

PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* UNTUK JEMBATAN TAMBANG DESA BUNTARAN KABUPATEN TULUNGAGUNG

Farhan Ayuhan Fahmi^{1,*}, Nawir Rasidi², Aulia Rahman³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: farhanayuhanfahmi@gmail.com¹, nawir.rasidi@polinema.ac.id², aulia.rahman@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Akses penyeberangan di Sungai Brantas yang memisahkan daerah Desa Buntaran (Kabupaten Tulungagung) dan Desa Purwokerto (Kabupaten Blitar) masih menggunakan perahu konvensional dan dinilai tidak aman. Adapun kecelakaan yang terjadi telah menewaskan 3 orang dan menenggelamkan 1 unit mobil. Penelitian ini merencanakan jembatan rangka baja tipe Warren sebagai alternatif akses penyeberangan yang lebih aman dan efisien. Detail perencanaan terdiri dari bangunan atas, pier kolom, dan jembatan. Metode pelaksanaan pekerjaan jembatan meliputi perencanaan struktur menggunakan pendekatan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dengan pembebanan jembatan mengacu pada SNI 1725 – 2016 dengan bantuan program Midas Civil 2022. Jembatan sepanjang 100 m direncanakan menjadi dua bentang 50 m dengan lebar 9 m. Hasil penelitian ini adalah gelagar memanjang WF 400x300x12x14, gelagar melintang tengah WF 708x302x15x28, gelagar melintang ujung WF 428x407x30x50, batang atas 1 WF 428x407x20x35, batang atas 2 WF 428x428x30x50, batang bawah WF 428x407x20x35, batang diagonal WF 428x407x20x35, ikatan angin ujung WF 400x300x12x14, ikatan angin tengah WF 200x200x8x12, ikatan angin L 130x130x5. Pelat lantai tebal 250 mm menggunakan beton f'c 30 MPa dengan tulangan lentur menggunakan D16-100 dan tulangan bagi D13-100. Penghubung geser menggunakan diameter 22 dengan jumlah arah melintang 110 buah jarak 150 mm dan jumlah arah memanjang 56 buah jarak 150 mm. Sambungan menggunakan baut diameter 30 mm, 27 mm, 24 mm, 16 mm dengan ketebalan pelat buhul 20 mm. Pilar menggunakan beton f'c 30 MPa dimensi 2200 x 2200 dengan tulangan 94 D36 dan tulangan geser D16 – 200. Lendutan pada jembatan dikategorikan aman dengan menggunakan profil tersebut didapat 0,057 m.

Kata Kunci : Jembatan, Rangka Baja Tipe Warren, Pier kolom, Midas Civil

ABSTRACT

The crossing access on the Brantas River that separates Buntaran Village (Tulungagung Regency) and Purwokerto Village (Blitar Regency) still uses conventional boats and is considered unsafe. The accident that occurred has killed 3 people and drowned 1 car. This research plans a Warren-type steel frame bridge as an alternative access to a safer and more efficient crossing. The planning details consist of superstructure, pier column, and bridge. The method of implementing bridge work includes structural planning using the Load and Resistance Factor Design (LRFD) approach with bridge loading referring to SNI 1725 - 2016 with the help of the Midas Civil 2022 program. The 100 m long bridge is planned into two 50 m spans with a width of 9 m. The results of this study are longitudinal girder WF 400x300x12x14, center transverse girder WF 708x302x15x28, end transverse girder WF 428x407x30x50, top bar 1 WF 428x407x20x35, top bar 2 WF 428x428x30x50, bottom bar WF 428x407x20x35, diagonal bar WF 428x407x20x35, end wind ties WF 400x300x12x14, middle wind ties WF 200x200x8x12, wind ties L 130x130x5. The 250 mm thick floor slab uses f'c 30 MPa concrete with D16-100 flexural reinforcement and D13-100 reinforcement. Shear connectors use a diameter of 22 with a total of 110 transverse pieces spaced 150 mm apart and 56 longitudinal pieces spaced 150 mm apart. Connections use 30 mm, 27 mm, 24 mm, 16 mm diameter bolts with a gusset plate thickness of 20 mm. The pillars use concrete f'c 30 MPa dimensions 2200 x 2200 with reinforcement 94 D36 and

shear reinforcement D16 - 200. The deflection on the bridge is categorized as safe by using the profile obtained 0.057 m.

