

KOMPARASI PERENCANAAN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN DENGAN STANDAR JEMBATAN RANGKA NO. 07/BM/2005 (STUDI KASUS : PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN PENJALIN TABANG)

Faris Fadillah¹⁾, Ery Budiman²⁾, Mardewi Jamal³⁾

¹⁾Mahasiswa Progam Studi S1Teknik Sipil Universitas Mulawarman
SamarindaJl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119
e-mail : farizfadillah901@gmail.com

²⁾Pengajar Progam Studi S1Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda
e-mail : ery-budi@ft.unmul.ac.id

³⁾Pengajar Progam Studi S1Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda
e-mail : wic.djamil@gmail.com

ABSTRAK

Sarana transportasi yang baik akan membuat kelancaran suatu daerah yang ada untuk lebih berkembang. Agar kelancaran lalu lintas dapat terjadi dan tidak terhambat maka, kondisi prasarana tersebut harus selalu dijaga dan dirawat. Sampai dengan saat ini pedoman yang digunakan untuk jembatan rangka baja adalah Pedoman No: 07/BM/2005 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang ulang struktur bangunan atas pada jembatan rangka baja dengan tipe warren dan membandingkan hasil perencanaan jembatan dengan standar jembatan rangka No. 07/BM/2005. Jembatan ini merupakan alternatif baru yang akan berfungsi sebagai sarana penghubung antar Kecamatan Tabang – Kecamatan Kembang Janggut, Kabupaten Kutai Kartanegara. Jembatan rangka baja yang direncanakan memiliki panjang 60 meter dan lebar 9 meter. Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan adalah metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dengan berdasarkan konsep probabilitas yang menggunakan karakteristik statistik dari tahanan dan beban. Peraturan yang digunakan untuk merancang jembatan rangka baja tipe warren ini yaitu, peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 dan RSNI T-03-2005. Tahapan dalam merencanakan jembatan rangka adalah analisis analisis gelagar memanjang jembatan, analisis gelagar melintang jembatan, dan analisis struktur rangka utama. Dari hasil analisis perancangan struktur atas jembatan, profil baja yang digunakan pada gelagar memanjang HB 400.400.20.35, profil gelagar melintang IWF 900.300.18.34, profil rangka baja utama HB 400.400.45.70, dan profil ikatan angin HB 250.250.14.14.

Kata Kunci: Jembatan Rangka, Rangka Baja, Warren

ABSTRACT

Good transportation facilities will make it easier for an existing area to develop further. In order for traffic to flow smoothly and not be hampered, the condition of the infrastructure must always be treated and maintained. Until now, the guidelines used for steel truss bridges are Guideline No: 07/BM/2005 issued by the Public Works Department, Directorate General of Highways. Purposes to this study to redesign the superstructure of a warren type steel truss bridge and compare the results of the bridge planning with standard truss bridge No. 07/BM/2005. This bridge is a new alternative that will function as a means of connecting Tabang District - Kembang Janggut District, Kutai Kartanegara Regency. The planned steel truss bridge is 60 meters long and 9 meters wide. The method used in bridge planning is the LRFD (Load and Resistance Factor Design) method based on the concept of probability which uses statistical characteristics of resistance and load. The regulations used to design this warren type steel truss bridge are the Indonesian National Standard (SNI) 1725:2016 and RSNI T-03-2005 regulations. The stages in planning a truss bridge are analysis of the bridge's longitudinal girders, analysis of the bridge's transverse girders, and analysis of the main frame structure. From the results of the analysis of the design of the bridge's upper structure, the steel profile used in the longitudinal girder is HB 400.400.20.35, the transverse girder profile is IWF 900.300.18.34, the main steel frame profile is HB 400.400.45.70, and the wind tie profile is HB 250.250.14.14.

Keywords: Truss Bridge, Frame Steel, Warren

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara melalui Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kutai Kartanegara melakukan pembangunan kembali jembatan penjalin yang menghubungkan kecamatan Tabang dengan Kecamatan Kembang Janggut. Nama proyek yang ditangani adalah Pembangunan Jembatan Penjalin Tabang. Pembangunan jembatan ini, bertujuan untuk mengganti jembatan yang sebelumnya, sebab sebelumnya telah ada jembatan tipe gelagar baja komposit bentang 15 meter yang menghubungkan kecamatan tabang dengan kecamatan kembang janggut di kabupaten kukar tersebut, namun akibat terjadinya luapan air sungai belayan pada tahun 2020 mengakibatkan penggerusan jembatan (*scouring*) yang akhirnya menghancurkan jembatan long penjalin.

