

PENGARUH VARIASI CAMBER TERHADAP PERILAKU JEMBATAN RANGKA BAJA

Arie Prayogi, Achfas Zacoeb, Ari Wibowo
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
e-mail: arie.civil61@gmail.com

ABSTRAK

Camber merupakan ruang terbuka yang terdapat pada bawah jembatan yang memanfaatkan lengkungan lantai kendaraan jembatan. Camber biasa disebut dengan anti lendutan karena camber dibuat untuk melawan lendutan yang mungkin terjadi akibat beban yang bekerja. Jika terjadi lendutan maka tidak akan melebihi garis netral jembatan sehingga masih memungkinkan ruang kosong untuk kegiatan di bawah jembatan. Pada penelitian ini menggunakan analisis software analisa struktur dengan menggunakan 12 model jembatan yang terdiri dari empat variasi tipe rangka dan tiga variasi ketinggian camber. Empat variasi tipe rangka itu adalah Pratt Truss, Howe Truss, Warren Truss dan K-Truss dan tiga variasi camber itu adalah 0, 0,07 dan 0,14 meter atau 0%, 1,17% dan 2,33%. Analisa pembebanan menggunakan beban terpusat dengan penambahan beban setiap 200 kg sampai masing-masing model jembatan mengalami lendutan 1/800l atau 7,5 mm. Tujuannya untuk mengetahui tipe rangka manakah yang paling efektif ditinjau dari beban maksimum yang mampu ditahan, lendutan yang terjadi pada beban tertentu dan nilai gaya batangnya terhadap berat sendiri jembatannya. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua model jembatan cenderung mengalami penurunan efektifitas akibat perlakuan pemberian camber. Beban maksimum yang mampu ditahan terbesar yaitu pada model K-Truss camber 0% dengan beban 3010,79 kg sedangkan model yang terlemah yaitu Howe Truss camber 2,33% dengan beban 2163,12 kg. Lendutan struktur terkecil pada saat beban 2000 kg terjadi pada model K-Truss camber 0% sebesar 5,07 mm dan lendutan terbesar terjadi pada model Howe Truss camber 2,33% sebesar 6,96 mm. Jadi camber dipakai bukan untuk mengurangi lendutan melainkan untuk memberi ruang kosong di bawah jembatan.

Kata kunci: beban maksimum, efektifitas, lendutan, tipe jembatan rangka, variasi camber

ABSTRACT

Camber is an opening space that is found on the bottom of bridge to take advantage the arch bridge of vehicle floor. Camber usually called resistant deflection because the camber is made to resist deflection that may happened by the load. If it happens then the deflection will not exceed the neutral line of the bridge that still allows more space for activities under the bridge. In this study using structural analysis software with 12 bridges model consisting of four variations of order types and three variations of camber height. Four variations of the type of truss it is a Pratt truss, Howe truss, Warren Truss and the K-Truss and three variations of camber is 0, 0.07 and 0.14 meters, or 0%, 1.17% and 2.33%. Loading analysis using centralized load with the addition of any load up to 200 kg each bridge model having deflection 1 / 800L or 7.5 mm. The purpose is to determine the type of truss is most effective in terms of the maximum load that is able to hold by the bridges, deflection that occurs at a certain load and value of axial load are compared with the weight of the own bridge. The results of the analysis showed that all models of bridges tend to decrease the effectiveness of treatment as a result of giving camber. The most of maximum load can be hold on the model of K-Truss camber 0% with 3010.79 kg load, while the weakest model is Howe Truss camber of 2.33% with 2163.12 kg load. The smallest deflection of structure during 2000 kg load occurs in the model of K-Truss camber 0% for 5.07 mm and the largest deflection occurs in models Howe Truss camber of 2.33% at 6.96 mm. So camber made not to reduce the deflection but to give the opening span under the bridge.

Keywords: maximum load, effectiveness, deflection, type of truss bridge, variations of camber

Pendahuluan

Jembatan merupakan infrastruktur bagian dari jalan yang keberadaannya

sangat diperlukan untuk menghubungkan ruas jalan yang terputus oleh suatu rintangan seperti

sungai, lembah, gorong-gorong, saluran-saluran (air, pipa, kabel, dll), jalan atau lalu lintas lainnya. Selain sebagai sarana transportasi, jembatan mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia. Berdasarkan UU 38 Tahun 2004 bahwa jalan dan juga termasuk jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan daerah.

