

Perhitungan Struktur Rangka Batang Menggunakan Metode Titik Buhul Pada Jembatan Way Mamua Desa Hitu

Daud Rudi¹, Pieter Laurens Frans², Sulastrri Kakaly³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Ambon, Indonesia

Corresponding Author

Nama Penulis: Daud Rudi

E-mail: daudrudy18@gmail.com

Abstrak

Jembatan Way Mamua terletak di Dusun Mamua, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah. Jembatan ini memiliki struktur rangka batang tipe Warren truss. Struktur rangka utamanya terdiri dari batang horizontal atas, batang horizontal bawah dan batang diagonal. Pada setiap batang struktur rangka utamanya memiliki dimensi penampang baja yang sama dan juga berbeda yang dapat diketahui dari berat komponen masing-masing profil dan dimensi penampangnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendimensi penampang rangka batang baja Way Mamua menggunakan metode titik buhul, menganalisis gaya-gaya batang yang bekerja pada struktur rangka jembatan serta merencanakan sambungan baut pada jembatan Way Mamua. Dari hasil analisis dimensi penampang batang bawah dengan gaya batang maksimum sebesar 11862,87 kN dapat menggunakan profil baja Profil Baja WF 419 x 407 x 30,61 x 49,23 kN, batang bawah dengan gaya batang maksimum 10234,23 kN, menggunakan Profil Baja WF 387 x 397 x 20,83 x 33,35 kN batang diagonal, gaya batang maksimum sebesar 5048,55 kN, menggunakan Profil Baja WF 375 x 374 x 16,76 x 33,35 serta jumlah baut yang dipakai untuk gaya batang maksimum sebesar 11862,87 kN, sebanyak 46 baut, dipasang 2 baris, jarak antar baut 95mm dan jarak antar baut ke tepi 50mm.

Kata kunci - Rangka batang, Warren Truss, Sambungan Baut

Abstract

The Way Mamua Bridge is located in Mamua Hamlet, Leihitu District, Central Maluku Regency. This bridge has a Warren truss type truss structure. The main frame structure consists of upper horizontal members, lower horizontal members and diagonal members. Each member of the main frame structure has the same and different steel cross-sectional dimensions which can be determined from the weight of each component profile and the cross-sectional dimensions. The aim of this research is to dimension the cross-section of the Way Mamua steel truss using the gusset point method, analyze the rod forces acting on the bridge frame structure and plan bolt connections on the Way Mamua bridge. From the results of the analysis of the cross-sectional dimensions of the lower rod with a maximum rod force of 11862.87 kN, you can use the steel profile WF Steel Profile 419 x 407 x 30.61 x 49.23 kN, the lower rod with a maximum rod force of 10234.23 kN, use the Steel Profile WF 387 x 397 x 20.83 x 33.35 kN diagonal rod, maximum rod force of 5048.55 kN, using Steel Profile WF 375 x 374 x 16.76 x 33.35 and the number of bolts used for maximum rod force of 11862.87 kN, 46 bolts, installed in 2 rows, distance between bolts 95mm and distance between bolts to edge 50mm.

Keywords - Bar frame, Warren Truss, Bolt Connection

PENDAHULUAN

Struktur rangka batang adalah struktur yang terdiri dari elemen-elemen batang yang disambung membentuk suatu geometri tertentu, sehingga bila diberikan beban pada titik buhulnya (titik pertemuan antar batang), maka struktur tersebut akan menyalurkan beban ke tumpuan sebagai gaya aksial (tarik atau tekan) pada batang-batangnya. Jembatan rangka batang memiliki beberapa tipe struktur diantaranya, tipe Pratt, Warren, Howe dan Streamns yang salah satunya tipe warren truss pada jembatan way mamua.

Pada suatu konstruksi rangka batang, keseluruhan konstruksi harus dalam keadaan seimbang, termasuk setiap titik simpul juga harus dalam keadaan seimbang. Untuk menentukan gaya-gaya batang suatu konstruksi rangka dengan menggunakan metode titik buhul, maka ada 2 persamaan kesetimbangan yang digunakan, yaitu $\Sigma V = 0$ dan $\Sigma H = 0$. $\Sigma M = 0$ hanya dipakai untuk menentukan reaksi ditumpuan. Pada tiap-tiap simpul yang akan dicari gaya batangnya, harus hanya 2 (atau 1) batang yang belum diketahui.

