

ANALISIS ALTERNATIF PERKUATAN JEMBATAN RANGKA BAJA (STUDI KASUS : JEMBARAN RANGKA BAJA SOEKARNO-HATTA MALANG)

Nawir Rasidi, Diana Ningrum, Lalu Gusman S.W

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang
Jl. Telaga Warna Tlogomas, Malang 65114, Indonesia
e-mail : lalugusman@gmail.com*

Abstrak

Jembatan merupakan sebuah struktur yang sangat penting sebagai penghubung jalan yang terputus akibat rintangan-rintangan. Dengan semakin meningkatnya beban yang diterima jembatan dan umur jembatan semakin sedikit ataupun habis, menyebabkan kekuatan berkurang dan terjadinya lendutan yang maksimal. Diperlukan rehabilitasi dengan cara memperkuat konstruksi, salah satu caranya adalah memberikan prategang eksternal yang akan melawan lendutan yang terjadi. Dari hasil analisis menggunakan STAAD Pro terhadap jembatan suhat bentang 60 meter didapatkan besar lendutan terhadap beban mati dan beban hidup sebesar 11,72 cm dengan lendutan maksimum izin 6 cm maka lendutan yang terjadi melebihi lendutan yang diizinkan sehingga perlu dilakukan perkuatan dengan cara prategang eksternal. Dua buah model perkuatan prategang eksternal yang dilakukan yaitu prategang eksternal tanpa batang penyokong dan prategang eksternal dengan batang penyokong. Dengan model pertama didapatkan besar lendutan yang memenuhi syarat aman yaitu sebesar 58,489 mm (kebawah) dengan gaya prategang yang harus diberikan adalah 10.000 kN dengan strand gabungan terdiri dari 7 buah tendon, 1 tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 15,25. Untuk kondisi lendutan akibat beban mati dan gaya prategang adalah sebesar 6,173 mm (kebawah). Sedangkan untuk model kedua didapatkan besar lendutan yang memenuhi syarat aman yaitu sebesar 54,649 mm (kebawah) dengan gaya prategang yang harus diberikan sebesar 7.000 kN dengan strand gabungan terdiri dari 7 buah tendon, 1 tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 12,27 mm. Untuk kondisi lendutan akibat beban maati dan gaya pratengan saja didapatkan sebesar 2,334 mm (kebawah). Dari kedua model perkuatan tersebut dapat memberikan keamanan kepada jembatan rangka baja tersebut, namun dari kedua model tersebut model yang paling efisien adalah model kedua yaitu prategang eksternal dengan batang penyokong dikarenakan dengan gaya prategang yang kecil dan diameter yang kecil dapat memberikan lawan lendutan yang lebih aman dari pada model kedua.

Kata kunci: *Jembatan rangka baja, perkuatan, prategang eksternal, lendutan.*

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan sebuah struktur yang sangat penting berfungsi sebagai penghubung jalan yang terputus akibat rintang yang ada seperti sungai, laut dan sebagainya. Melihat akan pentingnya suatu jembatan maka perencanaan dan pembangunan jembatan di daerah-daerah harus diadakan demi kelancaran aktifitas masyarakat, perawatan dan rehabilitasi jembatan juga harus dilakukan dengan baik terhadap

jembatan-jembatan yang sudah ada demi tercapainya umur rencana jembatan.

Dilihat dari umum jembatan Soekarno-Hatta Malang sudah lebih 20 tahun dan hasil uji forensik dari tim Brawijaya yang telah menyimpulkan bahwa jembatan rangka baja tersebut sudah melemah kekuatan yang tersisa tinggal 30% saja, dengan besar lendutan yang

terjadi tanpa beban hidup 18,5 cm dan dengan beban hidup 21 cm.

Hal tersebut menjadi dasar dilakukannya analisis alternatif perkuatan jembatan rangka baja tersebut, dengan cara menerapkan perkuatan dengan prategang eksternal. Yang nantinya akan dianalisis bagaimana model perkuatan, besar lendutan yang terjadi yang diizinkan serta perkuatan mana yang lebih efisien.

