

## MODIFIKASI JEMBATAN WIROLEGI MENGGUNAKAN RANGKA BAJA TIPE WARREN TRUSS BENTANG 35 METER

Wildan Aprilia Perdana<sup>1,\*</sup>, Bobby Asukmajaya R<sup>2</sup>, Agustin Dita Lestari<sup>3</sup>

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email : [wildanapriaperdana@gmail.com](mailto:wildanapriaperdana@gmail.com), [bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id), [agustinditalestari@polinema.ac.id](mailto:agustinditalestari@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Modifikasi perencanaan jembatan pada skripsi ini dilakukan untuk menanggapi program pemerintah yang akan melakukan mitigasi penggantian jembatan *Callender Hamilton* di Pulau Jawa yang umurnya melebihi 40 tahun. Perencanaan Jembatan Wirolegi ini direncanakan dengan rangka baja tipe *warren truss* bentang 35 m, lebar jembatan 9,7 m dan tinggi 6,5 m. Perencanaan struktur atas jembatan ini meliputi elemen struktur, metode pelaksanaan dan estimasi biaya. Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah kondisi eksisting jembatan. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah LRFD (*Load Resistance Factor Design*) mengacu pada SNI 1725-2016, RSNI T-02-2005, RSNI T-12-2004, RSNI T-03-2005 dan ANSI/SDI *Composite C-11 Standar Floor Deck –Slabs*. Analisis struktur menggunakan *software* RSAP 2022 dengan pembebanan pada jembatan berupa beban permanen, beban transien dan kombinasi beban. Hasil desain yang diperoleh antara lain pipa sandaran menggunakan Ø3", trotoar menggunakan tulangan utama S16-250 dan tulangan bagi S10-150, kerb 20/15 menggunakan tulangan utama 4P10 dan tulangan sengkang 2 kaki P8-100, pelat lantai dengan tebal 25 cm menggunakan tulangan utama S16-100 dan tulangan susut S10-220, pada tumpuan menggunakan tulangan utama S16-100 dan tulangan susut S10-220, pelat bondek (BMY) 0,7 mm, gelagar melintang ujung IWF 800.300.14.26, gelagar melintang tengah IWF 900.300.25.37, gelagar memanjang IWF 400.200.8.13, batang struktur atas IWF 400.400.13.21 dan WF 400.400.16.22, batang struktur bawah WF 400.400.13.21, batang struktur diagonal IWF 400.400.13.21 dan WF 400.400.16.22, batang ikatan angin WF 150.150.7.10 dan WF 200.200.8.12. Sistem sambungan rangka baja menggunakan baut mutu tinggi tipe A325 dengan Ø16 dan Ø30. Metode yang digunakan untuk *erection* adalah *full temporary support*. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan adalah Rp. 3,893,586,206.50.

**Kata kunci** : Modifikasi, *Warren Truss*, *Callender Hamilton*, LRFD, RSAP 2022

### ABSTRACT

The modification of bridge planning in this thesis is carried out in response to the government program that will mitigate the replacement of the *Callender Hamilton* bridge on Java Island, which is over 40 years old. The planning of the *Wirolegi* Bridge is designed with a *Warren truss* steel frame, with a span of 35 m, bridge width of 9.7 m, and height of 6.5 m. The upper structure planning of this bridge includes structural elements, construction methods, and cost estimation. The data used in this study is based on the existing bridge condition. The method employed for this research is LRFD (*Load Resistance Factor Design*) referring to SNI 1725-2016, RSNI T-02-2005, RSNI T-12-2004, RSNI T-03-2005, and ANSI/SDI *Composite C-11 Standard Floor Deck – Slabs*. The structural analysis was performed using RSAP 2022 software with loads on the bridge consisting of permanent loads, transient loads, and load combinations. The design results include the following: support pipes using Ø3", sidewalks using main reinforcement S16-250 and stirrups S10-150, kerb 20/15 using main reinforcement 4P10 and stirrups 2 legs P8-100, 25 cm thick floor plates using main reinforcement S16-100 and shrinkage reinforcement S10-220, bearings using main reinforcement S16-100 and shrinkage reinforcement S10-220, 0.7 mm bondek plate (BMY), end cross beams IWF 800.300.14.26, middle cross beams IWF 900.300.25.37, longitudinal beams IWF 400.200.8.13, upper structure bars IWF 400.400.13.21 and WF 400.400.16.22, lower structure bars WF 400.400.13.21, diagonal structure bars IWF 400.400.13.21 and WF 400.400.16.22, wind tie bars WF 150.150.7.10 and WF 200.200.8.12. The steel frame connection system uses high-grade bolts type A325 with Ø16 and Ø30. The erection method employed is *full temporary support*. The estimated budget required is Rp. 3,893,586,206.50.

