

PROSENTASE PENURUNAN LENDUTAN MODEL JEMBATAN RANGKA BAJA AKIBAT PENGGUNAAN KABEL PRATEGANG INTERNAL TIPE SEGITIGA

**Sugeng P. Budio, Ari Wibowo dan I Komang Antara
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang**

ABSTRAK

Perkembangan ekonomi menyebabkan meningkatnya arus transportasi yang menuntut peningkatan sarana dan prasarana transportasi. Salah satu sarana transportasi yang secara langsung harus ditingkatkan dengan adanya peningkatan arus transportasi adalah jembatan. Pada jaman yang semakin modern ini jembatan dibangun tidak hanya ditingkatkan secara kuantitas tetapi juga secara kualitas. Peningkatan kualitas jembatan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan meningkatkan mutu bahan yang dipergunakan dan dengan memberikan gaya prategang pada jembatan sebagai upaya peningkatan mutu jembatan yang sudah ada. Untuk mengetahui besarnya peningkatan kekuatan jembatan akibat penambahan kabel prategang tersebut maka dilakukan penelitian terhadap jembatan prategang

Untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan kabel prategang maka jembatan ditambahkan dengan kabel prategang internal tipe segitiga. Pengujian pun dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi pertama ketika jembatan belum ditambahkan prategang dan kondisi kedua ketika jembatan ditambahkan prategang internal tipe segitiga. Dengan harapan hasil yang diperoleh dapat dibandingkan. Secara spesifik hasil pengujian yang dibandingkan adalah besarnya lendutan yang terjadi. Selain dibandingkan dengan dua kondisi diatas hasil pengujian di laboratorium juga dibandingkan dengan hasil pengujian secara teoritis dengan menggunakan software StaadPro 2004 tiga dimensi.

Besarnya gaya prategang yang diberikan pada kabel prategang akan mempengaruhi besarnya lendutan yang terjadi pada jembatan rangka. Gaya prategang yang terlalu besar dapat mengakibatkan lendutan ke atas yang besar ketika beban minimum pada jembatan bekerja. Akan tetapi gaya prategang yang terlalu kecil juga dapat mengakibatkan lendutan ke bawah yang sangat besar pula ketika beban maksimum pada jembatan bekerja. Pada percobaan ini besarnya gaya prategang yang menghasilkan lendutan terkecil baik berupa lendutan ke atas maupun lendutan ke bawah ketika beban minimum dan maksimum bekerja adalah sebesar 484,714 kg. Sedangkan prosentase penurunan lendutan yang terjadi dari penelitian ini berkisar antara 1,786 % sampai 10,345 % dari gaya prategang acuan pertama 242,357 kg.

Kata Kunci : kabel prategang, lendutan maksimum, jembatan prategang

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan sebuah jembatan, kekuatan struktur jembatan menjadi unsur utama yang harus diperhatikan. Akan tetapi ini bukan berarti jembatan memiliki kekuatan yang tidak terbatas. Keterbatasan itu dipengarungi oleh dua unsur lain yang

juga tidak kalah pentingnya dalam perencanaan sebuah jembatan. Unsur-unsur tersebut adalah unsur finansial dan operasional pelaksanaan. Unsur finansial berhubungan erat dengan efisiensi biaya konstruksi sedangkan operasional pelaksanaan erat kaitannya dengan kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi.

Untuk meningkatkan kekuatan struktur jembatan, banyak sekali metode-metode yang dapat dilakukan. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan gaya prategang pada struktur jembatan rangka. Dengan menambahkan gaya prategang dalam hal ini menambahkan kabel prategang pada struktur jembatan rangka maka tidak

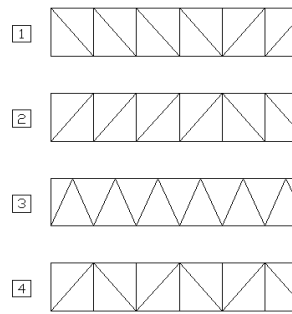
perlu dilakukan perubahan terhadap struktur jembatan rangka. Atas dasar pemikiran tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap struktur model jembatan rangka guna mengetahui prosentase penurunan lendutan model jembatan rangka baja akibat penggunaan kabel prategang internal tipe segitiga.

TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan Rangka Batang

Jembatan rangka merupakan struktur utama dari jembatan rangka prategang. Jembatan ini berfungsi untuk menahan beban-beban yang diterima oleh struktur jembatan baik berupa beban mati maupun beban hidup.

Jembatan rangka dapat dibuat dengan tinggi yang sama atau dengan tinggi yang bervariasi sepanjang bentang. Berdasarkan bentuk bagian dalamnya terbagi atas empat jenis yaitu rangka N, rangka N terbalik, rangka V, dan rangka V dengan batang tegak (Soemono,1979)

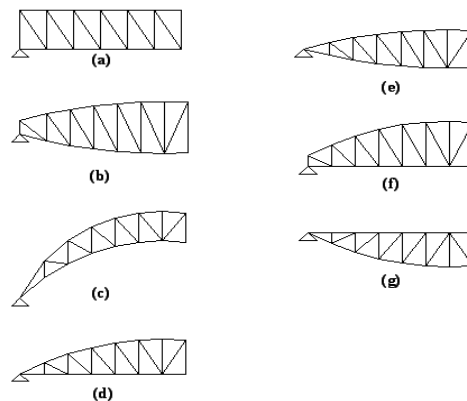


Gambar 1. Jenis Rangka: 1. Rangka N, 2. Rangka N terbalik, 3. Rangka V, 4. Rangka V dengan batang vertikal

Sumber : Soemono, 1979 ; 42

Sedangkan berdasarkan dengan bentuk tepinya, rangka batang terbagi atas rangka paralel, lensa, sabit (arit),

parabol, parabol rangkap, semi parabol, dan perut ikan (soemono,1979)



Gambar 2. Jenis Rangka: a. Rangka Paralel, b. Rangka Lensa, c. Rangka Sabit, d. Rangka Parabol, e. Rangka Parabol Rangkap, f. Rangka Semi Parabol, g. Rangka Perut Ikan, Sumber : Soemono, 1979 ; 42

Dalam hal ini perencana memilih bentuk rangka semi parabola dengan ketinggian yang semakin mengecil di tengah bentang. Rangka semi parabola yaitu rangka yang tepi bawah berbentuk parabola dan tepi atas lurus (gambar 2.(g)). Sedangkan untuk bagian dalamnya perencana memilih tipe rangka N terbalik (gambar1.(2)). Untuk rangka tersebut, batang tepi horisontal atas dan batang tepi vertikal bisa dihilangkan, tetapi sering pula dibiarkan ada untuk membentuk portal angin.

Berdasar anggapan tersebut, sebagai akibat beban luar, timbullah beberapa gaya di dalam batang yang garis kerjanya bersatu dengan sumbunya, dan dengan demikian gaya itu bersifat gaya normal memusat, menarik (positif) atau menekan (negatif), tidak disertai oleh momen dan gaya lintang. Gaya tersebut dinamakan gaya batang (Soemono, 1979)

Tinggi dari jembatan rangka ini tergantung dari pendistribusian beban dan kekakuan yang dikehendaki. Makin tinggi, makin besar kekakuan jembatan yang didapat tapi berkurang segi ekonomisnya.

Gaya Batang

Gaya batang merupakan gaya di dalam batang yang ditimbulkan oleh adanya gaya luar dengan garis kerja berhimpit dengan sumbu batangnya. Dengan demikian gaya batang adalah merupakan gaya normal terpusat yang

dapat berupa gaya tarik (-) atau gaya tekan (+) dan tidak disertai oleh momen dan gaya lintang. (Soemono, 1979).

Besarnya gaya batang yang terjadi pada suatu struktur rangka batang dapat diketahui dari besarnya regangan yang terjadi pada struktur tersebut.

Lendutan Pada Struktur Rangka Batang

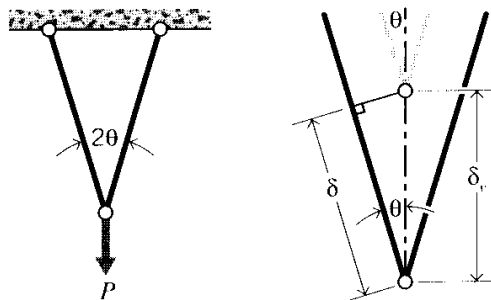
Ketika nilai gaya aksial dalam elemen batang sudah diketahui, maka nilai deformasi individual elemen dapat langsung diketahui dengan :

$$\delta = \frac{PxL}{Ax E}$$

Defleksi pada titik mana saja pada batang dapat ditentukan secara geometris. Dengan asumsi bahwa elemen tetap dalam kondisi sendi di tiap titik pertemuan batangnya. Dalam dua elemen rangka batang simetris seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Join B tentu saja akan berpindah kearah bawah secara vertical. Hubungan antara deformasi aksial δ dari elemen dan defleksi vertical dari join δ_v dapat dilihat sebagai :

$$\delta_v = \frac{\delta}{\cos \theta}$$

Diasumsikan disini bahwa deformasi yang terjadi sangatlah kecil sehingga aspek geometri dianggap tidak berubah, dalam kasus ini bahwa sudut θ adalah sama seperti sebelum dan setelah beban diberikan.



Gambar 3. Lendutan pada rangka batang dengan geometris tetap (Sumber : Roylance, 2000 ; 6)

Prategang Pada Rangka Batang

Efektifitas dari prategang rangka bergantung pada desain dari rangka terhadap performa struktur, prategang rangka dapat dibagi menjadi 2 tipe dasar :

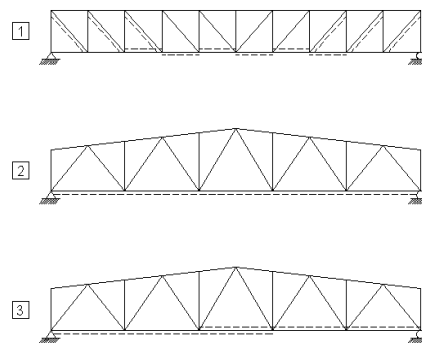
1. Rangka dimana kabelnya terletak di batasan dari batang yang paling besar menerima tegangan.
2. Rangka dimana kabelnya diletakkan di seluruh atau di sepanjang bentang dan diberikan prategang pada beberapa atau semua anggota rangka batang.

Prategang Pada Elemen Batang

Dalam rangka baja yang memiliki batang yang bereaksi tarik akibat pembebanan, tendon di pasang

sepanjang batang untuk memberi gaya tekan akibat prategang. Batang-batang tersebut diberi gaya prategang pada saat pelaksanaan fabrikasi atau selama proses pemasangan di tempat konstruksi. Jenis rangka baja berikut jauh lebih rumit dalam desain dan membutuhkan jangkar tendon yang jauh lebih banyak. Jenis rangka prategang seperti ini hanya efektif pada bentang panjang dan beban dimana setiap batang prategang adalah sebuah unit individual dari proses fabrikasi.

Penghematan dalam penggunaan prategang dengan menggunakan metode seperti ini dapat mencapai 10-15%. (Troitsky, 1990)



Gambar 4. Tipe pemasangan kabel prategang pada batang; 1). Pemasangan prategang pada batang-batang tarik rangka, 2). Pemasangan prategang sepanjang bentang rangka, 3). Pemasangan dua atau lebih prategang sepanjang bentang rangka (Sumber : Troitsky, 1990 ; 269)

Prategang Pada Struktur Rangka Batang

Pemberian prategang pada jenis rangka ini memberikan kemungkinan yang jauh lebih luas dalam hal konfigurasi kabel dan skema penempatan dari kabel tersebut dibandingkan dengan apabila prategang diberikan pada batang secara individual. Cara yang paling sederhana adalah ketika kabel diletakkan sepanjang bentang tarik dibentangkan melalui beberapa panel (gambar 4). Dalam hal ini kabel menciptakan prategang disepanjang panel tersebut dimana ia diletakkan, namun bagaimanapun juga batang rangka yang

lain tidak diprategang. Penghematan baja dapat mencapai 10-15%.

Desain Model Jembatan

Pembuatan *engineering model*, pada dasarnya adalah pembuatan sebuah duplikat dari suatu produk tertentu yang menunjukkan kinerja yang sama dengan produk aktual, yang disebut purwarupa (*prototype*) yang sedang didesain atau dikonstruksi.

Model harus memenuhi syarat akurasi sifat-sifat model dan ketahanan dalam lingkungan pengujian. Dalam pengujian ini, beberapa syarat yang diperhatikan adalah syarat akurasi presisi dengan mengusahakan untuk tetap

mempertahankan rasio geometris yang telah direncanakan dalam semua arah koordinat, syarat ketahanan-durabilitas, kontrukabilititas yang mudah, dan kemampuan model mempertahankan bentuknya.

Untuk mendisain jembatan rangka prategang diperlukan bahan struktur utama maupun alat-alat pendukung lainnya, agar fungsi dari model tersebut dalam pengujian dapat bekerja semestinya.

a. Struktur Utama

Struktur utama yang dimaksud di sini adalah struktur yang menjadi objek penelitian yang dilakukan, dalam hal ini adalah Jembatan itu sendiri. Struktur utama harus sudah tersedia terlebih dahulu sebelum alat-alat pendukung ditambahkan.

Pada dasarnya jembatan ini terdiri dari dua komponen utama yaitu rangka baja dan kabel prategang.

450 × 90 × 40 cm dan sling dengan diameter 0.5 cm sebagai kabel prategang.

b. Pendukung Struktur

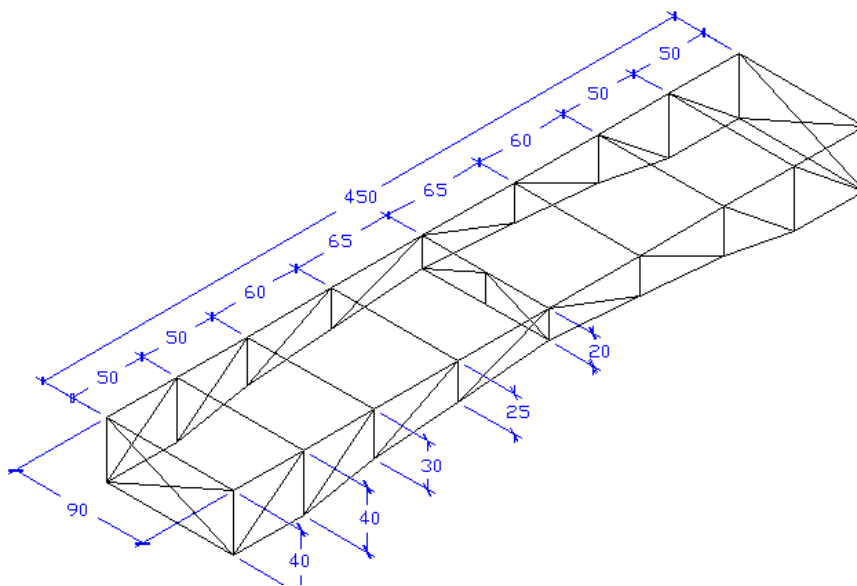
Yang dimaksud pendukung struktur dalam model jembatan rangka prategang adalah semua bahan-bahan yang digunakan untuk membantu pengujian baja siku untuk pemasangan kabel pada rangka jembatan, klem, baut, mur, dan lain-lain.

c. Detail Struktur (asesoris)

Detail atau asesoris model jembatan merupakan alat-alat yang dapat digunakan untuk pengujian model baik secara langsung maupun tak langsung. Secara langsung maksudnya digunakan langsung pada benda uji, misalnya *load cell*, *profing ring*, dan tumpuan sendi-rol. Secara tak langsung artinya alat-alat yang digunakan sebagai pelengkap model atau untuk menempatkan pengukuran benda uji, misalnya: tempat kedudukan dial pembebanan, rel penggeseran tumpuan, balok-balok beton sebagai pemberat tumpuan dan lain sebagainya.

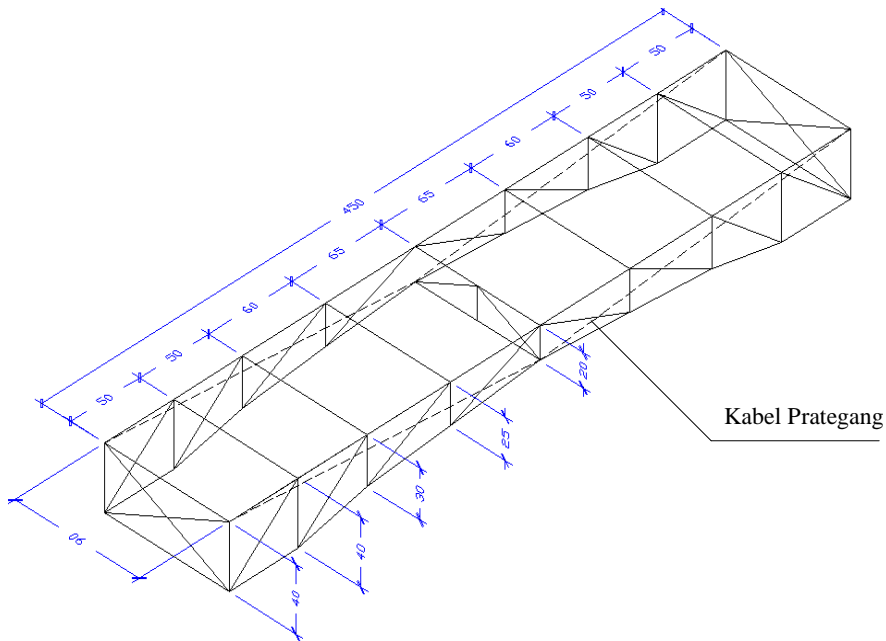
METODOLOGI

Rancangan Model Jembatan Jembatan Rangka Baja



Gambar 5. Model Jembatan Rangka Baja

Jembatan Rangka Prategang



Gambar 6. Model Jembatan Rangka Baja Prategang

Rancangan Pembebanan

Tabel 1. Perlakuan terhadap model jembatan dalam percobaan pembebanan di laboratorium

No.	Model	Gaya Prategang Acuan (kg)	Beban Terpusat (kg)
1	Jembatan Rangka	-	0
2	Jembatan Rangka	-	46
3	Jembatan Rangka	-	92
4	Jembatan Rangka	-	138
5	Jembatan Rangka	-	0
6	Jembatan Rangka Prategang	I	0
7	Jembatan Rangka Prategang	I	46
8	Jembatan Rangka Prategang	I	92
9	Jembatan Rangka Prategang	I	138
10	Jembatan Rangka Prategang	I	0
11	Jembatan Rangka Prategang	II	0
12	Jembatan Rangka Prategang	II	46
13	Jembatan Rangka Prategang	II	92
14	Jembatan Rangka Prategang	II	138
15	Jembatan Rangka Prategang	II	0
16	Jembatan Rangka Prategang	III	0
17	Jembatan Rangka Prategang	III	46
18	Jembatan Rangka Prategang	III	92
19	Jembatan Rangka Prategang	III	138
20	Jembatan Rangka Prategang	III	0

Besarnya gaya prategang acuan I diperoleh melalui percobaan yang dilakukan di laboratorium. Pada percobaan ini gaya prategang acuan I merupakan gaya prategang yang mengakibatkan model jembatan rangka prategang mengalami lendutan ke atas sebesar lendutan ke bawah yang terjadi akibat pemberian beban 46 kg pada model jembatan rangka.

Sedangkan gaya prategang acuan II dan III adalah variasi gaya prategang yang diberikan pada model jembatan rangka prategang yang merupakan kelipatan pertama gaya prategang acuan I.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang berubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah besarnya beban terpusat yang dibeban pada struktur model jembatan rangka baja.
2. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah besarnya lendutan gaya prategang.

PEMBAHASAN

Lendutan maksimum

Tabel 2. Prosentase penurunan lendutan akibat pembebanan dan pemberian gaya prategang

Nomor gaya prategang	Beban (kg)	Lendutan		Selisih lendutan akibat peningkatan beban			Prosentase penurunan lendutan (%)
		rangka (mm)	prategang (mm)	rangka (mm)	prategang (mm)	penurunan (mm)	
-242,357	0	0,000	0,460				
	46	-0,460	0,020	0,460	0,440	0,020	4,348
	92	-1,040	-0,530	0,580	0,550	0,030	5,172
	138	-1,600	-1,080	0,560	0,550	0,010	1,786
-484,714	0	0,000	0,990				
	46	-0,460	0,540	0,460	0,450	0,010	2,174
	92	-1,040	0,010	0,580	0,530	0,050	8,621
	138	-1,600	-0,520	0,560	0,530	0,030	5,357
-727,071	0	0,000	1,540				
	46	-0,460	1,110	0,460	0,430	0,030	6,522
	92	-1,040	0,590	0,580	0,520	0,060	10,345
	138	-1,600	0,080	0,560	0,510	0,050	8,929

Beban yang diberikan kepada jembatan akan menyebabkan perpindahan yang terjadi pada titik buhul jembatan. Perpindahan titik buhul akibat pembebanan ini disebut dengan lendutan. Lendutan maksimum adalah lendutan yang menyebabkan terjadinya perpindahan yang paling besar pada buhul jembatan. Karena pada percobaan ini beban yang dikerjakan pada jembatan

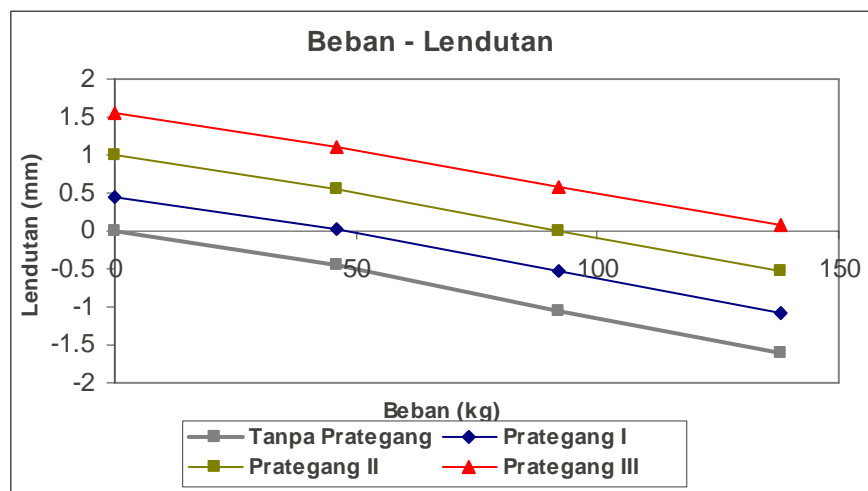
merupakan beban terpusat yang diletakkan pada tengah-tengah bentang jembatan maka lendutan maksimum akan terjadi tepat ditengah-tengah jembatan.

Dalam usaha untuk mengurangi lendutan yang terjadi akibat beban yang terpusat di tengah-tengah jembatan, digunakan kabel prategang internal tipe segitiga yang dipasang di kedua sisi gelagar induk model jembatan. Dalam

Tabel 2 akan dapat diketahui perbandingan besarnya lendutan yang terjadi pada model jembatan rangka tanpa kabel prategang dan model jembatan rangka dengan kabel prategang.

Dari Tabel 2. diatas pada jembatan rangka tanpa prategang akan terlihat dengan bertambahnya beban yang diberikan pada jembatan maka lendutan yang terjadi pun akan semakin besar. Peningkatan besarnya lendutan rata-rata yang terjadi pada jembatan rangka sebesar 0,533 mm. Apabila kita tinjau pada jembatan rangka prategang maka

peningkatan lendutan yang terjadi akan lebih kecil dari peningkatan lendutan yang terjadi pada jembatan rangka, dimana peningkatan lendutan rata-ratanya sebesar 0,501mm. Sehingga pada jembatan rangka akibat adanya penambahan kabel prategang akan menyebabkan jembatan mengalami pengurangan peningkatan lendutan. Selisih penurunan lendutan yang terjadi akibat jembatan rangka tanpa prategang dan jembatan rangka dengan prategang akan berkisar antara 0,01 – 0,06 mm.



Gambar 7. Grafik lendutan model jembatan rangka tanpa prategang dan dengan prategang

Adanya variasi dari pemberian gaya prategang juga mengakibatkan prosentase penurunan lendutan yang bervariasi antara 1,786 % – 10,345 %. Karena kondisi pengujian jembatan yang masih dalam keadaan elastis maka persamaan betty-maxwell berlaku, dimana pada kondisi elastis perubahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur masih bersifat perkalian linier. Sehingga prosentase penurunan lendutan rata-rata yang terjadi sebesar 5,917 %.

Pada prategang yang pertama pemberian beban 0 kg akan menyebabkan lendutan sebesar 0,46 mm, sedangkan pada saat pemberian beban maksimum 138 kg akan menyebabkan lendutan sebesar -1,080 mm. Sedangkan untuk prategang ketiga pada saat beban

dikerjakan 0 kg akan menghasilkan lendutan 1,540 dan saat beban maksimum lendutan yang terjadi sebesar 0,08 mm. Pemberian beban 0 kg pada kondisi prategang yang kedua akan menghasilkan lendutan keatas sebesar 0,99 mm sedangkan pada kondisi beban yang maksimum yaitu beban 138 kg akan menyebabkan jembatan mengalami penurunan lendutan menjadi sebesar -0,520 mm. Pada prategang yang kedua ini kisaran lendutan yang terjadi -0,520 mm sampai 0,99 mm merupakan kisaran yang terkecil dibandingkan dengan prategang yang pertama dan ketiga.

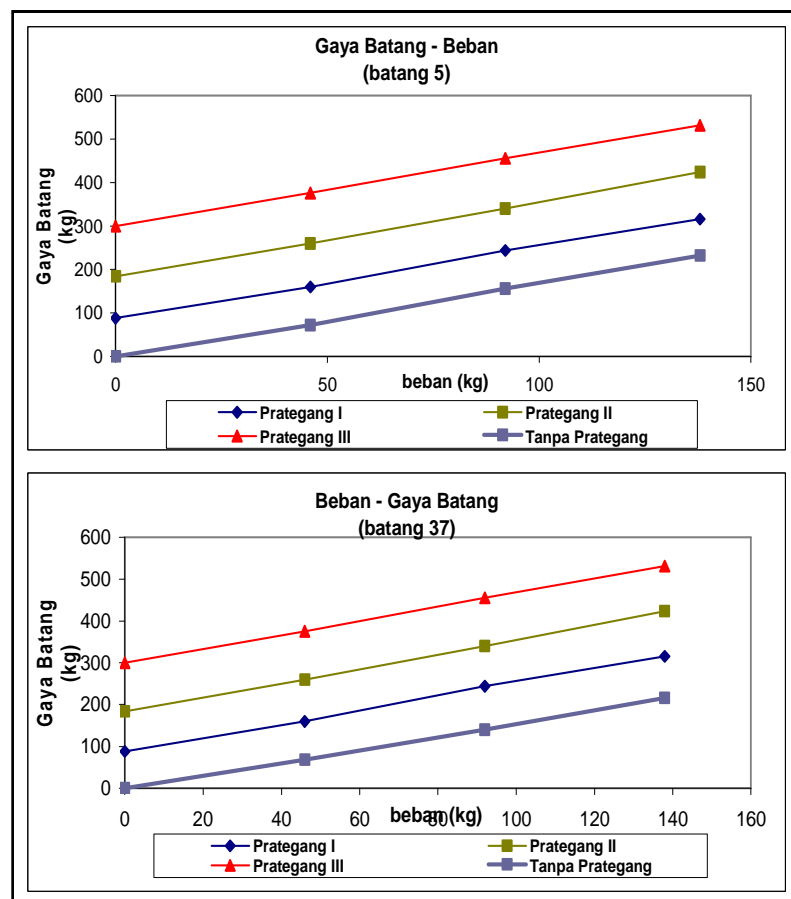
Gaya batang pada batang lemah

Gaya batang merupakan gaya aksial yang terjadi pada elemen struktur

rangka batang akibat pemberian gaya-gaya luar pada struktur rangka batang yang merupakan struktur gelagar induk model jembatan. Sedangkan yang dimaksud dengan batang lemah pada percobaan ini adalah batang-batang yang memiliki nilai tegangan terbesar sebagai akibat dari pemberian beban luar dan pemberian gaya prategang pada model jembatan dalam hal ini adalah batang 5 dan 37.

Dari Grafik dibawah dapat dilihat hubungan gaya – gaya batang model jembatan yang terjadi pada batang batang lemah. Dengan pemberian prategang internal tipe segitiga pada model

jembatan sehingga perilaku batang – batang lemah model jembatan melendut keatas tetapi dalam kondisi tekan. Dengan pemberian beban akan terjadi peningkatan gaya batang (gaya tekan) yang menyebabkan batang – batang lemah pada model jembatan prategang akan memiliki nilai gaya batang yang lebih besar dari gaya batang yang terjadi pada model jembatan tanpa prategang. Sehingga dengan pemberian gaya prategang internal tipe segitiga akan menyebabkan peningkatan gaya-gaya batang pada batang lemah model jembatan.



Gambar 8. Grafik gaya batang pada batang terlemah model jembatan rangka tanpa prategang dan dengan prategang

Tegangan Pada Batang Lemah

Metode analisis data-data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode elastis sehingga kondisi akhir

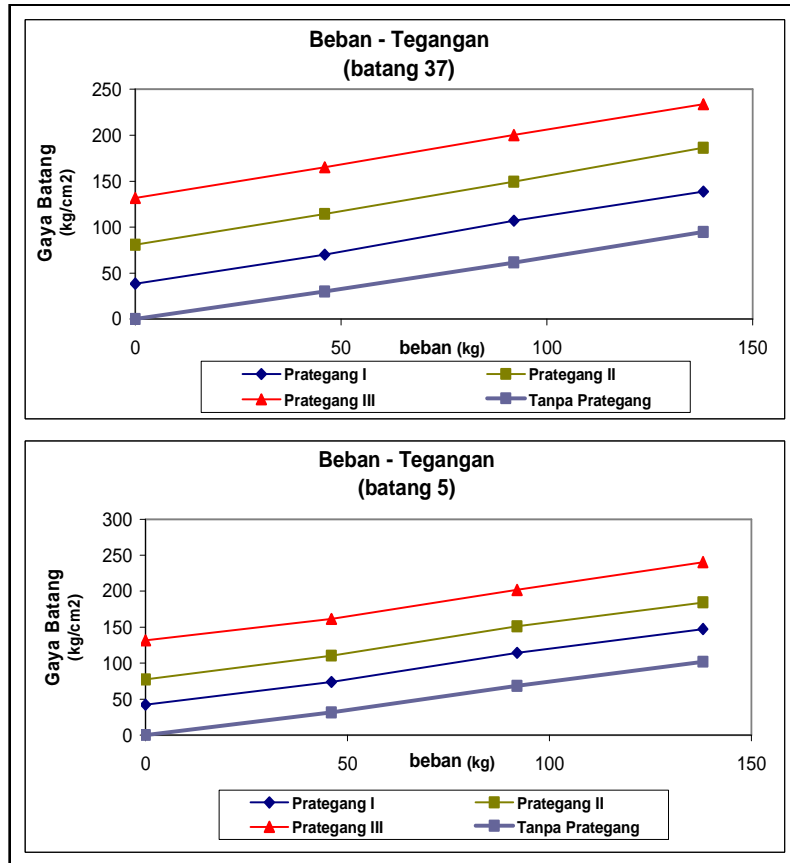
model jembatan setelah percobaan dilakukan masih dalam keadaan elastis.

Dari keseluruhan percobaan yang dilakukan besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada batang lemah setelah

dikalikan faktor tekuk adalah sebesar 240,625 kg/cm² yang terjadi saat prategang yang ketiga. Sedangkan pada kabel tegangan maksimum yang terjadi adalah sebesar:

$$= \frac{P_{maks}}{A_{kabel}}$$

$$= \frac{740,090}{0,196} = 3775,970 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 9. Grafik tegangan pada batang lemah model jembatan rangka tanpa prategang dan dengan prategang

Gaya prategang

Hasil analisis dengan STAADPro 2004

Tabel 3. Variasi gaya prategang acuan hasil analisis dengan menggunakan STAADPro 2004

Nomor Gaya Prategang	Gaya Prategang Awal (kg)	Gaya Prategang Acuan (kg)
I	-257,242	-242,448
II	-514,487	-484,896
III	-771,731	-727,344

Dalam STAADPro gaya prategang tidak dapat ditentukan secara langsung seperti menentukan gaya prategang pada percobaan di laboratorium. Hal ini disebabkan karena

gaya prategang yang hilang ikut mempengaruhi gaya prategang pada kabel, sehingga untuk mendapatkan gaya prategang acuan maka harus ditentukan terlebih dahulu gaya prategang awal yang

bekerja. Penentuan gaya prategang yang terjadi dilakukan dengan *trial and error* dengan perlawanan terhadap besar lendutan yang terjadi akibat pembebanan 46 kg pada jembatan rangka tanpa prategang. Sehingga besarnya gaya prategang acuan lebih kecil dari prategang awal yang terjadi.

Gaya prategang acuan pada percobaan di laboratorium ditentukan dengan melakukan perlawanan lendutan yang terjadi akibat beban 46 kg, sehingga prategang yang dibutuhkan untuk mengembalikan jembatan pada kondisi lendutan 0 mm. Gaya prategang yang terbaca pada *loadmeter* inilah yang disebut gaya prategang acuan.

Hasil percobaan di laboratorium

Tabel 4. Variasi gaya prategang acuan hasil percobaan di laboratorium

Nomor Gaya Prategang	Gaya Prategang Acuan (kg)
I	-242,357
II	-484,714
III	-727,739

Gaya prategang efektif

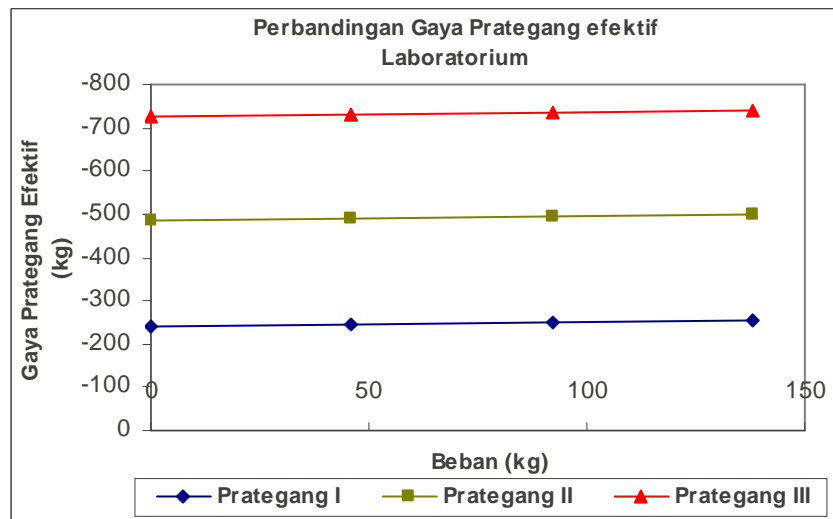
Gaya prategang efektif adalah besarnya gaya tarik yang terjadi pada kabel prategang akibat adanya pembebanan pada model jembatan rangka prategang. Gaya prategang efektif sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan pada model jembatan rangka prategang.

Tabel 5 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan gaya prategang pada kabel prategang akibat pemberian beban. Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa besarnya peningkatan gaya prategang efektif yang terjadi akibat peningkatan beban sebesar 46 kg adalah sama pada setiap nomor gaya prategang. Dari Tabel 5 besarnya prosentase peningkatan prategang rata-rata adalah sebesar 1,469 % dari gaya prategang acuan pertama sebesar 242,357 kg.

Peningkatan gaya prategang tersebut terjadi akibat adanya perubahan bentuk struktur rangka batang model jembatan akibat proses pembebanan. Sedangkan nilai peningkatan prategang yang bervariasi pada hasil percobaan ini disebabkan karena pengaruh faktor kalibrasi alat. *Loadcell* yang digunakan pada percobaan ini adalah dua buah *loadcell* yang memiliki kapasitas yang berbeda sehingga faktor kalibrasi alatnya berbeda. Sehingga besarnya gaya prategang yang terbaca pada *loadmeter* yang terhubung dengan *loadcell* 1 dengan kapasitas 5 ton dan *loadcell* 2 dengan kapasitas 10 ton tidak sama. Nilai gaya prategang yang ditampilkan pada Tabel 4.25 merupakan nilai rata-rata gaya prategang yang terbaca pada *loadcell* 1 dan *loadcell* 2.

Tabel 5. Prosentase peningkatan gaya prategang akibat pembebanan

Nomor Gaya Prategang	Gaya Prategang Acuan (kg)	Beban (kg)	Gaya Prategang efektif (kg)	Peningkatan Gaya Prategang (kg)	Prosentase Peningkatan Prategang (%)
I	-242,357	0	-242,357	-3,004	1,24
		46	-245,361	-3,672	1,52
		92	-249,033	-4,006	1,65
		138	-253,039		
II	-484,714	0	-484,714	-4,006	1,65
		46	-488,720	-4,006	1,65
		92	-492,726	-4,673	1,93
		138	-497,399		
III	-727,071	0	-727,739	-3,672	1,52
		46	-731,411	-4,173	1,72
		92	-735,583	-4,507	1,86
		138	-740,090		



Gambar 10. Grafik gaya prategang efektif pada batang lemah model jembatan rangka tanpa prategang dan dengan prategang

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah:

- Variasi pembebanan yang dikerjakan pada model jembatan akan menyebabkan peningkatan gaya prategang secara konstan dengan syarat beban yang diberikan tidak melebihi batas elastis yang bisa ditahan model jembatan. Variasi pembebanan dari percobaan ini merupakan kelipatan 46 kg, dengan beban terkecil 0 kg dan beban

maksimum 138 kg. Gaya prategang acuan pertama merupakan gaya prategang yang dipergunakan untuk melawan lendutan yang diakibatkan oleh oleh beban 46 kg. Dari proses *jacking* untuk gaya prategang acuan pertama diperoleh gaya prategang sebesar 242,357 kg, dimana dengan variasi pembebanan akan terjadi peningkatan gaya prategang rata-rata sebesar 1,469 % secara konstan.

2. Besarnya gaya prategang yang dikerjakan pada model jembatan rangka, tidak mempengaruhi prosentase penurunan lendutan dengan variasi pembebanan tertentu. Dimana prosentase penurunan yang terjadi akan bersifat konstan, selama pada saat pengujian kondisi jembatan masih dalam kondisi elastis. Besarnya prosentase penurunan lendutan akan dipengaruhi oleh tipe prategang yang diberikan. Pada percobaan pembebanan model jembatan rangka baja tipe semi parabol jenis N terbalik, pemberian kabel prategang internal tipe segitiga mengakibatkan besarnya peningkatan lendutan akibat variasi beban terpusat 46 kg yang terjadi pada model jembatan rangka mengalami penurunan sebesar 5,917 % dari besarnya peningkatan lendutan akibat penambahan beban pada model jembatan rangka sebelum penambahan kabel prategang.
3. Besarnya gaya prategang yang diberikan pada kabel prategang akan mempengaruhi besarnya lendutan yang terjadi pada jembatan rangka. Gaya prategang yang terlalu besar dapat mengakibatkan lendutan ke atas yang besar ketika beban minimum pada jembatan bekerja. Akan tetapi gaya prategang yang terlalu kecil juga dapat mengakibatkan lendutan ke bawah yang sangat besar pula ketika beban maksimum pada jembatan bekerja. Pada percobaan ini besarnya gaya prategang yang menghasilkan lendutan terkecil baik berupa lendutan ke atas maupun lendutan ke bawah ketika beban minimum dan maksimum bekerja adalah sebesar 484,714 kg. Sedangkan prosentase penurunan lendutan yang terjadi dari penelitian ini berkisar antara 1,786 % sampai 10,345 % dari gaya prategang acuan pertama 242,357 kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

sebagai tempat pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (BMS)*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Binamarga.
- Troitsky, M.S. 1990. *Prestressed Steel Bridges Theory and Design*. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Soemono. 1979. *Statika 2*. Bandung : ITB.
- Roylance, David. 2000. *Trusses*. Cambridge, Department of Materials science and Engineering. wwwcse.ucsd.edu/users/atkinson/fe/lt/Truss.pdf
- Xanthakos. 1973. *Theory and Design Bridges*. New York : John Wiley and Sons. Inc.
- Anonim. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional
- Taly, Narendra. 1998. *Design Of Modenn Highway Bridges*. Jonh Wiley and Sons. Canada