

PERENCANAAN JEMBATAN HASAN BASRI MUARA TEWEH DENGAN METODE CABLE- STAYED

Ryandhon Gyandhani¹, Ester Priskasari²,
Mohammad Erfan³

123) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : 1721133.ryandhongyandhani@gmail.com

ABSTRACT

This case study discusses the Hasan Basri Muara Tewehe Bridge, which was conducted in an Alternative Study using a single-plane cable-stayed system, where the bridge is divided into 2 symmetrical spans with a length of 130 m each. This bridge is designed using orthotropic steel decks which have 4 vehicle lanes with a width of 3 m each, 2 sidewalks with a width of 1 meter each, and a median which is also a cable anchor area with a width of 4 meters. This bridge was analyzed using Midas Civil software with a maximum deflection of the deck determined at 0.122763 m, and using cables with a total of 127 strands.

Keywords: Cable-Stayed, Bridge, Bridge Planning

ABSTRAK

Studi kasus ini membahas mengenai Jembatan Hasan Basri Muara Tewehe yang dilakukan Studi Alternatifnya menggunakan sistem single-plane cable-stayed, dimana jembatan terbagi menjadi 2 bentang simetris dengan panjang masing-masing bentang 130 m. Jembatan ini didesain menggunakan orthotropic steel deck yang memiliki 4 lajur kendaraan dengan lebar masing-masing lajur 3 m, 2 buah trotoar dengan lebar masing-masing 1 meter, dan median yang juga menjadi area anchor kabel dengan lebar 4 meter. Jembatan ini di Analisa menggunakan software Midas Civil dengan lendutan maksimum dek ditentukan sebesar 0,122763 m, dan menggunakan kabel dengan jumlah strand 127 buah.

Kata Kunci: Cable-Stayed, Jembatan, Perencanaan Jembatan

1. Pendahuluan

Sebagai pintu masuk ke Kota Muara Tewehe jembatan Hasan Basri memegang peranan penting dalam pergerakan ekonomi daerah. Selain itu kebutuhan transportasi masyarakat yang kian besar setiap tahun semakin membebani struktur jembatan sehingga akan mempengaruhi kekuatannya, dimana rusak

atau tidak aktifnya jembatan ini dapat membahayakan banyak pengendara serta akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan ekonomi daerah, bahkan dapat mempengaruhi kondisi ekonomi nasional. Untuk menghindari hal tersebut maka jembatan ini harus memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi

sehingga dapat memenuhi kebutuhan transportasi masyarakat selama masa pelayanannya.

2. Tinjauan Pustaka

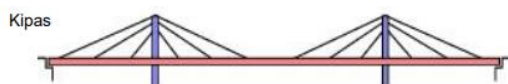
Jembatan cable-stayed merupakan struktur jembatan yang memiliki sederetan kabel yang menjadi tumpuan yang dihubungkan dengan pylon sebagai penahan utama untuk menyalurkan beban yang bekerja pada lantai dek jembatan menuju pondasi. (Annisa, 2020)

a. Tataan Kabel Transversal

Pada perencanaan ini digunakan sistem *single-plane cable-stayed* untuk konfigurasi transversal kabel yaitu kabel dipasang di tengah gelagar melintang jembatan sehingga akan membatasi dua arah jalur lalu lintas. “Penempatan kabel ditengah-tengah dek menyebabkan torsi pada dek menjadi lebih besar akibatnya beban lalu lintas yang tidak simetri dan tiupan angin. Kelemahan tersebut diatasi dengan menggunakan dek kaku berupa gelagar kotak (*box girder*) yang mempunyai kekakuan torsi yang sangat besar. Penempatan menara yang mengikuti bidang kabel di tengah dek mengurangi lebar lantai kendaraan sehingga perlu dilakukan penambahan lebar sampai batas minimum yang dibutuhkan.” (Bambang,2007:199).

