

TINJAUAN SISTEM SAMBUNGAN PADA SIMPUL RANGKA BATANG JEMBATAN WAI KAWA DESA KAWA KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT

Sa'din Kaliky¹, Pieter Lourens Frans², Hendrie Tahya³
kalikyadi@gmail.com¹, pflourens@gmail.com², tahyahendrie@gmail.com³
Politeknik Negeri Ambon

ABSTRAK

Jembatan struktur baja pada Desa Kawa Kabupaten Seram Bagian Barat yang menghubungkan jalan lintas seram dari Kecamatan Seram Barat menuju Kecamatan Taniwel dengan Panjang 140 meter. Pada pembangunan jembatan Wai Kawa khususnya struktur atas (Top Corss) yang didesain menggunakan rangka baja ditemukan bahwa baut yang dipakai untuk sistem sambungan rangka batang tidak memenuhi standar mutu baut yang sudah ditetapkan dalam perencanaan jembatan jenis kelas A. Dalam sistem sambungan rangka batang jembatan Wai Kawa tidak menggunakan material baut baja, sehingga baut tersebut sudah mengalami karatan setelah terkenal air hujan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis gaya-gaya batang pada simpul rangka batang dan mendesain sistem sambungan pada simpul rangka batang. Dengan menggunakan metode ritter, metode cremona, dan metode LRFD (Load And Resintance Factor Deisgn) mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut, hasil analisis gaya batang menggggunakan metode ritter didapatkan gaya tarik sebesar 4031,98 kN dan gaya tekan sebesar -4088,77 kN. Sedangkan untuk analisis gaya batang metode Cremona didapatkan gaya tarik sebesar 3804,8 kN dan gaya tekan sebesar -4088,8 kN. Dari hasil desain sambungan menggunakan metode LRFD (Load Resistance and Factor Design) didapatkan kekuatan baut untuk kuat geser nominal baut sebesar 6986,24 kN, Kekuatan Tumpuan Plat Sambungan sebesar 42336 kN, dan kekuatan geser nominal sebesar 6449,5 kN. Sedangkan untuk kekuatan pelat terhadap kelelahan sebesar 7435,89 kN dan kekuatan pelat terhadap fraktur sebesar 10683,75.

Kata Kunci: Struktur Rangka Batang, Metode Ritter, Metode Cremona, Metode LRFD (Load And Resintance Factor Deisgn).

ABSTRACT

Steel structure bridge in Kawa Village, West Seram Regency which connects the Seram causeway from West Seram District to Taniwel District with a length of 140 meters. In the construction of the Wai Kawa bridge, especially the top structure (Top Corss) which was designed using a steel frame, it was found that the bolts used for the truss connection system did not meet the bolt quality standards that had been determined in the planning of class A bridges. In the truss connection system of the Wai Kawa bridge not using steel bolts, so the bolts have rusted after being exposed to rainwater. The aim of this research is to analyze the rod forces at the truss nodes and design a connection system at the truss nodes. By using the Ritter method, Cremona method, and the LRFD (Load And Resistance Factor Design) method, the following calculation results were obtained. The results of the rod force analysis using the Ritter method obtained a tensile force of 2043.44 kN and a compressive force of -3175.39 kN. Meanwhile, for the Cremona method of rod force analysis, the tensile force was 769.51 kN and the compressive force was -737.34 kN. From the results of the connection design using the LRFD (Load Resistance and Factor Design) method, the bolt strength for the nominal bolt shear strength was 6986.24 kN, the connection plate support strength was 42336 kN, and the nominal shear strength was 6449.5 kN. Meanwhile, the plate strength against yielding is 7435.89 kN and the plate strength against fracture is 10683.75.

Keywords: *Bar Frame Structure, Ritter Method, Cremona Method, LRFD Method (Load And Resistance Factor Design).*

PENDAHULUAN

Dalam pemasangan struktur rangka batang terdapat beberapa sistem sambungan yang digunakan diantaranya yaitu sambungan menggunakan baut, las, dan paku keeling. Sambungan rangka batang menggunakan baut memiliki kelebihan yaitu pemasangan dan penyetelan dapat dilakukan dengan mudah pada saat pekerjaan berlangsung, sambungan dapat dibongkar dan dipasang kembali dengan gampang. Adapun kekurangan dari sambungan baut yaitu waktu perawatan yang harus dilakukan secara rutin dan apabila salah satu baut mengalami kerusakan maka proses pembokaran akan lebih susah. Sambungan menggunakan las mempunyai kelebihan yaitu penyambungannya bersifat permanen dan pada umumnya proses penyambungan logam dengan pengelasan lebih hemat dan ekonomis. Baut adalah alat sambungan dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian dilapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar atau dilepas kembali.

Dalam pembangunan jembatan, mutu material harus diperhatikan dan dijaga sehingga struktur jembatan dapat menjangkau kelayakan umur rencana yang sudah ditetapkan. Berdasarkan hasil survey lapangan pada pembangunan jembatan Wai Kawa khususnya struktur atas (Top Corss) yang didesain menggunakan rangka baja ditemukan bahwa baut yang dipakai untuk sistem sambungan rangka batang tidak memenuhi standar mutu baut yang sudah ditetapkan dalam perencanaan jembatan jenis kelas Dalam sistem sambungan rangka batang jembatan Wai Kawa tidak menggunakan material baut baja, sehingga baut tersebut sudah mengalami karatan seteleah terkenal air hujan. Oleh karena peneliti melakukan tinjauan sistem sambungan pada struktur rangka batang jembatan, guna dapat menegetahui kelayakan daya dukung terhadap beban yang akan diterima berdasarkan gaya-gaya yang bekerja dalam simpul struktur rangka batang jembatan.