**Keywords**: Modification, *Warren Truss*, *Callender Hamilton*, LRFD, RSAP 2022

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan struktur yang menghubungkan dua daerah yang terputus dikarenakan adanya ngarai, sungai, jalan raya, bahkan pulau yang berjauhan [1]. Jembatan secara umum akses penghubung bagi pejalan kaki ataupun alat transportasi dimana jembatan sangat dibutuhkan untuk penggerak roda perekonomian [2]. Peran jembatan yang sangat penting dalam menghubungkan aktifitas transportasi dimana perlu dilakukan perencanaan agar faktor keamanan dan kenyamanan menjadi faktor utama dalam penghubung jalan satu dengan jalan lainnya [3].

Jembatan Wirolegi adalah sebuah jembatan yang menghubungkan Kecamatan Wirolegi dan Kecamatan Pakusari, lebih tepatnya terlatak di Jalan Brigjen Katamso, Sumber Ketanggi, Wirolegi, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Kondisi existing jembatan wirolegi menggunakan jenis jembatan rangka tipe *callender hamilton*. Pada tahun 2021 pemerintah men. Pada tahun 2021 Kementrian PUPR akan mengganti 37 jembatan *callender Hamilton* di pulau jawa melalui Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU). Dimana jembatan wirolegi termasuk kedalam jembatan yang akan dilakukan penggantian struktur atas dikarenakan umur jembatan yang melebihi 40 tahun dan dampak beban berlebih (*overloading*). Pada penelitian ini struktur atas jembatan akan di desain ulang menggunakan rangka baja tipe *warren truss*.

Jembatan rangka baja merupakan jembatan yang umum digunakan dan minim pengembangan tipe lain, perbandingan tipe *warren truss* dengan tipe lain didapat defleksi dan berat struktur lebih kecil, sehingga jembatan tipe ini lebih unggul dari segi keamanan dan kenyamanan [4]. Struktur atas jembatan merupakan struktur yang menerima beban jalan raya dan aktivitas lalu lintas diatasnya [5]. Beban-beban tersebut ditopang oleh pelat lantai kemudian disalurkan ke gelagar memanjang dan gelagar melintang selanjutnya disalurkan ke struktur bawah jembatan.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai alternatif desain pembangunan struktur atas jembatan. Jembatan Wirolegi ini didesain dengan bentang 35 meter, lebar 9,7 meter dan tinggi 6,5 meter. Keunggulan dari struktur baja yaitu memiliki kekuatan yang tinggi dengan berat yang ringan serta memiliki kekakuan yang cukup tinggi dan memiliki metode pemasangan yang mudah sehingga mempercepat dalam pelaksanaan pekerjaan dilapangan [6].

## 2. METODE

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data dengan dengan melakukan observasi dilapangan secara langsung untuk mendapatkan data yang berkaitan dalam penelitian ini. Data hasil dari observasi adalah kondisi existing jembatan, bentang jembatan existing dan lebar jembatan

existing, serta mencari studi literatur yang dijadikan acuan dalam melakukan perencanaan jembatan. Studi literatur yang digunakan dalam perencanaan Jembatan Wirolegi rangka baja tipe *warren truss* ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Peraturan yang Dipakai

Peraturan	Keterangan
RSNI T-12-2004	: Standar Peraturan Struktur Beton untuk Jembatan
RSNI T-02-2005	: Standar peraturan untuk pembebanan jembatan
RSNI T-03-2005	: Standar perencanaan baja untuk jembatan
SNI 1725 (2016)	: Standar peraturan untuk pembebanan jembatan
ANSI/SDI Composite C-11 Standar Floor Deck –Slabs	: Standar peraturan untuk perencanaan pelat bondek

Setelah dilakukan pencarian data dan studi pustaka dilakukan penentuan spesifikasi jembatan. Dalam penelitian kali ini spesifikasi ditentukan dalam *preliminary design* sebagai berikut.

Tabel 2 Spesifikasi Mutu

Spesifikasi	Mutu
Mutu Beton	: 30 MPa (Untuk pelat lantai kendaraan) 25MPa (Untuk trotoar jembatan)
Mutu Baja Tulangan	: BJTP-24 (fy = 235 MPa ; fu = 380 MPa) BJTS-40 (fy = 390 MPa ; fu = 560 MPa)
Mutu Profil Baja	: SM 490 YA JIS G3106 (fy = 345 MPa ; fu = 450 MPa)

*Software* yang digunakan untuk analisis struktur adalah RSAP 2022 dan hasil penggambaran hasil desain menggunakan *Autocad* 2022 untuk gambar struktur. Pemodelan jembatan struktur atas jembatan perencanaan berupa gelagar melintang, gelagar memanjang, batang struktur atas, batang struktur diagonal, batang struktur diagonal dan ikatan angin. Metode desain menggunakan LRFD, yang harus memenuhi momen lentur  $M_u \leq M_n$ , gaya geser  $V_u \leq V_n$  dan Tarik atau tekan  $P_u \leq P_n$ . Setelah dilakukan perencanaan struktur dilanjutkan perencanaan metode pelaksanaan jembatan dan melakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preliminary Design

*Preliminary design* dilakukan untuk perencanaan awal konstruksi jembatan. Berikut merupakan *preliminary design* modifikasi Jembatan Wirolegi.

