



## Perencanaan Jembatan Pondok Nongko Banyuwangi Menggunakan Box Girder<sup>1</sup>

### *Design of Pondok Nongko Bridge Banyuwani Using Box Girder*

Arifa An Nuur<sup>a</sup>, Dewi Junita Koesoemawati<sup>b</sup>, Winda Tri Wahyuningtyas<sup>a, 2</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

#### ABSTRACT

Pondok Nongko bridge is a bridge that connects between Sukojati and Pondok Nongko villages in Kabat district Banyuwangi regency. This research aims to design the Pondok Nongko bridge by using a box girder as the main structure. This bridge is designed 50 m long, which consists of tidal flow in which each wide is 3,5 meters. The main structure of the Pondok Nongko bridge is redesign using precast prestressed concrete box girder, while the selected prestress method is the post-tension method. The basic planning refers to the SNI T-12-2004 and the calculation of load based on SNI 1725-2016. According to the calculation result, it is known the main girder is using precast concrete box girder as high as 2,5 m with 2,5 m span using four cable type 5-4 super wire strands of ASTM-A-416-06 grade 270. The pedestrian barrier consists of two pipes using circular hollow sections profile  $\varnothing$  139,8 mm BJ-37, WF 200.200.8.12 steel column with 500 height, and reinforced concrete parapet with 25 cm thickness and 50 cm height. The landing plate uses steel with a size of 10x10x1 cm using bolt 8  $\varnothing$  10 mm. Protostar slab uses reinforced concrete with 25 cm thickness. The total loss of prestressing is 15,439 %. Therefore, this bridge has 53,585 mm  $\downarrow$  deflection.

*Keywords: bridge, box girder, prestress, precast*

#### ABSTRAK

Jembatan Pondok Nongko adalah jembatan penghubung Desa Sukojati dan Desa Pondok Nongko yang berada di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Jembatan Pondok Nongko ini akan direncanakan dengan bentang 50 meter yang terdiri dari 2 lajur 2 arah dengan lebar lajur per arahnya 3,5 meter. Struktur atas Jembatan Pondok Nongko akan direncanakan menggunakan box girder pracetak beton pratekan sementara metode prategang menggunakan metode pascatarik (*post-tension method*). Dasar-dasar perencanaan yang digunakan mengacu pada peraturan perencanaan struktur beton untuk jembatan SNI T-12-2004 dan pembebanan jembatan SNI 1725-2016. Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh gelagar utama yang digunakan adalah *precast concrete box girder* setinggi 2,5 m dengan panjang span 2,5 m dan menggunakan 4 tendon jenis 5-43 *wire super strands* ASTM-A-416-06 grade 270. Sandaran terdiri dari dua buah pipa sandaran menggunakan *profil circular hollow sections*  $\varnothing$  139,8 mm BJ 37, tiang sandaran menggunakan profil baja WF 200.200.8.12 setinggi 50 cm dan dinding sandaran menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 50 cm. Plat landas direncanakan menggunakan plat baja dengan ukuran 10x10x1 cm dengan menggunakan 8 baut  $\varnothing$  10 mm. Trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 25cm. Kehilangan prategang yang terjadi adalah 15,239 %. Sementara, lendutan total yang terjadi 53,535 mm  $\downarrow$ .

*Kata kunci: jembatan, box girder, pratekan, pracetak*

<sup>1</sup> Info artikel: Received 4 Januari 2019 , Received in revised from 29 Januari 2019 , Accepted 23 April 2019

<sup>2</sup> Corresponding author: [winda.teknik@unej.ac.id](mailto:winda.teknik@unej.ac.id) (W.T. Wahyuningtyas)

## PENDAHULUAN

Jembatan Pondok Nongko adalah jembatan penghubung Desa Sukojadi dan Desa Pondok Nongko yang berada di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Jembatan ini dibangun dengan gelagar beton yang terdiri dari dua segmen membentang sejauh  $\pm 50$  m dan ditopang pilar beton dibagian bawahnya.