Jembatan Way Mamua terletak di Dusun Mamua, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah. Jembatan ini memiliki struktur rangka batang tipe Warren truss. Tipe jembatan ini tidak memiliki batang vertikal pada rangkanya, melainkan bentuk segitiga sama kaki. Perhitungan struktur atas berupa rangka batang tipe Warren truss pada jembatan sehingga memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk menopang beban lalu lintas yang melintas.

TINJAUAN PUSTAKA

Peneliti Terdahulu

Perhitungan Rangka Kuda-Kuda Dengan Menggunakan Metode Titik Buhul Dan Sap 2000 Sudarno P. Tampubolon. (2021).

Dari hasil analisa SAP-2000 dan perhitungan titik buhul diperoleh selisih hasil perbandingan dari setiap gaya batang tarik, tekan, diagonal, dan vertikal berada pada (0 -0,51) kg. Dari hasil analisa perhitungan titik buhul terhadap 3 buah rangka kudakuda atap dengan bentang 7m, 9m, dan 11m dapat dilihat bahwa nilai perhitungan gaya-gaya batang dengan Structural Analysis Program (SAP2000) memiliki nilai selisih yang tidak jauh beda dengan perhitungan titik buhul Perbandingan Struktur Dan Biaya Bangunan Rangka Atap Antara Material Kayu & Baja Ringan.

Gita Muhtarida. (2020)

Hasil analisis dengan menggunakan metode titik buhul untuk menghasilkan gaya-gaya batang dan dari hasil tersebut direncanakan dimensi untuk batang tekan dan batang tarik. Perhitungan biaya yang digunakan dengan metode analisa SNI. Hasil perhitungan struktur rangka atap baja ringan diperoleh profil C. 75.75, sedangkan struktur rangka atap kayu diperoleh dimensi kayu ukuran 7/10.

Jembatan Rangka Batang

Jembatan rangka adalah struktur konstruksi jembatan yang tersusun dari rangka-rangka yang diletakkan pada suatu bidang dan dihubungkan dengan sendi pada setiap titik hubungannya. Jembatan rangka batang memiliki beberapa keuntungan, diantaranya berat yang relatif ringan dan dalam pembangunannya dapat dirakit per bagian. Semua rangka batang dapat menahan beban-beban yang bekerja dalam bidang rangkanya.

Analisa Rangka Batang

Stabilitas

Tahap awal pada analisis rangka batang adalah menentukan apakah rangka batang itu mempunyai konfigurasi yang stabil atau tidak.

Pada suatu rangka batang, kita dapat menggunakan batang melebihi jumlah minimum yang diperlukan untuk kestabilan. Penting untuk mengetahui apakah konfigurasi batang stabil atau tidak stabil. Keruntuhan akan terjadi apabila stuktur tak stabil dibebani. Persyaratan yang harus dipenuhi untuk kestabilan rangka batang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$n = 2J - R \quad (1)$$

Keterangan:

J = Jumlah simpul

n = Jumlah batang

R = Jumlah komponen reaksi, R_{av} , R_{ah} , R_{bv} ,

Sebelumnya telah dikatakan bahwa struktur rangka batang pada umumnya memiliki tumpuan berupa sendi dan rol. Tumpuan rol hanya memberikan reaksi arah vertikal, sehingga dapat terjadi perpindahan dalam arah horizontal. Tumpuan sendi mampu memberikan reaksi dalam arah horizontal dan vertikal. Sehingga terdapat 3 komponen reaksi dukungan. Berdasarkan hal tersebut, kestabilan rangka batang dapat ditulis :

$$n = 2J - 3 \quad (2)$$

J = Jumlah simpul

n = Jumlah batang

R = Jumlah komponen reaksi, R_{av} , R_{ah} , R_{bv} ,

b. Gaya Batang

Prinsip dasar dalam menganalisis gaya batang adalah bahwa setiap struktur atau setiap bagian dari setiap struktur harus berada dalam kondisi seimbang. Gaya-gaya batang yang bekerja pada titik hubung rangka batang pada semua bagian struktur harus berada dalam keseimbangan. Prinsip ini merupakan kunci utama dari analisis rangka batang. Untuk rangka batang sederhana, gaya dalam setiap batang atau yang biasa disebut gaya batang, dapat ditentukan dengan cara yang berguna dengan menunjukkan bagaimana rangka dapat menahan beban.