Keywords : Bridge, Warren Type Steel Truss, Pier column, Midas Civil.

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan struktur yang menghubungkan dua jalan yang dipisahkan oleh ngarai, lembah, sungai, bahkan pulau yang berjauhan (Yatnikasari dkk., 2021). Jembatan sebagai penghubung memiliki peran penting dalam lalu lintas suatu daerah. Menurut (Rayagung, Adnan, 2020) peran penting jembatan dalam transportasi agar saling terhubung, dimana yang perlu dilakukan agar tingkat kenyamanan dan keamanan jembatan menjadi faktor utama dalam penghubung jalan satu dengan lainnya. Akses penyebrangan disungai Brantas yang memisahkan daerah Desa Buntaran (Kabupaten Tulungagung) dan Desa Purwokerto (Kabupaten Blitar) masih menggunakan perahu konvensional dan dirasa kurang aman, guna meningkatkan keamanan dalam berkendara diperlukannya pembangunan infrastruktur penyebrangan yang memadai. Menurut Purwanto, H., & Hariadi, G. (2018) Jembatan rangka baja tipe *warren* merupakan tipe yang banyak digunakan dan kurang dikembangkan tipe lain, perbandingan tipe *warren* dengan tipe *parker* didapat defleksi dan berat struktur yang lebih kecil, sehingga jembatan tipe *warren* lebih diunggulkan dari segi keamanan dan kenyamanan konstruksi. Struktur jembatan direncanakan menggunakan rangka baja tipe *warren* memiliki jarak yang direncanakan sepanjang 50 m dengan lebar rencana 9 m. Menurut (Arifi & Setyowulan, 2020) Material baja memiliki kekuatan yang tinggi dengan berat struktur yang ringan serta memiliki dektalitas yang cukup tinggi. Selain itu, metode pemasangan yang digunakan juga mudah sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan.

2. METODE

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data dengan observasi rill dilapangan serta studi pustaka guna mencari referensi dan acuan dalam mengerjakan penelitian ini. Dalam menghitung jembatan rangka baja mengacu pada pedoman standar pembebanan untuk jembatan yaitu SNI 1725:2016.

Tabel 1 Data Teknis Jembatan

No	Tinjauan	Data Teknis
1	Nama Jembatan	Jembatan Tambang
2	Tipe	Rangka Baja Tipe Warren
3	Panjang Bentang	50 meter
4	Lebar Jembatan	9 meter (1,0 + 7,0+ 1,0 m)

5	Tinggi Jembatan	6,4 meter
---	-----------------	-----------

Penggunaan Material

Semua profil harus memiliki grade minimal SM 490 YA/YB JIS G3106, setara dengan SNI-07-7178-2006 untuk grade BJ55, yaitu syarat kekuatan luluh minimal F_y 345- 410 MPa dan tegangan ultimit F_u adalah 450-550 MPa minimum.

Profil

Semua profil rangka mengikuti variasi dimensi yang terdapat dalam Midas Civil pada *section property* JIS. Disarankan untuk menggunakan elemen rangka WF dalam profil canai panas (*hot-rolled*) dan tidak dilas, sementara profil yang dilas dengan kualitas yang sama masih diperbolehkan untuk rangka. Untuk *crossgirder*, harus menggunakan baja canai panas.