b. Tataan Kabel Longitudinal

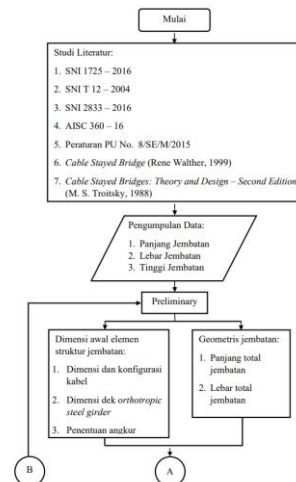
Untuk konfigurasi longitudinal kabel digunakan susunan bentuk kipas (*fan*) dimana kabel diangkur tersebar vertikal di bagian atas menara kemudian disebar di sepanjang gelagar jembatan. Kelebihan dari susunan kabel bentuk kipas adalah kemudahan dalam pendetailan tulangan karena adanya penyebaran kabel di menara.



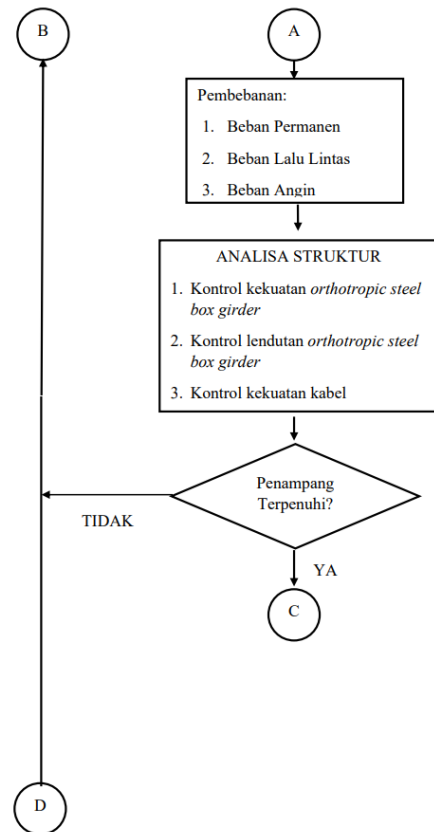
Gambar 1 – Tataan kabel bentuk kipas (Peraturan PU No. 08/SE/M/2015)

3. Metodologi

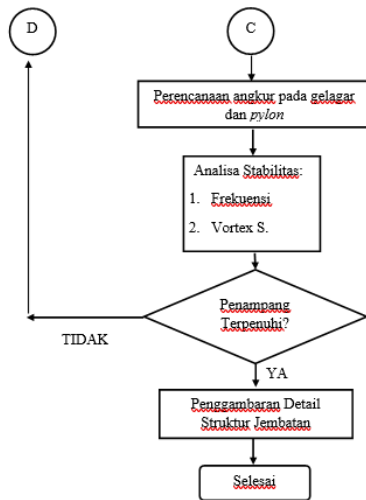
Bagan alir perencanaan jembatan ini dapat dilihat di bagan alir berikut:



Gambar 2. Bagan Alir



Gambar 3. Bagan Alir (lanjutan)



Gambar 4. Bagan Alir (lanjutan)

4. Pembahasan

a. Pemodelan

Pemodelan struktur dilakukan dalam 3 dimensi dengan menggunakan software MIDAS CIVIL 2019.

b. Pembebanan

• Beban Mati Tambahan

- Aspal
 $q_{aspal} = 22 \times 0,05 \times 6 = 6,6 \text{ kN/m}$
- Trotoar
 $q_{trotoar} = 24 \times 0,25 \times 1 = 6 \text{ kN/m}$
- Median
 $\text{Median} = 24 \times 0,25 \times 4 = 24 \text{ kN/m}$

• Beban Hidup

BTR

$$L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$$

$$q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{260} \right)$$

$$q = 5,019 \text{ kN/m}^2$$

sehingga:

$$q_{btr} = 5,019 \times 6 = 30,115 \text{ kN/m}$$

BGT

$$P = 49 \text{ kN/m} \times 1,3 = 63,7 \text{ kN/m}$$

• Beban Rem (TB)

$$TB1 = 25\% (225) = 56,25 \text{ kN}$$

$$TB2 = 5\% (260 \times 12 \times 5,019) = 808 \text{ kN}$$

$TB2 > TB1$, Sehingga digunakan TB2.

