

Perencanaan Struktur Jembatan Sumber Sari, Kutai Barat, Kalimantan Timur dengan Sistem Busur Baja

Yanisfa Septiarsilia¹, Dita Kamarul Fitriyah², Jaka Propika³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Email: ¹yanisfa.septi@itats.ac.id, ²ditaka.fitriyah@gmail.com, ³jakapropika@gmail.com

Abstract

Indonesia is an island nation, and is crossed by rivers in each of its islands. Bridges have an important role in Indonesia, both long and short span bridges connecting inter islands and with river barriers have been built in Indonesia. This research focuses on Bridge Design using a steel bow system that contains artistic value, besides having a strong structure, this bridge also has a high aesthetic value. Sumber Sari Bridge, located in West Kutai, East Kalimantan has a span of 82 m with 2 vehicle lanes each 4 m wide. This bridge is a long span bridge. The initial stage of planning is the planning of the upper building consisting of vehicle floors and sidewalks, longitudinal girder and transverse girder, then the construction of the main bearer. Analysis using the SAP 2000 program is carried out after knowing the burdens that work on the construction to get the forces inside that work, especially for the main bearer construction and secondary construction. After the forces are known the magnitude of the voltage control calculations and connection calculations are performed. For the lower structure, an abutment (head of the bridge) is planned with a pile foundation.

Keywords: Arch Bridge, Steel, performance, SAP2000

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan, serta dilewati oleh sungai-sungai di setiap pulau. Jembatan memiliki peranan yang penting di Indonesia, jembatan bentang panjang maupun bentang pendek yang menghubungkan antar pulau maupun dengan hambatan sungai telah banyak dibangun di Indonesia. Penelitian ini fokus pada Perencanaan Jembatan dengan menggunakan sistem busur baja yang mengandung nilai seni, selain memiliki struktur yang kuat, jembatan ini juga memiliki nilai estetika yang tinggi. Jembatan Sumber Sari, yang terletak di Kutai Barat, Kalimantan Timur memiliki bentang 82 m dengan 2 lajur kendaraan masing-masing selebar 4 m. Jembatan ini merupakan Jembatan bentang Panjang. Tahap awal perencanaan adalah perencanaan bangunan atas yang terdiri dari lantai kendaraan dan trotoar, gelagar memanjang dan gelagar melintang, kemudian konstruksi pemikul utama. Analisa dengan menggunakan program SAP 2000 dilakukan setelah diketahui beban – beban yang bekerja pada konstruksi tersebut untuk mendapatkan gaya – gaya dalam yang bekerja, khususnya untuk konstruksi pemikul utama dan konstruksi sekundernya. Setelah gaya – gaya tersebut diketahui besarnya maka dilakukan perhitungan kontrol tegangan dan perhitungan sambungan. Untuk struktur bangunan bawah direncanakan abutment (kepala jembatan) dengan pondasi tiang pancang.

Keywords: Jembatan Busur, Baja, kinerja, SAP2000

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu sarana yang digunakan oleh manusia dalam melakukan berbagai interaksi. Mengingat pentingnya peran sarana transportasi dalam kehidupan manusia maka diperlukan sarana penunjang transportasi yang baik, diantaranya adalah jalan dan jembatan.

Jembatan mempunyai arti yang sangat penting dalam sistem transportasi sebagai prasarana untuk pergerakan barang dan jasa yang secara langsung akan menentukan produksi barang dan jasa tersebut. Jembatan merupakan struktur pelengkap jalan yang keberadaannya diperlukan untuk menghubungkan ruas jalan yang dibatasi oleh penghalang, misal sungai, lembah, jalan rel, dan lain-lain.

Kondisi eksisting jembatan Sumber Sari merupakan jembatan yang dipisahkan oleh tebing dengan bentang ± 82 m. Dengan bentang tersebut, di bagi menjadi 3, yaitu dengan panjang bentang 40 m dan dua bentang tepi sepanjang 21 m. Jembatan eksisting menggunakan Jembatan Prategang.

Jembatan tersebut dibangun untuk menghubungkan desa Sumber Sari dan desa Sendawar di kecamatan Barong Tongkok, Kutai Barat, Kalimantan Timur.