Dengan begitu diperlukan pembangunan jembatan yang layak menurut peraturan yang berlaku dan dilakukan komparasi hasil perencanaan dengan standar jembatan yang berlaku, yaitu standar jembatan rangka No. 07/BM/2005. Selain itu untuk meningkatkan aksesibilitas masyarakat maka direncanakan jembatan dengan struktur rangka baja sepanjang 60 meter dan peningkatan jalan agar dapat meminimalisir luapan sungai belayan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan Kembali Jembatan Long Penjalin menggunakan struktur rangka baja tipe *warren*. Digunakan jembatan rangka baja bentang 60 meter untuk meminimalisir dampak dari luapan sungai dan mudah dalam proses konstruksinya.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang ulang struktur bangunan atas pada jembatan rangka baja dengan tipe *warren*.
2. Untuk membandingkan hasil perencanaan jembatan dengan standar jembatan rangka No. 07/BM/2005.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi menghubungkan kedua ruas jalan yang terputus oleh adanya suatu rintangan yang permukaannya lebih rendah [6].

Jembatan berguna untuk membantu kegiatan sehari-hari, oleh karena itu jembatan yang akan dibangun harus sesuai dan memenuhi syarat kekakuan, lendutan, dan ketahanan terhadap beban yang bekerja [12]. Desain jembatan harus didasarkan pada peraturan, tata cara, code dan ketentuan yang berlaku. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tingkat keamanan, kelayakan dan penghematan yang mungkin masih dapat diterima dalam perencanaan struktur [3]. Ketentuan LRFD dianggap memenuhi syarat apabila kuat perlu, R_u lebih kecil dari kuat rencana, ϕR_n dengan ϕ adalah faktor tahanan yang nilainya bervariasi tergantung perilaku aksi komponen yang ditinjau [2]. Desain atau rencana yang baik akan memperhatikan faktor ekonomis dari sumber pendanaan untuk pelaksanaan jembatan tersebut kelak setelah selesai direncanakan. Pemilihan tipe bangunan atas, penentuan jumlah dan panjang bentang dan sebagainya akan menentukan seberapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun jembatan tersebut [5].

2.2 Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD)

LRFD adalah spesifikasi yang dikeluarkan oleh AISC (*American Institute Of Steel Construction*) untuk desain konstruksi baja, berdasarkan ketahanan metode kekuatan ultimit (Metode Plastik). LRFD memberikan perbandingan yang lebih spesifik antara beban Q dan resistensi R_n [16].

2.3 Standar Jembatan Rangka Bina Marga No. 07/BM/2005

Jembatan standar Bina Marga merupakan jembatan yang didesain secara tipikal terhadap peraturan pembebanan di Indonesia, yang mengacu pada pedoman gambar standar Bina Marga No.07/BM/2005. Komponen baja konstruksi dalam jembatan ini dibuat dari baja yang memenuhi mutu SM490 BJ 55, dan baut dengan mutu tinggi yaitu JIS B1180 Grade 8.8. Adapun profil baja terbesar yang digunakan pada jembatan kelas A bentang 60 m dapat dilihat pada tabel berikut [4].

Tabel 1. Profil Baja Bina Marga untuk Jembatan A60

Profil	<u>Batang Atas</u>	HB 400.400.32.32
	<u>Batang Bawah</u>	HB 400.400.16.28
	<u>Batang Diagonal</u>	HB 400.400.16.32
	<u>Gelagar Memanjang</u>	IWF 450.200.9.16
	<u>Gelagar Melintang</u>	IWF 750.350.12.25
	<u>Ikatan Angin</u>	IWF 150.150.6.9
		IWF 300.200.12.19

2.4 Pembebanan Jembatan berdasarkan SNI 1726:2016

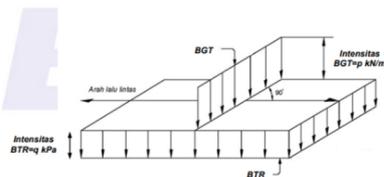
Pembebanan adalah salah satu unsur yang paling penting dalam mendesain struktur jembatan. Menurut SNI 1725-2016, terdapat 3 pembebanan yang digunakan untuk mendesain pembebanan yang ada pada jembatan. Yaitu beban permanen, beban lalu lintas, dan aksi lingkungan. [14]

Beban Permanen

- A. Berat Sendiri (MS)
 Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural.
- B. Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)
 Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan [14].

