

Redesain Struktur Atas Jembatan Hargorojo Menggunakan *Software Midas Civil*

Agung Nusantoro^{1*}, Eksi Widyananto¹, Muhammad Taufik¹, Rizki Heriyanto¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹²³⁴

Email: agungnusantoro@umpwr.ac.id,

Abstrak. Jembatan yang terletak di Desa Hargorojo, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo. Pada tahun 2020, jembatan tersebut mengalami kerusakan, dan telah dilakukan rekonstruksi proyek penggantian Jembatan Hargorojo oleh Dinas PUPR Kabupaten Purworejo menggunakan struktur baja komposit yang telah diselesaikan pada bulan Desember tahun 2021. Kondisi jembatan eksisting saat ini terpasang menggunakan struktur baja fabrikasi. Pada penelitian ini dilakukan redesain menggunakan profil baja IWF yang berada di pasaran, dengan bantuan *software Midas Civil 2019* untuk analisis struktur, digunakan *software* ini terutama memiliki fitur construction stage (tahapan konstruksi). Dengan fitur construction stage ini semua gaya dalam, lendutan, dan tegangan dapat di kontrol mulai dari awal, hingga masa pasca konstruksi selama umur masa layan jembatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisa struktur jembatan baja komposit menggunakan *software* diatas dan untuk mengetahui hasil dimensi profil baja serta detail sambungan struktur jembatan baja komposit. Hasil analisa struktur jembatan baja komposit menggunakan *software* diatas didapatkan momen terbesar 2085,3 kN.m, gaya geser terbesar 562,1 kN, dan lendutan terbesar 76 mm. Sedangkan untuk hasil dari dimensi baja dan detail sambungan pada struktur jembatan baja komposit adalah menggunakan profil baja IWF dengan dimensi 588 x 300 x 12 x 20 mm untu profil gelagar utama; untuk profil diafragma menggunakan baja IWF dengan dimensi 150 × 75 × 5 × 7 mm; untuk stud penghubung geser menggunakan ISO 13918, mutu fy 350 MPa dan fu 600 MPa, dengan diameter 16 mm dengan tinggi stud 75 mm, dengan jumlah 160 buah pada satu gelagar utama; untuk sambungan profil badan gelagar utama digunakan pelat sambung baja BJ52 dengan jumlah baut 16 buah per bagian gelagar dengan mutu A-325; pada sambungan pada profil sayap gelagar utama digunakan pelat sambung baja BJ52 dengan jumlah baut 32 buah per bagian gelagar dengan mutu A-325; sedangkan untuk sambungan pada diafragma menggunakan sambungan baut pada profil badan dengan pelat sambung BJ41 dan jumlah baut 4 buah dengan mutu A-325, dan sambungan las sudut pada profil sayap.

Kata Kunci: Jembatan, *Midas Civil 2019*, Baja Komposit

Abstrack. The bridge is located in Hargorojo Village, Bagelen District, Purworejo Regency. In 2020, the bridge was damaged, and a reconstruction of the Hargorojo Bridge replacement project by the PUPR Office of Purworejo Regency using a composite steel structure has been completed in December 2021. The condition of the existing bridge is currently installed using a fabricated steel structure. In this study, a redesign was carried out using IWF steel profiles that are on the market, with the help of *Midas Civil 2019* software for structural analysis, this software mainly has a construction stage feature. With this construction stage feature, all internal forces, deflections, and

stresses can be controlled from the beginning, to the post-construction period during the service life of the bridge. The purpose of this study was to determine the results of the analysis of the composite steel bridge structure using the software above and to determine the results of the dimensions of the steel profile and the details of the connection of the composite steel bridge structure. The results of the analysis of the composite steel bridge structure using the software above, the largest moment is 2085.3 kN.m, the largest shear force is 562.1 kN, and the largest deflection is 76 mm. As for the results of the steel dimensions and connection details on the composite steel bridge structure, the IWF steel profile with dimensions of 588 x 300 x 12 x 20 mm is used for the main girder profile; for diaphragm profiles using IWF steel with dimensions of 150 × 75 × 5 × 7 mm; for shear connection studs using ISO 13918, quality fy 350 MPa and fu 600 MPa, with a diameter of 16 mm with a stud height of 75 mm, with a total of 160 pieces on one main girder; for the connection of the main girder body profile, BJ52 steel connection plates are used with the number of bolts 16 pieces per girder section with quality A-325; at the connection to the main girder flange profile BJ52 steel connection plates are used with the number of bolts 32 pieces per section of the girder with A-325 quality; while for the connection on the diaphragm using a bolt connection on the body profile with a BJ41 connection plate and the number of bolts is 4 with A-325 quality, and angle welded connection on the wing profile.