Jembatan yang dibangun pada tahun 1990 ini mengalami beberapa kerusakan, yaitu melebarnya jarak sambungan di tengah jembatan akibat penurunan *pier* jembatan yang juga menyebabkan retak dan bergesernya abutment jembatan, rusaknya perkerasan jembatan, terdapat lubang berdiameter 25 cm ditengah bentang jembatan sehingga mengganggu nilai fungsional dan meningkatkan potensi runtuhnya jembatan.

Struktur atas utama Jembatan Pondok Nongko direncanakan ulang menggunakan *box girder* pracetak beton pratekan. Beton pratekan dipilih karena memiliki nilai ekonomis dari segi bahan, serta memiliki kemampuan layan (*serviceability*) yang tinggi (lin dan Burns, 1988). Struktur beton pratekan lebih ekonomis, karena pada beban dan bentang yang sama dapat digunakan profil girder yang lebih kecil (Chilmi, 2010). Dengan bentang 50 m, *box girder* merupakan pilihan untuk tipe girder jembatan (Nawy, 2001). Sementara pracetak dipilih karena penggantian dan pemeriksaan tendon dimungkinkan, instalasi tendon memanjang lebih mudah, perlindungan korosi tendon yang baik, berkurangnya beban mati, tidak ada kerugian akibat gesekan, kekuatan prategang dapat diubah setelah konstruksi (Rombach, 2002).

Studi perencanaan jembatan ini diharapkan bisa digunakan sebagai acuan pekejaan di lapangan yang dinilai lebih efektif dan efisien. Selain itu juga sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan bahan dan desain struktur Jembatan Pondok Nongko nantinya.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

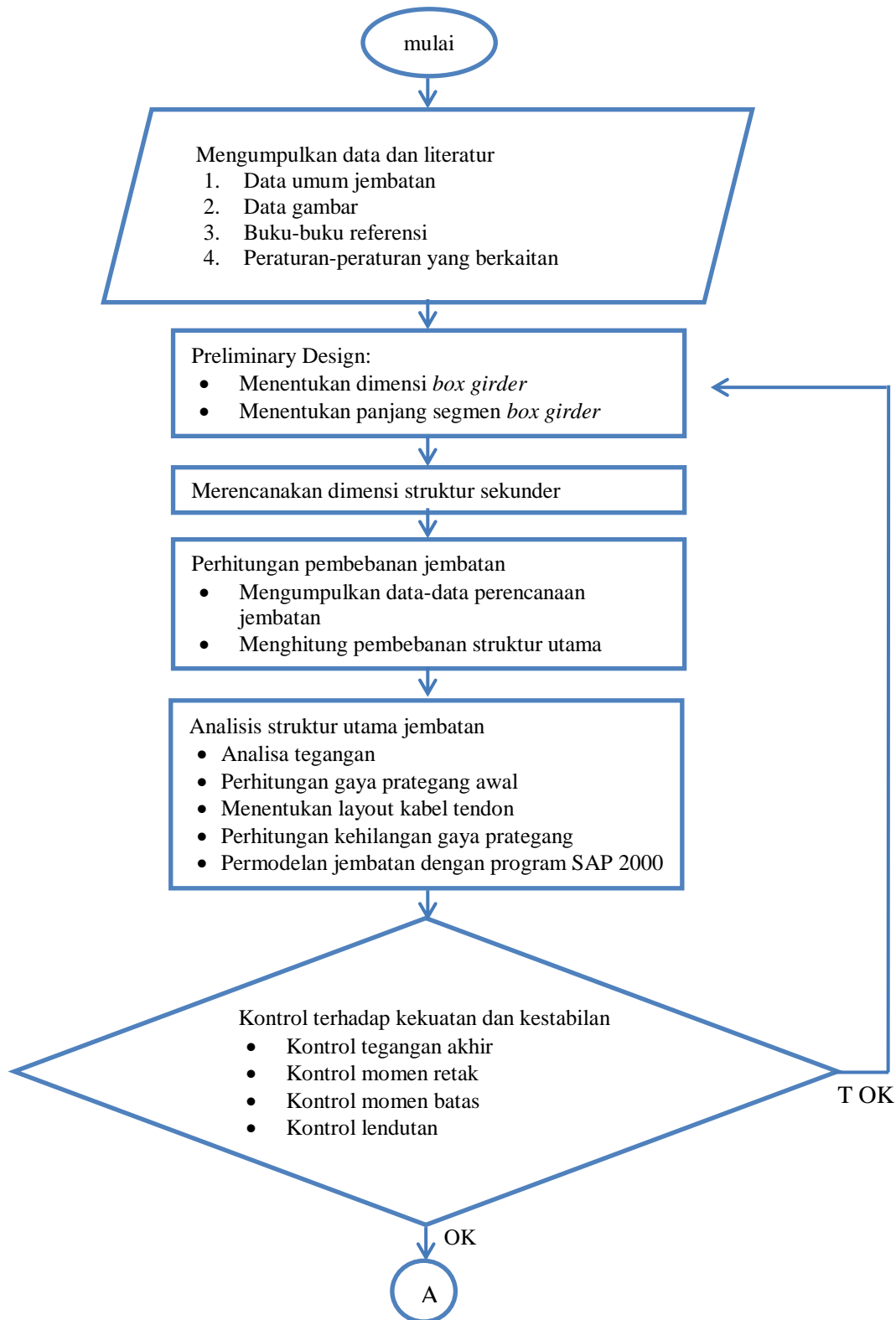
Jembatan Pondok Nongko yang akan direncanakan, berada di aliran Sungai Macan Putih, yang menghubungkan Desa Pondok Nongko dan Desa Sukojadi. Peta lokasi studi perencanaan terdapat pada Gambar 1.