METODOLOGI

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini di lakukan di Desa Kawa Kecamatan Seram Barat Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku. Tepatnya di proyek penggantian Jembatan Wai Kawa.

a. Metode Ritter

Metode keseimbangan potongan (ritter) adalah metode yang mencari gaya batang dengan potongan atau irisan analitis. Metode ini umumnya hanya memotong tiga batang mengingat hanya ada tiga persamaan statika saja yaitu:

$$\Sigma M = 0, \text{ dan } \Sigma H = 0, \text{ dan } \Sigma V = 0.$$

b. Metode Cremona

Metode cremona pada dasarnya sama dengan metode titik simpul/buhul. Perbedaan dari keduanya adalah metode cremona penyelesaiannya dilakukan dengan cara menggambarkan yang hasilnya menjadi satu, gambar tersebut dinamakan diagram cremona.

c. Metode LRFD (Load And Resintance Factor Deisgn)

LRFD (Load And Resintance Factor Deisgn) adalah spesifikasi yang dikeluarkan oleh AISC (America Instate Of Steel Construction) untuk desai kontruksi baja, berdasarkan ketahanan metode kekuatan ultimit (Metode Plastis) LRFD memberikan perbandingan yang lebih spesifik antara beban Q dan resistensi Rn, seperti persamaan untuk persyaratan mendapatkan keamanan sebagai berikut:

$$\phi R_n \geq \Sigma \gamma_i Q_i$$

Σ = Penjumlahan

i = Menunjukkan berbagai kondisi

Q_i = Pengaruh beban nominal

γ_i = Faktor beban terksit beban Q_i yang ditinjau

$\gamma_i Q_i$ = Kuat perlu, dari kondisi yang paling ekstrim

R_n = Kuat nominal, kekuatan elemen yang dihasilkan

ϕ = Faktor tahanan sesuia jenis struktur yang ditinjau

ϕR_n = Kuat rencna, struktur yang direncanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1725-2016. Pembebanaan pada jembatan menurut SNI dikeompokan menjadi dua kelompok besar yaitu beban Permanen dan Beban transien .uraiannya dapat dilihat sebagai berikut :

1. Beban Mati Tambahan (MA)

a. Perhitungan Beban Mati Tambahan akibat Perkerasan :

Pada perhitungan ini untuk tebal aspal dan tebal lapisan air (genangan) diasumsikan mempunyai tebal 5 cm dan diijinkan untuk penambahan satu layer setebal 5 cm, jadi tebal aspal yang direncanakan setebal 10 cm. Dari data-data tersebut maka dapat dilakukan perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. : Perhitungan Beban Perkerasan

No	Uraian	Tebal (m)	Luas Persegmen (m)	Berat Jenis (KN/m ³)	Beban (KN/m ²)
1	Genangan Air	0.05	35.0	10	0.5
2	Aspal	0.10	35.1	22	2.2
Total Beban					2.7

Sumber : Penulis 2023

b. Perhitungan Beban Mati Tambahan akibat Trotoar :

Trotoar pada struktur jembatan ini direncanakan memiliki tebal 0,35 m dengan jarak pembebanan persegmen 5 m dengan lebar 0,70 m. material pembentuk trotoar adalah beton bertulang dengan berat 24 kN/m³. Pada trotoar ini juga terdapat beban air hujan yang direncanakan setebal 5 cm. untuk perhitungan beban trotoar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. : Perhitungan Beban trotoar

No	Uraian	Tebal (m)	Luas Persegmen (m)	Berat Jenis (KN/m ³)	Beban (KN/m ²)
1	Trotoar	0.30	5.0	24.0	7.2
2	Air Hujan	0.05	5.1	10.0	0.5
Total Beban					7.7

Sumber : Penulis 2023

c. Steel Deck

$$\text{Berat Steel Deck} = 0,132 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban steel deck untuk trotoar} = 0,70 \times 5 \times 0,132 = 0,462 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban steel deck untuk lantai} = 7,6 \times 5 \times 0,132 = 5,016 \text{ kN/m}^2$$

d. Pipa Railing galvanis 2,5" BJ (kN/m) = 1,25 x 2 x 60 = 150 kN/m

$$\text{Beban per titik buhul} = 150 / 12 = 12,5 \text{ kN/ Titik Buhul}$$

2. Beban Lalulintas

Beban lalu lintas menurut SNI 1725-2016 terdiri dari beban lajur "D" (TD) , beban truk "T" (TT) , Faktor beban dinamik (FBD), Gaya Rem, Beban pejalan Kaki (TP). Untuk beban "D" dan beban "T" Diisyaratkan dalam SNI tidak dapat bekerja secara bersamaan, karena itu dalam perhitungan beban lalulintas ini yang digunakan adalah beban lajur "D" (TD) Untuk beban "T" digunakan dalam perhitungan struktur lantai jembatan. Uraian pembebanan lalulintas dapat diruraikan sabagai berikut :

3. Beban Pejalan Kaki (TP)

Menurut SNI 1725 – 2016 Poin 8.9 beban pejalan kaki untuk lebar minimal trotoar 600 mm harus direncanakan memikul beban dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Berikut

perhitungan beban pejalan kaki untuk lebar trotoar 0,70 m dan anjang persegmen adalah 5 m

$$\begin{aligned} \text{Beban Pejalan Kaki} &= 5 \text{ kPa} : (\text{Lebar trotoar} \times \text{Panjang Segmen}) \\ &= 5 : (0,70 \times 5) \\ &= 1,42 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Beban Lajur “D” (TD)

Dalam perhitungannya, beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT). Beban lajur “D” ini nantinya akan bekerja pada lebar seluruh lajur kendaraan yang ada. Perhitungan beban lajur “D” yang terdiri 46 dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT) tersebut dapat dilihat pada uraian berikut.

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Menurut SNI 1725 – 2016 besar “BTR” tergantung pada panjang jembatan. Panjang jembatan yang diteliti ini adalah 60 m. jadi dalam perhitungan pembebanannya mengacu pada point SNI 8.3.1 (28) yaitu jembatan dengan panjang lebih dari 30 m. berikut perhitungannya :

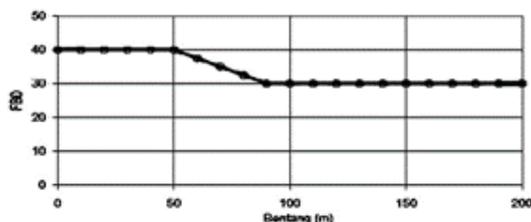
$$\begin{aligned} q &= 9,0 \times (0,5 + 15/L) \\ &= 9,0 \times (0,5 + 15/60) \\ &= 6,75 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan panjang segmen 5 m maka beban yang bekerja persegmen jembatan ini adalah :

$$q \text{ persegmen} = 6,75 : 5 = 1,35 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Beban garis terpusat menurut SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas yang ada pada jembatan. Besarnya intensitas beban garis terpusat (BGT) adalah sebesar 49 kN/m. Intensitas beban tersebut harus terlebih dahulu dikalikan dengan factor beban dinamis (FBD). Nilai factor perkalian dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 2. : Grafik Nilai FBD terhadap bentang jembatan

