

ANALISIS KAPASITAS JEMBATAN RANGKA BAJA AUSTRIA TIPE A60 DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE MIDAS CIVIL (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh)

Agung Wahyudi¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Edy Purwanto³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

^{2),3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami no. 36A Surakarta 57126 Telp. (0271)647069, email : agungcode@yahoo.com

Abstrack

Pintu Air Sepuluh Bridge is one of the austrian steel truss bridge type. Conditions are increasingly crowded traffic growth, traffic jam on the bridge, and the excessive load passing through the bridge is feared to affect the condition of bridge.

This research modeling bridge with MIDAS civil software. Ideal modeling carried out in accordance with the standard conditions of bridge. While the actual modeling adapted to existing conditions available based on the data the tests were performed. Ideal modeling was conducted to determine the percentage of the value of the average damage to the structure of bridge. In modeling the actual loading is given in accordance with standard loading SNI T-02-2005 to obtain the maximum deflection value and rods force (stress), that occurs as compared to the maximum deflection license and rods elements quality.

The results showed that the bridge has suffered structural damage relative (D_{relatif}) by 18%. Value of the maximum deflection due to load combinations SNI T-02-2005 of 38.29 mm and 68.92 mm serviceability conditions on the ultimate conditions are still below the maximum value permits $L/800$ deflection by 75 mm while for rods force (stress), to the largest diagonal at 162 MPa still below the allowable of steel stress 299.42 MPa. From these results it can be concluded that the condition of the existing truss structure pintu air sepuluh bridge is still meets to accept loading the standard SNI T-02-2005.

Keywords: *Austrian steel truss bridge, MIDAS civil, deflection, rods force (stress), the capacity of bridge*

Abstrak

Jembatan Pintu Air Sepuluh merupakan salah satu jembatan rangka baja tipe Austria. Kondisi perkembangan lalu lintas yang semakin padat, kemacetan di atas jembatan, serta beban berlebih yang melewati jembatan dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kondisi jembatan.

Penelitian ini memodelkan jembatan dengan menggunakan software MIDAS civil. Pemodelan ideal dilakukan sesuai dengan kondisi standar jembatan. Sedangkan pemodelan aktual disesuaikan dengan kondisi eksisting yang ada berdasarkan data pengujian-pengujian yang dilakukan. Pemodelan ideal dilakukan untuk mengetahui nilai prosentase kerusakan struktur rata-rata dari jembatan. Pada pemodelan aktual diberikan pembebanan sesuai dengan standar pembebanan SNI T-02-2005 sehingga diperoleh nilai lendutan maksimum dan gaya batang (tegangan) maksimum yang terjadi dibandingkan dengan lendutan ijin dan mutu elemen batang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jembatan telah mengalami kerusakan struktur relatif (D_{relatif}) sebesar 18 %. Nilai defleksi maksimum akibat kombinasi beban SNI T-02-2005 sebesar 38,29mm pada kondisi layan dan 68,92 mm pada kondisi ultimate masih dibawah nilai lendutan ijin maksimum $L/800$ sebesar 75 mm sedangkan untuk nilai gaya batang (tegangan) terbesar pada batang diagonal sebesar 162 MPa masih di bawah nilai tegangan ijin baja sebesar 299,42Mpa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting struktur rangka jembatan Pintu Air Sepuluh masih memenuhi untuk menerima pembebanan dengan standar SNI T-02-2005.

Kata kunci: jembatan rangka baja Austria, MIDAS CIVIL, lendutan, gaya batang, kapasitas jembatan

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lainnya yang terpisahkan oleh sungai. Pada perkembangannya jembatan juga sebagai solusi untuk memperlancar lalu lintas seperti : *Fly over, Underpass, Overpass* dll.

Jembatan Pintu Air Sepuluh yang terletak dikota Tangerang merupakan jembatan rangka baja Austria tipe A60 yang dibangun tahun 1996. Terdapat persimpangan yang berada di ujung jembatan sering mengakibatkan adanya penumpukan kendaraan di atas jembatan, ketidakdisiplinan pengguna jalan yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas di atas jembatan. Oleh karena hal tersebut maka di perlukan untuk dilakukan analisis mengenai kekuatan atau kapasitas struktur jembatan yang ada untuk menghadapi kondisi tersebut

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lendutan dan gaya yang terjadi pada struktur atas jembatan dengan menggunakan software MIDAS civil pada pembebanan sesuai dengan SNI T-02-2005 sehingga diketahui kapasitas dari jembatan tersebut.