Keyword: Bridge, Midas Civil 2019, Composite Steel

1. Pendahuluan

Jembatan ini berada di Desa Hargorojo, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo. Jembatan ini merupakan akses utama desa dalam melakukan aktivitas baik itu kendaraan ataupun pejalan kaki untuk keluar masuk desa. Pada tahun 2020, jembatan tersebut mengalami kerusakan. Kerusakan jembatan tersebut mengakibatkan akses warga terganggu, warga harus memutar jalan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu Dinas PUPR Kabupaten Purworejo telah melakukan rekonstruksi proyek penggantian Jembatan Hargorojo menggunakan struktur baja komposit yang telah diselesaikan pada bulan Desember tahun 2021. Kondisi terpasang di lapangan menggunakan struktur baja fabrikasi, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan perencanaan ulang struktur atas jembatan Hargorojo dengan baja IWF yang berada di pasaran menggunakan *software Midas Civil 2019* sebagai alat bantu dalam analisa struktur. *Software Midas Civil 2019* memiliki fitur *construction stage* (tahapan konstruksi) yang sangat penting untuk perencanaan jembatan. Dengan fitur *construction stage* ini semua gaya dalam, lendutan, dan tegangan dapat di kontrol mulai dari awal hingga masa pasca konstruksi selama umur masa layan jembatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisa struktur jembatan baja komposit menggunakan *software Midas Civil 2019*, dan untuk mengetahui hasil dimensi profil baja dan detail sambungan struktur jembatan baja komposit yang memenuhi seluruh kriteria perencanaan pada peraturan jembatan yang berlaku.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayat, M.T. (2021) dari Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, pada penelitian yang berjudul “Perancangan Jembatan Kiringan Dengan Gelagar Baja Berdasarkan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016”. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan jembatan Kiringan menggunakan struktur atas baja komposit, dengan rencana desain bentang sepanjang 84 m dan lebar jembatan 8 m. Perbedaan dengan penelitian ini adalah lokasi dan ukuran bentang jembatan, dan tidak menghitung struktur bawah, serta *software* yang digunakan untuk analisis struktur tidak menggunakan SAP2000 V22.00 melainkan Midas Civil.

Penelitian Padudung, Y.N. (2019) dari Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur, yang berjudul “Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Mahakam IV (Tipe Arch Bridge). Perbedaan dengan penelitian ini adalah tipe jembatan yaitu tidak seperti penelitian sebelumnya, penelitian ini struktur baja komposit, meskipun tetap memiliki persamaan yaitu terdapat gelagar IWF komposit.

Andayani, Suryanto & Rasidi (2020) dari Politeknik Negeri Malang pada penelitian yang berjudul “Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Komposit dengan Menggunakan Gelagar Castella Beam”. Perbedaan dengan

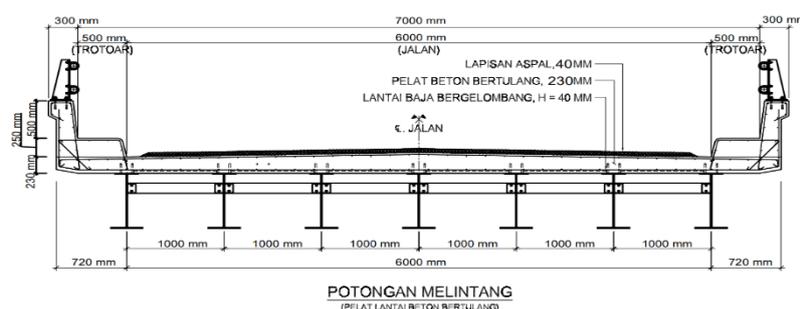
penelitian ini adalah lokasi, bentang jembatan, model diafragma jembatan, dan Software yang digunakan untuk analisis tidak menggunakan RSAP 2019 (*Robot Structural Analysis Program*) melainkan Midas Civil.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan yakni studi literatur. Studi literatur digunakan dengan cara mengolah data yang sudah didapatkan untuk memecahkan suatu masalah yang terjadi. Data-data yang dihasilkan didapat dari DPUPR Purworejo sedangkan referensi peneliti terdahulu dan jurnal-jurnal yang diperoleh dari internet. Setelah data diperoleh maka langkah selanjutnya dilakukan perhitungan girder baja komposit, pada jembatan di Desa Hargorojo yang meliputi penentuan dimensi awal penampang girder, perhitungan beban permanen dan transien, dan perencanaan detail struktur. Penelitian ini dilakukan pada jembatan yang berlokasi di Desa Hargorojo, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah yang merupakan ruas jalan Bagelen-Hargorojo.

