

Modifikasi Jembatan Buol Sulawesi Tengah Menggunakan Jembatan Busur Menerus Rangka Baja

R. Dary Wira Mahadika dan Endah Wahyuni

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: endah@ce.its.ac.id

Abstrak—Jembatan Buol termasuk jembatan kelas nasional yang menghubungkan jalan lintas provinsi antara provinsi Sulawesi Tengah dan Gorontalo. Jembatan ini terletak diatas sungai Buol Kabupaten Buol Sulawesi Tengah dan menggunakan konstruksi rangka batang baja sederhana sebagai struktur utamanya. Jembatan Buol memiliki estetika yang kurang baik. Hal ini yang melatarbelakangi pembangunan Jembatan Buol yang baru, sebagai solusi dalam pembangunan jembatan yang memiliki estetika yang baik, kuat dan dapat menjadi landmark bagi kabupaten Buol. Tugas akhir ini memodifikasi Jembatan Buol menjadi Jembatan Busur Menerus Rangka Baja. Jembatan didesain dengan bentang pelengkung menerus rangka baja sepanjang 223.5m dengan lebar 9 meter dan tinggi 20.5 meter. Tugas akhir ini berpedoman pada beberapa standar peraturan yang ada. Untuk pembebanan jembatan beserta kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016, perencanaan struktur baja disesuaikan pada RSNI T-03-2005. Untuk desain pelat kendaraan menggunakan SNI 2847-2013, serta untuk perencanaan ketahanan gempa menggunakan SNI 2833:2008. Dengan menggunakan program bantu SAP2000, kombinasi KUAT 1 (SNI-1725-2016) menghasilkan output gaya yang lebih besar daripada kombinasi lainnya sehingga kombinasi tersebut digunakan untuk menentukan profil rangka jembatan. Analisis perletakan menggunakan program bantu SAP2000 dengan kombinasi beban yang menentukan dalam perencanaan *POT Bearing* adalah kombinasi EKSTREM I (SNI-1725-2016) dan KUAT 1 (SNI-1725-2016). Hasil dari analisa dengan program bantu SAP2000 profil utama yang terbesar pada jembatan busur menggunakan BOX 650 x 650 x 36. Dalam merencanakan bangunan bawah jembatan, dilakukan analisis menggunakan program bantu spcolumn untuk mendapatkan jumlah tulangan longitudinal pada abutment dan pilar jembatan, serta untuk tiang pancang jembatan dilakukan kontrol berdasarkan daya dukung tanah dan tipe material yang digunakan. Dari perencanaan tersebut, didapatkan dimensi abutmen 11.1 x 2.1 x 7.3 meter dan pilar 11.4 x 2.1 x 1.4 meter serta kebutuhan tiang pancang untuk abutment sebanyak 21 buah dan pilar sebanyak 60 buah.

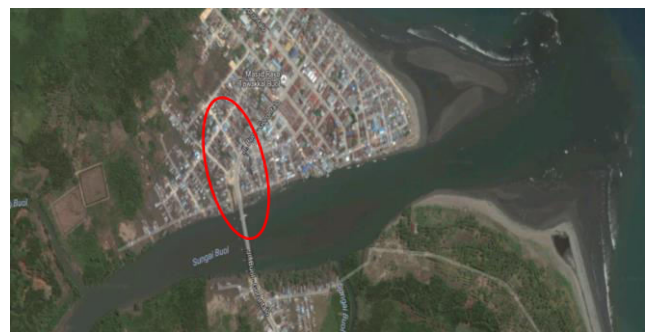
Kata Kunci—Abutmen, Jembatan Busur, Jembatan Busur Menerus, Pilar, *POT Bearing*.

I. PENDAHULUAN

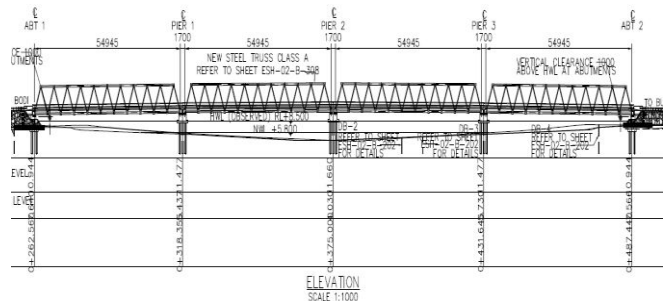
JEMBATAN merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Dalam perencanaan jembatan, sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan aspek struktural saja, tetapi juga perlu meninjau aspek estetika.

Pada kondisi saat ini, jembatan di sungai Buol kabupaten Buol Sulawesi Tengah merupakan jembatan dengan konstruksi rangka batang baja sederhana (lihat Gambar 1). Jembatan ini termasuk jembatan kelas nasional yang menghubungkan jalan lintas provinsi antara provinsi Sulawesi Tengah dan Gorontalo.