Beban Lalu Lintas

- A. Beban Lajur (D)
 Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Beban Lajur “D”

Beban Lajur terbagi menjadi 2 yaitu beban terbagi rata (BTR) dan beban garis tegak (BGT). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut :

Jika $L \leq 30$ meter, $q = 9,0$ kPa(1)

Jika $L > 30$ meter, $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kPa (2)

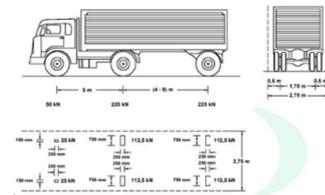
Keterangan : q adalah intensitas beban

terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa). L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

- B. Beban Truk (T)

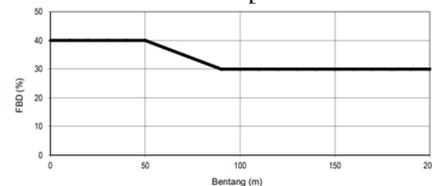
Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D". Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam gambar 2. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah – ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m.



Gambar 2. Pembebanan Truk “T” (500kN)

- C. Faktor Beban Dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan.



Gambar 3. Faktor beban dinamis

- D. Gaya Rem (TB)

Pada SNI 1725:2016 Standar Pembebanan untuk Jembatan, gaya rem diambil yang terbesar dari kondisi berikut.

- a. 25% dari berat gandar truk desain
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata

Gaya rem tersebut diletakkan di semua jalur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas.

- E. Beban Pejalan Kaki (TP)

Bangunan trotoar yang besarnya lebih dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan nilai intensitas sebesar 5 kN/m² [14].

Aksi Lingkungan

- A. Tekanan Angin Horizontal

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor harus memenuhi persyaratan sebagai berikut. [11]

$$P_u \leq \phi P_n \tag{5}$$

Dengan :
 Pu = kuat tekan ultimit
 Pn = kuat tekan nominal struktur tekan

B. Kelangsingan

- Kelangsingan elemen penampang, (Tabel 5) <

$$\lambda_r \tag{6}$$

- Kelangsingan komponen struktur tekan, $\lambda = L_k / r \leq 140$(7)

Nilai kelangsingan elemen penampang dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini [11].

Tabel 5. Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

Jenis Elemen	λ	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal	
		λ_p (kompak)	λ_r (tidak kompak)
Pelat Sayap Balok-I	$\frac{b}{t}$	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$
Pelat Badan	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{1680}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{2550}{\sqrt{F_y}}$

C. Kuat tekan nominal akibat tekuk lentur

Kuat tekan nominal dihitung menggunakan rumus berikut [11] :

$$P_n = (0,66\lambda_c^2) \times A_g \times F_y \text{ untuk } \lambda_c \leq 1,5 \tag{8}$$

$$P_n = (0,88\lambda_c^2) \times A_g \times F_y \text{ untuk } \lambda_c \geq 1,5 \tag{9}$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \tag{10}$$

$$L_k = kc \times L \tag{11}$$

Dengan :
 Ag =luas penampang bruto profil baja(mm²)

Fy =tegangan leleh baja (MPa)

λ_c =parameter kelangsingan

kc = faktor panjang efektif (mm)

E =modulus elastisitas bahan baja (N/mm²)

2.5 Komponen Struktur Tarik

A. Syarat Kuat Tarik

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor harus memenuhi [11] :

$$P_u \leq \phi P_n \tag{12}$$

dengan :

Pu = kuat tarik ultimit

Pn = kuat tarik nominal struktur tarik yang nilainya diambil dari nilai terendah dari

persamaan dibawah ini :

1) Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto

$$P_n = F_y \cdot A_g \tag{13}$$

2) Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif

$$P_n = A_e \cdot F_u \tag{14}$$

Dengan :

Ag = luas penampang bruto profil baja (mm²)

Ae = luas penampang efektif profil baja (mm²)

Fu = tegangan ultimit baja (N/mm²)

Fy = tegangan leleh baja (N/mm²)

B. Penampang Efektif

Luas dari penampang efektif suatu komponen struktur ditentukan dengan persamaan berikut [11] :

$$A_e = A_{nt} \times U \tag{15}$$

Dengan :

A_{nt} = luas penampang netto profil baja (mm²)

U = faktor reduksi

$$= 1 - \left(\frac{x}{L}\right) \leq 0,90$$

x = eksentrisitas sambungan (mm)

L = panjang sambungan arah gaya tarik (mm)

$$A_{nt} = A_g - (n \times d \times tf) \tag{16}$$

Dengan :

Ag= luas penampang bruto profil baja (mm²)

tf = tebal sayap profil baja (mm)

