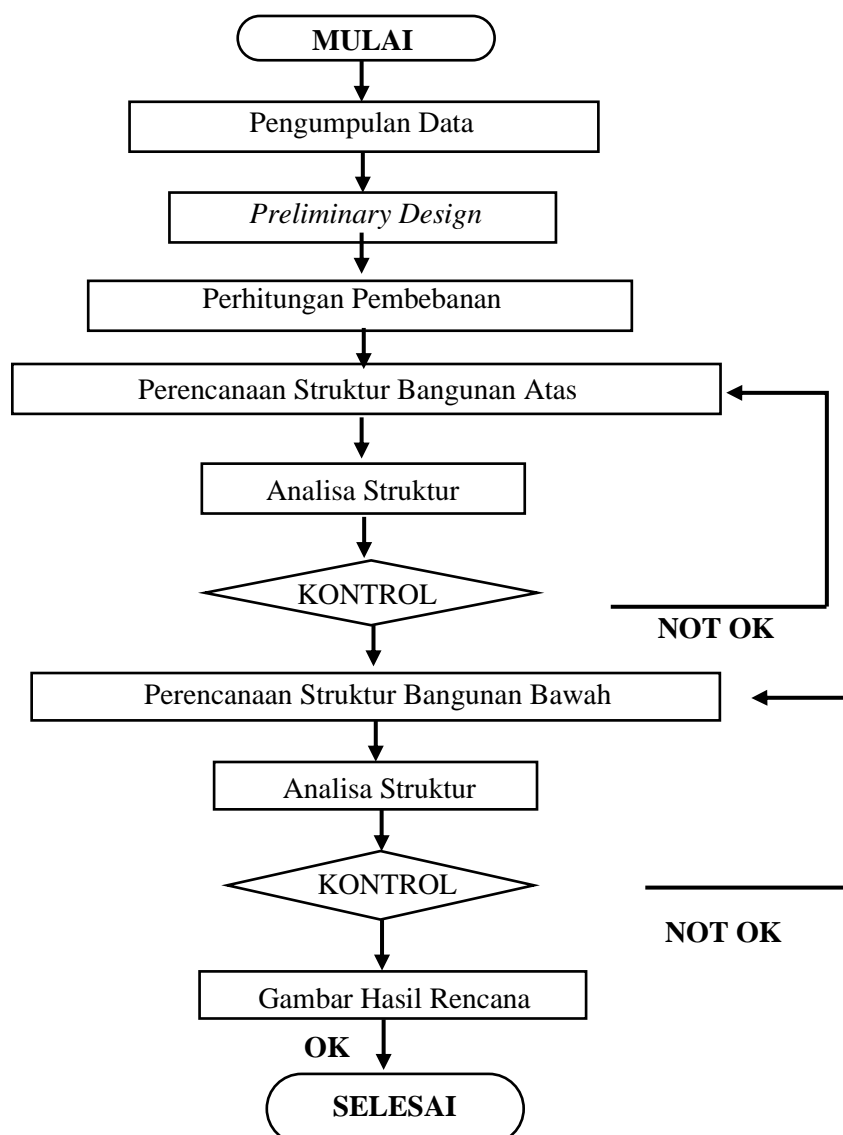
$$A_d = \text{Luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran}$$

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data *existing* jembatan dengan tujuan mengetahui kondisi lapangan untuk selanjutnya diubah strukturnya dan tetap mempertahankan dimensi panjang bentang, lebar jembatan, dan tinggi jembatan. [28] *Preliminary design* yaitu menentukan dimensi struktur awal. Dilanjutkan dengan pemberian beban dan melakukan kontrol kemampuan struktur terhadap beban. Tahapan selanjutnya melakukan perhitungan terhadap bangunan bawah berupa *abutment* dan pilar jembatan

Tahapan atau alur penelitian disajikan dalam bagan alir sebagai berikut:



Sumber : Alur penelitian

**Gambar 1.** Alur Penelitian.



## 4. Hasil dan Diskusi

### 4.1 Penulangan Slab Lantai Kendaraan

Pada slab beton lantai kendaraan, penulangan yang diperlukan meliputi penulangan lentur negatif pada daerah tumpuan dan penulangan lentur positif pada daerah lapangan.