3. Hasil Penelitian

3.1 Perencanaan Design Awal Jembatan



Gambar 1. Data teknis perencanaan jembatan

Tabel 1. Data struktur atas jembatan

Uraian dimensi	Notasi	Dimensi	Satuan
Panjang 1 bentang bersih jembatan	L_n	16	m
Lebar total jembaaan	b_t	7,6	m
Lebar jalan (jalur lalu lintas)	b_1	6	m
Lebar 1 buah trotoar	b_2	0,5	m
Lebar satu buah parapet/barrier	b_3	0,3	m
Tebal lapisan aspal	t_a	0,04	m
Tebal trotoar	t_t	0,25	m
Tinggi parapet/barrier	t_b	0,3	m
Uraian dimensi	Notasi	Dimensi	Satuan
Tebal pelat lantai kendaraan (t_s)	h_1	0,23	m
Diameter tulangan rencana	D_{pokok}	13	mm
Diameter tulangan bagi rencana	D_{bagi}	13	mm
Tebal selimut beton	d'	40	mm
Tebal genangan hujan	t_h	0,015	m

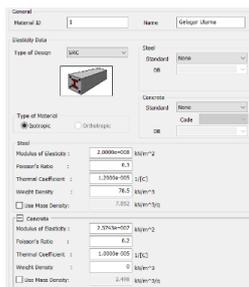
Uraian dimensi	Notasi	Dimensi	Satuan
Tinggi profil gelagar IWF baja	d_1	0,588	m
Tinggi profil diafragma IWF baja	d_2	0,15	m
Jarak antara girder IWF	S	1	m
Kuat tekanan beton	f'_c	30	MPa
Mutu tulangan baja BJTS 420B	f_y	420	MPa
Panjang per batang diafragma	L_b	1000	mm
Jarak antar diafragma	l	2000	mm

Tabel 2. Tentang berat jenis material

Spesifikasi Berat	Notasi	Besaran	Satuan
Berat Jenis Beton	γ_c	24	kN/m^3
Berat Jenis Aspal	γ_a	22	kN/m^3
Spesifikasi Berat	Notasi	Besaran	Satuan
Berat Jenis Air	γ_w	9,8	kN/m^3
Berat Jenis Baja	γ_b	78,5	kN/m^3

3.2 Permodelan Menggunakan Software Midas Civil

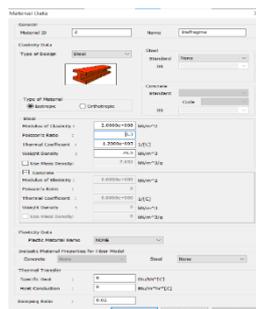
a. Input material gelagar utama (gelagar komposit)



Gambar 2. Input material baja gelagar utama (komposit)

b. Input diafragma (pengaku arah transversal)

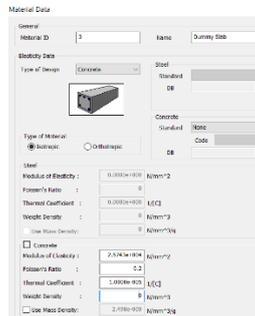
Material baja (steel) untuk diafragma/pengaku gelagar utama arah transversal (melintang) dan di sesuaikan input modulus elastisitas dan berat jenis, sesuai materialnya.



Gambar 3. Input Material Baja Diaragma

c. Input material dummy slab

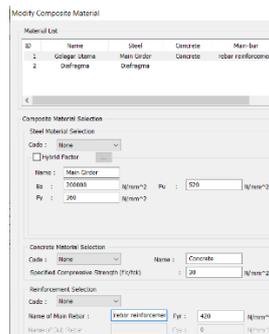
Material dummy slab menggunakan beton/concrete, digunakan sebagai permodelan beam yang berfungsi untuk memberikan kekakuan ke arah transversal dengan karakteristik mutu kuat tekan $f_c' = 30$ Mpa, tetapi tidak menyumbang massa atau berat. Input modulus elastisitas dan spesifikasi di sesuaikan dengan materialnya.