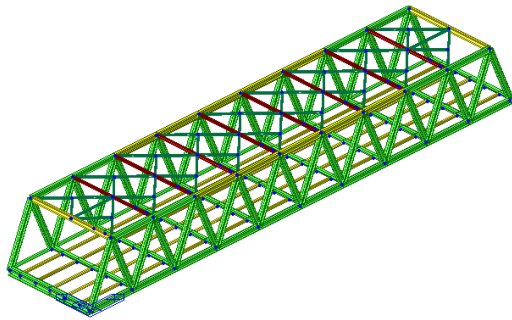
Tabel 2 Profil Baja

	Elemen	Profil
BSA1	Batang Atas 1	WF 428 x 407 x 20 x 35
BSA2	Batang Atas 2	WF 428 x 428 x 300 x 50
BSB	Batang Bawah	WF 428 x 407 x 20 x 35
BSD	Batang Diagonal	WF 428 x 407 x 20 x 35
BIT	Bracing Tengah	WF 200 x 200 x 8 x 12
BIU	Bracing Ujung	WF 400 x 300 x 12 x 14
BIA	Bracing Ikatan Angin	L 130 x 130 x 50
GMT	Gelagar Melintang Tengah	WF 708 x 302 x 15 x 28
GMU	Gelagar Melintang Ujung	WF 428 x 417 x 30 x 50
GP	Gelagar Panjang	WF 400 x 300 x 12 x 14

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur Atas

Jembatan rangka baja bentang 50 meter dengan lebar 9 meter dan tinggi 6,4 meter dimodelkan menggunakan *Midas Civil* 2022. Jembatan ditumpu dengan perletakan sendi-rol.



Gambar 1 Pemodelan Struktur

Pembebanan

Beban-beban yang diterapkan dalam struktur ini disesuaikan dalam SNI 1725:2016.

Beban yang dimaksudkan meliputi beban mati sendiri (*selfweight*), beban mati tambahan, beban lajur, beban truk, beban rem, beban pejalan kaki, beban angin struktur, beban angin kendaraan, temperatur merata, temperature gradien, beban gempa. Hasil kombinasi pembebanan pada **Tabel 3**

Tabel 3 Hasil Kombinasi Pembebanan

No	Elemen	Jenis Gaya	Kombinasi	Besar Gaya (kN),(kNm)
1	BSD	Tarik	KUAT – 1	4505.4
2	BSA2	Tekan	KUAT – 1	8424.7
3	BSB	Tarik	KUAT – 1	1147.8
4	BSD	Tekan	KUAT – 1	4567.2
5	BSA	Tekan	KUAT – 1	6219.6
6	BIA	Tekan	KUAT – 1	152.02
7	BIT	Tekan	KUAT – 3	154.26
8	BIU	Tekan	KUAT – 3	83.88
9	GMT	Lentur Vu	KUAT – 1	2078.4 636.36
10	GMU	Lentur Vu	KUAT – 1	1847.8 617.99
11	GP	Lentur Vu	KUAT – 1	1991.0 648.88

Sumber : Hasil analisis Midas Civil 2022

Lendutan

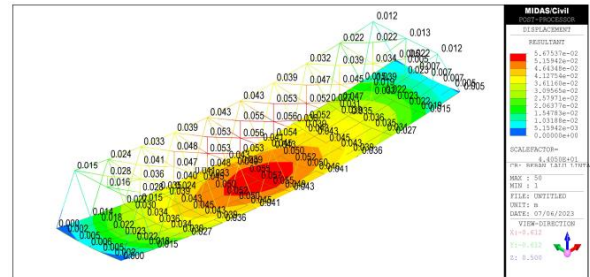
Menurut surat edaran Direktorat Jendral Bina Marga no. 05/SE/Db/2017 tentang Penyampaian Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan bahwa lendutan yang terjadi pada struktur akibat beban lalu lintas tidak boleh melebihi lendutan izin $L/800$. Lendutan yang terjadi pada jembatan rangka baja yang direncanakan adalah 0.057 m.

$$\frac{L}{800} > 0.057 \text{ m}$$

$$\frac{50}{800} > 0.057 \text{ m}$$

$$0.063 > 0.057 \text{ m "OK"}$$

Nilai lendutan yang didapat pada program Midas Civil 2022 dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Lendutan yang terjadi

Sumber : Hasil analisis Midas Civil 2022

Kontrol Batang

Batang Tekan

Dimana batang harus mampu menahan gaya yang terjadi.

Tabel 4 Kontrol Batang Tekan

Batang	Gaya Terjadi Pu (kN)	Tahanan Tekan Nominal ϕP_n (kN)	Cek
BSA 2	8424,7	17466,10	OK
BSD	4567,2	10913,44	OK
BSA 1	6223,1	9151,58	OK
BIA	152,02	929,59	OK
BIT	154,26	1486,77	OK
BIU	83,88	1938,16	OK

Sumber : Hasil perhitungan

Batang Tarik

Dimana batang harus mampu menahan gaya tarik yang terjadi.

