

## KAJIAN JEMBATAN A-HALF THROUGH ARCH SESUAI SNI 1725:2016 DAN SNI 2833:2016 (STUDI KASUS JEMBATAN RUMPIANG, KABUPATEN BARITO KUALA)

Nursiah Chairunnisa<sup>1</sup>, Ade Yuniati Pratiwi<sup>2\*</sup>, Ahmad Cahyadi<sup>1</sup>, Abdul Karim<sup>1</sup>, Ratni Nurwidayati<sup>1</sup>, Puguh Budi Prakoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

\*)email: ade.pratiwi@ulm.ac.id

Diterima : 16 Februari 2024

Direvisi : 25 Maret 2024

Disetujui : 26 Maret 2024

Diterbitkan : 31 Mei 2024

**Abstract:** *The Rumpiang Bridge is a Half Through Arch type bridge in Marabahan City, Barito Kuala District. This bridge was constructed in 2003 using loading regulations based on the BMS 1992 regulations. In 2016, the government issued the bridge loading regulations SNI 1725:2016, which introduced differences in loading compared to BMS 1992. Therefore, a structural modeling of the bridge was carried out to determine its capacity using the updated loadings from SNI 1725:2016 and SNI 2833:2016. The research utilized the Midas Civil software for assistance. The assessment of the bridge's capacity was based on the deflection values experienced by the bridge. The analysis results indicated that the maximum deflection values occurred under the combination of Static Load Case 1 and Dynamic Load Case 1. For Static Load Case 1, the maximum deflection values at the center span according to BMS 1992 and SNI 1725:2016 were 47.37 cm and 47.25 cm respectively. For Dynamic Load Case 1, the maximum deflection values at the center span according to BMS 1992 and SNI 1725:2016 were 30.108 cm and 28.41 cm respectively. On the other hand, under seismic loading based on SNI 2833:2016, the displacement experienced by the bridge due to the extreme combination 1 was 13.933 mm. Based on the conducted analysis, it is evident that the loading requirements from SNI 1725:2016 yield deflection results that still meet the criteria compared to the loading requirements from BMS 1992.*

**Keywords :** Bridge, BMS 1992, SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, Deflection, Internal Forces.

**Abstrak:** Jembatan Rumpiang merupakan jembatan tipe *A-Half Through Arch* di Kota Marabahan, Kabupaten Barito Kuala. Jembatan ini dibangun pada tahun 2003 dengan menggunakan peraturan pembebanan berdasarkan peraturan BMS tahun 1992. Pada tahun 2016 pemerintah menerbitkan peraturan pembebanan jembatan SNI 1725:2016 dimana terdapat perbedaan pembebanan dengan BMS 1992. Oleh karena itu, dilakukan pemodelan struktur jembatan untuk mengetahui kapasitas jembatan dengan pembebanan terbaru yaitu berdasarkan SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016. Program bantu pada penelitian menggunakan Midas Civil. Pengecekan kapasitas jembatan dilakukan dengan melihat nilai lendutan yang terjadi pada Jembatan. Hasil analisis didapatkan bahwa nilai lendutan maksimum terjadi pada kombinasi Kuat 1 Statik dan Kuat 1 Dinamis. Untuk kuat 1 Statik, nilai lendutan maksimum pada tengah bentang berdasarkan BMS 1992 dan SNI 1725:2016 berturut-turut adalah sebesar 47,37 cm dan 47,25 cm. Untuk kuat 1 Statik, nilai lendutan maksimum pada tengah bentang berdasarkan BMS 1992 dan SNI 1725:2016 berturut-turut adalah sebesar 30,108 cm dan 28,41 cm. Sedangkan beban gempa berdasarkan SNI 2833:2016, nilai perpindahan yang dialami oleh jembatan berdasarkan kombinasi ekstrem 1 adalah sebesar 13,933 mm. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pembebanan SNI 1725:2016 menunjukkan hasil lendutan yang masih memenuhi persyaratan jika dibandingkan pembebanan BMS 1992.

**Kata kunci :** Jembatan, BMS 1992, SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, Lendutan, Gaya Dalam

### 1. PENDAHULUAN

Konstruksi jembatan bentang panjang di Indonesia telah berkembang secara signifikan dan menggunakan

berbagai jenis konstruksi. Beberapa jenis jembatan antara lain jembatan gantung, jembatan beton bertulang, jembatan rangka baja jembatan *cable-stayed*, jembatan beton

prategang, dan jembatan pelengkung. Jembatan pelengkung adalah jembatan yang konstruksinya berbentuk setengah lingkaran atau parabola dengan tumpuan di kedua sisinya dan menggunakan desain busur secara alami akan memindahkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan tetap bergerak ke samping [1], [2].

Evaluasi jembatan yang sudah lama berdiri sangat diperlukan untuk mengetahui kapasitas sisa umur rencana. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam evaluasi adalah evaluasi visual, perhitungan sisa kapasitas struktur jembatan yang meliputi perhitungan pembebanan, analisis struktur, kapasitas penampang dan kapasitas pondasi dari jembatan terhadap perubahan aturan pembebanan. Evaluasi jembatan yang telah lama berdiri telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya [3], [4], [5]. Lebih lanjut, Pipinato [6] melakukan kajian tentang evaluasi penilaian jembatan, perbaikan dan manajemen jembatan.

