

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *BOX GIRDER* JEMBATAN KALI LEGI BRONGKOS KABUPATEN BLITAR

Dwi Ichwanurusada¹⁾, Warsito²⁾, Bambang Suprpto³⁾.

- 1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email : iwanhold@gmail.com
- 2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email : warsito@unisma.ac.id
- 3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email : bambang.suprpto@unisma.ac.id
Jalan Mayjen Haryono 193 Malang 65144 Jawa Timur, Telp. (0341) 551932, Faks. (0341) 552249

ABSTRAK

Jembatan Kali Legi merupakan jembatan yang difungsikan sebagai jalan alternatif agar mengurangi kemacetan dan mempercepat akses dari Kota Malang menuju Kota Blitar. Jembatan yang terletak di Jalan Karangates Brongkos Kabupaten Blitar adalah salah satu infrastruktur penghubung untuk transportasi darat yang sangat penting guna menunjang efektivitas kegiatan pengembangan di wilayah tersebut. Lokasi tersebut berjarak \pm 40km dari pusat Kota Blitar. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui beban yang akan digunakan dalam perencanaan desain struktur atas dari jembatan yang menggunakan profil gelagar yaitu gelagar kotak (*box girder*), dimensi abutment jembatan, dan dimensi ponasi jembatan. Dalam penelitian ini menggunakan metode literature dan metode observasi. Hasil dari perhitungan perencanaan gelagar kotak (*box girder*) ini pembebanan diperoleh berat sendiri sebesar "214,621 kN/m", beban mati tambahan sebesar "16,895 kN/m", beban lajur sebesar "45 kN/m", beban terpusat sebesar "668,85 kN/m", beban pejalan kaki sebesar "5 kN/m", beban akibat gaya rem sebesar "250 kN", beban akibat gaya angin sebesar "1,629 kN/m", beban gempa sebesar "23,152 kN/m". Dimensi gelagar dengan tinggi 2,5 meter dan lebar total 9 meter. Dengan tebal dinding plat atas bagian tengah 0,35 meter dan bagian tepi 0,25 meter, sedangkan tebal dinding bagian samping dan tengah ialah 0,40 meter dan lebar total dinding bawah 5 meter dengan tebal 0,30 meter. Untuk dimensi abutment tinggi yang digunakan 6,63 m dan lebar bagian atas 1,6 m, lebar bagian bawah 4,5 m dan hasil akhir dari penelitian ini direncanakan pondasi yaitu pondasi tiang pancang dengan diameter 0,40 meter dengan kedalaman 13,5 meter.

Kata Kunci : Jembatan, *Box girder*, Pondasi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jembatan Kali Legi merupakan jembatan yang difungsikan sebagai jalan alternatif agar mengurangi kemacetan dan mempercepat akses dari Kota Malang menuju Kota Blitar. Jembatan yang terletak di Jalan Karangates Brongkos Kabupaten Blitar adalah salah satu infrastruktur penghubung untuk transportasi darat yang sangat penting guna menunjang efektivitas kegiatan pengembangan di wilayah tersebut. Lokasi tersebut berjarak \pm 40km dari pusat Kota Blitar.

Akibat pertumbuhan volume lalu lintas dari Kota Malang ke Kota Blitar Pemerintah Kota Blitar merencanakan infrastuktur tersebut guna mempercepat akses arus lalu lintas.

Rumusan Masalah

1. Berapa beban yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan?
2. Berapa dimensi gelagar boks (*box girder*) jembatan ?
3. Berapa dimensi abutment yang sesuai dengan beban yang bekerja ?
4. Berapa dimensi tiang pancang pada pondasi ?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui berapa beban yang digunakan dalam perencanaan.
2. Mengetahui berapa dimensi gelagar boks (*box girder*).
3. Mengetahui berapa dimensi abutmen yang sesuai dengan beban yang bekerja.
4. Mengetahui dimensi tiang pancang pada pondasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Jembatan

Sebuah konstruksi yang berguna untuk meneruskan jalan yang menghubungkan suatu rintangan yang berada lebih rendah dari satu sisi ke sisi yang lain disebut dengan jembatan. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Viaduct adalah jembatan yang berada diatas jalan lalu lintas. Jalan merupakan program yang diselenggarakan pemerintah yang sangat penting sebagai alat penghubung antar daerah yang berguna untuk meningkatkan perekonomian, serta peniagaan dan kebudayaan sekaligus pertahanan Indonesia.

Perencanaan jalan penghubung Kali Legi ini memakai peraturan pembebanan untuk jembatan yaitu SNI-1725-2016. Jenis pembebanan yang bekerja untuk jembatan ini meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban akibat lajur "D" dan beban merata, beban pejalan kaki, beban akibat rem, beban angin, dan beban gempa yang terjadi secara merata pada jembatan.