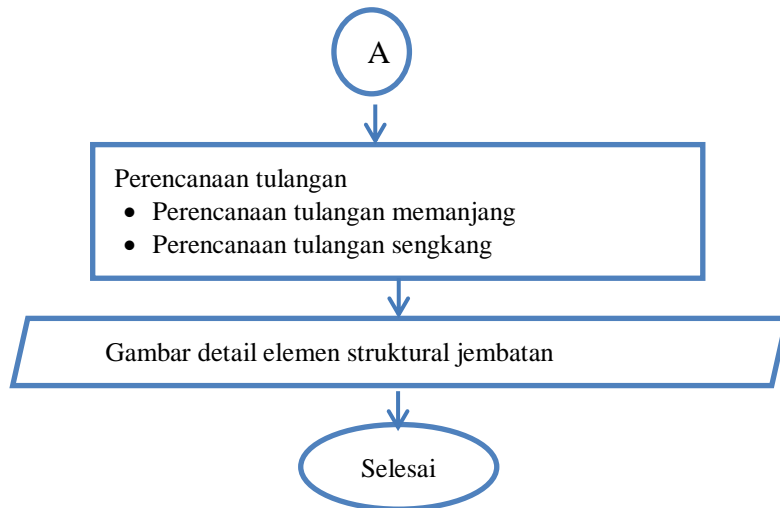


**Gambar 1** Peta lokasi studi perencanaan  
Sumber: Google Maps, 2017

## Tahap Penelitian

Dalam penelitian ini struktur Jembatan Pondok Nongko direncanakan menggunakan box girder berbentuk trapesium, yang menggunakan metode prategang dan sistem pratekan pascatarik internal tendon. Tahapan penelitian disajikan dalam diagram alir pada Gambar2.