#### A. Data Jembatan

Nama jembatan	: Jembatan Wirolegi
Lokasi jembatan	: Jalan Brigjen Katamso, Sumber

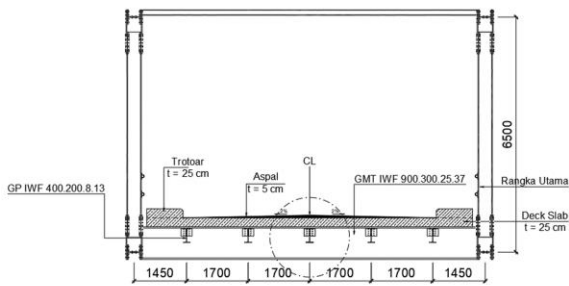
Ketanggi, Wirolegi, Kabupaten Jember

- Panjang bentang : 35 m
- Lebar jembatan : 9,7 m
- Tinggi Jembatan : 6,5 m
- Lebar lajur : 7 m (2 lajur)
- Trotoar : tebal = 0,25 m ; lebar = 1 m (sisi kanan dan kiri)
- Pelat Lantai : tebal = 0,25 ; lebar = 9 m

**B. Data Bahan**

- Beton :  $F_c' = 30$  MPa (untuk pelat lantai)  
 $F_c' = 25$  MPa (trotoar jembatan)
- Tulangan : BJTP – 24 ( $f_y = 235$  MPa ;  $f_u = 380$  MPa)  
BJTS – 40 ( $f_y = 390$  MPa ;  $f_u = 560$  MPa)
- Mutu Baja : SM 490 YA JIS G3106 ( $f_y = 345$  MPa ;  $f_u = 450$  MPa)

**C. Gambar Perencanaan**



**Gambar 1** Potongan Melintang Jembatan

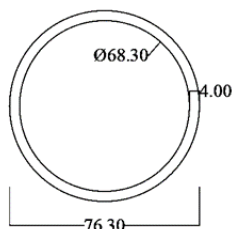
**Analisis Pembebanan**

Beban – beban yang berlaku untuk perencanaan Jembatan Wirolegi ini mengacu pada SNI 1725 (2016). Beban-beban yang terjadi pada jembatan adalah berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban pejalan kaki (TP), beban truk (TT), beban lajur D (TD), beban rem (TB), beban angin struktur (EWs) dan beban angin kendaraan (EWI).

**Perencanaan Struktur Atas**

**A. Perencanaan Pipa Sandaran**

Pembebanan untuk pejalan kaki direncanakan arah horizontal dan vertikal secara bersamaan pada masing-masing sandaran dengan  $W = 0,75$  kN/m. Hasil desain pipa sandaran menggunakan pipa besi  $\varnothing 3''$ .



**Gambar 2** Pipa Sandaran 3"

Kontrol terhadap lendutan

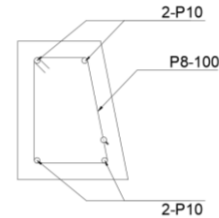
$$\frac{5 \cdot qR \cdot ls^4}{384 EI} < \frac{ls}{180}$$

$$\frac{5 \cdot 1391,161 \cdot 3231^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \cdot 59,5 \cdot 10^4} < \frac{3231}{180}$$

16,580 mm < 17,950 mm ... .. OK

**B. Perencanaan Kerb**

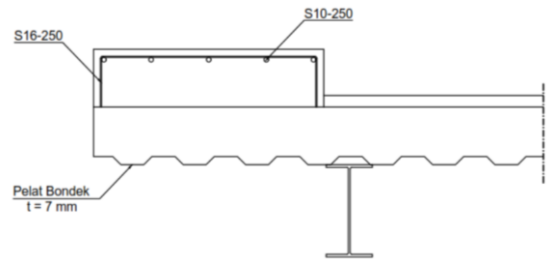
Pembebanan pada kerb meliputi beban permanen yaitu berat sendiri kerb dan beban hidup akibat tumbukan kendaraan sebesar 15 kN. Dari hasil analisa pada kerb didapatkan tulangan utama 4-P10 dan tulangan susut P8-100.



**Gambar 3** Penulangan Kerb

**C. Perencanaan Trotoar**

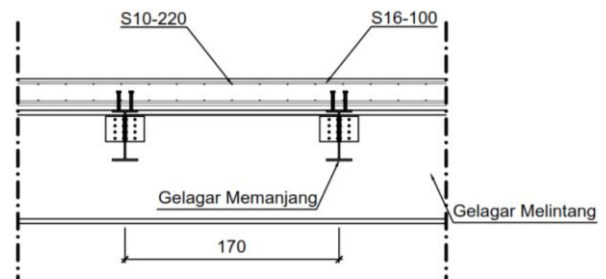
Perencanaan trotoar menggunakan beban mati sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban hidup pejalan kaki (TP). Dari hasil analisis, trotoar menggunakan tulangan utama S10-250 dan tulangan susut S16-250.