Transportasi darat bukan merupakan satu-satunya transportasi yang ada di Indonesia, namun ada transportasi lain yang terintegrasi dengan transportasi darat misalnya transportasi air pada sungai-sungai besar menggunakan perahu atau kapal yang memiliki jalur navigasi melalui kolong jembatan sehingga menuntut adanya *opening span* yang cukup besar, telah juga mendorong akan pemahaman teknologi perencanaan bangunan alternatif dan pemahaman akan tingkat resiko tabrakan kapal/perahu dengan struktur jembatan yang melintas dibawahnya. Lantai kendaraan jembatan rangka dapat dibuat lurus dan/atau melengkung yang disebut *camber* (anti lendutan).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh masing-masing jembatan model pada saat struktur mencapai lendutan ijin, nilai gaya batang maksimum dan nilai lendutan struktur pada masing-masing jembatan model akibat beban yang bekerja, dan mengetahui efektifitas *camber* yang ditinjau dari perbandingan kekuatan struktur dengan berat sendiri masing-masing jembatan model, serta menentukan tipe jembatan rangka manakah dan dengan ketinggian *camber* berapakah yang paling efektif.

Dasar Teori

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen linear yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuk apabila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih batangnya (Schodek, 1991). Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai struktur pemikul beban adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga yang menghasilkan bentuk stabil. Pada bentuk segiempat atau bujursangkar, bila struktur tersebut diberi beban, maka akan terjadi deformasi masif dan menjadikan struktur tak stabil. Bila struktur ini diberi beban, maka akan membentuk suatu mekanisme runtuh (*collapse*).

Pemilihan konfigurasi rangka batang merupakan utama sebelum mendesain rangka jembatan. Tidak mudah menentukan konfigurasi rangka yang cocok digunakan untuk struktur bangunan rangka jembatan. Enam jenis tipe rangka di atas merupakan jenis rangka yang pernah digunakan manusia sebagai jembatan. Setiap tipe rangka berikut memiliki fungsi dan kegunaan sesuai panjang bentangnya. Menurut Supriyadi & Muntohar (2007) rangka batang *pratt*, *howe* dan *warren* secara umum digunakan pada bentang diatas 180 ft (55 meter) sampai 200 ft (61 meter).

Volume total suatu struktur rangka sangat dipengaruhi oleh tinggi struktur rangka itu sendiri. Semakin tinggi suatu stuktur rangka batang, maka semakin besar volume struktur rangka tersebut, begitu juga sebaliknya (Schodek, 1998). Sehingga, penentuan tinggi optimum rangka batang umumnya dilakukan dengan proses optimasi seperti pada **Tabel 2.2**. Berikut ini pedoman sederhana untuk menentukan tinggi rangka batang berdasarkan pengalaman. Pedoman

sederhana di bawah ini hanya untuk pedoman awal, bukan digunakan sebagai keputusan akhir dalam desain.

Tabel 2.2. Pedoman Awal dalam Menentukan Tinggi Rangka Batang.

Jenis Rangka Batang	Tinggi
Rangka batang dengan beban relatif ringan dan berjarak dekat, misalnya: rangka batang atap.	$\frac{1}{20}$ dari bentangan.
Rangka batang kolektor sekunder yang memikul beban sedang.	$\frac{1}{10}$ dari bentangan.
Rangka batang kolektor primer yang memikul beban yang sangat besar.	$\frac{1}{4}$ atau $\frac{1}{5}$ dari bentangan.