Perencanaan box girder

Untuk perencanaan dimensi *box girder* menggunakan metode:

- Tebal sayap atas (1)

Bentang antar web Tebal minimum sayap atas

Kurang dari 3 meter 175 mm

Antara 3 – 4,5 meter 200 mm

Antara 4,5 – 7,5 meter 250 mm

Diatas 7,5 meter Mengganti dengan sistem tulang rusuk pada lempengan kosong dan padat.

- Tebal web minimum (2)

200 mm, jika tidak terdapat tendon pada web

250 mm, jika terdapat duct kecil baik vertikal maupun longitudinal

300 mm, jika digunakan tendon dengan strand 12,5 mm

350 mm jika tendon diangkurkan pada web

- Tebal sayap bawah (3)

Sayap bawah awal jembatan yang sangat tipis untuk mengurangi beban kritis dan beban mati biasanya menggunakan 125 mm. Sangat sulit untuk mencegah retak tipis sayap karena efek gabungan dari beban mati yang ditopang antara web dan geser longitudinal antara flensa web dan bawah. Untuk alasan inilah, sehingga merekomendasikan bahwa digunakan ketebalan minimum 175mm, terlepas dari persyaratan beban. Dimana saluran longitudinal untuk prategang didistribusikan di flensa bawah, minimum ketebalan 200 hingga 250 mm biasanya diperlukan, tergantung pada ukuran saluran

Perencanaan tendon

- Kondisi awal

$$f_{\text{atas}} = -\frac{P}{A} + \frac{P \times e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} \quad (4)$$

$$f_{\text{bawah}} = -\frac{P}{A} + \frac{P \times e_s}{W_b} - \frac{M_{bs}}{W_b} \quad (5)$$

- Kehilangan gaya prategang

$$\text{akibat perpendekan elastis : } f_{cs} = \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{pi} \quad (6)$$

$$\text{akibat rangkai : } \varepsilon_c = K_{cr} \times \left(\frac{f_c}{E_c} \right) \quad (7)$$

$$\text{akibat susut : } \sigma_{cs} = \varepsilon_{cs} \times E_{ps} \quad (8)$$

Lendutan pada box girder

- Lendutan ke atas

$$\delta_a = \frac{5}{48} X \frac{P x e_s x L^2}{(E_c x I_x)} \tag{9}$$

- Lendutan ke bawah

$$\delta_b = \frac{5}{348} X \frac{P x e_s x L^2}{(E_c x I_x)} \tag{10}$$

perencanaan Kepala Jembatan

- Stabilitas terhadap tegangan tanah

$$qu = [\alpha . c . Nc] + [\gamma . \theta . B . Ny] + \gamma . Df . Nq \tag{11}$$

- Stabilitas terhadap beban eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} B - \frac{\sum MV - MH}{\sum V} < \frac{1}{6} B \tag{12}$$

- Stabilitas terhadap guling

$$Sf = \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq 1,5 \tag{13}$$

- Stabilitas pada geser

$$Sf = \frac{\sum V \cdot \tan \theta}{\sum H} \geq 1,5 \tag{14}$$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

- Kondisi I dan II

$$M1 = M2 = \frac{1}{2} x q x a^2 \tag{15}$$

Daya Dukung Tiang

$$Pa = \frac{q_c x A_p}{FK1} + \frac{\sum f_i x A_{st}}{FK2} \tag{16}$$

Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{\sum V}{Q_{sp}} \tag{17}$$

kontrol jarak tiang

$$S \leq \frac{1,57 . d . m . n}{m+n-2} \tag{18}$$

Tiang pancang menerima Gaya eksentris

$$P_{mak} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{\sum MH . X_{max}}{nx . \sum Y^2}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan tugas akhir berada di Desa Kedungsalam, Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang.



Gambar 1. Lokasi Jembatan Kali Legi

Persiapan

Hal-hal yang dilakukan pada tahap persiapan adalah :

1. Kajian pustaka meliputi materi yang berfungsi untuk menentukan desain.
2. Memilih data apa saja yang dibutuhkan.
3. Mencari tempat atau perusahaan yang bersedia menjadi narasumber.
4. Menyiapkan data dan instrument penelitian
5. Mengadakan persyaratan administrasi untuk proses perencanaan data.
6. Membuat proposal untuk proses penyusunan tugas akhir.
7. Melakukan survey lokasi untuk melakukan dan mendapat gambaran mengenai proyek.
8. Merencanakan jadwal untuk membuat desain

Pengumpulan Data

untuk mendapat dan memperoleh data yang memadai maka harus diperhatikan beberapa aspek yang meliputi jenis data, jumlah data yang harus dikumpulkan serta tempat memperolehnya data agar data yang diperoleh nantinya bisa cukup dan akurat

Metode yang dilakukan selama proses pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Metode literatur
Yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan.
2. Metode observasi
Dengan langsung survey ke lapangan agar memahami keadaan real yang ada dilapangan, sehingga dapat diperoleh gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