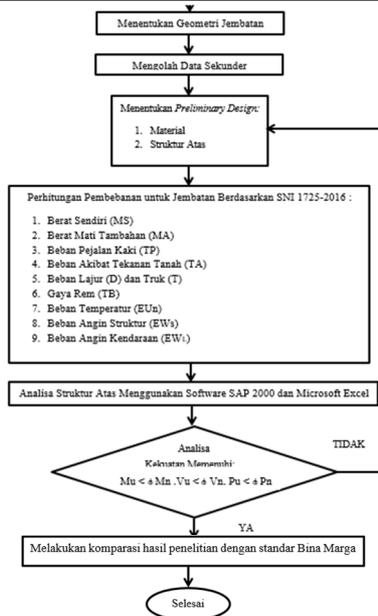
d = diameter lubang baut (mm)

n = banyak lubang dalam satu garis potongan

3. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian pada **Gambar 4** berikut.





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Pembangunan Jembatan Penjalin Tabang, Kutai Kartanegara. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



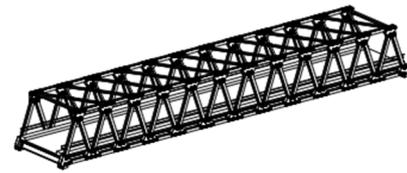
Gambar 5. Lokasi Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Pada pembangunan jembatan Long Penjalin ini dilakukan perencanaan desain awal berupa asumsi-asumsi yang dapat digunakan, akan tetapi bila setelah dicek kestabilan, kekokohan, keamanan, kelayakan dan kenyamanan konstruksi tidak memenuhi maka desain harus diubah [15]. Data profil baja yang digunakan:

- Gelagar memanjang = HB 400.400.20.35
- Gelagar melintang = IWF 900.300.18.34
- Rangka utama = HB 400.400.45.70
- Ikatan angin = HB 250.250.14.14

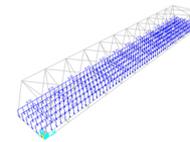


Gambar 6. Tampak 3 Dimensi Preliminary Design

4.2 Pembebanan Jembatan

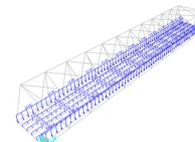
Perencanaan komponen struktur jembatan harus didasarkan terutama pada cara perencanaan berdasarkan batas ultimit yang harus memenuhi kriteria keamanan untuk semua jenis gaya dalam di dalam semua komponen struktur jembatan [9]. Pembebanan jembatan Long Penjalin dihitung berdasarkan SNI 1725:2016 kemudian dianalisa pada software SAP2000.

- Beban mati sendiri (MS) = 9,72 kN/m



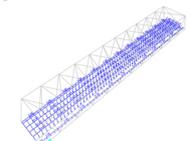
Gambar 7. Beban mati sendiri

- Beban mati tambahan (MA) = 16,15 kN/m



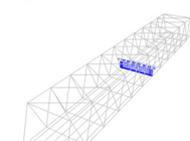
Gambar 8. Beban mati tambahan

- Beban terbagi rata (BTR) = 10,125 kN/m



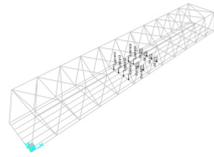
Gambar 9. Beban terbagi rata

- Beban garis tegak (BGT) = 67,375 kN/m



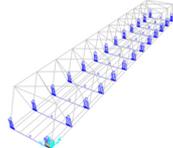
Gambar 10. Beban garis tegak

- Beban truk (TT) TR1 = 34,375 kN, TR2 = 154,6875 kN, TR3 = 154,6875 kN



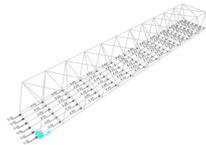
Gambar 11. Beban Truk

- Beban pejalan kaki (TP) = 25 kN/m



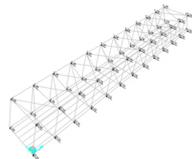
Gambar 12. Beban pejalan kaki

- Gaya rem (TB) = 2,14 kN/joint



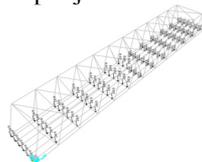
Gambar 13. Gaya rem

- Beban angin struktur (EW_s)
 - Angin tekan = 10,56 kN/joint
 - Angin hisap = 5,28 kN/joint



Gambar 14. Beban angin sruktur

- Beban angin kendaraan (EW_L) = 0,0193 kN/m per joint



Gambar 15. Beban angin kendaraan

Didapatkan hasil analisis struktur pada rangka utama jembatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisa Struktur