Sumber : SNI 1725 (2016)

Dari grafik dapat dilihat untuk bentangan 60 m maka FBD yang digunakan adalah 38% . Maka beban Garis terpusat (BGT) dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{FBD} &= 1 + (38/60) = 1,6 \\ \text{BGT} &= 49 \times \text{FBD} \\ \text{BGT} &= 49 \times 1,6 \\ &= 30,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5. Beban Truk (TT)

Besaran beban truk menurut SNI adalah 500 kN dan beban tersebut dikali factor beban dinamis (FBD) untuk beban truk sebesar 38%. Uraianya adalah sebagai berikut :

Roda Depan sebesar 50 kN yang disebar :

Roda Depan : $50 \text{ kN} \times 1,6 = 80 \text{ kN/m}^2$

Roda Tengah sebesar 225 kN yang disebar :

Roda Tengah : $225 \text{ kN} \times 1,6 = 360 \text{ kN/m}^2$

Roda belakang sebesar 225 kN yang disebar :

Roda Belakang: $225 \text{ kN} \times 1,6 = 360 \text{ kN/m}^2$

6. Beban Rem (TB)

Beban rem harus diambil yang terbesar dari :

25% dari berat gander truk disain atau

5% dari berat truck rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

Uraianya sebagai berikut :

25% x Berat gander : $25 \% \times 225 \text{ kN} = 56,25 \text{ kN}$

5% x (Berat Truk + qBTR x (LxB))

$0,05 \times (500 \text{ kN} + 6,75 \times (7.6 \times 60)) = 178,9 \text{ kN}$

Jadi beban rem yang diambil adalah 178,9 kN

Joint Bawah :

$= (TB \times (H-y1))/H \times 1/(n \text{ Atas})$

$= (178,9 \times (8,5-1,8))/8,5 \times 1/34$

$= 4,14 \text{ kN}$

Joint Atas :

$= (TB \times (y1))/H \times 1/(n \text{ Atas})$

$= (178,9 \times (1,8))/8,5 \times 1/34$

$= 1,11 \text{ kN}$

B. Aksi Lingkungan

Dalam menghitung beban aksilinggkungan ini ada dua beban yang akan dihitung yaitu,beban angin dan beban gempa. Uraian tentang perhitungan kedua beban tersebut dapat dilihat di bawah ini :

1. Beban Angin

a) Tekanan Angin Horisontal

• Angin Pada Struktur (EWS)

Berdasarkan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan, berikut uraian tentang perhitungan beban angin :

$PD = PB (VDZ/VB)^2$

$VDZ = 2,5 V0 (V10/VB) \ln (Z/Z0)$

Dimana :

PB : Tekanan angin dasar (Ditentukan dalam tabel 29 SNI 1725) Untuk komponen jembatan rangka baja maka digunakan 0,0024 MPa untuk angin tekan dan 0,0012 MPa Untuk Angin hisap.

VDZ : Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, z (km/jam)

V10 : Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm diatas tanah atau diatas permukaan air (km/jam)

VB : Kecepatan angin rencana yaitu 90 – 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

Z : Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angina dihitung ($Z > 10000$ mm)

V0 : Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi

Z0 : Panjang gesekan di hulu jembatan yang merupakan karakteristik meteorologi (Tabel 28 SNI 1725)

Nilai V10 = VB digunakan 90 Km/jam (Diperbolehkan oleh SNI jika tidak ada data angin)

Perhitungan beban angina pada struktur dapat diuraikan sebagai berikut :

- Data jembatan :
- Elevasi struktur: 8.500 mm (8,5 m)
- Elevasi Muka air: 3.900 mm (3,9 m)
- Z: $8.500 + 3.900 = 12.400$ mm (12,4 m)
- Kondisi : Lahan Terbuka maka :

V0 = 13,2 (Tabel 28 SNI 1725)

Z0 = 70 (Tabel 28 SNI 1725)

V10 = 90

VB = 90

PB (Untuk jembatan rangka) : 0,0024 MPa (angina tekan) dan 0,0012 MPa (angin tarik)

VDZ = $2,5 \times 13,2 \left(\frac{90}{90} \right) \ln \frac{12.400}{70}$

= 170,84 km/jam

-Angin Tekan

PD = $0,0024 \times 170,84/90$

= 0,0046 MPa

EWS = PD x Tinggi Rangka Jembatan x 30%

= $0,0046 \times 8.500 \times 0,3$

= 11,62 N/mm

= 1,16 kN/m

Syarat : EWS Tekan > 4,4 jadi ; $1,16 < 4,4$ Maka EWS yang digunakan adalah 4,4 kN/m

Distribusi beban angin sebagai berikut :

EWS di titik (Join) Bagian tengah ah jembatan

$0,5 \times 4,4 \times 6,25$ (Jarak Titik buhul) = 13,75 kN

EWS di titik (Join) Bagian Ujung Jembatan

$0,5 \times 0,5 \times 4,4 \times 6,25$ (Jarak Titik buhul) = 6,875 kN

2. Perhitungan Beban Struktur Rangka Baja

Terlepas dari beban mati tambahan dan beban luar yang dipikul pada struktur jembatan, berat sendiri pada rangka batang jembatan juga sangat diperhitungkan. Sebab beban rangka batang sudah termasuk beban tetap yang akan dipikul pada struktur jembatan.

