

Analisis Perkuatan Struktur Jembatan Pejalan Kaki dengan Sistem *Totally Encased Composite*

Mohamad Jaya Saputra¹, Taufiq Rochman², Sunarto Suryanto³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ³Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹mohamadjayas@gmail.com, ²taufiq.rochman@polinema.ac.id, ³sunarto.suryanto@polinema.ac.id

ABSTRAK

Di beberapa desa masih sering ditemukan jembatan akses yang sudah tidak layak untuk ditempuh oleh beberapa warga desa. Banyak kerusakan-kerusakan pada jembatan yang mengakibatkan kekuatan jembatan tersebut menurun dari yang sudah direncanakan. Dengan begitu warga setempat merasa tidak aman jika melewati jembatan tersebut dikarenakan dapat mengakibatkan timbulnya korban jiwa apabila kerusakan jembatan terus terjadi tanpa adanya perbaikan. Menyadari akan pentingnya hal ini, Saya sebagai penulis mengambil sebuah penelitian analisis tentang perkuatan struktur jembatan pejalan kaki dengan sistem *totally encased composite* yang akan menghasilkan beberapa perbandingan kekuatan jembatan sebelum dan sesudah diperbaiki. Perencanaan pembebanan untuk perkuatan jembatan pejalan kaki mengacu pada SNI terbaru yaitu Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010. Analisa statika struktur menggunakan aplikasi komputer STAAD Pro CONNECT EDITION dan penggambaran hasil perencanaan menggunakan program aplikasi komputer Auto CAD 2019. Dari analisis jembatan pejalan kaki ini dapat disimpulkan (1) Lendutan yang terjadi pada jembatan setelah perbaikan dari 84,1 mm menjadi 34,2 mm sehingga kenyamanan jembatan lebih baik dari sebelumnya (2) Rencana anggaran biaya perbaikan jembatan yang dibutuhkan adalah sebesar Rp 41.120.966,24.-

Kata kunci : struktur baja, repairing, strengthening.

ABSTRACT

In some villages, access bridges that are not suitable for several villagers are still often found. There were many damages to the bridge which resulted in the bridge's strength decreasing from what had been planned. That way local residents feel unsafe if they cross the bridge because it can result in casualties if the damage to the bridge continues without any repairs. Realizing the importance of this, I as the author took an analytical study on the strengthening of a pedestrian bridge structure with a totally encased composite system which will produce several comparisons of the strength of the bridge before and after repair. The planning of loading for the strengthening of pedestrian bridges refers to the latest SNI, namely the Circular of the Minister of Public Works No. 02 / SE / M / 2010. Static analysis of the structure uses the STAAD Pro CONNECT EDITION computer application and the depiction of the planning results using the Auto CAD 2019 computer application program. From this pedestrian bridge analysis it can be concluded that (1) the deflection that occurs on the bridge after repair from 84.1 mm to 34.2 mm so that the comfort of the bridge is better than before (2) The budget plan for the required bridge repair costs is IDR 41,120,966.24.-

Keywords : steel structure, repairing, strengthening.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi suatu daerah sangat dipengaruhi oleh sarana transportasinya. Sarana transportasi yang memadai memudahkan mobilisasi masyarakat dalam berbagai aktivitas kehidupan.

Sarana transportasi berupa jembatan yang baik dan kuat hendaknya menjadi perhatian pemerintah bagi pemenuhan kebutuhan masyarakat. Sarana transportasi yang baik sangat menunjang terciptanya iklim ekonomi yang baik pula bagi masyarakat setempat.

Di beberapa desa masih sering ditemukan jembatan akses yang sudah tidak layak untuk ditempuh oleh beberapa warga desa. Banyak kerusakan-kerusakan pada jembatan yang mengakibatkan kekuatan jembatan tersebut menurun dari yang sudah direncanakan.

Dengan begitu warga setempat merasa tidak aman jika melewati jembatan tersebut dikarenakan dapat mengakibatkan timbulnya korban jiwa apabila kerusakan jembatan terus terjadi tanpa adanya perbaikan.

Menyadari akan pentingnya hal ini, Saya sebagai penulis mengambil sebuah penelitian analisis tentang perkuatan struktur jembatan pejalann kaki dengan sistem totally encased composite yang akan menghasilkan beberapa perbandingan kekuatan jembatan sebelum dan sesudah diperbaiki.