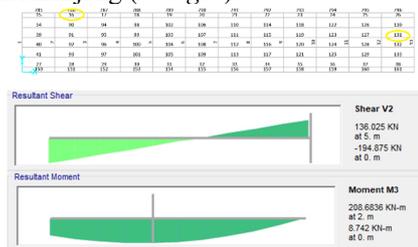
Profil Baja	Aksial (Pu)	Geser (Vu)	Momen (Mu)
Batang Atas	-242,637	-13.676,774	
Batang Diaogonal	6.028,461	-6.110,091	
Batang Bawah	9.632,762	80,068	
Ikatan Angin	13,449	-25,661	
Gelagar Memanjang		194,875	208,6836
Gelagar Melintang		1.158,347	2.560,3882

4.3 Perencanaan Gelagar Memanjang Komposit (Stringer)

Balok memanjang adalah balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun beban kendaraan yang melewati jembatan tersebut dan kemudian beban- beban tersebut didistribusikan menuju pondasi [7]. Data perencanaan gelagar memanjang:

- Profil gelagar memanjang = HB400.400.20.35
- Mutu baja = BJ37
- Mutu beton = 30 MPa
- Panjang gelagar = 5 m
- Jarak antar gelagar = 1,5 m
- Jumlah gelagar = 6 buah
- Tebal pelat lantai = 270 mm
- Berat jenis beton bertulang = 24 kN/m³
- Berat jenis baja = 78,5 kN/m³

1. Geser dan momen ultimate
Nilai momen dan geser pada gelagar memanjang (*stringer*).



Gambar 16. Gaya Maksimum Stringer

2. Tinjauan terhadap geser
 - a. Pengaku vertikal
 $a/h > 3$
 $15,924 > 3$
 - b. Kontrol ketebalan pelat badan
 $(h/t_w) \leq 3,57 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
 $15,7 \leq 103,057$
 - c. Tahan geser rencana
 $(h/t_w) \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}$
 $15,7 \leq 71,0047$, maka tinjauan geser dihitung menggunakan perhitungan geser plastis.
 $\phi_s V_n = 0,9 \times 0,6 \times F_y \times A_w = 813,888 \text{ kN}$
 $V_u = 194,875 \text{ kN}$
Gelagar memanjang aman terhadap geser.
3. Tinjauan terhadap lentur
 - a. Lebar efektif (b_E)
Diambil lebar efektif 1.500 mm
 - b. Persamaan keseimbangan $T = C$
Gaya pada serat tertarik,
 $T = A_s \times F_y = 8.656.800 \text{ N}$
Gaya pada serat tertekan,
 $C = 0,85 \times f_c' \times b_E = 38.250 \text{ N}$
 - c. Letak sumbu netral gelagar komposit
 $a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_E} = 226,322 \text{ mm} < t_p = 270$

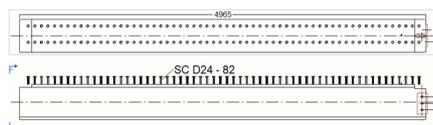
mm
Maka sumbu netral terletak pada pelat lantai beton.

- d. Tahanan momen rencana
- $$M_n = f_y \times A_s \times \left(\frac{d}{2} + t_p - \frac{a}{2} \right) = 3.210,28 \text{ kNm}$$
- $$\phi M_n = 2.889,25 \text{ kNm}$$
- $$M_u = 208,89 \text{ kNm}$$
- Gelagar memanjang aman terhadap lentur.

4. Interaksi geser dan lentur
- $$\frac{M_u}{\phi_f M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi_s V_n} < 1,375$$
- $$0,2219 < 1,375$$

5. Penghubung Geser (*Shear Connector*)
Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan [1]. Digunakan *shear connector* mutu A325 dengan diameter 24 mm.

- a. Kekuatan *Shear Connector* (Q_n)
- $$Q_{n1} = 0,5 \times A_c \times \sqrt{f_c'} \times E_c = 198,78 \text{ kN}$$
- $$Q_{n2} = A_c \times F_u = 167,384 \text{ kN}$$
- Digunakan nilai terkecil, yaitu 167,384 kN
- b. Kekuatan geser nominal (V_n)
- $$V_{n1} = A_g \times F_y = 8.656,8 \text{ kN}$$
- $$V_{n2} = 0,85 \times F_c' \times t_p \times b_E = 10.327,5 \text{ kN}$$
- Digunakan nilai terkecil, yaitu 8.656,8 kN
- c. Jumlah *Shear Connector*
- $$n = \frac{V_n}{Q_n} = 51,718 \text{ buah} \approx 60 \text{ buah}$$
- $$S = \frac{L}{(0,5 \times (n + 1))} = 82,6446 \text{ mm} \approx 82 \text{ mm}$$

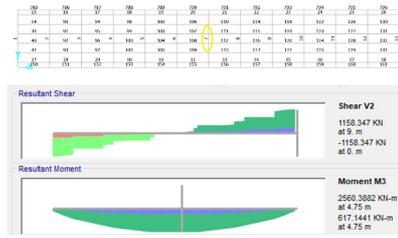


Gambar 17. Detail Gelagar Memanjang Komposit

4.4 Perencanaan Gelagar Melintang (*Cross Girder*)

- Data perencanaan gelagar melintang :
- Profil gelagar memanjang menggunakan IWF 900.300.18.34
 - Mutu baja = BJ55
 - Panjang gelagar = 9 m
 - Jarak antar gelagar melintang = 5 m
 - Jarak antar gelagar memanjang = 1,5 m

1. Geser dan momen ultimate
Nilai momen dan geser pada gelagar melintang (*cross girder*).



Gambar 18. Gaya maksimum cross girder

2. Tinjauan terhadap geser
- a. Kontrol ketebalan pelat badan
- $$(h/t_w) \leq 3,57 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$
- $$46,8889 \leq 78,8481$$
- b. Tahanan geser rencana
- $$(h/t_w) \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}$$
- $$46,889 \leq 54,325$$
- maka tinjauan geser dihitung menggunakan perhitungan geser plastis.
- $$\phi_s V_n = 0,9 \times 0,6 \times F_y \times A_w = 3.363,51 \text{ kN}$$
- $$V_u = 1.158,347 \text{ kN}$$
- Gelagar melintang aman terhadap geser.
3. Tinjauan terhadap lentur
- a. Modulus plastis penampang
- $$Z_x = 15.426.328 \text{ mm}^3$$
- b. Momen batas plastis dan momen batas tekuk
- Momen batas plastis (M_p) = $Z_x \times F_y = 6.324,794 \text{ kNm}$
- Momen batas tekuk (M_r) = $S_x \times (F_y - F_r) = 3.706 \text{ kNm}$
- c. Tekuk lokal
- Kelangsingan sayap $\lambda_f < \lambda_p$, dan kelangsingan badan $\lambda_w < \lambda_r$. Maka profil termasuk kedalam profil tidak langsing dan termasuk penampang plastis sempurna.
- d. Tekuk torsi lateral
- Batas panjang plastis (L_p) = $1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.549,996 \text{ mm}$
- Termasuk penampang plastis sempurna.
- e. Tekuk torsi lateral
- Batas panjang plastis (L_p) = $1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.549,996 \text{ mm}$
- Termasuk penampang plastis sempurna.
- f. Tahanan momen rencana
- $$M_n = M_p = 6.324,794 \text{ kNm}$$
- $$\phi M_n = 5.692,315 \text{ kNm}$$
- $$M_u = 2.560,388 \text{ kNm}$$
- Gelagar melintang aman terhadap lentur.
4. Interaksi geser dan lentur
- $$\frac{M_u}{\phi_f M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi_s V_n} < 1,375$$

0,665 < 1,375

18.428,964 kN ≥ 9.632,762 kN

Dikarenakan $\phi R_n > P_u$, maka profil aman terhadap tarik.



Gambar 19. Detail Gelagar Melintang

4.5 Perencanaan Batang Tekan

1. Gaya aksial tekan maksimum
 Gaya tekan maksimum pada batang tekan.



Gambar 20. Gaya maksimum batang tekan

2. Kelangsingan penampang profil
 $\lambda f < \lambda r$, profil tergolong kompak
3. Parameter kelangsingan struktur tekan

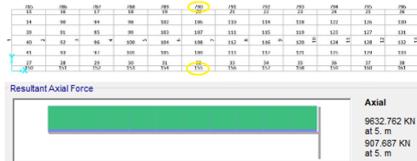
$\lambda c = L \times k_c \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 0,497 \leq 1,5$, maka gaya tekan nominal dihitung menggunakan persamaan 1 sesuai RSNI T-03-2005.

4. Gaya tekan rencana
 $\phi R_n = 0,85 \times (0,66 \lambda c^2) \times A_g \times F_y$
 $= 14.179,409 \text{ kN}$

$P_u = 13.676,774 \text{ kN}$
 Dikarenakan $\phi R_n > P_u$, maka profil aman terhadap tekan.

4.6 Perencanaan Batang Tarik

1. Gaya aksial tarik maksimum
 Gaya tarik maksimum pada batang tarik.



Gambar 21. Gaya maksimum batang tarik

2. Diameter baut
 Diameter baut yang digunakan adalah 33 mm.
3. Jumlah dan jarak baut
 Jumlah baut yang digunakan adalah 48 buah, 24 buah, dan 8 buah.
 Jarak antar baut : $3 \times d_b \approx 100 \text{ mm}$
 Jarak baut ke tepi: $1,25 \times d_b \approx 50 \text{ mm}$
4. Kuat tarik berdasarkan leleh
 Kuat tarik kondisi leleh:
 $16.634,16 \text{ kN} \geq 9.632,762 \text{ kN}$
5. Kuat tarik berdasarkan fraktur
 Kuat tarik kondisi fraktur:

4.7 Pembahasan Hasil Penelitian

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan Program Bantu SAP2000. Pada Pemodelan ini digunakan data geometri dan material sesuai dengan preliminary design jembatan rangka baja tipe warren. Tipe warren lebih ekonomis karena penggunaan bahan yang lebih efisien. Selain itu, jembatan rangka dapat menahan beban yang lebih berat untuk jarak yang lebih jauh dengan menggunakan elemen yang lebih pendek. Jembatan rangka umumnya terbuat dari baja, dengan bentuk dasar berupa segitiga [10].

Setelah dilakukan perhitungan profil baja yang digunakan terhadap beban-beban yang bekerja pada jembatan. Didapatkan hasil bahwa kekuatan profil yang digunakan telah memenuhi syarat dan kuat menahan beban untuk jembatan rangka baja bentang 60 meter. Dari hasil analisis perancangan struktur atas jembatan, profil baja yang digunakan pada gelagar memanjang HB 400.400.20.35, profil gelagar melintang IWF 900.300.18.34, profil rangka baja utama HB 400.400.45.70, dan profil ikatan angin HB 250.250.14.14. Selanjutnya dilakukan komparasi hasil perencanaan terhadap Jembatan Rangka Bina Marga No. 07/BM/2005.

Pedoman yang digunakan untuk jembatan rangka baja adalah Pedoman No: 07/BM/2005 yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, tentang Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A dan B. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan penampang profil baja hasil perencanaan dengan penampang profil baja standar Bina Marga dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Profil Baja Pada Jembatan A60

		Penelitian	Bina Marga	Keterangan
Profil	Batang Atas	IWF 400.400.45.70	IWF 400.400.32.32	Lebih Besar
	Batang Bawah	IWF 400.400.45.70	IWF 400.400.16.28	Lebih Besar
	Batang Diagonal	IWF 400.400.45.70	IWF 400.400.16.32	Lebih Besar
	Gelagar Memanjang	IWF 400.400.20.35	IWF 450.200.9.16	Lebih Besar
	Gelagar Melintang	IWF 900.300.18.34	IWF 750.350.12.25	Lebih Besar
		IWF 250.250.14.14	IWF 900.350.12.19	Lebih Besar
Ikatan Angin	IWF 250.250.14.14	IWF 150.150.6.9	Lebih Besar	
	IWF 300.300.11.17	IWF 300.200.12.19	Lebih Besar	

Setelah dilakukan perhitungan perencanaan didapatkan hasil bahwa penampang profil yang digunakan pada perencanaan jembatan Long Penjalin lebih besar daripada penampang profil baja Bina Marga. Sehingga penampang profil baja yang digunakan pada jembatan Long Penjalin dapat memikul beban lebih besar