LANDASAN TEORI

Jembatan merupakan prasarana penting dalam sistem jaringan jalan. Seiring dengan bertambahnya umur jembatan serta perkembangan lalu lintas yang melintasi jembatan tersebut sering mengakibatkan penurunan

kondisi dari suatu jembatan. Pemeriksaan rutin maupun berkala diperlukan untuk selalu menjamin bahwa jembatan tersebut dalam kondisi yang layak dan aman untuk di gunakan atau dilintasi. Pemeriksaan kondisi jembatan yang dilakukan dengan metode BMS (*Bridge Management System*) akan memberikan penilaian pada jembatan dengan rentang nilai antara 1-5. Serangkaian pengujian bahan maupun struktur suatu jembatan dimungkinkan untuk lebih memastikan kondisi jembatan tersebut.

Studi mengenai peningkatan kapasitas jembatan sudah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh Andi indianto dan Anis Rosyidah tahun 2010 yaitu dengan menambahkan kabel prategang pada jembatan rangka baja *deck type* untuk meningkatkan kapasitas layan jembatan. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa prestresing pada rangka dapat mereduksi lendutan yang diakibatkan oleh perilaku awal struktur, kemampuan struktur yang dilakukan *pre-stressing* meningkatkan daya layan 1,77 kali, serta dapat menghemat dimensi batang bawah dan diagonal.

Perencanaan pembebanan untuk jembatan di Indonesia berdasarkan peraturan SNI T-02-2005. Didalam SNI T-02-2005 terdapat pembagian aksi maupun gaya yang terjadi pada jembatan (beban, perpindahan, dll) meliputi aksi tetap, lalu lintas, aksi lingkungan dll. Berdasarkan lamanya aksi tersebut bekerja dibagi menjadi aksi tetap dan aksi transien.

Jembatan yang menerima beban akan mengalami Lendutan. Lawan lendut (*camber*) diberikan untuk mengantisipasi aksi yang terjadi. Berdasarkan standar AASHTO LRFD, batas lendutan maksimum yang diijinkan adalah $L/800$, dimana L adalah panjang bentang.

Lalulintas yang melewati jembatan dengan kecepatan tertentu menghasilkan frekuensi alami dari struktur. Nilai frekuensi alami dapat digunakan untuk memperkirakan kerusakan yang terjadi pada struktur jembatan. Dalam pedoman pemeriksaan bangunan atas dengan uji getar dari kementerian pekerjaan umum diberikan rumusan sebagai berikut :

$$D_{relatif} = \frac{(f_{teoritis} - f_{aktual})}{f_{teoritis}} \times 100\% \dots\dots\dots [1]$$

dengan:

$D_{relatif}$ = nilai kerusakan struktur relatif

$f_{teoritis}$ = frekuensi alami teoritis

f_{aktual} = frekuensi alami aktual

METODE PENELITIAN

Penelitian ini didahului dengan studi literature dari jurnal maupun buku yang terkait. Kemudian dilakukan pengumpulan data-data jembatan yang diperlukan meliputi : Gambar standar jembatan rangka baja Austria A60, *as built drawing*, data standar mutu baja jembatan rangka Austria A60, data frekuensi jembatan, data mutu baja rangka jembatan, data mutu beton lantai jembatan, data lendutan jembatan. Data data tersebut diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan oleh puslibang jalan dan jembatan.

Data umum mengenai jembatan diperoleh sebagai berikut :

1. Nama jembatan : Jembatan Pintu Air Sepuluh
2. Tahun pembangunan : 1996
3. Lokasi : Ruas Jalan Kota tangerang
4. Tipe Jembatan : Rangka Baja Austria Tipe A60
5. Pelat lantai : Plat Beton Bertulang
6. Kepala jembatan : Beton bertulang
7. Jumlah bentang : 4 bentang
8. Panjang bentang : 60 m
9. Lebar trotoar : 0.98 m
10. Jumlah jalur /lajur : 1 Jalur / 2 Lajur