Maka dengan adanya permasalahan ini, konstruksi jembatan yang telah diperkuat dapat kembali biasa dipergunakan oleh masyarakat. Dengan demikian perencanaan untuk perkuatan jembatan mengacu pada SNI terbaru agar perhitungan lebih teliti. Hal ini dikarenakan SNI terbaru yaitu Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 02/SE/M/2010 sudah lebih disempurnakan dari peraturan yang sebelumnya.

Pembebanan Struktur Jembatan

Beban – beban yang bekerja pada suatu jembatan berdasarkan SNI 1725 – 2016 antara lain :

1. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat yang berasal dari suatu bahan itu sendiri.

2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

3. Pengaruh Prategang

Prategang akan menyebabkan pengaruh sekunder pada komponen-komponen yang terkekang pada bangunan statis tidak tentu. Pengaruh sekunder tersebut harus diperhitungkan baik pada batas daya layan ataupun batas ultimit.

4. Beban Lalu Lintas

a. Beban Lajur “D”

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap lalu lintas pada jembatan. Besarnya kapasitas p adalah 49.0 kN/m. Dan beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

Jika $L \leq 30$ m: $q = 9.0$ kPa

Jika $L \geq 30$ m: $q = q \left(0.5 + \frac{15}{L} \right)$ kPa

b. Beban Truk “T”

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

c. Beban Rem

Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masingmasing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Gaya rem harus diambil sebesar :

- 1) 25% dari berat gandar truk desain atau,

- 2) 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Kombinasi Pembebanan

Tegangan yang digunakan dalam perencanaan dikontrol terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan yang terdapat pada SNI 1725-2016 agar jembatan aman digunakan. Kombinasi beban yang terjadi seperti pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan

Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _N	T G	E S	EQ / TC, TV
Kuat I	γ_p	1.8	1.0	-	-	1.0	0.5 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Kuat II	γ_p	1.4	1.0	-	-	1.0	0.5 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Kuat III	γ_p	-	1.0	1.4	-	1.0	0.5 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Kuat IV	γ_p	-	1.0	-	-	1.0	0.5 / 1.2	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1.0	0.4	1.0	1.0	0.5 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Eks. 1	γ_p	γ_{EQ}	1.0	-	-	1.0	-	-	-	EQ /1.0
Eks.2	γ_p	0.5	1.0	-	-	1.0	-	-	-	TC,T /1.0
Layan I	1.0	1.0	1.0	0.3	1.0	1.0	1.0 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Layan II	1.0	1.3	1.0	-	-	1.0	1.0 / 1.2	-	-	-
Layan III	1.0	0.8	1.0	-	-	1.0	1.0 / 1.2	γ_T G	γ_E S	-
Layan IV	1.0	-	1.0	0.7	-	1.0	1.0 / 1.2	-	1. 0	-
Fatik (TD dan TR)	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-

Lebar Jembatan

Lebar jembatan tidak hanya ditentukan dengan penggunaannya, dimensinya harus juga cocok dengan desain dan faktor perencanaan kota. Lebar jembatan juga memiliki dampak langsung pada biaya pembuatan.

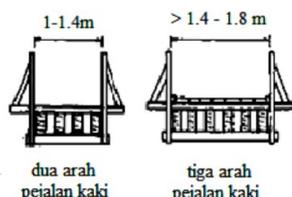
Tabel 2. Lebar Jembatan

Standar	Negara	Lebar min. (m)	Jarak ruang ijin (m)	Kecuraman (m)	max.
Austrroads 13, 14, 92	Australia	1.5 – 1.8 (Pedestrians) 1.5 – 3.0 (Cyclists) 2.5 – 3.0 (Mixed)	2.1 – 2.4 (Pedestrians) 2.5 – 3.0 (Cyclists)	12.5 (Pedestrians) 5.0 (Cyclists) 3.0 (Mixed)	
Structures Design Manual	HongKong	2.0 (Pedestrians) 3.0 (In metro stations)	-	5.0 – 8.3 (Pedestrians) 4.0 – 8.0 (Cyclists)	

Japanese Footbridge Design Code (1979)	Japan	3.0 (Pedestrians)	-	5.0
Design Specifications of Road Structures	Korea Selatan	1.5 – 3.0 (Pedestrians)	2.5	-
British Standard 5400	Great Britain	1.8 (Pedestrians) 2.0 (Mixed) 2.7 (Pedestrians and cyclists with Separate path)	-	5.0 – 8.3 (Pedestrians)
DIN 18 024-1	Jerman	2.0 (Pedestrians) 3.0 (Mixed)	2.5	6.0