namun kurang ekonomis jika dibandingkan dengan penampang profil baja standar Bina Marga. Adapun pengaruh yang mengakibatkan profil baja Bina Marga lebih kecil dikarenakan adanya perubahan peraturan pembebanan yaitu SNI 1725-2016 dan besarnya profil yang digunakan disesuaikan dengan beban yang terjadi tiap batang. Selain itu profil baja yang digunakan Bina Marga menggunakan profil *custom* sesuai kebutuhan sedangkan profil baja yang digunakan untuk mendesain kembali jembatan Long Penjalın menggunakan tabel profil baja yang terbatas. Walaupun kurang ekonomis, penampang profil baja yang digunakan pada perencanaan jembatan Long Penjalın lebih mudah dalam pengerjaannya karena memiliki ukuran seragam.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan perhitungan analisa dan desain yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :
 - Profil baja yang digunakan pada rangka baja utama jembatan adalah IWF 400.400.45.70 dengan mutu baja BJ37.
 - Profil baja yang digunakan pada ikatan angin jembatan adalah IWF 250.250.14.14 dengan mutu baja BJ37.
 - Profil baja yang digunakan pada gelagar memanjang (*stringer*) jembatan adalah IWF 400.400.20.35 dengan mutu baja BJ37.
 - Profil baja yang digunakan pada gelagar melintang (*cross girder*) jembatan adalah IWF 900.300.18.34 dengan mutu baja BJ55.
- Setelah dilakukan perhitungan perencanaan didapatkan hasil bahwa penampang profil yang digunakan pada perencanaan jembatan Long Penjalın lebih besar daripada penampang profil baja Bina Marga sehingga penampang profil baja yang digunakan dapat memikul beban lebih besar namun kurang ekonomis. Alasan profil baja yang tidak ekonomis karena menggunakan profil baja yang terbatas pada tabel konstruksi baja Ir. Rudy Gunawan. Walaupun kurang ekonomis penampang profil baja yang digunakan lebih mudah dalam pengerjaannya karena memiliki ukuran seragam.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang disampaikan oleh penulis sebagai acuan dalam penelitian yang akan

datang serta melengkapi kekurangan yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Perlu dilakukan analisis terhadap pelaksanaan kontruksi untuk mengetahui pengaruh beban pelaksanaan jembatan.
- Perlu dilakukan perhitungan gempa jembatan dengan mempertimbangkan lokasi perencanaan jembatan.
- Perlu dilakukan perbandingan dengan jembatan rangka baja tipe lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dapas, M. E. T. S. O., & Mondoringin, M. R. I. A. J., 2016, *Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) pada Balok Baja dan Pelat Beton*, Jurnal Sipil Statik, 4(8), 461-470.
- Ghello, J. F., Indra, S., & Santosa, A., 2020, *Studi Alternatif Perencanaan Struktur atas Jembatan Rangka Baja Tipe Pelengkung*, e-journal GELAGAR, 2(1), 18-24
- Indianto, A., 2020, *Kontruksi Jembatan 1*, Politeknik Negeri Jembatan, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2005, *Gambar standar rangka baja bangunan atas jembatan kelas A dan B (07/BM/2005)*, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015, *Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan (07/SE/M/2015)*, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022, *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*, Jakarta.
- Manangi, S. R., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. E., 2019, *Analisis Perhitungan Luas Tulangan Gelagar Jembatan Penampang Persegi dan Penampang T Menurut Metode BMS 1992*, Jurnal Sipil Statik, 7(7), 767-776.
- Mu'amar, A., & Pribadi, J. A., 2021, *Studi Komparasi Standar Pembebanan pada Jembatan Komposit Direktorat Bina Marga Bentang Jembatan 20 meter sesuai dengan SNI Pembebanan 2016*, Jurnal Inovtek Seri Teknik Sipil dan Aplikasi (Tekla), 3(2), 72-80.
- Putra, A. E., Ashad, H., & Utina, T., 2019, *Tinjauan Perencanaan Super Struktur Jembatan Pelengkung pada Sungai Pute Kab. Maros*, Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil, 1(1), 1-8.
- Putro, A. F. P., Zuraidah, S., & Hastono, K. B., 2023, *Studi Perencanaan Struktur Jembatan Baja (Trough Howe Truss) pada*

- Jembatan Pagerluyung Mojokerto, CONCRETE: Construction and Civil Intergration Technology*, 1(2), 76-84.
- [11] Rancangan Standarisasi Nasional, 2005, *Perencanaan Stuktur Baja Untuk Jembatan (RSNI-03-2005)*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [12] Ridwan, M., & Umroniah, L., 2023, *Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe Parker Bentang 78 meter menggunakan SNI 1725-2016 dan SNI 1729-2020*, Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, 4(5), 570-578.
- [13] Silaban, P. A. R., Faisal, & Sutandar, E., 2023, *Perencanaan Jembatan Baja Tipe Truss di Jembatan Melawi II, Kecamatan Nanga Pinoh, Kabupaten Melawi*, JeLAST Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang, 10(3), 1-10.
- [14] Standar Nasional Indonesia, 2016, *Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016)*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [15] Suhendra, F., Ananda, F., & Alamsyah, 2018, *Perencanaan Jembatan Rangka Baja Pelengkung Sungai Liang*, Jurnal Teknik Sipil, 2(2), 10-21.
- [16] 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.