#### 1. Tulangan lentur negatif (tumpuan)

Rasio Tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')} ]$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_{s1} &= \rho * b * d \\ &= 0,006692 * 1000 * 215 = 1439 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol, } A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 2010 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s1} \quad (\text{ok})$$

Dari hasil perhitungan, maka digunakan tulangan = D 16 – 100 mm.

#### 2. Tulangan lentur positif (lapangan)

Rasio Tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [ 1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')} ]$$

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_{s1} = \rho * b * d = 1260 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol, } A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 2010 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s1} \quad (\text{ok})$$

Dari hasil perhitungan, maka digunakan tulangan = D 16 – 100 mm.

### 4.2 Dimensi Girder

Secara umum dimensi girder ditentukan antara 1/6 s/d 1/15 L. Dalam perencanaan ini diambil tinggi girder :

#### 1. Tinggi girder,

$$\begin{aligned} d &= \frac{L}{8} = \frac{20000}{8} \\ &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 2. Dimensi pelat badan, diambil tebal flange,

$$\begin{aligned} t_f &= 40 \text{ mm} \\ h &= 2500 - 2 * 40 = 2420 \text{ mm} \\ h/t_w &= 172,86 > 164,60 \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

Dari rasio kelangsingan, maka dikategorikan sebagai balok berdinding tinggi.

#### 3. Dimensi pelat sayap, diambil tebal flange,

$$t_f = 40 \text{ mm}$$

$$A_f = \frac{M_u}{F_y \cdot h} = \frac{((23856,4 \times 20^2)/8)}{2400 \times 242,0} = 205,375 \text{ cm}^2$$

ambil pelat 40 x 700 = 14000 mm<sup>2</sup> > 13899,6 mm<sup>2</sup> (OKE)

Dari hasil perhitungan dimensi pelat sayap yang melebihi nilai keamanan minimal.

#### 4. Dimensi stiffener,

Kontrol lebar Stiffener :

$$(b_s = 250) > \left( \frac{b_f}{3} - \frac{t_w}{2} = \frac{700}{3} - \frac{14}{2} = 159,67 \right) \quad (\text{oke})$$

Sehingga, lebar stiffener memenuhi kebutuhan minimal keamanan.

Kontrol tebal Stiffener :

$$(t_s = 22) > \left( \frac{t_f}{2} = \frac{40}{2} = 20 \right) \quad (\text{oke})$$

Sehingga, lebar stiffener memenuhi kebutuhan minimal keamanan.

### 4.3 Siar Muai (*Expansion Joint*)

Penentuan siar muai jenis *Butt Joint* dipilih pada perencanaan Jembatan Golo ini.

Panjang Celah *Expansion Joint* Rencana :

$$\begin{aligned} \text{expansion joint} &= \Delta cr + \Delta sh + 2 \times \Delta temp \\ &= 6,94 + 3,40 + (2 \times 1,30) = 12,94 \text{ mm} = 13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, *Butt Joint* yang ditentukan memiliki nilai batas aman celah 13 mm < 25 mm.

### 4.4 Perletakan Jembatan

Pada perencanaan Jembatan Golo ini, dipilih bantalan karet lembaran pelat baja (*laminated elastomeric bearing pads*).

Hitung *Shape Factor*/faktor bentuk :

$$\begin{aligned} S &= A / (I_p \times h_{ri}) \\ &= (750 \times 750) / (2 \times (750+750) \times 20) = 9,375 \\ &= 4 < 9,375 < 12 \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

Jadi, karet bantalan terjadi kelenturan yang aman bernilai 9,375.

Menentukan Tebal Pelat :

Kondisi Layan

$$h_s \geq 3h_{rmax} \times \sigma_s / f_y$$

$$h_s \geq 3 \times 20 \times 4,24 / 240$$

$$h_s \geq 1,06 = 2 \text{ mm}$$

Sehingga, tebal pelat baja yang dipakai = 2 mm

#### 4.5 Abutment

Pada kondisi air tinggi berarti terdapat tambahan beban pada abutment berupa berat volume air sungai.

