

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISI TEPI JEMBATAN JONGBIRU DENGAN METODE PRATEGANG DI KABUPATEN KEDIRI

Indra Wiliansyah¹, Warsito², Bambang Suprpto³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : indrawiliansyah1113@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : warsito@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

The Jongbiru Bridge is a connecting route built over the surface of the Berantas River in Kediri Regency. This bridge utilizes a steel truss structure with a total length of 130 meters and a total width of 9 meters. The Jongbiru Bridge is planned to be redesigned using prestressed concrete with a PCI Girder cross-section. The purpose of this study is to determine the girder dimensions and the number of foundations required. This research employs a quantitative descriptive method. The girder dimensions include a height of 210 cm, a top flange width of 100 cm, and a bottom flange width of 70 cm. The number of tendons is 6, and the number of pile foundations is 12.

Keywords: Bridge, prestressed concrete, PCI Girder

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu prasarana untuk mempermudah transportasi darat di suatu pulau. Jembatan memiliki peran signifikan dalam meningkatkan konektivitas antar wilayah, sehingga mempercepat aktivitas masyarakat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut.^[1]

Jembatan Jongbiru akan memiliki peranan penting untuk aktivitas ekonomi masyarakat Kediri terutama sebagai sarana alternatif masyarakat menuju Bandara Internasional Dhoho. Jembatan ini merupakan jembatan baru menggunakan struktur rangka baja dengan panjang total jembatan adalah 130 meter dengan lebar total jembatan 9 meter. Dalam perencanaan ini Jembatan Jongbiru akan direncanakan ulang menggunakan beton prategang dengan bentuk penampang PCI Girder (*Precast Concrete I Girder*) dengan metode post tension sebagai alternatif perencanaan gelagar jembatan.

Pemanfaatan gelagar beton prategang

menjadi opsi alternatif karena sifatnya yang kedap air, sehingga jembatan menjadi lebih tahan lama. Beton prategang juga memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap tekanan dan beban kendaraan yang melewati jembatan.^[2]

1.2. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, peneliti mengidentifikasi permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Jembatan beton prategang merupakan struktur jembatan yang menggunakan elemen beton yang diberi tendon sebagai tegangan prategang untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahannya terhadap beban.
2. Perencanaan menggunakan beton prategang mampu menahan gaya tekan kendaraan lebih baik dari pada rangka baja.
3. Perencanaan jembatan menggunakan rangka baja mudah mengalami korosi akibat kondisi lembab Sungai Brantas, maka lebih awet jika menggunakan beton prategang.

1.3. Rumusan Masalah

Mengacu pada identifikasi masalah yang telah dilakukan, rumusan masalah yang diperoleh antara lain:

1. Berapa berat beban yang diterima oleh Jembatan Jongbiru?
2. Berapa ketebalan lapisan lantai kendaraan dan penulangan pada Jembatan Jongbiru?
3. Berapa ukuran beton prategang pada Jembatan Jongbiru?
4. Berapa ukuran abutmen dan pilar pada Jembatan Jongbiru?
5. Berapa ukuran pondasi pada abutmen dan pilar Jembatan Jongbiru?

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini meliputi beberapa hal, di antaranya:

1. Untuk mengetahui berat beban yang diterima oleh Jembatan Jongbiru.
2. Untuk mengetahui tebal lapisan lantai kendaraan dan penulangan pada Jembatan Jongbiru.
3. Untuk mengetahui ukuran beton prategang pada Jembatan Jongbiru.
4. Untuk mengetahui ukuran abutment dan pilar pada Jembatan Jongbiru.
5. Untuk mengetahui ukuran pada abutmen dan pilar Jembatan Jongbiru.

1.5. Ruang Lingkup

Pada skripsi ini, penulis akan mengulas perencanaan Jembatan Jongbiru dengan menggunakan tipe beton prategang, yang mencakup:

1. Perencanaan Plat lantai kendaraan dan trotoar.
2. Perencanaan beton prategang.
3. Perhitungan jumlah tendon.
4. Perhitungan kontrol lendutan.
5. Perencanaan abutment.
6. Perencanaan Pilar.
7. Perencanaan pondasi tiang pancang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan adalah suatu struktur yang berfungsi untuk menghubungkan jalan di antara daerah-daerah yang terpisah oleh penghalang, seperti jurang, sungai, rel kereta, dan halangan lainnya. Dengan demikian, hal ini

akan mempermudah kendaraan dan pejalan kaki untuk melintas dengan selamat. Secara umum, jembatan terbagi menjadi dua bagian yaitu struktur atas (*super structure*) dan struktur bawah (*substructure*).^[3]

Beton prategang adalah beton yang dilengkapi tendon baja, yang ditarik menggunakan jack hidrolik setelah beton mengeras. kemudian, jack dilepaskan, sehingga tendon memberikan tekanan pada beton.^[4]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Daerah Studi

Penelitian ini dilaksanakan pada Jembatan Jongbiru yang terletak di Kecamatan Banyakan, Kabupaten Kediri, Jawa Timur. secara geografis Kabupaten Kediri terletak antara 111°47'05" – 112°18'20" Bujur Timur dan 7°36'12" – 8°32" Lintang selatan.