(Sumber: Schodek, 1998)

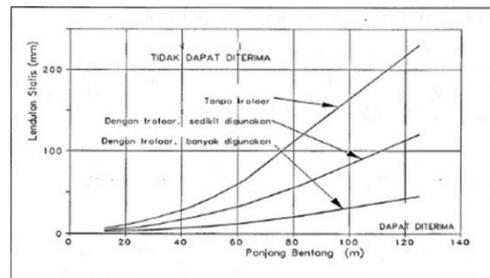
Deformasi merupakan perubahan bangun dari sebuah sistem struktur akibat pengaruh beban luar. Batang-batang pada struktur rangka yang telah dibebani terjadi gaya aksial tarik dan tekan, dan tegangan internalnya terdistribusi merata pada penampang melintangnya. Beban yang bekerja, luas penampang batang, panjang batang dan jenis material akan mempengaruhi perpanjangan atau perpendekan batang yang terjadi. Deformasi yang terjadi pada batang yang dibebani aksial dapat dihitung dengan menggunakan fakta bahwa untuk sembarang material elastis, perbandingan tegangan (f) yang ada dengan regangan (ϵ) adalah konstanta yaitu tegangan/regangan = modulus elastisitas (E), seperti **Pers. 1**.

$$\epsilon = \frac{f}{E} \quad (1)$$

Perpanjangan batang pada batang tarik dapat diperoleh dengan menentukan regangan yang diasosiasikan dengan tegangan yang terjadi, kemudian dengan menggunakan perbandingan ini dapat dicari besarnya deformasi total yang terjadi.

$$\Delta L = \frac{PL}{AE} \quad (2)$$

Defleksi merupakan perpindahan permukaan titik netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Defleksi yang terjadi pada jembatan berupa getaran yang terjadi akibat kendaraan yang melintas di atas jembatan merupakan keadaan batas daya tahan apabila tingkat getaran telah menimbulkan bahaya dan ketidaknyamanan pengguna jembatan. Getaran yang terjadi pada jembatan harus diselidiki untuk keadaan batas daya tahan terhadap getaran. Satu lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan “beban lajur D” dengan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang agar diperoleh lendutan statis maksimum pada trotoar. Lendutan ini tidak boleh melampaui lendutan statis maksimum sesuai dengan RSNI-T-02-2005 seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Lendutan statis maksimum untuk jembatan.

(Sumber: RSNI-T-02, 2005)

Ruang kosong atau *camber* yang dibuat dibawah rangka jembatan bertujuan untuk mencegah terjadinya lendutan akibat berat sendiri balok komposit dan pelat lantai kendaraan dan aspal serta beban hidup rencana. Adapun peraturan yang menjelaskan tentang optimasi ketinggian *camber* terhadap bentang jembatan, untuk menjaga keamanan dan kenyamanan dari pengguna jembatan. Peraturan ini dikutip dari “*Departement Of Transportation Structure Design And Construction Division*” di New York Amerika Serikat seperti **Tabel 1**.

Tabel 1. Optimasi Ketinggian *Camber* Terhadap Panjang Bentang.

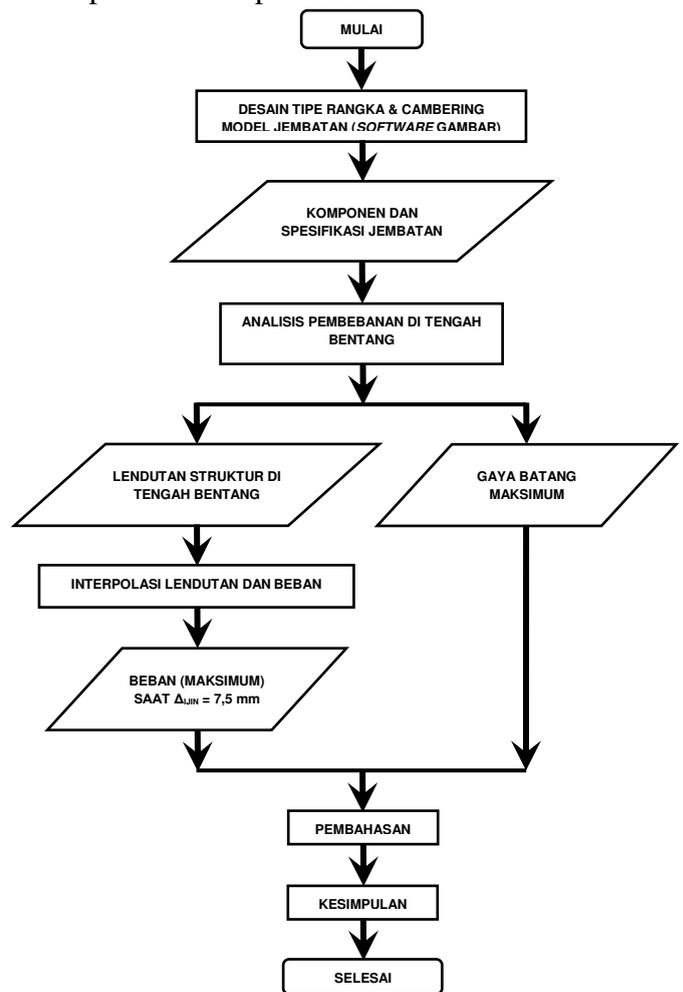
L maksimum (m)	h maksimum (cm)
	<i>Camber</i>
15	20
20	30
25	40
30	50
35	60
40	70
45	80
50	100
55	120
60	140
65	180