Proses Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan menggunakan suver lapangan sehingga diperoleh data sebagai berikut :

1. Data lokasi
Data ini berupa peta topografi dan foto kondisi lapangan untuk menggambarkan situasi dan kondisi di lokasi dimana jembatan itu akan dibangun.
2. Data teknis
Data ini berupa data gambar dan data teknis perencanaan, seperti : panjang jembatan, lebar jembatan, tipe konstruksi bangunan atas dan bangunan bawah.
3. Data tanah
Merupakan data yang didapatkan pada daerah setempat yang berguna untuk melakukan proses perencanaan pondasi yang akan digunakan nantinya.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perencanaan dan perhitungan konstruksi yaitu sebagai berikut :

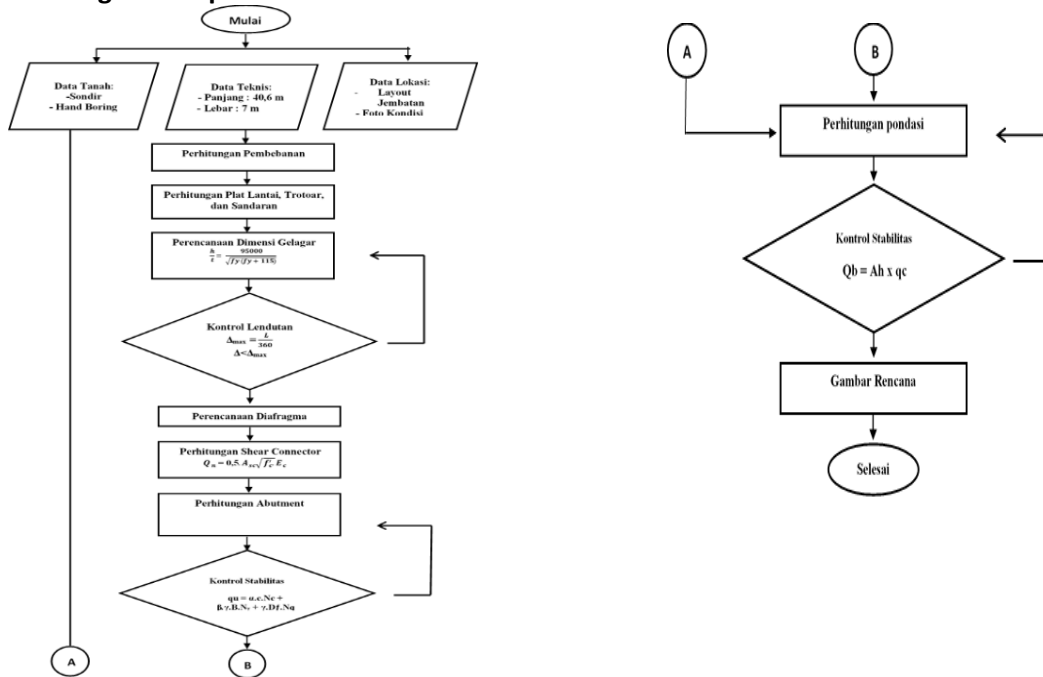
Perencanaan Bangunan Atas

- a. Analisa pembebanan
- b. Perhitungan dimensi
- c. Perencanaan dimensi box girder
- d. Perencanaan dimensi pengaku vertikal dan tumpuan
- e. Perencanaan Tendon
- f. Penulangan box girder

Perencanaan Bangunan Bawah

- a. Perhitungan dimensi, penulangan dan stabilitas *abutment*.
- b. Perhitungan dimensi dan daya dukung pondasi tiang pancang.