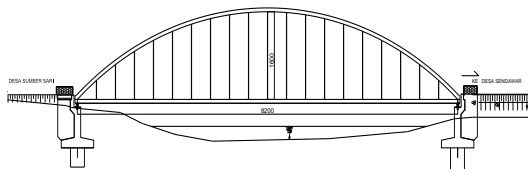
Pada Penelitian ini Jembatan Sumber Sari direncanakan ulang menggunakan Jembatan Busur Baja. Dipilihnya Jembatan Busur Baja pada Jembatan ini karena untuk bentang 60 – 600 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Busur Baja. Adapun pemberian bentuk Busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel. Sedangkan sebagai penanganan jembatan untuk mendukung pergerakan lalu lintas dan pengembangan kawasan serta peningkatan perekonomian suatu daerah hasil analisis menunjukkan bahwa tipe struktur yang sesuai dengan kondisi lapangan dan estetika adalah menggunakan jembatan baja bentuk busur dan pondasi tiang pancang. Studi lainnya terkait implementasi *strand* dalam sistem jembatan disampaikan oleh Wahyuni [1]–[3] yang menganalisa *performance level* dari elemen baja dan evaluasi inklinasi kabel. Dalam perencanaan jembatan lengkung terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu konfigurasi jembatan lengkung, material penyusun jembatan serta jenis sambungan yang digunakan. Selain itu juga dalam analisis dan desain jembatan busur, hal - hal yang harus diperhatikan yaitu dimensi penampang, variasi kelengkungan jembatan serta rasio antara berat jembatan terhadap lendutan yang terjadi agar diperoleh hasil yang optimum [4-6]. Selain itu jembatan busur memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya dan memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan di Indonesia yang menggunakan busur. Sedangkan zaman dahulu, sebelum teknologi beton prestressed dikembangkan, jembatan busur (arch bridges) selalu dipilih untuk konstruksi jembatan bentang panjang, dengan mengambil keuntungan timbulnya gaya tekan pada struktur lengkungnya.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah dengan pengumpulan data survey, data tanah, dan gambar perencanaan dari eksisting. Kemudian perencanaan struktur bangunan atas jembatan yang meliputi (1). Penentuan Dimensi tebal pelat, (2). Penentuan dimensi busur, dan (3) Perencanaan *Shear Connector*. Setelah dilakukan perencanaan bangunan atas, maka dilakukan analisis struktur jembatan dengan menggunakan program SAP2000.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preliminary Design.



Gambar 1. Tampak Samping Jembatan Sumber Sari

Menentukan tinggi konstruksi busur

Merencanakan dimensi penampang busur dan profil (tinggi, lebar penampang).

Tinggi fokus busur :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad (1)$$

L = Panjang jembatan

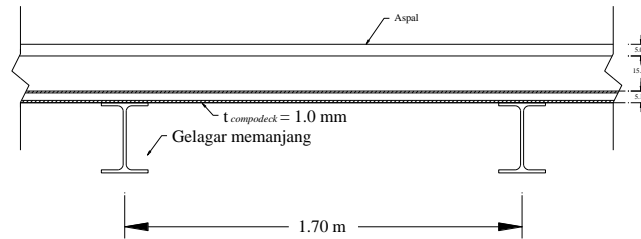
f = Tinggi busur jembatan

$f = 1/5 \cdot L = 1/5 \cdot 82 \text{ m} = 16,4 \text{ m} \dots\dots$

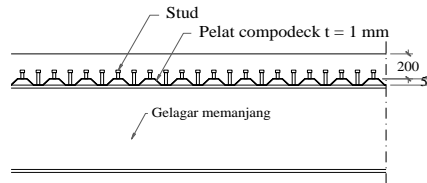
Direncanakan tinggi maksimum konstruksi jembatan busur = 16 m

3.2. Pelat Lantai Kendaraan.

Pelat lantai kendaraan berupa beton komposit antara beton bertulang dengan dek baja gelombang (*compodeck*).



Gambar 3. Potongan Melintang Gelagar



Gambar 4. Potongan Memanjang Pelat Lantai Kendaraan

3.3. Tebal pelat lantai kendaraan

Berdasarkan BMS 1992, ditentukan bahwa perencanaan tebal pelat lantai kendaraan pada jembatan yaitu sebagai berikut :

$$200 \leq D \leq 100 + 0,04 L \quad (1)$$

$$t_{\text{plat}} = 25 \text{ cm.}$$

$$t_{\text{aspal}} = 5 \text{ cm.}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan tebal perkerasan adalah 250 mm.