**Tabel 1.** Perhitungan Abutment kondisi air tinggi.

Gaya	V (ton)	H (ton)	jarak (x) (m)	jarak (y) (m)	MV (ton.m)	MH (ton.m)
<b>Vu</b>	<b>238,564</b>		<b>4,5</b>		<b>1073,54</b>	
1 = $0,25 \cdot 0,25 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	1,43		0,63	5,58	0,89	
2 = $1/2 \cdot (2,85 + 3,35) \cdot 0,50 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	35,34		0,75	4,03	26,51	
3 = $1 \cdot 2,50 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	57,00		0,00	1,95	0,00	
4 = $1/2 \cdot 1,65 \cdot 0,40 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	7,52		0,55	0,83	4,14	
5 = $1/2 \cdot 1,85 \cdot 0,40 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	8,44		0,62	0,83	5,23	
6 = $4,50 \cdot 0,7 \cdot 9,50 \cdot 2,4$	71,82		0,00	0,35	0,00	
7 = $1,60 \cdot 0,25 \cdot 9,50 \cdot 1,6$	6,08		1,55	5,58	9,42	
8 = $1,35 \cdot 2,85 \cdot 9,50 \cdot 1,6$	58,48		1,68	4,03	97,96	
9 = $1,35 \cdot 0,50 \cdot 9,50 \cdot 1,6$	10,26		1,68	2,35	17,19	
10 = $1/2 \cdot 1,65 \cdot 0,40 \cdot 9,5 \cdot 1,6$	1,90		0,83	2,35	1,58	
11 = $1,85 \cdot 1,00 \cdot 9,50 \cdot 1,6$	28,12		1,43	1,60	40,07	
12 = $1/2 \cdot 1,85 \cdot 0,40 \cdot 9,50 \cdot 1,6$	5,62		1,79	1,00	10,07	
13 = $1/2 \cdot 3,00 \cdot 5,45 \cdot 9,50 \cdot 1,6$		124,26	3,25	1,82		226,15
14 = $1/2 \cdot 3,00 \cdot 1,30 \cdot 9,50 \cdot 1,0$		-18,53	3,25	0,43		-7,97
Jumlah	530,58	105,74			1286,58	218,19

Sumber: Data Diolah.

1. Kemampuan tahanan terhadap gaya guling,

$$n = MV / MH$$

$$= 1286,58 / 218,19 = 5,90 > 2 \text{ t/m}^2 \quad (\text{OKE})$$

Jadi, kemampuan tahanan gaya guling sebesar  $5,90 > 2 \text{ t/m}^2$ .

2. Kemampuan tahanan terhadap gaya geser,

$$= f \cdot V / H$$

$$= 0,65 \cdot 530,58 / 105,74 = 3,26 > 2 \text{ t/m}^2 \quad (\text{OKE})$$

Jadi, kemampuan tahanan gaya geser sebesar  $3,26 > 2 \text{ t/m}^2$ .

#### 4.6 Pilar

Kondisi beban pada pilar jika salah satu sisinya kosong, maka diasumsikan adanya tekanan air yang harus ditahan oleh pilar itu sendiri tanpa ditahan oleh sisi air lainnya.

**Tabel 2.** Perhitungan Pilar Kondisi Satu Sisi Kosong.

Gaya	V (ton)	H (ton)	jarak (x) (m)	jarak (y) (m)	MV (ton.m)	MH (ton.m)
<b>Vu</b>	<b>477,128</b>		<b>2,75</b>		<b>1312,10</b>	
1 = $0,50 \cdot 2,50 \cdot 9,5 \cdot 2,4$	28,50		0,00	4,45	0,00	
2 = $1/2 \cdot (3,90 + 6,10) \cdot 0,70 \cdot 2,1 \cdot 2,4$	17,64		0,90	2,15	15,88	
2 = $1/2 \cdot (3,90 + 6,10) \cdot 0,70 \cdot 2,1 \cdot 2,4$	17,64		0,90	2,15	15,88	
3 = $1/2 \cdot (6,10 + 6,70) \cdot 0,15 \cdot 2,1 \cdot 2,4$	4,84		0,33	2,15	1,60	
3 = $1/2 \cdot (6,10 + 6,70) \cdot 0,15 \cdot 2,1 \cdot 2,4$	4,84		0,33	2,15	1,60	
4 = $0,20 \cdot 6,7 \cdot 2,1 \cdot 2,4$	6,75		0,00	2,15	0,00	
5 = $1/2 \cdot (2,50 + 5,30) \cdot 0,40 \cdot 8,1 \cdot 2,4$	30,33		0,00	0,90	0,00	
6 = $5,50 \cdot 0,7 \cdot 9,50 \cdot 2,4$	87,78		0,00	0,70	0,00	
7 = $1/2 \cdot 3,00 \cdot 1,30 \cdot 9,50 \cdot 1,0$		18,53	3,65	0,43		7,97
Jumlah	675,44	18,53			1347,05	7,97

Sumber: Data Diolah.