Rancangan Tahap Penelitian

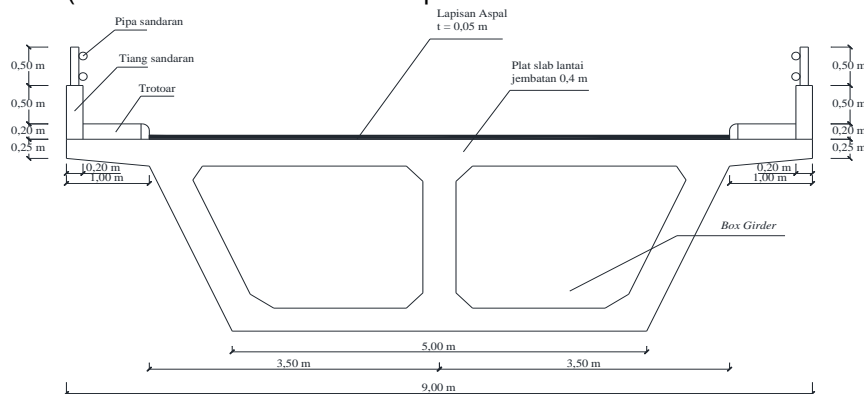


Gambar 2. Diagram Alir

PEMBAHASAN

Data Perencanaan

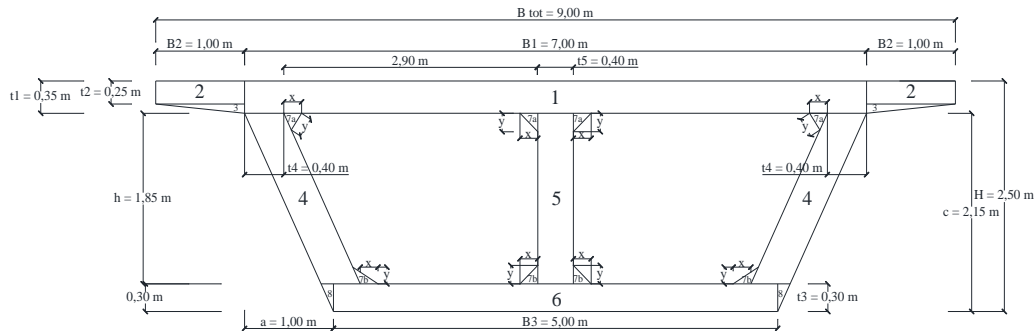
Kelas Jembatan	= Kelas 1
Bentang jembatan	= 50 m
Lebar Jembatan	= 9 m
Lebar Lantai kendaraan	= 7 m
Lebar Trotoar	= 1 m + 1 m
Tebal plat lantai kendaraan	= 0,35 m
Mutu beton prategang	
Mutu beton	: K – 600
Kuat tekan beton (f_c')	: $0,83 \times 600 / 10 = 49,8 \text{ MPa}$
Modulus elastis beton (E_c)	: $0,043 \times 25,5 \times \sqrt{f_c'} = 2,76 \text{ MPa}$
Angka poisson (ν)	: 0,2
Modulus geser (G)	: $E_c / \{2 \times (1 + \nu)\} = 1,15 \text{ MPa}$
Mutu beton lantai kendaraan, abutment dan pondasi	
Mutu baja tulangan (f_y)	= 390 Mpa (BjTP 39)
Mutu beton (f_c')	= 35 Mpa



Gambar 3. Rencana Potongan Melintang Jembatan

Dimensi Box girder

Slab atas bagian tengah	B1 = 7,00 m
	t1 = 0,35 m
Slab atas bagian tepi	B2 = 1,00 m
	t2 = 0,25 m
Tinggi box girder	H = 2,50 m
Dinding tengah	t3 = 0,40 m
Dinding tepi	t4 = 0,40 m
Slab bawah	B3 = 5,00 m
	t5 = 0,30 m
Penebalan	x = 0,20 m
	y = 0,20 m



Gambar 4 Dimensi Profil Box Girder

Pembebanan Pada Box Girder

Berat Sendiri (MS)	= 214,621 kN/m
Beban Mati Tambahan (MA)	= 16,895 kN/m
Beban Lajur "D" (TD)	
Beban Merata	= 45 kN/m
Beban Terpusat	= 668,85 kN
Beban Pejalan Kaki (TP)	= 5 kN/m
Beban Rem (TB)	= 250 kN
Beban Angin (EW)	= 1,629 kN/m
Beban Gempa (EQ)	= 23,152 kN/m

Perencanaan Tendon

Kondisi Awal

$$\begin{aligned}
 - f_{\text{atas}} &= -\frac{P}{A} + \frac{P x e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} \\
 1,578 &= -\frac{P}{6,972 \times 10^6} + \frac{P x 1,22438 \times 10^3}{4,86240 \times 10^9} - \frac{55558,125 \times 10^6}{4,86240 \times 10^9} \\
 P &= 106,101 \text{ MPa} = 106101 \text{ kN} \\
 - f_{\text{bawah}} &= -\frac{P}{A} + \frac{P x e_s}{W_b} - \frac{M_{bs}}{W_b} \\
 23,904 &= -\frac{P}{6,972 \times 10^6} + \frac{P x 1,22438 \times 10^3}{3,11190 \times 10^9} - \frac{55558,125 \times 10^6}{3,11190 \times 10^9} \\
 P &= 99,576 \text{ MPa} = 99576 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Daerah Aman Tendon

Posisi tendon di tengah bentang

- Diasumsikan $Z_0 = 0,30 \text{ m}$
- Diasumsikan $a = 0,15 \text{ m}$

$$\text{Maka } Y_d = (Z_0 - a) / 1,5 = (0,30 - 0,15) / 1,5 = 0,10 \text{ m}$$

- Jarak masing – masing tendon terhadap alas :