Diketahui lengan momen = 1,8 m,

sehingga:

$$MB = 1,8 \times 808 = 1454,4 \text{ kNm}$$

• Beban Pejalan Kaki (TP)

$$TP = 5 \text{ kN/m}^2$$

• Beban Angin Pada Struktur

Diambil nilai $V_B = 90 \text{ km/jam}$

- Beban angin pada girder

$Z = 80 \text{ m} < 10 \text{ m}$, sehingga $VDZ = VB$

$PB1 = 0,0024 \text{ MPa}$ (untuk gelagar)

$$PD = PB \left(\frac{VDZ}{VB} \right)^2$$

$$PD = 0,0024 \left(\frac{90}{90} \right)^2 = 0,0024 \text{ MPa}$$

Pada Box Samping

$$PD \times 1000 = 2,4 \text{ N/mm}$$

Pada gelagar

$$PD \times 7134,396 = 17,123 \text{ N/mm}$$

- Beban angin pada menara

$$VD = 2,5 V_{10} \left(\frac{V_{10}}{VB} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

Dengan:

$Z = 36500 \text{ mm}$ (Elevasi rata-rata menara dari permukaan air)

$Z_0 = 2500 \text{ mm}$ (daerah kota)

$V_0 = 19,3 \text{ km/jam}$ (daerah kota)

$V_{10} = 90 \text{ km/jam}$ (diambil sama dengan nilai VB)

Sehingga:

$$VD = 2,5 \times 19,3 \times \left(\frac{90}{90} \right) \ln \left(\frac{36500}{2500} \right)$$

$$VD = 198,922 \text{ km/jam}$$

$PB2 = 0,0036 \text{ MPa}$ (untuk menara)

Kemudian dihitung nilai PD untuk menara sebagai berikut:

$$PD = PB \left(\frac{VDZ}{VB} \right)^2$$

$$PD = 0,0036 \left(\frac{198,922}{90} \right)^2 = 0,0176 \text{ MPa}$$

Lebar menara = 4000 mm
 Tebal Menara = 5500 mm

Sehingga:
 $PX = 4000 \times 0,0176 = 70,347 \text{ N/mm}$
 $PY = 5500 \times 0,0176 = 96,727 \text{ N/mm}$

• **Beban Angin pada Kendaraan**

$$EW_L = 1,46 \text{ N/mm}$$

• **Beban Suhu**

- Beban temperatur merata

$$E_{un} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Beban temperatur gradien

Beban temperature gradien diambil berdasarkan tabel 20 SNI 1725 Tahun 2019.

$$T1 = 12 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (} < 500 \text{ m di atas permukaan laut)}$$

$$T2 = 8 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (} < 500 \text{ m di atas permukaan laut)}$$

c. Kombinasi Pembebanan

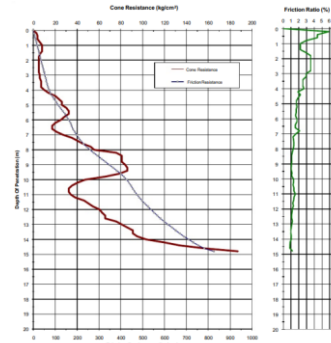
Kombinasi pembebanan diambil berdasarkan Tabel 1 SNI 1725 2016, serta menggunakan konfigurasi beban untuk jembatan cable stayed dalam Peraturan PU No. 08/SE/M/2015. Dengan kombinasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- Kuat 1: 1,1 MS + 2MA + 2BGT + 2BTR + 2TT + 2 TB + 2TP + 0,5EUn + 0,5TG
- Kuat 2: 1,1 MS + 2MA + 2BGT + 2BTR + 2TT + 2 TB + 2TP + 0,5EUn + 0,5TG
- Kuat 3: 1,1 MS + 2MA + 1,4 EWs + 0,5EUn + 0,5 TG
- Kuat 4 : 1,1 MS + 2 MA + 0,5EUn + 0,5TG
- Kuat 5 : 1,1 MS + 2 MA + 0,4 EWs + 1EWL + 0,5 EUn + 0,5 TG
- Ekstrem I : 1,1 MS + 2 MA + 0,5 BGT + 0,5 BTR + 0,5 TT + 0,5 TB + 0,5 TP + 1EQ