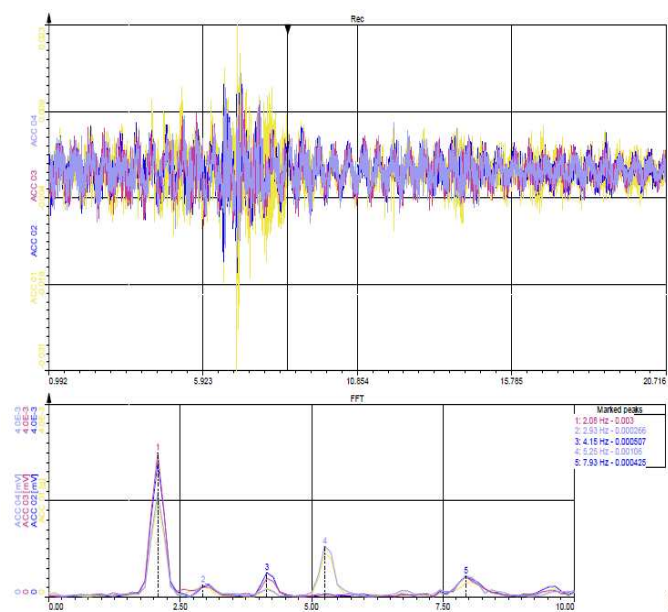
Tabel 1. Mutu standar jembatan

Elemen	Mutu
Rangka (selain Ikatan angin)	EN S460
Ikatan angin	EN S235
Beton lantai	Fc 30

Tabel 2. Data kuat tarik leleh baja

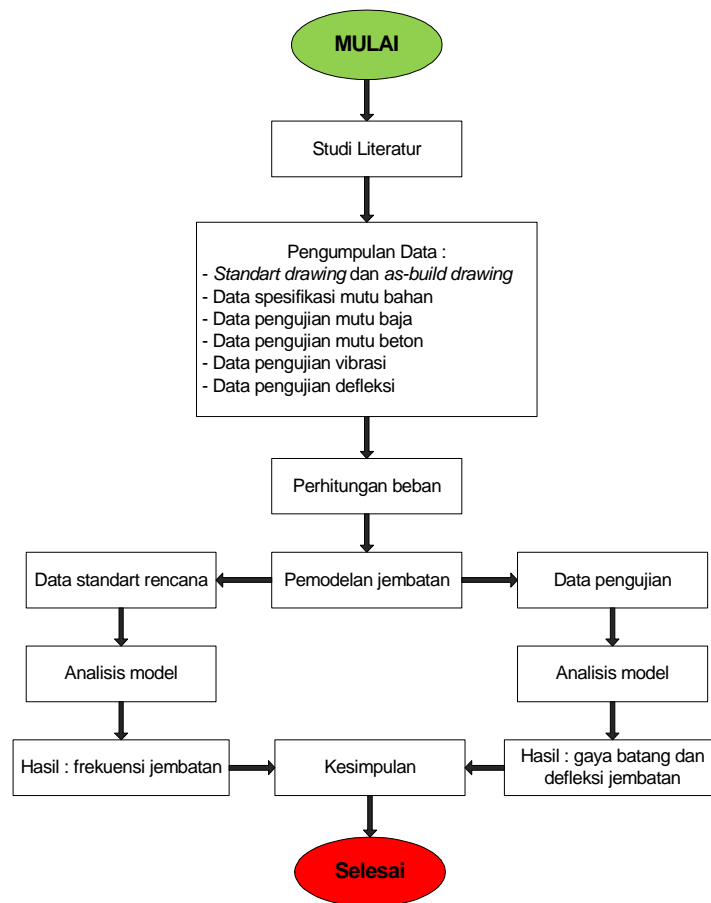
Elemen	Kuat tarik leleh (MPa)
Batang Diagonal	427.74
Batang tepi Bawah	428.94
Batang tepi Atas	437.60
Ikatan Angin	314.93
Gelagar melintang	391.05
Gelagar memanjang	356.00

Data kuat tarik leleh baja diperoleh dari hasil pengujian kekerasan baja (*Hardness test*) dengan mengambil beberapa sampel titik pengujian pada tiap batang yang dianggap mewakili untuk setiap elemen batang. Mutu beton pada lantai jembatan diperoleh dari pengujian sampel beton inti (hasil *coredrill*). Dari sampel yang diteliti diuji tersebut diperoleh nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 32,48 MPa.