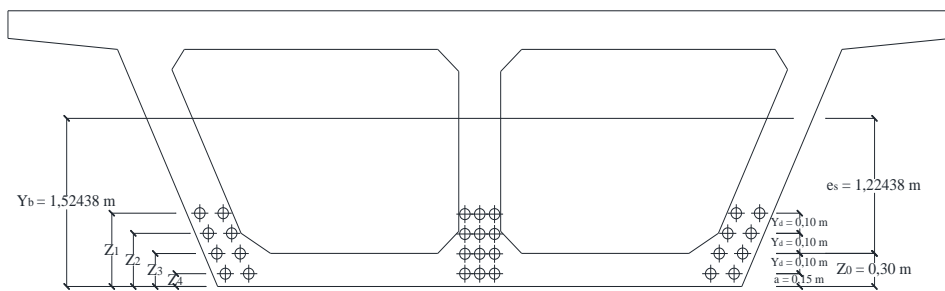
$$\begin{aligned}
 Z_1 &= a + (3 \times Y_d) = 0,15 + (3 \times 0,10) = 0,45 \text{ m} \\
 Z_2 &= a + (2 \times Y_d) = 0,15 + (2 \times 0,10) = 0,30 \text{ m} \\
 Z_3 &= a + Y_d = 0,15 + 0,10 = 0,25 \text{ m} \\
 Z_4 &= a = 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Posisi tendon di tumpuan

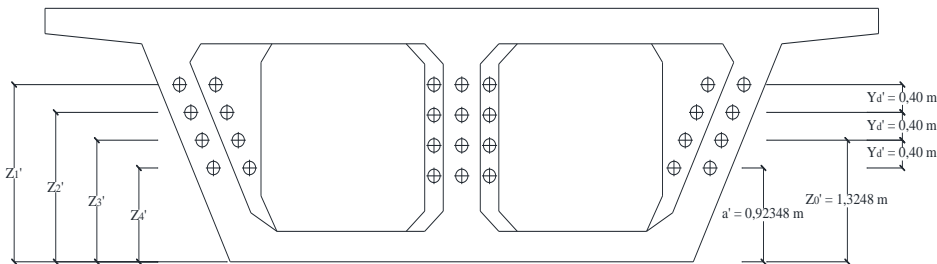
- Diasumsikan $Y_d' = 0,40$ m
- Maka $a' = Y_b - (1,5 \times Y_d) = 1,52348 - (1,5 \times 0,40) = 0,92348$ m
- Jarak masing – masing tendon terhadap alas :
 - $Z_1' = a + (3 \times Y_d') = 0,92348 + (3 \times 0,40) = 2,12348$ m
 - $Z_2' = a + (2 \times Y_d') = 0,92348 + (2 \times 0,40) = 1,72348$ m
 - $Z_3' = a + Y_d' = 0,92348 + 0,40 = 1,32348$ m
 - $Z_4' = a' = 0,92348$ m

Eksentrisitas tendon

- Baris 1 : $f_1 = Z_1' - Z_1 = 2,12348 - 0,45 = 1,67348$ m
- Baris 2 : $f_2 = Z_2' - Z_2 = 1,72348 - 0,30 = 1,47348$ m
- Baris 3 : $f_3 = Z_3' - Z_3 = 1,32348 - 0,25 = 1,07348$ m
- Baris 4 : $f_4 = Z_4' - Z_4 = 0,92348 - 0,15 = 0,77348$ m



Gambar 5. Posisi Tendon di Tengah Bentang



Gambar 6. Posisi Tendon di Tumpuan

Kehilangan Gaya Prategang

- Kehilangan akibat slip angkur

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} \times E_s = \frac{0,006}{50} \times 190000 = 22,8 \text{ MPa}$$
- Kehilangan akibat geseka kabel

$$\Delta f_{pF} = f_{pi} \times [1 - e^{-(\mu \cdot \alpha) + (k \cdot Lx)}] = 908,260 \times [1 - 2,7183^{-(0,25 \cdot 0,1978) + (0,002 \cdot 50)}] = 99,908 \text{ MPa}$$
- Kehilangan akibat perpendekan elastis

$$f_{cs} = \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{pi} = \frac{190000}{34,9490} \times 928,78 = 504,930 \text{ MPa}$$
- Kehilangan akibat rangkai

$$\epsilon_c = K_{cr} \times \left(\frac{f_c}{E_c}\right) = 1,6 \times \left(\frac{f_c}{E_c}\right) = 28,87 \text{ MPa}$$
- Kehilangan akibat susut

$$\sigma_{cs} = \epsilon_{cs} \times E_{ps} = 3,467 \times 10^{-4} \times 190000 = 65,873 \text{ MPa}$$
- Kehilangan akibat relaksasi tendon

$$\Delta f_{pR} = f_{pi} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{45}\right) \times \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0,55\right) = 928,78 \left(\frac{\log 672 - \log 1}{45}\right) \times \left(\frac{928,78}{1582,7} - 0,55\right) = 2,147 \text{ MPa}$$