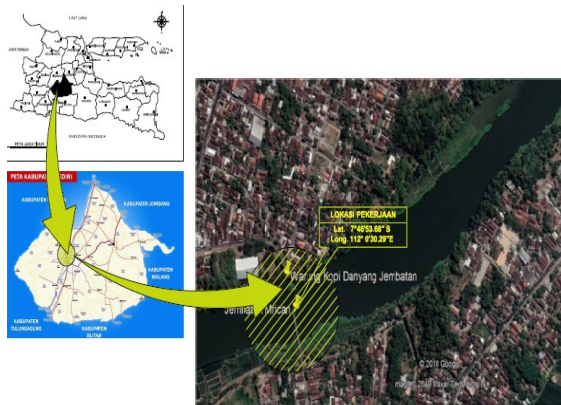
3.2. Proses Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan meliputi informasi mengenai lokasi perancangan jembatan, gambar Detail Engineering Design (DED) Jembatan dan data tanah. Kemudian untuk pengolahan data meliputi tipe jembatan, panjang bentang, lebar jembatan rencana, dimensi abutmen dan perhitungan pondasi.

3.3. Sistematis Tahapan Studi

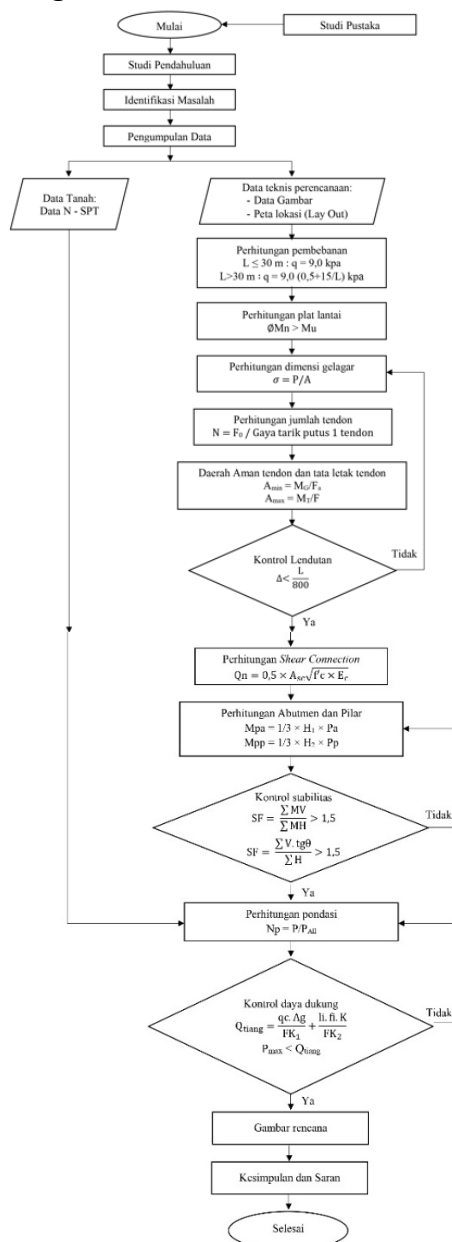
Adapun sistematis tahapan studi pada perencanaan Jembatan Jongbiru antara lain:

1. Perhitungan besar pembebanan jembatan
2. Perhitungan pelat lantai kendaraan, plat lantai trotoar dan sandaran
3. Perencanaan dimensi gelagar
4. Perhitungan jumlah tendon yang digunakan pada gelagar beton prategang
5. Pemosisian tendon pada balok di sepanjang segmen jembatan.
6. Perancangan *shear connector* untuk menghubungkan gelagar jembatan dengan plat beton
7. Perhitungan dimensi abutment bertujuan untuk mentransfer beban dari struktur atas.
8. Perhitungan dimensi pilar berfungsi untuk menyalurkan dari bangunan atas jembatan
9. Perencanaan pondasi dilaksanakan dengan mempertimbangkan pembebanan vertikal dan lateral berdasarkan data kondisi tanah.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

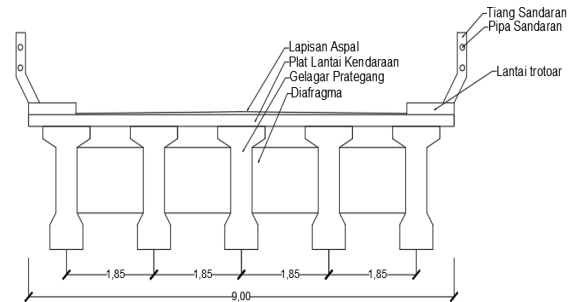
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Teknis Perencanaan