Jembatan Buol terletak di Kabupaten Buol Sulawesi Tengah yang termasuk dalam wilayah zona gempa 2 menurut [1] (lihat Gambar 2) Jembatan ini memiliki panjang bentang bersih yaitu 223.5 m dengan 4 segmen dan 3 pilar. Setiap segmennya memiliki panjang bentang sebesar 55.875 meter dan lebar 9 meter.



Gambar 1. Lokasi Jembatan Buol.

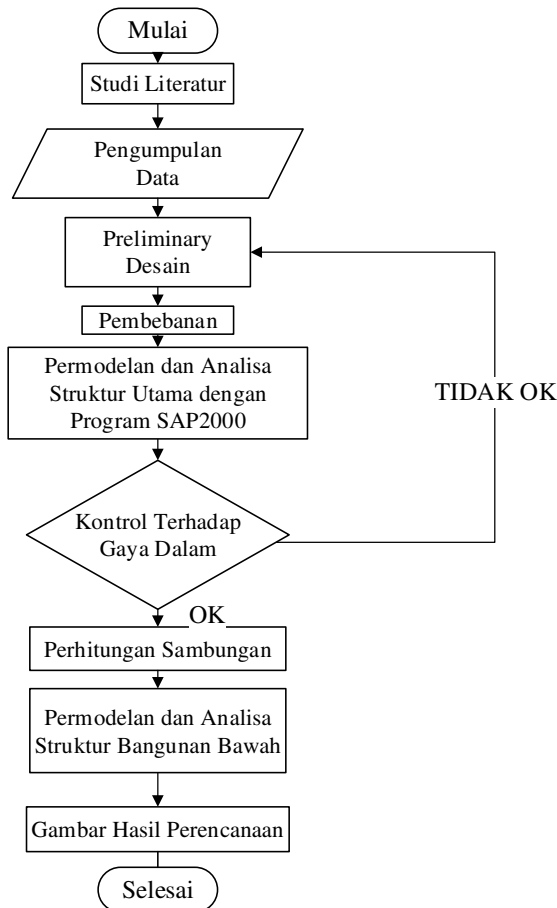


Gambar 2. Konstruksi Existing Jembatan Buol.

Jembatan Buol memiliki estetika yang kurang baik karena jembatan ini terdiri dari 4 jembatan dengan bentuk rangka baja yang sama. Mengulang span yang sama berulang kali akan terlihat membosankan dan monoton [2]. Oleh karena itu, dengan kondisi jembatan Buol saat ini dibutuhkan jembatan baru selain kuat serta memiliki estetika yang baik.

Jembatan dengan tipe Continuous steel truss arch memiliki keunggulan dalam kekuatan dan estetika. Dalam hal kekuatan, Continuous steel truss arch lebih kaku serta membutuhkan expansion joint dan pilar yang lebih sedikit dibandingkan dengan model simple steel truss. Sedangkan dalam hal estetika, Continuous steel truss arch menggunakan satu bentuk melengkung menerus dan tidak mengulang bentuk yang sama. Selain itu model ini masih sedikit digunakan di Indonesia sehingga tidak terlihat membosankan dan menjadi landmark bagi Kabupaten Buol yang dapat meningkatkan perekonomian warga sekitar.

II. METODOLOGI



Gambar 3. Diagram Alir.

Adapun keterangan dari bagan metodologi di atas adalah sebagai berikut:

A. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dengan berpedoman beberapa standar peraturan sebagai bahan pustaka dalam pengerjaan tugas akhir, antara lain:

- a. Bridges Management System (BMS) 1992
- b. SNI 1725:2016
- c. SNI 2847:2013
- d. RSNi T-03-2005
- e. SNI 2833:2008

B. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan antara lain :

- Bentang jembatan : 223.5 meter
- Data tanah : Standar Penetrasi Test (SPT)
- Lokasi : Kabupaten Buol
- Ruas Jalan : Buol - Gorontalo
- Letak Jembatan : 720 m dari pantai
- Zona wilayah gempa : 2 (SNI 2833:2008)

C. Preliminary Design

1. Penentuan mutu bahan yang digunakan:

- Mutu Beton Pelat ($f'c$) = 25 MPa.
- Mutu Beton Pilar ($f'c$) = 29 MPa.
- Mutu Beton Abutment ($f'c$) = 29 MPa.
- Mutu Baja Tulangan (f_y) = 40 MPa
- Struktur utama (f_y) :
- Profil Circullar Hollow : 317 MPa

(A500 Grade B)

Profil Box, Siku dan WF : 250 MPa (A36)

- Mutu baut sambungan menggunakan ASTM A325 untuk sambungan baut antar profil;
- Mutu las yang digunakan adalah E70xx [3]

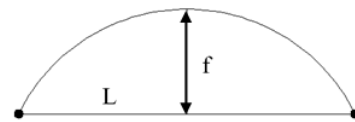
Memperkirakan tebal pelat lantai kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s , dengan ketebalan 20 cm [4].