Gambar 2 Diagram alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

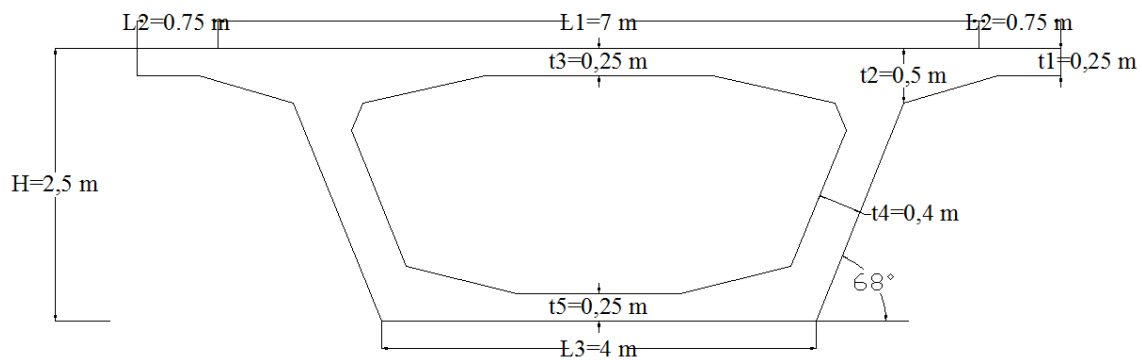
### Data Perencanaan

Jembatan Pondok Jembatan Pondok Nongko akan direncanakan menggunakan *box girder* prategang dengan bentang menerus. Adapun data yang digunakan adalah:

1. Nama Jembatan : Jembatan Pondok Nongko
2. Lokasi Jembatan : Kec. Kabat, Kab Banyuwangi
3. Fungsi Jembatan : Jalan raya umum
4. Bentang Jembatan : 50 meter
5. Lantai Kendaraan : 2 lajur 1 arah
6. Lebar lajur lalu lintas : 2 x 3,5 meter
7. Lebar trotoar : 2 x 1 meter
8. Lebar melintang jembatan : 9 meter
9. Konstruksi atas : a. Struktur atas : Beton Panjang  
b. Plat Lantai Jembatan : Lapis Aspal

### Preliminary Design

Digunakan tipe jembatan *precast balanced cantilever segmental*, sementara *box girder* menggunakan *constant depth*. *Box girder* yang digunakan sebagai acuan adalah *precast box girder* wika Beton yang disesuaikan seperti pada gambar 3. Sementara panjang segmen yang digunakan adalah 2,5 m.



**Gambar 3** Dimensi box girder

### Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder yang akan direncanakan meliputi pipa sandaran, tiang sandaran, dinding sandaran, dan trotoar. Untuk tiang sandara, dinding sandaran, dan lantai trotoar, mutu beton  $f_c = 25$  MPa, mutu baja  $f_y = 240$  MPa. Berdasarkan SNI 1725-2016, sandaran harus direncanakan mampu memikul tumbukan yang besarnya 80000 N sesuai pada pasal 11.

Berdasarkan perhitungan didapatkan pipa sandaran yang digunakan adalah profil circular hollow section  $\varnothing 139,8$  mm dan tiang sandaran menggunakan profil baja WF 200.200.8.12 setinggi 50 cm, jarak antar tiang sandaran adalah 2 m. Sambungan pipa dan tiang sandaran menggunakan las 6 mm dan plat landas yang digunakan adalah plat baja dengan ukuran 10x10x1 cm. Dinding sandaran menggunakan beton bertulang dengan lebar 25 cm dan tinggi 50 cm. Sementara trotoar menggunakan beton bertulang dengan lebar 50 cm dan tebal 25 cm.

### Pembebanan Pada Box Girder

Pembebanan yang dihitung meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban lajur “D”, beban pejalan kaki, Beban Gempa, beban angin, beban rem dan traksi. Beban gempa menggunakan data dan grafik perhitungan gempa berdasarkan data yang diperoleh dari desain spektra gempa PUSKIM PU. Sementara pada Tabel 1 ditunjukkan rekapitulasi pembebanan pada box girder.