(Sumber: <https://www.dot.ny.gov>, diakses: 4 Februari 2014)

Metode Penelitian

Pengujian model jembatan (*Pratt Truss*, *Howe Truss*, *Warren Truss* dan *K-Truss*) dengan menggunakan variasi metode *camber* yang dilakukan hanya berupa analisis dengan menggunakan *software* analisis struktur. Model jembatan menggunakan dimensi yang sama yaitu panjang bentang 6 meter, tinggi bentangnya $1/10 l$ atau 0,6 meter dan lebar jembatan 0,9 meter. Ada tiga variasi *camber* yang akan diterapkan pada masing-masing jenis rangka yaitu nol *camber*, setengah *camber* dan *full camber*. Ketinggian *camber* yang digunakan mengacu pada dasar teori subbab metode *camber* yang dikutip dari “*Departement Of Transportation Structure Design And Construction Division*” di New York Amerika Serikat. Untuk bentang 60 m tertulis tinggi *camber* maksimumnya 140 cm, karena panjang bentang model yang digunakan adalah 6 m atau $1/10$ dari 60 m, maka berdasarkan itu penulis mengambil ketinggian maksimum *camber* pada model sebesar 14 cm yang diskala 1:10. Sehingga didapatkan variasi *camber* ada tiga yaitu nol *camber*, setengah *camber* dan *full camber* atau 0; 0,7 meter dan 0,14 meter.

Adapun langkah-langkah penelitian seperti terlihat pada **Gambar 2**:



Gambar 2. Flowchat penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pada pemodelan jembatan ini menggunakan material baja sesuai dengan spesifikasi yang telah ada di *software* analisis struktur. Model jembatan direncanakan akan menerima beban bertahap setiap 200 kg di setengah bentangnya sampai beban maksimum sampai struktur mengalami deformasi atau lendutan sebesar $1/800l$ atau 7,50 mm. Berikut ini merupakan data struktur dari jembatan model:

Tabel 2. Data struktur jembatan model.

Komponen	Jenis Komponen
Material	Baja
Profil rangka:	
a) Rangka dalam	L 40x40x4
b) Rangka luar	L 40x40x4
Spesifikasi	Keterangan
Mutu Baja	BJ-37
Berat Jenis Baja	7850 kg/m ³
Elastisitas Baja	2,1 x 10 ¹⁰ kg/m ²
Bentang Jembatan	6 meter
Lebar Jembatan	0,9 meter
Tinggi Jembatan	0,6 meter

Analisis pembebanan pada penelitian ini menggunakan *software* analisis struktur dengan *input* beban sebagai berikut:

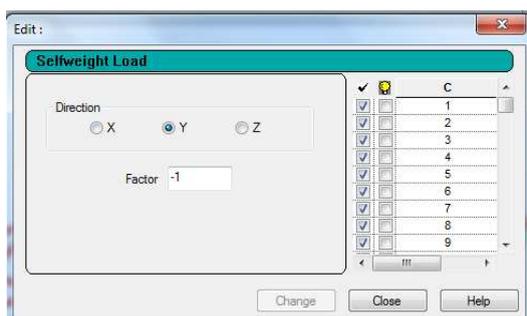
1. Berat sendiri

Dengan analisis menggunakan *software* analisis struktur telah disediakan jenis beban sendiri (*selfweight load*) berdasarkan berat jenis dari profil yang digunakan.