Gambar 4. Input Material Beton

d. Input mutu material komposit

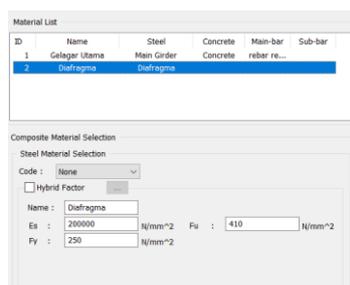
Untuk gelagar utama/memanjang menggunakan mutu BJ52 dengan f_y 360 MPa (360 N/mm²) dan f_u 520 MPa (520 N/mm²), untuk mutu beton 30 MPa (30 N/mm²), dan mutu tulangan pada slab digunakan mutu BJTS 420B dengan f_y 420 MPa (420 N/mm²).



Gambar 5. Input mutu material komposit

e. Input mutu baja diafragma

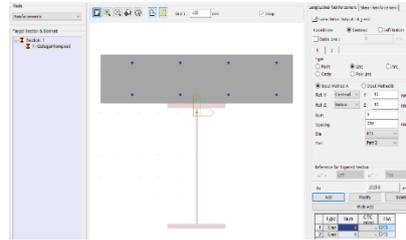
Untuk diafragma digunakan mutu BJ41 dengan f_y 250 MPa (250 N/mm²) dan f_u 410 MPa (410 N/mm²).



Gambar 6. Input mutu baja diafragma

f. Input tulangan pada slab komposit

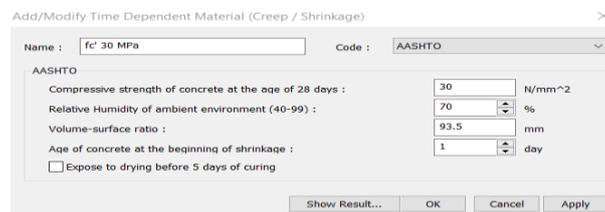
Input tulangan arah memanjang/longitudinal dengan jarak tepi atas dan bawah sebesar 40 mm, jumlah 4 tulangan dengan jarak antar tulangan 250 mm, menggunakan ukuran tulangan diameter 13 mm.



Gambar 7. Input tulangan pada slab komposit

g. Input susut rangkak (Creep/Shrinkage) pada beton

Analisa susut rangkak (Creep/Shrinkage) menggunakan standar AASTHO. Input kuat tekan beton sebesar 30 MPa, kelembaban untuk daerah tropis yaitu 70%, dan untuk volume-surface ratio yaitu 93,5 mm (di dapatkan dari volume luasan beton dibagi rasio keliling beton).



Gambar 8. Input susut rangkak (Creep/Shrinkage)

3.3 Profil Gelagar Utama Sebelum Komposit

Cek kapasitas profil diambil dari hasil output software Midas Civil pada Construction Stage 2 Last step (untuk momen ultimate, gaya geser ultimate dan lendutan). Pada tahapan ini, kontruksi sampai pada tahap dimana kondisi beton masih basah, sekaligus terdapat tambahan beban alat dan pekerja.

Kondisi Leleh (*yield*)

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ &= 1447,2 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kondisi Tekuk Torsi Lateral (*Lateral Torsional Buckling/LTB*)

Menghitung L_p = nilai batas LTB tidak terjadi atau terjadi.

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_c'}} \\ &= 2,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena $L_b = 2 \text{ m}$ (jarak antar diafragma/panjang bentang diantara 2 pengekang lateral) $< L_p = 2.8 \text{ m}$, maka balok tidak mengalami LTB.

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ &= 1447,2 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 1302,48 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &> \mu_{midas} \text{ (Mu pada construction stage 2)} \\ 1302,48 \text{ kN.m} &> 254,4 \text{ kN.m (Aman),} \end{aligned}$$

Jadi penampang profil baja gelagar utama aman terhadap lentur (gaya momen ultimate) yang terjadi.