2. Menentukan Dimensi Busur

- Tinggi Busur

Syarat: $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L}$



Gambar 4. Tinggi Busur.

- Tinggi Tampang Busur

Tinggi tampang busur rangka batang dengan batang tarik dapat menggunakan syarat sebagai berikut [5]:

Syarat: $\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{20}$

- Lebar Jembatan

Lebar jembatan dapat menggunakan syarat sebagai berikut [5]:

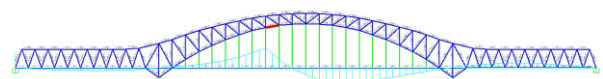
Syarat: $\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$

3. Pembebanan

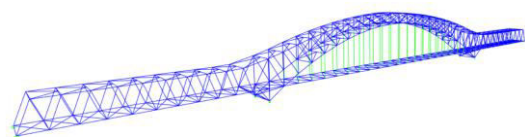
Pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin dan beban gempa [6].

D. Permodelan dan Analisa Struktur Utama dengan Program SAP2000

Tugas Akhir ini memodelkan Jembatan Busur Menerus Buol dengan menggunakan program bantu SAP2000. Permodelan 2 Dimensi untuk mendapatkan garis pengaruh pada jembatan dan pemodelan 3 Dimensi untuk mendapatkan profil yang digunakan sesuai kombinasi pembebanan SNI 1725-2016 [6].



Gambar 5. Pemodelan 2 Dimensi Jembatan dengan SAP2000.



Gambar 6. Pemodelan 3 Dimensi Jembatan dengan SAP2000.

Profil struktur sekunder Jembatan Buol menggunakan produk dari 3 sumber yaitu JFE Steel Corporation [7] untuk profil WF dengan mutu baja ASTM A36 ($f_u = 390$

Mpa dan $f_y = 250$ Mpa), PT. Gunung Garuda [8] untuk profil siku dengan mutu baja ASTM A36 ($f_u = 390$ Mpa dan $f_y = 250$ Mpa) dan *Steel Tube Institute of North America* [9] untuk profil *Circular hollow* dengan mutu ASTM A500 GrB ($f_u = 400$ Mpa dan $f_y = 290$ Mpa). Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:

- Gelagar memanjang WF 434 x 299 x 10 x 15
- Gelagar melintang WF 786 x 384 x 19.7 x 33.4
- Ikatan angin lantai kendaraan L 200 x 200 x 20
- Ikatan angin tepi atas O 8.625"
- Ikatan silang angin rangka O 7"
- Ikatan angin tepi bawah O 8.625"

Profil rangka utama menggunakan brosur *Corus Tubes Structural & Conveyance Business* [10] yang memiliki mutu SN490 B ($f_y = 345$ Mpa dan $f_u = 490$ Mpa)

Berikut merupakan rekap profil rangka utama jembatan:

- Batang tepi atas segmen 1 - 2 Box 550 x 550 x 32
- Batang tepi atas segmen 3 & 5 Box 350 x 350 x 19
- Batang tepi atas segmen 4 & 6 Box 400 x 400 x 22
- Batang tepi bawah segmen 1 & 6 Box 350 x 350 x 19
- Batang tepi bawah segmen 2 Box 500 x 500 x 28
- Batang tepi bawah segmen 3 & 4 Box 650 x 650 x 36
- Batang tepi bawah segmen 5 Box 450 x 450 x 25
- Batang vertikal segment 1 & 3 Box 350 x 350 x 19
- Batang vertikal segment 4 Box 450 x 450 x 25
- Batang vertikal segment 5 & 6 Box 350 x 350 x 19
- Batang diagonal segmen 1 - 3 Box 350 x 350 x 19
- Batang diagonal segmen 4 & 5 Box 400 x 400 x 22
- Batang diagonal segmen 6 Box 350 x 350 x 19
- Batang tarik Box 500 x 500 x 28
- Kolom portal akhir Box 500 x 500 x 22
- Balok portal akhir Box 500 x 500 x 22
- Batang penggantung *Full Locked Cables* berdiameter 50 mm ($f_y = 734$ Mpa dan $f_u = 1211.64$ Mpa)

Perletakaan yang digunakan menggunakan *POT Bearing* dari perusahaan *Freyssinet* dengan tipe GG 30000, GG 20000, FX 30000 dan GL 4000 [11].

E. Kontrol Gaya Dalam

1. Kontrol Kapasitas Tarik

Batas kekuatan [3]

$$N_u \leq \phi_t N_n \quad \phi_t = 0.9$$

Nilai N_n diambil sebagai nilai terendah dari beberapa persamaan dibawah ini:

Kontrol leleh : $N_u \leq \phi_t f_y A_g \phi_t = 0.75$

Kontrol putus : $N_u \leq \phi_t f_u A_e \phi_t = 0.75$

Luas Penampang Efektif:

$$A_e = A \times \left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

Dimana:

N_u : Gaya Tarik aksial terfaktor (N)

f_y : Tegangan leleh (MPa)

f_u : Tegangan tarik putus (MPa)

A_g : Luas penampang bruto (mm²)

A_e : Luas penampang efektif (mm²)

x : eksentrisitas sambungan (mm) (Tabel 1.)