- Ekstrem II : 1,1 MS + 2 MA + 0,5 BGT + 0,5 BTR + 0,5 TT + 0,5 TB + 0,5 TP

Kombinasi pembebanan tersebut kemudian disesuaikan untuk masing konfigurasi beban seperti yang tertera dalam Peraturan Pu No. 08/SE/M/2015.

d. Beban Gempa



Gambar 5. Hasil Uji NSPT Jembatan Hasan Basri

Analisa klasifikasi situs menunjukkan bahwa area jembatan Hasan Basri masuk dalam klasifikasi tanah sedang (SD). Kemudian perhitungan respon spektrum gempa dilakukan dengan menggunakan puskim, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

```

Program Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2019
(C) Copyright Puskim-PusGen-ESRC, 2019-2020

Nama Kota      : muara teweh
Bujur / Longitude : 114.8840749 Degrees
Lintang / Latitude : -0.9656643 Degrees

Kelas Situs   : SD - Tanah Sedang

PGA = 0,065756 g
PGAm = 0,105210 g
CRs = 0,000000 g
CRL = 0,000000 g
Ss = 0,120775 g
Sl = 0,059706 g
TL = 16,000000 detik
Fa = 1,600000 g
Fv = 2,400000 g
Sms = 0,193241 g
Sml = 0,143295 g
Sds = 0,128827 g
Sdl = 0,095530 g
T0 = 0,148307 detik
Ts = 0,741535 detik
    
```

Gambar 6. Data koefisien gempa dan respon spektrum

e. Analisa Struktur

- **Pelat Lantai Atas**

Perhitungan Kapasitas top orthotropic plate mengacu pada AISC 360-16.

Kontrol Tebal Pelat Lantai

Pelat lantai kendaraan direncanakan sebagai bagian dari orthotropic steel deck,

dengan tebal yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$t_p = 0,0065 \cdot a \cdot \sqrt[3]{P}$$

Dengan: tp = tebal minimum pelat
 a = jarak antar rusuk
 p = tekanan ban truk

Besar tekanan ban truk (P) dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = BH = 750 \times 250 = 187500 \text{ mm}^2$$

FBD

FBD untuk pembebanan truk "T" berdasarkan SNI 1725-2016 adalah 30%.

Beban Truk

$$P = (1.3 \times 112500) / 187500 = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

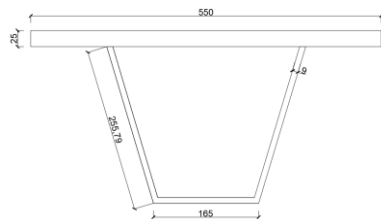
Sehingga tebal minimum pelat lantai yaitu:

$$t_p = 0,0065 \times 238 \times \sqrt[3]{0,78} = 1,424 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan pelat lantai dengan tebal 25 mm. Lendutan yang terjadi pada pelat lantai harus memenuhi persamaan berikut:

$$0,692 \leq 0,793 \dots \text{Memenuhi}$$

Data Perencanaan Rusuk

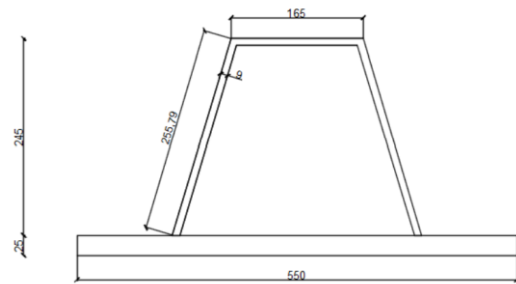


Gambar 7. Rusuk Pelat Lantai Atas

h = 245 mm	tr = 9 mm
b = 165 mm	e = 238 mm
a = 312 mm	a+e = 550 mm
tp = 25 mm	h = 255,79 mm