43	AGO-CV-2	PL10X220	4	390	12.58	50.30	COVER_PLATE
44	AGO-CV-3	PL10X350	4	390	16.53	66.10	COVER_PLATE
45	AGO-EC-1	End Cup 2.5"	8	53	0.76	6.12	ENDCUP
46	AGO-EP-1	H300X150X6.5X9	2	9140	406.57	813.14	ENDPORTAL
47	AGO-FLA-1	PL2X172	8	250	0.69	5.51	FILLER_PLATE
48	AGO-FLA-2	PL5X180	8	525.1	3.77	30.15	FILLER_PLATE
49	AGO-FLA-3	PL5X179	8	525	3.74	29.93	FILLER_PLATE
50	AGO-FLA-4	PL8X182	8	535.1	6.24	49.92	FILLER_PLATE
51	AGO-FLA-5	PL8X182	8	535.2	6.20	49.58	FILLER_PLATE
52	AGO-FLA-6	PL3X178	16	525.1	2.22	35.51	FILLER_PLATE
53	AGO-FLA-7	PL4X172	8	250	1.38	11.01	FILLER_PLATE
54	AGO-FLB-1	PL2X162	8	250	0.65	5.19	FILLER_PLATE
55	AGO-FLB-2	PL2X161	16	385	0.99	15.87	FILLER_PLATE
56	AGO-FLB-3	PL2X181	16	395.2	1.14	18.22	FILLER_PLATE
57	AGO-FLB-4	PL6X204	8	390.6	3.82	30.53	FILLER_PLATE
58	AGO-FLB-5	PL6X204	8	389.4	3.80	30.44	FILLER_PLATE
59	AGO-FLB-6	PL5X203	16	465.5	3.78	60.49	FILLER_PLATE
60	AGO-G-1	WB 900X250X12X22	2	9132	1,721.80	3,443.59	CROSS_GIRDER
61	AGO-G-2	WB 900X250X12X22	11	9140	1,661.93	18,281.24	CROSS_GIRDER
62	AGO-GA-1	PL20X1159	8	1313.8	186.35	1,490.77	GUSSET_ATAS
63	AGO-GA-2	PL16X1077	8	1114.3	140.81	1,126.51	GUSSET_ATAS
64	AGO-GA-3	PL16X1067	8	1114.6	140.06	1,120.52	GUSSET_ATAS
65	AGO-GA-4	PL16X1085	8	1187.1	145.37	1,162.99	GUSSET_ATAS
66	AGO-GA-5	PL16X1073	8	1307.1	153.96	1,231.65	GUSSET_ATAS
67	AGO-GA-6	PL16X1047	8	1307.1	149.67	1,197.33	GUSSET_ATAS
68	AGO-GBD-1	PL20X1185	4	1328.2	205.97	823.89	GUSSET_BAWA
69	AGO-GBD-2	PL16X1062	4	1297.2	142.50	570.01	GUSSET_BAWA
70	AGO-GBD-3	PL16X1085	4	1408.5	156.96	627.83	GUSSET_BAWA
71	AGO-GBD-4	PL16X1033	4	1410.2	152.44	609.78	GUSSET_BAWA
72	AGO-GBD-5	PL16X1001	4	1301.6	159.93	639.73	GUSSET_BAWA
73	AGO-GBD-6	PL16X1047	4	1262.4	161.34	645.36	GUSSET_BAWA
74	AGO-GBD-7	PL16X1048	2	1259.7	161.06	322.13	GUSSET_BAWA
75	AGO-GBL-1	PL20X1185	4	1328.2	205.97	823.89	GUSSET_BAWA
76	AGO-GBL-2	PL16X1062	4	1297.2	142.50	570.01	GUSSET_BAWA
77	AGO-GBL-3	PL16X1085	4	1408.5	156.96	627.83	GUSSET_BAWA
78	AGO-GBL-4	PL16X1033	4	1410.2	152.44	609.78	GUSSET_BAWA
79	AGO-GBL-5	PL16X1001	4	1301.6	159.93	639.73	GUSSET_BAWA
80	AGO-GBL-6	PL16X1047	4	1262.4	161.34	645.36	GUSSET_BAWA
81	AGO-GBL-7	PL16X1048	2	1259.7	161.06	322.13	GUSSET_BAWA
82	AGO-LS-1	WB 300X250X16X20	2	900	124.39	248.79	LATERAL_STOP
83	AGO-PBR-1	PL10X125	18	399.2	3.99	71.88	PLATE BRACIN
84	AGO-PBR-2	PL10X125	4	413.6	4.14	16.55	PLATE BRACIN
85	AGO-RL-1	Pipa Medium 2.5"	40	6000	34.39	1,375.50	RAILING
86	AGO-SFA-1	PL12X182	8	1076.9	18.71	149.70	SPLICE_FLANG
87	AGO-SFA-2	PL12X182	8	1075.9	18.69	149.56	SPLICE_FLANG
88	AGO-SFA-3	PL12X179	8	1066.9	18.28	146.25	SPLICE_FLANG