Didapatkan penulangan lenturnya (lapangan) sebesar D16 – 250 ($A_s = 803,84 \text{ mm}^2$), sedangkan penulangan lentur (tumpuan) sebesar D16 – 200 ($A_s = 1004,8 \text{ mm}^2$), dengan tulangan susut yang digunakan adalah $\phi 10 - 150$ ($A_s = 523 \text{ mm}^2$).

3.4. Pembebanan

Pembebanan ini direncanakan dalam 2 kondisi yaitu: (1). Kondisi sebelum Komposit dan (2). Kondisi setelah Komposit dengan Analisa Pembebanan meliputi: (1).Beban Mati, (2).Beban Hidup, (3). Beban Pengaruh Pelaksanaan, (4). Beban Trotoar (pedestrian) + sandaran

Rekapitulasi Pembebanan Lantai Kendaraan

Berikut adalah tabel hasil rangkuman dari beban-beban yang akan bekerja diatas pelat lantai kendaraan:


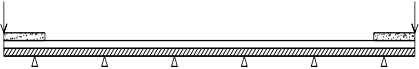
Tabel 1. Rekapitulasi Pembebanan Lantai Kendaraan

Jenis Beban	Beban Nominal	LF	Beban Ultimate
Beban mati (DL1)			
Beban pelat beton	6,00 kN/m	1,3	7,8 kN/m
Beban compodeck	$1,3 \times 10^{-4} \text{ kN/m}$	1,1	$1,43 \times 10^{-4} \text{ kN/m}$
Beban kantilever (DL2)			
Beban plat trotoar	7,05 kN/m	1,3	9,165 kN/m
Beban sandaran			1,933 kN/m
Beban superimpose (SDL)			
Beban aspal	2,2 kN/m	1,3	2,86 kN/m
Beban pelaksanaan (PLL)			
Beban pelaksanaan	2 kN/m	1,25	2,5 kN/m
Beban hidup (LL)			
Beban truk	146.25 kN	1,8	263,25 kN
Beban pejalan kaki	5 kN/m	1,8	9 kN/m

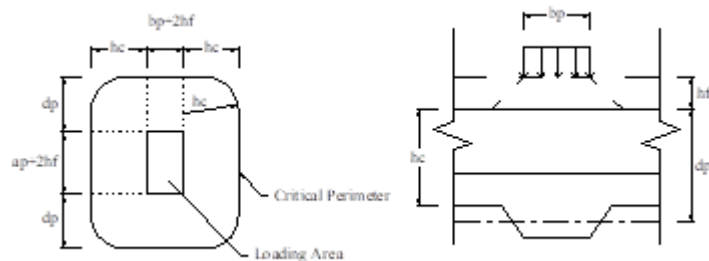
Konfigurasi Pembebanan

Untuk mendapatkan pengaruh yang paling menentukan, beban dikonfigurasi dalam keadaan ultimit (RSNI T-02-2005: Tabel 40). Berikut adalah tabel konfigurasi pembebanan untuk lantai kendaraan:

Tabel 2. Konfigurasi Pembebanan Lantai Kendaraan

Model	Kombinasi	Permodelan Struktur
1	DL1+PLL (pelaksanaan)	
2	DL1+SDL+PLL+DL2(T1)	

Kontrol Geser Pelat Lantai



Gambar 5. Bidang Kritis Pada Pelat Lantai Kendaraan

Berdasarkan pada Gambar 5 didapatkan, sebagai berikut:

$$V_u = KTTU \times 'T' \times (1 + DLA) = 1,8 \times 112,5 \times (1 + 0,3) = 263,25 \text{ kN}$$

$$V_n = C_p h_c f_{cv} = 3310 \times 200 \times 1,5 = 993000 \text{ N} = 993 \text{ kN}$$

Maka, kontrol kuat penampang pada geser harus memenuhi $V_u \leq V_n$, $263,25 \text{ kN} \leq 993 \text{ kN}$. Dapat ditarik kesimpulan bahwa penampang kuat untuk memikul gaya geser yang bekerja diatas lantai kendaraan tanpa tulangan geser.