Tipe balok jembatan	= balok Beton Prategang PCI
Panjang bentang Jembatan	= 45,00 m
Lebar bentang jembatan	= 9,00 m
Lebar Trotoar	= 2 × 1,00 m
Lebar lantai Kendaraan	= 7,00 m
Tebal lantai kendaraan	= 0,20 m
Tebal trotoar	= 0,20 m

4.2. Data Estimasi Perencanaan

Jarak gelagar prategang	= 1,85 m
Mutu baja tulangan (f_y)	= 320 Mpa
Mutu beton plat lantai (f_c')	= 25 Mpa
Mutu baja prategang (f_y)	= 400 Mpa
Mutu beton prategang (f_c')	= 68,6 Mpa



Gambar 3. Potongan Melintang jembatan

4.3. Data Perencanaan Beton Prategang

Tinggi balok (H)	= 210 cm
Lebar balok atas (B_a)	= 100 cm
Lebar balok bawah (B_b)	= 70 cm
Tebal flen atas (t_1)	= 21 cm
Tebal flen bawah (t_2)	= 42 cm
Lebar bawah (bw)	= 45 cm

4.4. Perencanaan Plat Lantai

Pembabanan Plat Lantai Kendaraan	
Beban mati (q_1)	= 849,125 Kg/m
Beban hidup (P_{ult})	= 26325 Kg
Momen Beban Mati area tumpuan	
MB = MD	= - 290,613 Kg.m
area lapangan	
MAB = MDE	= 264,194 Kg.m
Momen Beban Hidup	
MT = ML	= 5159,7 Kg
Tulangan pelat lantai kendaraan arah melintang (Y).	
Tulangan area tumpuan	

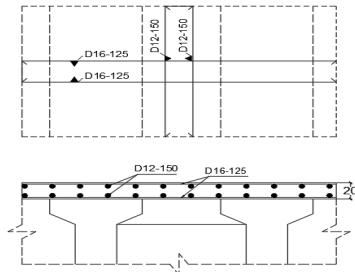
Dipakai tulangan D16 – 125 = 1608 mm²

Tulangan area Lapangan

Dipakai tulangan D16 – 125 = 1608 mm²

Tulangan pelat lantai kendaraan arah melintang (X)

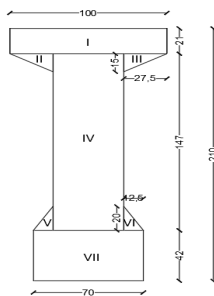
Dipakai tulangan D12 – 150 = 754 mm²



Gambar 4. Penulangan Plat Lantai Kendaraan

4.5. Perencanaan Balok Prategang

Sebelum Komposit

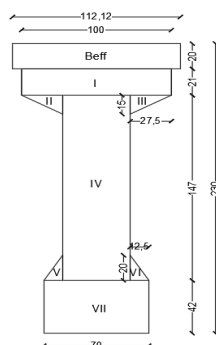


Gambar 5. Balok Girder sebelum komposit

Tabel 1. Analisis balok sebelum komposit

No.	(b) (cm)	(h) (cm)	Luas (f) (cm ²)	Jarak ke titik berat (cm)	Statis momen (cm ³)
I	100	21	2100	10,5	22.050,00
II	27,50	15	206,25	26	5.362,50
III	27,50	15	206,25	26	5.362,50
IV	45	147	6615	94,5	625.117,50
V	12,50	20	125	161,33	20.166,67
VI	12,50	20	125	161,33	20.166,67
VII	70	42	2940	189	555.660,00
Jumlah			12.317,5		

Sesudah Komposit



Gambar 6. Balok Girder setelah komposit

Tabel 2. Analisis balok setelah komposit

No.	(b) (cm)	(h) (cm)	Luas (f) (cm ²)	Jarak ke titik berat (cm)	Statis momen (cm ³)
Beff	112,12	20	2242,42	10	22.424,24
I	100	21	2100	30,5	64.050
II	27,50	15	206,25	46	9.487,50
III	27,50	15	206,25	46	9.487,50
IV	45	147	6615	114,5	757.417,50
V	12,50	20	125	181,33	22.667
VI	12,50	20	125	181,33	22.667
VII	70	42	2940	209	614.460
Jumlah			14.559,9		1.522.660,07

4.6. Perhitungan Statika Beton Prategang

Berat sendiri balok = 4.003,188 Kg/m

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{8} \times 4.003,18 \times 45^2 = 1.013.306,8 \text{ Kg.m}$$

Berat pelat lantai = 1.570,881 Kg/m

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{8} \times 1.570,881 \times 45^2 = 397.62 \text{ Kg.m}$$

Berat Diafragma

$$P_{\text{total}} = 17.171,482 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{Maks}} = 97.782,048 \text{ Kg.m}$$

Beban Tersebar Merata = 2.497,500 Kg/m

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{8} \times 2.497,5 \times 45^2 = 632.179,68 \text{ Kg.m}$$