Chen dkk [7] melakukan penelitian terkait evaluasi jembatan arch bridge dengan uji lapangan dan simulasi numerik dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi kerusakan Jembatan Sanliushui. Lebih lanjut, Akbar [8] melakukan studi kasus Jembatan Cisadane BSD untuk membandingkan beban BMS 1992 dan SNI 1725:2016. Jembatan ini dibangun pada tahun 2005 dengan peraturan pembebanan BMS 1992. Pada tahun 2016, pemerintah mengeluarkan peraturan pembebanan jembatan SNI 1725:2016, yang membedakan dari peraturan BMS 1992 yaitu terkait beban dan cara perhitungannya. Sehingga dilakukan peninjauan kembali keamanan jembatan dengan peraturan terbaru yang diterapkan. Untuk mengevaluasi keamanan jembatan, gaya dalam output ultimit dari perhitungan analisa struktur dibantu komputer digunakan dan dibandingkan dengan gaya dalam nominal dari struktur jembatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelagar pada jalur kendaraan di jembatan mengalami gaya dalam yang lebih besar ketika dibebani oleh pembebanan dengan BMS 1992 dibandingkan dengan SNI 1725:2016. Ini disebabkan oleh kombinasi beban ultimit BMS 1992 terdapat beban angin, dan beban rem dan faktor kombinasi pada BMS 1992 juga lebih besar daripada SNI 1725:2016. Ivankovic [9] melakukan evaluasi desain jembatan lengkung dalam penentuan keandalan struktur sehubungan dengan peningkatan pembebanan serta perubahan persyaratan kode dan standar yang relevan selama beberapa dekade pelayanan jembatan di Eropa. Analisis keandalan diperlukan untuk menentukan margin keamanan struktur jembatan eksisting dan kapasitasnya

Jembatan Rumpiang Kalimantan Selatan yang dibangun pada Desember 2003 dan diresmikan pada

April 2008 terdiri dari bentang utama berbentuk pelengkung (*Arch Bridge*) dengan tipe *A-Half Through Arch* dan bentang pendekat dengan konstruksi gelagar komposit, total panjang bentang 753,83 meter dengan bentang utama 200 meter menggunakan baja konstruksi rangka pelengkung dengan lebar jembatan 9 meter. Dalam proses pembangunannya, perencanaan Jembatan Rumpiang menggunakan standar pembebanan *Bridge Management System (BMS) Bridge Design Code* [10] [10] Seiring dengan perkembangan dan pemutakhiran regulasi yang ada khususnya dalam hal pembebanan jembatan, hingga saat ini telah diterbitkan standar pembebanan yang baru yaitu SNI 1725:2016, dengan beberapa penyesuaian dari ukuran sebelumnya yaitu RSNI-T-02-2005 dan BMS7-C2 1992. Penyesuaian ini meliputi distribusi beban D pada arah melintang, faktor distribusi muatan truk "T" [11].

Penggunaan program bantu *Finite Element Method* banyak dipergunakan dalam desain dan evaluasi kelayakan jembatan [12], [13], [14], [15], [16]. Salah satunya adalah program bantu Midas Civil dalam perencanaan bangunan jembatan telah dilakukan secara luas dalam dunia Teknik Sipil untuk semua tipe jembatan seperti komposit, rangka baja, suspensi, dan lainnya. Kelebihan program ini adalah adanya kemampuan memodelkan pelaksanaan konstruksi atau construction stage [17], [18]. Analisis struktur dengan bantuan software MIDAS Civil untuk jembatan telah dilakukan oleh banyak peneliti [19], [20].

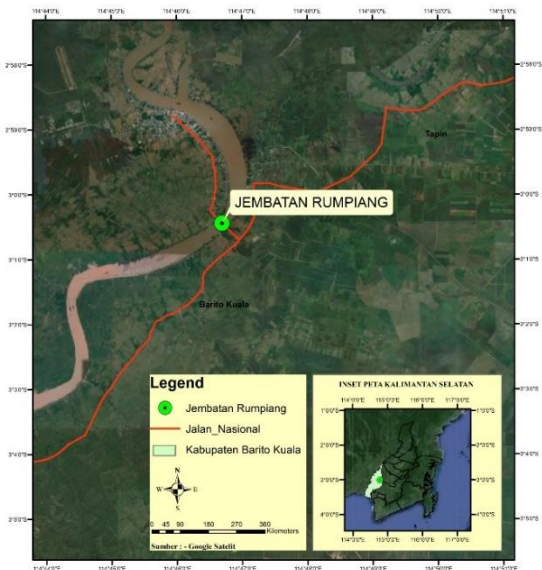
Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan pentingnya untuk mengevaluasi jembatan yang telah dibangun akibat adanya perubahan kode dan standar pembebanan jembatan, dalam penelitian ini dilakukan redesign Jembatan Rumpiang tipe pelengkung (*arch bridge*) dengan bantuan Midas Civil. Versi 23 untuk mengetahui kapasitas jembatan eksisting.

## 2. METODE PENELITIAN

Jembatan Rumpiang berlokasi di Kecamatan Marabahan, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan dengan posisi geografis berada pada 3°00'26" Lintang Selatan dan 114°46'42" Bujur Timur. Jembatan Rumpiang dibangun pada tahun 2003 dan selesai pada tahun 2008. Merupakan jembatan yang menghubungkan kota Banjarmasin dan kota Marabahan. Lokasi Jembatan Rumpiang dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Objek Penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus (*case study analysis*) dengan cara analisis kasus pembebanan Jembatan Rumpiang menggunakan pembebanan BMS 1992 untuk beban rencana asli dan menggunakan beban SNI 1725:2016 untuk beban jembatan terbaru guna mengetahui jembatan masih aman atau tidak ketika dibebani beban terbaru. Adapun untuk

indikator keamanan adalah menggunakan besaran lendutan yang terjadi pada girder dibandingkan dengan lendutan maksimum chamber dari data perencanaan.