Kontrol Gaya Geser

Luasan total pelat badan, yang di dapat dari tinggi bersih pelat badan dikali tebal web (A_w).

$$\begin{aligned} A_w &= d_2 \times t_w \\ &= 5904 \text{ mm}^2 \\ V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 1275,26 \text{ kN} \\ \Phi V_n &= 0,9 \times V_n \\ &= 1147,74 \text{ kN} \\ \Phi V_n &> V_{u_{midas}} \end{aligned}$$

$$1147,74 \text{ kN} > 63,5 \text{ kN (aman)}$$

Jadi penampang profil baja gelagar utama aman terhadap geser (gaya geser ultimate) yang terjadi.

3.4 Cek Kapasitas Penampang Setelah Komposit

a. Tinjauan Lentur (Momen Plastis)

Dengan tebal pelat beton = 230 mm jadi memiliki kesimpulan bahwa pelat beton tidak bisa mengimbangi gaya tarik $A_s \times f_y$ sehingga letak sumbu netral plastis jatuh di profil baja.

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 6930000 \text{ N} \\ C_c &= 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s \\ &= 5865000 \text{ N} \end{aligned}$$

Dengan tebal pelat beton = 230 mm jadi memiliki kesimpulan bahwa pelat beton tidak bisa mengimbangi gaya tarik $A_s \times f_y$ sehingga letak sumbu netral plastis jatuh di profil baja.

$$\begin{aligned} T' &= C_c + C_s \\ \text{Dengan } T' < T \text{ maka,} \\ T' &= A_s' \times f_y + C_s \\ &= 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s + C_s \\ C_s &= \frac{A_s \times f_y - 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s}{2} \\ &= 532500 \text{ N} \end{aligned}$$

Menentukan titik berat C_s pada flange yang mengalami tekan, yang diukur dari serat atas profil.

$$\begin{aligned} d_{C_s} &= \frac{C_s}{f_y \times b_f} \\ &= 4,93 \text{ mm} \\ d_{C_s} &< t_f \\ 4,931 \text{ mm} &< 20 \text{ mm} \quad (\text{Aman}) \end{aligned}$$

Berarti titik PNA (Plastic Neutral Axis)/titik berat plastis berada pada sayap atas profil iwf.

Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja diukur dari serat bawah profil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \frac{((A_s \times \frac{d_s}{2}) - (d_f \times b_f \times (h_t - d_f)))}{(A_s - (d_f \times b_f))} \\ &= 269,9 \text{ mm} \\ d_2' &= d_s + t_s/2 - \bar{Y} \\ &= 433,06 \text{ mm} \\ d_2'' &= d_s - d_f/2 - \bar{Y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 315,6 \text{ mm} \\
 M_n &= (C_c \times d_2') + (C_s \times d_2'') \\
 &= 2707,96 \text{ kN.m} \\
 \Phi M_n &= 0,9 \times 2707,96 \text{ kN.m} \\
 &= 2437,16 \text{ kN.m} \\
 \Phi M_n &> M_{u \text{ midas}} \text{ (kombinasi beban Kuat I)} \\
 2437,16 \text{ kN.m} &> 2085,3 \text{ kN.m (Aman)}
 \end{aligned}$$

Jadi penampang gelagar komposit aman terhadap lentur (gaya momen ultimate) yang terjadi.

b. Kontrol Lendutan

1. Batas Lendutan Maksimum untuk Kondisi Daya Layan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{Max}} &= \frac{L}{800} \\
 &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Lendutan Akibat Berat Sendiri Struktur Setelah Komposit

Berdasarkan hasil analisa software midas civil, pada tahapan konstruksi ke-5 yaitu dimana struktur sudah memikul seluruh berat sendiri struktur di dapatkan lendutan sebesar $\Delta y = 55,5 \text{ mm}$

3. Lendutan Ijin

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{max}} &\geq \Delta_y \\
 20 &\leq 55,54 \text{ (Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

Maka, diperlukan camber setinggi 60 mm. Dari beban kombinasi pada daya Layan II didapatkan lendutan ultimate sebesar 76 mm. Sehingga $76 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = 16 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$ (lendutan ijin). Jadi penggunaan camber aman, dan penampang gelagar komposit aman terhadap lendutan (lendutan ultimate) yang terjadi.

c. Kontrol Geser

1. Kekuatan Pelat Lantai terhadap Geser

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_E \times t_s \\
 &= 209,96 \text{ kN} \\
 \Phi V_c &= 0,75 \times V_c \\
 &= 157,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Kekuatan Profil Baja terhadap Geser

$$\begin{aligned}
 V_s &= 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 1275,26 \text{ kN} \\
 \Phi V_s &= 0,9 \times V_s \\
 &= 1147,74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Kekuatan Profil Baja dan Beton terhadap Geser

$$\begin{aligned}
 \Phi V_{cs} &= \Phi V_c + \Phi V_s \\
 &= 1305,21 \text{ kN} \\
 \Phi V_{cs} &\geq V_{u \text{ midas}} \\
 1305,21 \text{ kN} &\geq 562,1 \text{ kN (Aman)}
 \end{aligned}$$

3.5 Profil Sambungan Gelagar Utama

a. Luas badan (*web*) profil

$$\begin{aligned}
 A_{\text{web}} &= (d_s - (2 \times t_f)) \times t_w \\
 &= 6576 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- b. Gaya tarik total pada profil gelagar utama

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= A_s \times f_y \\ &= 6930000 \text{ N} \end{aligned}$$

- c. Gaya tarik pada profil badan (*web*)

$$\begin{aligned} f_{\text{tw}} &= A_{\text{web}} \times f_y \\ &= 2367,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Gaya tarik dan gaya geser total pada profil badan (*web*)

$$\begin{aligned} V_{\text{u total web}} &= \sqrt{V_{\text{u midas civil}}^2 + f_{\text{tw}}^2} \\ &= 2441 \text{ kN} \end{aligned}$$

- e. Gaya tarik pada profil sayap (*flange*)

$$\begin{aligned} f_{\text{if}} &= f_{\text{total}} - f_{\text{tw}} \\ &= 4562,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

- f. Ketahanan sambungan 1 Baut

Menggunakan mutu baut A325 sesuai SNI 1729:2020

$$f_{\text{nt}} = 620 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{nv}} = 372 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter baut} = 27 \text{ mm}$$

- g. Ketahanan 1 baut terhadap kondisi slip kritis

Menggunakan acuan pada SNI 1729:2020

$$\begin{aligned} R_{\text{nsl}} &= \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_{\text{sl}} \\ &= 0,3 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2 \\ &= 181 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi = 1$$

$$\Phi R_{\text{nsl}} = 1 \times R_{\text{n}}$$

$$= 181 \text{ kN}$$

- h. Ketahanan 1 baut terhadap kondisi tarik dan geser

Menggunakan acuan pada SNI 1729:2020

$$\begin{aligned} R_{\text{nbaut}} &= f_{\text{nv}} \times A_b \\ &= f_{\text{nv}} \times \left(\frac{\pi}{4} \times D_{\text{baut}}^2\right) \\ &= 212,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi R_{\text{nbaut}} = 0,75 \times R_{\text{nbaut}}$$

$$= 159,74 \text{ kN}$$

- i. Menghitung Jumlah Baut yang Dibutuhkan

Jumlah Baut di Web/Badan

$$\begin{aligned} n_{\text{sw}} &= \frac{V_{\text{u total web}}}{\Phi R_{\text{nbaut}}} \\ &= 15,289 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$n_{\text{sw}} = 16 \text{ buah}$$

Maka digunakan baut sejumlah 16 buah pada badan profil/web. Jarak spasi antar baut minimum,

$$s = 3 \times D_{\text{baut}}$$

$$s = 90 \text{ mm}$$

- j. Jarak Baut ke tepi pelat sambung (s_t) minimum 34 mm sesuai pada SNI 1729:2020, jadi jarak baut ketepi pelat sambung (s_t) yang digunakan adalah 40 mm.

$$s_t = 40 \text{ mm}$$

- k. Jumlah Baut di profil sayap (*flange*)

$$n_{sf} = \frac{f_{tf}}{\Phi R_{nbaut}}$$

$$= 32 \text{ baut}$$

maka digunakan 32 baut, atau 16 buah pada profil sayap flange atas (n_{sf1}) dan 16 buah pada profil sayap (flange) bawah (n_{sf2}).

$$n_{sf1} = 16 \text{ buah}$$

$$n_{sf2} = 16 \text{ buah}$$

jarak spasi antar baut minimum (s)

$$s = 3 \times D_{baut}$$

$$s = 90 \text{ mm}$$

Jarak Baut ke tepi pelat sambung (s_t) minimum 34 mm sesuai pada SNI 1729:2020, jadi jarak baut ketepi pelat sambung (s_t) yang digunakan adalah 40 mm.

$$s_t = 40 \text{ mm}$$

3.6 Profil Diafragma

Pada perencanaan diafragma atau disebut juga pengaku gelagar utama arah transversal ini. Profil baja yang direncanakan sebagai diafragma adalah IWF $150 \times 150 \times 5 \times 7$.

3.7 Profil Sambungan Diafragma

Perencanaan sambungan pada diafragma direncanakan menggunakan sambungan baut pada profil badan (*web*) untuk memikul gaya geser dan aksial, dan juga sambungan las berupa las sudut pada profil sayap (*flange*) untuk menahan gaya akibat kopel momen dan gaya aksial tekan.

- a. Data profil diafragma

$$V_u \text{ total}_{web} = \sqrt{V_u^2 + P_u^2} = 208,24 \text{ kN}$$

- b. Ketahanan sambungan 1 Baut

Menggunakan mutu baut A325 sesuai SNI 1729:2020.

$$f_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$f_{nv} = 372 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter baut} = 16 \text{ mm}$$

- c. Ketahanan 1 baut terhadap kondisi slip kritis. Ketahanan Slip Baut pada Sambungan Slip Kritis berdasarkan SNI 1729:2020.

$$R_{n_{sl}} = \mu D_u \times h_f \times T_b \times n_{sl}$$

$$= 0,3 \times 1,13 \times 1 \times 91 \text{ kN} \times 2$$

$$= 62 \text{ kN}$$

$$\Phi R_{n_{sl}} = 1 \times R_{n_{sl}}$$

$$= 62 \text{ kN}$$

- d. Ketahanan 1 baut terhadap kondisi tarik dan geser. Menggunakan SNI 1729:2020

$$R_{n_{baut}} = f_{nv} \times A_b$$

$$= f_{nv} \times \left(\frac{\pi}{4} \times D_{baut}^2 \right)$$

$$= 74,8 \text{ kN}$$

$$\Phi Rn_{\text{baut}} = 0,75 \times Rn_{\text{baut}}$$

$$\Phi Rn_{\text{baut}} = 0,75 \times 74,8 \text{ kN}$$

$$= 56,1 \text{ kN}$$

e. Menghitung Jumlah Baut yang Dibutuhkan

$$\text{jumlah baut di Web} = \frac{V_u \text{ total}_{\text{web}}}{\Phi Rn_{\text{baut}}}$$

$$= 3,7 \text{ buah}$$

Maka digunakan baut sejumlah 4 buah.

$$n_{\text{sw}} = 4 \text{ buah}$$

Jarak spasi antar baut minimum,

$$s = 3 \times D_{\text{baut}}$$

$$= 3 \times 16$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$s = 50 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak spasi antar baut, s pakai adalah 90 mm. Jarak Baut ke tepi pelat sambung (s_t) minimum 22 mm. Jadi jarak baut ketepi pelat sambung (s_t) yang digunakan adalah 35 mm.

$$s_t = 35 \text{ mm}$$

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

- a. Hasil analisa struktur jembatan komposit menggunakan *software Midas Civil 2019*
 1. Momen terbesar didapatkan sebesar 2085,3 kN.m
 2. Gaya geser terbesar didapatkan sebesar 562,1 kN.
 3. Lendutan terbesar didapatkan sebesar 76 mm
- b. Hasil dimensi profil baja dan detail sambungan pada struktur jembatan baja komposit yang memenuhi seluruh kriteria perencanaan pada peraturan jembatan yang berlaku adalah sebagai berikut :
 1. Profil gelagar utama digunakan profil baja IWF dari PT Gunung Garuda dengan dimensi 588 × 300 × 12 × 20 mm.
 2. Profil diafragma digunakan profil baja IWF dari PT Gunung Garuda dengan dimensi 150 × 75 × 5 × 7 mm.
 3. Stud penghubung geser (shear connector) digunakan ISO 13918, mutu f_y 350 MPa dan f_u 600 MPa, dengan diameter 16 mm dengan tinggi stud 75 mm, dengan jumlah 160 buah pada satu gelagar utama.
 4. Sambungan pada profil badan gelagar utama digunakan pelat sambung baja BJ52 dengan dimensi 710 x 350 x 12 mm (350 x 350 x 12 mm per bagian gelagar), baut dengan mutu ASTM A-325 digunakan sebanyak 16 buah per bagian gelagar.
 5. Sambungan pada profil sayap gelagar utama digunakan pelat sambung baja BJ52, pada bagian terluar digunakan pelat sambung A dengan dimensi 1430 x 228 x 20 mm (atau 710 x 228 x 20 mm per bagian gelagar), Ukuran total pelat sambung B pada sayap gelagar utama bagian dalam 1430 x 80 x 20 mm atau 710 x 80 x 20 mm per bagian gelagar, baut dengan mutu ASTM A-325 digunakan sebanyak 16 buah per bagian gelagar pada masing-masing sisi profil sayap (profil sayap atas dan bawah).
 6. Sambungan pada diafragma menggunakan sambungan baut pada profil badan, dan sambungan las sudut pada profil sayap. Sambungan baut pada profil badan, digunakan pelat sambung dengan profil baja siku dengan ukuran 120 x 120 x 8 mm dari PT Gunung Garuda, mutu BJ41, dan baut yang berdiameter 16 mm dengan mutu A325 sebanyak 4 buah. Untuk las sudut menggunakan mutu las F_{E70xx} sepanjang lebar profil sayap atas dan bawah.