Beban Garis (P) = 12.348 kg.m

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{4} \times 12.855 \times 45^2 = 138.915 \text{ Kg.m}$$

Beban angin = 123,855 Kg/m

$$M_{\text{Max}} = \frac{1}{8} \times 123,855 \times 45^2 = 31.350,782 \text{ Kg.m}$$

Gaya rem = 2.812,50 Kg

$$Mr = PR_u \times Z_r = 8.144,405 \text{ Kg.m}$$

4.7. Desain Pendahuluan Penampang Balok Prategang

Menentukan Gaya Prategang^[5]

$$MG = 1.013.306,836 \text{ Kg.m}$$

$$= 101.330.683,594 \text{ Kg.cm}$$

$$MT = 2.319.308,075 \text{ Kg.m}$$

$$= 231.930.807,468 \text{ Kg.cm}$$

$$F = \frac{MT}{0,65 \times H} = \frac{231.930.807,468}{0,65 \times 210} = 1.699.126,795 \text{ Kg}$$

$$F_o = \frac{F}{0,80} = \frac{1.699.126,795}{0,80} = 2.123.908,493 \text{ Kg}$$

Menentukan eksentrisitas

$$e = 95,006 \text{ cm}$$

Gaya Prategang efektif

$$F_{\text{eff}} = \frac{MT}{e + K_a}$$

$$F_{\text{eff}} = \frac{231.930.807,468}{95,006 \times 44,582} = 1.661.536,876 \text{ Kg}$$

Gaya prategang efektif

$$F_o = \frac{F_{\text{eff}}}{0,80} = \frac{1.661.536,876}{0,80} = 2.076.921,095 \text{ Kg}$$

$$A_c = \frac{2.076.921,09}{411,600} \left[1 + \frac{95,006 - \left(\frac{101.330.683,594}{2.076.921,095} \right)}{44,582} \right]$$

$$A_c = 10.276,98 \text{ cm}^2 < A = 12.317,50 \text{ cm}^2$$

(Aman)

4.8. Perhitungan Tendon

$$F_o = 2.076.921,095 \text{ Kg}$$

$$\text{Kekuatan putus satu tendon } 100\% = 350.000 \text{ Kg}$$

$$n = \frac{F_o}{\text{Gaya prategang sebelum putus}}$$

$$n = \frac{2.076.921,095}{350.000} = 5,934 \text{ dipakai } 6 \text{ tendon}$$

Tabel 3. Posisi Kabel Tendon

Kabel Tendon	(Z1) (cm)	Jumlah Strand	(Z2) (cm)	F (cm)
1	175	19	42	133
2	140	19	34	106
3	105	19	26	79
4	70	19	10	52
5	20	19	10	10
6	20	19	10	10

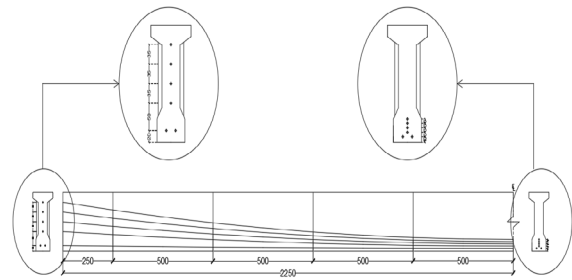
4.9. Menetapkan Posisi Tendon

Dengan memperhatikan bentuk tendon parabola, pemasangan kabel diatur mengikuti pola tersebut:

$$Y = z_1 - \frac{4 \times f \times x(L - x)}{L^2}$$

Tabel 4. jalur Tendon

Jarak (cm)	Tendon					
	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)	5 (cm)	6 (cm)
0	175	140	105	70	20	20
250	147,0	117,7	88,42	59,08	17,90	17,90
500	122,4	98,12	73,79	49,45	16,04	16,04
750	101,1	81,11	61,11	41,11	14,44	14,44
1000	83,04	66,71	50,38	34,04	13,08	13,08
1250	68,27	54,93	41,60	28,27	11,97	11,97
1500	56,77	45,77	34,77	23,77	11,11	11,11
1750	48,56	39,23	29,90	20,56	10,49	10,49
2000	43,64	35,30	26,97	18,64	10,12	10,12
2250	42	34	26	18	10	10



Gambar 7. Lintasan Tendon

4.10. Pengendalian Tegangan

Penyelidikan tegangan pada balok perlu dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa kondisi, yaitu:

$$f = -\frac{F_o}{A} \pm \frac{F_o \times e \times Y}{I_x} \pm \frac{MG \times Y}{I_x}$$

a. Tegangan pada saat keadaan awal

$$f_a = 6,184 \text{ Kg/cm}^2 < 411,6 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

$$f_b = -354,4 \text{ Kg/cm}^2 < 411,6 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

b. Tegangan setelah kehilangan gaya prategang

$$f_a = -31,95 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

$$f_b = -244,3 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

c. Tegangan setelah plat lantai di cor (MG+MD)

$$f_a = -122,17 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

$$f_b = -148,41 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

d. Tegangan yang terjadi setelah beban luar diberikan (MG + MD + ML)

$$f_a = -223,37 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

$$f_b = -27,04 \text{ Kg/cm}^2 < 308,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Aman}$$