Gambar 1. Lokasi Jembatan Rumpiang [21]



Gambar 2. Tampak Jembatan Rumpiang [22]

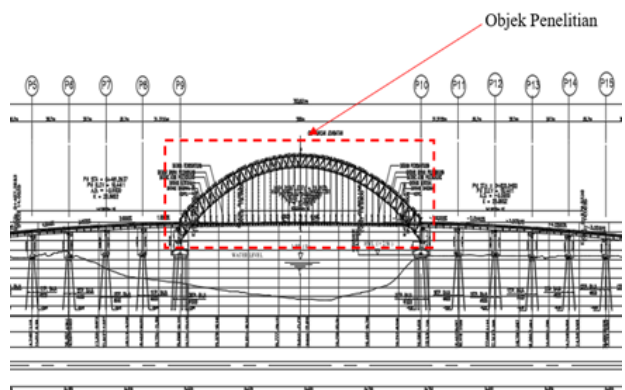
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Analisa dilakukan hanya pada struktur atas (*super structure*) bentang utama yakni *Arch Bridge* sepanjang 200 meter.
- Pembebanan Jembatan menggunakan SNI 1725:2016 dan BMS 1992.
- Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI-2833-2016.
- Desain ulang pada penelitian ini adalah berfokus pada pembebanan jembatan, tidak menghitung rangka jembatan. Selain itu tidak ada perubahan bentuk pada model jembatan (menggunakan model jembatan eksisting).
- Analisis sambungan diambil dari perwakilan tiap sambungan yang memiliki bentuk dan jumlah baut

yang sama.

### Permodelan Jembatan

Jembatan Rumpiang merupakan jembatan tipe *A-Half Through Arch* dengan panjang 200 m dan lebar total jembatan 9 m, lebar lalu lintas 7 m, dan lebar trotoar 1 m per sisi. Elemen baja struktural adalah ASTM 1572-Gr.50, SM490YB JIS G3106, SS400 JIS G3101, dan ASTM A53 Grade B. Gambar perspektif 3D dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun untuk permodelan seluruh elemen jembatan menggunakan model 1D (garis) yang dapat di *extrude* menjadi 3D dengan sambungan diasumsikan rigid. Untuk pelat lantai jembatan dimodelkan sebagai beban pada girder (tidak berbentuk elemen). Data elemen dan material dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Objek penelitian Jembatan Rumpiang (A-Half Through Arch Bridge) (Balai Pelaksanaan Jalan Nasional, 2003)

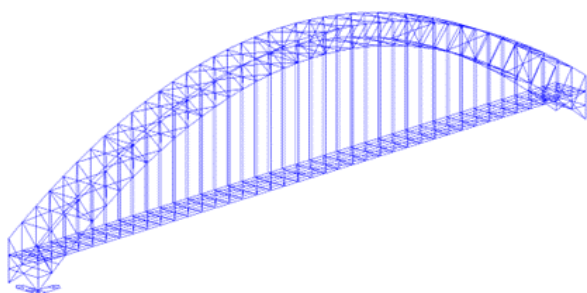
### Tahapan Analisis

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Analisis dimulai dengan studi literatur dan identifikasi data.
- Melakukan pemodelan Jembatan Rumpiang dengan *Midas Civil Version 23*.
- Input pembebanan sesuai SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016.
- Kemudian dilakukan analisis, kemudian dilanjutkan pengecekan nilai kontrol lendutan dan rasio tegangan.
- Untuk hasil beban gempa dilakukan pada 3 titik untuk mengetahui nilai gaya dalam dan perpindahan akibat beban gempa yang terjadi. Nilai gaya dalam maksimum yang terjadi pada analisis struktur akan digunakan untuk mengecek kekuatan baut dengan jumlah baut yang terpasang.

**Tabel 1. Data elemen dan material jembatan pada input model**

Elemen	Tipe profil dan material
Stringer	Profil WF (Q435B setara dengan ASTM A572 – Grade 50)
Balok Pengikat ( <i>tie beam</i> ) dan Rangka Baja Lengkung ( <i>Arch Steel Truss</i> ), <i>Main Girder</i>	Profil WF (SM490YB-JIS G3106)
Member Sekunder (Bracing Angin Bawah, Sudut Gerigi, Tiang Railing, Gantungan)	Profil WF (SS400-JIS G3101)
Penyangga Angin Lengkung Pipa, dan Pipa Railing	ASTM A53 Grade B
Baut Pegangan Gesekan Kekuatan Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M20 Grade F10T (JIS B1186)</li> <li>• M16 Kelas 8.8 (JIS B1180)</li> </ul>
Baja	$f_y=250$ MPa dan $f_u=360$ MPa



**Gambar 4. Perspektif 3D Jembatan Rumpiang**

### Penyesuaian Pembebanan BMS 1992 dan SNI 1725:2016

Terdapat perbedaan pembebanan antara BMS 1992 dan SNI 1725:2016 seperti yang terlihat pada **Tabel 2**. Perbedaan terjadi pada beban hidup, beban truk “T”, beban roda, dan beban lajur “D” yaitu BTR dan BGT.