4.2 Saran

Hasil penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penelitian selanjutnya diharapkan agar lebih luas pokok bahasan nya, seperti:

- Komparasi dengan program analisa struktur lainnya, seperti software CSi Bridge, software Bentley RM Bridge, software Robot Stuctural Analysis Profesional, dan software lainnya.
- Melanjutkan analisa perhitungan dan perencanaan struktur bawah, dan analisa perhitungan biaya nya agar penulisan ini dapat diketahui keekonomisan nya, dan dapat di aplikasikan langsung di lapangan.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat di redesain permodelan jembatan nya, seperti beton prategang dan bahan lainnya.
- Diharapkan untuk tidak menggunakan program/software bajakan, karena dikhawatirkan hasil nya tidak kredibel dan tidak sesuai.

Daftar Pustaka

- Andayani, Risky, dkk. 2020. Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Komposit Dengan Menggunakan Gelagar Castella Beam (Studi Kasus Jembatan Rejosari, Kendenglembu, Banyuwangi). *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Vol.1 No.3*.
- Alvin, D. 2018. *Alternatif Perkuatan Jembatan Akibat Beban Khusus*, Politeknik Negeri Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Panitia Teknik Standarisasi Bidang Jalan dan Jembatan. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (SNI T-12-2004)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI T-03-2005)*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020)*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. Panitia Teknik Standarisasi Bidang Jalan dan Jembatan. *Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016)*. Jakarta:
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. Panitia Teknik Standarisasi Bidang Jalan dan Jembatan. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833:2016)*. Jakarta.
- Direktorat Jembatan Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. Perencanaan Jembatan. In *Nspkjembatan.Pu.Go.Id* (pp. 1–27). Di akses pada tanggal 15 Febuari 2022.
- Hidayat, M.T. 2021. *Perencanaan Jembatan Kiringan dengan Gelagar Baja Berdasarkan SNI 1725-2016 Dan SNI 2883-2016*, Skripsi Program Sarjana Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2021. Panitia Penyusunan Panduan Praktis Teknis Jembatan. *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan (NO 02/M/BM/2021)*.
- Modelling Integrated Design & Analysis Software. 2018. *Midas Civil Getting Strated*, Midas IT Co, Ltd.
- Pranoto, Y. 2018. *Perencanaan Jembatan Baja* (N. Martina & M. Fauzy (eds.)). Jakarta: PNJ Press.
- Puluhulawa, I., Aspaliza, N., & Armada, A. 2018. Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupert. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v2i2.588>. Di akses pada tanggal 15 Febuari 2022
- Panitia Penyusunan Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan. 2019. *Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Padudung, Y.N. 2019. *Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Mahakam IV (TIPE ARCH BRIDGE)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.
- Untar.co.id. 2020. *Kembangkan Mutu Prodi Sipil, Untar Jalin Kerja Sama dengan PT. Midasindo Teknik Utama*. Universitas Tarumanagara. <http://untar.ac.id/pages/beritadetail/38067> Di akses pada 10 Febuari 2022.
- Webinar Sipilpedia .2022. Desain Seismik untuk Struktur dengan Sistem Peredam (Studi Kasus *Viscoelastic Damper*). <https://youtu.be/ijdfHShX21o>. Di akses pada 1 juli 2022.