**Tabel 1** Rekapitulasi pembebanan

Jenis beban	Berat Beban
Berat sendiri (MS)	165,2 kN/m
Beban mati tambahan (MA)	11,9 kN/m
Beban lajur “D” (TD)	
Beban terbagi rata (BTR)	50,4 kN/m
Beban garis terpusat (BGT)	137,2 kN
Beban pejalan kaki (TP)	4,3 kN/m
Beban angin (EW)	
Saat tidak ada kendaraan I atas jembatan (EWS)	10,5 kN/m <sup>2</sup>
Saat kendaraan di atas jembatan (EWL)	1,5 kN/m
Gaya rem dan traksi (TB)	75,4 kN/m

## Analisis Beban

Analisa pembebanan struktur menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1725-2016, Tabel 1-Kombinasi beban dan faktor beban. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai momen pada masing-masing kombinasi pembebanan. Pada Tabel 2 ditunjukkan nilai momen maksimum akibat kombinasi pembebanan yang digunakan.

**Tabel 2** Rekapitulasi momen akibat kombinasi pembebanan

Kombinasi Pembebanan	Momen maksimum
	kNm
Kuat I	103462,4
Ekstrem I	88419,7
Daya Layan I	74276,7

## Analisa Struktur Utama Jembatan

### 1. Perhitungan gaya prategang awal

Besarnya gaya prategang awal dihitung dengan persamaan:

$$-\frac{P_t}{A} - \frac{P_t \times es}{W_b} - \frac{M_{bs}}{W_b} \leq -26,5 \text{ MPa} \quad (1)$$

Dengan  $P_t$  = gaya prategang awal,  $es$  = eksentrisitas tendon,  $M_{bs}$  = momen maksimum akibat berat sendiri girder,  $A$  = luar penampang box girder, dan  $W_b$  = tahanan momen sisi bawah.

Didapatkan besar gaya prategang awal  $P_t = 24987,33 \text{ MPa}$

### 2. Perencanaan Jumlah tendon

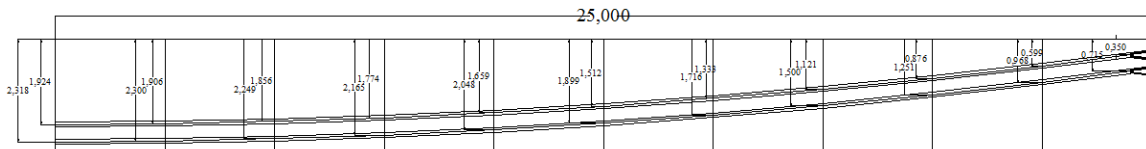
Digunakan 4 tendon jenis 5-43 strands ASTM A 416-06 Grade 270.

### 3. Perencanaan posisi tendon

Tendon direncanakan terdiri dari dua baris tendon dengan posisi tendon sesuai Tabel 3 dan gambar posisi tendon arah memanjang sesuai pada Gambar 4.

**Tabel 3** Posisi tendon

Jarak (m)	Baris Pertama (mm)	Baris Kedua (mm)	Jarak (m)	Baris Pertama (mm)	Baris Kedua (mm)
0	350	715	27,5	1906	2300
2,5	599	968	30	1856	2249
5	876	1251	32,5	1774	2165
7,5	1121	1500	35	1659	2048
10	1333	1716	37,5	1512	1899
12,5	1512	1899	40	1333	1716
15	1659	2048	42,5	1121	1500
17,5	1774	2165	45	876	1251
20	1856	2249	47,5	599	968
22,5	1906	2300	50	350	715
25	1924	2318			



**Gambar 4** Posisi tendon rencana arah memanjang

4. Analisa tegangan

Didapatkan hasil perhitungan analisa tegangan akibat masing-masing kombinasi pembebanan pada tengah bentang sesuai dengan Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4** Analisa tegangan tendon pada tengah bentang baris pertama akibat kombinasi pembebanan