Tabel 4.3. Perhitungan Rangka Baja

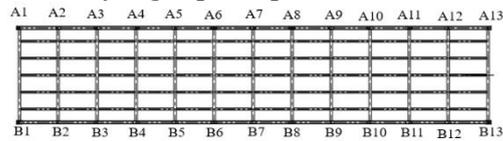
No.	Assembly	Profile	Qty	Length (mm)	Unit weight (Kg)	Total Weight (Kg)	Name
1	A60-BA-1	WB 400X400X8X12	4	4693.6	473.59	1,894.35	BATANG ATAS
2	A60-BA-2	WB 400X400X12X20	4	4984.6	810.59	3,242.37	BATANG ATAS
3	A60-BA-3	WB 400X400X14X25	4	4984.6	993.30	3,973.19	BATANG ATAS
4	A60-BA-4	WB 400X420X22X28	4	4984.6	1,240.14	4,960.58	BATANG ATAS
5	A60-BA-5	WB 400X430X25X28	4	4984.6	1,303.65	5,214.61	BATANG ATAS
6	A60-BA-6	WB 400X450X25X28	2	4984.6	1,348.33	2,696.66	BATANG ATAS
7	A60-BB-1	WB 400X360X8X10	4	4753.5	389.55	1,558.20	BATANG BAWA
8	A60-BB-2	WB 400X400X8X12	4	4984.5	502.94	2,011.77	BATANG BAWA
9	A60-BB-3	WB 400X450X12X14	4	4984.5	680.69	2,722.78	BATANG BAWA
10	A60-BB-4	WB 400X450X14X20	4	4984.5	919.08	3,676.33	BATANG BAWA
11	A60-BB-5	WB 400X450X14X25	4	4984.5	1,093.01	4,372.02	BATANG BAWA
12	A60-BB-6	WB 400X450X14X25	4	4984.5	1,093.01	4,372.02	BATANG BAWA
13	A60-BD-1	WB 400X450X20X22	4	7053	1,501.44	6,005.75	BATANG_DIAG
14	A60-BD-2	WB 400X350X10X12	4	6272.3	604.67	2,418.67	BATANG_DIAG
15	A60-BD-3	WB 400X400X10X16	4	6420.5	840.90	3,363.58	BATANG_DIAG
16	A60-BD-4	WB 400X300X8X12	4	6430.7	521.60	2,086.38	BATANG_DIAG
17	A60-BD-5	WB 400X400X10X14	4	6370.4	756.70	3,026.78	BATANG_DIAG
18	A60-BD-6	WB 400X300X8X10	4	6340.6	456.59	1,826.36	BATANG_DIAG
19	A60-BD-7	WB 400X360X10X12	4	6491.7	639.88	2,559.50	BATANG_DIAG
20	A60-BD-8	WB 400X280X8X10	4	6361.8	438.24	1,752.94	BATANG_DIAG
21	A60-BD-9	WB 400X300X10X12	4	6448.5	563.94	2,255.76	BATANG_DIAG
22	A60-BD-10	WB 400X280X8X10	4	6395.3	440.73	1,762.91	BATANG_DIAG
23	A60-BD-11	WB 400X280X8X10	4	6454.7	445.01	1,780.03	BATANG_DIAG
24	A60-BD-12	WB 400X280X8X10	4	6447.3	444.38	1,777.54	BATANG_DIAG
25	A60-BP-1	PL38X600	4	600	295.63	1,182.51	BEARING_POST
26	A60-BR-1	H125X125X6.5X9	9	10183.1	247.01	2,223.10	BRACING
27	A60-BR-2	H125X125X6.5X9	18	4952	120.12	2,162.16	BRACING
28	A60-BR-3	H125X125X6.5X9	2	10039.7	243.53	487.07	BRACING
29	A60-BR-4	H125X125X6.5X9	2	4875.3	118.26	236.52	BRACING
30	A60-BR-5	H125X125X6.5X9	2	4870.8	118.15	236.30	BRACING
31	A60-BRA-1	PL10X310	2	420	18.11	36.21	PLATE_BRACIN
32	A60-BRA-2	PL10X310	4	420	18.11	72.45	PLATE_BRACIN
33	A60-BRA-3	PL10X310	8	420	18.11	144.90	PLATE_BRACIN
34	A60-BRA-4	PL10X310	2	420	18.11	36.22	PLATE_BRACIN
35	A60-BRA-5	PL10X310	4	420	18.04	72.15	PLATE_BRACIN
36	A60-BRA-6	PL10X210	4	310	8.75	34.98	PLATE_BRACIN
37	A60-CL-1	L100X100X10	48	220	3.35	160.57	CLEAT
38	A60-CL-2	L100X100X10	48	220	3.35	160.57	CLEAT
39	A60-CL-3	L100X100X10	168	342	5.20	873.66	CLEAT
40	A60-CL-4	L100X100X10	168	342	5.20	873.66	CLEAT
41	A60-CR-1	PL38X60	192	307.2	0.45	86.37	CLAMP_RAILU
42	A60-CV-1	PL10X360	4	390	23.75	95.00	COVER_PLATE
89	A60-SFA-4	PL12X179	8	1065.8	18.26	146.09	SPICE_FLANG
90	A60-SFA-5	PL12X191	8	1187.1	20.81	166.50	SPICE_FLANG
91	A60-SFA-6	PL12X185	8	1185.9	20.79	166.34	SPICE_FLANG
92	A60-SFA-7	PL12X192	8	1307.1	23.42	187.33	SPICE_FLANG
93	A60-SFA-8	PL12X187	8	1306	23.40	187.17	SPICE_FLANG
94	A60-SFA-9	PL12X201	8	1307.1	24.47	195.72	SPICE_FLANG
95	A60-SFA-10	PL12X201	8	1305.9	24.44	195.53	SPICE_FLANG
96	A60-SFB-1	PL12X205	8	997.8	19.44	155.51	SPICE_FLANG
97	A60-SFB-2	PL12X205	4	1046.8	20.57	82.28	SPICE_FLANG
98	A60-SFB-3	PL12X205	12	1046.8	20.39	244.71	SPICE_FLANG
99	A60-SFB-4	PL12X207	8	1045.9	20.64	165.14	SPICE_FLANG
100	A60-SFB-5	PL12X183	8	802.2	13.54	108.34	SPICE_FLANG
101	A60-SFB-6	PL12X183	8	799.1	13.50	108.01	SPICE_FLANG
102	A60-SFB-7	PL12X208	8	817.6	15.54	124.35	SPICE_FLANG
103	A60-SFB-8	PL12X204	8	813.7	15.48	123.83	SPICE_FLANG
104	A60-SFB-9	PL12X205	8	840.4	16.43	131.43	SPICE_FLANG
105	A60-SFB-10	PL12X206	8	844.2	16.46	131.72	SPICE_FLANG
106	A60-SFB-11	PL12X205	8	996.6	19.47	155.73	SPICE_FLANG
107	A60-SO-1	Socket 2.5"	28	100	0.76	21.41	SOCKET
108	A60-ST-1	WB 450X150X8X10	14	4969.2	259.13	3,627.86	STRINGER
109	A60-ST-2	WB 450X150X8X10	70	4971.3	259.80	18,186.00	STRINGER
110	A60-ST-3	WB 300X150X8X10	4	4959.9	211.46	845.83	STRINGER
111	A60-ST-4	WB 300X150X8X10	20	4971.3	212.08	4,241.55	STRINGER
112	A60-SWA-1	PL10X250	8	350	7.00	56.02	SPICE_WEB AT
113	A60-SWA-2	PL10X250	40	360	7.20	288.09	SPICE_WEB AT
114	A60-SWB-1	PL10X250	44	340	6.80	299.29	SPICE_WEB B
Total Weight of Structure						151,825.54	KG

Sumber : Penulis 2023

Dari hasil perhitungan pada tabel 3. dapat diketahui berat keseluruhan struktur rangka baja yang dihitung berdasarkan komponen-komponen rangka batang yang ditotalkan keseluruhan mempunyai berat yaitu 151,825.54 kg.