- Pelat Lantai Bawah

Data Perencanaan Rusuk

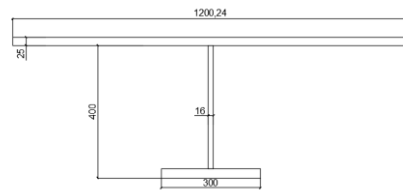


Gambar 7. Rusuk Pelat Lantai Bawah

h = 245 mm	tr = 9 mm
b = 165 mm	e = 238 mm
a = 312 mm	a+e = 550 mm
tp = 25 mm	h = 255,79 mm

- Top Floor Beam

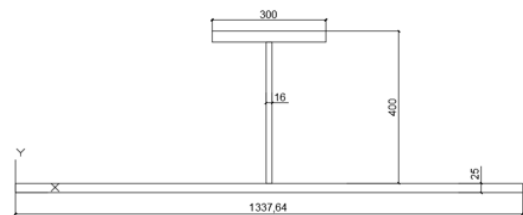
Data Perencanaan Top Floor Beam



Gambar 8. Top Floor Beam

Fy = 410 MPa	L = 6000,199 mm
Fu = 550 MPa	H = 400 mm
E = 200000 MPa	tw = 16 mm
tf = 28 mm	B = 300 mm
tp = 25 mm	Hw = 372 mm

- Analisa Bottom Floor Beam



Gambar 9. Bottom Floor Beam

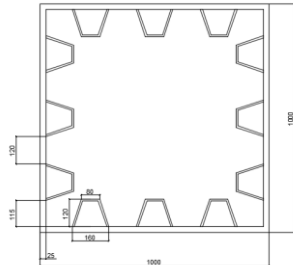
Data Perencanaan bottom floor beam

Fy = 410 MPa	
Fu = 550 MPa	
E = 200000 MPa	
L = 6000,199 mm	tf = 28 mm

H = 400 mm tw = 16 mm
 B = 300 mm tp = 25 mm
 Hw = 372mm

- **Side Box Girder**

Data perencanaan *side box girder*

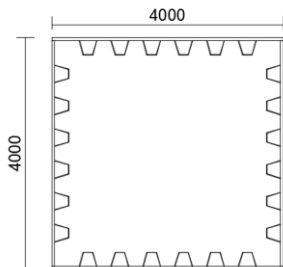


Gambar 10. *Side Box Girder*

H = 1000 mm tw = 25 mm
 B = 1000 mm tf = 25 mm
 a = 160 mm j = 60 mm
 e = 120 mm h = 126,4911 mm
 h = 120 mm tr = 8 mm
 Ar = 2.550 mm² b = 80 mm

- **Main Box Girder**

Data perencanaan *main box girder*



Gambar 11. *Main Box Girder*

Fy = 235 MPa
 Fu = 3600 MPa
 E = 200000 MPa

Dimensi main box girder adalah:

Dinding:

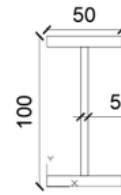
H = 4000 mm tw = 50 mm
 B = 4000 mm tf = 50 mm

Dimensi Rib :

a = 312 mm j = 122,5 mm
 e = 238 mm h' = 255,79 mm
 h = 245 mm tr = 9 mm
 Ar = 5944,342 mm²

- **Pengaku Floor Beam**

Data perencanaan pengaku *floor beam*



Gambar 12. Pengaku *floor beam*

Material baja yang digunakan adalah:

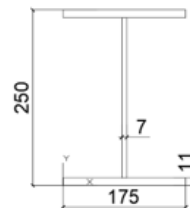
Fy = 235 MPa
 Fu = 360 MPa
 E = 200000 MPa

Dimensi rangka batang yang digunakan:

H = 100 mm
 B = 50 mm
 tw = 5 mm
 tf = 7 mm
 Hw = 93 mm

- **Pengaku Main Box Girder**

Data perencanaan pengaku *main box girder*



Gambar 13. Pengaku *main box girder*

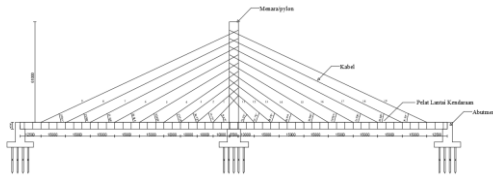
Material baja yang digunakan adalah:

Fy = 235 MPa
 Fu = 360 MPa
 E = 200000 MPa

Dimensi rangka batang yang digunakan:

H = 250 mm
 B = 175 mm
 tw = 7 mm
 tf = 7 mm
 Hw = 11 mm

- Struktur Kabel
 Data perencanaan



Gambar 13. Layout kabel

Fu = 1860 MPa
 Fall = 1116 MPa
 Øs = 15,24 mm
 As = 140 mm²

Kontrol kapasitas kabel

Tabel 36. Kapasitas penampang kabel

Kabel	P (kN)	Ascpre (mm ²)	Fijin (kN/mm ²)	Kapasitas (kN)	Keterangan
1	580,72688	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
2	1732,5107	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
3	3253,8062	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
4	5222,0169	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
5	8206,5899	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
6	11310,225	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
7	14439,583	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
8	17532,881	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
9	20556,174	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
11	580,72688	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
12	1732,5107	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
13	3253,8062	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
14	5222,0169	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
15	8206,5899	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
16	11310,225	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
17	14439,583	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
18	17532,881	19050	1,116	21259,8	Memenuhi
19	20556,174	19050	1,116	21259,8	Memenuhi

- Struktur Menara

Data spesifikasi struktur Menara

fc' = 60 MPa
 Ec = 36406,044 MPa
 fy = 420 MPa
 Es = 200000 MPa

Dimensi menara

b = 5500 mm
 h = 4000 mm
 Tinggi = 61000 mm

Kontrol lendutan Menara

$$\Delta = \frac{61}{400} = 0,1525 \text{ m}$$

Dengan bantuan Software MIDAS CIVIL diperoleh nilai lendutan maksimum yang dialami menara (pylon) yaitu sebesar 122,763 mm (memenuhi).

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ((rad))	RY ((rad))	RZ ((rad))
1582	Pylon Momen	-0.122763	0.001596	-0.002424	-0.000036	-0.001170	0.000267
1583	Pylon Momen	-0.117002	0.001411	-0.002425	-0.000037	-0.001187	0.000268
1584	Pylon Momen	-0.111075	0.001217	-0.002427	-0.000040	-0.001292	0.000268
1585	Pylon Momen	-0.104366	0.001009	-0.002431	-0.000043	-0.001561	0.000269
1586	Pylon Momen	-0.095555	0.000790	-0.002374	-0.000044	-0.002026	0.000260
1587	Pylon Momen	-0.084015	0.000577	-0.002250	-0.000041	-0.002553	0.000244
1588	Pylon Momen	-0.069776	0.000383	-0.002055	-0.000037	-0.003015	0.000219
1589	Pylon Momen	-0.053457	0.000220	-0.001783	-0.000029	-0.003294	0.000186
1590	Pylon Momen	-0.036258	0.000099	-0.001429	-0.000020	-0.003275	0.000146
1600	Pylon Momen	-0.128612	0.001777	-0.002424	-0.000036	-0.001170	0.000267
1628	Pylon Momen	0.000000	-0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1629	Pylon Momen	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3464	Pylon Momen	-0.000034	-0.000000	-0.000000	0.000000	-0.000017	0.000000

Gambar 14. Nilai Lendutan Menara

(sumber : Result MIDAS CIVIL)