### Gaya Dalam

Gaya-gaya dalam adalah gaya yang bekerja didalam suatu konstruksi bangunan akibat adanya beban-beban yang terdapat pada struktur bangunan berupa momen, gaya lintang dan gaya normal.

### Beban Gempa

Jembatan harus direncanakan memiliki kemungkinan runtuh yang rendah tetapi dapat mengalami kerusakan dan gangguan yang signifikan terhadap layanan akibat gempa bumi, dengan kemungkinan melebihi 7% dalam 75 tahun [23].

Metode pembebanan gempa yang digunakan ialah beban gempa dinamis dari data respon spektrum berdasarkan SNI 2833-2016 dengan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia untuk Jembatan tahun 2017 dari laman online <https://lini.binamarga.pu.go.id/> untuk lokasi di Kab. Barito Kuala [24]. Data beban gempa yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 2. Perbedaan pembebanan BMS 1992 dan SNI 1725:2016**

Beban	Perbedaan Pembebanan	
	BMS 1992	SNI 1725:2016
Beban Ultimit (Beban Hidup)	2	1,8
Beban truk “T”	45 ton	50 ton
Beban Roda	10 ton	11,25 ton
Beban Lajur “D” terbagi rata (BTR)	8 kPa	9 kPa
Beban Lajur “D” garis terpusat (BGT)	P = 44 kN/m	P = 49 kN/m

**Tabel 3. Data beban gempa Jembatan Rumpiang**

Zona gempa (Tabel 5 SNI 2833:2016)	1
Percepatan puncak di batuan dasar (PGA)	0,05
Respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_s$ )	0,10017g
Respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar ( $S_1$ )	0,032g
Klasifikasi situs SE (Tanah Lunak)	$F_a = 2,5$
Faktor amplifikasi PGA dan 0,2 detik	$F_{PGA}/F_a=2,5$
Faktor amplifikasi periode 1 detik ( $F_v$ ) $S_1$	$F_v=3,5$
Nilai $A_s = F_{PGA} \times PGA$	0,125g
Nilai $S_{DS} = F_a \times S_s$	0,25g
Nilai $S_{D1} = F_v \times S_1$	0,113g
Nilai $T_0 = 0,2 T_s$	0,091 detik
Nilai $T_s = S_{D1}/S_{DS}$	0,453 detik

### Perhitungan Lendutan dan Stress Ratio

Defleksi adalah perubahan bentuk struktur akibat beban vertikal yang diterapkan pada desain [25]. Rasio tegangan adalah rasio dari momen ultimate penampang yang terjadi terhadap kekuatan nominal penampang [26].

## 3. HASIL PEMBAHASAN Kombinasi Pembebanan

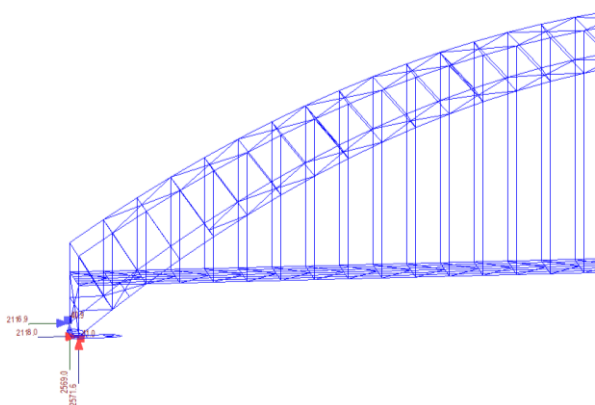
Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah



berdasarkan SNI 1725:2016 [27] yang berbeda dengan BMS 1992 pada faktor beban hidup truk, lajur, rem, dan pejalan kaki dari faktor beban 2,0 menjadi 1,8. Kombinasi pembebanan pada analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi pembebanan [27]

Beban		Kuat					Ekstrem		Daya Layan				Fatik
		I	II	III	IV	V	I	II	I	II	III	IV	
MS (Mati Sendiri)	Baja	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Beton Cor	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Kayu	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	-
MA (Mati Tambahan)	Umum	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
	Khusus	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	
EW (Angin)	EWS (Struktur)	-	-	1,4	-	0,4	-	-	0,3	-	-	0,7	-
	EWL (Kend.)	-	-	-	-	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-
TT (Truk)		1,8	1,4	-	-	-	0,3	-	1,0	1,3	0,8	-	0,75
TD (Lajur)		1,8	1,4	-	-	-	0,3	-	1,0	1,3	0,8	-	0,75
TB (Rem)		1,8	1,4	-	-	-	0,3	-	1,0	1,3	0,8	-	0,75
TP (Pejalan Kaki)		1,8	1,4	-	-	-	0,3	-	1,0	1,3	0,8	-	0,75
EU (Arus dan Hayut)		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
EQ (Gempa)		-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-



Gambar 5. Reaksi perletakan

### Reaksi Perletakan

Reaksi Perletakan yang terjadi pada struktur Jembatan Rumpiang dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai reaksi perletakan untuk reaksi perletakan pada beban berat sendiri dan kombinasi Kuat 1 dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan rincian nilai reaksi perletakan untuk berat sendiri struktur (*self weight*) dan kombinasi kuat 1 sebagai nilai kombinasi beban terbesar. Analisis reaksi perletakan menggunakan software Midas Civil Version 23.