Gambar 1. Data frekuensi jembatan

Perhitungan pembebanan dilakukan untuk mengetahui beban-beban yang bekerja pada jembatan dan untuk memudahkan dalam pemodelan jembatan. Pemodelan jembatan dilakukan. Pada pemodelan ideal diberikan beban mati sehingga dihasilkan frekuensi teoritis dari jembatan. Sedangkan pada pemodelan aktual diberikan beban sesuai standar pembebanan SNI T-02-2005 untuk mengetahui lendutan dan gaya batang yang terjadi pada jembatan.

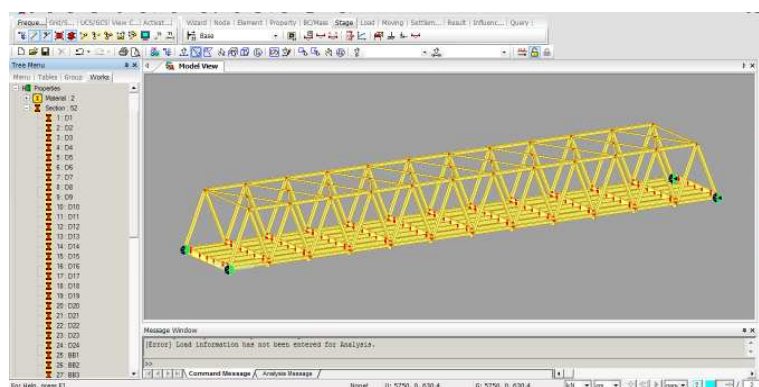


Gambar 2. Bagan alir penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

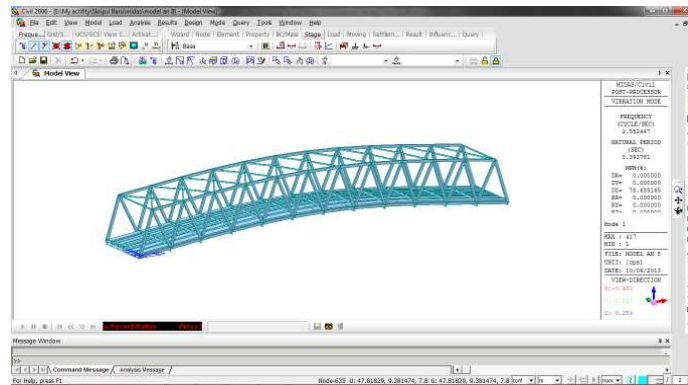
Pemodelan ideal

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software MIDAS civil. Pada pemodelan ini digunakan data geometri sesuai dengan gambar standar yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, sedangkan untuk data materialnya digunakan data material standar jembatan rangka baja Austria A60. Perletakan sendi dan rol diberikan pada masing masing tumpuan yang ada pada model pemodelan ideal digunakan untuk mencari nilai frekuensi teoritis dari jembatan.



Gambar 3. Pemodelan jembatan

Beban berat sendiri di berikan dan secara otomatis akan terhitung oleh software. Beban mati tambahan diberikan berupa beban buhul dan beban aspal sebesar $0,88 \text{ kN/m}^2$. Dari pemodelan ini diperoleh frekuensi alami struktur jembatan sebesar $2,552 \text{ Hz}$.



Gambar 4. Frekuensi Pemodelan ideal

Pemodelan aktual

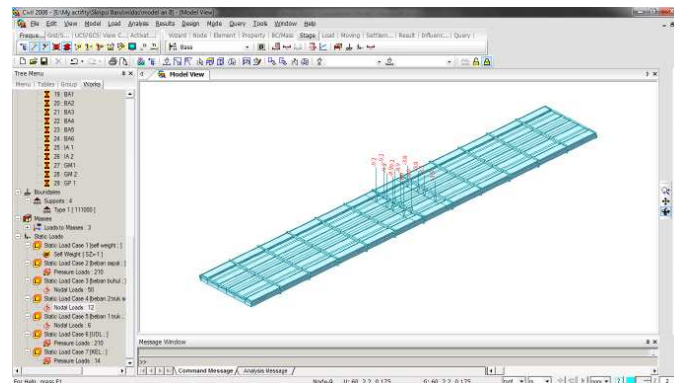
Pada pemodelan ini digunakan data dan mutu bahan dari hasil pengujian. Data geometri digunakan data yang di peroleh dari hasil pengukuran di lokasi jembatan sedangkan untuk data mutu bahan digunakan data kuat tarik leleh baja dan kuat tekan beton yang diperoleh dari hasil pengujian mutu material jembatan.