Metode Analisis Rangka Batang

Untuk menyelesaikan perhitungan konstruksi rangka batang, umumnya dapat diselesaikan dengan beberapa metode sebagai berikut:

Metode keseimbangan titik buhul

Pada analisis rangka batang dengan metode titik hubung (joint), rangka batang dianggap sebagai gabungan batang dan titik hubung. Gaya batang diperoleh dengan meninjau keseimbangan titik-titik hubung. Setiap titik hubung harus berada dalam keseimbangan, sehingga untuk menghitung gaya-gaya yang belum diketahui digunakan $\Sigma H = 0$ dan $\Sigma V = 0$.

Gaya Geser dan Momen pada Rangka Batang

Metode ini merupakan cara khusus untuk meninjau bagaimana rangka batang memikul beban yang melibatkan gaya dan momen eksternal, serta gaya dan momen tahanan internal pada rangka batang. Agar keseimbangan vertikal potongan struktur dapat dijamin, maka gaya geser eksternal harus diimbangi dengan gaya geser tahanan total atau gaya geser tahanan internal (VR), yang besarnya sama tapi arahnya berlawanan dengan gaya geser eksternal. Efek rotasional total dari gaya internal tersebut juga harus diimbangi dengan momen tahanan internal (MR) yang besarnya sama dan berlawanan arah dengan momen lentur eksternal.

Material Baja

Perancangan struktur baja mengacu pada RSNI T-03-2005. Komponen struktur yang diperhitungkan adalah rangka induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, sambungan baut, dan sambungan las. Sifat mekanis baja yang dipergunakan dalam perancangan berdasarkan RSNI T-03-2005 ditetapkan sesuai tabel.

Tabel 1.
Sifat mekanis baja structural

Jenis Baja	Tegangan Putus Min, f_x (MPa)	Tegangan Leleh Min, f_x (MPa)	Peregangan Min (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber : Perencanaan struktur baja untuk jembatan, RSNI T-03-2005

Komponen Struktur Rangka Baja

Perencanaan struktur baja mengacu pada RSNI T-03-2005. Pada komponen struktur, kekuatannya direduksi berdasarkan situasi rencana beban yang dipikulnya dengan menggunakan faktor reduksi.

Komponen struktur tarik

Semua komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor sebesar T_u maka harus memenuhi $T_u \leq \phi \cdot T_n$. Dalam menentukan tahanan nominal (T_n) suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

Kondisi leleh dari luas penampang kotor

Kondisi fraktur dari luas penampang efektif pada sambungan

Geser blok pada sambungan

Komponen struktur lentur

Jika sebuah komponen struktur tekan dibebani beban aksial tekan sehingga terjadi tekuk terhadap keseluruhan elemen tersebut (bukan tekuk lokal), maka ada tiga macam potensi tekuk yang mungkin terjadi diantaranya:

Tekuk lentur

Tekuk torsi

Tekuk lentur torsi

Komponen Struktur Tekan

Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar nilai λ_r harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

Pembebanan Jembatan

Beban mati

Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, dan ditambah dengan elemen non struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap.

Beban mati tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seruruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

Beban angin

Beban angin yang diperhitungkan yaitu tekanan angin atas, tekanan angin bawah, tekanan angin pada struktur, dan tekanan angin pada kendaraan.

Perhitungan Sambungan Baut

Luas baut dan tarikan minimum

Kekuatan nominal baut

Keadaan batas ultimit

METODE

Objek Penelitian

Objek yang diambil pada penelitian ini adalah jembatan Way Mamua

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada proyek Jembatan Way Mamua, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah.



Gambar 1.

