

Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Mahakam IV (Tipe Arch Bridge) Kalimantan Timur

Yudi Pranoto^{1,*}, Yunus Nanna Padudung¹, Sectalonir¹

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda¹

Koresponden*, Email: yudipranoto@polnes.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	29 Desember 2019	<i>The construction of Mahakam IV bridge is motivated by the problem of vehicle traffic congestion that occurs in the Mahakam I Bridge area. This study aims to determine the forces that occur, and also find out the safety profile used. The research method was started by modeling the Mahakam IV Bridge in the Midas Civil program, and then calculated loading standar use SNI 1725-2016 and then calculated according to the RSNI T-03-2005 standard. After that, an analysis is carried out on the Midas Civil program to get the results in the form of axial force, shear force and moment. The results of the Midas civil program are the largest axial force value of 1583394 kg, the shear force of 8547.18 kg, and the moment of 14070.61 kg.m. From the results of this analysis, it can be concluded that the girders are elongated, transverse girders, and the mainframe is safe.</i>
Diperbaiki	03 September 2020	
Disetujui	13 November 2020	

Keywords: Mahakam IV Bridge, Midas Civil, Force.

Abstrak
Pembangunan Jembatan Mahakam IV dilatarbelakangi oleh permasalahan kemacetan lalu lintas kendaraan yang terjadi pada area Jembatan Mahakam I. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan gaya-gaya dalam yang terjadi, serta mengetahui keamanan profil yang digunakan. Metode penelitian dimulai dengan memodelkan Jembatan Mahakam IV pada program Midas Civil, kemudian menghitung pembebanan menggunakan SNI 1725-2016 kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan standar RSNI T-03-2005. Setelah itu dilakukan analisis pada program Midas Civil sehingga didapatkan hasil berupa gaya axial, gaya geser dan momen. Hasil program midas civil yaitu nilai dari gaya axial terbesar 1583394 kg, gaya geser terbesar 8547,18 kg, dan momen terbesar 14070,61 kg.m. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka utama aman.

Kata kunci: Jembatan Mahakam IV, Midas Civil, Gaya

1. Pendahuluan

Jembatan Mahakam IV Samarinda merupakan Jembatan tipe pelengkung rangka baja yang berada di Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Pembangunan Jembatan Mahakam IV dilatarbelakangi oleh permasalahan kemacetan lalu lintas kendaraan yang terjadi pada area Jembatan Mahakam I, sebagai jembatan utama yang menghubungkan antar Samarinda Kota dengan Samarinda Seberang dan antar Kota lainnya seperti Balikpapan, Kukar, dan Kubar. Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur melalui Dinas Pekerjaan Umum telah memprogramkan kegiatan pembangunan Jembatan Mahakam IV Samarinda dan kedua sisi jalan pendekatnya dalam beberapa tahap pembangunan, dengan sumber dana yang telah di anggarkan ke dalam APBD murni Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. Kegagalan jembatan sering kita jumpai di sekitar kita. Kegagalan ini bisa disebabkan karena beberapa hal, bisa disebabkan karena kesalahan pada saat perencanaan, kelalaian pada saat pembangunan, maupun bisa juga disebabkan karena faktor alam. Contoh nyata adalah

runtuhnya jembatan tenggarong, Kutai kartanegara. Karena pentingnya peran jembatan ini sehingga perlu dilakukan penelitian (perhitungan ulang) struktur jembatan tersebut untuk memastikan keamanan dari jembatan Mahakam 4.

Jembatan adalah suatu struktur yang digunakan untuk menghubungkan dua tempat dimana terdapat halangan berupa jurang, laut, sungai, bangunan, atau halangan lainnya[1]. Jembatan ini dapat digunakan sebagai tempat lewatnya pejalan kaki, kendaraan, jalur kereta api, pipa gas, atau kabel listrik. Jembatan Lengkung (*arch bridge*) didefinisikan sebagai struktur jembatan yang mana struktur utamanya dibuat dan di tumpu sedemikian rupa sehingga sebagian besar beban lateralnya disalurkan ke pondasi melalui gaya tekan pada elemennya. Jembatan tipe lengkung lebih efisien digunakan untuk jembatan dengan panjang bentang 100 – 300 meter. Jembatan lengkung yang direncanakan ini adalah struktur setengah lingkaran dengan abutment dan pier di satu sisinya. Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutment

dan pier yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping (Qosim)[2].

Keruntuhan Jembatan Gantung Kartanegara – Tenggarong – Kalimantan Timur pada hari Sabtu 26 November 2011 sekira pukul 16:15 WITA disebabkan oleh penyebab primer dan penyebab sekunder. Penyebab primer disebabkan oleh kegagalan jembatan secara berturut-turut sesuai tingkat keutamaannya yaitu keberadaan tower strap dan kegagalan pondasi blok angkur sisi Tenggarong. Kedua penyebab primer tersebut menunjukkan kelalaian pada tahapan perancangan dan pembangunan jembatan, dan telah menyebabkan tragedi yang dapat dihindarkan. Penyebab sekunder berupa tahanan rangka jembatan yang tidak direncanakan secara memadai menimbang keberadaan tower strap dan decambering rangka jembatan yang merupakan akibat dari salah satu atau kombinasi penyebab tersebut sebelumnya, juga telah menjadi penyebab keruntuhan jembatan [3].

Penyebab kegagalan jembatan rangka bentang 54 m bukan karena kekuatan batang maupun sambungannya melainkan faktor pelaksanaan di lapangan yang tidak tepat yaitu kombinasi antara adanya lubang baut yang besar dan pengencangan baut yang belum mencapai gaya tarik minimumnya. Metode perbaikan jembatan yang diusulkan adalah dengan memberi dua buah pelat penguat yang dilas pada ujung batang dan dilubangi sesuai dengan posisi lubang baut yang ada agar tidak terjadi pergeseran baut [4].

Shintike dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Nilai Sisa Kapasitas Bangunan Atas Jembatan Bahanapu dengan Menggunakan Metode Rating Faktor. Dari hasil penelitiannya rating faktor ini dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan jembatan memiliki nilai rating faktor < 1 , sehingga diperoleh hasil evaluasi bangunan atas Jembatan Bahanapu harus diberlakukan pembatasan beban lalu lintas dan juga perbaikan jembatan secara keseluruhan [5].

Penelitian juga dilakukan oleh Nindya et al[5] dan adella et al[6]. Dalam penelitiannya menghitung kapasitas jembatan rangka bukapaka dan SNI, dengan menggunakan standar pembebanan SNI 1725:2016[7] dan analisa menggunakan standar SNI T-03-2005 [8] untuk menghitung dan menilai keamanan jembatan baja tersebut. Dalam penelitian ini peneliti menghitung kapasitas jembatan mahakam 4 untuk memastikan bahwa jembatan benar benar kuat menahan beban rencana.

2. Metode

Lokasi Jembatan Mahakam IV berada di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Jembatan ini menghubungkan antara Samarinda Kota dengan Samarinda Seberang.

Jembatan Mahakam IV direncanakan melayani lalu lintas dari arah Samarinda Kota menuju samarinda Seberang. Sedangkan Jembatan Mahakam I direncanakan melayani lalu lintas dari arah Samarinda Seberang menuju samarinda Kota (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi Jembatan Mahakam IV

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data sekunder berupa gambar soft drawing dan spesifikasi teknis jembatan. Kemudian dilakukan perhitungan pembebanan sesuai dengan SNI 1725:2016[7], baik beban mati, hidup, angin maupun gempa. Setelah itu membuat pemodelan jembatan Mahakam IV menggunakan program midas civil yang diikuti dengan input beban sesuai dengan perhitungan ke dalam program. Setelah itu dilakukan pengecekan keamanan baik pada rangka utama, ikatan angin, gelagar memanjang dan gelagar melintang. Persyaratan keamanan pada jembatan terdapat dalam **Tabel 1**.

Karena luasnya lingkup penelitian maka dalam penelitian ini difokuskan hanya akan menganalisis pada bentang tengah jembatan saja. Selain itu juga tidak menghitung struktur bawah, pembebanan menggunakan SNI 1725:2016[7], analisa perhitungan menggunakan RSNI-03-2005[8], sambungan tidak diperhitungkan, dan tidak menghitung kabel penggantung jembatan (hanger), tidak menghitung jalan pendekat, serta pemodelan jembatan menggunakan program bantu midas civil.

Tabel 1. Menunjukkan persyaratan keamanan jembatan sesuai RSNI T-03-2005 [8]. Semua persyaratan tersebut harus dipenuhi baik momen, kuat geser, tegangan, lendutan, dan tegangan harus lebih kecil dari kuat ijinnya. Jembatan rangka dikatakan aman apabila semua persyaratan di atas

terpenuhi baik momen, kuat geser, tegangan dan lendutan untuk gelagar, sedangkan untuk rangka utama adalah tahanan nominal pada batang tekan dan batang tarik.

Tabel 1. Persyaratan Keamanan Jembatan

No	Tinjauan	Persyaratan
1	Gelagar	
	a. Momen	$M_u \leq \phi M_n$
	b. Kuat geser	$V_u \leq \phi V_n$
	c. Tegangan	$\sigma < \sigma_{baja}$
	d. Lendutan	$\Delta < \Delta_{ijin}$
2	Rangka	
	a. Batang tekan	$N_u \leq \phi N_n$
	b. Batang tarik	$N_u \leq \phi N_n$

Sumber : *RSNI T-03-2005* [8]

Menurut SNI T-03-2005 [8] balok di atas dua tumpuan atau gelagar menerus, lendutan maksimumnya adalah $1/800 \times$ bentang. Kecuali pada jembatan di daerah perkotaan yang sebagian jalur digunakan pejalan kaki, batasan tersebut adalah $1/1.000 \times$ bentang. Sedangkan lendutan di ujung kantilever tidak boleh melampaui $1/300 \times$ panjang kantilever. Kecuali pada jembatan di daerah sebagian jalur digunakan pejalan kaki, batasan tersebut adalah $1/375 \times$ bentang. Kuat lentur nominal (M_n) dibagi menjadi tiga yaitu pada penampang kompak ($\lambda < \lambda_p$) Kuat lentur nominal sama dengan momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis penampang ($M_n = M_p$), pada penampang tak kompak ($\lambda_p < \lambda < \lambda_r$) besarnya kuat lentur nominal ditentukan oleh Persamaan 1, sedangkan untuk penampang langsing ($\lambda > \lambda_r$), kuat lentur nominal penampang dihitung berdasarkan Persamaan 2.

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \quad (1)$$

$$M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2 \quad (2)$$

Dimana :

- M_p = momen lentur yang menyebabkan penampang mengalami tegangan leleh (Nmm)
 M_r = momen batas tekuk (Nmm)
 λ = parameter kelangsingan
 λ_r = batas maksimum kelangsingan untuk penampang tidak kompak
 λ_p = batas maksimum kelangsingan untuk penampang kompak untuk penampang langsing

Kuat tekan nominal akibat tekuk-lentur (N_n), dibagi menjadi dua yaitu untuk $\lambda_c \leq 1,5$ dipergunakan Persamaan 3, sedangkan untuk $\lambda_c \geq 1,5$ menggunakan Persamaan 4.

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (3)$$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y \quad (4)$$

Kuat tarik nominal akibat tarik (N_n) bila kondisi leleh yang menentukan, maka tahanan nominal N_n dari batang tarik memenuhi Persamaan 5, sedangkan bila kondisi fraktur yang menentukan, maka tahanan nominal N_n menggunakan Persamaan 6.

$$N_n = A_g \cdot f_y \quad (5)$$

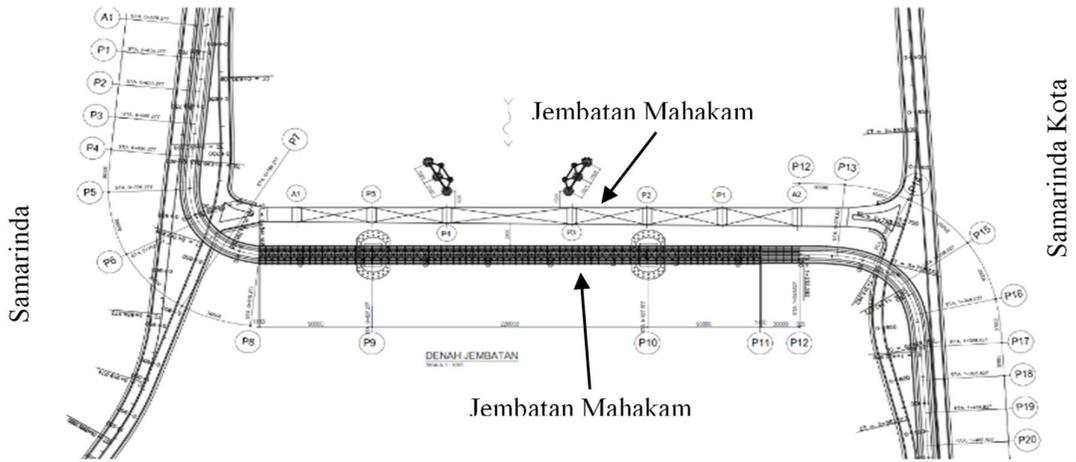
$$N_n = A_e \cdot f_u \quad (6)$$

dimana:

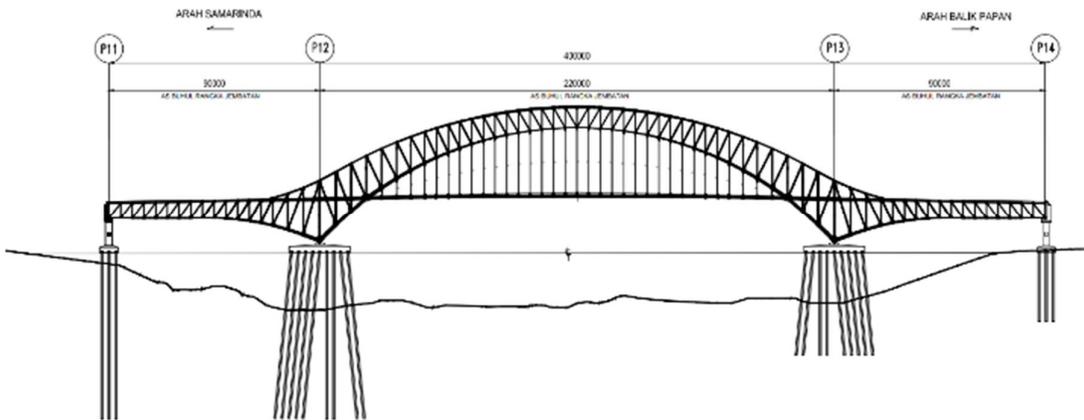
- N_n = tegangan nominal (N)
 A_g = luas penampang kotor (mm²)
 f_y = kuat leleh material (MPa)
 A_e = luas penampang efektif (mm²)
 A_n = luas netto penampang (mm²)

3. Hasil dan Pembahasan

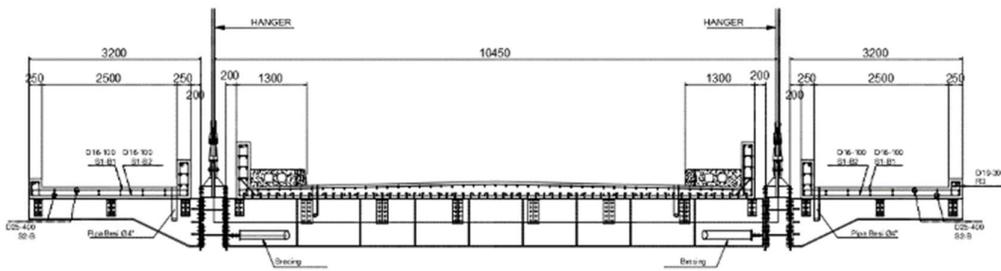
Pada **Gambar 2** menunjukkan gambar rencana jembatan Mahakam IV yang menghubungkan antara Samarinda Kota dengan Samarinda Seberang. Dalam gambar tersebut terlihat terdapat 2 buah jembatan. Jembatan yang pertama (jembatan sebelah atas) merupakan jembatan Mahakam, sedangkan jembatan yang kedua (sisi sebelah bawah) merupakan jembatan Mahakam IV. **Gambar 3** menunjukkan potongan memanjang jembatan, dari gambar tersebut terlihat pola jembatan rangka yang digunakan yaitu menggunakan tipe *arch bridge*, dengan rangka utamanya menggunakan profil I dengan ukuran (dimensi) yang bervariasi. Untuk batang pelengkung bawah menggunakan profil DWB 450x550x12x25 sampai DWB 450x1000x25x36. Sedangkan pada **Gambar 4** adalah potongan melintang jembatan. Dari gambar tersebut terlihat gelagar melintang dan gelagar memanjang serta hanger yang digunakan. Gelagar memanjang yang dipergunakan menggunakan profil WF 600x25x8x12, sedangkan gelagar melintangnya menggunakan profil WF 1050x45x12x25.



Gambar 2. Denah Jembatan Mahakam IV



Gambar 3. Potongan Memanjang Jembatan Mahakam IV

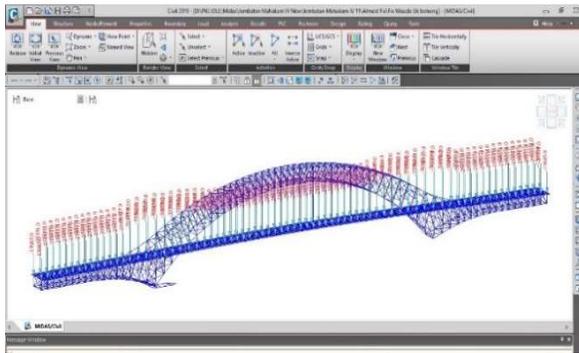


Gambar 4. Potongan Melintang Jembatan Mahakam IV

Data jembatan:

- Tipe jembatan : Jembatan Pelengkung Rangka Baja
- Panjang Jembatan : 400 Meter
- Bentang Utama : 220 Meter
- Bentang Pendekat : 90 Meter sisi kota dan 90 Meter sisi seberang
- Lebar Jembatan : 17,02 Meter
- Tinggi Jembatan : 57 Meter
- Gelagar memanjang : Profil WF 600x25x8x12
- Gelagar melintang : Profil WF 1050x45x12x25

Pembebanan menggunakan SNI 1725 tahun 2016, yang terdiri dari beban mati struktur, beban mati tambahan, baben lajur D, beban truk T, gaya rem, beban angin, pengaruh temperature dan beban gempa. Sedangkan pemodelannya menggunakan program midas civil. Contoh pembebanan pada Midas Civil terlihat pada gambar **Gambar 5**.

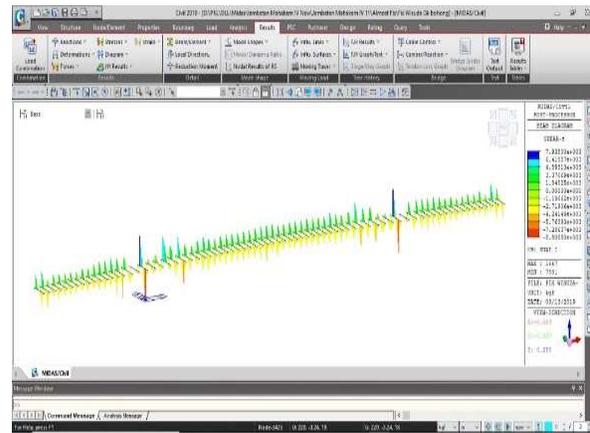


Gambar 5. Contoh Pembebanan

Hasil Analisis

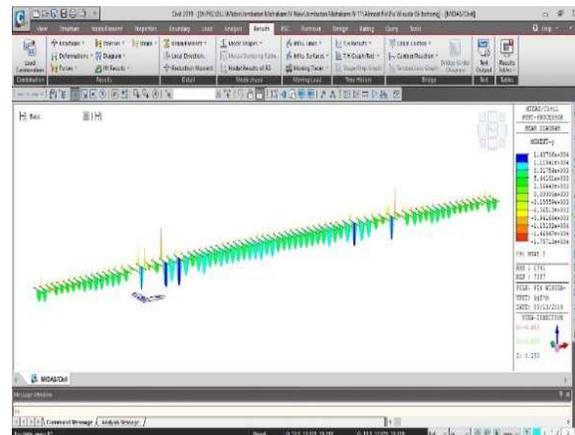
Dari hasil pemodelan menggunakan midas civil didapatkan hasil yang terdiri dari Gaya geser (**Gambar 6**), momen (**Gambar 7**) dan Gaya aksial (**Gambar 8**). Dari data tersebut selanjutnya dipergunakan untuk menghitung keamanan dari jembatan baik pada gelagar memanjang, gelagar melintang maupun rangka utama. Tingkat keamanan jembatan dapat diketahui dengan cara melakukan perbandingan dengan kuat ijin berdasarkan standar yang dipergunakan. Dari hasil perbandingan terhadap kuat ijinnya didapatkan hasil bahwa gelagar memanjang dan gelagar melintang serta rangka utama jembatan Mahakam IV aman menaham beban recana sesuai dengan SNI 1725-2016 dan RSNI T-03-2005. Untuk gelagar memanjang dan melintang dapat dilihat dari lendutan, gaya geser, momen dan tegangan lebih kecil dari ijinnya. Sedangkan pada rangka utama dapat dilihat dari tegangan yang terjadi pada batang Tarik dan batang tekan. Perhitungan secara garis besar dapat dilihat pada **Tabel 2** untuk gelagar memanjang, **Tabel 3** gelagar melintang dan **Tabel 4** untuk rangka utama.

Gaya Geser pada Jembatan



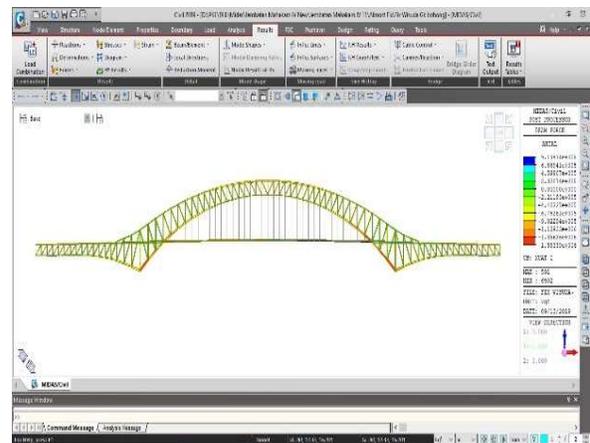
Gambar 6. Bidang Geser Keseluruhan

Bidang Momen pada Gelagar Melintang



Gambar 7. Diagram Momen Keseluruhan

Gaya Axial pada Rangka Induk



Gambar 8 Rangka Induk Akibat Gaya Axial

Tabel 2. Tabel Hasil Perhitungan Gelagar

Item	Gelagar memanjang	Ket
Lendutan		
- Ijin	0,63 cm	Aman
- Teoritis	0,59 cm	
Geser		
- Vn	219585,6 kg	Aman
- Vu	197627,04 kg	
Momen		
- Mn	4787950,2 kg.cm	Aman
- Mu	4196522,1 kg.cm	
Tegangan		
- σ baja	3450 kg/cm ²	Aman
- σ	1948,58 kg/cm ²	

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan

Item	Gelagar melintang	Ket
Lendutan		
- Ijin	1,24 cm	Aman
- Teoritis	0,39 cm	
Geser		
- Vn	642735 kg	Aman
- Vu	162344 kg	
Momen		
- Mn	40873257 kg.cm	Aman
- Mu	3437935 kg.cm	
Tegangan		
- σ baja	3450 kg/cm ²	Aman
- σ	261,17 kg/cm ²	

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. Tabel Hasil Perhitungan Rangka Utama

Item	Rangka Utama	Ket
Batang tarik		
- Nu	123051,73 kg	Aman
- Nn kondisi leleh	770040 kg	
- Nn kondisi fraktur	530599,2 kg	
Batang tekan		
- Sumbu x		Aman
Nu	123051,73 kg	
Nn	782778,83 kg	
- Sumbu y		Aman
Nu	123051,73 kg	
Nn	750945,04 kg	

4. Simpulan

Dari hasil perhitungan didapat kesimpulan Hasil program midas civil yaitu nilai dari gaya axial terbesar 1583394 kg, gaya geser terbesar 8547,18 kg, dan momen terbesar 14070,61 kg.m. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka utama mampu menahan beban rencana.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Pranoto, *Perencanaan Jembatan Baja (Jembatan Komposit, Jembatan Rangka dan Jembatan Pelengkung)*. Jakarta: PNJ Press, 2018.
- [2] M. Qosim, I. P. Priyono, I. C. Dewi, and U. Muhammadiyah Jember, "Perencanaan Struktur Atas Jembatan Jalan Raya Dengan Kontruksi Lengkung Di Sungai Disanah Desa Marparan Kecamatan Sreseh Kabupaten Sampang," 2005.
- [3] S. Mangkoesebroto, "Keruntuhan Jembatan Gantung Kartanegara Tragedi Dalam Proses Rancang Bangun Infrastruktur," *J. Tek. Sipil ITB*, vol. 19, no. 3, pp. 207–222, 2012.
- [4] T. Handayani, "Evaluasi Penyebab Kegagalan Dan Perbaikan Struktur Jembatan Rangka Baja Dengan Bentang 54 M," *J. Mater. Kompon. dan Konstr.*, vol. 13, no. 1, pp. 17–26, 2016.
- [5] N. Fitrisari, Y. Pranoto, and S. Jepriani, "Desain Jembatan Lamaru-Tritip menggunakan Tipe Trough Arch," *J. Teknol. Sipil*, pp. 22–28, 2018.
- [6] T. Adella Elysa Putri, Yudi Pranoto, "Analisis Perbandingan Struktur Rangka Baja Bukaka dan SNI dengan Pemodelan TEKLA pada Jembatan Betapus Samarinda," in *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, 2018, pp. 219–225.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk jembatan*. Jakarta: BSN, 2016.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, *RSNI T-03-2005 Perencanaan stuktur baja untuk jembatan*. Jakarta, 2005.