Dari pemodelan ini diharapkan memiliki kondisi seperti dengan kondisi eksisting jembatan dengan menggunakan parameter frekuensi alami struktur jembatan aktual di lokasi sebesar 2,08 Hz dan nilai maksimum lendutan akibat beban truk uji pada pengujian beban yaitu sebesar 22,1 mm pada beban 2 truk uji.

Pembebanan yang dilakukan meliputi pembebanan dengan beban truk pengujian dan pembebanan SNI T-02-2005. Berat truk uji dan penempatan beban truk uji disesuaikan dengan kondisi pada saat pengujian beban.

Tabel 3. Beban truk uji

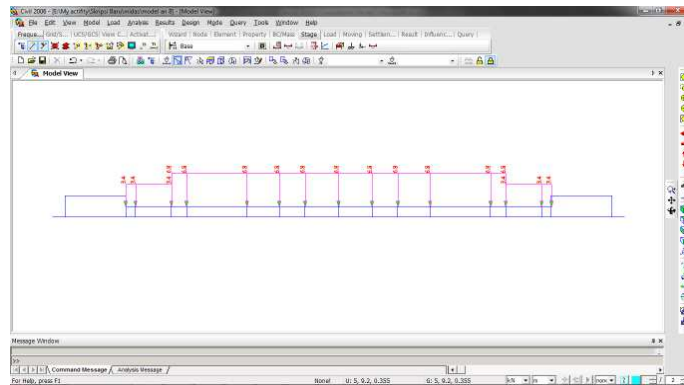
	Gandar 1		Truk 1 (ton) Gandar 2		Gandar 3		Gandar 1		Truk 2 (ton) Gandar 2		Gandar 3	
	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri
beban roda	3.52	3.52	8.91	8.91	8.91	8.91	3.76	3.76	9.16	9.16	9.16	9.16
total	7.03		17.825		17.825		7.52		18.32		18.32	
			42.68						44.16			



Gambar 4. Penempatan beban truk uji pada model

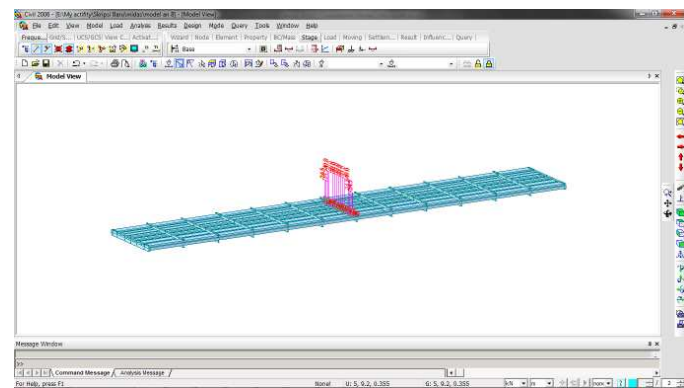
Beban lalulintas yang digunakan yaitu berupa beban terbagi rata (T_{TD1}), beban garis (T_{TD2}), beban truk (T_{TT}), dan gaya rem (T_{TB}). Besarnya nilai beban terbagi rata dihitung berdasarkan rumus yaitu :

$$\begin{aligned}
 (T_{TD1}) &: 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \\
 &: 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \\
 &: 6,75 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



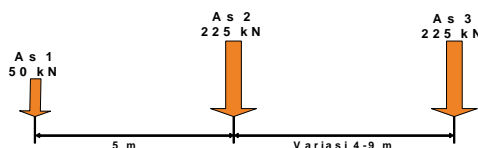
Gambar 4. Penempatan beban terbagi rata pada model

Beban garis ($T_{TD 2}$) diberikan pada tengah benang jembatan sebesar 49 kN/m dengan faktor pembesaran dinamis 1,375.