Kombinasi Pembebanan	es (mm)	Transfer				Layan			
		Atas	1,581	bawah	24	Atas	20	bawah	3,536
Kuat I	1924	-7,707	OK	6,557	OK	13,739	OK	-27,273	OK
Ekstrem I	1924	-7,707	OK	6,557	OK	10,726	OK	-22,519	OK
Daya Layan I	1924	-7,707	OK	6,557	OK	7,892	OK	-18,050	OK

**Tabel 5** Analisa tegangan tendon pada tengah bentang baris ke dua akibat kombinasi pembebanan

Kombinasi Pembebanan	es (mm)	Transfer				Layan			
		Atas	1,581	bawah	24	Atas	20	bawah	3,536
Kuat I	2318	-6,721	OK	5,002	OK	12,753	OK	-25,718	OK
Ekstrem I	2318	-6,721	OK	5,002	OK	9,739	OK	-20,964	OK
Daya Layan I	2318	-6,721	OK	5,002	OK	6,906	OK	-16,494	OK

5. Kehilangan gaya prategang

Pada Tabel 6. Ditunjukkan rekapitulasi kehilangan gaya prategang

**Tabel 6** Rekapitulasi persentase kehilangan gaya prategang

Jenis kehilangan prategang	Persentase kehilangan gaya prategang (%)
Kehilangan jangka pendek (segera)	
Perpendekan elastis (ES)	0,650
Slip angkur (ANC)	0,639
Kehilangan jangka panjang	
Rangak beton (CR)	3,160
Susut (SH)	0,965
Relaksasi baja (RE)	10,664
<b>Total kehilangan</b>	<b>15,439</b>

**Kontrol Terhadap Kekuatan dan Kestabilan**

1. Kontrol tegangan akhir

Pada kontrol tegangan akhir, nilai gaya prategang awal digurangi total kehilangan gaya prategang. Didapatkan hasil perhitungan tegangan akhir tendon akibat masing-masing kombinasi pembebanan pada tengah bentang sesuai dengan Tabel 7 dan Tabel 8.

**Tabel 7** Analisa tegangan akhir tendon pada tengah bentang baris pertama akibat kombinasi pembebanan

Kombinasi Pembebanan	es (mm)	Transfer				Layan			
		Atas	1,581	bawah	24	Atas	20	bawah	3,536
Kuat I	1924	-8,115	OK	8,066	OK	14,818	OK	-28,111	OK
Ekstrem I	1924	-8,115	OK	8,066	OK	11,805	OK	-23,357	OK
Daya Layan I	1924	-8,115	OK	8,066	OK	8,971	OK	-18,887	OK

**Tabel 8** Analisa tegangan akhir tendon pada tengah bentang baris ke dua akibat kombinasi pembebanan

Kombinasi Pembebanan	es (mm)	Transfer				Layan			
		Atas	1,581	bawah	24	Atas	20	bawah	3,536
Kuat I	2318	-7,282	OK	6,750	OK	13,984	OK	-26,795	OK
Ekstrem I	2318	-7,282	OK	6,750	OK	10,971	OK	-22,041	OK
Daya Layan I	2318	-7,282	OK	6,750	OK	8,137	OK	-17,572	OK

2. Kontrol momen retak

Nilai momen retak dihitung dengan persamaan:

$$M_{cr} = S_b \left[ 7,5\lambda\sqrt{f_c'} + \left( \frac{P_{eff}}{Ac} \right) + \left( \frac{P_{eff} \times e \times y_b}{I_c} \right) \right] \tag{2}$$

Dari perhitungan didapatkan  $1,2M_{cr} = 21937,336 \text{ kNm}$ , disyaratkan:

$$M_u > 1,2M_{cr} \tag{3}$$

Didapatkan nilai  $M_u = 34086,699 \text{ kNm}$  lebih besar dari  $1,2M_{cr} = 21937,336 \text{ kNm}$  sehingga kontrol momen retak memenuhi.