Lokasi Penelitian

Jenis data

Data primer

Foto dokumentasi dan pengukuran secara langsung dimensi penampang baja pada struktur rangka jembatan yang diambil berdasarkan hasil pengamatan pada kondisi aktual di lapangan.

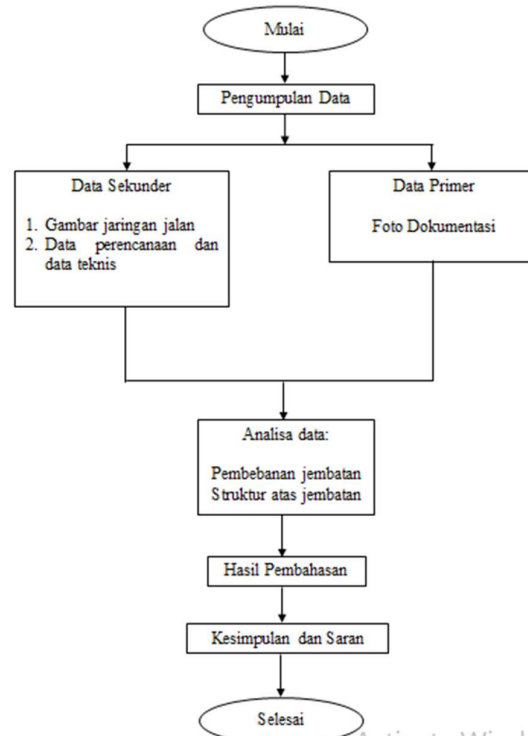
Data sekunder

Gambar kerja struktur jembatan rangka baja kelas A60 tipe warren truss pada proyek jembatan Way Mamua dari instansi terkait yaitu Pemerintah Provinsi Maluku, Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Bidang Bina Marga.

Diagram Alir Kegiatan Penelitian

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

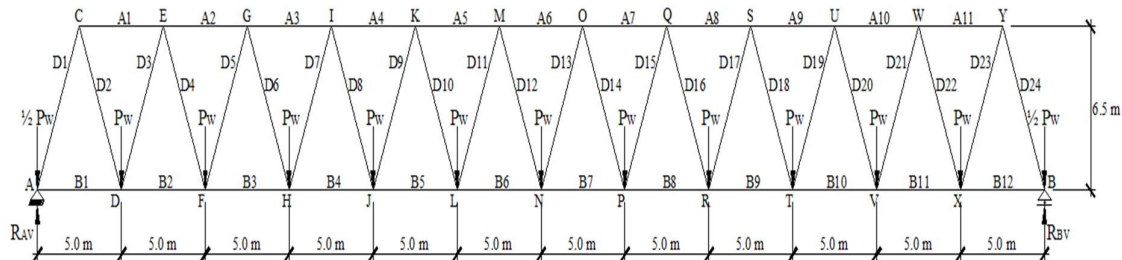




Gambar 2.
Bagan Alir Penelitian

PEMBAHASAN

Perhitungan Gaya Dalam Pada Struktur Rangka Batang



Gambar 3.
Reaksi Perletakan pada Rangka Batang

Gaya batang akibat beban mati (MS)

$$PMS = 239,63 \text{ kN}$$

Menentukan reaksi perletakan dengan cara analitis:

$$\sum MB = 0,$$

$$RAV \times (60) - \frac{1}{2} PD \times (60) - PD \times (55) - PD \times (50) - PD \times (45) - PD \times (40) - PD \times (35) - PD \times (30) - PD \times (25) - PD \times (20) - PD \times (15) - PD \times (10) - PD \times (5) = 0$$

$$RAV = (119,80 \times (60) + 239,63 \times (55) + 239,63 \times (50) + 239,63 \times (45) + 239,63 \times (40) + 239,63 \times (35) + 239,63 \times (30) + 239,63 \times (25) + 239,63 \times (20) + 239,63 \times (15) + 239,63 \times (10) + 239,63 \times (5))/60$$