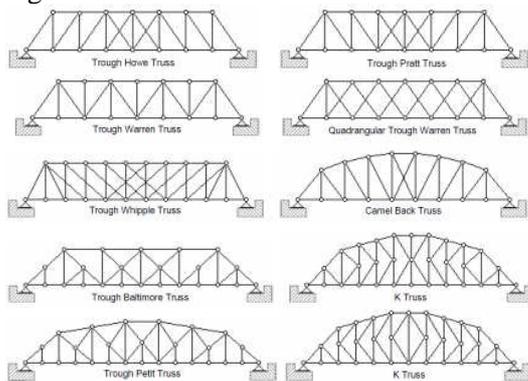
TUJUAN

- 1) Mencari alternatif perkuatan jembatan rangka baja Soekarno Hatta Malang.
- 2) Mendapatkan desain alternatif perkuatan yang akan dipakai.
- 3) Mengetahui alternatif mana yang lebih efisien untuk perkuatan jembatan rangka baja tersebut.

LANDASAN TEORI

Jembatan rangka baja adalah suatu struktur jembatan yang bahan dasarnya menggunakan profil dari baja, dimana pada arah melintang diperoleh bentuk segitiga diatas pemikul-pemikul lintangnya.

Tipe-tipe jembatan rangka seperti terlihat dalam gambar berikut :



Gambar 2.1 Tipe-tipe jembatan rangka (lanjutan)

Sumber :

<http://okbridges.wkinsler.com/technology/index.html>

Peraturan-Peraturan

Dalam penelitian ini, peraturan-peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. RSNI T-03-2005 “Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan”.

2. RSNI T-02-2005 “Pembebanan Untuk Jembatan”.
3. Sistem Manajemen Jembatan Direktorat Jendral Bina Marga “Panduan Pemeliharaan Dan Rehabilitas Jembatan”.
4. MANUAL, Konstruksi dan Bangunan No.004/BM/2009 “Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja” Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
5. PEDOMAN, Konstruksi dan Bangunan Pd T-03-2004-B “Perkuatan Jembatan Rangka Baja Australia dengan Metode Prategang Eksternal” Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Persyaratan Lendutan

Besarnya lendutan maksimum yang diizinkan adalah proposional sesuai dengan bentang jembatan yang bersangkutan yaitu $1/800 \times$ bentang, kecuali pada jembatan di daerah perkotaan yang sebagai jalur digunakan pejalan kaki, batasan tersebut adalah $1/1000 \times$ bentang. (RSNI T-03-2005)

Untuk menganalisis lendutan akan dilakukan dengan alat bantu *software STAAD-Pro* terhadap beban yang akan diterima.

Perkuatan Jembatan

Perkuatan merupakan kegiatan mengembalikan kapasitas muat jembatan seperti kondisi desain awal (No. 004/BM/2009”*Manual Konstruksi dan Bangunan*”)

Peningkatan beban dan volume lalu lintas dan pelapisan ulang perkerasan aspal di jembatan yang berlebihan, serta penurunan mutu konstruksi jembatan dengan berjalan waktu berpengaruh pada peningkatan tegangan elemen rangka batang jembatan dan bertambah besarnya lendutan yang terjadi. Suatu usaha untuk meningkatkan daya layan dan kapasitas jembatan akibat hal tersebut diatas adalah dengan menerapkan perkuatan jembatan dengan menggunakan metode prategang eksternal.

Ketentuan Metode Perkuatan

(No.004/BM/2009)

Prategang Eksternal

Tujuan :

Memberikan suatu gaya tekan internal pada struktur jembatan melalui perantara kabel baja mutu tinggi yang ditegangkan untuk mereduksi tegangan yang terjadi pada elemen rangka batang dan memberikan suatu lawan lendut tambahan.