Tabel 5 Kontrol Batang Tarik

Batang	Gaya Terjadi Pu (kN)	Tahanan Tarik Nominal ϕP_n (kN)	Cek
BSB	1147,8	12423,5	OK
BSD	4505,4	12423,5	OK

Sumber : Hasil perhitungan

Batang Lentur

Dimana batang harus mampu menahan gaya lentur yang terjadi.

Tabel 6 Kontrol Batang Lentur

Batang	Gaya Terjadi Mu (kN)	Tahanan Lentur Nominal ϕM_n (kN)	Cek
GMT	2078,4	2346,09	OK
GP	1991	3623,06	OK
GMU	1847,8	3078,54	OK

Sumber : Hasil perhitungan

Sambungan Baut

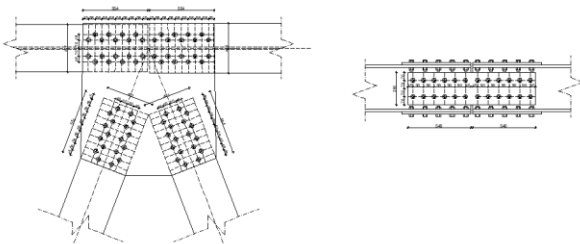
Dari hasil pembebanan didapat jumlah baut yang direncanakan dibuat sama pada setiap titik buhul dengan gaya terbesar, sehingga sambungan baut dinyatakan aman pada semua titik buhul. Sambungan harus memenuhi syarat $R_u \leq \phi R_n$

Jarak antar baut digunakan tepi 45 mm dan antar baut 116 mm

Tabel 7 Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Sambungan	Besar Gaya kN	Jumlah	Dia
Gelagar Melintang - Rangka	636.36	7 baut	24
Gelagar Memanjang - melintang	648.0	4 baut	24
Batang Atas	8424.7	48 baut	30
Batang Bawah	1147.8	16 baut	24
Batang Diagonal	4567	36 baut	27
Ikatan Angin	152.0	4 baut	16

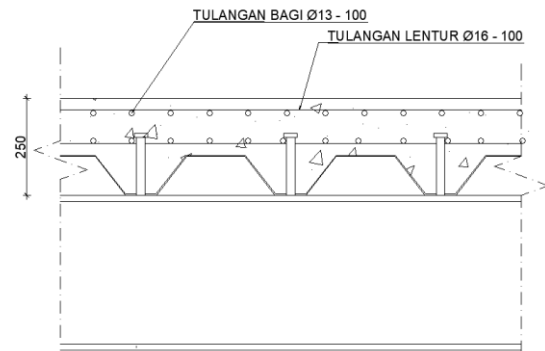
Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 3 Sambungan Rangka Atas

Penulangan Pelat Lantai

Pelat lantai dengan tebal 250 mm didapat tulangan lentur dengan D16 – 100 dan tulangan bagi D13 – 100.



Gambar 4 Penulangan Pelat Lantai

Shear Connector

Pada konstruksi komposit antara baja dan beton, memiliki gaya geser yang besar. Hal ini dapat diatasi dengan pemasangan penyambung geser.

Jumlah *shearconnector* arah melintang

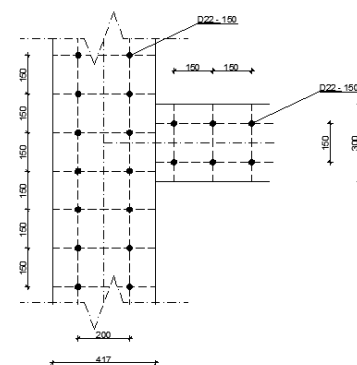
$$n = \frac{V_{LS}}{Q_n} = \frac{14686200}{155775} = 110 \text{ buah (untuk 2 baris)}$$

Shear Connector dibutuhkan sebanyak 110 buah dengan jarak 150 mm.

Jumlah *shear connector* arah memanjang

$$n = \frac{V_{LS}}{Q_n} = \frac{8596564}{155775} = 55.1 \sim 56 \text{ buah (untuk 2 baris)}$$

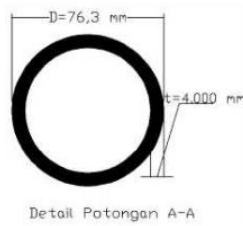
Shear Connector dibutuhkan sebanyak 56 buah dengan jarak 150 mm.