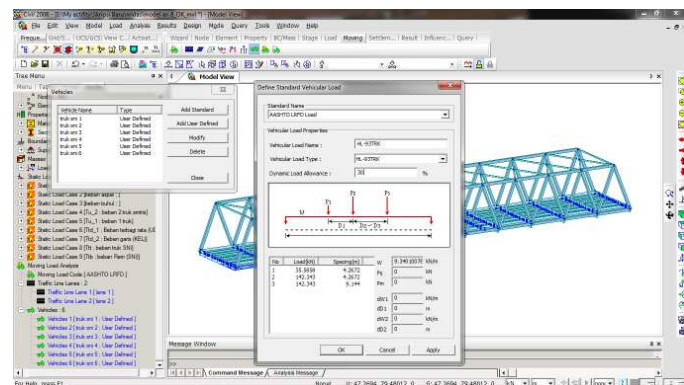


Gambar 4. Penempatan beban garis pada model

Beban truk SNI pada model diberikan sebagai beban lalulintas (*moving load*) pada 2 lajur kendaraan yang ada pada jembatan. Beban truk terdiri dari 2 sumbu as roda dengan memberikan variasi jarak pada as bagian belakang. Faktor beban dinamis (*dynamic load allowance*) sebesar 30% dimasukkan kedalam model. Pada gaya Rem (T_{TB}) dipakai sebesar 5 % dari beban D ($T_{TD 1}$ dan $T_{TD 2}$) kearah horizontal pada tiap lajur jembatan yaitu sebesar 2.45 kN/m.



Gambar 4. Skema beban truk



Gambar 4. Beban Truk (SNI T-01-2005)

Tabel 4. Kombinasi beban

No	Kombinasi	Beban					
		B _M	T _u	T _{TD1}	T _{TD2}	T _{TT}	T _{TB}
1	Uji Pembebanan Truk	-	1	-	-	-	-
2	Beban Layan 1	1	-	1	1	-	1
3	Beban Layan 2	1	-	-	-	1	1
4	Beban Ultimate 1	1	-	1,8	1,8		1,8
5	Beban Ultimate 2	1	-	-	-	1,8	1,8

Pada kombinasi pembebanan truk uji diperoleh nilai frekuensi sebesar 2,089 Hz dan lendutan maksimum sebesar 22,1 mm. nilai ini mendekati dengan hasil pengujian vibrasi dan pengujian uji beban. Sedangkan pada kombinasi beban SNI pada kondisi layan dan ultimate diperoleh nilai lendutan maksimum dan tegangan pada batang rangka jembatan.

Pembahasan

Nilai frekuensi pada model ideal adalah 2,552 Hz Sedangkan nilai frekuensi dari pengujian frekuensi aktual dilapangan yaitu 2,08 Hz. Sehingga dapat di hitung besarnya nilai kerusakan *struktural relatif* ($D_{relatif}$) adalah sebagai berikut :

$$D_{relatif} = \left(\frac{f_{teoritis} - f_{aktual}}{f_{teoritis}} \right) \times 100\%$$

$$D_{relatif} = \left(\frac{2,552 - 2,08}{2,552} \right) \times 100\%$$

$$= 18\%$$

pada pemodelan aktual nilai lendutan yang terjadi akibat kombinasi beban layan dan ultimate di dibandingkan dengan nilai lendutan ijin $L/800$ (dengan L merupakan panjang bentang jembatan) yaitu sebesar 75 mm. nilai lendutan yang terjadi juga harus dilihat dengan nilai *camber* yang dimiliki oleh jembatan. Nilai camber maksimum terukur pada jembatan sebesar 145 mm.

Tabel 5. Nilai lendutan kombinasi beban SNI

Pembebanan	Lendutan maksimum model (mm)	Lendutan ijin (mm)	camber maksimum terukur (mm)
Kombinasi Beban Layan 1	38.27	75	145
Kombinasi Beban Layan 2	37.84	75	145
Kombinasi beban Ultimate 1	68.89	75	145
Kombinasi beban Ultimate 2	68.11	75	145

Tegangan yang terjadi akibat kombinasi beban layan dan beban ultimate dibandingkan dengan tegangan ijin baja yang diperoleh dari hasil uji kekerasan baja sehingga dapat diketahui nilai angka keamanan masing masing batang. Dari hasil tersebut diketahui bahwa beban akibat beban lajur "D" menghasilkan gaya yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang diakibatkan oleh beban Truk "T".