Factor : -1 (faktor pengali satu kali jembatan model)

Direction : Y (arah sumbu global Y, dengan nilai negatif yang menunjukkan arah ke bawah).

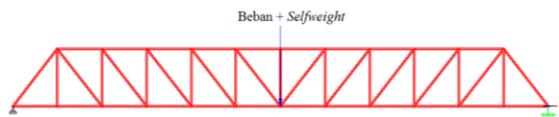
Pada **Gambar 3** di sisi kanan terdapat kolom C yang menunjukkan nomor batang, untuk mendapatkan berat sendiri pada semua elemen-elemen batangnya maka diberi *checklist* pada kotak sebelah kiri dari kolom C.



Gambar 3. Input *selfweight* pada *software* analisis struktur.

2. Beban uji di tengah bentang

Dalam analisis, beban terpusat diletakkan di tengah bentang pada rangka induk sisi kiri dan kanan. Beban yang digunakan dimulai dari 200 kg (100 kg di sisi kiri dan 100 kg di sisi kanan), kemudian penambahan beban diberikan setiap 200 kg untuk di cek nilai lendutan dan gaya batangnya. Analisis akan dihentikan jika jembatan model telah mencapai nilai lendutan lebih dari lendutan ijin 1/800l atau 7,50 mm. Sehingga setiap model jembatan mungkin akan memiliki nilai beban maksimum yang mampu ditahan berbeda-beda.



Gambar 4. Pembebanan di tengah bentang (*Pratt Truss*)

Dengan proses analisis tersebut pada masing-masing model jembatan, maka didapatkan nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh masing-masing model seperti ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Beban maksimum yang mampu ditahan struktur model jembatan saat mencapai lendutan 7,50 mm.

Ketinggian camber (%)	Beban Maksimum (kg)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	2298,89	2222,80	2389,77	3010,79
1,17%	2294,45	2193,62	2381,27	2982,72
2,33%	2286,85	2163,12	2362,75	2951,12

Pada proses analisis nilai lendutan secara bersamaan menganalisis nilai gaya batang maksimum pada masing-masing model, seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi gaya batang maksimum pada semua model.

Ketinggian camber	0%		1,17%		2,33%	
Gaya Batang Maksimum (kg)	Tarik (kg)	Tekan (kg)	Tarik (kg)	Tekan (kg)	Tarik (kg)	Tekan (kg)
Pratt Truss	2380,79	2841,46	2381,05	2841,82	2381,51	2842,37
Howe Truss	2841,57	2380,18	2592,31	2172,50	2593,16	2173,24
Warren Truss	2380,70	2841,46	2381,12	2841,96	2381,67	2842,61
K-Truss	3224,10	3224,28	3016,36	3016,54	3017,13	3017,32

Berdasarkan hasil analisis, nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh model jembatan sampai saat terjadi lendutan 7,50 mm, tipe rangka *K-Truss* dapat menerima beban paling besar sampai lendutan ijin 7,50 mm. Sedangkan kalau ditinjau dari variasi *camber* yang diberikan, semakin tinggi *camber* semakin kecil beban yang bisa ditahan struktur. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi *camber* maka jembatan tersebut akan tersusun oleh elemen-elemen batang yang semakin panjang pula, sehingga kekakuan batangnya semakin kecil dan lebih mudah terjadi tekuk.

Karena perlakuan awal yang diberikan pada penelitian ini lendutan ijin yang dijadikan acuan, maka pada saat beban maksimum diperoleh nilai lendutan yang sama yaitu 7,50 mm. Sehingga untuk membandingkan kekuatan jembatan model dari nilai lendutannya digunakan beban sebagai acuan nilai lendutannya. Sehingga untuk menyamakan perlakuan diambilah beban 2000 kg sebagai acuan kemudian dibandingkan nilai lendutan yang terjadi pada semua model jembatan seperti pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi lendutan struktur pada saat beban 2000 kg.