4.11. Kehilangan Prategang

Peninjauan kehilangan prategangan antara lain:

1. Kehilangan prategang yang disebabkan oleh deformasi elastisitas beton (ES)

$$ES = 485,408 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Kehilangan prategang karena Rangkak (CR)

$$CR = 535,94 \text{ Kg/cm}^2$$

3. Kehilangan prategang karena penyusutan beton (SH)

$$SH = 334,432 \text{ Kg/cm}^2$$

4. Kehilangan prategang karena pelonggaran baja

$$RE = 882,475 \text{ Kg/cm}^2$$

Prosentase Kehilangan tegangan

$$11,877 \% < 20\% \text{ (Aman)}$$

4.12. Kontrol Lendutan

Lendutan akibat gaya prategang

$$\Delta = 13,418 \text{ cm (Lendutan kearah atas)}$$

Lendutan akibat beban mati merata

$$\Delta = 9,594 \text{ cm (Lendutan kearah bawah)}$$

Lendutan akibat beban terpusat diafragma

$$\Delta = 1,051 \text{ cm (Lendutan kearah bawah)}$$

Lendutan akibat beban hidup merata

$$\Delta = 4,299 \text{ cm (Lendutan kearah bawah)}$$

Lendutan akibat beban hidup terpusat

$$\Delta = 0,756 \text{ cm (Lendutan kearah bawah)}$$

Lendutan akibat beban rem

$$\Delta = 0,344 \text{ cm (Lendutan kearah bawah)}$$

Total lendutan yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{Total}} &= (9,594 + 1,051 + 4,299 + 0,756 \\ &\quad + 0,344) - 13,418 \\ &= 2,626 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{Ijin}} = \frac{L}{800} = \frac{4500}{800} = 5,625 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{Total}} = 2,626 \text{ cm} < \Delta_{\text{Ijin}} = 5,625 \text{ cm (Aman)}$$

4.13. Perencanaan Abutmen Jembatan

Data data perencanaan abutmen antara lain:

$$\text{Panjang bentang jembatan (L)} = 45 \text{ m}$$

$$\text{Panjang abutmen (L')} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi abutmen (H)} = 7,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar atas (Ba)} = 2,6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal badan (tw)} = 2 \text{ m}$$

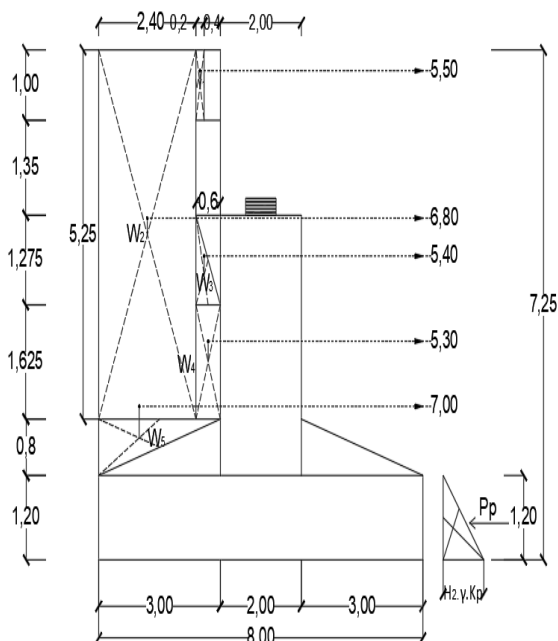
$$\text{Lebar bawah (Bb)} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume beton bertulang} = 2320 \text{ Kg/ m}^3$$

$$\text{Berat tanah} = 1755 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja tulangan (fy)} = 400 \text{ Mpa}$$



Gambar 8 Perencanaan Abutmen

Tabel 5. Perhitungannya Abutmen

Tanda	Ukuran	V (Ton)	Jarak (m)	Momen (ton.m)
I	$0,4 \times 1 \times 9$ $\times 2,320$	8,352	5,2	43,430
II	$0,6 \times 1,35$ $\times 9 \times$ $2,320$	16,913	5,3	89,638
III	$\frac{1}{2} \times 0,6 \times$ $1,275 \times 9$ $\times 2,320$	7,987	5,2	41,530
IV	$2 \times 3,7 \times 9$ $\times 2,320$	154,512	4	618,048
V	$\frac{1}{2} \times 3 \times$ $0,8 \times 9 \times$ $2,320$	25,056	6	150,336
VI	$\frac{1}{2} \times 3 \times$ $0,8 \times 9 \times$ $2,320$	25,056	2	50,112
VII	$8 \times 1,2 \times 9$ $\times 2,320$	200,448	4	801,792
R	884,422	884,422	4	3.467,51
Jumlah		1.322,74		5.332,57