Gambar 5 Denah *shear connector*

Sandaran

Pipa sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu 0.75 kNm.



Gambar 6 Penampang Pipa Sandaran

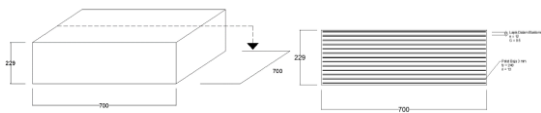
Diameter tepi 76,2 mm, diameter dalam 74,2 mm, tebal 4 mm, F_y 240 MPa.

Elastomer

Berdasarkan pedoman perancangan elastomer untuk perletakan jembatan yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR pada 2015 bahwa beban yang diterima oleh bantalan yang harus dihitung adalah beban hidup ditambah beban mati rencana.

Didapat dimensi

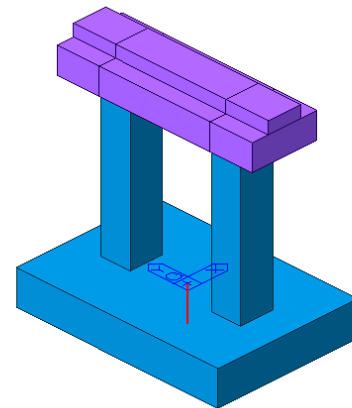
- Dimensi bantalan : 700x700x229
- Tebal cover : 5 mm
- Tebal lapis elastomer : 15 mm
- Jumlah lapis : 12 buah
- Tebal pelat baja : 3 mm
- Jumlah lapis baja : 13 buah



Gambar 7 Dimensi Elastomer

Pemodelan Struktur Pilar

Pemodelan pada perhitungan ini dimodelkan dengan aplikasi *Midas Civil*. Hasil analisis digunakan untuk merencanakan tulangan pada pier jembatan tumpang dari data pembebanan struktur atas.



Gambar 8 Pier Jembatan

Pembebanan

Berdasarkan hasil *Midas Civil* didapatkan reaksi dari struktur atas sebagai berikut:

Tabel 8 Reaksi Struktur Atas

Kombinasi	P kN	H_{trans} kN	H_{long} kN
Kuat 1	3863.44	1141.87	157.09
Ekstrem 1	2555.46	1382.54	1090.42

Sumber : Hasil perhitungan *Midas Civil* 2022

Dari reaksi struktur atas di tambahkan dengan beban gempa dan beban aliran air di dapat hasil pembebanan **Tabel 6**

Tabel 9 Resume Gaya Dalam Pilar

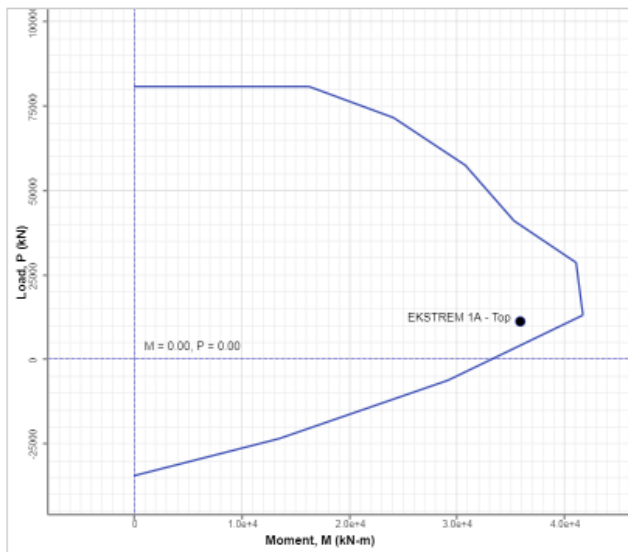
Kombinasi	P kN	V_u kN	V_u kN	M_{long} kN/m	M_{trans} kN/m
Kuat 1	13237	1288	314	3204	8662.
Ekstrem 1A	11513	1716	832	33029	13794
Ekstrem 1B	10533	794	1776	25480	18072

Sumber : Hasil perhitungan *Midas Civil* 2022

Analisis Kapasitas Lentur

Kapasitas suatu penampang pilar dapat dinyatakan dalam bentuk diagram interaksi (M_n dan P_n). Diagram interaksi menunjukkan hubungan beban aksial dan momen lentur pada elemen struktur tekan. Setiap titik pada diagram interaksi menunjukkan satu kombinasi P_n dan M_n untuk penampang

dengan kondisi atau lokasi sumbu netral yang tertentu. Diagram interaksi kolom diaplikasikan pada program *CsiCol* 11.



Gambar 9 Diagram Interaksi Pilar

Setiap kombinasi beban P_u dan M_u yang berada dalam diagram interaksi menandakan penampang pilar dapat memikul beban terjadi. Diagram diatas diperoleh menggunakan tulangan utama 94 D36.

Syarat luas tulangan minimum

$$A_s = 0.001 \cdot A_g$$

$$= 0.001 \cdot 4840000$$

Dimana 94 D36 didapat luas tulangan 95680.35 mm² dengan rasio penulangan 1.98%.

Penulangan Geser Pilar

Kuat geser beton harus memenuhi syarat

$$V_u / M_u < 1$$

$$1716.56 / 33029.59 < 1$$

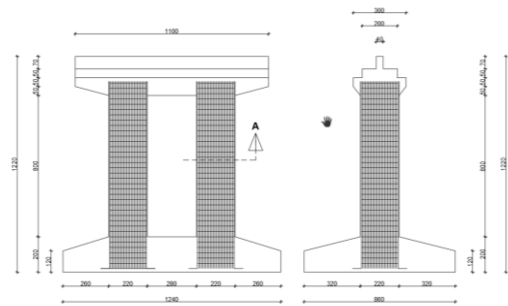
$$0,1 < 1 \sim \text{OK}$$

Syarat penampang

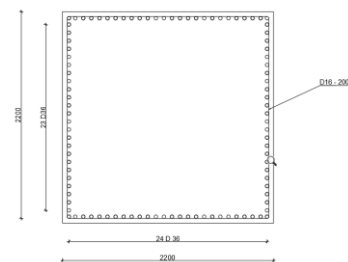
$$V_u < 0.5 \phi V_c$$

$$1716.56 < 0.5 \phi 5079779.5$$

Digunakan tulangan geser praktis dengan D16 – 200.



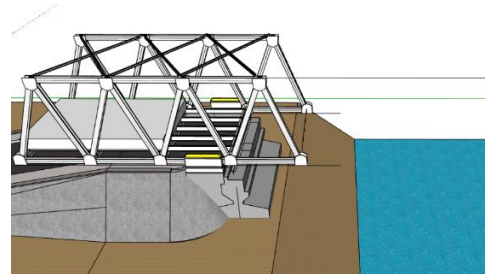
Gambar 10 Dimensi Pilar



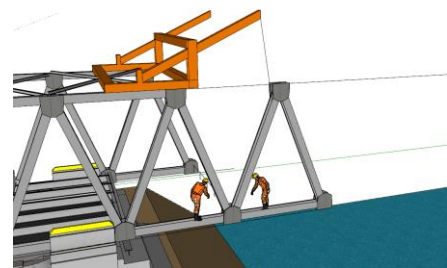
Gambar 11 Penulangan Pilar

Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang digunakan pada struktur atas dengan sistem kantilever. Sistem perakitan jembatan rangka baja yang dilakukan tanpa alat penyangga/perancah tetapi merupakan sistem pemasangan komponen per komponen.