5. Penutup

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan kontrol yang telah dilakukan disajikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Panjang total dari desain jembatan ini adalah 260 meter yang terbagi menjadi 2 bentang dengan panjang masing-masing 130 meter. Dek jembatan memiliki lebar total 18 meter yang terdiri dari 2 meter lebar trotoar, 4 meter lebar median, dan 12 meter lebar lajur kendaraan. Dek jembatan menggunakan orthotropic steel box girder dengan panjang per segmen 5 meter. Konfigurasi kabel arah memanjang di desain menggunakan tipe modified fan pattern, sedangkan untuk konfigurasi kabel arah memanjangnya menggunakan single plane system.
2. Pelat lantai kendaraan dan pelat bawah di desain menggunakan orthotropic plate dengan closed ribs yang terdiri dari pelat baja dengan tebal 25 mm dan ribs dengan bentuk trapezoidal U.312.165.245.9.
3. Floor beam di desain menggunakan baja profil T 400.300.16.28 yang dalam

pelayanannya berkombinasi dengan pelat lantai.

4. Side box girder didesain dengan bentuk rectangular hollow 1000 mm x 1000 mm yang diperkuat dengan closed ribs dengan ketebalan dinding 25 mm dan ribs U160.80.120.8.

5. Main box girder didesain dengan bentuk rectangular hollow 4000 mm x 4000 mm yang diperkuat dengan closed ribs dengan ketebalan dinding 50 mm dan ribs U312.165.245.9.

6. Struktur kabel direncanakan menggunakan produk VSL SSI 2000 dengan tipe ASTM A-416 grade 270 dengan jumlah strand 127 dan diameter pipa kabel 315 mm yang sama untuk semua kabel. Sedangkan untuk struktur angkur hidup dan angkur mati sendiri menggunakan produk VSL SSI 2000 dengan mengikuti ukuran diameter pipa kabel.

7. Struktur menara didesain dari material beton mutu tinggi dengan f_c' dimensi menara adalah 4000 mm x 5500 mm dengan tulangan longitudinal 704D32 dan Sengkang 4D16-150 untuk sumbu x dan 11D16 untuk sumbu y.

8. Stabilitas aerodinamis struktur dihitung menggunakan rumus empiris, dimana pengaruh vortex shedding menunjukkan tahanan aerodinamis struktur berada pada zona A (acceptable).

Saran

Hasil pengerjaan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, sehingga untuk hasil desain sejenis yang lebih baik kedepannya, penulis menyarankan beberapa hal berikut.

1. Menentukan konfigurasi kabel adalah hal paling awal yang dilakukan dalam perencanaan jembatan cable stayed, baik itu konfigurasi memanjang maupun melintang kabel. Pemilihan konfigurasi kabel ini sangat berpengaruh kepada bentuk dan desain struktur dek dan menara, sehingga

perlu dilakukan peninjauan yang lebih mendalam.

2. Kontrol – kontrol kapasitas struktur perlu dilakukan dengan teliti mengacu pada aturan yang berlaku untuk mendapatkan hasil yang lebih detail dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2016. *Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-16)*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. 1963. *Design Manual for ORTHOTROPIC STEEL PLATE DECK BRIDGE*. Chicago.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (RSNI T 02 2004)*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa (SNI 2833 2016)*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725 2016)*.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2015. *Perencanaan Jembatan Beruji Kabel (Peraturan Nomor 08/SE/M/2015)*.
- Walther, Rene. 1999. *Cable Stayed Bridges*. London. Thomas Telford.
- Troitsky, M. S. 1988. *Cable Stayed Bridges: Theory and Design – Second Edition*. Boston. BSP Professional Books.
- Heins, C., P., Firmage, D., A. 1979. *Design of Modern Steel Highway Bridges*. Wiley.

Bambang S., Agus S. M., 2007. *Jembatan*.
Yogyakarta.

PURNAWAN, Rizal. *Desain Jembatan
Cable Stayed Sembayat Baru dengan
Single Plane System Menggunakan
Metode Pelaksanaan Balanced
Cantilever*. 2017. PhD Thesis. Institut
Teknologi Sepuluh Nopember.

SYAMSU, Rizal Nur. *Desain Struktur
Jembatan Trucuk Kabupaten
Bojonegoro Dengan Menggunakan
Metode Semi Harp Pattern*. 2017.
PhD Thesis. Institut Teknologi
Sepuluh Nopember.