Tabel 6. Perhitungannya Abutmen Tanah

Tanda	Ukuran	V (ton)	Jarak (m)	Momen (ton.m)
W1	$0,2 \times 1 \times$ $9 \times$ $1,755$	3,159	5,5	17,375
W2	$2,4 \times$ $5,25 \times 9$ $\times 1,755$	199,017	6,8	1353,316
W3	$\frac{1}{2} \times 0,6$ $\times 1,275$ $\times 9 \times$ $1,755$	6,042	5,4	32,625
W4	$0,6 \times$ $1,625 \times$ $9 \times$ $1,755$	15,400	5,3	81,621
W5	$\frac{1}{2} \times 3 \times$ $0,8 \times 9 \times$ $1,755$	18,954	7	132,678
Jumlah		242,572		1.617,61

4.14. Perhitungan Gaya Gaya Horizontal

Akibat tekanan tanah aktif (Pa)

$$Pa = 110,004 \text{ ton} = 110.004,771 \text{ Kg}$$

$$Mpa = 265,84 \text{ ton.m} = 265.844,863 \text{ Kg.m}$$

Akibat tekanan tanah pasif (Pp)

$$Pp = 42,914 \text{ ton} = 42.914,717 \text{ Kg}$$

$M_{pp} = 17,166 \text{ ton.m} = 17.165,887 \text{ Kg.m}$
 Akibat gaya gempa (EQ)
 $EQ = 358,023 \text{ ton} = 358.023,355 \text{ Kg}$
 $MEQ = 1466,105 \text{ ton.m} = 1.466.105,639 \text{ Kg.m}$
 penggabungan jenis beban
 Beban vertikal
 $\Sigma BV = 1.565,318 \text{ ton} = 1.565.318,098 \text{ Kg}$
 $\Sigma MBV = 6.950,191 \text{ ton.m} = 6.950.191,836 \text{ Kg.m}$
 Beban horizontal
 $\Sigma BH = 425,113 \text{ ton} = 425.113,409 \text{ Kg}$
 $\Sigma MBH = 1.714,784 \text{ ton.m} = 1.714.784,615 \text{ Kg.m}$

4.15. Kontrol Ketahanan

Ketahanan terhadap guling

$$SF = \frac{6.950,191}{1.714,784} > 1,5$$

$SF = 4,053 > 1,5$ (Memenuhi)

Ketahanan terhadap geser

$$SF = \frac{1.565,318 \times \tan(23,67)}{425,113} > 1,5$$

$SF = 1,614 > 1,5$ (Memenuhi)

Ketahanan terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} \times 8 - \frac{(6.950,191 - 1.714,784)}{1.565,318} < \frac{1}{6} \times 8$$

$e = 0,655 \text{ m} < 1,333 \text{ m}$ (Memenuhi)

4.16. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Abutment Jembatan

Diameter tiang = 0,6 m = 60 cm
 Panjang tiang = 14 m = 1400 cm
 Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
 Mutu beton = 35 Mpa
 Berat beton = 2320 Kg/ m³
 Beban vertikal = 1.565,318 ton
 Momen beban horizontal = 1.714,785 ton.m

4.17. Perhitungan Tulangan Tiang Pancang

$M_u = 3.245,382 \text{ Kg.m}$

Dipakai tulangan pokok 6 D16 As = 1206 mm²

Untuk keseluruhan penampang tiang pancang dipakai tulangan 12 D16.

Dipakai tulangan spiral $\phi 10 - 60 \text{ mm}$

4.18. Daya Dukung Tiang Pancang

Pada kedalaman tiang 14 meter didapatkan

$P_a = 225,138 \text{ ton}$

$B_s \text{ tiang} = 9,179 \text{ ton}$

$Q_{sp} = 225,138 - 9,179$

$= 215,959 \text{ ton}$

Direncanakan jumlah tiang 12 buah

4.19. Perencanaan Jarak Antar Tiang

Menurut *Uniform Building Code* dari AASHTO:

$$S \leq 2,261 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ m}$$

4.20. Perhitungan Kefisienan Tiang Pancang

Menurut AASHTO:

$$\eta = 0,737$$

Dengan demikian, daya dukung tiang pancang

$$Q_{tiang} = 0,737 \times 215,959 = 159,162 \text{ ton}$$

4.21. Kekuatan Tiang pancang menerima Gaya Eksentrisitas

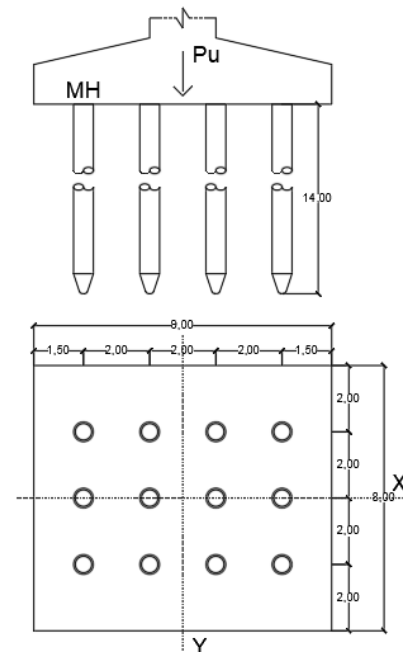
Perhitungan kekuatan tiang pancang:

$$P_{maks} = \frac{1.565,318}{12} + \frac{1.714,785 \times 2}{4 \times 32}$$

$$P_{maks} = 157,237 \text{ ton}$$

Maka:

$$P_{maks} = 157,237 \text{ ton} < Q_{tiang} = 159,162 \text{ ton (Oke)}$$



Gambar 9. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Abutment

4.22. Perencanaan Pilar Jembatan

Panjang Jembatan bentang tepi = 45 m

Panjang Jembatan bentang tengah = 40 m

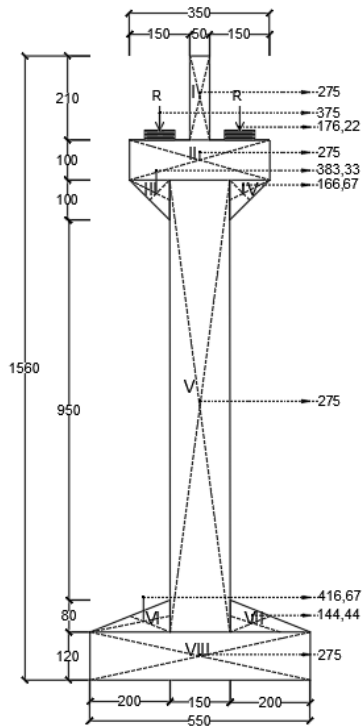
Panjang pilar (L ;) = 9 m

Tinggi pilar (H) = 15,6 m

Lebar atas (B_a) = 3,5 m

Tebal badan (tw) = 1,5 m

Lebar bawah (B_b) = 5,5 m



Gambar 10. Perencanaan Pilar

Tabel 7. Perhitungannya Pilar

Tanda	Ukuran	V (Ton)	Rentan (m)	Momen (ton. m)
I	0,5 × 2,1 × 9 × 2,320	21,924	2,75	60,291
II	3,5 × 1 × 9 × 2,320	73,080	2,75	200,970
III	½ × 1 × 1 × 9 × 2,320	10,440	3,83	39,985
IV	½ × 1 × 1 × 9 × 2,320	10,440	1,67	17,435
V	1,5 × 9,5 × 6 × 2,320	198,36	2,75	545,490
VI	½ × 2 × 0,8 × 9 × 2,320	16,704	4,16	69,489
VII	½ × 2 × 0,8 × 9 × 2,320	16,704	1,44	24,054
VIII	5,5 × 1,2 × 9 × 2,320	137,80	2,75	378,972
R ₁	884,423	884,423	3,75	3316,58 6
R ₂	797,835	797,835	1,76	1404,18
Jumlah		2.167,7		6.057,46

4.23. Perhitungan Gaya Gaya Horizontal

Akibat gaya gempa (EQ)

$$EQ = 569,149 \text{ ton}$$

$$MEQ = 1.566,866 \text{ ton.m}$$

Kombinasi Pembebanan

Beban vertikal

$$\Sigma BV = 2.167,718 \text{ ton} = 2.167.717,632 \text{ Kg}$$

$$\Sigma MBV = 6.057,461 \text{ ton.m} = 6.057.460,573 \text{ Kg.m}$$

Beban horizontal

$$\Sigma BH = 569,149 \text{ ton} = 569.148,565 \text{ Kg}$$

$$\Sigma MBH = 1.566,866 \text{ ton.m} = 1.566.866,01 \text{ Kg.m}$$

Kontrol Ketahanan

Ketahanan terhadap guling

$$SF = \frac{6.057,461}{1.566,866} > 1,5$$

$$SF = 3,866 > 1,5 \text{ (Memenuhi)}$$

Ketahanan terhadap geser

$$SF = \frac{2.167,718 \times \tan(24,16)}{569,149} > 1,5$$

$$SF = 1,708 > 1,5 \text{ (Memenuhi)}$$

Ketahanan terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} \times 5,5 - \frac{(6.057,461 - 1.566,866)}{2.167,718} < \frac{1}{6} \times 5,5$$

$$e = 0,678 \text{ m} < 0,917 \text{ m (Memenuhi)}$$

4.24. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Pilar Jembatan

$$\text{Diameter tiang} = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang tiang} = 16 \text{ m} = 1600 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Berat beton} = 2320 \text{ Kg/ m}^3$$

$$\text{Beban vertikal} = 2.167,718 \text{ ton}$$

$$\text{Momen beban horizontal} = 1.566,866 \text{ ton.m}$$

4.25. Perhitungan Tulangan Tiang Pancang

$$Mu = 3.245,382 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok 6 D16 As} = 1206 \text{ mm}^2$$

Untuk keseluruhan penampang tiang pancang dipakai tulangan 12 D16.