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

$$RAV = 1437,78 \text{ kN}$$

$$\sum MA = 0,$$

$$-RBV \times (60) + \frac{1}{2} PD \times (60) + PD \times (55) + PD \times (50) + PD \times (45) + PD \times (40) + PD \times (35) + PD \times (30) + PD \times (25) + PD \times (20) + PD \times (15) + PD \times (10) + PD \times (5) = 0$$

$$RBV = (-119,80 \times (60) - 239,63 \times (55) - 239,63 \times (50) - 239,63 \times (45) - 239,63 \times (40) - 239,63 \times (35) - 239,63 \times (30) - 239,63 \times (25) - 239,63 \times (20) - 239,63 \times (15) - 239,63 \times (10) - 239,63 \times (5))/60$$

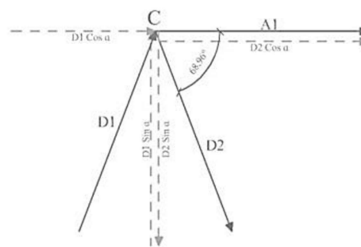
$$RBV = 1437,78 \text{ kN}$$

$$\sum V = 0,$$

$$(RAV + RBV) - (12 \times PD) = 0$$

$$(1437,78 + 1437,78) - (12 \times 239,63) = 0$$

$$2875,56 - 2875,56 = 0 \text{ (OK)}$$



Gambar 4.

Joint C. Rangka batang

$$\sum V = 0;$$

$$- D1 \cdot \sin 68,960 + D2 \cdot \sin 68,960$$

$$- 1412,11 \cdot 0,933330011 + D2 \cdot 0,933330011$$

$$D2 = 1317,97/0,933330011$$

$$D2 = D23 = 1412,11 \text{ kN (Batang Tekan)}$$

$$\sum H = 0;$$

$$D1 \cdot \cos 68,960 + D2 \cdot \cos 68,960 + A1$$

$$1412,11 \cdot 0,359019624 + 1412,11 \cdot 0,359019624 + A1$$

$$A1 = -506,98 - 506,98$$

$$A1 = A11 = -1013,96 \text{ kN (Batang Tarik)}$$

Dari proses perhitungan gaya dalam secara manual dengan metode titik buhul akibat beban mati yang bekerja dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1.

Gaya batang hasil perhitungan dengan metode Titik Buhul

No. Batang	Gaya Batang (kN) Beban Mati (MS)	
	Tekan (-)	Tarik (+)
A1	1013.96	
A2	1843.56	
A3	2488.80	
A4	2949.68	
A5	3226.22	

A6	3318.40
A7	3226.22
A8	2949.68
A9	2488.80
A10	1843.56
A11	1013.96

Sumber : Data diolah 2023

Selanjutnya kombinasi beban dan faktor beban dilakukan berdasarkan SNI 1725:2016. Hasil kombinasi beban dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel. Hasil gaya maksimum yang terjadi dari hasil kombinasi beban dapat dilihat pada tabel 2. berikut ini.

Tabel 2.
Hasil Kombinasi Beban

No. Batang	Kombinasi Gaya Batang	
	Tekan (-)	Tarik (+)
A1	3624.87	
A2	6590.66	
A3	8897.26	
A4	10544.84	
A5	11533.40	
A6	11862.90	
A7	11533.40	
A8	10544.84	
A9	8897.26	
A10	6590.66	
A11	3624.87	

Sumber: Data diolah 2023

Mendimensi Penampang Baja Pada Struktur Rangka Batang

Mendimensi penampang batang atas

Batang A1 = Batang A11 (mengalami gaya tekan)

Dari hasil analisa, gaya aksial tekan yang didapat yaitu:

Gaya batang (P)= 3624,86 kN = 362486 kg (Kuat I)

Tegangan ijin (σ) = 2400 kg/cm²

Menghitung luas penampang baja

$$\sigma = P/A$$

$$A = (362486 \text{ (dari Hasil kombinasi beban)}) / 2400$$

$$A = 151,04 \text{ cm}^2$$

Dari tabel baja dipilih profil baja WF 276 x 261 x 15,62 x 25,35.