Gambar 11 Frame Awal dengan Pemberat



Gambar 12 Pemasangan Segmen dan Sambungan

4. KESIMPULAN

Pada Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Menggunakan Software Untuk Jembatan Tambang

Desa Buntaran Kabupaten Tulungagung dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perencanaan struktur atas adalah sebagai berikut
 - a. Profil baja yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - (GMP) Gelagar Memanjang WF 400.300.12.14
 - (GMT) Gelagar Melintang WF 708.302.15.28
 - (GMU) Gelagar Memanjang Ujung WF 428.407.30.50
 - (BSA2) Rangka Batang Atas WF 428.428.30.50
 - (BSA1) Rangka Batang Atas WF 428.407.20.35
 - (BSB) Rangka Batang Bawah WF 428.407.20.35
 - (BSD) Rangka Batang Diagonal WF 428.407.20.35
 - (BIU) Batang Ikatan Angin Ujung WF 400.300.12.14
 - (BIT) Batang Ikatan Angin Tengah WF 200.200.8.12
 - (BIA) Batang Ikatan Angin L 130.130.5
 - b. Sambungan menggunakan baut diameter 30, 27, 24, 16 mm dengan tebal plat buhul 20 mm
 - c. Deck Plate menggunakan bondek dengan dimensi 1000 mm x 0,75mm x 5 m
 - d. Pelat lantai tebal 250 mm direncanakan menggunakan beton bertulang dengan mutu yang digunakan menggunakan f_y 420 MPa. Penulangan lentur menggunakan tulangan D16 – 100 dan tulangan bagi menggunakan D13 – 100.
 - e. *Shear Connector* arah melintang dengan diameter 22 membutuhkan 110 buah dengan jarak 150 mm, *Shear Connector* arah memanjang dengan diameter 22 membutuhkan 56 buah dengan jarak 150 mm.
 - f. Lendutan yang terjadi pada jembatan adalah 0.057 m.
 - g. Sandaran menggunakan pipa diameter 3”.
 - h. Bantalan Elastomer menggunakan dimensi 700 x 700 x 229 mm dengan hardness 55 shore A.
2. Hasil perencanaan struktur bawah pier sebagai berikut :
 - a. Pier dengan dimensi kolom 2200 x 2200 mm menggunakan tulangan pokok 94 D36 dengan tulangan geser praktis D16 – 200.
3. Metode pelaksanaan yang digunakan pada struktur atas dengan sistem kantilever. Sistem perakitan jembatan rangka baja yang dilakukan tanpa alat penyangga/perancah tetapi merupakan sistem pemasangan komponen per komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). LRFD bridge design specifications 8th Edition.
- [2] Arifi, E., & Setyowulan, D. (2020). Perencanaan Struktur Baja: Berdasarkan SNI 1729: 2020. Universitas Brawijaya Press.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2005). Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan. RSNI T-03-2005.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2016). Pembebanan untuk jembatan. SNI 1725:2016. www.bsn.go.id
- [5] Badan Standarisasi Nasional. (2016). Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. SNI 2883-2016. www.bsn.go.id.
- [6] Chen, W. F., & Duan, L. (Eds.). (2014). Bridge Engineering Handbook: Construction and Maintenance. CRC press.
- [7] Essen, D., Ambara, R., & Aseanto, R. (2022). Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Superstructure Design of Warren Truss Bridge with the LRFD Method.3. <http://world.journal.or.id/index.php/wjit>.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan. SE No. 10/SE/M/2015
- [9] Laksono, F. R., & Irawan, D. (2017). Modifikasi Perencanaan Jembatan Kalibambang Kab. Blitar–Kab. Malang Menggunakan Busur Rangka Baja.
- [10] Musthofa, M., Ansyorie, A., Alfin, M., Mustofa, K., Tahtal, M., Sabila, F., & Putri, N. M. (2020). Pemodelan Jembatan Rangka Dengan Kombinasi Tipe Rangka Ditinjau Dari Lendutan Dan Berat Jembatan. Prokons.
- [11] Purwanto, H., & Hariadi, G. (2018). Analisis Perbandingan Jembatan Tipe Parker Dan Tipe Warren Dengan Bentang 50 Meter. Jurnal Deformasi, 3(1), 10-18.
- [12] Rayagung, A. (2020). Analisis Pembebanan Pada Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan RSNI T-02-2005 Dan SNI 1726: 2016 (Doctoral dissertation, Univesitas Komputer Indonesia).
- [13] Sugara, Y. A. (2022). Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Truss Di Kota Padang. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 2(1), 43-44.
- [14] Yatnikasari, S., Asnan, M. N., & Liana, U. W. M. (2021). Alternatif Perencanaan Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan Metode LRFD Di Jembatan Gelatik Kota Samarinda. Rang Teknik Journal, 4(2), 282-294.