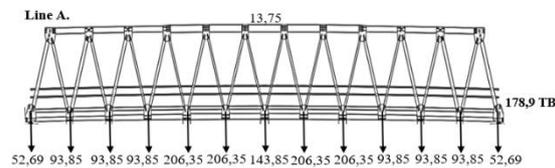
3. Penyederhaan Beban / Titik Buhul

Setelah menghitung keseluruhan beban yang bekerja pada jembatan maupun beban mati sendiri pada struktur jembatan, maka langkah berikutnya yaitu memposisikan semua beban yang sudah hitung ke masing-masing titik buhul. Dikarenakan semua beban yang di terima akan disalurkan ketitik buhul sehingga dengan penyederhanaan beban ini kita dapat mengetahui berapa besar beban yang dipikul per titik buhul.



Gambar. 4.2. Tampak atas potongan Line A dan Line B

Sumber : Penulis 2023



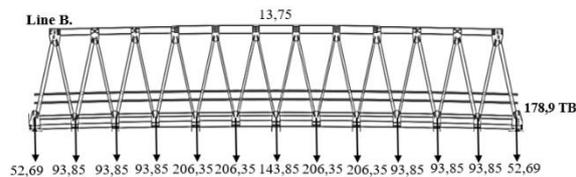
Gambar. 4.3. Tampak samping potongan Line A

Sumber : Penulis 2023

Tabel. 4.4 Perhitungan Total Beban/Titik Buhul Line A

No. Kode	PEMBEBANAN LINE (A)					Beban Rangka Baja (kN)	Berat Total (kN)
	Perkerasan (kN)	Trotoar (kN)	Pejalan Kaki (kN)	Truck (kN)	Beban Angin (kN)		
A1	20,9	12,6	0,71	0	6,8	11,68	52,69
A2	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A3	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A4	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A5	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
A6	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
A7	41,8	25,2	1,42	50	13,75	11,68	143,85
A8	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
A9	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
A10	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A11	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A12	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
A13	20,9	12,6	0,71	0	6,8	11,68	52,69

Sumber : Penulis 2023



Gambar. 4.4. Tampak samping potongan Line B

Sumber : Gambar rencana

Tabel. 4.5 Perhitungan Total Beban/Titik Buhul Line B

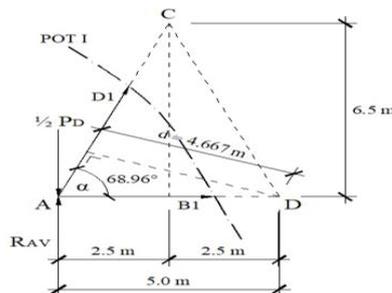
No. Kode	PEMBEBANAN LINE (A)						Berat Total (kN)
	Perkerasan (kN)	Trottoar (kN)	Pejalan Kaki (kN)	Truck (kN)	Beban Angin (kN)	Beban Rangka Baja (kN)	
B1	20,9	12,6	0,71	0	6,8	11,68	52,69
B2	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B3	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B4	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B5	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
B6	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
B7	41,8	25,2	1,42	50	13,75	11,68	143,85
B8	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
B9	41,8	25,2	1,42	112,5	13,75	11,68	206,35
B10	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B11	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B12	41,8	25,2	1,42	0	13,75	11,68	93,85
B13	20,9	12,6	0,71	0	6,8	11,68	52,69

Sumber : Penulis 2023

Dari hasil analisis perhitungan dan pembagian pembebanan pada tiap-tiap titik buhul yang dapat dilihat pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 diatas dapat diketahui bahwa dari ke 13 titik buhul memikul beban yang berbeda, dikarenakan adanya beban Truck yang dimana peneliti mengasumsikan bahwa ada dua buah truck yang melintasi jembatan secara bersamaan dengan arah yang berbeda yang ditandai dengan garis merah sebagai roda tengah dan belakang dan garis biru sebagai roda depan. sehingga pada hasil perhitungan dan pembagian beban/titik buhul dapat lihat perbandingan antara beban pada titik buhul 1, 2, 7 dan seterusnya.

4. Metode Ritter

Langkah pertama dalam perhitungan gaya batang adalah menghitung reaksi perletakan yang terjadi pada tiap tumpuan yang bekerja pada struktur jembatan. Hasil reaksi perletakan akibat beban mati yang bekerja pada jembatan adalah sebesar 766,2 kN untuk masing-masing tumpuan. Perhitungan gaya batang metode ritter diperoleh sebanyak 12 potongan atau irisan analitis dengan tinggi rangka 6,5 m dan jarak titik buhul yaitu 5 m, karena struktur rangka jembatan simetris maka gaya-gaya batang cukup dihitung separuh saja yaitu ditinjau dari bagian kiri struktur jembatan diantaranya batang (A1, A2, A3, A4, A5, A6, B1, B2, B3, B4, B5, B6, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, dan D12). Perhitungan dengan 12 potongan yang ada diambil 1 potongan sebagai contoh, karena perhitungan untuk potongan yang lain sama, hanya saja berbeda dengan ditambahkan jarak titik buhul pada jembatan. Hasil perhitungan gaya batang B1, B12, D1 dan D24 merupakan hasil metode ritter potongan I yang dapat diperlihatkan pada Gambar 3. Berikut ini.



Gambar 4.5. Potongan I Akibat Beban Mati Dengan Metode Ritter
 Sumber: Penulis, 2023

$$\begin{aligned} \sum MC &= 0, \\ RAV \times (2,5) - \frac{1}{2} PD \times (2,5) - B1 \times (6,5) &= 0 \\ B1 &= \frac{-766,2 \times (2,5) + 147,65 \times (2,5)}{-6,5} \end{aligned}$$

$$B1 = B12 = 237,90 \text{ kN (batang tarik)}$$

$$\begin{aligned} \sum MD &= 0, \\ RAV \times (5) - \frac{1}{2} PD \times (5) + D1 \times (4,667) &= 0 \\ D1 &= \frac{-766,2 \times (2,5) + 147,65 \times (2,5)}{4,667} \end{aligned}$$

$$D1 = D24 = -331,34 \text{ kN (batang tekan)}$$

Hasil rekapan untuk perhitungan gaya batang akibat beban mati pada struktur rangka batang jembatan dengan dihitung menggunakan metode ritter dengan 12 potongan, dapat dilihat salah satu contoh perhitungannya pada gambar 4.5 yaitu terdapat cara perhitungan dan gambar potongan I akibat beban mati yang bekerja dengan metode ritter. Kemudian hasil rekapan gaya batang akibat beban mati dengan metode ritter tersebut dapat diperlihatkan dalam Tabel 4.6.