Ketinggian camber (%)	Lendutan Struktur (mm)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	6,56	6,78	6,32	5,07
1,17%	6,57	6,86	6,35	5,11
2,33%	6,59	6,96	6,39	5,17

Berdasarkan **Tabel 5** dari empat model tipe rangka tipe rangka *K-Truss* dengan *camber* 0% atau tanpa *camber* yang mengalami lendutan paling kecil yaitu 5,07 mm, sedangkan lendutan paling besar terjadi pada model jembatan *Howe Truss* dengan *camber* 2,33% dengan nilai 6,96 mm.

Selanjutnya menganalisis nilai lendutan total pada masing-masing model jembatan. Lendutan total merupakan ketinggian *camber* yang telah dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi pada model jembatan, untuk mengetahui *opening span* yang ada dibawah jembatan sehingga memungkinkan adanya aktivitas dibawah jembatan dengan lebih leluasa. Nilai lendutan total pada masing-masing model pada saat beban 2000 kg seperti ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi lendutan total pada saat beban 2000 kg.

Ketinggian camber (%)	Lendutan Total (mm)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	-6,56	-6,78	-6,32	-5,07
1,17%	63,43	63,14	63,65	64,89
2,33%	133,41	133,04	133,61	134,84

Berdasarkan **Tabel 6** terlihat bahwa jembatan model yang memiliki ketinggian *camber* lebih tinggi akan memiliki *opening span* lebih besar, walaupun lendutan struktur yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan jembatan yang tanpa *camber*.

Dari 12 model ini memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Jika ditinjau dari kekuatannya

tipe *K-Truss* lebih unggul karena mampu menahan beban maksimum hingga lendutan 7,50 mm lebih besar dari model lain. Kekuatan bukan satu-satunya tujuan dalam perencanaan, melainkan berat struktur juga diperhitungkan. Berikut ini merupakan berat sendiri jembatan yang didapat dari hasil reaksi analisis numerik pada *software* seperti ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Berat sendiri jembatan.

Ketinggian camber (%)	Berat Sendiri Jembatan (kg)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	142,73	142,73	142,73	156,83
1,17%	143,15	143,15	142,80	156,98
2,33%	143,61	143,61	142,90	157,20

Terlihat pada **Tabel 7** menunjukkan bahwa jembatan model *Warren Truss* merupakan jembatan paling ringan, sedangkan model *K-Truss* merupakan jembatan paling berat dibandingkan dengan model lain. Untuk mengetahui variasi *camber* yang paling efektif, maka dihitung perbandingan beban maksimum yang mampu diterima jembatan dengan berat sendiri jembatan masing-masing model seperti ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Perbandingan beban maksimum dengan berat sendiri.

Ketinggian camber (%)	Beban Maksimum/Berat Sendiri			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	16,11	15,57	16,74	19,20
1,17%	16,03	15,32	16,68	19,00
2,33%	15,92	15,06	16,53	18,77

Efektifitas *camber* dari perbandingan beban maksimum dengan berat sendiri dapat dihitung dengan cara dinormalisasi pada tipe *Pratt Truss* dengan *camber* 0% untuk pembandingan model jembatan lainnya, seperti pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Efektifitas *camber* berdasarkan perbandingan beban maksimum dengan berat sendiri jembatan.

Ketinggian camber (%)	Efektifitas <i>Camber</i> (%)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	0,00%	-3,31%	3,95%	19,19%
1,17%	-0,49%	-4,86%	3,53%	17,97%
2,33%	-1,13%	-6,48%	2,65%	16,56%

Berdasarkan **Tabel 9** menunjukkan bahwa dengan penambahan ketinggian *camber* 2,33% tipe *Pratt Truss* mengalami penurunan efektifitas sebesar 1,13%, tipe *Howe Truss* mengalami penurunan sebesar 3,17%, tipe *Warren Truss* mengalami penurunan 1,30% dan pada tipe *K-Truss* mengalami penurunan 2,63%. Jika dibandingkan antar tipe dengan cara dinormalisasi ke tipe *Pratt Truss camber* 0% maka dapat dilihat bahwa tipe rangka *K-Truss* lebih efektif 19,19% dan tipe *Warren Truss* lebih efektif 3,95% sedangkan pada tipe *Howe Truss* mengalami penurunan efektifitas sebesar 3,31%.