Dipakai tulangan spiral Ø10 – 60 mm

4.26. Daya Dukung Tiang Pancang

Pada kedalaman tiang 16 meter didapatkan

$$Pa = 233,616 \text{ ton}$$

$$Bs \text{ tiang} = 10,490 \text{ ton}$$

Direncanakan jumlah tiang pancang 15 buah

4.27. Perhitungan Jarak Antar Tiang

Menurut Uniform Building Code dari AASHTO:

$$S \leq 2,355 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ m}$$

4.28. Perhitungan Keefisienan Tiang Pancang

Menurut AASHTO:

$$\eta = 0,728$$

Maka daya dukung tiang pancang

$$Q_{\text{tiang}} = 0,728 \times 223,126 \\ = 162,406 \text{ ton}$$

4.29. Kekuatan Tiang pancang menerima Gaya Eksentrisitas

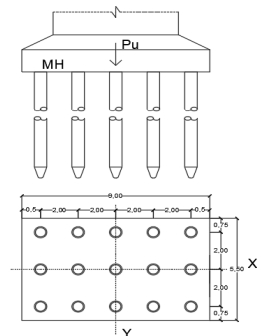
Perhitungan kekuatan tiang pancang:

$$P_{\text{maks}} = \frac{2.167,718}{15} + \frac{1.566,866 \times 2}{5 \times 40}$$

$$P_{\text{maks}} = 160,183 \text{ ton}$$

Maka:

$$P_{\text{maks}} = 160,183 \text{ ton} < Q_{\text{tiang}} = 162,406 \text{ ton (Oke)}$$



Gambar 11. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Pilar

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Menurut analisis dari studi alternatif perencanaan Jembatan Jongbiru menggunakan metode prategang, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan mengenai besaran pembebanan untuk perhitungan beban mati didapat sebesar 4852,313 Kg/m, beban hidup sebesar 2497,5 Kg/m.
2. Berdasarkan perencanaan pelat lantai, diperoleh ketebalan plat beton sebesar 20 Cm dengan penulangan utama D16 – 125 Mm dan penulangan geser D12 – 150 Mm.
3. Berdasarkan perencanaan ukuran balok jembatan. tinggi: 210 Cm, lebar flen bawah: 70 Cm, tinggi flen bawah: 42 Cm, lebar flen atas: 100 Cm, tinggi flens atas: 21 Cm dan tebal badan balok: 45 Cm.
4. Berdasarkan hasil perencanaan abutmen jembatan, diperoleh ukuran tinggi abutmen sebesar 7,25 m, panjang abutment 9 m, lebar

atas 2,6 m, dan lebar bawah 8 m. Sedangkan perencanaan pilar jembatan didapatkan tinggi 15,60 m, panjang pilar 9 m, lebar atas 3,50 m dan lebar bawah 5,50 m

5. Berdasarkan hasil SPT tanah, jenis pondasi yang diterapkan pada abutmen jembatan dengan kedalaman tiang pancang 14 m, jumlah tiang pancang sebanyak 12 buah, diameter tiang 60 Cm dengan penulangan utama 12 D16 Mm dan Pembesian spiral Ø10 – 60 Mm. jenis pondasi yang diterapkan pada pilar jembatan dengan kedalaman tiang pancang 16 m, jumlah tiang pancang sebanyak 15 buah, diameter tiang 60 Cm dengan penulangan utama 12 D16 Mm dan pembesian spiral Ø10 – 60 Mm.

5.2. Saran

Dari hasil akhir penelitian yang telah direncanakan dan diperhitungkan ada beberapa saran yang bisa dilakukan untuk penelitian ini yaitu:

1. Merencanakan keseluruhan bentang Jembatan Jongbiru untuk mendapatkan perhitungan yang akurat.
2. Perencanaan jembatan Jongbiru bisa juga menggunakan alternatif lain seperti jembatan baja komposit.
3. Pondasi yang dapat digunakan untuk perencanaan berikutnya adalah pondasi kaisan atau sumuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, A., Warsito, W., & Suprpto, B. (2021). Studi Perencanaan Struktur Jembatan Petak Kabupaten Nganjuk dengan Menggunakan Metode Prategang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 10(1), 1-14.
- [2] Amirulloh, A. Warsito. & Suprpto B. (2021). Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Widang–Babat pada Bentang Tengah dengan Menggunakan Metode Pratekan. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*.
- [3] Supriyadi, B., & Muntohar S. A., (2007). Jembatan. Beta Offset. Yogyakarta.
- [4] Anshari, M. Y., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2019). Studi Perencanaan Jembatan Sulawesi Dengan Struktur Beton Pratekan Di Kota Banjarmasin. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 5(1), 53-62.
- [5] Lin, T. Y., & H. Burns, N. (1996). Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1. Erlangga. Jakarta.