3. Kontrol momen batas

Nilai momen batas dihitung dengan persamaan:

$$M_n = \left[ A_{ps} \times f_{ps} \left( dp - \frac{a}{2} \right) \right] + \left[ A_s \times f_y \left( d - \left( \frac{a}{2} \right) \right) \right] - \left[ A_s' \times f_y \left( d' - \frac{a}{2} \right) \right] \tag{4}$$

Dari perhitungan  $M_n = 44319,528 \text{ kNm}$ , disyaratkan:



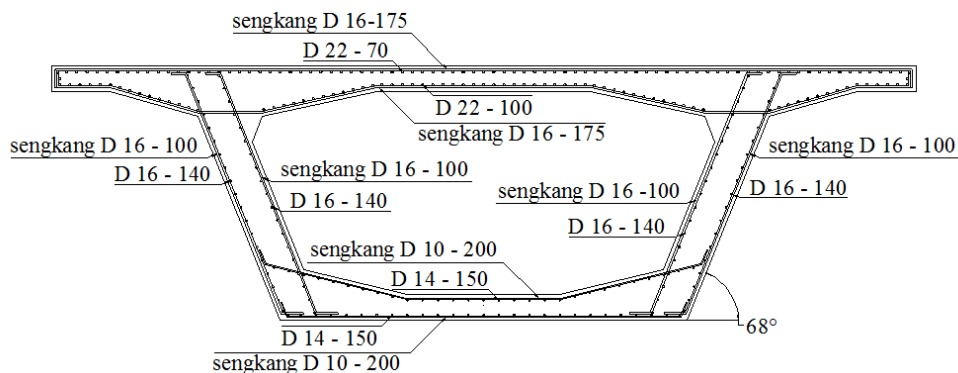
$$M_n > M_{n_{perlu}} \quad (5)$$

Didapatkan  $M_n = 44319,528$  kNm lebih besar dari  $M_{n_{perlu}} = 39977,152$  kNm sehingga kontrol momen batas masih memenuhi.

4. Kontrol lendutan
  - a. Saat transfer  
 Besarnya lendutan saat transfer adalah 7,679 mm ↓.
  - b. Saat ereksi  
 Besarnya lendutan saat ereksi adalah 14,904 mm ↓.
  - c. Tahap akhi  
 Total lendutan pada tahap akhir adalah 53,585 mm ↓, kurang dari lendutan ijin  $\frac{L}{250}$  yaitu 200 mm ↓.

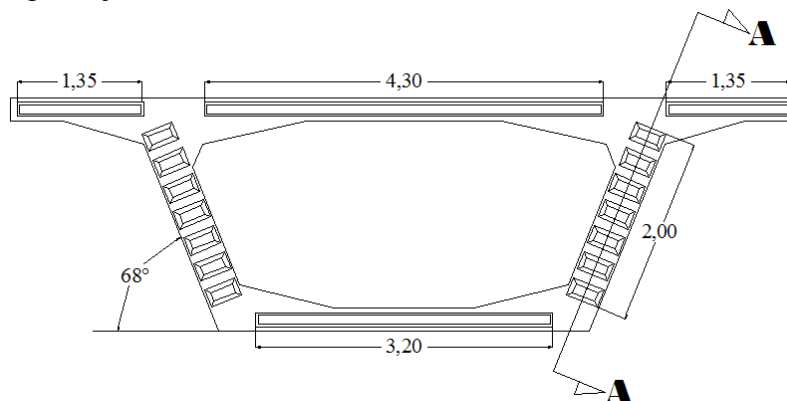
### Penentuan Tulangan dan Sambungan Antar Joint

1. Perencanaan tulangan box girder  
 Tulangan yang digunakan untuk box girder berdasarkan perencanaan sesuai dengan Gambar 5.