### Pengecekan Kapasitas Profil sesuai SNI 1729:2020

Pengecekan kapasitas profil ditujukan untuk mengetahui kemampuan profil dalam menahan

### Berat Sendiri Struktur

Berat sendiri struktur adalah berat elemen struktural yang dianalisis secara langsung oleh program Midas Civil Version 23. Berdasarkan analisis didapatkan nilai berat sendiri stuktur adalah 9344,736 kN.

beban yang bekerja berdasarkan SNI 1729:2020 [28]. Pengecekan kapasitas profil yang dilakukan adalah gaya geser maksimum, momen maksimum, kontrol lendutan, persyaratan klasifikasi penampang yaitu syarat profil kompak atau tidak kompak, analisis keadaan batas (*yield*) dan analisis *Lateral Torsion Buckling* (LTB), serta analisis kuat geser. Berdasarkan hasil pengecekan kapasitas profil diketahui bahwa profil mampu menahan beban maksimum yang bekerja pada jembatan.

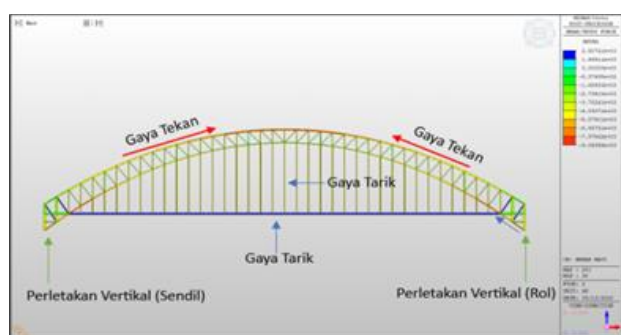
### Gaya dan Chamber Jembatan Rumpiang

Berikut disajikan gaya dan chamber Jembatan Rumpiang dapat dilihat pada (Gambar 6). Distribusi gaya terjadi pada saat arch menerima gaya tekan, hanger mengalami gaya tarik, dan main girder menerima gaya tarik. Jembatan Rumpiang dirancang menggunakan chamber dengan chamber mid span maksimal 53,9 cm.

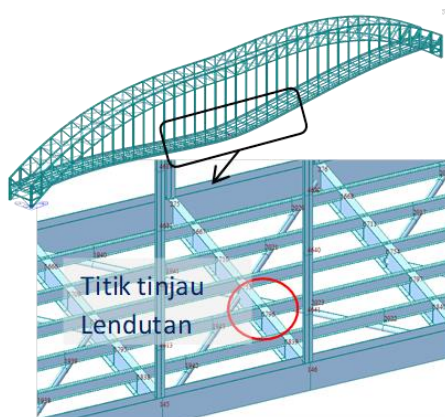
Chamber disebut anti lendutan karena dibuat untuk melawan lendutan yang mungkin terjadi akibat beban yang bekerja. Dalam penelitian ini, chamber tidak dimodelkan sehingga lendutan merupakan nilai asli dari berat sendiri jembatan (*self weight*) dan beban yang bekerja. Nilai lendutan yang terjadi pada Jembatan untuk beban BMS tahun 1992 dan SNI 1725:2016 dengan seluruh kombinasi pada satu titik tinjauan (Gambar 7) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Nilai reaksi perletakan

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
Akibat Berat Sendiri							
41	MS-SW	-1932,5	3,71	1515,57	-6,761	1,26	-8,68
81	MS-SW	-184,3	38,2	105,22	0,122	-471,5	0,38
175	MS-SW	2116,9	-40,93	2569,01	3,925	475,5	-4,06
215	MS-SW	-2118,1	-42,0	2570,75	6,521	-469,5	7,94
663	MS-SW	2118	41,1	2571,65	-5,771	469,1	7,76
Akibat Kuat 1							
41	KUATI	-14029	45,05	10869,3	-92,45	-299,9	-118,6
81	KUATI	-1876,2	393,3	3750,09	-291,1	-5243	7,46
175	KUATI	15906	-429	14613,7	348,3	5832,3	-58,89
215	KUATI	-15902,2	-438	14625	382,7	-5537,2	109,09
663	KUATI	15902	428,8	14630,3	-375	5528,3	106,12



Gambar 6. Gaya dan Chamber Jembatan Rumpiang



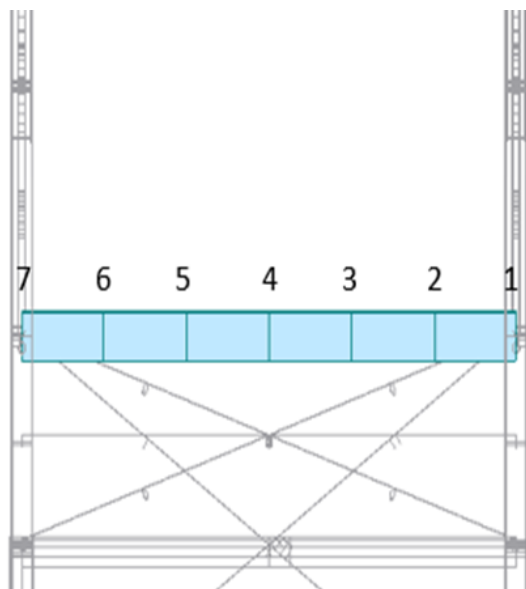
Gambar 7. Titik Tinjau Lendutan

Berdasarkan Tabel 6, dipilih kombinasi Kuat 1 Statik dan Kuat 1 truk untuk kontrol lendutan yang terjadi. Berikut disajikan nilai lendutan yang terjadi pada *cross girder* ditunjukkan pada (Gambar 8). Grafik lendutan yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan Kuat 1 Statik dan Kuat 1 Dinamik dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan perbandingan lendutan yang dihasilkan oleh

kombinasi Kuat Statik 1 dan Kuat 1 Dinamis untuk BMS 1992 dan SNI 1725:2016. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa lendutan untuk SNI 1725:2016 menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh dari peraturan BMS 1992 berturut-turut yaitu 47,25 dan 47,37 cm. Hal ini membuktikan bahwa terdapat perbedaan namun tidak signifikan.

