

PENGARUH LETAK BEBAN TERHADAP GAYA PRATEGANG TIPE SEGITIGA PADA MODEL JEMBATAN RANGKA BAJA

Sugeng P. Budio, M Idris Bakhtiar

Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjend Haryono 167 Malang Indonesia 65145
e-mail: sugengpb@yahoo.com

Abstract: Efforts to improve services or service life, especially to bridge the bridge framework, with increase in volume of vehicles can use the prestressing cable which aims to increase the stiffness and strength of the bridge without having to change the framework of the bridge structure itself. In this study, used a triangle type prestressed with steel frame bridge semi-parabolic type N reversed model. The bridge framework is still in elastic state when the test time done. This study aims to determine the behavior of prestressed frame bridge model deflection due to load variations in a given location and to determine the optimal amount of prestressing force when compared with the load acting on the bridge model order due to the use of prestressed cable type triangle. The given triangles prestressing force in a load location variety will result percentage comparisons of the occurred deflection decline between 23,677% till 56.391%. So of the overall, the deflection that occurs in bridge that had been given prestressed less than the bridge that is not prestressed.. Optimal prestressing force which occurs 686.490 kg, when the load is located at point E and the occurred deflection bridge frame work 65.113% and the stress of member -77.396 kg/cm.

Keywords: prestressing force, deflection, a bridge frame

Abstrak: Upaya untuk meningkatkan pelayanan atau umur layan jembatan terutama untuk jembatan rangka, seiring bertambahnya volume kendaraan dapat menggunakan kabel prategang yang bertujuan untuk menambah kekakuan dan kekuatan jembatan tanpa harus mengubah struktur jembatan rangka itu sendiri. Pada penelitian ini, digunakan prategang tipe segitiga dengan model jembatan rangka baja semi parabol jenis N terbalik. Jembatan rangka masih dalam kondisi elastis pada saat pengujian dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku lendutan model jembatan rangka prategang akibat variasi letak beban yang diberikan dan untuk mengetahui besarnya gaya prategang optimal bila dibandingkan dengan beban yang bekerja pada model jembatan rangka akibat penggunaan kabel prategang tipe segitiga. Pemberian gaya prategang tipe segitiga dalam berbagai variasi letak beban menghasilkan perbandingan prosentase penurunan lendutan yang terjadi antara 23.677% - 56.391%. Sehingga secara keseluruhan, lendutan yang terjadi pada jembatan yang sudah diberi prategang lebih kecil dibandingkan dengan jembatan yang tidak diberi prategang. Gaya prategang optimal yang terjadi sebesar 686,490 kg, ketika beban terletak di titik E dengan lendutan jembatan rangka yang terjadi sebesar 65,113% dan tegangan batang yang terjadi sebesar -77,396 kg/cm².

Kata kunci: gaya prategang, lendutan, jembatan rangka

PENDAHULUAN

Jembatan adalah salah satu bangunan pelengkap utama jalan, yang fungsi utamanya menghubungkan ruas-ruas jalan di lokasi dengan kondisi medan tertentu. Pembangunan jembatan harus dilakukan agar jalan dapat berfungsi secara optimal sebagai sarana penghubung satu lokasi dengan lokasi yang lain dan memungkinkan lalu-lintas darat tidak

terputus, walaupun jalan tersebut menyilang lembah, sungai, saluran air, bahkan menyilang jalan lainnya yang tidak sama tinggi permukaannya.

Karena pentingnya fungsi jembatan, maka jembatan harus mempunyai sistem struktur yang kuat dan tahan lama, serta tidak mudah rusak. Peningkatan volume kendaraan yang

melewati jalan akan meningkatkan juga beban yang harus didukung oleh jembatan.

Sebagai bagian jalan, jembatan mempunyai masa layan tertentu, sehingga perlu inovasi dalam perancangan, pembangunan dan pemeliharaan jembatan, agar jembatan dapat berfungsi optimal dan umur layan yang memadai.