METODE

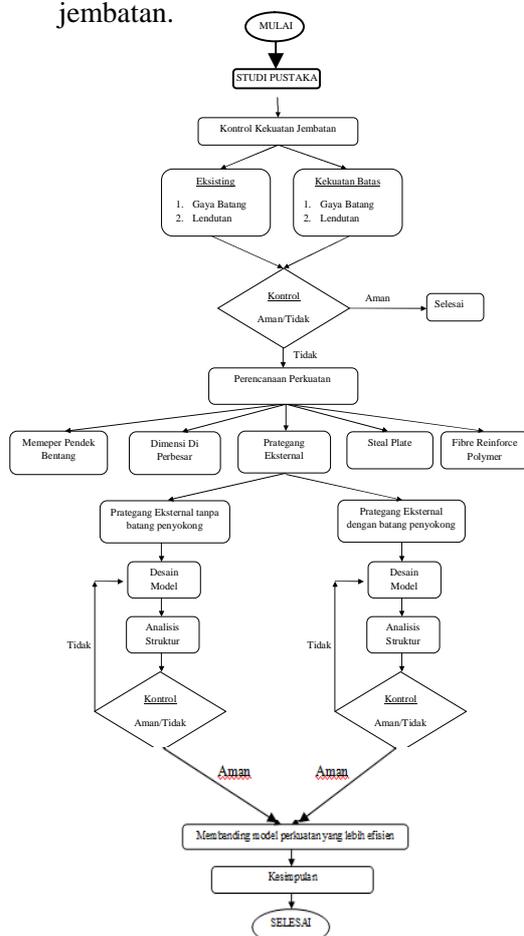
Pengumpulan Data

Ada beberapa cara yang dilakukan untuk memperoleh data, yaitu antara lain:

- 1) Studi Pustaka : data-data yang diperoleh melalui literatur-literatur yang ada dan melalui internet.
- 2) Studi Lapangan : data-data yang diambil secara langsung di lokasi penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Gambar rencana dan kondisi eksisting Jembatan Soekarno Hatta.
- b. Data teknis jembatan.
- c. Data literatur yang berhubungan dengan analisis struktur jembatan dan perkuatan jembatan.



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

Rancangan Pelaksanaan Penelitian

Perhitungan pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan dalam analisis ini meliputi:

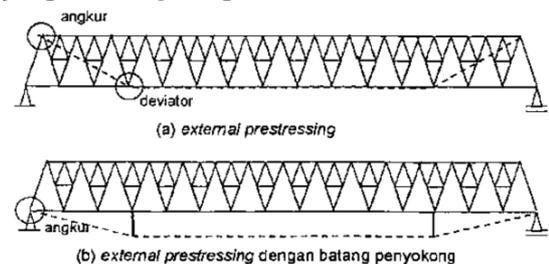
- ❖ Beban mati
- ❖ Beban mati tambahan
- ❖ Beban lajur “D”
- ❖ Beban bergerak (beban truk “T”)
- ❖ Gaya rem
- ❖ Beban angin
- ❖ Beban gempa : Horizontal dan Vertikal

Kontrol Kekuatan Eksisting

Perhitungan gaya-gaya batang dan besar lendutan menggunakan *software Staad Pro*. Dikontrol dengan besar lendutan hasil uji forensik yaitu sebesar 21 sentimeter serta hasil perhitungan gaya-gaya batang dengan mutu bajanya dikurangkan akibat kelelahan.

Desain perkuatan

Desain model perkuatan berdasarkan di desain berdasarkan MANUAL Konstruksi dan Bangunan No. 004/BM/2009 “*Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja*” yang dikeluarkan oleh Kementerian Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu perkuatan dengan prategang eksternal, yang terdiri dari dua tipe yaitu tipe *external prestressing* dan tipe *external prestressing* dengan batang penyokong, seperti yang terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Model perkuatan prategang eksternal

Sumber: Manual Permeriksaan Jembatan Rangka Baja

Perencanaan peralatan yang digunakan pada perkuatan ini seperti kabel prategang (strand), anker dan deviator serta batang penyokong akan dilakukan dengan cara coba-coba dari dimensi yang tersedia.

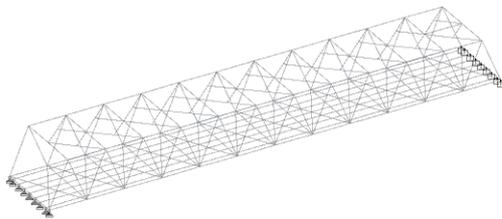
Analisis perkuatan

Untuk menganalisis kekuatan jembatan tersebut, digunakan alat bantu perangkat lunak komputer atau *software* yaitu *STAAD Pro*, yang telah teruji sebagai perangkat lunak rancang bangun struktur di dunia.

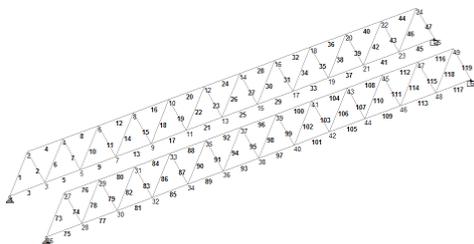
Perhitungan Efisiensi

Dilakukan untuk menentukan model kekuatan mana yang lebih efisien untuk dilakukan. Dilakukan dengan cara membanding antara kedua struktur kekuatan tersebut yaitu dengan gaya serta dimensi yang kecil dapat memberikan lawan lendutan yang diharapkan.

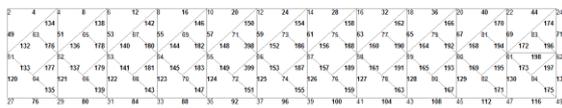
HASIL DAN PEMBAHASAN



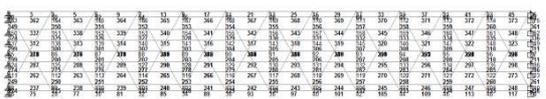
Gambar 4.1 Jembatan rangka baja jembatan soekarno hatta malang bentang 60 meter



Gambar 4.2 Rangka batang diagonal dan batang horizontal atas dan bawah



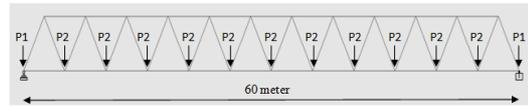
Gambar 4.3 Batang horizontal atas dan ikatan angin atas



Gambar 4.4 Batang diagonal bawah, gelagar melintang, gelagar memanjang dan ikatan angin bawah

Perhitungan Pembebanan

Pembebanan Jembatan Soekarno Hatta Bentang 60 meter



Gambar 4.5 Letak pembebanan akibat beban mati pada rangka utama

Beban Mati

❖ P1 Mati

➤ Berat trotoar

Diketahui :

Tebal pelat = 0,47 m

Lebar = 1 m

Panjang = 2,5 m

Berat pejalan kaki q = 500 kg/m²

- Berat pelat trotoar = 0,47 x 1 x 2,5 x 2.400 x 1,3 = 3.666 kg
- Berat pejalan kaki = 500 x 2,5 x 1,8 x 1 = 2.250 kg

➤ Berat pelat lantai kendaraan

Diketahui :

Tebal pelat pinggir = 0,18 m

Tebal pelat tengah = 0,27 m

Lebar = 7 m

Panjang = 5 m

Maka berat pelat lantai kendaraan sebesar

$$-\left(\frac{0,18 + 0,27}{2}\right) \times \left(\frac{7}{2}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right) \times 2.400 \times 1,3 = 6.142,5 \text{ kg}$$

➤ Berat gelagar melintang

Diketahui :

Gelagar melintang pertama/terakhir =

LX₄ = 1.446 kg

Maka berat gelagar melintang

= 1/2 x 1.446 x 1,1 = 795,3 kg

➤ Berat gelagar memanjang

Diketahui :

Berat gelagar memanjang = 61 lb/ft

= 90,829kg/m

Jumlah gelagar = 7 buah

Panjang = 5 m

Maka berat gelagar memanjang

= 90,829 x (5/2) x (7/2) = 794,754 kg

➤ Berat aspal

Diketahui :

Tebal aspal = 0,05 m

Panjang = 5 m

Lebar = 7 m

Maka berat aspal
 $= 0,05 \times (5/2) \times (7/2) \times 2.240 \times 1,3 =$
1.274 kg

- Berat tiang sandaran
 Diketahui :
 Berat satu buah tiang sandaran sepanjang
 satu buah rangka = $TR_1 = 33$ kg (dari
 gambar)
 Jumlah tiang = 2 buah
 Maka berat tiang sandaran = $(1/2) \times 33 \times$
 $2 \times 1,1 = \mathbf{36,3}$ kg

Jadi P1 Mati = 5.916 + 6.142,5 + 795,3 +
794,754 + 1.274 + 36,3 = 14.958,85 kg

P rangka

P rangka adalah beban yang diakibatkan
 berat sendiri struktur rangka batang
 tersebut.

PROFIL

CHORUS	JUMLAH	BERAT PER BATANG Kg	BERAT TOTAL Kg
LC ₁	4	538	2.152
LC _{1A}	4	519	2.076
LC ₂	4	657	2.628
LC _{2A}	4	634	2.536
LC ₇	8	923	7.384
LC ₈	14	1.117	15.638
LC ₉	8	1233	9.864
<u>Jumlah</u>			42.278

DIAGONALS	JUMLAH	BERAT PER BATANG Kg	BERAT TOTAL Kg
LD ₁	24	447	10.728
LD _{2Y}	8	534	4.272
LD _{3X}	8	639	5.112
LD _{4X}	4	1.491	5.964
LD _{5X}	4	744	2.976
<u>Jumlah</u>			29.052

Sumber : Gambar desain jembatan

Berat rangka total = 42.278 + 29.052 =
71.330 kg

- **Berat pelat penyambung**
+ ikatan angin
 $= 20\% \quad X \quad 71.330$
 $= \mathbf{14.266} \quad \mathbf{Kg}$
- P**
rangka
total
 $= \mathbf{85.596} \quad \mathbf{Kg}$
- P**
 $= 85.596 \quad : \quad (8 \times 2)$

rangka

$= \mathbf{5.349,75} \quad \mathbf{Kg}$

P
P1
 $= \mathbf{P1} \text{ mati} \quad + \quad \mathbf{rangka}$
 $= 14.958,9 \quad + \quad 5.349,75$
 $= \mathbf{20.308,6} \quad \mathbf{Kg}$

❖ P2 Mati

- Berat trotoar
 Diketahui :
 Tebal pelat = 0,47 m
 Lebar = 1 m
 Panjang = 5 m
 Berat pejalan kaki q = 500 kg/m²
- Berat pelat trotoar
 $= 0,47 \times 1 \times 5 \times 2.400 \times 1,3 = 7.332$ kg
- Berat pejalan kaki
 $= 500 \times 5 \times 1,8 \times 1 = 4.500$ kg
 $= 11.832$ kg

- Berat pelat lantai kendaraan

Diketahui :
 Tebal pelat pinggir = 0,18 m
 Tebal pelat tengah = 0,27 m
 Lebar = 7 m
 Panjang = 5 m

Maka berat pelat lantai kendaraan sebesar
 $= \left(\frac{0,18 + 0,27}{2} \right) \times \left(\frac{7}{2} \right) \times 5 \times 2.400 \times 1,3 = \mathbf{12.285} \text{ kg}$

- Berat gelagar melintang
 Diketahui : Gelagar melintang
 pertama/terakhir = $LX_3 = 1.452$ kg
 Maka berat gelagar melintang
 $= \frac{1}{2} \times 1.452 \times 1,1 = \mathbf{798,6} \text{ kg}$
- Berat gelagar memanjang
 Diketahui :
 Berat gelagar memanjang = 61 lb/ft
 $= 90,829$ kg/m

Jumlah gelagar = 7 buah
 Panjang = 5 m

Maka berat gelagar memanjang
 $= 90,829 \times (5/2) \times (7/2) = \mathbf{794,754} \text{ kg}$

- Berat aspal
 Diketahui :
 Tebal aspal = 0,05 m
 Panjang = 5 m
 Lebar = 7 m
 Maka berat aspal
 $= 0,05 \times 5 \times (7/2) \times 2.240 \times 1,3 = \mathbf{2.548} \text{ kg}$

➤ Berat tiang sandaran

Diketahui : Berat satu buah tiang sadaran sepanjang satu buah rangka =

$$TR_1 = 33 \text{ kg (dari gambar)}$$

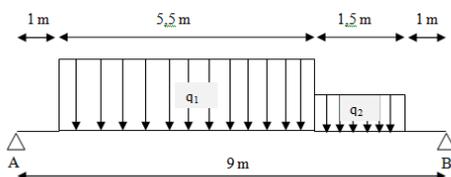
Jumlah tiang = 2 buah

Maka berat tiang sandaran

$$= 33 \times 2 \times 1,1 = 72,6 \text{ kg}$$

➤ Jadi P2 Mati = 11.832 + 12.285 + 798,6 + 794,754 + 2.548 + 72,6 = 28.330,95 kg

Beban Hidup



Gambar 4.6 pembebanan akibat beban "D"

➤ Beban lajur "D" terbagi rata (BTR)

$$L \leq 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \text{ kPa} \approx 900 \text{ kg/m}^2$$

$$L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \{ 0,5 + 15/L \} \text{ kPa}$$

Beban yang bekerja :

$$Q_{BTR} = q \times \lambda \times U; ; TD; \\ = 900 \times 5 \times 1,8 = 8.100 \text{ kg/m}$$

$$- q_1 = 100\% \times BTR \\ = 100\% \times 8.100 = 8.100 \text{ kg/m}$$

$$- q_2 = 50\% \times BTR \\ = 50\% \times 8.100 = 4.050 \text{ kg/m}$$

➤ Beban "D" garis terpusat (BGT)

Diketahui :

$$p = 49,0 \text{ kN/m} = 4.900 \text{ kg/m (SNI T-02-2005)}$$

$$FBD = 0,4 \text{ (SNI T-02-2005)}$$

$$P_{BGT} = (1 + FBD) \times p \times U; ; TD; \\ = (1 + 0,4) \times 4.900 \times 1,8 \\ = 12.348 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(V_A \times 9) - (q_1 \times 5,5 \times (\frac{5,5}{2} + 1,5 + 1)) - (q_2 \times 1,5 \times (\frac{1,5}{2} + 1)) = 0$$

$$V_A = \frac{(8.100 \times 5,5 \times (\frac{5,5}{2} + 1,5 + 1)) + (4.050 \times 1,5 \times (\frac{1,5}{2} + 1))}{9}$$

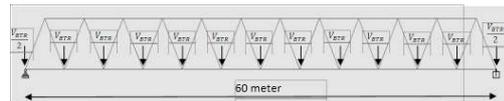
$$V_A = \frac{244.518,8}{9} = 27.168,75 \text{ kg}$$

maka : $V_{BTR} = 27.168,75 \text{ kg}$

(dibebankan pada titik simpul sepanjang bentang)

$$V_{BGT} = 12.348 \times (5/2) = 30.870 \text{ kg}$$

(dibebankan pada titik simpul terkeritis)



Gambar 4.7 letak pembebanan akibat beban hidup pada rangka utama

Analisis Kekuatan Jembatan Sebelum Diberikan Perkuatan (Eksisting)

Maka lendutan maksimum yang diizinkan jembatan rangka baja tersebut adalah sebesar:

- Jembatan rangka baja bentang 60 meter = 1/1000 x 6000 = 6 cm
- Lendutan Eksisting

1) Uji forensik

Dari hasil uji forensik yang dilaksanakan oleh tim UB didapatkan kondisi sekarang lendutannya sudah mencapai 18,7 sentimeter tanpa beban," Itu artinya, lengkungan 18,7 sentimeter terjadi karena Jembatan Suhat itu menahan bebannya sendiri," Dan jika Jembatan Suhat berada dalam kondisi macet, maka lendutannya menjadi 21 sentimeter.

Dari hasil uji forensic tersebut didapatkan satu buah kesimpulan bahwa kondisi jembatan sudah tidak aman lagi, dan perlu dilakukan perkuatan untuk mendukung beban sendiri ataupun beban kendaraan yang melintas.

2) Analisis

Analisis lendutan yang terjadi pada jembatan tersebut terhadap beban-beban yang ada dilakukan menggunakan alat bantu komputer menggunakan *software STAAD Pro*, dengan hasil sebagai berikut:

Didapatkan lendutan maksimum sebesar 117,2 mm akibat beban kombinasi (beban mati + beban hidup) yang terjadi pada titik simpul (*node*) 13. Maka dari analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa lendutan yang terjadi sudah melebihi dari batas lendutan, sehingga perlu dilakukan perkuatan untuk melawan lendutan tersebut.

Perhitungan gaya perkuatan

Model perkuatan prategang eksternal tanpa batang penyokong.

Besar gaya prategang diberikan dengan cara coba-coba sebesar $P = 1.000.000 \text{ kg}$ atau $P = 1.000 \text{ ton}$.

Maka didapatkan:

Gaya prategang arah vertikal ke bawah

($P \sin \alpha$):

- Mencari besar sudut (α) gaya prategang

Diketahui : Tinggi rangka

Jarak angker terhadap titik deviator = 12,5 m

Maka didapatkan besar sudut:

$$\alpha = \tan^{-1} (6/12.5) \\ = 25,64^\circ$$

- Mengitung besar gaya prategang vertikal ke bawah

$$P \sin \alpha = 1.000.000 \times \sin 25,64^\circ \\ = 430.000 \text{ kg}$$

Menghitung besar gaya prategang arah horizontal

$$P \cos \alpha = 1.000.000 \times \cos 25,64^\circ \\ = 900.000 \text{ kg}$$

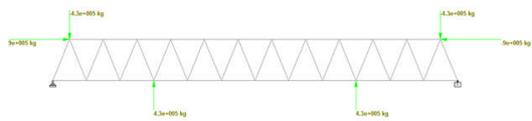
Batang horizontal atas ujung (LC₁A)

Tegangan sisa = 1207.01 ton

Batang Diagonal terakhir (LD₄X dan LD₅X)

LD₄X Tegangan sisa = 1331.01 ton

LD₅X Tegangan sisa = 1807.46 ton



Gambar 4.12 Gaya perkuatan dengan model prategang eksternal tanpa batang penyokong

Model perkuatan prategang eksternal dengan batang penyokong.

Besar gaya prategang diberikan dengan cara coba-coba sebesar $P = 700.000 \text{ kg}$ atau $P = 700 \text{ ton}$.

Maka didapatkan:

Gaya prategang arah vertikal ke bawah ($P \sin \alpha$):

- Mencari besar sudut (α) gaya prategang

Diketahui : Tinggi batang penyokong = 1 m

Jarak angker terhadap titik deviator = 15 m

Maka didapatkan besar sudut:

$$\alpha = \tan^{-1} (1/15) \\ = 3,82^\circ$$

- Mengitung besar gaya prategang vertikal ke bawah

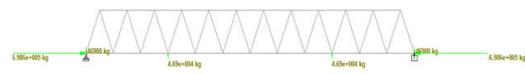
$$P \sin \alpha = 700.000 \times \sin 3,82^\circ \\ = 46.900 \text{ kg}$$

Menghitung besar gaya prategang arah horizontal

$$P \cos \alpha = 700.000 \times \cos 3,82^\circ \\ = 698.600 \text{ kg}$$

Batang horizontal bawah ujung (LC₂A)

Tegangan sisa = 1450.57 ton



Gambar 4.13 Gaya perkuatan dengan model prategang eksternal dengan batang penyokong

Setelah dianalisis didapatkan hasil sebagai berikut:

Model Perkuatan Prategang Eksternal Tanpa Batang Penyokong

Setelah dilakukan analisis dengan mengasumsikan beban mati dan beban hidup beserta gaya prategang bekerja secara keseluruhan dan bersamaan maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Besar lendutan yang terjadi = **58,489 mm (kebawah)**

Besar lendutan akibat beban mati dan perkuatan (tanpa ada beban hidup) = **6,173 mm (kebawah)**

Dari hasil analisis tersebut dapat dilihat bahwa: Besar lendutan maksimum > Besar lendutan yang terjadi **60 mm > 58,489 mm**, sehingga perkuatan tersebut dapat memberikan **keamanan**.

Model Perkuatan Prategang Eksternal dengan Batang Penyokong

Setelah dilakukan analisis dengan mengasumsikan beban mati dan beban hidup beserta gaya prategang bekerja secara keseluruhan dan bersamaan maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Besar lendutan yang terjadi = **54,649 mm (kebawah)**

Besar lendutan akibat beban mati dan perkuatan (tanpa ada beban hidup) = **2,334 mm (kebawah)**

Dari hasil analisis tersebut dapat dilihat bahwa: Besar lendutan maksimum > Besar lendutan yang terjadi **60 mm > 54,649 mm**, sehingga perkuatan tersebut dapat memberikan **keamanan**.

Mencari perkuatan yang lebih efisien

Didalam memilih perkuatan yang lebih efisien ditinjau dari sudut pandang struktur dengan cara membandingkan antara kedua struktur perkuatan tersebut seperti yang terlihat pada table dibawah ini:

Tabel Perbandingan struktur perkuatan

Prategang Eksternal Tanpa Batang Penyokong	Prategang Eksternal dengan Batang Penyokong
1. Gaya prategang = 10.000 kN	1. Gaya prategang = 7.000 kN
2. Besar lendutan akibat beban mati + beban mati + gaya prategang = 58,489 mm (kebawah)	2. Besar lendutan akibat beban mati + beban mati + gaya prategang = 54,649 mm (kebawah)
3. Besar lendutan akibat beban mati + gaya prategang = 6,173 mm (kebawah)	3. Besar lendutan akibat beban mati + gaya prategang = 2,334 mm (kebawah)
4. Tendon yang digunakan adalah tendon gabungan yang terdiri dari 7 buah terdon, 1 buah tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 15,25 mm	4. Tendon yang digunakan adalah tendon gabungan yang terdiri dari 7 buah terdon, 1 buah tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 12,27 mm
5. Deviator ditempel langsung pada titik buhul	5. Deviator dibantu batang penyokong berukuran 1 meter
6. Angker diposisikan pada titik buhul ujung atas	6. Angker diposisikan pada titik buhul ujung bawah

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Kedua bentuk desain perkuatan tersebut dapat memberikan keamanan dengan ketentuan sebagai berikut:
 - Perkuatan dengan model desain prategang eksternal tanpa batang penyokong
 - Stand yang digunakan adalah strand gabungan dengan selubuh proteksi korosi: 7 buah tendon dengan 1 buah tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 15,25 mm
 - Besar gaya prategang yang diberikan adalah 10.000 kN
 - Angkur dan deviator mengikuti desain yang sudah ada pada Pedoman Perkuatan Jembatan

Rangka Baja Australia Dengan Metode Prategang Eksternal.

- Perkuatan dengan model desain prategang eksternal tanpa dengan penyokong
 - Stand yang digunakan adalah strand gabungan dengan selubuh proteksi korosi: 7 buah tendon dengan 1 buah tendon terisi 7 buah kawat strand berdiameter 12,27 mm
 - Besar gaya prategang yang diberikan adalah 7.000 kN
 - Angkur dan deviator mengikuti desain yang sudah ada pada Pedoman Perkuatan Jembatan Rangka Baja Australia Dengan Metode Prategang Eksternal.
- Besarnya lendutan yang diberikan dari perkuatan tersebut adalah sebagai berikut:
 - Perkuatan dengan model desain prategang eksternal tanpa batang penyokong
 - Besar lendutan yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup serta gaya prategang = **58,489 mm (kebawah)**
 - Besar lendutan akibat beban mati dan perkuatan (tanpa ada beban hidup) = **6,173 mm (kebawah)**
 - 60 mm > 58,489 mm**, sehingga perkuatan tersebut dapat memberikan **keamanan**.
 - Perkuatan dengan model desain prategang eksternal dengan batang penyokong
 - Besar lendutan yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup serta gaya prategang = **54,649 mm (kebawah)**
 - Besar lendutan akibat beban mati dan perkuatan (tanpa ada beban hidup) = **2,334 mm (kebawah)**
 - 60 mm > 54,649 mm**, sehingga perkuatan tersebut dapat memberikan **keamanan**.
- Dari hasil analisis tersebut disimpulkan perkuatan yang lebih efisien yaitu perkuatan dengan prategang eksternal dengan batang penyokong ditinjau dari sudut pandang struktur, dengan prategang eksternal dengan batang penyokong dapat memberikan lawan lendutan yang lebih besar dengan gaya prategang yang lebih

kecil serta dimensi strand yang lebih kecil dari pada prategang eksternal tanpa batang penyokong.

SARAN

1. Hasil penelitian diatas akan akan lebih akurat lagi apabila dilakukan pemodelan, sehingga dapat diuji akan kekuatannya.
2. Sebelum diaplikasikan perkuatan tersebut diatas, lebih baiknya dilakukan pengujian ulang kondisi eksisting secara langsung dilapangan, baik itu ujuk baik itu bangunan atas dan bangunan bawah..

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2009. **Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja**. Bagian penerbit Kementrian Pekerjaan Umum Bina Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Anonymous. 2005. **Standar Pembebanan Untuk Jembatan**. RSNI T-02-2005. Bagian penerbit Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonymous. 2005. **Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan**. RSNI T-03-2005. Bagian penerbit Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Jakarta.
- Anonymous. 2004. **Perkuatan Jembatan Rangka Baja Australia dengan Metode Prategang Eksternal**. Bagian penerbit Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Nasution T. 2012. **Modul Kuliah Struktur Baja II**. Bagian penerbit Departemen Teknik Sipil FTSP ITM. Makasar.
- Supriadi B, Muntohar A.S. 2007. **Jembatan**. Beta Offset. Yogyakarta.
- Setiawan R.A. 2006. **Analisa dan Desain Struktur dengan STAAD Pro 2004**. Andi. Yogyakarta.
- Budio S.P, Agoes SMD, Wijaya A. 2010. “**Studi Evaluasi Usia Fatik Sisa dan Lendutan pada Jembatan Soekarno – Hatta di Kota Malang**”, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 4, No.2-2010 ISSN 1978-5658.

Silahkan mengacu ke petunjuk