Tabel 6. Nilai lendutan pada 1 Titik Tinjau

Node	Keadaan Batas	SNI 1725:2016 (cm)	BMS 1992 (cm)	Jarak (m)
1796	Kuat I Statik	-46,87	-46,99	100
1796	Kuat I Truk	-28,19	-29,87	100
1796	Kuat II Statik	-40,49	-38,53	100
1796	Kuat II Truk	-25,91	-25,56	100
1796	Kuat III	-24,24	-23,99	100
1796	Kuat IV	-22,36	-24,93	100
1796	Kuat V	-22,50	-22,25	100
1796	Ekstrim I	-27,93	-27,65	100
1796	Layan I Statik	-28,52	-31,05	100
1796	Layan I Truk	-18,11	-21,78	100
1796	Layan II Statik	-31,66	-31,64	100
1796	Layan II Truk	-17,84	-21,52	100
1796	Layan III Statik	-26,08	-28,49	100
1796	Layan III Truk	-17,75	-21,08	100
1796	Layan Iv	-16,70	-18,64	100
1796	Ekstrim II Statik	-27,71	-30,28	100
1796	Fatik Statik	-11,14	-7,44	100
1796	Fatik Truk	-0,21	-0,28	100



Gambar 8. Titik lendutan Cross Girder

### Kontrol Lendutan

Lendutan maksimum pada struktur dibandingkan dengan lendutan maksimum izin yang didapatkan dari data perencanaan. Sehingga didapatkan perbandingan sebagai berikut:

$$\Delta_{\text{Maksimum}} < \Delta_{\text{Chamber}}$$

Chamber (lawan lendut) = 53,9 cm (Data Perencanaan)

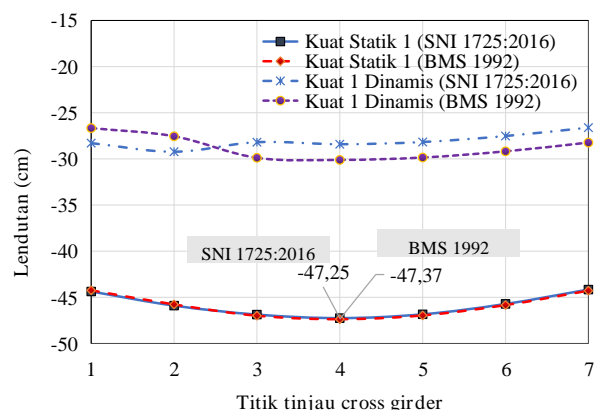
$\Delta_{\text{Maksimum}}$  yang terjadi Cross Girder Beban BMS 1992 = 47,37 cm = 47,37 cm < 53,9 cm (memenuhi syarat).

Berdasarkan hasil perbandingan diketahui bahwa lendutan akibat pembebanan BMS 1992 masih memenuhi syarat dan secara tidak langsung dengan adanya perubahan peraturan menjadi SNI 1725:2016, lendutan maksimum struktur masih sesuai dan memenuhi.

### Kontrol Stress Ratio

*Stress ratio* yang diizinkan adalah yang kurang dari atau sama dengan 1 yang artinya bahwa elemen dalam hal ini profil baja harus memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan beban luar. Nilai *stress ratio* dari analisis Jembatan Rumpiang dengan menggunakan pembebanan SNI 1725:2016 dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai *stress ratio* diambil berdasarkan maksimum *stress ratio* batang per tipe properti penampang. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa dengan didaparkannya nilai *stress ratio* yang kurang dari 1 untuk seluruh elemen struktur maka dapat disimpulkan bahwa elemen

struktur memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan beban yang bekerja.



Gambar 9. Lendutan Maksimum pada Cross Girder

Tabel 7. Nilai Stress Ratio

Member (properti)	Stress ratio	Member (properti)	Stress ratio
534	0,447	5859	0,250
216	0,278	1398	0,087
355	0,135	6278	0,294
356	0,139	3964	0,020
11	0,281	3417	0,083
32	0,291	2004	0,149
33	0,309	4235	0,058
38	0,383	4247	0,029
144	0,137	3546	0,174
157	0,25	2040	0,113
4569	0,073	538	0,253
204	0,105		

Nilai *stress ratio* < 1 (memenuhi syarat)