Berat profil, Wprofil = 132,4 kg/m

Tinggi, h = 276 mm

Lebar, b = 261 mm

Tebal badan, tw = 15,62 mm

Tebal sayap, tf = 25,35 mm

Luas penampang, A = 169 cm²

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



Section modulus,	Sx	= 1634,1 cm ³
Momen inersia,	Ix	= 37840cm ⁴
	Iy	= 13580 cm ⁴
Jari-jari inersia,	rx	= 14,96 cm
	ry	= 8,94 cm
	E	= 200000 MPa
	fy	= 360 MPa
	fu	= 520 MPa
	fr	= 70 MPa

Perbandingan kelangsingan

Kelangsingan elemen penampang

$$\lambda_p = 170/\sqrt{f_y} < \lambda_r = 370/\sqrt{(f_y - f_r)}$$

$$\lambda_p = 170/\sqrt{360} < \lambda_r = 370/\sqrt{(360 - 70)}$$

$$\lambda_p = 8,96 < \lambda_r = 21,73$$

Kelangsingan komponen struktur tekan

$$L_k = k_c \times L$$

$$k_c = 1,00 \text{ (sendi-sendu)}, \text{ maka } L_k = 1 \times 5 \text{ (jarak segitiga)} = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$\lambda = L_k/r_{\min} < 140$$

$$\lambda = 500/8,94 < 140$$

$$\lambda = 55,93 < 140 \text{ (Rmin/Ry)}$$

Kuat tekan lentur akibat tekuk lentur

$$\lambda_c = L_k/(r_{\min} \times \pi) \times \sqrt{(f_y/E)}$$

$$\lambda_c = 5000/(89,4 \times 3,14) \times \sqrt{(360/200000)}$$

$$\lambda_c = 0,76 < 1,5$$

Maka,

$$N_n = [(0,66)]^{\lambda^2} \times A_g \times f_y \text{ (Rumus } N_n \text{ tergantung nilai } \lambda_c)$$

$$N_n = [(0,66)]^{(0,72)^2} \times 16490 \text{ (konversi A ke mili)} \times 360$$

$$N_n = 4785835,67 \text{ N} = 4785,84 \text{ kN}$$

Cek persyaratan menurut SK.SNI T-03-2005

$$\phi \times N_n = 0,85 \times 4785,84 = 4067,96 \text{ kN} ; \phi = 0,85$$

$$N_u \leq \phi \times N_n$$

$$3624,86 \text{ kN} \leq 4067,96 \text{ kN (Ok.....)}$$

Maka profil WF 276 x 261 x 15,62 x 25,35 dapat digunakan.

Hasil rekapitulasi perhitungan mendimensi penampang profil baja untuk batang horizontal atas, batang horizontal bawah dan batang diagonal pada struktur rangka jembatan dapat dilihat pada tabel 3. berikut ini:

Tabel 3.

Dimensi Penampang Profil Baja Jembatan Way-Mamua		
No. Batang	Dimensi Penampang Profil Baja (mm)	Luasan (cm ²)
A1 = A11	WF 276 x 261 x 15,62 x 23,35	169
A2 = A10	WF 378 x 394 x 17,65 x 28,65	284,4
A3 = A9	WF 838 x 400 x 18,16 x 29,21	379,3
A4 = A8	WF 409 x 404 x 27,69 x 44,4	449,6
A5 = A7	WF 920 x 421 x 21,46 x 35,58	493,9
A6	WF 419 x 407 x 30,61 x 46,05	500,8

Sumber : Data diolah, 2023

Perencanaan Sambungan

Perhitungan Jumlah Baut

Joint M.

Sumber : Autocad, 2023

Gambar 8. Joint M. Rangka batang

Gaya batang A6= 11862,87 kN

Jumlah Baut yang diperlukan untuk Batang A6

$$nA1 = 11862,87 / 263,69 \\ = 44,99$$

Dipasang $23 \times 2 = 46$ Baut

Jarak antar baut

$$3.db < S < 15.tp$$

$$3.30 < S < 15.25$$

$$= 90 < S < 375 \text{ Digunakan } S = 95 \text{ mm}$$

Jarak antara baut ke tepi

$$1,5.db < S1 < (4tp + 100)$$

$$1,5.30 < S1 < (4.25 + 100)$$

$$= 45 < S1 < 200 \text{ Digunakan } S1 = 50\text{mm}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tarik