Tabel 6. Nilai tegangan batang beban SNI

Pembebanan	Tegangan (Mpa)			
	Batang Tepi Bawah	Batang Diagonal	Batang Tepi Atas	
Kombinasi Beban Layan 1	39.40	125.00 -103.00	-111.00	
Kombinasi Beban Layan 2	24.60	78.40 -110.00	-112.00	
Kombinasi beban Ultimate 1	51.10	162.00 -133.00	-144.00	
Kombinasi beban Ultimate 2	24.50	78.30 -146.00	-143.00	
Tegangan ijin baja	300.25	299.42	306.32	
Angka keamanan	Beban Layan	7.62	2.40	2.73
	Beban Ultimate	5.88	1.85	2.11

Dari hasil pengujian diketahui bahwa angka keamanan terkecil terdapat pada batang diagonal yaitu batang D2 dan D23 dengan angka keamanan (safety factor) 2,40 untuk kondisi beban layan dan 1,85 untuk kondisi beban ultimate

SIMPULAN

1. Berdasarkan nilai kerusakan *struktural relatif* ($D_{relatif}$), dapat diketahui penurunan kapasitas struktur yang terjadi pada jembatan yaitu sebesar 18%.
2. Nilai defleksi maksimum yang diakibatkan oleh pembebanan SNI T-02-2005 pada kondisi model jembatan aktual adalah sebesar 38,29 mm pada kondisi beban layan dan 68,92 mm pada kondisi beban ultimate masih dibawah nilai lendutan maksimum ijin ($L/800$) yaitu sebesar 75 mm.
3. Nilai tegangan maksimum yang terjadi yang diakibatkan oleh pembebanan SNI T-02-2005 pada kondisi beban layan maupun beban ultimate masih berada dibawah dari tegangan ijin masing masing elemen batang.
4. Struktur eksisting jembatan masih memenuhi untuk menerima pembebanan dengan standar SNI T-02-2005.

SARAN

1. Pada skripsi ini pembebanan yang digunakan menggunakan standar SNI T-02-2005 untuk pembebanan jembatan sebaiknya juga dicoba untuk menggunakan standar pembebanan jembatan yang lain BM100, BMS, ASHTHO, dll.
2. Perlu dilakukan analisa untuk beban berlebih maupun pembebanan dengan melihat kondisi arus lalu lintas yang melewati jembatan.
3. Pemodelan pada skripsi ini menggunakan software midas civil sehingga dirasa perlu untuk dilakukan juga menggunakan software analisis yang lain (SAP2000, NBRIDGE, dll) yang dapat digunakan sebagai pembandingan analisis.

REFERENSI

- Ardian, Dicky, 2010, *Jurnal : Studi Kelakuan Dinamis Struktur Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) akibat Beban Manusia Yang Bergerak : JPO Baja Depan McDonald Basuki Rahmat dan JPO Beton Depan City Bank Basuki Rahmat*, Teknik Sipil FTSP - ITS, Surabaya
- Asmara, erwin. 2012, *Metode Penilaian Bangunan Atas Jembatan Rangka Baja Dengan Pendekatan Fracture Critikal Member*, Tesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2005, *SNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2005, *SNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk jembatan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2009, *Pedoman Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, *Pt T-05-2002-B Pedoman Penilaian Kondisi Jembatan Untuk Bangunan Atas dengan Cara Uji Getar*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Dirjen Bina Marga, 1993a, *Bridge Management System Panduan Pemeriksaan Jembatan*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Indianto, Andi, 2010, *Jurnal : Prototype Rangka baja pratekan untuk Jembatan Rangka baja lantai diatas*, Jakarta
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, *Jurnal :Uji Pembebanan Jembatan Sebagai Standar Awal Pengoperasian Jembatan Untuk Lalu-Lintas Umum (Kasus : Jembatan Timpah)* Kementrian Pekerjaan Umum, 2010
- _____, 1993b, *Bridge Management System Panduan Prosedur Umum Jembatan*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- _____, 1993c, *Bridge Management System Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi Jembatan*, Direktorat Jenderal Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta
- _____, 2005, *Pedoman No. 05/BM/2005 Gambar Standar Pekerjaan Jalan dan Jembatan Type Austria* Direktorat Jenderal Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.