Perencanaan jembatan pejalan kaki harus sesuai dengan kebutuhan pengguna, hal ini bertujuan untuk menentukan data perencanaan jembatan. Berdasarkan kebutuhan pengguna pejalan kaki dapat digunakan untuk menentukan geometri struktur jembatan dan pembebanan. Menurut Pedoman perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jembatan gantung untuk pejalan kaki (2010), pengguna jembatan dan tingkat lalu lintas harus diidentifikasi secara jelas karena akan menentukan lebar lantai jembatan yang diperlukan dan beban hidup pada jembatan yang akhirnya akan menentukan biaya konstruksi. Dua lebar standar yang dianjurkan yaitu: (Maris dkk, 2015)

- 1 m sampai dengan 1,4 m untuk pejalan kaki dua arah (jembatan pejalan kaki kelas II)
- 1,4 m sampai dengan 1,8 m untuk tiga pejalan kaki yang beriringan (jembatan pejalan kaki kelas I)



Gambar 1. Lebar jembatan pejalan kaki

Pagar Jembatan

Berbagai tuntutan dibuat untuk pagar jembatan. Di satu sisi mereka melayani untuk melindungi orang agar tidak terjatuh dari jembatan, sehingga mereka harus mampu menahan beban horisontal hingga 0,8 kN/m. Di sisi lain mereka dirancang untuk menawarkan dukungan dan bimbingan, terutama untuk orang-orang yang mobilitasnya terganggu. Ketinggian pegangan yang ditentukan untuk pejalan kaki adalah 1,00–1,10 m dan untuk pengendara sepeda 1,20 m. The Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (Asosiasi Riset Jalan dan Transportasi) di Cologne sebenarnya merekomendasikan ketinggian 1,30 m untuk fasilitas lalu lintas sepeda. Jika ada pagar pada ketinggian itu akan berguna untuk juga memasang pegangan terpisah pada ketinggian yang sesuai sekitar 85 cm. "Ketentuan teknis tambahan kontrak dan pedoman untuk pekerjaan teknik sipil" (»Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten «-ZTV-ING) mensarankan tidak hanya ketinggian pagar tetapi

juga memberikan spesifikasi yang tepat pada dimensi tiang dan pegangan tangan dan jarak di antara mereka. Pedoman yang sangat konservatif ini berlaku untuk jembatan lalu lintas jalan serta jembatan pejalan kaki, sehingga berfungsi sebagai panduan untuk aspek keselamatan yang relevan dan bukan sebagai aturan untuk konstruksi.

Tabel 3. Dimensi minimum pagar baja

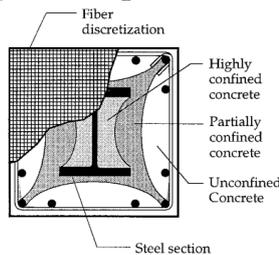
Dimensi minimum untuk pagar baja		
Tinggi pagar	<ul style="list-style-type: none"> pada ketinggian musim gugur < 12 m pada ketinggian musim gugur > 12 m untuk jalur sepeda dan jalur pejalan kaki dan sepeda 	<ul style="list-style-type: none"> ≥ 1000 mm ≥ 1100 mm ≥ 1200 mm
Penempatan pos	<ul style="list-style-type: none"> untuk batang pengisi dan rail-beam railing dan railing dengan infill kawat jaring untuk pagar batang pendek isi tiang untuk pagar tubular untuk rel ekstensi vertikal 	<ul style="list-style-type: none"> 2000 – 2500 mm ≤ 2000 mm 1500 – 2000 mm 2670 mm
Lebar pegangan	<ul style="list-style-type: none"> untuk jembatan di atas jalan dan jalan setapak untuk jembatan jalur pejalan kaki dan jalur sepeda untuk pagar tubular dan jalan servis Pembersihan batang infill 	<ul style="list-style-type: none"> ≥ 120 mm ≥ 80 mm ≥ 60.3 mm ≤ 120 mm
Jarak antara pangkalan dan tepian		120 mm
	<ul style="list-style-type: none"> untuk pagar batang pendek isi tiang untuk pagar dengan infill jaring kawat 	<ul style="list-style-type: none"> 80 mm 50 mm
Jarak antara sumbu tiang dan sambungan atau ujung sayap		≥ 250 mm
Proyeksi pegangan (bagian bawah) di atas pos akhir		50 mm