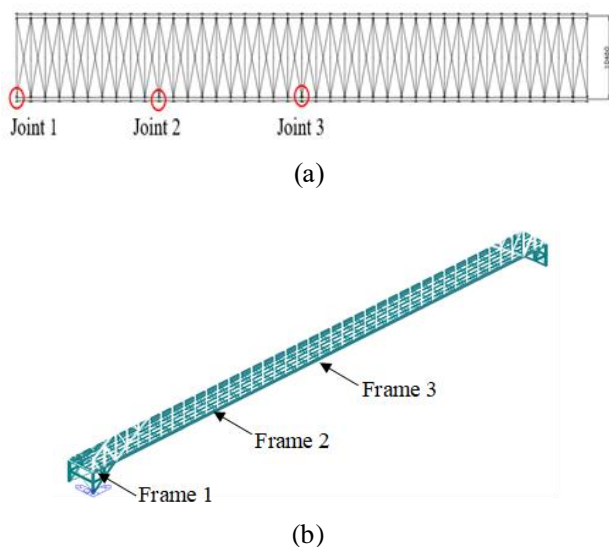
### Gaya Dalam

Nilai gaya dalam terbesar berdasarkan SNI 1725:2016 akibat kombinasi Kuat 1 Statik pada cross girder tengah bentang adalah momen sebesar 2488,35 kNm, nilai gaya geser sebesar 2560,54 kN, dan nilai gaya normal sebesar -17578,5 kN. Sedangkan gaya dalam pada hanger adalah aksial tarik (positif) sebesar 1080,13 kN.

### Analisis Pembebanan Gempa berdasarkan SNI 2833:2016

Setelah permodelan struktur jembatan dengan Midas Civil, dilakukan analisis terhadap gaya dalam dan perpindahan yang terjadi akibat beban gempa yang mengacu pada SNI 2833:2016 [23]. Berdasarkan hasil analisis terhadap 3 (tiga) titik tinjau diketahui gaya aksial terbesar terjadi pada Frame 2

dengan nilai 1936,05 kN, gaya geser terbesar terdapat pada Frame 1 dengan nilai 11,38 kN, dan momen gelagar memanjang yang terbesar terdapat pada Frame 3 dengan nilai 12 kNm. Titik tinjau tampak atas dan samping dapat dilihat pada **Gambar 10**.



**Gambar 10. Titik tinjau beban gempa: (a) Tampak atas struktur jembatan; dan (b) Tampak samping**

**Tabel 8. Displacement Akibat Beban Gempa**

Joint	Displacement X	Displacement Y
	(Dx)	(Dy)
	mm	mm
1	13,933	0,028
2	7,66	0,105
3	0,057	0,172

*Displacement* pada analisis ini adalah perpindahan yang terjadi pada struktur jembatan akibat pengaruh kombinasi beban gempa. Perpindahan ditinjau pada beberapa joint yang telah ditentukan pada gelagar. Nilai *displacement* yang terjadi pada Arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa *displacement* terbesar terjadi pada Arah X Joint 1 dengan perpindahan sebesar 13,933 mm diikuti dengan Joint 2 sebesar 7,66 mm dan displacement Arah Y pada Joint 3 sebesar 0,172 mm. Secara umum, beban gempa pada Arah Y tidak memberikan pengaruh yang besar pada perpindahan. 1080,13 kN.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis struktur Jembatan Rumpiang diketahui bahwa

terdapat perbedaan hasil lendutan yang tidak signifikan antara peraturan BMS 1992 dan SNI 1725:2016 yaitu berturut-turut 47,37 dan 47,25 cm. Adapun hasil lendutan dengan pembebanan SNI 1725:2016 masih di bawah batas maksimum lendutan pada chamber yaitu 53,90 cm.

Nilai gaya dalam terbesar berdasarkan SNI 1725:2016 akibat kombinasi Kuat 1 Statik pada cross girder tengah bentang adalah momen sebesar 2488,35 kNm, nilai gaya geser sebesar 2560,54 kN, dan nilai gaya normal sebesar -17578,5 kN. Sedangkan gaya dalam pada hanger adalah aksial tarik (positif) sebesar 1080,13 kN. Nilai gaya dalam akibat beban gempa yaitu gaya aksial terbesar yang terjadi pada Frame 2 dengan nilai 1936,05 kN, gaya geser terbesar terdapat pada Frame 1 dengan nilai 11,38 kN, dan momen gelagar memanjang yang terbesar terdapat pada Frame 3 dengan nilai 12 kNm. Untuk perpindahan akibat beban gempa terbesar terjadi pada Arah X sebesar 13,933 mm. pendek.

##### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, dari hasil redesign Jembatan Pelengkung Rangka Baja (*A-Half Through Arch*) maka perlu dimodelkan dan dianalisis lebih lanjut mengenai pilar dan jembatan pendekat untuk Jembatan Rumpiang agar didapatkan hasil yang lebih maksimal. Untuk selanjutnya dapat ditambahkan mengenai vibration mode shape untuk mengetahui ragam getar yang terjadi pada jembatan.

##### Ucapan Terima Kasih

Sebagai wujud penghargaan atas selesainya penelitian ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat atas bantuan dana yang berasal dari skema Program Dosen Wajib Meneliti dengan Nomor Kontrak SP - DIPA SP DIPA - 023.17.2.677518/2023.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Rayma Ghulam, E. Desmaliana, and E. Widyaningsih. 2021. *Analisis Dinamik Jembatan Pelengkung (Studi Kasus: Jembatan Palu IV)*. Reka Racana, vol. xx, no. x, pp. 1–14, 2021.
- [2] B. Supriyadi and A. S. Muntohar. 2017. *Jembatan*. Cetakan Ke. Yogyakarta: Beta Offset, 2017.
- [3] M. Brodňan, P. Koteš, F. Bahleda, J. Vičan, P. Paulík, and M. Bačuvčík. 2016. *Evaluation of Material Properties of the Arch Bridge in Krásno nad Kysucou*. *Procedia Eng.*, vol. 156, pp. 62–68, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.268.
- [4] F. Pangestu. 2021. *Evaluasi Kapasitas*