Untuk mengetahui efektifitas *camber* dari perbandingan lendutan dengan berat sendiri, maka digunakan lendutan struktur dengan acuan pada saat beban 2000 kg untuk masing-masing model seperti pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Perbandingan lendutan struktur pada saat beban 2000 kg dengan berat sendiri.

Ketinggian camber (%)	Lendutan/Berat Sendiri			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	0,0460	0,0475	0,0443	0,0323
1,17%	0,0459	0,0479	0,0445	0,0326
2,33%	0,0459	0,0484	0,0447	0,0329

Efektifitas *camber* dari perbandingan lendutan dengan berat sendiri dapat dihitung dengan cara dinormalisasi pada tipe *Pratt Truss* dengan *camber* 0% untuk pembandingan model jembatan lainnya, sebagai berikut:

Tabel 11. Efektifitas *camber* berdasarkan perbandingan lendutan dengan berat sendiri jembatan.

Ketinggian <i>camber</i> (%)	Efektifitas <i>Camber</i> (%)			
	Pratt Truss	Howe Truss	Warren Truss	K-Truss
0%	0,00%	-3,28%	3,67%	29,74%
1,17%	0,11%	-4,29%	3,27%	29,16%
2,33%	0,11%	-5,37%	2,73%	28,52%

Berdasarkan **Tabel 11** terlihat bahwa tipe rangka *Pratt Truss* satu-satunya tipe rangka yang mengalami peningkatan efektifitas *camber* berdasarkan perbandingan lendutan dengan berat sendiri dengan peningkatan 0,11% pada saat *camber* 1,17% dan 2,33%. Sedangkan penurunan efektifitas *camber* terbesar terjadi pada tipe *Howe Truss* yaitu 2,09% pada saat *camber* 2,33%, pada tipe *Warren Truss* menurun efektifitasnya sebesar 0,94% dan 1,22% pada tipe *K-Truss*. Jika dibandingkan antar tipe dengan cara dinormalisasi ke tipe *Pratt Truss camber* 0% maka dapat dilihat bahwa tipe rangka *K-Truss* lebih efektif 29,74% dan tipe *Warren Truss* lebih efektif 3,67%, sedangkan tipe *Howe Truss* mengalami penurunan efektifitas sebesar 3,28%.

Penutup

Dari sisi kekuatannya jembatan rangka tipe *K-Truss* dengan *camber* 0% merupakan jembatan paling kuat yang mampu menahan beban hingga 3010,79 kg pada saat mencapai lendutan lendutan ijin 7,50 mm. Jembatan *K-Truss* merupakan model jembatan yang mampu menahan gaya batang paling besar hingga 3224,10 kg pada batang tarikannya dan 3224,28 kg pada batang tekannya. Kemudian dari sisi lendutan tipe rangka *K-Truss* dengan *camber* 0% melendut sebesar 5,07 mm saat beban 2000 kg, sedangkan tipe *Howe Truss*

masih merupakan tipe terlemah dari sisi lendutan, pada saat *camber* 0% mengalami lendutan 6,78 mm. Walaupun tipe *K-Truss* merupakan jembatan paling berat namun jika dibandingkan efektifitasnya berdasarkan nilai beban maksimum yang mampu ditahan dan nilai lendutan pada masing-masing model, jembatan model *K-Truss* tanpa *camber* merupakan model yang paling efektif.

Sebaiknya metode *camber* digunakan untuk daerah yang masih memanfaatkan bawah jembatan untuk aktivitas atau mungkin ada transportasi sungai yang melintas dibawah jembatan, karena fungsi dari *camber* yaitu untuk memberikan *opening span* di bawah jembatan bukan untuk mengurangi lendutan. Kemudian untuk melengkapi penelitian pada skripsi ini mungkin bisa menggunakan analisis inelastis dan/atau plastis. Untuk dimensi dan pembebanan bisa menggunakan sesuai dengan jembatan sebenarnya.

Daftar Pustaka

- <https://www.dot.ny.gov/main/business-center/engineering/cadd-info/drawings/bridge-detail-sheets>. (diakses 4 Februari 2014)
- L Schodek, D. (1998). *Struktur*. Bandung: PT Eresco.
- RSNI-T-02. (2005). *Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- RSNI-T-03. (2005). *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Supriyadi, B., & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: BetaOffset.