Tabel 1.
Eksentrisitas Sambungan [12]

Case	Description of Element	Shear Lag Factor, U	Example
1	All tension members where the tension load is transmitted directly to each of the cross-sectional elements by fasteners or welds (except as in Cases 4, 5 and 6).	$U = 1.0$	
2	All tension members, except plates and HSS, where the tension load is transmitted to some but not all of the cross-sectional elements by fasteners or longitudinal welds or by longitudinal welds in combination with transverse welds. (Alternatively, for W, M, S and HP, Case 7 may be used. For angles, Case 8 may be used.)	$U = 1 - \bar{x}/l$	
3	All tension members where the tension load is transmitted only by transverse welds to some but not all of the cross-sectional elements.	$U = 1.0$ and A_n = area of the directly connected elements	
4	Plates where the tension load is transmitted by longitudinal welds only.	$l \geq 2w...U = 1.0$ $2w > l \geq 1.5w...U = 0.87$ $1.5w > l \geq w...U = 0.75$	
5	Round HSS with a single concentric gusset plate	$l \geq 1.3D...U = 1.0$ $D \leq l < 1.3D...U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = D/\pi$	
6	Rectangular HSS with a single concentric gusset plate	$l \geq H...U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
	with two side gusset plates	$l \geq H...U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	
7	W, M, S or HP Shapes or Tees cut from these shapes. (If U is calculated per Case 2, the larger value is permitted to be used.)	$b_f \geq 2/3d...U = 0.90$ $b_f < 2/3d...U = 0.85$	
	with web connected with 4 or more fasteners per line in the direction of loading	$U = 0.70$	
8	Single and double angles (If U is calculated per Case 2, the larger value is permitted to be used.)	$U = 0.80$	
	with 3 fasteners per line in the direction of loading (With fewer than 3 fasteners per line in the direction of loading, use Case 2.)	$U = 0.60$	

l = length of connection, in. (mm); *w* = plate width, in. (mm); \bar{x} = eccentricity of connection, in. (mm); *B* = overall width of rectangular HSS member, measured 90° to the plane of the connection, in. (mm); *H* = overall height of rectangular HSS member, measured in the plane of the connection, in. (mm)

2. Kontrol Kapasitas Tekan

Batas kekuatan [3]

$$N_u \leq \phi_n N_n \quad \phi_n = 0.85$$

Kekuatan tekan nominal

$$N_n = (0.66 \lambda_c^2) Ag f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 1,5$$

$$N_n = \frac{(0.88)}{\lambda_c^2} Ag f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,5$$

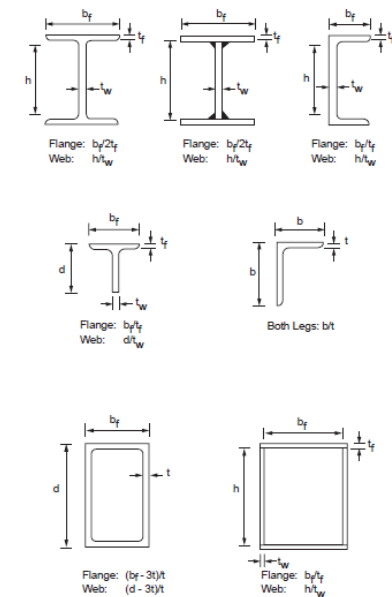
$$\lambda_c = \frac{L_k}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$L_k = K_c \times L$$

Dimana:

N_n : Kuat tekan nominal komponen (N)

K_c : Faktor panjang tekuk untuk komponen struktur λ_c : Kelangsingan Komponen Struktur Tekan [13]



Gambar 7. Rasio Tebal dan Lebar Penampang untuk Kontrol Kelangsingan Penampang [13].