1. Terhadap guling,

$$n = MV / MH$$

$$= 1347,05 / 7,97 = 169,10 > 2 \text{ t/m}^2 \quad (\text{OKE})$$

Jadi, kemampuan tahanan gaya guling sebesar  $169,10 > 2 \text{ t/m}^2$ .

2. Terhadap gaya geser,

$$= f \cdot V / H$$

$$= 0,65 \cdot 675,44 / 18,53 = 23,70 > 2 \text{ t/m}^2 \quad (\text{OKE})$$

Jadi, kemampuan tahanan gaya geser sebesar  $23,70 > 2 \text{ t/m}^2$ .

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, maka pada perencanaan ulang struktur jembatan Golo Desa Tumpakoyot Blitar ini didapat beberapa poin kesimpulan santara lain :

1. Beton bertulang slab lantai kendaraan dengan mutu beton  $f_c' 25$  Mpa dan mutu baja U32 fy 290 Mpa. Tebal slab 250 mm. Tulangan utama pada bentang tumpuan D16 – 100 mm dan tulangan bagi D12 – 100 mm. Tulangan utama bentang lapangan dipakai D16 – 150 mm dan tulangan bagi D12 – 150 mm.
2. Dimensi girder pelat baja sebagai berikut :
  - Girder memiliki profil 2500 mm tinggi badan, 700 mm lebar sayap, 14 mm tebal badan, 40 mm tebal sayap (profil 2500 . 700 . 14 . 40).
3. Siar muai (*expansion joint*) yang ditentukan dari panjang celah *expansion joint* yang terjadi sebesar 13 mm. Sehingga *butt joint* telah memenuhi dimana toleransi yang dapat diakomodasi sebesar 25 mm. *Butt joint* ditentukan berbahan baja siku L 90.90.9.
4. Perletakan jembatan ditentukan berupa bantalan elastomer berlapis berbahan karet. Dimensi bantalan 750 mm x 750 mm x 248 mm. Cover atas dan bawah berupa baja pelat tebal 4 mm. Jumlah lapisan internal sebanyak 12 dengan tebal masing-masing 20 mm. Lapisan pelat baja antara berjumlah 13 buah, masing-masing memiliki tebal 3 mm.
5. Pangkal jembatan (*abutment*) A1 dan A2 memiliki tinggi total 5,70 m dengan lebar abutment melintang bentang 4,50 m dan panjang abutment memanjang bentang 9,50 m.
6. Pilar jembatan memiliki tinggi total 5,70 m dengan lebar pilar melintang bentang 5,50 m dan panjang abutment memanjang bentang 9,50 m.

### 5.2 Saran

Untuk perhitungan analisa struktur dan hasil yang lebih akurat dapat menggunakan program bantu perangkat lunak (*software*) pada komputer yang dikhususkan untuk perhitungan struktur, seperti SAP2000, MIDAS CIVIL, STADD Pro, atau lainnya.