**Gambar 4** Penulangan Trotoar

**D. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan**

Pelat lantai ini direncanakan menggunakan pelat bondek dengan tebal 0,25 m. Pelat bondek memiliki spesifikasi tegangan leleh ( $f_y$ ) = 560 MPa dengan tebal 7 mm. dari hasil desain tulangan didapatkan tulangan terpasang pada tumpuan adalah S16-100 untuk arah melintang dan S10-220 untuk tulangan susut sedangkan tulangan yang terpasang pada daerah lapangan adalah S16-100 untuk arah melintang dan S10-220 untuk tulangan susut



**Gambar 5** Penulangan Pelat Lantai

**E. Perencanaan Gelagar**

Perencanaan jembatan rangka baja tipe warren truss menggunakan 3 macam gelagar antara lain, gelagar

melintang ujung (GMU), galagar melintang tengah (GMT) dan gelagar memanjang (GP). Berikut perhitungan perencanaan gelagar jembatan.

1. Perencanaan Gelagar Memanjang (GP)

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *software* RSAP 2022 mendapatkan nilai momen ultimit sebesar 429,730 kN dan gaya geser ultimit sebesar 238,820 kN. Profil yang digunakan adalah WF 400.200.8.13.

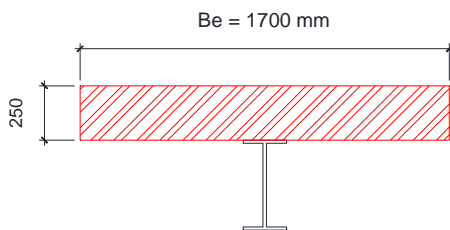
a. Lebar efektif (Be)

$$E \leq \frac{L}{4} = \frac{9000}{4} = 2300 \text{ mm}$$

$$bE \leq b_0$$

$$1700 \text{ mm} \leq 2300 \text{ mm}$$

Maka, diambil nilai lebar efektif pelat (bE) = 1700 mm



**Gambar 6** Lebar Efektif Pelat Lantai Kendaraan

b. Cek klasifikasi profil badan gelagar memanjang  
 $\lambda \leq \lambda_{pw}$ , Maka profil badan kompak sehingga balok komposit direncanakan menggunakan momen plastis.

c. Kontrol keamanan profil

$$M_u = 429,720 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$1108,622 \geq 429,720 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

d. Cek keamanan profil terhadap geser

$$V_u = 238,820 \text{ kN}$$

$$V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot A_{web} \cdot C_v = 1 \cdot 0,6 \cdot 345 \cdot 8 \cdot 1$$

$$V_n = 559184 \text{ N} = 599,184 \text{ kN}$$

e. Shear Connector

Jumlah Shear Connector

$$n = \frac{P_u}{Q_n} = \frac{252,380}{26,878} = 9,390 \text{ bh} \approx 10 \text{ bh}$$

$$S_{longitudinal} = \frac{L}{0,5 \cdot n} = \frac{5000}{0,5 \cdot 10} = 1000 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

2. Gelagar melintang tengah (GMT 9-14)

Berdasarkan hasil analisis struktur pada gelagar melintang tengah (GMT) dengan menggunakan *software* RSAP 2022 mendapatkan hasil  $M_{uy} = 2201,460 \text{ kNm}$  dan  $M_{uz} = 49,720 \text{ kNm}$ , gaya geser maksimal  $V_{uz} = 1305,260 \text{ kN}$  berada pada gelagar melintang 11. Profil yang digunakan untuk gelagar melintang tengah adalah IWF 900.300.25.37.

a. Cek keamanan profil

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 \cdot 4776,016 \text{ kNm} > 2201,460 \text{ kNm}$$

$$V_n = 8869,950 \text{ kN}, \text{ maka } V_n > V_u \dots\dots\dots \text{OK}$$

b. Kekuatan geser profil

$$V_u = 1305,260 \text{ kN}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot 345 \cdot 42850 = 8869950 \text{ N}$$

$$V_n = 8869,950 \text{ kN}, \text{ maka } V_n > V_u \dots\dots\dots \text{OK}$$

3. Gelagar Melintang Ujung

Berdasarkan hasil analisis struktur pada gelagar melintang ujung (GMU) dengan menggunakan *software* RSAP 2022 mendapatkan hasil  $M_{uy} = 729,260 \text{ kNm}$  dan  $M_{uz} = 226,330 \text{ kNm}$ , gaya geser maksimal  $V_{uz} = 360,140 \text{ kNm}$  yang berada pada GMU 1. Berikut merupakan perhitungan kapasitas lentur nominal pada GMU 1 dengan menggunakan profil IWF 800.300.14.26.

a. Cek keamanan profil

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 \cdot 2758,435 \text{ kNm} > 721,360 \text{ kNm}$$

$$2482,592 \text{ kNm} > 721,360 \text{ kNm}$$

b. Cek keamanan profil terhadap geser

$$V_u = 359,050 \text{ kN}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot 345 \cdot 26740 = 5535180 \text{ N}$$

$$V_n = 5535,180 \text{ kN}, \text{ maka } V_n > V_u \dots\dots\dots \text{OK}$$

F. Perencanaan Struktur Rangka Utama

Berdasarkan hasil desain pembebanan pada struktur rangka utama, maka dilakukan analisis struktur dengan menggunakan *software* RSAP 2022, hal tersebut guna untuk mengetahui gaya-gaya dalam pada masing-masing elemen struktur rangka utama. Berikut merupakan perencanaan struktur rangka utama.

1. Batang struktur atas (BSA WF 400.400.13.21)

Perencanaan batang struktur atas pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.13.21. Hasil analisis gaya pada batang struktur atas akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial terbesar di batang no. 100 yaitu  $P_u = 4941,880 \text{ kN}$ .

a. Kuat tekan nominal komponen struktur tekan

$$\lambda_c = \frac{KL}{(r_y \cdot \pi)} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 5000}{101 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,654$$

Didapatkan nilai  $\lambda_c \leq 1,5$ , maka nilai gaya tekan nominal dapat dihitung

dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = (0,66^{0,654}) \cdot 22400 \cdot 345$$

$$P_n = 5889098,892 \text{ N} = 5889,098 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot 5889,098 = 5005,734 \text{ kN}$$

b. Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$5005,734 \text{ kN} > 4941,880 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Didapatkan hasil  $\phi P_n > P_u$ , profil aman terhadap tekan

2. Batang struktur atas (BSA WF 400.400.16.22)

Perencanaan batang struktur atas pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.16.22. Hasil analisis gaya pada batang struktur atas akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial terbesar di batang no. 98 yaitu  $P_u = 2374,570 \text{ kN}$ .

a. Kuat tekan nominal komponen struktur tekan

$$\lambda c = \frac{KL}{(r_y \cdot \pi)} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 5000}{(100 \cdot 3,14)} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,661$$

Didapatkan nilai  $\lambda c \leq 1,5$ , maka nilai gaya tekan nominal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = (0,66^{0,661}) \cdot 23296 \cdot 345$$

$$P_n = 6106874,486 \text{ N} = 6106,874 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot 6106,874 = 5190,843 \text{ kN}$$

b. Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$5190,843 \text{ kN} > 2374,570 \text{ kN} \dots \dots \text{OK}$$

Didapatkan hasil  $\phi P_n > P_u$ , maka profil aman terhadap tekan.

3. Batang struktur diagonal (BSD WF 400.400.13.21)

Perencanaan batang struktur diagonal pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.13.21. Hasil analisis gaya pada batang struktur diagonal akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial tekan terbesar di batang no. 85 yaitu  $P_u = 2298,020 \text{ kN}$  dan aksial tarik terbesar pada batang no. 86 yaitu  $P_u = 3289,930 \text{ kN}$ .

Batang Tekan

a. Kuat tekan nominal komponen struktur tekan

$$\lambda c = \frac{KL}{(r_y \cdot \pi)} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 5000}{101 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,654$$

Didapatkan nilai  $\lambda c \leq 1,5$ , maka nilai gaya tekan nominal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = (0,66^{0,654}) \cdot 22400 \cdot 345$$

$$P_n = 5889098,892 \text{ N} = 5889,098 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot 5889,098 = 5005,734 \text{ kN}$$

b. Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$5005,734 \text{ kN} > 2298,020 \text{ kN} \dots \dots \text{OK}$$

Didapatkan hasil  $\phi P_n > P_u$ , maka profil aman terhadap tekan.

Batang Tarik

a. Kuat tarik nominal

$$P_n = A_e \cdot f_u = 18600,750 \cdot 450$$

$$P_n = 830337,500 \text{ N} = 8303,375 \text{ kN}$$

b. Kuat tarik nominal terfaktor

$$\text{Faktor reduksi kekuatan tarik fraktur } (\phi) = 0,75$$

$$\text{Kuat tarik nominal } (\phi P_n) = 0,75 \cdot 8303,375 = 6277,753 \text{ kN}$$

c. Cek keamanan penampang

$$\text{Kuat tarik nominal terfaktor } (\phi P_n) = 6277,753 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tarik ultimit } (P_u) = 3289,930 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u \dots \dots \text{OK}$$

4. Batang struktur diagonal (BSD WF 400.400.16.22)

Perencanaan batang struktur diagonal pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.16.22. Hasil analisis gaya pada batang struktur diagonal akibat beban

kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial tekan terbesar di batang no. 84 yaitu  $P_u = 3339,90 \text{ kN}$ .

a. Kuat tekan nominal komponen struktur tekan

$$\lambda c = \frac{KL}{(r_y \cdot \pi)} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 5000}{(100 \cdot 3,14)} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,661$$

Didapatkan nilai  $\lambda c \leq 1,5$ , maka nilai gaya tekan nominal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = (0,66^{0,661}) \cdot 23296 \cdot 345$$

$$P_n = 6106874,486 \text{ N} = 6106,874 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot 6106,874 = 5190,843 \text{ kN}$$

b. Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$5190,843 \text{ kN} > 3373,790 \text{ kN} \dots \dots \text{OK}$$

Didapatkan hasil  $\phi P_n > P_u$ , maka profil aman terhadap tekan.

5. Batang struktur bawah (BSB WF 400.400.13.22)

Perencanaan batang struktur bawah pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.13.22. Hasil analisis gaya pada batang struktur bawah akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial tarik terbesar di batang no. 80 yaitu  $P_u = 103,060 \text{ kN}$ .

a. Kuat tarik nominal

$$P_n = A_e \cdot f_u = 18600,750 \cdot 450$$

$$P_n = 830337,500 \text{ N} = 8303,375 \text{ kN}$$

b. Kuat tarik nominal terfaktor

$$\text{Faktor reduksi kekuatan tarik fraktur } (\phi) = 0,75$$

$$\text{Kuat tarik nominal } (\phi P_n) = 0,75 \cdot 8303,375 = 6277,753 \text{ kN}$$

c. Cek keamanan penampang

$$\text{Kuat tarik nominal terfaktor } (\phi P_n) = 6277,753 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tarik ultimit } (P_u) = 780,930 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u \dots \dots \text{OK}$$

6. Bresing Ikatan Angin Diagonal Profil WF 150.150.7.10

Perencanaan bresing ikatan angin diagonal Profil pada jembatan ini menggunakan profil WF 150.150.7.10. Hasil analisis gaya pada bresing ikatan angin diagonal akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial tekan yaitu  $P_u = 9,760 \text{ kN}$  dan aksial tarik terbesar yaitu  $P_u = 5,570 \text{ kN}$ .

Batang Tekan

a. Kuat tekan nominal komponen struktur tekan

$$\lambda c = \frac{KL}{(r_y \cdot \pi)} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 5460}{(37,500 \cdot 3,14)} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 1,925$$

Didapatkan nilai  $\lambda c \leq 1,5$ , maka nilai gaya tekan nominal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_n = \frac{0,88}{\lambda c^2} \cdot A_g \cdot f_y = \frac{0,88}{1,925^2} \cdot 4041 \cdot 345$$

$$P_n = 331077,106 \text{ N} = 331,077$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot 331,077 = 281,415 \text{ kN}$$

b. Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

281,415 kN > 9,760 kN ... .. OK  
 Didapatkan hasil  $\phi P_n > P_u$ , maka profil aman terhadap tekan.

Batang Tarik

- a. Kuat tarik nominal  
 $P_n = A_e \cdot f_u = 3060,900 \cdot 450$   
 $P_n = 1377405 N = 1377,405 kN$
- b. Kuat tarik nominal terfaktor  
 Faktor reduksi kekuatan tarik fraktur ( $\phi$ ) = 0,75  
 Kuat tarik nominal ( $\phi P_n$ ) = 0,75 . 1377,405 = 1033,053 kN
- c. Cek keamanan penampang  
 Kuat tarik nominal terfaktor ( $\phi P_n$ ) = 1033,053 kN  
 Kuat tarik ultimit ( $P_u$ ) = 5,570 kN  
 $\phi P_n > P_u$  ... .. OK

- 7. Bresing ikatan angin ujung (BIU WF 200.200.8.12)  
 Perencanaan Bresing ikatan angin ujung pada jembatan ini menggunakan profil WF 400.400.13.22. Hasil analisis gaya pada Bresing ikatan angin ujung akibat beban kombinasi beban kuat 1 "TD" didapatkan hasil gaya dalam aksial tarik yaitu  $P_u = 10,190 kN$

- a. Kuat tarik nominal  
 $P_n = A_e \cdot f_u = 5026,500 \cdot 450$   
 $P_n = 2261925 N = 2261,925 kN$
- b. Kuat tarik nominal terfaktor  
 Faktor reduksi kekuatan tarik fraktur ( $\phi$ ) = 0,75  
 Kuat tarik nominal ( $\phi P_n$ ) = 0,75 . 2261,925 = 1696,443 kN
- c. Cek keamanan penampang  
 Kuat tarik nominal terfaktor ( $\phi P_n$ ) = 1696,443 kN  
 Kuat tarik ultimit ( $P_u$ ) = 10,190 kN  
 $\phi P_n > P_u$  ... .. OK

**Perencanaan Sambungan**

Sambungan jembatan ini direncanakan dengan sambungan baut. Sebelum dilakukan perencanaan ukuran baut dilakukan analisis pembebanan jembatan menggunakan *software* RSAP 2022. 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 sebagai berikut :

$$R_u \leq \phi R_n.$$

**Tabel 3** Rekapitulasi Sambungan Baut

Sambungan	Ru (kN)	Diameter Baut (Ø) (mm)	Kuat Geser 1 Baut (Rn) (kN)	Jumlah Baut (n) (Bh)
BSA	4942	30	197	44
	2375	30	197	44
BSD	3290	30	197	40
	3374	30	197	40

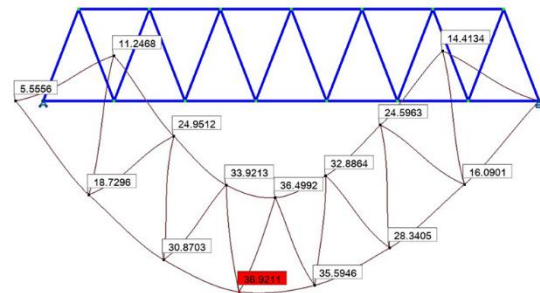
Sambungan	Ru (kN)	Diameter Baut (Ø) (mm)	Kuat Geser 1 Baut (Rn) (kN)	Jumlah Baut (n) (Bh)
BSB	781	30	197	44
IAU	18	16	56	16
IA	55	16	56	8
GP	239	16	56	12
GMT	1305	16	56	42
GMU	360	12	56	12

**Lendutan**

Lendutan pada jembatan perlu dibatasi untuk kenyamanan dan rasa aman bagi pengendara yang melewati jembatan. Menurut RSNI T-03-2005, lendutan jembatan dibatasi dengan nilai sebesar L/800. Berikut merupakan nilai lendutan yang diizinkan pada Jembatan Wirelegi bentang 35 meter.

$$\delta_{izin} = \frac{L}{800} = \frac{35}{800} = 43,750 mm$$

Dari hasil analisis menggunakan *software* RSAP 2022, didapatkan nilai yang paling maksimum pada kombinasi beban Kuat 1 TT. Lendutan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 7** Lendutan akibat Kuat 1 TT

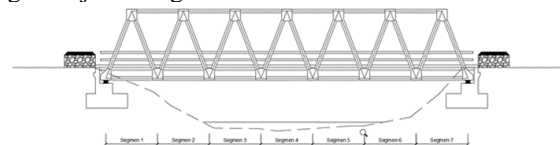
Syarat lendutan pada perencanaan jembatan, lendutan harus kurang dari lendutan izin. Berikut merupakan kontrol lendutan pada perencanaan Jembatan Wirelegi :  
 Akibat kombinasi Kuat 1 TT

$$\delta_{izin} > Layan 1 TD$$

$$43,750 mm > 36,9211 mm \dots \dots \dots OK$$

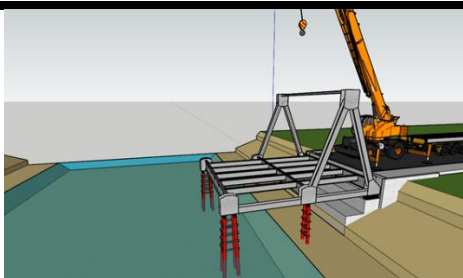
**Metode Pelaksanaan**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Full Temporary Support*. Metode ini merupakan metode jembatan rangka baja yang yang dapat diterapkan apabila kondisi sungai memungkinkan untuk dipasang perancah dengan jumlah banyak. Pemasangan dimulai dari sisi abutment 1 dibagi menjadi 7 segmen.

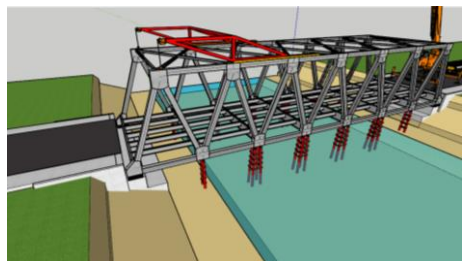


**Gambar 8** Pembagian Segmen pada Erection Jembatan

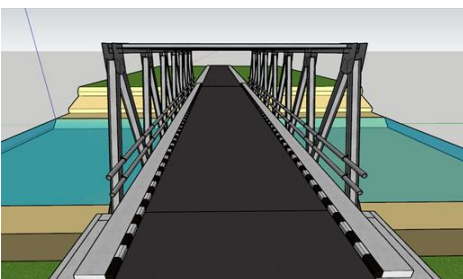




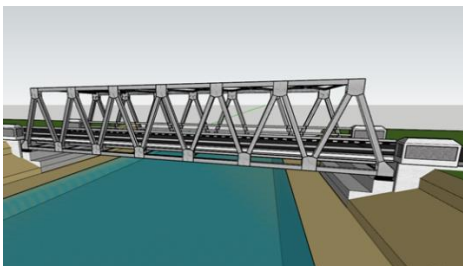
Gambar 9 Proses Erection pada Segmen 2



Gambar 10 Proses Erection pada Segmen 7



Gambar 11 Tampak Melintang Jembatan



Gambar 12 Tampak Samping Jembatan

#### Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB dalam perencanaan Jembatan Wirolegi ini menggunakan PUPR No.8 2023 dan HSD Kabupaten Jember 2022. Biaya yang diperlukan untuk modifikasi Jembatan Wirolegi ini adalah Rp. 3,893,586,206.50.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil modifikasi perencanaan Jembatan Wirolegi dengan struktur rangka baja tipe warren truss, maka dari hasil analisa perhitungan diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Pembebanan yang bekerja pada Jembatan Wirolegi dengan rangka baja tipe *warren truss* di Kabupaten Jember yaitu beban permanen, beban transien dan beban kombinasi.
2. Dari hasil perhitungan kapasitas elemen struktur didapatkan :

- a. Pelat lantai kendaraan yang digunakan merupakan pelat lantai beton bertulang dengan ketebalan 25 cm dengan menggunakan pelat bondek. Tulangan yang terpasang pada tumpuan adalah S16-100 untuk arah melintang dan S10-220 untuk tulangan susut dan tulangan yang terpasang pada daerah lapangan adalah S16-100 untuk arah melintang dan S10-220 untuk tulangan susut.
  - b. Berdasarkan hasil analisis kapasitas profil baja didapatkan
 

Gelagar melintang ujung	= IWF 800.300.14.26
Gelagar melintang tengah	= IWF 900.300.25.37
Gelagar memanjang	= IWF 400.200.8.13
Batang struktur atas 1	= WF 400.400.13.21
Batang struktur atas 2	= WF 400.400.16.22
Batang struktur bawah	= WF 400.400.13.21
Batang struktur diagonal 1	= WF 400.400.13.21
Batang struktur diagonal 2	= WF 400.400.16.22
Batang struktur diagonal ujung	= WF 200.200.8.12
Batang ikatan angin	= WF 150.150.7.10
3. Tiap-tiap elemen struktur diatas dihubungkan menggunakan sambungan baut mutu tinggi tipe A325 dengan menggunakan pelat buhul dengan tebal 22 mm. Berikut diameter dan jumlah baut yang dipakai :
    - Sambungan gelagar melintang ujung  $\varnothing 16$  (12 bh)
    - Sambungan gelagar melintang tengah  $\varnothing 16$  (42bh)
    - Sambungan gelagar memanjang  $\varnothing 16$  (12 bh)
    - Sambungan batang batang struktur atas  $\varnothing 30$  (44 bh)
    - Sambungan struktur diagonal  $\varnothing 30$  (40 bh)
    - Sambungan batang struktur bawah  $\varnothing 30$  (44 bh)
    - Sambungan batang ikatan angin ujung  $\varnothing 16$  (16 bh)
    - Sambungan batang ikatan angin diagonal  $\varnothing 16$  (8 bh)
  4. Metode pelaksanaan yang digunakan dalam perencanaan *erection* struktur atas rangka baja tipe warren truss Jembatan Wirolegi ini adalah *full temporary support*. Pemilihan metode ini dikarenakan sungai yang memiliki kedalaman memungkinkan dipasang perancah dan kemudahan dalam pelaksanaan konstruksinya
  5. Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada perencanaan modifikasi struktur atas rangka baja tipe *warren truss* Jembatan Wirolegi ini didapatkan total biaya sebesar Rp. 3,893,586,206.5.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yatnikasari, M. N. Asnan, and U. W. M. Liana, "Alternatif Perencanaan Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan Metode Lrfd Di Jembatan Gelatik Kota Samarinda," *Rang Tek. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 282–294, 2021, doi: 10.31869/rtj.v4i2.2518.
- [2] D. R. Fauziah and W. Juliprijanto, "Pengaruh pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Magelang," *J. Paradig. Multidisipliner*, vol. 2, no. 3, pp. 304–315, 2021.
- [3] F. A. Fahmi, "MENGGUNAKAN SOFTWARE UNTUK JEMBATAN TAMBANG DESA," vol. 5, pp. 139–145, 2024.
- [4] H. Purwanto, "Analisis Perbandingan Jembatan Tipe Parker dan Tipe Warren dengan Bentang 50 Meter," vol. 3–2. 2018.
- [5] A. N. Santoso and S. Sumaidi, "Perbandingan

Rangka Jembatan Tipe Warren Dan Tipe Pratt Pada Jembatan Brantas," *J. Envirotek*, vol. 13, no. 2, pp. 70–75, 2021, doi: 10.33005/envirotek.v13i2.143.

[6] E. Eva, A. Aafi, and D. Desyetyowulans, *Struktur*

*Struktur Baja Baja*. Malang, 2020.