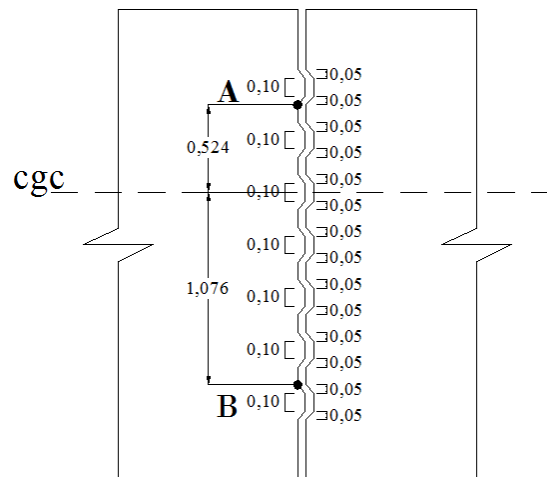


Gambar 5 Penulangan box girder

2. Perencanaan shear key  
 Letak pengunci joint antar segmen direncanakan sesuai dengan Gambar 6 dengan potongan pengunci joint sesuai Gambar 7.



Gambar 6 Letak pengunci joint



**Gambar 7.** Potongan pengunci joint

3. Perencanaan end block  
Pada daerah spalling zone digunakan tulangan anyam menggunakan tulangan ulir 10 D 22-100. Sementara pada bursting zone digunakan 8 buah tulangan sengang D 13-100 dengan tulangan melintang menggunakan tulangan 10 D 16.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh desain jembatan sebagai berikut:

1. Panjang jembatan adalah 50 m dengan lebar total 8,5 m.
2. Gelagar utama menggunakan *Precast Concrete Box Girder* setinggi 2,5 m dengan panjang span 2,5 m, dengan konstruksi beton pratekan  $P_t = 24987$  kN dan menggunakan 4 tendon jenis 5-43 *wire super strands ASTM-A-416-06 grade 270*.
3. Sandaran terdiri dari dua buah pipa sandaran menggunakan profil Circullr Hollow Sections  $\varnothing 139.8$  mm BJ 37 dengan tiang sandaran menggunakan profil baja WF 200.200.8.12 setinggi 50 cm dan dinding sandaran menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 50 cm.
4. Plat landas yang digunakan adalah baja dengan ukuran 10 x 10 x 1 cm dengan menggunakan 8 baut diameter 10 mm.
5. Trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 25 cm.
6. Kehilangan prategang yang terjadi adalah 15,439 %.
7. Lendutan total yang terjadi 53,585 mm ↓.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Badan Standarisasi Nasional : Bandung
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726-2012.: Badan Standarisasi Nasional : Jakarta

- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Chilmi, Achmad Fitroni. (2010). "Perencanaan Jembatan Pratekan Pada Simpang Susun Akses Tol Surabaya-Mojokerto Di Sisi Mojokerto Dengan Balok Menerus I Girder". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Lin, T.Y. dan N. H. Burns. (1982). *Design of Prestressed Concrete Structures*. Third Edition. USA: John iley & Sons, Inc. Terjemahan oleh D. Irawan M.C.E. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ketiga. Jilid 1. Erlangga : Jakarta
- Lin, T.Y. dan N. H. Burns. (1982). *Design of Prestressed Concrete Structures*. Third Edition. USA: John iley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Binsardan Hariandja. 1997. *Desain Struktur Beton Prategang*. Edisi ketiga. Jilid 2.: Erlangga. Jakarta
- Nawy, E.G. (2001). *Prestressed Concrete*. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Terjemahan oleh B. Suryoatmono. 2001. *Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi ke 3. Jilid 1. Erlangga : Jakarta.
- Nawy, E.G. (2001). *Prestressed Concrete*. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Terjemahan oleh B. Suryoatmono. 2001. *Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi ke 3. Jilid 2. Erlangga : Jakarta.
- Rombach, Ing. G. 2002. Precast Segmental Box Girders External Prestressing: design and Construction. INSA Rennes 1-15.