3.5. Perencanaan Gelagar Memanjang

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : 500 x 200 x 10 x 16. Dengan mutu baja BJ41, $f_y = 250 \text{ MPa}$ dan $f_u = 410 \text{ MPa}$. Adapun pembebanannya, terekap dalam Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban mati (DL)			
Beban sendiri	0,897 kN/m'	1,1	0,9867 kN/m'
Beban pelat beton	12,24 kN/m'	1,3	15,912kN/m'
Beban pelat compodeck	0,022 kN/m'	1,1	0,0246 kN/m'
Beban superimpose (SDL)			
Beban aspal	3,74 kN/m'	1,3	4,862 kN/m'
Beban pelaksanaan (PLL)			
Beban pelaksanaan	2 kN/m'	1.2 5	2,5 kN/m'
Beban hidup (LL)			
Beban UDL	10,455kN/m	1.8	18,819 kN/m'
Beban KEL	108,29 kN	1.8	194,922 kN
Beban 'T'	146,25 kN	1.8	263,25 kN

Dengan beberapa opsi kombinasi pembebanan, meliputi :

Kombinasi 1 : DL + SDL + PLL + LL(UDL+KEL)

Kombinasi 2 : DL + SDL + PLL + LL('T')

Didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Analisa Penampang Gelagar Memanjang

Analisa		Hasil	Kesimpulan
Kontrol Kapasitas Penampang Lentur	$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2)$ $= 4356250.(221,66 + 0,152) + 2855000.(250-0,152) = 16979577751\text{Nmm} = 1697,58 \text{ kNm}$ $\phi M_n = 0,90 \times 1697,58$ $= 1511,62 \text{ kNm} > M_u = 269,831\text{kNm}$ Gaya geser max yang terjadi - $V_{uDL} + V_{uLL}$ $= 38,58 \text{ kN} + 263,25 \text{ kN} = 309,191 \text{ kN}$	$M_u < \phi M_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kuat Geser	$\phi V_n = \phi \times 0.6 \times f_y \times A_w$ $= 0,9 \times 0,6 \times 250 \times (10 \times 500)$ $= 675000 \text{ N} = 675 \text{ kN}$	$V_u < V_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Interaksi Geser dan Lentur	$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$ $\frac{269,81}{1511,62} + 0,625 \frac{309,19}{675} \leq 1.375$	$0,465 < 1,375$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol lendutan	$\Delta_{ijin} = = 0,5125 \text{ cm}$ $\Delta x = + + + +$ $= 0,083+0,0096+0,0724+0,0029+0,00395$ $= 0,172 \text{ cm}$	$\Delta x < \Delta_{ijin}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai

Dengan demikian WF 500.200.10.16 memenuhi syarat dan dapat dipakai sebagai gelagar memanjang pada perencanaan ini.

3.6. Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan gelagar melintang dipilih profil WF dengan dimensi WF 900.300.16.28. Adapun pembebanannya, terekap dalam Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Melintang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban mati (DL)			
Beban sendiri	2,43 kN/m	1,1	2,673 kN/m
Beban G. memanjang.	3,68 kN	1,1	4,048 kN
Berat Lantai Kend., dll	30 kN/m	1,3	39 kN/m
Beban pelaksanaan (PLL)			
Beban pelaksanaan	8,2 kN/m	1,25	10,25 kN/m
Beban <i>Superimpose</i> (SDL)			
Beban aspal	9,02 kN/m	1,3	11,726 kN/m
Beban Trotoar			
Beban Trotoar	24,6 kN/m	1,8	44,28 kN/m
Beban sandaran	1,933	-	1,933 kN/m
Beban hidup (LL)			
Beban UDL _{100%}	25,2 kN/m	1,8	45,36 kN/m
Beban UDL _{50%}	12,6 kN/m	1,8	22,68 kN/m
Beban KEL _{100%}	65,2 kN	1,8	117,36 kN/m
Beban KEL _{50%}	32,6 kN	1,8	58,68 kN/m
Beban Truk	149,625 kN	1,8	269,325 kN
Beban pejalan kaki	2 kN/m	-	2 kN/m

Dengan beberapa opsi kombinasi pembebanan, meliputi :

Kombinasi 1 : DL + P gelagar memanjang + Pelaksanaan

Kombinasi 2 : SDL + Trotoar + LL(UDL+KEL)

Kombinasi 3 : SDL + Trotoar + LL(UDL+KEL)

Kombinasi 4 : SDL + Trotoar + LL(T1)

Kombinasi 5 : SDL + Trotoar + LL(T2)

Didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Analisa Penampang Gelagar Melintang

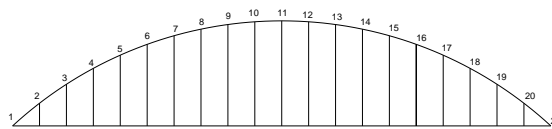
Analisa	Hasil	Kesimpulan
Kapasitas momen	$\phi M_n = 0,90 \times 2054$ $= 1848,6 \text{ kNm} > M_u = 798,2 \text{ kNm}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kuat Geser	$\phi V_n = \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w$ $= 0,9 \times 0,6 \times 250 \times (16 \times 844)$ $= 1823,04 \text{ kN} > 670,15 \text{ kN}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Interaksi Geser dan Lentur	$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$ $\frac{2258,05}{4648,95} + 0,625 \frac{670,15}{1823,04} \leq 1,375$ $0,715 < 1,375$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
	$\Delta ijin = 1,25 \text{ cm}$ $\Delta x = 0,80 \text{ cm}$	

Kontrol lendutan	$\Delta x < \Delta_{ijin}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
------------------	----------------------------	-----------------------------------

Dengan demikian WF 900.300.16.28 memenuhi syarat dan dapat dipakai sebagai gelagar melintang pada perencanaan ini.

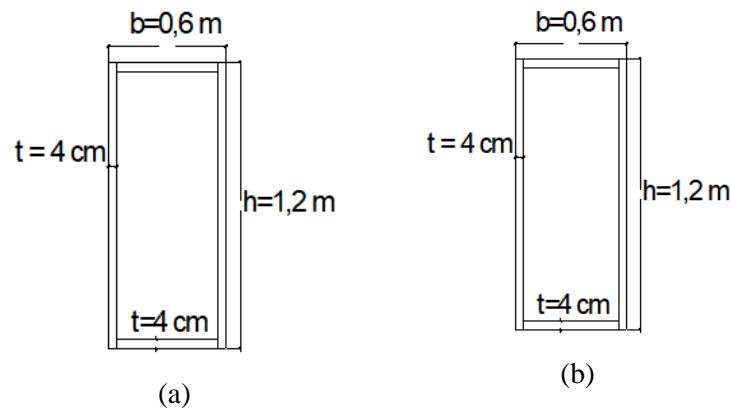
3.7. Perencanaan Konstruksi Pemikul Utama

Konstruksi pemikul utama adalah merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan yang kemudian diteruskan ke tumpuan. Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih adalah busur box dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola.



Gambar 6. Sketsa Konstruksi Pemikul Utama

Adapun dimensi balok busur yang digunakan adalah $H = 1,20$ m, $b = 0,60$ m, sedangkan untuk batang Tarik adalah $H = 1,20$ m, $b = 0,60$ m.



Gambar 7. Detail Penampang Balok Busur (a) dan Batang tarik Jembatan (b)

Dengan menggunakan metode analisa *finite element*, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Analisa Penampang Konstruksi Pemikul Utama

Analisa	Hasil	Kesimpulan
Kontrol Batang Tekan	$\phi_{Pn} = \phi_c A_g \times \frac{f_y}{\omega}$ $= 0,85 \times 137600 \times 290 \text{ Nmm} \times 10^{-3}$ $= 33918,4 \text{ kN} > P = 7775,497 \text{ kN}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai

Kapasitas Momen	$M_n = C_b \left[M_R + (M_P - M_R) \frac{(L_r - L_b)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 1,39 \left[4740 + (8363,52 - 4740) \frac{(109,4 - 5,4)}{(109,4 - 3,6)} \right]$ $= 11539,6 > \phi \cdot M_n = 0,9 \times 9363,52 = 8427,17 \text{ kNm}$ <p>Mny yang digunakan : 8427,17 kNm</p>	$M_u < M_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Interaksi Aksial dan Lentur	$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,00$ $\frac{7775,497}{33918,4} + \frac{8}{9} \left[\frac{1631,4443}{0,9 \times 13541,77} + \frac{3619,5999}{0,9 \times 8427,17} \right] \leq 1,00$	$0,77 \leq 1,00$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol Gaya Geser	$\phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 2505600 \text{ kg} = 2255040 \text{ kg}$ $\geq V_u \text{ (FE)} = 59498,6 \text{ kg}$	$V_u < \phi V_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol Gaya Puntir	$T_n = F_{cr} \cdot C = 17.400.000 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,052$ $= 904800 \text{ kgm} = 9048 \text{ kNm}$ $\phi T \cdot T_n = 0,9 \cdot 9048 \text{ kNm} = 8143,2 \text{ kNm}$ $T = 225,6958 \text{ kNm} < \phi T \cdot T_n$	$T_u < \phi T_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol Lendutan	$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \lambda = \frac{1}{800} 8200 = 10,25 \text{ cm}$ $\Delta x = 6,80 \text{ cm}$	$\Delta x < \Delta_{ijin}$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai

Tabel 6. Hasil Analisa Penampang Batang Tarik

Analisa	Hasil	Kesimpulan
Kontrol Batang Tarik $\phi \cdot R_n = 0,75 \times f_u \times A_e = 0,75 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 739,84 \text{ mm}^2$ $= 277440 \text{ kg} = 27744 \text{ kN} > P_u = 10217,959 \text{ kN}$	$P_u < \phi P_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kapasitas Momen $M_{nx} = 13814,21 \text{ kNm} > M_u = 2737,6671 \text{ kN}$	$M_u < M_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Interaksi Aksial dan Lentur $\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,00$ $\frac{9234,814}{33918,4} + \frac{8}{9} \left[\frac{2068,2426}{0,9 \times 13814,21} + \frac{2737,6671}{0,9 \times 8247,17} \right] \leq 1,00$	$0,75 \leq 1,00$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol Gaya Geser $\phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 2505600 \text{ kg} = 2255040 \text{ kg}$ $\geq V_u \text{ (FE)} = 59419,3 \text{ kg}$	$V_u < \phi V_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai
Kontrol Gaya Puntir $T_n = F_{cr} \cdot C = 17.400.000 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,052$ $= 904800 \text{ kgm} = 9048 \text{ kNm}$ $\phi T \cdot T_n = 0,9 \cdot 9048 \text{ kNm} = 8143,2 \text{ kNm}$	$T_u < \phi T_n$	Memenuhi syarat dan dapat dipakai

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 7 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 16 m, (2). Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal pelat compodeck 1 mm dan pelat beton bertulang 250 mm. Tulangan terpasang untuk bagian tumpuan D16-200 dan bagian lapangan D16-250, Lendutan sebesar $0,000014 \text{ m} \leq 0,0094 \text{ m}$ (Yijin), (3). Gelagar melintang WF 900.300.16.28 dengan rasio kapasitas geser dan lentur sebesar 0,465. Lendutan 0,172 cm akibat beban Truk (T) $\leq 0,5125 \text{ cm}$ (Yijin). dan (4). Struktur utama busur berupa profil box 1200 x 600 x 40 x 40, box tarik berupa box 1200 x 600 x 40 x 40, dan kabel penggantung menggunakan Zinc Coated Bridge Stand diameter 50,8 mm dengan lendutan 4,59 cm.

Referensi

- [1] E. Wahyuni and I. Komara, "Effect of Triangle Cables Configuration on the Behavior of Reinforced Concrete Submerged Floating Tunnel under Hydrodynamic Load," *Procedia Eng. IABSE*, vol. 39, no. 1, pp. 3045–3051, 2017.
- [2] E. Wahyuni, H. Istiono, D. Iranata, and I. Komara, "Non-linear analysis of failure mechanism of steel truss bridge," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 24, pp. 14373–14382, 2016.
- [3] I. Komara and E. wahyuni, "Evaluation of Buoyancy Weight Ratio in Submerged Floating Tunnel Under Hydrodynamic Loads. A Case Study of Seribu Islands," in *International Association for Bridge and Structural Engineering*, 2016, pp. 938–945.
- [4] Y.C. Olyvia, Bayzoni, dan E. Purwanto, "Analisis Konstruksi Jembatan Busur Rangka Baja Tipe A-half Through Arch", *JRSDD*, Edisi Maret 2015, Vol. 3, No. 1, Hal:81 – 90 (ISSN:2303-0011).
- [5] M.S. Ardiyansyah, Ismeddiyanto, R. Suryanita, "Analisis Jembatan Busur Pejalan Kaki Berdasarkan Variasi Letak Lantai Kendaraan", *Jom FTEKNIK*, Volume 6 Edisi 2 Juli s/d Desember 2019.
- [6] R. Prasmoro, H.S. Masiran, E. Wahyuni, "Modifikasi Jembatan Sembayat Baru II Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja", *JURNAL TEKNIK ITS*, Vol. 6, No. 1, (2017) ISSN: 2337-3539.