Batas leleh

$$Tn = \phi \cdot fy \cdot Ag \quad \phi = 0,9 \\ = 0,9 \cdot 290 \cdot 75000 \\ = 19575000 \text{ kN}$$

Batas Putus

$$\text{Digunakan } U = 0,9$$

Banyak baut maksimum, n = 46 Baut

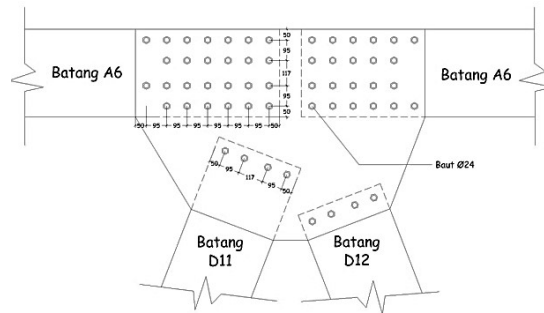
$$An = Ag - (n \cdot df \cdot t) \\ = 75000 - (46 \cdot 30 \cdot 25) \\ = 40500 \text{ mm}^2$$

maka,

$$Tn = \phi \cdot fu \cdot An \cdot U ; \quad fu = fup \text{ (lebih kecil dari } fuf) \\ = 0,75 \cdot 500 \cdot 40500 \cdot 0,9 \\ = 13668,75 \text{ kN}$$

11862,87 kN < 13668,75 kN (OK....)

Gambar sambungan baut pada joint M.



Gambar 5.
Sambungan baut pada joint M

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis gaya-gaya batang pada struktur rangka jembatan Way Mamua dengan tipe *Warren truss* diperoleh dimensi rangka batang sebagai berikut Dimensi penampang batang bawah dengan gaya batang maksimum sebesar 11862,87 kN, menggunakan Profil Baja WF 419 x 407 x 30,61 x 49,23. Dimensi penampang batang bawah dengan gaya batang maksimum sebesar 10234,23 kN, menggunakan Profil Baja WF 387 x 397 x 20,83 x 33,35. Dimensi penampang batang diagonal dengan gaya batang maksimum sebesar 5048,55 kN, menggunakan Profil Baja WF 375 x 374 x 16,76 x 33,35.

DAFTAR PUSTAKA

- Atika, E. (2018). *Analisis Variasi Tinggi Rangka Batang Pada Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt*. Tugas akhir, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Asiyanto, (2008). *Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja*. Jakarta: Universitas Indonesia (UIPress).
- Gita Muhtarida, (2020). *Perbandingan Struktur Dan Biaya Bangunan Rangka Atap Antara Material Kayu & Baja Ringan*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri
- Hadi, Nicolas dan Leo, Edison, (2018) *Analisis Perbandingan Jembatan rangka Baja engan Metode Prategang Eksternal Ditinjau dari Bentuk Trase Kabel Prategang*. Jurnal Mitra Teknik, 1(1), 230-239
- Jaelani, A. H. (2015). *Re-Design Jembatan Nambangan Bantul Bantul Menggunakan Rangka Baja Type Warren*. Tugas Akhir Tugas akhir, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Pedro Aloon, (2022). *Optimalisasi Struktur Rangka Batang Jembatan Way Mamua Kabupaten Maluku Tengah*. Ambon: Politeknik Negeri Ambon.
- Rasidi, Nawir, Ningrum, Diana dan S.W, Lalu Gusman. (2017). *Analisis Alternatif Perkuatan Jembatan Rangka Baja (Studi Kasus : Jembatan Rangka Baja Soekarno-Hatta Malang)*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang.
- Sudarno P. Tambupulon, (2021). *Perhitungan Rangka Kuda-Kuda Dengan Menggunakan Metode Titik Buhul Dan Sap 2000*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia
- Zulkarnain, Alexander., (2013). *Pemodelan Jembatan Rangka Baja Dengan Perkuatan Pratekan Eksternal*. Jurusan Teknik Sipil Mercu Buana, Jakarta