Identifikasi masalah

Pembangunan jembatan di Indonesia sampai saat ini kebanyakan masih menggunakan strutur rangka baja, oleh karena flesibilitas dalam pelaksanaan dan kebutuhan akan pembangunan jembatan yang mendesak, mengingat masih banyak daerah di Indonesia yang perlu dihubungkan dengan prasarana jalan darat. Upaya meningkatkan tingkat pelayanan dan umur layan jembatan rangka baja, dapat menggunakan kabel prategang yang bertujuan untuk menambah kekakuan dan kekuatan jembatan tanpa harus mengubah struktur jembatan rangka itu sendiri.

Batasan Masalah

Perilaku struktural model jembatan rangka akibat penambahan kabel prategang tipe segitiga ketika mendapatkan beban layan yang diasumsikan sebagai beban statis, tanpa melihat adanya pengaruh dari faktor luar seperti korosif

pada rangka jembatan, korosif pada kabel, serta perubahan suhu udara.

Rumusan Masalah

Bagaimana perilaku lendutan model jembatan rangka akibat variasi letak beban yang diberikan?

Berapakah besar gaya prategang optimal bila dibandingkan dengan beban yang bekerja pada model jembatan rangka akibat penggunaan kabel prategang tipe segitiga?

Tujuan

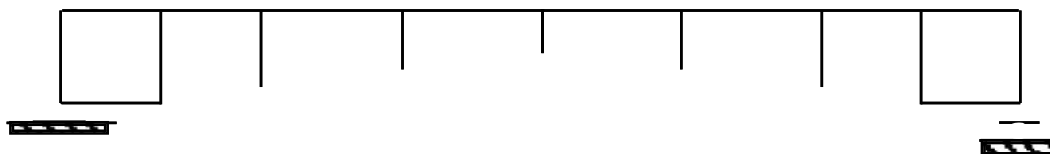
Untuk mengetahui perilaku lendutan model jembatan rangka prategang akibat variasi letak beban yang diberikan.

Untuk mengetahui besarnya gaya prategang optimal bila dibandingkan dengan beban yang bekerja pada model jembatan rangka akibat penggunaan kabel prategang tipe segitiga.

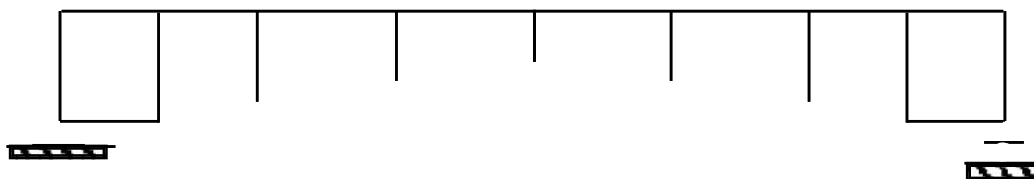
Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian dan pembuatan model jembatan prategang dilakukan di laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, sedangkan untuk penelitian dilakukan mulai bulan Desember 2008.

Rancangan Model Jembatan Rangka Baja dan Jembatan Rangka Prategang



Gambar 1. Model jembatan rangka baja



Gambar 2. Model jembatan rangka baja prategang

Rancangan Pembebanan

Tabel 1. Rancangan pembebanan pada pengujian model jembatan rangka

No	Model	Gaya prategang Acuan (kg)	Letak Beban Terpusat 120 kg
1	Jembatan rangka	-	B
2	Jembatan rangka		C
3	Jembatan rangka		D
4	Jembatan rangka		E
8	Jembatan rangka Prategang	I	B
9	Jembatan rangka Prategang	II	C
10	Jembatan rangka Prategang	III	D
11	Jembatan rangka Prategang	IV	E

Pada pemodelan ini gaya prategang acuan merupakan gaya prategang yang mengakibatkan tidak terjadinya lendutan ($\delta = 0$) atau lendutan mendekati nol di titik E ketika model jembatan menerima beban terpusat sebesar 120 kg pada titik B.

Gaya prategang acuan II, III, dan IV adalah variasi gaya prategang yang mengakibatkan tidak terjadinya lendutan ($\delta = 0$) di titik E ketika beban terpusat sebesar 120 kg diberikan pada model jembatan rangka prategang dan diletakkan pada titik C, D, dan E.