Tabel 2.
Hasil Kontrol Tekan

No	No. Batang	Penampang (mm)	Kontrol Kapasitas Tekan						
			Ax	Ay	Ac	Kontrol	ØNn (kg)	Pu (kg)	Kontrol
1	152	Sqr 350 x 350 x 19	38.887	38.887	0.514	Ac < 1.5	463504	388134.101	OK
2	198	Sqr 550 x 550 x 32	24.679	24.679	0.326	Ac < 1.5	1424523	1194268.191	OK
3	137	Sqr 350 x 350 x 19	29.485	29.485	0.39	Ac < 1.5	513363	1921.336925	OK
4	127	Sqr 350 x 350 x 19	46.06	46.06	0.609	Ac < 1.5	427930	95584.89045	OK
5	146	Sqr 500 x 500 x 28	28.555	28.555	0.377	Ac < 1.5	1088696	1094778.11	OK
6	192	Sqr 550 x 550 x 32	24.679	24.679	0.329	Ac < 1.5	1424527	1125678.877	OK
7	113	Sqr 350 x 350 x 19	44.333	44.333	0.586	Ac < 1.5	436123	270999.6726	OK
8	115	Sqr 350 x 350 x 19	40.239	40.239	0.651	Ac < 1.5	413247	21951.4512	OK
9	138	Sqr 650 x 650 x 36	24.283	24.283	0.321	Ac < 1.5	1911304	1791444.11	OK
10	180	Sqr 350 x 350 x 19	40.61	40.61	0.537	Ac < 1.5	454321	64787.8294	OK
11	105	Sqr 350 x 350 x 19	58.912	58.912	0.779	Ac < 1.5	371598	310456.8163	OK
12	107	Sqr 350 x 350 x 19	55.793	55.793	0.737	Ac < 1.5	384549	37962.93435	OK
13	186	Sqr 400 x 400 x 22	34.662	34.662	0.457	Ac < 1.5	141173	471491.9133	OK
14	47	Sqr 650 x 650 x 36	25.554	25.554	0.338	Ac < 1.5	1884907	1012666.603	OK
15	176	Sqr 400 x 400 x 22	51.329	51.329	0.678	Ac < 1.5	344043	46622.80385	OK
16	92	Sqr 450 x 450 x 25	32.326	32.326	0.691	Ac < 1.5	653683	359846.6089	OK
17	93	Sqr 400 x 400 x 22	67.757	67.757	0.895	Ac < 1.5	445885	49704.71887	OK
18	91	Sqr 400 x 400 x 22	67.757	67.757	0.895	Ac < 1.5	445885	347661.3026	OK
19	12	Sqr 350 x 350 x 19	38.896	38.896	0.507	Ac < 1.5	465507	26412.88943	OK
20	10	Sqr 450 x 450 x 25	29.07	29.07	0.384	Ac < 1.5	943899	802089.0754	OK
21	174	Sqr 350 x 350 x 19	37.344	37.344	0.494	Ac < 1.5	470914	57723.68875	OK
22	68	Sqr 400 x 400 x 22	48.582	48.582	0.642	Ac < 1.5	350400	302727.9853	OK
23	87	Sqr 350 x 350 x 19	56.902	56.902	0.752	Ac < 1.5	378891	3538.10072	OK
24	4	Sqr 350 x 350 x 19	37.313	37.313	0.493	Ac < 1.5	471072	95400.62208	OK
25	161	Sqr 400 x 400 x 22	32.68	32.68	0.432	Ac < 1.5	655424	528760.4667	OK
26	51	Sqr 350 x 350 x 19	55.47	55.47	0.733	Ac < 1.5	385913	302894.2237	OK
27	52	Sqr 350 x 350 x 19	55.47	55.47	0.733	Ac < 1.5	385913	40517.24393	OK
28	22	Sqr 500 x 500 x 28	26.99	26.99	0.357	Ac < 1.5	1107581	52860.54444	OK

Tabel 3.
Hasil Kontrol Tarik

No	No. Batang	Penampang (mm)	Kontrol Kapasitas Tarik		
			ØPn (kg)	Pu (kg)	Kontrol
1	152	Sqr 350 x 350 x 19	751410	199927.8925	OK
2	198	Sqr 550 x 550 x 32	1977885	29147.81207	OK
3	137	Sqr 350 x 350 x 19	751410	77691.52086	OK
4	127	Sqr 350 x 350 x 19	751410	284881.574	OK
5	146	Sqr 500 x 500 x 28	1577340	147716.4486	OK
6	192	Sqr 550 x 550 x 32	1977885	113271.7846	OK
7	113	Sqr 350 x 350 x 19	751410	23785.1635	OK
8	115	Sqr 350 x 350 x 19	751410	345125.8094	OK
9	138	Sqr 650 x 650 x 36	2642355	43260.43251	OK
10	180	Sqr 350 x 350 x 19	751410	424765.6314	OK
11	105	Sqr 350 x 350 x 19	751410	33989.9497	OK
12	107	Sqr 350 x 350 x 19	751410	327373.4072	OK
13	186	Sqr 400 x 400 x 22	993600	177062.9057	OK
14	47	Sqr 650 x 650 x 36	2642355	8925.725904	OK
15	176	Sqr 400 x 400 x 22	993600	902380.4837	OK
16	92	Sqr 450 x 450 x 25	1229580	21454.26407	OK
17	93	Sqr 400 x 400 x 22	993600	786995.4754	OK
18	91	Sqr 400 x 400 x 22	993600	119154.6685	OK
19	12	Sqr 350 x 350 x 19	751410	134146.2275	OK
20	10	Sqr 450 x 450 x 25	1229580	46635.77555	OK
21	174	Sqr 350 x 350 x 19	751410	667031.9631	OK
22	68	Sqr 400 x 400 x 22	993600	6074.50165	OK
23	87	Sqr 350 x 350 x 19	751410	598197.1589	OK
24	4	Sqr 350 x 350 x 19	751410	512453.0049	OK
25	161	Sqr 400 x 400 x 22	993600	109025.5576	OK
26	51	Sqr 350 x 350 x 19	751410	27327.19115	OK
27	52	Sqr 350 x 350 x 19	751410	356440.8799	OK
28	22	Sqr 500 x 500 x 28	1577340	1244282.416	OK