Tabel 4. Struktur elemen pagar jembatan

r elemen	Profil (mm)	
	Profil dingin	Tabung
Pegangan, tidak dibagikan	120/28/27, 5/23/65/23/27, 5/28 x 4 atau setara atau 80/30/17, 5/12/45/12/17, 5/30 x 4 untuk pejalan kaki dan jembatan jalur sepeda	60.3 x 2.9
Pegangan dibagi		60.3 x 2.9
a) Bagian atas	18/25/120/25/18 x 4	
b) Bagian bawah	15/50/80/50/15 x 4	
Balok silang	60 x 40 x 4	
Tiang	70 x 70 x 5	60.3 x 2.9
Tiang pendek	60 x 60	
Batang Solid	15 x 30	

Encased Composite

Analisis bagian fiber adalah metode intensif secara numerik untuk menentukan kekuatan dan kekakuan penampang bagian potongan melintang yang menghindari beberapa penyederhanaan asumsi yang melekat dalam desain AISC-LRFD dan ACI 318 model. Dalam metode fiber, potongan melintang didiskritisasi ke banyak daerah kecil di mana hubungan konstitutif didasarkan pada model tegangan-regangan uniaksial dan masing-masing daerah mewakili serat material yang memanjang sepanjang bagian. Setiap serat dapat dijadikan menjadi satu bagian.



Gambar 2. Idealisasi Fiber dari Komposit Terbungkus Beton Kolom

Koneksi Slab

Untuk membentuk jembatan komposit, pelat beton perlu dihubungkan secara struktural dengan pekerjaan baja. Hal ini dicapai dengan menggunakan elemen sambungan mekanis, yang dikenal sebagai konektor, karena daya rekat alami beton pada permukaan baja terlalu lemah dan kurang kuat.

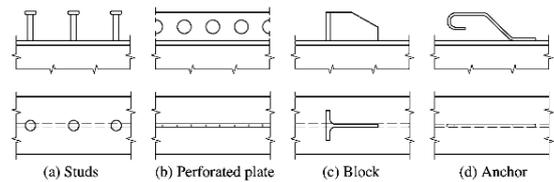
Dengan adanya hubungan mekanis ini, pelat beton menambah ketahanan lentur balok baja, dengan dua material yang bekerja bersama sebagai bagian komposit baja-beton. Konektor harus mampu menahan slip dan mengangkat slab, relatif terhadap baja. Berbagai jenis konektor dapat digunakan:

a) Studs/konektor, yang terdiri dari poros dengan kepala bundar untuk mencegah pelat terpisah dari balok baja. Stud yang digunakan dalam konstruksi jembatan setidaknya memiliki panjang 150 mm dan umumnya berdiameter 22 mm. Stud adalah konektor fleksibel, lentur ketika dikenakan geser, yang memungkinkan gaya geser longitudinal di distribusikan kembali.

b) Pelat berlubang konektor, yang dibentuk dari pelat yang memiliki perforasi berdiameter besar melalui palang penguat. Perlawanan yang disediakan oleh kombinasi gesekan beton di sepanjang pelat dan saling terkait dengan perforasi dan tulangan. Konektor ini menunjukkan perilaku yang lentur.

c) Blok konektor kaku, yang dibentuk dari profil baja yang dilas (Tee atau sudut), dan yang tidak memungkinkan redistribusi geser longitudinal.

d) Jangkar: konektor lentur (sering dibentuk dari tulangan), yang bertindak dalam ketegangan dan memungkinkan redistribusi geser longitudinal



Gambar 3. Jenis konektor geser

Tabel 5. Kekuatan statis connector

Tipe Connector	Material Connector	Kekuatan statis nominal per connector untuk mutu beton 32
Kepala stud, tinggi 100 mm atau lebih dan diameter: 19 mm 22 mm 25 mm	Baja $f_y = 385 \text{ N/mm}^2$ dan minimal penguluran 18%	109 kN
		139 kN
		168 kN
50 x 40 x 200 mm bar dengan simpai channels; 127 x 64 14,9 x 150 mm 102 x 51 x 10,4 kg x 150 mm	Baja $f_y = 250 \text{ N/mm}^2$	963 kN
		419 kN
		364 kN

2. METODE

Metodologi Perencanaan

Dalam penyusunan skripsi ini diperlukan adanya metode yang baik dan benar, karena merupakan acuan untuk melakukan langkah-langkah yang perlu diambil dalam penelitian.