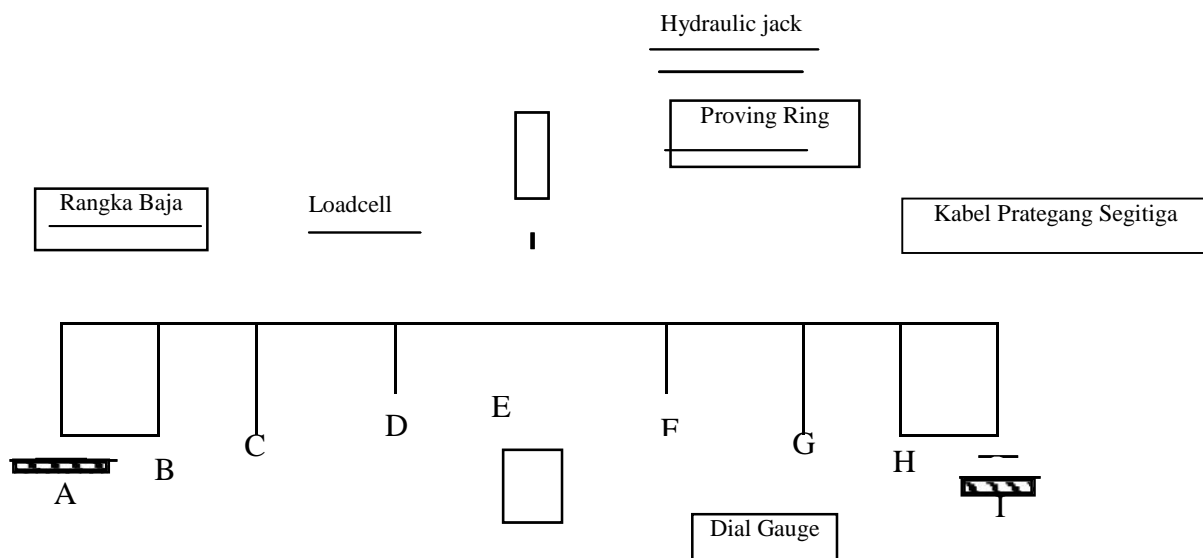
Prosedur Pemodelan

Pemodelan yang dilakukan pada dasarnya hanya menggunakan satu buah model yaitu Jembatan Rangka Tipe Semi Parabola jenis N

terbalik sebagai model jembatan rangka batang. Sedangkan untuk model jembatan rangka batang prategang, digunakan model jembatan rangka yang sama dengan penambahan kabel prategang pada struktur jembatan rangka dengan kabel yang diletakkan pada titik-titik buhul yang telah ditentukan.

Model tersebut ditempatkan pada portal pembebanan (*loading frame*) dengan tumpuan sendi-rol pada masing-masing sudut tepi bagian bawah jembatan.

Beban yang diberikan pada model jembatan merupakan beban merata pada titik B, C, D, dan E.



Gambar 3. Skema pembebanan

Langkah-langkah pengujian model sebagai berikut.

1. Pengukuran berat masing-masing model jembatan rangka dan kabel.
2. Pemasangan model jembatan rangka pada portal pembebanan (*loading frame*) dengan tumpuan sendi-rol.
3. Pemasangan alat-alat pembaca beban (*profing ring*), dan pengukur lendutan (*dial gauge*).
4. Pemberian beban merata 120 kg pada titik B, pembacaan alat.
5. Pemberian beban merata 120 kg pada titik C, pembacaan alat.
6. Pemberian beban merata 120 kg pada titik D, pembacaan alat.
7. Pemberian beban merata 120 kg pada titik E, pembacaan alat.
8. Pembuatan model jembatan rangka prategang.
9. Pemberian gaya prategang pada kabel yang diposisikan pada kedua rangka utama jembatan secara bersama-sama.
10. Pemberian beban merata 120 kg pada titik B.
11. Pembacaan reaksi pada tumpuan rangka dengan *load cell* dan pembacaan lendutan dengan *dial gauge* akibat berat sendiri dan beban terpusat 120 kg.
12. Pemberian gaya prategang acuan I yang mengakibatkan tidak terjadinya lendutan ($= 0$) di titik E ketika model jembatan menerima beban merata sebesar 120 kg pada titik B.
13. Pembacaan regangan pada kabel prategang acuan dengan *strain gauge* akibat beban merata 120 kg di titik B untuk mengetahui besar tegangan pada batang terlemah.
14. Pemberian gaya prategang acuan II dan dilakukan langkah yang sama seperti di atas. Begitu juga untuk gaya prategang acuan III, dan IV.