F. Perhitungan Sambungan

Sambungan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sambungan baut tipe friksi [3] dan untuk contoh salah satu sambungan dapat dilihat sebagai berikut:

Kuat geser nominal
 $(V_n) = 1.13 \times \mu \times n_{ei} \times n_{ij} \times k_h$

Kuat rencana:

$V_d = \phi V_n$

Dimana:

- μ : Koefisien geser
- n_{ij} : Gaya tarik minimum (kN)
- n_{ei} : Jumlah permukaan antara efektif
- ϕ : 0.75
- K_h : 1,00 untuk lubang standar

Sambungan Batang Tarik

$V_u = 1244282.416$ kg

Pelat Sambung $t = 40$ mm A36 ($f_y = 250$ MPa, $f_u = 400$ MPa)

Spesifikasi profil *square hollow* 500 x 500 x 28 yang dibutuhkan pada perhitungan ini sebagai berikut:

F	M	f	M
y = 345	pa	u = 490	pa
	m		m
d = 500	m	B = 500	m
E = 2000	M	t = 28	m
s = 00	Pa	f = 28	m
		$\frac{b^2}{500^2} =$	
A = 5080	m	=	$\frac{4(B+H)}{4(500+500)}$
g = 0	m ²	x =	m
		x =	62.5 m

Baut Tipe A325

Diameter baut (db) = 24 mm

Gaya tarik minimum = 21000 kg

Jumlah bidang geser = 1

$K_h = 1$ (Lubang standar)

$\mu = 0.35$ (Giling bersih)

Kuat Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)

Kuat Geser (V_{sf}) = $1.13 \times \mu \times n_{ei} \times N_{ti} \times k_h$

= $1.13 \times 0.35 \times 1 \times 21000 \text{ kg} \times 1$

= 8305.5 kg

Jumlah Baut (n)

$\frac{V_u}{V_{sf}} = \frac{1244282.416}{8305.5} = 149 = 150$ buah

Penempatan baut

50 buah untuk sisi bawah, kiri dan kanan.

Jarak Pemasangan Baut

Syarat : $2.5d_b \leq S \leq 15t_p$

$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$

$1.25d_b \leq S2 \leq 12t_p$

Maka:

Untuk jarak S : $2.5 \times 24 \leq S \leq 15 \times 28$

$60 \text{ mm} \leq S \leq 420 \text{ mm}$

Jarak S : 60 mm

Untuk jarak S1 : $1.5 \times 24 \leq S1 \leq (4 \times 28 + 100)$

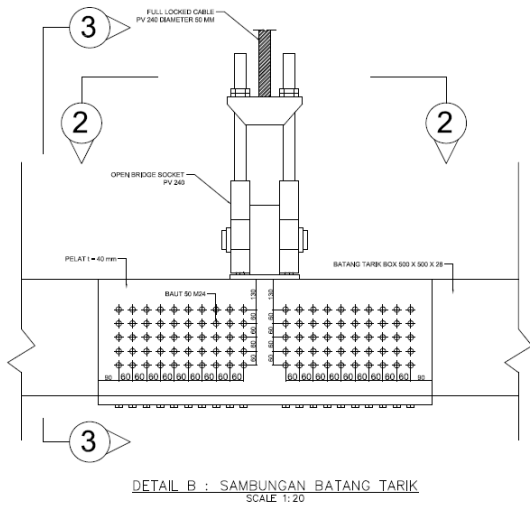
$36 \text{ mm} \leq S1 \leq 212 \text{ mm}$

Jarak S1 : 90 mm

Untuk jarak S2 : $1.25 \times 24 \leq S2 \leq 12 \times 28$

$30 \text{ mm} \leq S2 \leq 336 \text{ mm}$

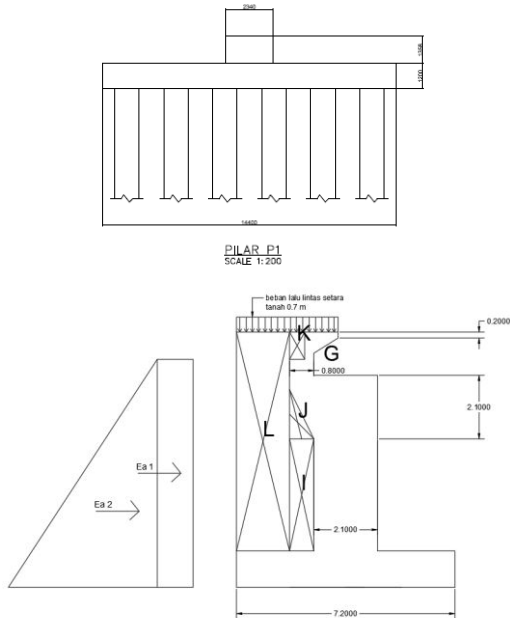
Jarak S2 : 130 mm



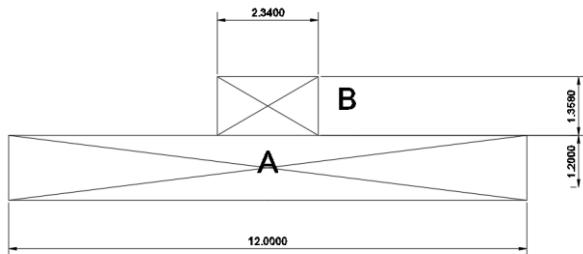
Gambar 8. Sambungan Batang Tarik.

G. Perencanaan Bangunan Bawah

Berat sendiri dari *abutment* dan pilar jembatan ditambah tanah dibelakangnya dibagi menjadi beberapa segmen. Pembagian segmen tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Sketsa Pembagian Berat Sendiri pada Abutment Jembatan dan Tanah dibelakang Abutment.



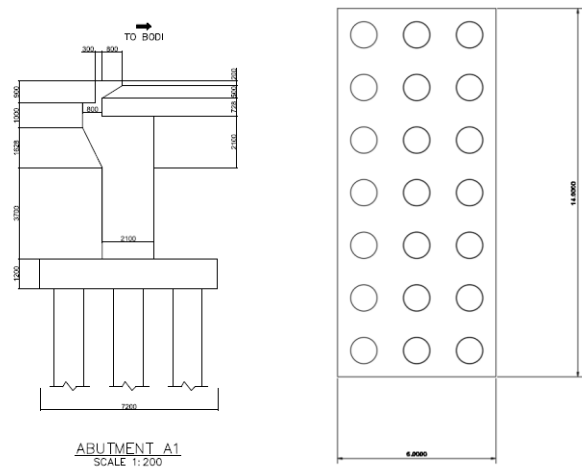
Gambar 10. Sketsa Pembagian Berat Sendiri pada Pilar

Pembagian segmen tersebut untuk mendapatkan berat total pilar dan *abutment* serta tanah dibelakang *abutment*. Kombinasi pembebanan pada struktur bangunan bawah Jembatan Busur Buol dapat dilihat pada Tabel 4. [6].

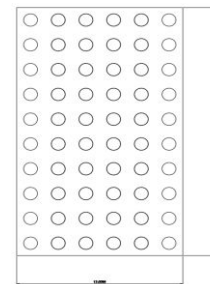
Tabel 4. Kombinasi Pembebanan pada Jembatan Buol

Kombinasi Pembebanan Pilar					
Kombinasi	P (t)	Mx (tm)	My (tm)	Hx (t)	Hy (t)
Kuat 1	5126.28	128.61	0.13	45.00	0.00
Kuat 3	3487.96	128.61	554.27	45.00	86.20
Kuat 5	3487.96	128.61	260.65	45.00	39.81
Ekstreme 1	3680.65	5365.84	1696.08	2075.33	890.22
Daya Layan 1	3089.83	71.45	221.06	25.00	33.65
Kombinasi Pembebanan Abutment					
Kombinasi	P (t)	Mx (tm)	My (tm)	Hx (t)	Hy (t)
Kuat 1	1816.43	549.11	-0.48	324.16	-
Kuat 3	1296.39	549.11	1004.04	324.16	13.65
Kuat 5	1481.56	549.11	304.40	324.16	6.45
Ekstreme 1	1521.74	512.05	4879.59	206.20	855.75
Daya Layan 1	1230.06	443.45	232.69	259.33	5.48

Sesuai kontrol pada *abutment* dan pilar serta kontrol tiang pancang sesuai kondisi tanah didapatkan dimensi *abutment* 11.1 x 2.1 x 7.3 meter dan pilar 11.4 x 2.1 x 1.4 meter serta tiang pancang dari PT Wijaya Karya untuk *abutment* sebanyak 21 buah dan untuk pilar sebanyak 60 buah dengan diameter tiang pancang sebesar 1000 mm [14].



Gambar 11. Desain Abutment dan Konfigurasi Tiang Pancang



Gambar 12. Desain Pilar dan Konfigurasi Tiang Pancang

III. KESIMPULAN

1. Perencanaan pelat lantai kendaraan merupakan pelat beton yang memiliki ketebalan 20 cm dan dilapisi aspal dengan ketebalan 5 cm.
2. Profil struktur sekunder Jembatan Buol menggunakan produk dari 3 sumber yaitu *JFE Steel Corporation* untuk profil WF dengan mutu baja ASTM A36 ($f_u = 390$ Mpa dan $f_y = 250$ Mpa), PT. Gunung Garuda untuk profil siku dengan mutu baja ASTM A36 ($f_u = 390$ Mpa dan $f_y = 250$ Mpa) dan *Steel Tube Institute of North America* untuk profil *Circular hollow* dengan mutu ASTM A500 GrB ($f_u = 400$ Mpa dan $f_y = 290$ Mpa). Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:

- Gelagar memanjang WF 434 x 299 x 10 x 15
 - Gelagar melintang WF 786 x 384 x 19.7 x 33.4
 - Ikatan angin lantai kendaraan L 200 x 200 x 20
 - Ikatan angin tepi atas O 8.625"
 - Ikatan silang angin rangka O 7"
 - Ikatan angin tepi bawah O 8.625"
3. Profil rangka utama menggunakan brosur *Corus Tubes Structural & Conveyance Business* yang memiliki mutu SN490 B ($f_y = 345$ Mpa dan $f_u = 490$ Mpa)

Berikut merupakan rekap profil rangka utama

- Batang tepi atas segmen 1 - 2 Box 550 x 550 x 32
 - Batang tepi atas segmen 3 & 5 Box 350 x 350 x 19
 - Batang tepi atas segmen 4 & 6 Box 400 x 400 x 22
 - Batang tepi bawah segmen 1 & 6 Box 350 x 350 x 19
 - Batang tepi bawah segmen 2 Box 500 x 500 x 28
 - Batang tepi bawah segmen 3 & 4 Box 650 x 650 x 36
 - Batang tepi bawah segmen 5 Box 450 x 450 x 25
 - Batang vertikal segment 1 & 3 Box 350 x 350 x 19
 - Batang vertikal segment 4 Box 450 x 450 x 25
 - Batang vertikal segment 5 & 6 Box 350 x 350 x 19
 - Batang diagonal segmen 1 - 3 Box 350 x 350 x 19
 - Batang diagonal segmen 4 & 5 Box 400 x 400 x 22
 - Batang diagonal segmen 6 Box 350 x 350 x 19
 - Batang tarik Box 500 x 500 x 28
 - Kolom portal akhir Box 500 x 500 x 22
 - Balok portal akhir Box 500 x 500 x 22
 - Batang penggantung *Full Locked Cables* berdiameter 50 mm ($f_y = 734$ Mpa dan $f_u = 1211.64$ Mpa)
4. Perletakaan yang digunakan menggunakan *POT Bearing* dari perusahaan *Freyssinet* dengan tipe GG 30000, GG 20000, FX 30000 dan GL 4000
5. *Abutment* jembatan memiliki tinggi 7.3 meter dan panjang 11.1 meter dengan lebar poer 6 meter, panjang 14 meter dan tebal 1.2 meter. Mutu beton yang digunakan adalah f'_c 29 Mpa dan mutu tulangan adalah f_y 392 MPa.
6. Pilar jembatan memiliki tinggi 1.4 meter, lebar 2.1 dan panjang 11.4 meter dengan lebar poer 12 meter, panjang 20 meter tebal 1.5 meter. Mutu beton yang digunakan adalah f'_c 29 Mpa dan mutu tulangan adalah

f_y 392 MPa.

7. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang *spun pile* PT. WIKA BETON dengan diameter 100 cm Tipe C untuk *abutment* yang memiliki kedalaman 18 meter dan diameter 100 cm Tipe C untuk pilar yang memiliki kedalaman 15 meter sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan untuk *abutment* sebanyak 21 buah dan untuk pilar sebanyak 60 buah

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.W mengucapkan terima kasih kepada PT. Brantas Abipraya (Persero) yang telah memberikan dukungan berupa data-data yang diperlukan pada tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan," Jakarta, 2008.
- [2] R. M. Barker and J. A. Puckett., *Design of Highway Bridges: An LRFD Approach*, 3rd ed. USA: John Wiley & Sons Inc, 2013.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, "RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan," Jakarta, 2005.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "Bridge Management System (BMS) Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan," Jakarta, 1992.
- [5] G. P. Steen, "Design study of a three span continuous tied-arch bridge," 1993.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan," Jakarta, 2016.
- [7] JFE Steel Corporation, "Wide Flange Shapes," Japan, 2011.
- [8] G. Garuda, "Angle (Hot Rolled)," Bekasi, 2016.
- [9] Steel Tube Institute, "Hollow Structural Section Dimensions and Section Properties," USA, 2002.
- [10] Corus UK Limited, "Jumbo Structural Hollow Section," United Kingdom, 2003.
- [11] Soletanche Freyssinet, "Freyssinet Mechanical Bearings," France, 2016.
- [12] American Institute of Steel Construction, "ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings," USA, 2010.
- [13] W. Chen and J. Y. R. Liew, *The Civil Engineering Handbook Second Edition*. USA: CRC Press LLC, 2002.
- [14] PT. Wijaya Karya Beton, "Brochure The Precast Concrete Manufacturer," Bekasi, 2017.