Lendutan Pada *Box Girder* Prategang

- Lendutan ke atas atau lawan lendut

$$\delta_a = \frac{5}{48} \times \frac{P \times e_s \times L^2}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{48} \times \frac{99576 \times 1,22438 \times 50^2}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = -0,1937 \text{ m (ke atas)}$$

- Lendutan ke bawah gaya lendut

$$\delta_b = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{bs} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{177,786 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = +0,1014 \text{ m (ke bawah)}$$

Lendutan total lendutan saat transfer

$$\delta_T = \delta_a + \delta_b = 0,1937 + 0,1014 = -0,0923 \text{ m (ke atas)}$$

Lendutan lendutan saat layan

$$\delta_a = \frac{5}{48} \times \frac{P_{eff} \times e_s \times L^2}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{48} \times \frac{54541,716 \times 1,22438 \times 50^2}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = -0,1105 \text{ m (ke atas)}$$

- Lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja

Lendutan akibat berat sendiri (MS)

$$\delta_{MS} = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{MS} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{214,621 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = 0,1224 \text{ m (ke bawah)}$$

Lendutan akibat beban mati tambahan (MA)

$$\delta_{MA} = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{MA} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{16,895 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = 0,0096 \text{ m (ke bawah)}$$

Lendutan akibat beban beban lajur (TD)

$$\begin{aligned} \delta_{TD} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_{TD} \times L^3}{(E_c \times I_x)} + \frac{5}{348} \times \frac{Q_{TD} \times L^4}{(E_c \times I_x)} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{668,85 \times 50^3}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} + \frac{5}{348} \times \frac{45 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} \\ &= 0,0366 \text{ m (ke bawah)} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban pejalan kaki (TP)

$$\delta_{TP} = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{TP} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{5 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = 0,00285 \text{ m (ke bawah)}$$

Lendutan akibat gaya rem (TB)

$$\begin{aligned} \delta_{TB} &= 0,0642 \times \frac{Q_{TB} \times L^2}{(E_c \times I_x)} \\ &= 0,0642 \times \frac{781,25 \times 50^2}{33176,484.10^3 \times 4,743856} = 0,000796 \text{ m (ke bawah)} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban angin (EW)

$$\delta_{EW} = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{EW} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{1,629 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = 0,00092 \text{ m (ke bawah)}$$

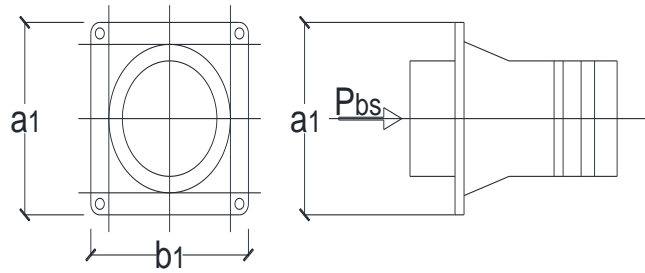
Lendutan akibat beban gempa (EQ)

$$\delta_{EQ} = \frac{5}{348} \times \frac{Q_{EQ} \times L^4}{(E_c \times I_x)} = \frac{5}{348} \times \frac{23,152 \times 50^4}{(33176,484.10^3 \times 4,743856)} = 0,0132 \text{ m (ke bawah)}$$

Tabel 1. Lendutan yang terjadi pada *box girder*

No	Jenis Beban	Kode Beban	Lendutan	Keterangan
I	Lendutan ke atas	PR	-0,1105	ke atas
II	Lendutan ke bawah			
1	Berat sendiri	MS	0,1224	ke bawah
2	Beban mati tambahan	MA	0,0096	ke bawah
3	Beban lajur "D"	TD	0,0366	ke bawah
4	Beban pejalan kaki	TP	0,00285	ke bawah
5	Beban rem	TB	0,000796	ke bawah
6	Beban angin	EW	0,00092	ke bawah
7	Beban gempa	EQ	0,0132	ke bawah
Total Lendutan			0,075866	

Perencanaan End Block



Gambar 7. Pembesian Angkur

luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{T}{0,6 \times f_y} = \frac{825,56565 \cdot 10^3}{0,6 \times 390} = 3528 \text{ mm}^2$$

- Diameter tulangan yang digunakan (D) = 16 mm

luas tulangan :

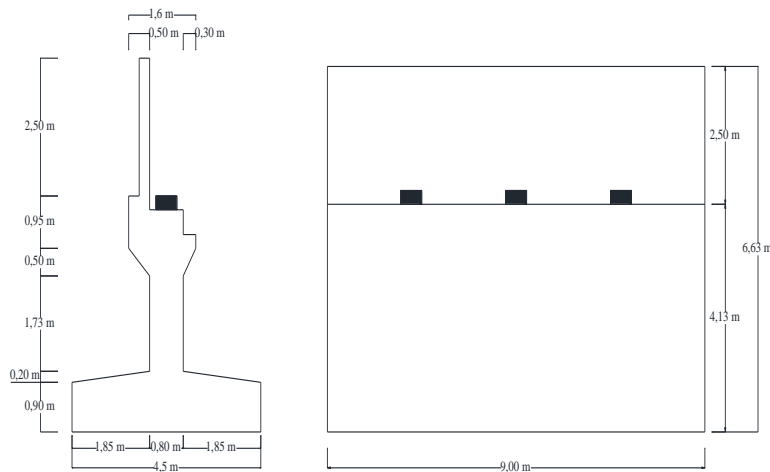
$$(A1D) = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

tulangan angkur yang digunakan :

$$T_{(angkur)} = \frac{A_s}{A1D} = \frac{3528}{401,92} = 8,778 \text{ buah} = 10 \text{ buah}$$

digunakan tulangan angkur = 10 / D16

Perencanaan Abutment



Gambar 8. Perencanaan Abutment Tampak Melintang dan Memanjang

Keterangan :

- Panjang (L) = 9,00 m
- Lebar (b) atas = 1,6 m
- Lebar (b) bawah = 4,5 m
- Tinggi (h) = 6,63 m
- Berat satuan tanah = 17,55 kN/m³

Perhitungan Pembebanan

- Berat sendiri (MS) = 214,621 kN/m
- Beban mati tambahan (MA) = 16,895 kN/m
- Beban terbagi rata = 736,25 kN
- Beban terpusat = 10304,47 kN
- Jumlah beban = 16828,62 kN

Perhitungan Pembebanan *Abutment*

Tabel 2. Perhitungan Berat Sendiri *Abutment*

Titik	Gaya Vertikal (ton)	Jarak (m)	Momen (t.m)	
I	$0,25 \times 1,7 \times 9 \times 2,32015 =$	13,051	2,77	36.150
II	$0,5 \times 0,15 \times 9 \times 2,32015 =$	1,5661	2,90	4,541
III	$1,3 \times 0,8 \times 9 \times 2,32015 =$	21,7166	2,50	54.291
IV	$0,3 \times 0,3 \times 9 \times 2,32015 =$	1,8793	1,70	3,194
V	$\frac{1}{2} \times 0,5 \times 0,5 \times 9 \times 2,32015 =$	2,6101	2,81	7,345
VI	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 0,5 \times 9 \times 2,32015 =$	1,5661	1,73	2,718
VII	$0,8 \times 3,43 \times 9 \times 2,32015 =$	57,2984	2,22	127,6
VIII	$\frac{1}{2} \times 1,85 \times 0,2 \times 9 \times 2,32015 =$	3,8630	3,26	9,352
IX	$\frac{1}{2} \times 1,85 \times 0,2 \times 9 \times 2,32015 =$	3,8630	1,23	4,764
X	$4,5 \times 0,9 \times 9 \times 2,32015 =$	84,5694	2,20	186,052
R	1682,862		2,25	3786.439
Σ	1874,844			4225,257

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 3. Perhitungan Berat Sendiri Urugan Tanah

Titik	Gaya Vertikal (ton)	Jarak (m)	Momen (t.m)	
W1	$0,25 \times 1,7 \times 9 \times 1,7 =$	9,562	3,02	28,878
W2	$1,6 \times 4,88 \times 9 \times 1,7 =$	139,046	3,82	531,155
W3	$\frac{1}{2} \times 0,5 \times 0,5 \times 9 \times 1,7 =$	1,912	3,98	7,616
W4	$0,5 \times 1,73 \times 9 \times 1,7 =$	13,234	2,90	38,378
W5	$\frac{1}{2} \times 1,85 \times 0,2 \times 9 \times 1,7 =$	2,830	3,88	10,989
Σ		166,584		617,016

(Sumber : Hasil perhitungan)

$$Y = \frac{184,441}{80,946} = 2,278 \text{ m}$$

$$MTE_Q = 92757,037 \times 2,278 = 211300,530 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi pembebanan

Beban Vertikal

$$\begin{aligned} \Sigma V &= \text{Berat sendiri abutment} + \text{Berat akibat tanah urug} \\ &= 18748,44 \text{ kN} + 1665,84 \text{ kN} \\ &= 20414,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma MV &= \text{Momen berat sendiri abutment} + \text{Momen akibat tanah urug} \\ &= 42252,57 \text{ kNm} + 6170,16 \text{ kNm} \\ &= 48422,73 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beban Horizontal

$$\begin{aligned} \Sigma H &= Pa + Pp + TE_Q \\ &= 1156,76 \text{ kN} + 327,48 \text{ kN} + 1160,835 \text{ kN} \\ &= 2645,075 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma MH &= MPa + MPp + MTE_Q \\ &= 2556,439 \text{ kNm} + 98,244 \text{ kNm} + 2657,151 \text{ kNm} \\ &= 5311,834 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol stabilitas

- Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{48422,73}{5311,834} = 9,11 > 1,5 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

- Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \theta}{\sum H} = \frac{20414,28 \times \tan 42^\circ}{2645,075} = 17,684 > 1,5 \dots\dots(\text{OK})$$

- Stabilitas Terhadap Eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} \cdot B - \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} < \frac{1}{6} \cdot B$$

$$= 2,25 - 2,11 = 0,14 < 0,75 \dots\dots(\text{OK})$$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Daya dukung tiang

$$\begin{aligned} \varnothing P_n &= 0,85 \cdot \varnothing [0,85 \cdot f_c \cdot (A_g \cdot A_{st}) + f_y \cdot A_{st}] \\ &= 0,85 \times 0,70 (0,8 \times 50(125600 - 1017,36) + (390 \times 1017,36)) \cdot (10^{-3}) \\ &= 3386,462 \text{ kN} = 338,646 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah tiang

$$n = \frac{2041,428}{82,92} = 24,61 \text{ buah}$$

Direncanakan tiang pancang 36 buah

Perhitungan Jarak antar Tiang

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 9}{4+9-2} = 282,6 = 282 \text{ cm}$$

Efisiensi Satu Kaison Dalam Kelompok

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{21,80}{90} \left[\frac{(9-1) \cdot 4 + (4-1) \cdot 9}{4 \cdot 9} \right] \\ &= 1 - (0,24 \times 1,639) = 0,607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka daya dukung tiang} &= \eta \times Q_{sp} \\ &= 0,607 \times 82,92 \text{ ton} \\ &= 62,533 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya Eksentris pada tiang

$$\begin{aligned} P_{mak} &= \frac{\sum V}{n} \pm \frac{\sum MH \cdot X_{max}}{n \cdot \sum Y^2} \quad (\text{Sarjono, 1998}) \\ &= \frac{2041,428}{36} \pm \frac{531,1834 \times 4}{9 \times 45} \\ &= 56,706 + 5,246 \\ &= 61,952 \text{ ton} < P_{ijin} = 62,533 \text{ ton} \dots\dots\dots(\text{aman}) \end{aligned}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan Studi Alternatif Perencanaan *Box Girder* Jembatan Kali Legi Brongkos Kabupaten Blitar, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan besarnya pembebanan pada box girder dari perhitungan beban akibat berat sendiri gelagar (QMS) : 214,621 kN/m, beban mati tambahan (QMA) : 16,895 kN/m, beban hidup yang bekerja termasuk beban lajur "D" (QTD) : 45 kN/m, beban garis terpusat (PTD) : 668,85 kN/m, beban pejalan kaki (QTP) : 5 kN/m, beban akibat beban rem (TTB) : 250 kN, beban angin (QEW) : 1,629 kN/m, beban gempa (QEQ) : 23,152 kN/m. Maka jumlah beban yang bekerja pada box girder : 1225,12 kN/m.
2. Hasil perhitungan dimensi gelagar tipe plat dengan tinggi 170 cm, lebar flens atas dan bawah 60 cm, tebal badan gelagar 4,5 cm, tebal flens 9 cm.
3. Dari perhitungan maka diperoleh ukuran *abutment* dengan tinggi 5,98 m, panjang *abutment* sesuai dengan lebar jembaran yaitu 9 m, lebar bagian bawah *abutment* 4,5 m, dan lebar bangunan atas *abutment* 1,6 m.
4. Pondasi yang digunakan adalah pondasi kaison, karena penggunaan pondasi ini sesuai dengan keadaan tanah dilapangan dengan kedalaman 6 m, diameter luar 350 cm, serta jumlah pondasi sebanyak 2 buah.

Saran

1. Pada perencanaan konstruksi gelagar dapat menggunakan rangka baja atau *box girder*.
2. Untuk perencanaan pondasi dapat memakai pondasi tiang pancang atau pondasi *bore pile*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. *SNI-2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*. Badan Standar Nasional.
- Anonim, 2012. *SNI-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standard Nasional.
- Anonim, 2016. *SNI-1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standard Nasional.
- Felsaputra, Dicky Ardian. 2017. *Studi Altefnatif Perencanaan Jembatan Nglongsor Kabupaten Trenggalek dengan Menggunakan Konstruksi Plate Girder*. Skripsi tidak diterbitkan.
- Sosrodarsono, Suyono & Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT Pradya Paramita: Jakarta.
- Sosrodarsono, Suryono., dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Soil Mechanics ; Foundations*. Pradnya Paramita
- Siallagan Ramot. 2013. "*Desain Jembatan Menggunakan Single Twin Cellular Box Girder*". Universitas Sumatra Utara.
- Anonim. 1976. "*Naasra Bridge Design Specification*". Sydney : National Association Of Australian State Road Authorities.
- Anonim. 2015. "*VSL – Strand Post Tensioning System*". France : Bouygues TPRF