
**ALTERNATIF PERBAIKAN KERUSAKAN
PADA JEMBATAN GELAGAR BAJA KOMPOSIT
DENGAN PRATEGANG EKSTERNAL**

(Studi Kasus Jembatan Jurug Surakarta)

Silvia Yulita Ratih¹, Hendramawat Aski Safarizki²

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Surakarta
Jl. Raya Palur KM 05 Surakarta
Email : kenabim_249@yahoo.com

²Alumni Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Sipil,
Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS)
Jln. Ir. Sutami 36A, Kentingan Surakarta
Email: hendramawat@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memeriksa kondisi jembatan Jurug pada bangunan atas dan bangunan bawah jembatan kemudian menentukan alternatif pemeliharaan dan perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi. Metode penilaian kondisi jembatan menggunakan prosedur pemeriksaan pada *Bridge Management System* (BMS). Pada jembatan Jurug ditemukan kerusakan kondisi fisik secara visual jembatan yang membahayakan, lendutan berlebih dan getaran terukur yang menyebabkan kendaraan kurang nyaman berdasarkan survey detail kondisi jembatan, tegangan bahan baja terukur hampir mendekati tegangan ijinnya. Lantai jembatan dari kayu banyak yang sudah keropos dan berlubang. Dari analisa yang dilakukan diketahui kondisi eksisting struktur jembatan Jurug perlu perbaikan pada lantai jembatan serta perkuatan pada rangka jembatan. Alternatif perbaikan lantai jembatan dengan penggantian lantai kayu menjadi CSP (*Corrugated Steel Plate*). Sedangkan untuk rangka jembatan dilakukan perkuatan dengan eksternal prategang..

Kata Kunci : gelagar, baja komposit, prategang eksternal

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat dan kebutuhan akan sarana transportasi semakin meningkat membutuhkan ketersediaan prasarana dan sarana transportasi yang memadai seperti jalan dan jembatan. Oleh karena itu jembatan yang sudah ada perlu dikelola dengan baik agar kinerja jembatan dapat dipertahankan atau ditingkatkan selama masa layannya. Kondisi jembatan yang baik pada akhirnya akan memberikan kontribusi yang cukup positif terhadap peningkatan perkembangan daerah tersebut.

Tekanan air akibat banjir mengakibatkan beban horisontal dan momen tambahan pada bangunan struktur jembatan. Apabila

kombinasi gaya yang bekerja melebihi kemampuan struktur maka akan terjadi kerusakan pada struktur. Kerusakan ini dapat menyebabkan menurunnya kekuatan, kekakuan dan integritas struktur jembatan. Kerusakan terutama yang terjadi pada elemen struktur sering menimbulkan keraguan mengenai kinerja dan keamanan bangunan secara keseluruhan. (Ambarwati, 2009).

Analisis kerusakan secara ilmiah akan sangat diperlukan dalam menentukan tindakan yang akan diambil berkenaan dengan bangunan tersebut. Berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan ini dapat ditentukan alternatif perbaikan dengan teknik yang paling sesuai

dengan kondisi bangunan, peralatan dan kemampuan tenaga kerjanya.

Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan kondisi jembatan pada bangunan atas dan bangunan bawah jembatan dengan melihat langsung struktur yang rusak secara visual sesuai prosedur pemeriksaan pada *Bridge Management System* (BMS). Dari analisa ini dapat diketahui kondisi eksisting struktur jembatan untuk dipakai sebagai acuan dalam penentuan alternatif pemeliharaan dan perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi.

TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan menurut Bina Marga adalah bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung antara dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, saluran, lembah, selat atau laut, jalan raya dan jalan kereta api.

Bridge Management System (BMS) melalui *Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi* merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam mempertahankan kondisi jembatan melalui proses investigasi berkala pada suatu jembatan sehingga dapat menentukan tahap perawatan dan perbaikan.

BMS (*Bridge Management System*) merupakan salah satu cara untuk dapat mempertahankan kondisi jembatan melalui proses investigasi berkala pada suatu jembatan sehingga dapat menentukan tahap perawatan dan perbaikan. BMS dapat bekerja dengan efektif dan efisien sangat dibutuhkan informasi yang baik tentang jembatan tersebut. Informasi tersebut tergantung dari ukuran dan kompleksitas dari sistem akan dibangun, tetapi pada dasarnya semua sistem tersebut mempunyai hubungan dengan inventaris, inspeksi, perawatan dan keuangan. (Ryall, 2001).

Kerusakan pada Struktur Jembatan

Faktor yang mengarah pada penurunan kualitas jembatan dapat digolongkan ke dalam empat kelompok utama :

1. Faktor dari dalam
2. Faktor pembebanan lalu lintas
3. Faktor cuaca dan lingkungan
4. Faktor pemeliharaan

Baja banyak digunakan sebagai konstruksi jembatan karena kekuatannya dan tahan lama apabila diperlihara dengan baik. Kebanyakan jembatan yang sejak pertengahan tahun 1970 terbuat dari konstruksi baja yang berupa rangka baja maupun gelagar baja dengan lantai beton. Sebelum masa itu banyak jembatan baja yang dibangun tanpa sistem lapisan penutup yang memadai.

Terdapat beberapa permasalahan pada jembatan-jembatan dengan konstruksi baja yaitu :

1. Penurunan mutu dari cat dan galvanisasi
2. Karat
3. Kerusakan pada bagian – bagian baja
4. Ikatan/sambungan yang longgar
5. Retak

Masalah utama yang berhubungan dengan elemen kayu pada konstruksi jembatan disebabkan oleh :

1. Pembusukan yang disebabkan oleh jamur
2. Serangan serangga
3. Di daerah yang berair asin cacing toredo akan menyerang bagian kayu yang berada di bawah muka air pasang.

Pemeliharaan Jembatan

Pemeliharaan jembatan mencakup pekerjaan:

1. Pemeliharaan rutin dibatasi dalam hal pembersihan secara umum dan pembersihan tumbuh-tumbuhan, melancarkan aliran di saluran dan perbaikan kerusakan kecil
2. Pemeliharaan berkala mencakup pelaksanaan pemeliharaan yang dapat diperkirakan seperti pengecatan, pelapisan lantai jembatan, perbaikan-perbaikan kecil pada jembatan dan yang berhubungan dengan pekerjaan pengalihan aliran sungai, perkuatan kecil struktur jembatan.
3. Rehabilitasi dan perbaikan besar adalah pekerjaan pemeliharaan dalam skala yang lebih besar dan termasuk pekerjaan pengalihan aliran sungai, penggantian dan perbaikan besar lantai beton dan perbaikan besar pada bangunan bawah yang memerlukan pemasangan *cofferdam* serta perbaikan beton jumlah yang berarti.

Pemeriksaan Jembatan

Pemeriksaan jembatan mempunyai beberapa tujuan yaitu :

1. Memeriksa keamanan jembatan pada waktu jembatan masih berfungsi
2. Mencegah terjadinya penutupan lalu lintas pada jembatan
3. Merekam kondisi jembatan pada saat ini
4. Desian, pembangunan dan pemeliharaan
5. Memeriksa pengaruh akibat beban kendaraan dan volume lalu lintas
6. Memantau kinerja jembatan jangka panjang
7. Menyediakan informasi untuk rating pembebanan jembatan

Evaluasi kondisi jembatan sangat diperlukan untuk memberikan informasi mengenai kerusakan pada komponen jembatan. Penilaian kondisi jembatan dapat dilakukan secara visual dan analisa pembebanan sangat membantu dalam menentukan jenis perbaikan ataupun perkuatan yang diperlukan terhadap jembatan tersebut. Dalam penelitian ini hanya mengevaluasi kondisi gelagar jembatan dan lantai jembatan serta tidak membahas kerusakan jembatan secara menyeluruh.

Tahapan penelitian

Guna mempermudah proses penelitian maka penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu: 1) tahap persiapan; 2) tahap pengumpulan data; 3) tahapan analisis; 4) pembuatan konsep alternatif perbaikan; 5) tahapan pembahasan.

Tahapan Persiapan Penelitian

Meliputi kegiatan perumusan masalah, pengkajian teori dan persiapan peralatan-peralatan pengukuran yang dibutuhkan di lapangan.

Tahapan Pengumpulan Data

Dalam tahapan ini meliputi kegiatan pengambilan data baik data primer maupun data sekunder. Data primer diperoleh dari survey langsung di lokasi baik berupa data visual, data pengujian dan pengukuran dilapangan terhadap kondisi jembatan Jurug. Data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait seperti Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Tengah, Balai Pelaksana Teknis Bina

Marga Wilayah Surakarta dan dari Balai Besar Bangawan Solo.

Tahapan Analisis

Pada tahapan ini data yang telah diperoleh dianalisa, dioleh sesuai dengan teori dan data yang diperoleh sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Penentuan jenis dan tingkat kerusakan dilakukan secara visual sesuai standar *Sistem Manajemen Jembatan, Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi*.

Pembuatan konsep alternatif perbaikan

Berdasarkan hasil analisis kemudian disusun konsep alternatif perbaikan yang dapat dilakukan. Alternatif yang diusulkan hanya berupa konsep dasar tanpa disertai dengan perhitungan struktural secara mendetail.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Diskripsi Umum Jembatan

Dari data yang diperoleh dilapangan diketahui bahwa Jembatan Jurug Lama merupakan jembatan tipe gelagar baja komposit (GBJ) dengan dengan plat lantai kayu. Jembatan ini mempunyai 5 bentang dengan panjang 92,2 m. Kondisi eksisting Jembatan Jurug akibat pengaruh umur layan dan banjir mengalami beberapa kerusakan di beberapa tempat.

Data eksisting jembatan:

Tipe jembatan :	jembatan rangka baja
Panjang jembatan	: 50 m
(bentang tengah)	
Lebar jembatan	: 5 m
(lebar bersih jalur kendaraan)	
Tebal perkerasan	: 7 cm
Tebal slab beton rencana	: 15 cm
Berat jenis beton	: 2,4 t/m ³
Berat jenis aspal	: 2,2 t/m ³
Berat jenis besi tuang	: 7,1 t/m ³
Berat jenis air	: 1 t/m ³
Jarak balok memanjang	: 1 m

2. Pemeriksaan Kerusakan Elemen Jembatan

Pemeriksaan terhadap setiap elemen-elemen jembatan dilakukan untuk

mengidentifikasi kerusakan yang terjadi. Pada gelagar baja sebagian besar sudah berkarat bahkan sudah terlihat aus dan diberi sambungan. Pada lantai jembatan banyak lantai kayu sudah berlubang-lubang.

Perkuatan dan perbaikan pada Jembatan Jurug perlu dilakukan karena kondisi jembatan yang melendut bahkan terasa bergerak jika dilewati kendaraan. Perkuatan dan perbaikan juga dilakukan mengingat kondisi elemen-elemen jembatan yang sudah tidak memenuhi kondisi lalu lintas saat ini. Kondisi jembatan eksisting seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Kondisi Plat Kayu yang Termakan Usia



Gambar 2 Kondisi Sambungan Baja yang Perlu Perbaikan

Lantai Jembatan

Lantai jembatan kayu yang sudah termakan usia tidak dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas saat ini. Oleh karena itu dilakukan penggantian lantai kayu menjadi plat lantai

kendaraan dengan CSP (*Corrugated Steel Plate*).

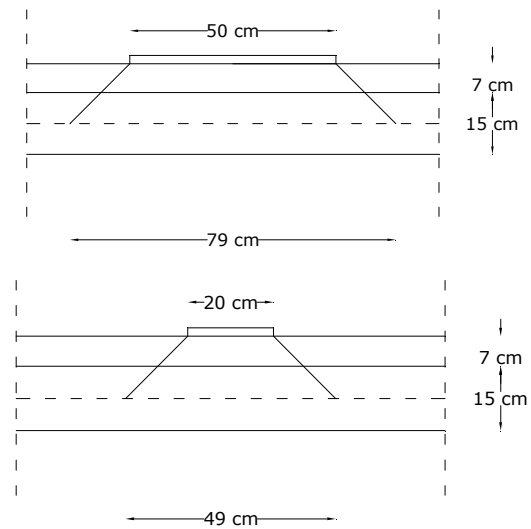
Perencanaan Lantai Kendaraan

1. Beban Mati (Dead Load)

$$\begin{aligned} \text{Berat air hujan (3 cm)} &= 0,03 \times 1 \times 1 \\ &= 0,030 \text{ t/m} \\ \text{Berat aspal (7 cm)} &= 0,7 \times 1 \times 2,2 \\ &= 0,154 \text{ t/m} \\ \text{Berat slab beton (15 cm)} &= 0,15 \times 1 \times 2,4 \\ &= 0,360 \text{ t/m} \\ q_{dl} &= 0,544 \text{ t/m} \end{aligned}$$

2. Beban Hidup (Live Load)

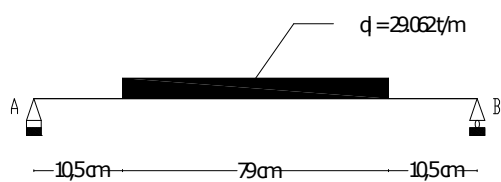
Beban hidup yang diperhitungkan pada lantai kendaraan adalah beban T. Beban T adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai roda ganda sebesar 11,25 ton. Dengan beban T ini maka jenis kendaraan yang dapat lewat telah ditingkatkan. Penyebaran gaya dari beban T terhadap perkerasan dan slab menurut sudut 45° adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Penyebaran Gaya Beban Hidup

$$P = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} = \frac{11,25}{0,79 \times 0,49} = 29,062 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{LL} &= 29,062 \times 1 \\ &= 29.062 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4 Perilaku Beban Hidup pada Lantai Jembatan

$$RA.1 = (q \times 0,79)((0,5 \times 0,79)+0,105)$$

$$RA.1 = (29,062 \times 0,79)((0,5 \times 0,79)+0,105)$$

$$RA.1 = 11,47959$$

$$RA = 11,48 \text{ ton}$$

$$M_{max} = RA \times 0,5 - (q_{ll} \times 0,395 \times (0,5 \times 0,5))$$

$$M_{LL} = 2,8699 \text{ tm}$$

$$M_{DL} = \frac{1}{8} \times q_{DL} \times L^2$$

$$M_{DL} = 0,068 \text{ tm}$$

$$Mu = 1,2 M_D + 1,6 M_{LL}$$

$$Mu = 4,6734 \text{ tm}$$

Direncanakan lantai kendaraan dengan CSP (Corrugated Steel Plate)

Data:

f_c'	=	30	Mpa	F_y	=	240	Mpa
b	=	600	mm	ϵ_c	=	0,03	
d	=	110	mm	E_s	=	210000	Mpa
d'	=	40	mm	Mu	=	4,6734	tm
β_1	=	85					

Perhitungan

$$a = \beta_{1,c}$$

$$= \beta_1 \cdot \frac{\epsilon_c}{\frac{F_y}{E_s} + \epsilon_c} \cdot d'$$

$$= 0,85 \cdot \frac{0,003}{\frac{240}{210000} + 0,003} \cdot 40$$

$$= 24,62$$

Diambil $a = 24 \text{ mm}$

Persamaan gaya

$$A_s \cdot F_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 24$$

$$= 367200 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{367200}{240} \quad (\text{tulangan atas})$$

$$= 1530 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\Phi 19 \text{ mm}$.

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{1530}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2} = 5,3963 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{jarak tulangan} = \frac{b}{n} = \frac{600}{6} = 100 \text{ mm}$$

Kontrol Momen

$$Mn = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (d - \frac{a}{2}), \phi = 0,8$$

$$Mn = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 24 \cdot (110 - \frac{24}{2})$$

$$Mn = 28788480 \text{ Nmm} = 2,878848 \text{ tm}$$

Karena $Mn = 2,878848 \text{ tm} > Mu = 4,6734 \text{ tm}$ maka tidak diperlukan tulangan bawah.

Perhitungan Tulangan Bagi

Tulangan pembagi menurut PBI pasal 9.1.3 halaman 90 adalah

$$A_s \text{ bagi} = 20 \% \times A_s = 20 \% \times 1530 = 306 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{306}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 2,3053 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{jarak tulangan} = \frac{b}{n} = \frac{600}{4} = 150 \text{ mm}$$

Jadi digunakan:

- Tulangan Pokok 6D19 – 100
- Tulangan Bagi 4D13 – 150

Perhitungan Shear Connector

a). Mencari gaya geser horizontal

Diambil nilai terkecil dari:

$$\sim 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 121992,3175$$

$$= 3110804,096 \text{ N}$$

$$\sim A_s \cdot F_y = 3750 \cdot 240 = 900000 \text{ N}$$

Gaya terkecil = 900000 N

Dengan :

A_s = luas penampang melintang baja (tumpuan-mmmax)

b). Kekuatan Shear Connector

Dipakai baut M16 A325, kuat tarik min baut (F_u) = 91000 Mpa

$$A_{sc} = 201,0619 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{(f_c' \cdot E_c)} < A_{sc} \cdot F_u$$

Dengan:

A_{sc} : luas penampang melintang shear connector = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 (\text{mm}^2)$

f_c' : kuat tekan beton (MPa)

F_u : tegangan tarik minimum sebuah shear connector (MPa)

E_c : modulus elastisitas beton (MPa)

$$E_c = 5000 \cdot \sqrt{30} = 27386,1279 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} < A_{sc} \cdot F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 201,0619 \cdot \sqrt{(30 \cdot 27386,1279)} < 201,0619 \cdot 91000$$

$$91122,52174 \text{ N} < 18296632,9 \text{ N (OK)}$$

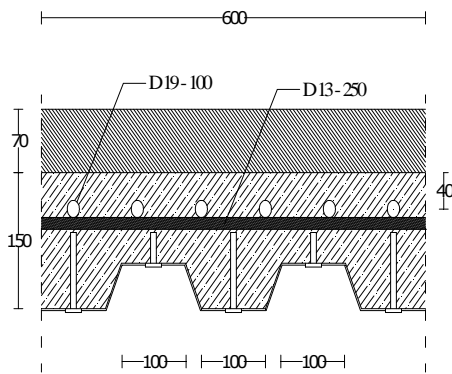
Jumlah baut yang dipergunakan

$$\frac{900000}{91122,52174} = 9,88 \approx 10 \text{ buah}$$

Jarak dari tumpuan hingga momen terbesar = 500 mm

Jarak shear connector

$$\frac{500}{10} = 50 \text{ mm}$$



Gambar 5 Potongan Lantai dengan CSP

Prategang Eksternal

Kondisi lalu lintas saat ini yang meningkat terutama dari segi berat, mempengaruhi kondisi Jembatan Jurug. Oleh karena itu diusulkan perbaikan terhadap lantai jembatan dan perkuatan jembatan dengan prategang eksternal.

Keuntungan penerapan metode prategang eksternal

1. Tidak perlu menutup arus lalu-lintas
2. Pelaksanaannya yang mudah dalam hal pemasangan peralatan yang digunakan
3. Kemudahan dalam pemeriksaan kabel dan angkernya yang terpasang karena letaknya di luar struktur
4. Kabel prategang dapat ditegang ulang
5. Kabel prategang direncanakan untuk dapat diganti kemudian hari

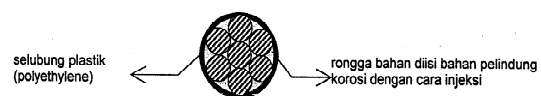
Keputusan untuk melakukan perkuatan dengan prategang eksternal diambil bila:

1. Ditemukan kerusakan kondisi fisik secara visual jembatan yang membahayakan
2. Lendutan berlebih dan getaran terukur yang menyebabkan kendaraan kurang nyaman berdasarkan survey detail kondisi jembatan
3. Diindikasikan adanya peningkatan beban kendaraan pada jembatan berdasarkan uji sampel pengukuran beban kendaraan
4. Tegangan bahan baja terukur hampir mendekati tegangan ijinnya

Pada jembatan Jurug aspek nomor 1, 2, dan 4 telah terpenuhi sehingga penambahan prategang eksternal diusulkan. Perkuatan ini merupakan perkuatan yang universal karena dapat dilakukan untuk berbagai macam tipe struktur. Selain struktur beton dapat pula untuk struktur baja.

Perkuatan dengan Prategang eksternal menyerdehanakan penerapan beban aksial yang dikombinasikan dengan gaya angkat untuk meningkatkan kapasitas lentur dan geser dari struktur balok atau komponen. Metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas dan umur layan.

Perencanaan perkuatan struktur dengan prategang eksternal harus meninjau batas tegangan ijin (*working stress design*) dan batas ultimit (*ultimate limit stress*) dengan tetap memperhatikan faktor beban dan reduksi kapasitas elemen. Gaya prategang untuk sistem prategang eksternal dibatasi sebesar 45% terhadap gaya putus. Hal ini dimaksudkan untuk mengakomodasi fatik akibat getaran struktur dan getaran kabel. Pemberian tegangan dengan kabel prategang dapat dilakukan dengan strand tunggal maupun strand gabungan seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7. Karakteristik strand yang digunakan seperti pada tabel 1.



Gambar 6 Strand Tunggal dengan Selubung Proteksi Korosi



Gambar 7 Strand Gabungan dengan Selubung Proteksi Korosi

Prinsip perkuatan dengan prategang eksternal pada jembatan rangka baja dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

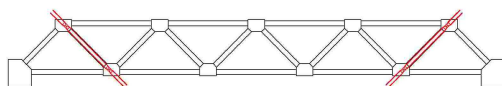
1. Perkuatan pada satu batang rangka saja (gambar 8)
2. Perkuatan pada beberapa batang rangka (gambar 9)
3. Perkuatan pada struktur rangka secara keseluruhan (gambar 10)

Tabel 1 Karakteristik Strand

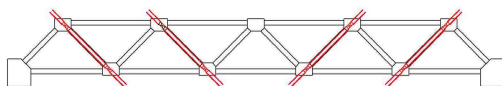
TIPE STRAND	ASTM GRADE 270	
	13 mm (0,5")	15 mm (0,6")
diameter (mm)	12,7	-
luas nominal (mm ²)	98,7	140
berat nominal (kglm)	0,775	1,1
tegangan leleh (MPa)	1670	1670
tegangan tarik putus (MPa)	1860	1860
batas leleh (kN)	183,7	260,7
modulus (GPa)	sekitar 195	sekitar 195
Relaksasi (%)	maksimum 2,5	Maksimum 2,5

Catatan : Tegangan ijin 45 % dari tegangan leleh

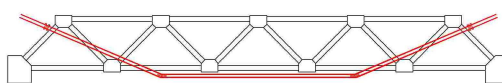
Sumber : Pedoman Perkuatan Jembatan Rangka Baja dengan Metode Prategang Eksternal



Gambar 8 Perkuatan Prategang Eksternal pada Satu Batang Rangka Saja



Gambar 9 Perkuatan Prategang Eksternal pada Beberapa Batang Rangka



Gambar 10 Perkuatan Prategang Eksternal pada Keseluruhan Struktur Rangka

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi eksisting struktur jembatan Jurug perlu perbaikan pada lantai jembatan serta perkuatan pada rangka jembatan.
2. Pada jembatan Jurug ditemukan kerusakan kondisi fisik secara visual jembatan yang membahayakan, lendutan berlebih dan getaran terukur yang menyebabkan kendaraan kurang nyaman berdasarkan survey detail kondisi jembatan, tegangan bahan baja terukur hampir mendekati tegangan ijinnya sehingga penambahan prategang eksternal diusulkan.
3. Perencanaan perkuatan struktur dengan prategang eksternal harus meninjau batas tegangan ijin (*working stress design*) dan batas ultimit (*ultimate limit stress*) dengan tetap memperhatikan faktor beban dan reduksi kapasitas elemen.
4. Perkuatan prategang eksternal dapat dilakukan pada keseluruhan rangka jembatan atau pada batang tertentu saja, pemilihan dilakukan berdasarkan hasil penilaian kondisi jembatan.

Saran

1. Untuk menganalisis beban yang bekerja pada jembatan dengan peningkatan beban dan perubahan plat lantai dari kayu menjadi plat lantai CSP serta penambahan prategang eksternal dengan strand 13 mm ASTM Grade 270 dapat dilakukan dengan bantuan program SAP.
2. Penilaian terhadap kondisi jembatan, dengan tujuan menjaga dengan melakukan perbaikan dan pemeliharaan secara periodik dapat dilakukan dengan metode BMS.
3. Selain berdasarkan hasil penilaian kondisi jembatan sebagai dasar pemilihan lokasi perkuatan prategang eksternal, juga perlu dilakukan analisis struktur perubahan beban yang terjadi setelah pemasangan prategang eksternal pada struktur rangka jembatan

Daftar Pustaka

- Arikunto, Suharsimi. 1996. *Prosedur Penelitian*. Jakarta : Rineka Cipta
- Dedy Hamdani , SA Kristiawan dan Cahyono Ikhsan, 2009, *Penilaian Kondisi Jembatan Keduang Pascabanjir Media Teknik Sipil*, Volume IX, Januari 2009
- Endah Ambarwati, 2009, *Penilaian kondisi Struktur Atas Jembatan Gelagar Baja Komposit Pascabanjir (studi kasus: Jembatan Keduang, Kabupaten Wonogiri)*, Tesis, Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1992 tentang *Lalu-Lintas dan Angkutan Jalan*. 1992. Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang *Jalan*. 2006. Jakarta : Diperbanyak oleh Sinar Grafika.
- Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2004, *Perkuatan Jembatan Rangka Australia dengan Metode Prategang Eksternal, Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd T-03-2004-B*, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1993, *Panduan Prosedur Umum IBMS*, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2009, *Rehabilitasi Jembatan, Petunjuk Teknis Konstruksi dan Bangunan No. 020/BM/2009*, Jakarta
- Ryall M. J. 2001, *Bridge Management*, Butterworth Heinemann. Oxford Auck- land Boston Johannesburg Melbourne New Delhi