## Daftar Pustaka

- [1] H. R. Agustapraja and D. Kartikasari, “Studi Evaluasi Pekerjaan Struktur Box Culvert Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kucing Ruas Sukodadi – Sumberwudi Kabupaten Lamongan,” *UKaRsT*, vol. 1, no. 1, pp. 50–59, 2017.
- [2] R. E. Wibisono, “Analisa Dampak Lalu Lintas Jalan Tambak Osowilangun Akibat Pembangunan Teluk Lamong Surabaya,” *UKaRsT*, vol. 4, no. 1, pp. 69–83, 2020, doi: 10.1016/j.jtte.2017.12.002.A.
- [3] T. Nasution, “Pengenalan Jembatan Baja,” 2012.
- [4] A. S. Supriyadi, Bambang; Muntohar, *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2007.
- [5] Direktorat Jendral Bina Marga, “Perencanaan Jembatan,” *Bina Marga*, 2017.
- [6] F. Santoso, “Tinjauan Bangunan Bawah (Abutment) Jembatan Karang Kecamatan Karangpandan Kabupaten Karanganyar,” Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2009.
- [7] D. Zhuang, R. Xiao, L. Jia, and B. Sun, “Failure analysis for overall stability against sliding and overturning of a girder bridge,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 109, p. 104271, 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.104271.
- [8] X. F. Shi, Y. W. Niu, and X. Ruan, “Strengthening of an excessively deflected ten years old longspan prestressed concrete bridge,” 2008.
- [9] A. Susanto, Y. Cahyo, and S. Winarto, “Studi Perencanaan Jembatan Cumpleng Dengan Metode Pratekan Di Kec. Slahung Kabupaten Ponorogo,” *Jurmateks*, vol. 1, no. 2, pp. 172–181, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.375.
- [10] FHWA, *LRF Design Example for Steel Girder Superstructure Bridge*. 2006.
- [11] BSN (Badan Standarisasi Nasional), “SNI 1725:2016 Standar pembebanan untuk jembatan,” *Badan Stand. Indones.*, 2016.
- [12] BSN (Badan Standardisasi Nasional), “RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan,” *Badan Stand. Indones.*, 2005.
- [13] B. R. Jeon, N. Chitrapriya, M. I. Kwak, M. J. Jung, S. K. Kim, and Y. J. Jang, “Effect of the bridge structure on the binding mode of the binuclear ruthenium complex to native DNA,” *J. Mol. Struct.*, vol. 1199, p. 126954, 2020, doi: 10.1016/j.molstruc.2019.126954.
- [14] R. J. P. I. Takwa, “Modifikasi Desain Struktur Jembatan Ngancar Kabupaten Ngawi dengan Sistem Gelagar Beton Pratekan,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.
- [15] BSN (Badan Standardisasi Nasional), “RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan,” *Badan Stand. Indones.*, 2005.

- [16] T. Y. Purnomo, L. D. Krisnawati, and Y. C. S. Purnomo, "Kajian Jembatan Kecamatan Sendang (Ruas Jalan Tugu-Pabyongan) Kabupaten Tulungagung dengan Metode Komposit," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 112–125, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i1.145.
- [17] Departemen Pekerjaan Umum, "Pelatihan Site Inspector of Bridge Modul (Inspektur Lapangan Pekerjaan Jembatan)," *PUPR*, 2006.
- [18] A. A. Saputra, S. Winarto, and A. Ridwan, "Perencanaan Struktur Baja Pada Konstruksi Empat Lantai Pada Hotel Jaya Baya," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 67–73, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.382.
- [19] S. H. Kim, J. Choi, S. J. Park, J. H. Ahn, and C. Y. Jung, "Behavior of composite girder with Y-type perfobond rib shear connectors," *J. Constr. Steel Res.*, pp. 275–289, 2014, doi: 10.1016/j.jcsr.2014.09.012.
- [20] A. A. Oktaviano, "Perencanaan Ulang Jembatan Mlandingan Desa Mlandingan Kulon Kabupaten Situbondo Menggunakan Struktur Komposit," Universitas Jember, 2015.
- [21] Direktorat Jendral Bina Marga, "Pemilihan Teknologi Expansion Joint (Siar Muai) untuk Jembatan dengan Perkerasan Kaku," *Bina Marga*, 2020.
- [22] S. Maalek, R. Akbari, and S. Ziaei-Rad, "Estimation of elastomeric bridge bearing shear modulus using operational modal analysis," 2007.
- [23] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Surat Edaran Menteri tentang Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan," *Bina Marga*, 2015.
- [24] H. Wahyudiono and S. Anam, "Perencanaan Pondasi Bore Pile Pada Proyek Jembatan Ngujang II Kab.Tulungagung," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, pp. 20–27, 2018.
- [25] B. A. Wiratmoko; S. Winarto; Y. C. S. Purnomo, "Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk," *Jurmateks*, vol. 2, no. 1, pp. 106–120, 2019.
- [26] C. Girsang, P. P. Rahardjo, A. Lim, and C. E. Faculty, "Investigation of Pile Behavior Toward Abutment Construction using PLAXIS 3D: Case Study on Lembak Bridge," *UKaRsT*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2021, doi: 10.17577/ijertv4is030269.
- [27] S. Rohadi, D. Ariadi, and B. Mochtar, "Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Abutment Jembatan Desa Sekerat Kecamatan Bengalon Kabupaten Kutai Timur," *KURVA S J. Mhs.*, vol. 1, no. 1, pp. 495–511, 2018.
- [28] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan, "Perencanaan Pembangunan Jalan BTS. Tulungagung / Blitar/ P. Molang - Bululawang," *Direktorat Jenderal Bina Marga*, 2018.