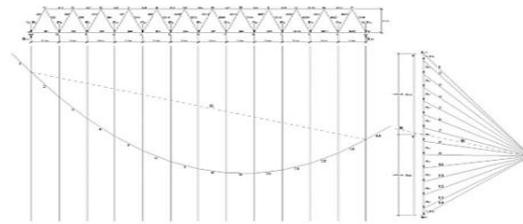
Tabel 4.6. Rekap Gaya Batang Metode Ritter

Batang	Beban Mati	
	Gaya Batang (kN)	Perilaku
A1=A11	1249,35	Tekan (-)
A2=A10	2271,54	Tekan (-)
A3=A9	3066,58	Tekan (-)
A4=A8	3634,46	Tekan (-)
A5=A7	3975,19	Tekan (-)
A6	4088,77	Tekan (-)
B1=B12	237,90	Tarik (+)
B2=B11	1760,44	Tarik (+)
B4=B9	3350,52	Tarik (+)
B5=B8	3804,83	Tarik (+)
B6=B7	4031,98	Tarik (+)
D1=D24	331,34	Tekan (-)
D2=D23	1740,04	Tarik (+)
D3=D22	1423,66	Tekan (-)
D4=D21	1423,66	Tarik (+)
D5=D20	1107,29	Tekan (-)
D6=D19	1107,29	Tarik (+)
D7=D18	790,92	Tekan (-)
D8=D17	790,92	Tarik (+)
D9=D16	474,56	Tekan (-)
D10=D15	474,56	Tarik (+)
D11=D14	158,19	Tekan (-)
D12=D13	158,19	Tarik (+)

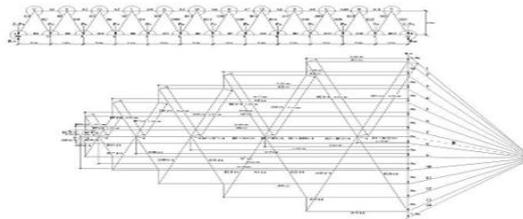
Sumber: Penulis, 2023

5. Metode Cremona

Langkah pertama dalam perhitungan gaya batang metode cremona adalah penentuan skala gambar dan skala gaya, dimana skala gambar dan skala gaya sangat mempengaruhi besarnya hasil dari gaya-gaya batang yang digambarkan atau dilukiskan. Skala gambar yang dipakai adalah 1:250 dan skala gaya yang digunakan adalah 1 cm = 200 kN. Hasil reaksi perletakan dari proses penggambaran dengan skala gambar dan skala gaya yang ada sebesar 8,859 cm = 766,2 kN, yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.6. Awal penggambaran metode cremona harus dimulai dari salah satu tumpuan dan searah jarum jam. Dapat dijelaskan juga bahwa gaya yang menuju titik buhul merupakan batang tekan yang ditandai dengan tanda (-) dan gaya yang meninggalkan titik buhul merupakan batang tarik yang ditandai dengan tanda (+). Pada penggambaran dengan metode cremona harus menjadi satu poligon tertutup yang dapat diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6. Reaksi Perletakan Akibat Beban Mati Dengan Metode Cremona
 Sumber: Penulis, 2023



Gambar 4.7. Gaya Dalam Akibat Beban Mati Dengan Metode Cremona
 Sumber: Penulis, 2023

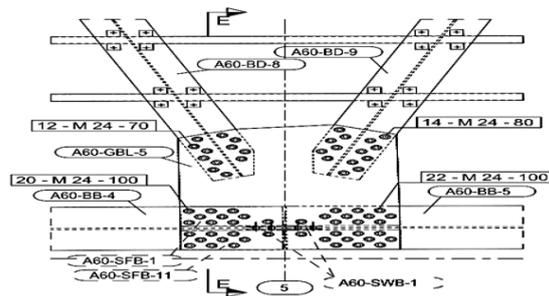
Hasil rekapan perhitungan gaya batang akibat beban mati pada struktur rangka batang jembatan yang dihitung menggunakan metode cremona dapat diperlihatkan dalam Tabel 4.7. Berikut ini.

Tabel 4.7. Rekap Gaya Batang Metode Cremona

Batang	Beban Mati	
	Gaya Batang (kN)	Perilaku
A1=A11	1249,4	Tekan (-)
A2=A10	2271,6	Tekan (-)
A3=A9	3066,6	Tekan (-)
A4=A8	3634,6	Tekan (-)
A5=A7	3975,2	Tekan (-)
A6	4088,8	Tekan (-)
B1=B12	237,90	Tarik (+)
B2=B11	1760,4	Tarik (+)
B3=B10	2669	Tarik (+)
B4=B9	3350,6	Tarik (+)
B5=B8	3804,8	Tarik (+)
B6=B7	4032	Tarik (+)
D1=D24	331,34	Tekan (-)
D2=D23	1740,2	Tarik (+)
D3=D22	1423,8	Tekan (-)
D4=D21	1423,8	Tarik (+)
D5=D20	1107,4	Tekan (-)
D6=D19	1107,4	Tarik (+)
D7=D18	791	Tekan (-)
D8=D17	791	Tarik (+)
D9=D16	474,6	Tekan (-)
D10=D15	474,6	Tarik (+)
D11=D14	158,2	Tekan (-)
D12=D13	158,2	Tarik (+)