METODE PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan dengan membuat dua kondisi model yang berbeda yaitu model jembatan rangka baja tanpa prategang dan model jembatan rangka baja dengan prategang. Dalam pemodelan ini masing-masing kondisi jembatan akan mendapatkan perlakuan yang sama. Model akan dikenai beban merata dengan variasi letak beban yang telah ditentukan. Pengambilan data dilakukan dengan mengamati

dan mencatat lendutan, reaksi tumpuan dan regangan kabel yang terjadi akibat variasi pembebanan.

ANALISA LENDUTAN

Input Data

Data-data yang diperlukan untuk mendapatkan reaksi tumpuan, lendutan dan regangan kabel yang terjadi adalah sebagai berikut.

1. Data Geometri, berupa: bentuk dan koordinat setiap titik; panjang, tinggi, lebar bentang dan Jenis tumpuan.
2. Data Material, berupa: data profil baja dan kabel; Modulus Elastisitas, tegangan leleh, dan tegangan runtuh.
3. Data Gaya Luar, berupa : Beban terpusat, Gaya prategang

Prosedur Analisis Lendutan

Analisis lendutan dilakukan dengan menggunakan program *STAADPro 2006*. Langkah untuk mendapatkan tegangan batang dan lendutan pada Struktur Jembatan Rangka dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Struktur rangka jembatan diasumsikan sebagai struktur 3 dimensi.
2. Memberikan data masukan geometri jembatan rangka.
3. Memberikan data masukan material jembatan rangka.
4. Struktur didukung oleh tumpuan sendi-rol
5. Input beban yang diberikan secara berurutan adalah: akibat beban merata 120 kg yang diletakkan pada titik B, C, D dan E.
6. Aplikasi (*Run Anaysis*) program *STAADPro 2006*.
7. Analisis data, dalam hal ini lendutan dan tegangan batang yang terjadi.

Sedangkan untuk mendapatkan tegangan batang dan lendutan Struktur Jembatan Rangka Prategang dapat dijelaskan sebagai berikut.

Struktur rangka jembatan diasumsikan sebagai struktur 3 dimensi.

1. Memberikan data masukan geometri jembatan rangka.
2. Memberikan data masukan material jembatan rangka.
3. Struktur didukung oleh tumpuan sendi-rol.

4. Input gaya-gaya akibat pengaruh kabel prategang yang diasumsikan sebagai beban tarik yang diakibatkan oleh kabel.
5. *Input* beban yang diberikan secara berurutan adalah: akibat beban merata 120 kg yang diletakkan pada titik B, C, D dan E.
6. Aplikasi (*Run Anaysis*) program *STAADPro 2006*, akan mendapatkan lendutan dan tegangan batang yang terjadi, akibat variasi beban.

Variabel Penelitian

Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah besarnya beban terpusat yang dibebankan pada model jembatan rangka baja dan gaya prategang acuan.

Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah besarnya lendutan dan deformasi kabel prategang.

ANALISIS DATA

Data lendutan yang diperoleh, nantinya digunakan untuk mengetahui besar gaya prategang optimal bila dibandingkan dengan beban yang bekerja saat pembebanan dengan variasi letak pada struktur jembatan rangka prategang.

Analisis yang dipergunakan berdasarkan perhitungan struktur dalam keadaan elastis.

Analisis Bahan Yang Digunakan

Jembatan Rangka

Jembatan rangka yang digunakan terbuat dari profil baja silinder berlubang Pipe 2,72 x 0,23 cm Tipe Jembatan adalah jembatan Rangka Tipe Semi Parabola jenis N terbalik dengan panjang bentang bentang 5 meter.

Dari uji tarik profil silinder yang dilakukan di laboratorium didapatkan nilai $f_u = 4222 \text{ kg/cm}^2$ dan $f_y = 2749 \text{ kg/cm}^2$. Untuk sambungan jembatan digunakan sambungan las dan baut.

Kabel

Kabel yang digunakan adalah kabel baja tipe sling dengan diameter 8 mm. Berdasarkan uji tarik yang dilakukan di laboratorium didapatkan nilai tegangan putus kabel $f_u = 5255 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai tegangan leleh kabel $f_y = 4992 \text{ kg/cm}^2$.

Pembebanan Model Jembatan

Pengujian model jembatan rangka dilakukan di atas abutment yang telah dikondisikan di atas *loading frame* sehingga model jembatan rangka terletak secara melintang terhadap *loading frame*, serta model jembatan rangka diberikan tumpuan sendi dan rol pada kedua ujung jembatan rangka. Dalam Pengujian model jembatan rangka ini penggunaan *loading frame* hanya sebagai tempat peletakan *proofing ring* sebagai media pembebanan pada jembatan rangka saja, sehingga pada kenyataannya *loading frame* dan jembatan rangka tidak berada dalam satu sistim kerja yang sama dalam proses pembebanan yang dilakukan. Sedangkan pada pengujian jembatan rangka prategang ditambahkan kabel prategang yang sudah diberi gaya prategang.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi, regangan, tegangan dan gaya batang yang terjadi pada batang-batang terlemah akibat adanya beban. Besarnya lendutan yang terjadi pada jembatan rangka akibat beban terutama pada bentang tengah jembatan yang memiliki lendutan paling besar digunakan sebagai dasar dalam pemberian gaya prategang pada pengujian jembatan rangka prategang. Data tegangan pada batang terlemah digunakan sebagai kontrol agar struktur tetap dalam keadaan elastis dan tidak ada perubahan struktur pada waktu pengujian. Pembebanan yang diberikan adalah berat sendiri jembatan dan beban merata di atas batang melintang sebesar 120 kg

PEMBAHASAN

Lendutan

Dari pengujian model jembatan rangka yang diberi prategang di laboratorium akibat variasi letak beban yang bekerja di atas jembatan, hal yang paling mudah diamati untuk mengetahui penambahan kekuatan jembatan adalah dari

penurunan lendutannya. Dari pengujian di laboratorium didapatkan besarnya data prosentase penurunan lendutan pada setiap titik terhadap titik yang mengalami lendutan maksimum akibat variasi letak beban yang diberikan setelah adanya penambahan kabel prategang, seperti yang tertera di bawah ini.

Adanya gaya prategang menyebabkan jembatan melendut ke atas sedangkan lendutan yang terjadi akibat beban mengarah ke bawah. Sehingga ketika model jembatan rangka diberikan gaya prategang akan menyebabkan jembatan tersebut mempunyai lendutan awal yang mengarah ke atas.

Pemberian lendutan awal akibat prategang ini menyebabkan model jembatan memiliki nilai tambah dalam menerima beban yang bekerja, karena lendutan yang diakibatkan oleh gaya prategang dan lendutan akibat beban yang diberikan bersifat saling mengurangi, sehingga lendutan yang disebabkan oleh beban menjadi berkurang.

Dalam penambahan prategang perlu diperhatikan bahwa dengan adanya pemberian gaya prategang akan memberikan nilai lendutan ke atas yang dapat menyamai atau bahkan melebihi nilai lendutan ke bawah akibat beban. Jika hal tersebut terjadi maka lendutan yang dialami oleh model jembatan rangka tetaplah besar, yang berbeda hanya arah lendutannya saja. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu diketahui besarnya gaya prategang yang paling efisien dalam mengurangi besarnya lendutan yang terjadi pada model jembatan rangka baik akibat beban bekerja maupun akibat gaya prategang itu sendiri.

Pemberian gaya prategang dalam berbagai variasi letak beban memberikan prosentase penurunan lendutan yang bervariasi antara 23.677%-56.391%. Selain mengakibatkan lendutan ke atas keberadaan kabel prategang pada model jembatan meningkatkan kekakuan model jembatan sehingga lendutan yang terjadi akibat beban.

Tabel 2. Persentase penurunan lendutan pada model jembatan rangka prategang.

Letak Beban	Titik	Lendutan		Penurunan (mm)	Rata-rata Penurunan (%)
		Rangka (mm)	Prategang (mm)		
E	H	0.660	0.170	0.490	56.391
	E	2.500	0.000	2.500	
	D	1.815	0.384	1.431	
	C	1.700	0.300	1.400	
	B	0.640	0.145	0.495	
D	H	0.460	0.140	0.320	36.499
	E	1.796	0.007	1.789	
	D	1.380	0.320	1.060	
	C	1.090	0.360	0.730	
	B	0.570	0.230	0.340	
C	H	0.255	0.045	0.210	23.677
	E	0.885	0.005	0.880	
	D	0.647	0.296	0.351	
	C	0.590	0.280	0.310	
	B	0.335	0.140	0.195	
B	H	0.165	0.030	0.135	23.691
	E	0.670	0.000	0.670	
	D	0.419	0.191	0.228	
	C	0.330	0.150	0.180	
	B	0.265	0.115	0.150	

Dalam penambahan prategang perlu diperhatikan bahwa dengan adanya pemberian gaya prategang akan memberikan nilai lendutan keatas yang dapat menyamai atau bahkan melebihi nilai lendutan ke bawah akibat beban. Jika hal tersebut terjadi maka lendutan yang dialami oleh model jembatan rangka tetaplah besar, yang berbeda hanya arah lendutannya saja. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu diketahui besarnya gaya prategang yang paling efisien untuk mengurangi besarnya lendutan yang terjadi pada model jembatan rangka baik akibat beban bekerja maupun akibat gaya prategang itu sendiri.

Pemberian gaya prategang dalam berbagai variasi letak beban memberikan prosentase penurunan lendutan yang bervariasi antara 23.677%-56.391%.

Selain mengakibatkan lendutan ke atas keberadaan kabel prategang pada model jembatan meningkatkan kekakuan model jembatan sehingga lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja pun menjadi berkurang. Hal ini terjadi karena dengan adanya kabel prategang yang menahan terjadinya deformasi pada jembatan menyebabkan seolah-olah jembatan memiliki batang tambahan pada strukturnya. Sehingga pada akhirnya dikarenakan jumlah batang bertambah, kekakuan model jembatan meningkat.

Gaya Batang Pada Batang Terlemah

Batang terlemah pada pengujian jembatan rangka prategang berada pada batang dengan penomoran 21 dan 54. Kedua batang ini terletak di bagian tengah jembatan.

Tabel 3. Gaya batang pada batang terlemah model jembatan rangka baja

Beban ada pada Titik	Batang Terlemah	Jembatan Rangka Baja			
		Regangan	Kondisi	Gaya Batang (kg)	
B	Batang 21	7	0.000007	tarik	21.099
C		8	0.000008	tarik	24.113
D		12	0.000012	tarik	36.170
E		17	0.000017	tarik	51.240
B	Batang 54	7	0.000007	tarik	21.099
C		7	0.000007	tarik	21.099
D		13	0.000013	tarik	39.184
E		19	0.000019	tarik	57.269

Catatan: E (modulus elastisitas) = 1.683.879 kg/cm² dan A (luas tampang)= 1,79 cm²

Tabel 4. Gaya batang pada batang terlemah model jembatan rangka prategang

Beban ada pada Titik	Batang Terlemah	Jembatan Rangka Prategang			
		Regangan	Kondisi	Gaya Batang (kg)	
B	Batang 21	-14	-0.000014	tekan	-42.198
C		-22	-0.000022	tekan	-66.311
D		-34	-0.000034	tekan	-102.481
E		-44	-0.000044	tekan	-132.622
B	Batang 54	-15	-0.000015	tekan	-45.212
C		-20	-0.000020	tekan	-60.283
D		-31	-0.000031	tekan	-93.438
E		-43	-0.000043	tekan	-129.608

Dari data yang didapat di laboratorium didapatkan adanya perubahan gaya dalam batang akibat gaya prategang yang diberikan pada kabel. Akibat adanya gaya tarikan ke dalam yang disebabkan gaya prategang maka jembatan seolah-olah tertekuk ke arah dalam sehingga nilai gaya batang pada batang 21 dan 54 yang pada waktu pembebanan adalah batang tarik menjadi batang tekan ketika gaya prategang diberikan. Semakin besar gaya prategang yang diberikan semakin besar pula nilai gaya tekan batang yang terjadi pada batang 21 dan 54.

Secara keseluruhan hal ini sesuai dengan prinsip prategang dimana gaya prategang memberikan reaksi pada struktur berkebalikan dengan reaksi akibat pembebanan sehingga beban akhir yang bisa ditahan oleh struktur dapat meningkat. Pada data didapatkan bahwa penurunan gaya batang pada variasi peningkatan gaya prategang yang diberikan cukup signifikan.

Ketika gaya prategang belum bekerja nilai gaya batang 54 akibat beban 120 kg adalah 57.269 kg (tarik), sedangkan setelah diberikan gaya prategang untuk menahan lendutan di titik E sehingga mendekati nol, nilai gaya batang 54

mengalami perubahan menjadi 129.608 kg (tekan). Perubahan nilai gaya batang ini menjadikan struktur model jembatan rangka prategang memiliki kekuatan tambahan untuk menahan beban yang lebih tinggi. Pada akhirnya penggunaan kabel prategang pada struktur model jembatan rangka dapat meningkatkan kemampuan jembatan dalam menahan beban dan juga mengefisiensikan penggunaan material karena kemampuan batang jembatan dapat dioptimalkan.

Gaya Prategang Optimum

Pada pengujian di laboratorium didapatkan data bahwa besarnya gaya prategang pada kabel yang memberikan lendutan ke atas terhadap jembatan besarnya tidak tetap, karena adanya variasi letak beban pada jembatan rangka prategang sehingga besarnya gaya yang bekerja di kabel akan semakin bertambah ketika beban diletakkan bergeser ke tengah dan mencapai maksimum ketika beban berada di tengah bentang.

Prosentase perubahan gaya prategang yang terjadi di laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Prosentase peningkatan gaya prategang kabel pada pengujian model jembatan rangka prategang

Letak Beban	Gaya Prategang		Rata-rata (kg)	Peningkatan Gaya	Prosentase (%)
	Kiri (kg)	Kiri (kg)			
B	172.831	192.050	182.440	0.000	0
C	332.315	288.910	310.613	128.172	18.671
D	597.234	463.258	530.246	347.805	50.664
E	726.690	646.290	686.490	504.050	73.424

Dapat dibaca pada tabel di atas bahwa terjadi peningkatan prosentase gaya prategang akibat variasi letak beban yang bekerja pada jembatan rangka prategang. Semakin ke tengah letak beban yang diberikan maka semakin besar pula prosentase peningkatan prategang yang dibutuhkan. Dalam pengujian di laboratorium penambahan prategang tipe segitiga pada model jembatan rangka untuk mendapatkan nilai gaya prategang optimum perlu adanya peninjauan terhadap prosentase penurunan lendutan yang

terjadi pada jembatan rangka serta tegangan yang terjadi pada batang masih dibawah batas plastis profil baja, hal ini digunakan sebagai kontrol bahwa pengujian jembatan rangka prategang ini dilakukan dalam kondisi elastis. Sehingga didapatkan gaya prategang optimum terjadi ketika beban terletak di titik E dengan besar gaya prategang adalah 686,490 kg dengan diikuti penurunan lendutan jembatan rangka yang terjadi adalah sebesar 56.391%. dan tegangan batang yang terjadi adalah -77,396 kg/cm².

KESIMPULAN

Keberadaan kabel prategang pada model jembatan rangka selain bisa memberikan lendutan yang mengarah ke atas juga dapat meningkatkan kekakuan model jembatan sehingga lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja pun menjadi berkurang. Hal ini terjadi karena dengan adanya kabel prategang yang menahan terjadinya deformasi pada jembatan menyebabkan seolah-olah jembatan memiliki batang tambahan pada strukturnya. Sehingga pada akhirnya dikarenakan jumlah batang bertambah, kekakuan model jembatan meningkat.

Pemberian gaya prategang tipe segitiga dalam berbagai variasi letak beban memberikan perbandingan prosentase penurunan lendutan yang terjadi antara jembatan rangka dan jembatan rangka prategang menghasilkan yang bervariasi antara 23.677% - 56.391%. Sehingga secara keseluruhan, jembatan yang sudah diberi prategang mengalami lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan jembatan yang tidak diberi prategang.

Dalam pengujian di laboratorium penambahan prategang tipe segitiga pada model jembatan rangka untuk mendapatkan nilai gaya prategang optimum perlu adanya peninjauan terhadap prosentase penurunan lendutan yang terjadi pada jembatan rangka serta tegangan yang terjadi pada batang masih dibawah batas plastis profil baja, hal ini digunakan sebagai kontrol bahwa pengujian jembatan rangka prategang ini dilakukan dalam kondisi elastis. Sehingga didapatkan gaya prategang optimum terjadi ketika beban terletak di titik E dengan besar gaya prategang adalah 686,490 kg dengan diikuti penurunan lendutan jembatan rangka yang terjadi adalah sebesar 65,113%. dan tegangan batang yang terjadi adalah $-77,396 \text{ kg/cm}^2$.

SARAN

Dalam pembuatan model jembatan rangka prategang, kekuatan dari struktur pendukung terutama bagian sambungan antara kabel dengan jembatan perlu diperhatikan dan juga diperkuat agar tidak terjadi kerusakan pada waktu pengujian.

Kapasitas dan angka kalibrasi alat *dial gauge* dan *load cell* perlu disesuaikan pada saat pengujian, agar pembacaan data lebih mudah dan akurat.

Alat bantu untuk transfer beban perlu diperhatikan, agar pembagian beban yang terjadi sesuai dengan yang direncanakan, sehingga data-data yang didapat lebih akurat.

Lokasi menggunakan *strain gauge* pada batang jumlahnya dapat ditingkatkan, agar regangan dan gaya batang yang terjadi serta perilaku model jembatan dapat diketahui dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1984, *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia Tahun 1984*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Anonim. 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJR)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1992, *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (BMS)*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga Direktorat Bina Program Jalan.
- Anonim. 2005 RSNI T-02-2005, *Pembebanan untuk jembatan*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Hardjasaputra, Harianto., 2006, *Struktur Kabel: Teknologi Dan Desain*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3 , No. 1., Jurusan Teknik Sipil & Magister Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan Banten
- Iskandar, Rizaldy., 2007, Prosentase Penurunan Lendutan Pada Model Jembatan Rangka Baja Akibat Penambahan Kabel Prategang Eksternal Tipe Trapesium. Skripsi tidak diterbitkan, : Jurusan Sipil FT Universitas Brawijaya, Malang.
- Rakhmawati, Yusi., 2005, *Desain, Analisis, dan Pengujian Distribusi Gaya Dalam Pada Jembatan Hibrid Rangka dan Cable Stayed Tipe Radial di Tengah*, Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Sipil FT Universitas Brawijaya, Malang
- Roylance, David. 2000. *Trusses*. Cambridge, Department of Materials science and Engineering. www.cse.ucsd.edu/users/atkinson/felt/Truss.pdf

Soemono. 1979. *Statika 2*. Bandung : ITB.

Troitsky, M.S. 1990, *Prestressed Steel Bridges Theory and Design*, Van Nostrand Renhold Company, New York.

Xanthakos. 1973. *Theory and Design Bridges*, John Wiley and Sans. Inc, New York.