- Kepala Jembatan Akibat Perubahan Beban Gempa Rencana Sesuai Sni 2833:2016. Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 54, 2021, doi: 10.32585/modulus.v3i2.1822.
- [5] B.-C. C. Bing-Hui Fan, Jia-Zhan Su. 2021. *Condition evaluation for through and half-through arch bridges considering robustness of suspended deck systems*. *Adv. Struct. Eng.*, vol. 24, no. 5, pp. 962–976, 2021.
- [6] A. Pipinato. 2016. *Innovative Bridge Design Handbook Construction, Rehabilitation and Maintenance*. In Chapter 28 - Bridge assessment, retrofit, and management, 2016, pp. 721–757.
- [7] J. She, Z. Xiong, Z. Liang, X. Mou, and Y. Zhang. 2023. *Structural health evaluation of arch bridge by field test and optimized BPNN algorithm*. *Frat. ed Integrita Strutt.*, vol. 17, no. 65, pp. 160–177, 2023, doi: 10.3221/IGF-ESIS.65.11.
- [8] A. F. Akbar. 2021. *Studi Perbandingan Perilaku Jembatan Akibat Pembebanan Berdasarkan BMS 1992 dan SNI 1725 : 2016 (Studi Kasus : Jembatan Cisadane BSD Kota Tangerang Selatan)*. Universitas Pendidikan Indonesia, 2021.
- [9] A. M. Ivanković, J. Radić, and A. Kindij. 2007. *Eurocode requirements on Adriatic arch bridges*. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/276236715>.
- [10] Kementerian PUPR RI. 1992. *BMS Vol.1. Badan Standardisasi Indonesia*. 1992.
- [11] Y. D. Setiyarto. 2017. *Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016. Load. Stand. Bridg. Accord. to SNI 1725 2016*, no. 9, p. 8, 2017, [Online]. Available: <https://repository.unikom.ac.id/54571/1/vii-10-y.djoko-setiyarto-standar-pembebanan-pada-jembatan.pdf>.
- [12] C. R. Duffey and A. Thomas. 2024. *Evaluation of a bridge using simplifies finite element modelling*. 2024.
- [13] L. Ding, H. Hao, Y. Xia, and A. Deeks. 2012. *Evaluation of bridge load carrying capacity using updated finite element model and nonlinear analysis*. *Adv. Struct. Eng.*, vol. 15, no. 10, pp. 1739–1750, 2012, doi: 10.1260/1369-4332.15.10.1739.
- [14] M. Karalar and G. Çufalı. 2023. *Structural Assessment of Historical Stone Bridges with the Finite Element Method under Dynamic Effects of Arch Shape: The Antik Iscehisar Bridge*. *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 19, 2023, doi: 10.3390/app131910740.
- [15] A. Ahmad *et al.* 2023. *Non-linear finite element modeling of damages in bridge piers subjected to lateral monotonic loading*. *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–20, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-39577-6.
- [16] H. M. Charron. 2014. *Historic Bridge Evaluation Using Finite Element Techniques*. No. February, 2014.
- [17] A. Nusantoro, E. Widyananto, M. Taufik, and R. Heriyanto. 2022. *Redesain Struktur Atas Jembatan Hargorojo Menggunakan Software Midas Civil*. *J. Surya Bet.*, vol. 6, no. 2, pp. 41–52, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton>.
- [18] B. A. S. Wahyudi Agung. 2014. *Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 Dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh)*. *e-Journal Matriks Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 155–163, 2014, [Online]. Available: <file:///C:/Users/User/Downloads/37449-92481-1-PB.pdf>
- [19] M. Jagandatta, G. Yaswanth Kumar, and S. Suresh Kumar. 2022. *Analysis and Design of Composite Single Span Psc-I Girder Bridge Using Midas Civil*. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 982, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/982/1/012078.
- [20] J. Pan, X. Wang, K. Huang, and W. Wang. 2023. *Symmetrically Construction Monitoring Analysis and Completed State Evaluation of a Tied Steel Box Arch Bridge Based on Finite Element Method*. *Symmetry (Basel)*, vol. 15, no. 4, 2023, doi: 10.3390/sym15040932.
- [21] Google, *Google Maps*. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps>.
- [22] <https://kalsel.prokal.co>. 2021. *Jembatan Rumpiang*. [Online]. Available: <https://kalsel.prokal.co>.
- [23] Badan Standardisasi Nasional Indonesia (a). 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833*. pp. 1–70, 2016.
- [24] Kementerian PUPR RI, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia untuk Jembatan*. [Online]. Available: <https://lini.binamarga.pu.go.id/>
- [25] Wahzudi and A. Widjaja. 2008. *Studi pengaruh tebal pelat terhadap lendutan pelat menerus ditinjau dari fungsi bangunan*. pp.

- 1–10, 2008.
- [26] W. Dewobroto. 2014. *Pemanfaatan Software Structural Analysis Program (SAP) sebagai Media Pembelajaran dalam Mata Kuliah Analisis Struktur. Lokakarya Mata Kuliah Anal. Strukt. Rethinking Asp. Theory Tradit. Struct. Anal.*, no. October 2014, pp. 1–16, 2014, doi: 10.13140/RG.2.1.5107.5289.
- [27] Badan Standarisasi Nasional (b). 2016. *Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725:2016*. 2016.
- [28] Badan Standardisasi Nasional. 2020. *SNI 1729 Tahun 2020 Tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Stand. Nas., no. 8, p. 311, 2020.