Sumber: Penulis, 2023

6. Desain Sambungan Baut (Metode LRFD)



Gambar 4.27 Sambungan Baut Titik Simpul A7

Sumber : Gambar Rencana Jembatan Wai Kawa

• KEKUATAN BAUT

Geser Nominal Baut

$$\begin{aligned} V_f &= 0,63 \times F_{uf} \times n_n \times A_e \times N_b \\ &= 0,63 \times 585 \times 0,925 \times 1 \times 759 \times 42 \\ &= 9314990,68 \text{ N} \\ &= 9314,990 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi V_f$$

$$3226,58 \text{ kN} < 0,75 \times 9314,990 \text{ kN}$$

$$3226,58 \text{ kN} < 6986,24 \text{ kN} = > \text{OK}$$

Kekuatan Tumpuan Plat Sambungan

$$\begin{aligned} V_d &= 3,2 \times d_f \times T_p \times F_{uP} \times N_b \\ &= 3,2 \times 24 \times 35 \times 500 \times 42 \\ &= 56448000 \text{ N} \\ &= 56448 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi V_d$$

$$3226,58 \text{ kN} < 0,75 \times 56448 \text{ kN}$$

$$3226,58 \text{ kN} < 42336 \text{ kN} = > \text{OK}$$

Kekuatan Geser Nominal

$$\begin{aligned} V_{sf} &= \mu \times n_{ei} \times F_{uf} \times K_h \times N_b \\ &= 0,35 \times 1 \times 585 \times 1 \times 42 \\ &= 8599 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi V_{sf}$$

$$3226,58 \text{ kN} < 0,75 \times 8599 \text{ kN}$$

$$3226,58 \text{ kN} < 6449,5 \text{ kN} = > \text{OK}$$

• KEKUATAN PELAT

Terhadap Kelelahan

$$\begin{aligned} P_n &= f_y \times A_g \\ &= 290 \times 28490 \\ &= 8262100 \text{ N} \\ &= 8262,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$3226,58 \text{ kN} < 0,75 \times 8262,1 \text{ kN}$$

$3226,58 \text{ kN} < 7435,89 \text{ kN} = > \text{OK}$

Terhadap Fraktur

$$\begin{aligned} P_n &= f_u \times A_e \\ &= 500 \times 28490 \\ &= 14245000 \text{ N} \\ &= 14245 \text{ kN} \end{aligned}$$

$P_u < \phi P_n$

$3226,58 \text{ kN} < 0,75 \times 14245 \text{ kN}$

$3226,58 \text{ kN} < 10683,75 = > \text{OK}$

Sehingga dari hasil contro desain sambungan diatas maka sambungan rangka batang dapat dikatakan aman dan layak.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang terdapat dalam BAB IV, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis gaya batang menggunakan metode ritter didapatkan gaya tarik sebesar 4031,98 kN dan gaya tekan sebesar -4088,77 kN. Sedangkan untuk analisis gaya batang metode cremona didapatkan gaya tarik sebesar 3804,8 kN dan gaya tekan sebesar -4088,8 kN.
2. Dan desain sambungan menggunakan metode LRFD didapatkan kekuatan baut dengan N_b baut sebanyak 42 untuk kuat geser nominal baut sebesar 6986,24 kN, Kekuatan Tumpuan Plat Sambungan sebesar 42336 kN, dan kekuatan geser nominal sebesar 6449,5 kN. Sedangkan untuk kekuatan pelat terhadap kelelahan sebesar 7435,89 kN dan kekuatan pelat terhadap fraktur sebesar 10683,75 maka dapat dikatakan sambungan masih dalam keadaan aman dan layak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setyo M & Bambang Supriyadi, 2007. Jembatan. Yogyakarta : Beta Offset.
- Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum SNI T-03-2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan menurut SNI T-03-2005.
- Dengan Menggunakan Metode Keseimbangan Titik Buhul dan Metode Ritter (Potongan) (Studi Literatur). Vol. 2 No. 2 Jurnal Teknik Sipil. Salmon, Charles G. dkk. 1990. Struktur Baja Desain dan Perilaku terj. Jakarta : Erlangga.
- Eunike Widyaningsih et al 2021. Evaluasi Konfigurasi Sambungan Baut Jembatan Rangka Baja dengan Pola Staggered Fastener (Studi Kasus: Jembatan Way Bobot, Pulau Seram). Vol. 7 No. 2 Hal. 131-141. Jurnal Teknik Sipil.
- Machmud Budi Sulistiyo, Gati Annisa Hayu dan Entin Hidayah (2019). Analisis Sambungan Baut Balok Kolom Rangka Baja Struktural Dengan Profil IWF Menggunakan Program Bantu Elemen Hingga. Universitas Jember.
- Nasution, Thamrin. 2012. Modul Kuliah "Struktur Baja II. <http://thamrininst.files.wordpress.com/2012/04/modul-1-pengenalan-jembatanbaja.pdf>. (di unduh 25 Juni 2023).
- Noventa Tiara Yanti (2017). Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang. (Skripsi)
- Pardosi, David Nauli 2021. Desain Jembatan Rangka Baja Pipa Air (Studi Literatur). Universitas HKBP Nommensen.

- Potma, A.P. dan J.E.De Vries. 2001. Konstruksi Baja. Cet.keenam. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Pramono H.S. Et al 2018. Analisis Sambungan Baut Pada Titik Buhul Jembatan Rangka Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta.
- Purba Murti, D. 2009. Perancangan Profil Rangka Batang Jembatan Baja Dan Analisa Momen Sekunder Pada Sambungannya Alat Sambung Baut. Skripsi Universitas Sumatera Utara.
- Rajagukguk, Theresia. M. A. Et al 2023. Analisis Rangka Batang Menggantung
- Riphan Hidayat.S (2019). Analisis Kekuatan Tarik Terhadap Sambungan Baut Bilah Ganda pada Plat Baja ST 42. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar. Makassar
- Standar Nasional Indonesia 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002. Departemen Pekerjaan Umum.
- Thontowi, M Syahid. (2014). Studi Analisis Modifikasi Batang Tegak Lurus Dan Sambungan Buhul Terhadap Lendutan, Tegangan Pelat Buhul Dan Kebutuhan Material Pada Jembatan Rangka Baja Australia Kelas A. Jurnal Teknik Universitas Brawijaya.
- Wahyu Adiyatma. 2016. Analisis Sambungan Geser Balok Baja Dan Kolom Baja Dengan Plat Dan Baut Menggunakan Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir. Yogyakarta:jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik,Universitas sarjanawiyata tamansiswa.
- Y. Djoko Setiyarto (2017). Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725-2016. Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia.