

ANALISIS DAN EVALUASI STRUKTUR SERTA REKOMENDASI RETROFIT JEMBATAN RANGKA BAJA PAJARAKAN

Moh. Habriyan Maulan A.¹, Bobby Asukmajaya R.²

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Koresponden*, Email: habriyanmaulana@gmail.com¹, bobbyasukma@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Jembatan Rangka Baja Pajarakan di Probolinggo, Jawa Timur, yang dibangun pada tahun 1991, vital sebagai penghubung jalur Surabaya-Bali. Namun, usianya yang 33 tahun dan dilintasi kendaraan berat menyebabkan kerusakan signifikan pada rangka dan pelat lantai. Kondisi ini menghambat transportasi dan logistik, sehingga perbaikan konvensional dinilai tidak lagi memadai. Skripsi ini bertujuan menganalisis dan mengevaluasi keamanan struktur jembatan, serta merekomendasikan solusi *retrofit* efektif untuk meningkatkan kapasitas beban dan memperpanjang umur layan. Metode penelitian mencakup analisis visual, pemodelan struktur dengan RSAP 2025, evaluasi kapasitas penampang, sambungan baut, dan lendutan menggunakan metode *Bridge Load Rating*. Temuan menunjukkan beberapa elemen batang utama (samping atas, samping bawah, diagonal) tidak memenuhi syarat keamanan struktural akibat beban aksial tarik dan tekan yang melampaui kapasitas terfaktornya. Tulangan D16 pada pelat lantai juga tidak mampu menahan momen ultimit. Lendutan aktual jembatan (171,83 mm) secara signifikan melebihi batas izin (56,25 mm), menandakan kurangnya kekakuan struktur. Sambungan baut pada batang samping bawah, samping atas, diagonal, dan gelagar juga tidak aman. Kesimpulannya, Jembatan Rangka Baja Pajarakan memerlukan *retrofit* komprehensif. Rekomendasi mencakup penggantian elemen batang yang lemah dengan profil baru (WF 405 × 414 × 30/50 untuk batang samping atas dan bawah; WF 400x400x13/21 untuk diagonal), penggantian pelat lantai, dan perbaikan sambungan bau. Hasil implementasi *retrofit* dengan profil baru menunjukkan peningkatan kapasitas dan pengurangan lendutan hingga memenuhi batas aman (51,72 mm). Secara jangka panjang, perencanaan ulang seluruh batang jembatan rangka baja diperlukan, mengindikasikan bahwa jembatan harus dibongkar dan direncana ulang secara menyeluruh.

Kata kunci : Jembatan Rangka Baja, Analisis Struktur, *Retrofit*, *Bridge Load Rating*, RSAP 2025

ABSTRACT

The Pajarakan Steel Truss Bridge in Probolinggo, East Java, built in 1991, is vital as a connection for the Surabaya-Bali route. However, its 33-year age and heavy vehicle traffic have caused significant damage to the truss and deck slab. This condition impedes transportation and logistics, rendering conventional repairs inadequate. This thesis aims to analyze and evaluate the bridge's structural safety, and to recommend effective *retrofit* solutions to increase its load capacity and extend its service life. The research methodology includes visual analysis, structural modeling with RSAP 2025, and evaluating cross-sectional capacity, bolted connections, and deflections using the *Bridge Load Rating* method. Findings indicate that several main truss elements (top chord, bottom chord, diagonal) do not meet structural safety requirements due to axial tensile and compressive loads exceeding their factored capacities. The D16 reinforcement in the deck slab is also unable to withstand ultimate moments. The bridge's actual deflection (171,83 mm) significantly exceeds the allowable limit (56,25 mm), indicating insufficient structural stiffness. Bolted connections in the bottom chord, top chord, diagonal, and stringers are also unsafe. In conclusion, the Pajarakan Steel Truss Bridge requires comprehensive *retrofitting*. Recommendations include replacing weak elements with new profiles (WF 405 × 414 × 30/50 for top and bottom chords; WF 400 × 400 × 13/21 for diagonals), replacing the deck slab, and repairing bolted. Implementation of the *retrofit* with new profiles shows a significant increase in capacity and reduction in deflection to within safe limits (52,40 mm). In the long term, a complete redesign of all steel truss bridge members is necessary, indicating that the bridge should be dismantled and thoroughly re-planned.

Keywords : Steel Truss Bridge, Structural Analysis, *Retrofit*, *Bridge Load Rating*, RSAP 2025

1. PENDAHULUAN

Jembatan Rangka Baja Pajarakan di Probolinggo, Jawa Timur, yang dibangun pada tahun 1991, berfungsi sebagai penghubung krusial jalur Surabaya-Bali, memfasilitasi aktivitas ekonomi, sosial, dan keamanan di wilayah tersebut. Meskipun memiliki kepentingan strategis dan bentang 45 meter, usia jembatan yang 33 tahun ditambah volume lalu lintas yang tinggi, khususnya dari kendaraan berat, telah menyebabkan deteriorasi struktural yang signifikan, terutama pada elemen rangka dan pelat lantainya. Degradasi ini menghambat kelancaran transportasi dan distribusi logistik, menyoroti kebutuhan mendesak akan analisis dan evaluasi struktural mendalam di luar metode perbaikan konvensional. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai aspek *retrofit* jembatan dan analisis struktural. (Kandemir *et al.*, 2011) meneliti *retrofit* seismik jembatan rangka baja di Jepang menggunakan *damper* viskos, menekankan peran krusial jembatan dalam menghubungkan pulau-pulau dan kebutuhan perLayanan terhadap gempa bumi parah. Temuan mereka menunjukkan bahwa *damper* viskos dapat mengurangi perpindahan dan percepatan, sehingga meningkatkan kinerja seismik dan menyoroti pentingnya isolasi seismik dan kontrol getaran. Secara lokal, (Rasidi *et al.*, 2017) menganalisis strategi *retrofit* alternatif untuk jembatan rangka baja Soekarno-Hatta di Malang, yang menunjukkan penurunan keLayanan 30% dan lendutan berlebihan setelah lebih dari 20 tahun beroperasi. Studi mereka menemukan bahwa prategang eksternal, terutama dengan batang penyokong, efektif dalam mengatasi lendutan dan memenuhi persyaratan keamanan. (Bobby Asukmajaya R, 2023) membandingkan defleksi dan berat tower Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) setinggi 24 meter dengan menggunakan profil siku dan pipa. Dengan menggunakan perangkat lunak RSAP 2022, ditemukan bahwa tower dengan profil siku mengalami defleksi 12 mm dan berat 4901,4 kg. Sementara itu, tower dengan profil pipa mengalami defleksi 14 mm dengan berat 3781,7 kg. Kesimpulannya, tower dengan profil pipa memiliki berat yang lebih ringan, menjadikannya lebih efisien untuk digunakan pada PLTB. Berdasarkan studi-studi sebelumnya ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis lokal dan mendalam terhadap Jembatan Pajarakan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi keamanan struktur eksisting Jembatan Rangka Baja Pajarakan dan mengusulkan solusi *retrofit* yang paling efektif. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas beban jembatan, mampu menampung volume lalu lintas yang semakin meningkat, dan memperpanjang umur layan Jembatan Rangka Baja Pajarakan. Secara spesifik, penelitian ini berupaya untuk mendapatkan data kondisi eksisting

menyeluruh terkait kerusakan aktual jembatan, melakukan analisis pemodelan struktur eksisting, mendapatkan hasil evaluasi analisis struktur, dan merumuskan serta menentukan rekomendasi *retrofit* struktural yang paling efektif untuk mengatasi kerusakan dan menambah masa layan jembatan.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan metodologi komprehensif yang diawali dengan pengumpulan data ekstensif dan analisis mendalam untuk mengevaluasi kondisi Jembatan Rangka Baja Pajarakan dan merumuskan rekomendasi *retrofit* yang efektif. Metodologi penelitian ini mencakup beberapa tahapan kunci: pertama, studi literatur untuk mengumpulkan informasi relevan tentang kerusakan dan metode *retrofit* jembatan. Kedua, pengumpulan data melalui survei lapangan dan pengujian langsung untuk mengamati kondisi fisik dan kerusakan jembatan, serta memperoleh riwayat kerusakan. Ketiga, analisis data hasil inspeksi visual dan nonvisual untuk mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan, baik secara statis maupun dinamis. Keempat, pemodelan struktur 3D Jembatan Pajarakan menggunakan perangkat lunak RSAP 2025 (*Robot Structural Analysis Professional*) dengan input pembebanan terbaru sesuai standar SNI 1725:2016. Jembatan ini, dengan bentang 45 meter dan lebar 9,6 meter, dimodelkan dengan 115 titik nodal dan 166 elemen batang, serta pelat lantai setebal 30 cm sebagai *deck slab one way* yang diasumsikan bertumpu sederhana dengan perletakan sendi-rol. Kelima, evaluasi kondisi eksisting struktur berdasarkan hasil analisis pemodelan, termasuk penerapan metode *Bridge Load Rating*. Keenam, perumusan dan penentuan rekomendasi *retrofit* struktural yang paling efektif untuk mengatasi kerusakan dan menambah masa layan jembatan. Terakhir, penelitian diakhiri dengan perumusan kesimpulan dan saran berdasarkan temuan yang diperoleh.

Tabel 1 Data Teknis Jembatan

	Tinjaun	Data Teknis
1	Nama Jembatan	Jembatan Pajarakan
2	Tipe	Rangka Baja Tipe Warren
3	Panjang Jembatan	45 meter
4	Lebar Jembatan	9 meter (1,0 + 7,0+ 1,0 m)
5	Tinggi Jembatan	6,35 meter

Pengunaan Material

Semua profil rang baja memiliki mutu SM 490 YA/YB JIS G3106, setara dengan SNI-07-7178-2006 untuk grade BJ41, yaitu syarat keLayanan luluh minimal F_y 250 MPa dan tegangan ultimit F_u adalah 410 MPa minimum.

Profil Eksisting

Tabel 2 Profil Baja

Kode	Keterangan	Profil Baja
GM	Gelagar memanjang	WF 750×300×14/22
GP	Gelagar memanjang	WF 300×175×9/11
BSB	Batang samping bawah	WF 300×250×9/14
BSD	Batang rangka samping diagonal	WF 300×200×8/12
BSA	Batang samping atas	WF 300×250×9/14
BIU	Batang ikatan angin ujung	WF 300×150×6.5/9
BIA	Batang ikatan angin	WF 200×100×5/8
BID 1	Batang diagonal ikatan angin 1	L 90×90×6
BID 2	Batang diagonal ikatan angin 2	L 75×75×6

Sumber : Penelitian Pribadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kerusakan secara Visual

Sistem penilaian kerusakan jembatan mengacu pada “Buku saku penjelasan pedoman pemeriksaan jembatan 2021” oleh (Sastrawiria *et al.*, 2021).

Tabel 3 kerusakan visual jembatan

Foto Kerusakan	Jenis Kerusakan
	Putus sambungan baut gelagar memanjang
	Retak pelat lantai kendaraan dan korosi tulangan
	Geser Pons pelat lantai
	Bukling Ikatan angin Ujung
	Kerusakan siar muai (<i>expansion joint</i>)

Sumber : Penelitian Pribadi

Penilaian Kerusakan

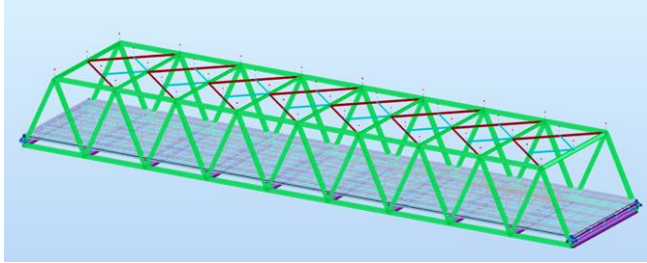
Tabel 4 penilain kerusakan jembatan

Penilain kondisi jembatan						
Kerusakan	Struktur	Kerusakan	Kuantitas	Fungsi	Pengaruh	Nilai Kondisi
Putus sambungan baut	1	1	0	1	1	4
Retak, karat, dan geser pons	1	1	0	1	1	4
Bukling Batang BIU	1	1	0	0	1	3
Keruskan (<i>expansion joint</i>)	0	0	1	1	0	2

Sumber : Penelitian Pribadi

Pemodelan struktur atas

Jembatan rangka baja bentang 45 meter dengan lebar 9 meter dan tinggi 6,35 meter dimodelkan menggunakan RSAP 2025 Jembatan ditumpu dengan perletakan sendi-rol.



Gambar 1 Pemodelan Struktur Jembatan Rangka Baja Pajajaran

Pembebanan

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data dengan observasi rill lapangan serta studi pustaka guna mencari referensi dan acuan dalam mengerjakan penelitian ini. Dalam menghitung jembatan rangka baja mengacu pada pedoman standar pembebanan untuk jembatan yaitu SNI 1725:2016.

Tabel 5 Hasil kombinasi beban

No	Kode	Jenis Gaya	Kombinasi	Gaya Ultimit (kNm)
1	GM	Lentur Geser	Layan-1 (TD)	1375,19 535,25
2	GP	Lentur Geser	Layan-1 (TD)	190,88 120,41
3	BSB	Tarik	Layan-1 (TD)	3977,93
4	BSD	Tekan Tarik	Layan-1 (TD)	2066,96 2149,77
5	BSA	Tekan	Layan-1 (TD)	4476,49
6	BIU	Tekan	Layan-1 (TD)	4,44
7	BIA	Tekan	Layan-1 (TD)	5,9
8	BID 1	Tekan	Layan-1 (TD)	1,31
9	BID 2	Tekan Tarik	Layan-1 (TD)	0,4 0,07

Sumber : RSAP 2025

Kontrol batang

Batang tekan

Dimana batang harus mampu menahan gaya tekan yang terjadi.

Tabel 6 kontrol batang tekan (BSA)

Batang Samping Atas (BSA)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BSA 1	1661,35	1706,57	Tidak OK
BSA 2	1661,35	2834,67	Tidak OK
BSA 3	1661,35	3955,79	Tidak OK
BSA 4	1661,35	4469,02	Tidak OK
BSA 5	1661,35	4476,49	Tidak OK
BSA 6	1661,35	3966,68	Tidak OK
BSA 7	1661,35	2841,46	Tidak OK
BSA 8	1661,35	1705,09	Tidak OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 7 kontrol batang tekan (BSD)

Batang Samping Diagonal (BSD)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BSD 1	1019,08	2060,42	Tidak OK
BSD 3	1019,08	1558,44	Tidak OK
BSD 5	1019,08	1084,61	Tidak OK
BSD 7	1019,08	657,13	OK
BSD 9	1019,08	0	OK
BSD 10	1019,08	0	OK
BSD 12	1019,08	652,86	OK
BSD 14	1019,08	1089,93	Tidak OK
BSD 16	1019,08	1560,58	Tidak OK
BSD 18	1019,08	2066,96	Tidak OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 8 Kontrol batang tekan (BIA)

Batang Ikatan Angin (BIA)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BIA 1	399,269	4,75	OK
BIA 2	399,269	4,36	OK
BIA 3	399,269	5,16	OK
BIA 4	399,269	5,9	OK
BIA 5	399,269	5,27	OK
BIA 6	399,269	4,45	OK
BIA 7	399,269	4,66	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 9 Kontrol batang tekan (BIU)

Batang ikatan angin Ujung (BIU)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BIU 1	391,604	3,22	OK
BIU 2	399,269	4,44	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Batang tarik

Dimana batang harus mampu menahan gaya tarik yang terjadi.

Tabel 10 kontrol batang tarik (BSB)

Batang Samping Bawah (BSB)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BSB 1	2125,8	754,63	OK
BSB 2	2125,8	2110,43	OK
BSB 3	2125,8	3094,88	Tidak OK
BSB 4	2125,8	3730,63	Tidak OK
BSB 5	2125,8	3977,93	Tidak OK
BSB 6	2125,8	3742,41	Tidak OK
BSB 7	2125,8	3103,11	Tidak OK
BSB 8	2125,8	2115,69	OK
BSB 9	2125,8	722,25	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 11 Kontrol batang tarik (BSD)

Batang Samping Diagonal (BSD)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
	kN/m	kN/m	
BSD 2	1790,57	2147,14	Tidak OK
BSD 4	1790,57	1685,43	OK
BSD 6	1790,57	1174,71	OK
BSD 8	1790,57	648,26	OK
BSD 11	1790,57	644,03	OK
BSD 13	1790,57	1179,25	OK
BSD 15	1790,57	1691,62	OK
BSD 17	1790,57	2149,77	Tidak OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 12 Kontrol batang tarik

Batang Ikatan Angin Diagonal 2 (BID 2)

Kode Batang	ϕP_n	P_u	KET
-------------	------------	-------	-----

kN/m kN/m

BID 2O	195,026	0,07	OK
BID 2P	195,026	0,07	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Batang lentur dan geser

Dimana batang harus mampu menahan momen lentur dan gaya geser yang terjadi.

Tabel 13 kontrol batang lentur

Gelagar Melintang Ujung dan Tengah (GMU & GMT)

Kode Batang	ϕM_n	M_u	KET
	kN/m	kN/m	
GMU 1	1437,6	219,83	OK
GMU 2	1437,6	419,01	OK
GMT 1	1437,6	1015,87	OK
GMT 2	1437,6	962,32	OK
GMT 3	1437,6	910,16	OK
GMT 4	1437,6	1292,45	OK
GMT 5	1437,6	1375,19	OK
GMT 6	1437,6	916,72	OK
GMT 7	1437,6	953,10	OK
GMT 8	1437,6	1027,43	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 14 Kontrol batang lentur (GP)

Kode Batang	ϕM_n	M_u	KET
	kN/m	kN/m	
GP 22	1473,60	190,88	OK
GP 23	1473,60	185,36	OK
GP 24	1473,60	124,23	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 15 kontrol batang geser

Gelagar Melintang Ujung dan Tengah (GMU & GMT)

Kode Batang	ϕV_n	V_u	KET
	kN/m	kN/m	
GMU 1	1482,6	160,59	OK
GMU 2	1482,6	158,75	OK
GMT 1	1482,6	406,38	OK
GMT 2	1482,6	378,85	OK
GMT 3	1482,6	362,48	OK
GMT 4	1482,6	499,05	OK
GMT 5	1482,6	535,25	OK

GMT 6	1482,6	363,86	OK
GMT 7	1482,6	375,91	OK
GMT 8	1482,6	410,31	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 16 Kontrol batang Geser (GP)

Kode Batang	Gelagar Memanjang (GP)		KET
	ϕV_n kN/m	V_u kN/m	
GP 22	375,3	120,12	OK
GP 23	375,3	120,41	OK
GP 24	375,3	120,12	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

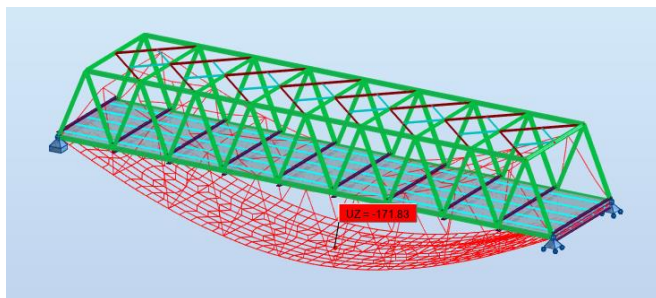
berdasarkan Kontrol batang nilai kapasitas terfaktor terhadap Gaya Ultimit mengindikasikan beberapa batang yang sudah dalam kondisi tidak oke (tidak memenuhi $\phi P_n > P_u$) yaitu semua batang samping atas (BSA), BSD 1, BSD 3, BSD 5, BSD 14, BSD 16, BSD 18 (tekan), BSD 2, BD 17 (tarik) dan BSB 3, BSB 4, BSB 5, BSB 6, BSB 7. Maka dari itu di perlukan tidakan retrofit guna meingkatkan kapasitas penampang jembatan dan meningkatkan masa layan Jembatan Rangka Baja Pajajaran.

Lendutan

Menurut surat edaran Direktorat Jendral Bina Marga no. 05/SE/Db/2017 tentang Penyampaian Ketentuan Desain dan Revisi Desain Jalan dan Jembatan bahwa lendutan yang terjadi pada struktur akibat beban lalu lintas tidak boleh melebihi lendutan izin $L/800$. Berikut paparan nilai lendutan izin untuk Jembatan Rangka baja pajajaran dengan bentang 45 meter

$$\begin{aligned}\delta_{izin} &= \frac{L}{800} \\ &= \frac{45}{800} \\ &= 0,056 \text{ m} = 56,25 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pada perencanaan Jembatan rangka baja Pajajaran bentang 45 meter, dari hasil analisa kombinasi beban SNI 1725 2016 menggunakan RSAP 2025 maka didapatkan nilai lendutan pada kombinasi Layan 1 "TD" sebagai berikut :



Gambar 2 Kontur Deformasi lendutan pada kombinasi

Layan 1 "TD" = 171,83 mm

Sumber : RSAP 2025

Syarat lendutan pada jembatan rangka baja, lendutan harus kurang dari lendutan izin. Berikut merupakan kontrol lendutan pada perencanaan Jembatan Rangka Baja Pajajaran akibat beban kombinasi Layan 1 "TD"

$\delta_{izin} > \text{Layan 1 "TT"}$

56,25 mm < 171,83 mm

Hasil analisa menunjukkan bahwa lendutan yang terjadi pada Jembatan rangka baja Pajajaran akibat kombinasi Layan 1 "TD" (sebesar 171,83 mm) secara signifikan melebihi batas lendutan izin yang ditetapkan (56,25 mm). Oleh karena itu, berdasarkan kontrol lendutan ini, Jembatan Rangka Baja Pajajaran sudah tidak memenuhi syarat keamanan atau kenyamanan terkait batas deformasi lendutan untuk kombinasi beban tersebut. Ini mengindikasikan bahwa struktur jembatan kurang kaku dan memerlukan retrofit untuk mengurangi lendutan hingga berada dalam batas yang diizinkan.

Sambungan Baut

Berdasarkan (RSNI T-03-2005, 2005) syarat sambungan baut harus memenuhi $R_u \leq \phi R_n$, berikut tabel control keLayanan sambungan terhadap gaya yang bekerja:

Tabel 17 kontrol keLayanan baut

Elemen	R_u	Diameter baut mm	R_n	Kontrol
	kN		kN	
Batang samping bawah	2479,77	30	1851,48	Tidak OK
Batang samping atas	6924,51	30	3541,45	Tidak OK
Batang diagonal	3338,03	30	2196,32	Tidak OK
Gelagar melintang	624,51	30	2365,36	OK
Gelagar memanjang	171,66	30	168,0401	Tidak OK
Ikatan angin ujung	16,21	16	250,24	OK
Ikatan angin melintang	5,46	16	222,44	OK
Ikatan angin 1 diagonal	0,62	12	237,26	OK

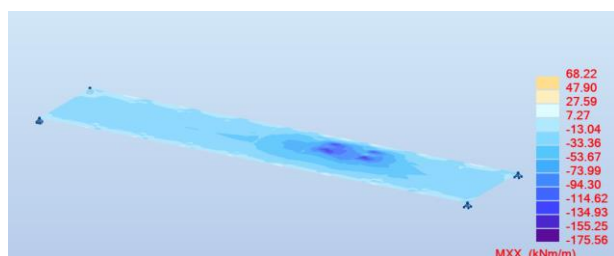
Ikatan angin 2 diagonal	0,57	12	237,26	OK
-------------------------	------	----	--------	----

Sumber : Perhitungan Pribadi

Pelat lantai

Pelat lantai kendaraan dalam analisis jembatan ini pelat lantai eksisting menggunakan beton komposit yaitu antara pelat beton dan pelat bondek. Dalam analisa ini perhitungan pelat beton menggunakan peraturan (SNI T-12, 2004) dan untuk pembenanan jembatan menggunakan peraturan (SNI 1725, 2016). Adapun hasil pembebanan pelat lantai menggunakan RSAP 2025 sebagai berikut:

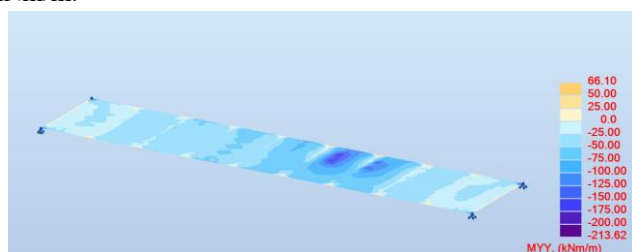
Hasil analisis pelat lantai Jembatan Rangka Baja Pajajaran Akibat beban kombinasi Kuat 1 "TT" dengan menggunakan RSAP 2025 sebagai berikut :



Gambar 3 Distribusi tegangan arah memanjang akibat beban Kuat 1 "TT"

Sumber : RSAP 2025

Berdasarkan analisis menggunakan RSAP 2025 hasil yang didapatkan untuk nilai distribusi tegangan memanjang akibat beban Layan 1 "TT" yaitu sebesar $M_x = 175,56$ kNm/m.



Gambar 4 Distribusi tegangan arah melintang akibat beban Layan 1 "TT"

Sumber : RSAP 2025

Berdasarkan analisis menggunakan RSAP 2025 hasil yang didapatkan untuk nilai distribusi tegangan memanjang akibat beban Layan 1 "TT" yaitu sebesar $M_y = 213,62$ kNm/m.

Tabel 18 Momen nominal penulangan eksisting versus Momen ultimite distribusi tegangan pelat lantai jembatan.

Ø tulangan	Arah tulangan	ϕMn Nmm	Mu Nmm	Ket
------------	---------------	------------------	-------------	-----

D13	Mx	110472408	175560000	Tidak OK
D16	My	163524141	213620000	Tidak OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Berdasarkan hasil analisis penulangan, didapatkan nilai momen nominal tereduksi arah (My) ϕMn sebesar 163524141 Nmm. Nilai ini menunjukkan dengan tulangan D16 tidak mampu menahan distribusi tegangan arah melintang Mu sebesar 213620000 Nmm untuk distribusi gaya arah melintang pada pelat lantai. Dan D13 dengan nilai $\phi Mn = 109674917,65$ Nmm arah memanjang (Mx) tidak mampu menahan distribusi tegangan arah memanjang Mu sebesar 175560000 Nmm.

Metode Rating Factor

Berdasarkan analisis jembatan eksisting menggunakan metode *rating factor* oleh (Kementrian Pekerjaan umum dan perumahan rakyat (03/SE/M/2016), 2016) dapat di sajikan nilai *rating factor* Jembatan Rangka Baja sebagai berikut : Batang tekan

Tabel 19 rekapitulasi *rating factor* batang tekan

Elemen Batang	ϕPn	ϕMn	R_F	Keterangan
	kN/m	kN/m		
Batang samping atas	448,57	93,64	0,83	Tidak Aman
Batang diagonal	275,15	48,40	0,86	Tidak Aman
Ikatan angin ujung	105,73	70,11	2,47	Aman
Ikatan angin melintang	107,80	38,71	2,03	Aman
Ikatan angin 1 diagonal	88,57	20,66	23,30	Aman
Ikatan angin 2 diagonal	100,09	17,21	51,37	Aman

Sumber : Perhitungan Pribadi

Batang tarik

Tabel 20 rekapitulasi *rating factor* batang tarik

Elemen Batang	ϕPn	R_F	Keterangan
	kN/m		
Batang samping bawah	467,48	0,46	Tidak Aman
Batang diagonal	450,05	0,76	Tidak Aman

Ikatan angin ujung	417,18	49,26	Aman
Ikatan angin melintang	254,13	23,99	Aman
Ikatan angin 1 diagonal	101,32	337,35	Aman
Ikatan angin 2 diagonal	69,30	570,84	Aman

Sumber : Perhitungan Pribadi

Batang Lentur

Tabel 21 rekapitulasi *rating factor* batang lentur

Elemen Batang	ϕMn kN/m	R_F	Keterangan
Gelagar Memanjang	44,36	1,10	Aman
Gelagar melintang	397,87	1,02	Aman

Sumber : Perhitungan Pribadi

Batang geser

Tabel 22 rekapitulasi *rating factor* batang tekan

Elemen	ϕVn kN/m	R_F	Keterangan
Gelagar Memanjang	101,33	1,33	Aman
Gelagar melintang	400,30	1,13	Aman

Sumber : Perhitungan Pribadi

Berdasarkan hasil tersebut di dapatkan hasil yang sama dengan analisis kapasitas penampang yaitu terdapat tiga batang lemah yaitu batang samping atas batang samping diagonal dan batang samping bawah. Maka dari itu di perlukan tindakan retrofit yang komprehensif terhadap Jembatan Rangka Baja Pajajaran.

Rekomendasi Retrofit

Tabel 23 rekomendasi retrofit

Kerusakan	Rekomendasi retrofit
Putus sambungan gelagar memanjang	Mengganti tipe Sambungan dengan <i>Haunch (Haunched Moment Connection)</i> .
Retak pelat lantai dan Korosi pada tulangan	Modifikasi sistem pelat lantai dengan penggantian menggunakan pelat lantai pracetak <i>double T</i>
Geser Pons pelat lantai.	

Bukling batang Ikatan angin ujung	Penggatian elemen batang ikatan Angin ujung
Kerusakan siar muai (<i>expantion joint</i>)	Pemasangan expansion joint jenis baru yang sesuai dengan pergerakan jembatan dan beban lalu lintas.
Elemen rangka batang lemah dan lendutan tidak memenuhi sayarat keamanan	1. PerLayanan dengan penggantian Elemen yang lemah. Prategang Eksternal
Elemen rangka batang lemah dan lendutan tidak memenuhi sayarat keamanan	2. PerLayanan dengan penggantian Elemen yang lemah. Prategang Eksternal

Penerapan retrofit

Dalam rangka mengatasi kelemahan kapasitas pada profil baja dan lendutan struktur yang melebihi batas persyaratan keamanan, analisis penerapan *retrofit* pada rangka batang dilakukan. Perencanaan ulang struktur batang dilaksanakan melalui penggantian profil batang yang sudah tidak mampu memenuhi kapasitas penampang baja ultimitnya. Data profil baja perencanaan yang akan digunakan untuk penggantian tersebut disajikan sebagai berikut:

Tabel 24 tabel perbandingan profi eksisting versus profil baja perencanaan

Elemen Batang	KET	Profil baja Perencanaan
Semua BSA	Tekan	WF 405× 414 × 18/28
BSB 3	Tarik	WF 405× 414 × 18/28
BSB 4	Tarik	WF 405× 414 × 18/28
BSB 5	Tarik	WF 405× 414 × 18/28
BSB 6	Tarik	WF 405× 414 × 18/28
BSB 7	Tarik	WF 405× 414 × 18/28
BSD 1,3,5,	Tekan	WF 400× 400× 13/21
BSD 14,16,18	Tekan	WF 400× 400× 13/21
BSD 2	Tarik	WF 400× 400× 13/21
BSD 17	Tarik	WF 400× 400× 13/21

sumber : Perhitungan Pribadi

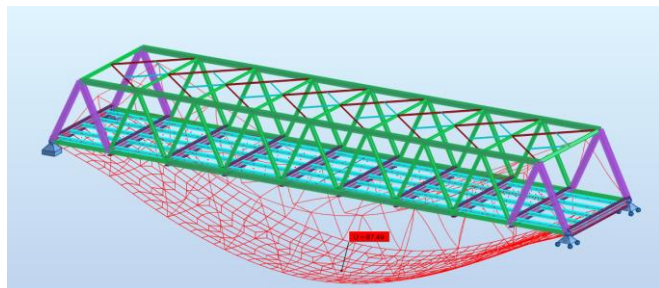
Dengan mutu profil baja perencanaan sebagai berikut:

Batang samping atas = BJ 55 (f_u = 550 MPa ; f_y 410 MPa)

Batang samping bawah= BJ 55 (f_u = 550 MPa ; f_y 410 MPa)

Batang samping diagonal= BJ 55 (f_u = 550 MPa ; f_y 410 MPa)

Berdasarkan analisis setelah penerapan penggantian batang terhadap Jembatan Pajarakan di dapatkan nilai Lendutan



Gambar 5 Kontur Deformasi lendutan setelah penggantian batang pada pembebanan kombinasi Layan 1 “TD” = 87,49 mm
Sumber : RSAP 2025

Dari hasil analisis lendutan di dapatkan nilai lendutan sebesar 87,49 mm hal ini mengindikasikan bahwa jembatan masih belum memenuhi syarat lendutan izin yaitu sebesar 56.25 mm yang mana nilai lendutan harus kurang dari nilai lendutan izin. Maka dari itu di perlukan analisis perencanaan desain profil baja terhadap seluruh komponen batang rangka jembatan pajarakan.

Analisis desain perencanaan menyeluruh

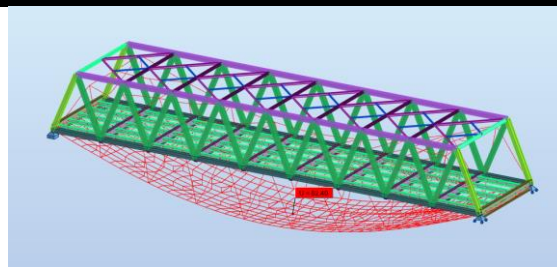
Berdasarkan analisis perencanaan desain profil baja terhadap seluruh komponen batang rangka jembatan Pajarakan di dapatkan profil baja baru sebagai berikut :

Tabel 25 profil baja baru untuk jembatan Pajarakan

Elemen	Profil Baja	KET
BSB	WF 405× 414 × 18/28	OK
BSA	WF 405× 414 × 18/28	OK
BSD	WF 400× 400 × 13/21	OK
GMU	WF 900 × 300 × 16/28	OK
GMT	WF 750 × 300 × 14/22	OK
GP	WF 400 × 200 × 8/13	OK
BIU	WF 300× 200 × 8/12	OK
BIA	WF 200× 200 × 8/12	OK
BID 1	LE 175× 175 × 12	OK
BID 2	LE 90 × 90 × 6	OK

Sumber : Perhitungan Pribadi

Setelah di lakukan penggantian seluruh batang rangka eksisting Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan nilai lendutan sebagai berikut:



Gambar 6 Kontur Deformasi lendutan setelah penggantian batang pada pembebanan kombinasi Layan 1 “TD” = 52,40 mm
Sumber : RSAP 2025

Berdasarkan hasil tersebut mengindikasikan bahwa Jembatan Rangka Baja Pajarakan perlu di bongkar total dan dilakukan perencanaan ulang jembatan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Analisis dan Evaluasi Struktur Serta Rekomendasi Retrofit Jembatan Rangka Baja Pajarakan, maka dapat di ambil Kesimpulan.

1. Berdasarkan hasil analisis visual Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan beberapa kerusakan baik kerusakan struktural yang mempengaruhi struktur lain dan non struktural.
2. Berdasarkan analisis dan evaluasi struktur pada pemodelan struktur Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan nilai sebagai berikut:

a. Analisis kapasitas penampang

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi kapasitas penampang pada batang struktur Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan beberapa batang yang sudah tidak mampu menampung gaya aksial ultimit yang bekerja pada struktur jembatan yaitu semua batang samping atas (BSA), BSD 1, BSD 3, BSD 5, BSD 14, BSD 16, BSD 18 (tekan), BSD 2, BD 17 (tarik) dan BSB 3, BSB 4, BSB 5, BSB 6, BSB 7.

b. Analisis dengan metode *rating factor*

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi menggunakan metode *rating factor* pada batang struktur Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan hasil yang sama terhadap batang struktur jembatan yaitu 3 batang yang sudah tidak aman karena memiliki nilai *rating factor* >1 yaitu batang rangka samping atas, rangka samping bawah dan batang rangka samping diagonal.

3. Berdasarkan hasil rekomendasi retrofit terhadap kerusakan jembatan di dapatkan 2 rekomendasi untuk mengatasi kerusakan struktur Jembatan Rangka Baja Pajarakan yaitu

a. Rekomendasi jangka pendek

Dari hasil rekomendasi retrofit pada kerusakan visual Jembatan Rangka Baja Pajarakan di dapatkan beberapa rekomendasi retrofit terhadap kerusakan

jembatan yaitu penggantian tipe sambungan untuk kerusakan putus sambungan gelagar memanjang, penggantian pelat lantai dengan pelat lantai pracetak *double T* untuk kerusakan retak pelat lantai, karat pada tulangan, dan geser pons pelat lantai, penggantian batang ikatan angin ujung untuk kerusakan bukling batang ikatan angin ujung, penggantian siar muai (*expansion joint*) untuk kerusakan siar muai, dan prategang eksternal untuk elemen batang lemah dan lendutan yang tidak memenuhi syarat keamanan.

b. Rekomendasi jangka panjang

Berdasarkan hasil analisis penggantian batang pada kerusakan elemen batang lemah dan lendutan tidak memenuhi syarat keamanan, lendutan jembatan tetap tidak memenuhi syarat keamanan. Maka dari itu di lakukan perencanaan ulang batang Jembatan Rangka Baja yang mengharuskan penggantian seluruh batang eksisting jembatan agar lendutan memenuhi syarat keamanan. Hal ini mengindikasikan bahwa Jembatan Rangka Baja Pajajaran harus di lakukan pembongkaran dan di lakukan perencanaan ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bobby Asukmajaya R. (2023), “*PERBANDINGAN DEFLEKSI DAN BERAT TOWER PLTB 24 M DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL SIKU DAN PIPA*”. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/1233>
- [2] Kandemir, E.C., Mazda, T., Nurui, H. and Miyamoto, H. (2011), “Seismic retrofit of an existing steel arch bridge using viscous damper”, *Procedia Engineering*, Vol.14, pp.23012306, doi:10.1016/j.proeng.2011.07.290.
- [3] Kementrian Pekerjaan umum dan perumahan rakyat (03/SE/M/2016). (2016), *Pedoman Penentuan Bridge Load Rating Untuk Jembatan Eksisting*.
- [4] Rasidi, N., Ningrum, D., Gusman, L. and Jembatan, A. (2017), *ANALISIS ALTERNATIF PERLAYANAN JEMBATAN RANGKA BAJA (STUDI KASUS: JEMBARAN RANGKA BAJA SOEKARNO-HATTA MALANG)*.
- [5] RSNI T-03-2005. (n.d.). *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*.
- [6] Sastrawiria, R.P.P., Murtosidi, I., Irawan, R. and Jaja. (2021), “KERUSAKAN BAHAN DAN ELEMEN JEMBATAN”.
- [7] SNI 1725. (2016), *Pembebanan Untuk Jembatan Badan Standardisasi Nasional*.