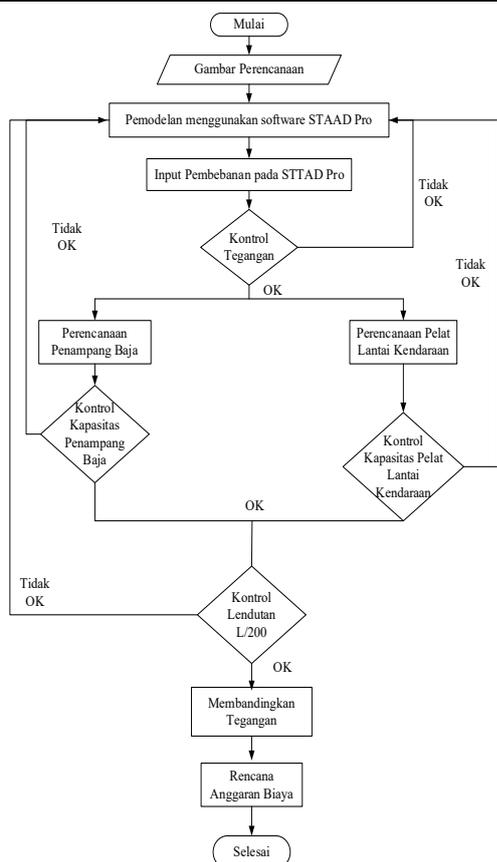
Berikut merupakan langkah-langkah dalam melaksanakan analisis perkuatan jembatan ini :

Studi pustaka mengenai masalah yang berkaitan dengan judul skripsi ini atau mengenai perkuatan pada masalah ini.

1. Pengukur dimensi, ukuran dan bagian rusak jembatan yang akan diperbaiki
2. Menganalisis kekuatan jembatan sebelum diperbaiki dan sesudah diperbaiki
3. Dalam menghitung serta menganalisis gaya dalam pada jembatan rangka digunakan program STAAD PRO CONNET EDITION.
4. Untuk jembatan yang baru dilakukan retrofitting pada pegangan jembatan yang sebelumnya bukan rangka struktural menjadi rangka structural untuk memperkuat jembatan lama dan encased composite pada lantai jembatan
5. Membuat kesimpulan terhadap Analisa perkuatan jembatan yang sudah dibuat.
6. Mengetahui hasil kekuatan lendutan dari jembatan sebelum diperbaiki sampai dengan sesudah diperbaiki.

Hasil dari metode analisis data sebelumnya digunakan untuk menentukan metode terkait perkuatan struktur jembatan yang tepat.

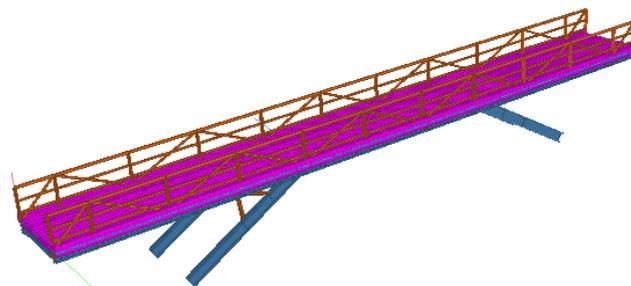
Jenis	Tebal (m)	Berat Isi (Kg/m ²)	Total (Kg/m ²)
Lapisan permukaan aspal	0,03	2245	67,35



Gambar 4. Diagram Alir Pengerjaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur yang dianalisis merupakan jembatan pejalan kaki dengan bentang 20 meter serta lebar jembatan sepanjang 2 meter yang dimodelkan menggunakan program STAAD Pro CONNECT EDITION. Untuk jembatan pejalan kaki dengan bentang 20 meter ini dimodelkan menggunakan 2818 titik nodal, 5395 elemen batang dan 2546 pelat. Pada pemodelan struktur jembatan pejalan kaki tersebut, jembatan ditumpu menggunakan perletakan sendi-rol. Pemodelan struktur jembatan baja dengan bentang 20 meter ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 5. Pemodelan Struktur 3D pada Jembatan

Pada perencanaan struktur jembatan pejalan kaki bentang 20 meter digunakan material baja dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 6. Kekuatan statis connector

No.	Komponen	Ukuran	fy
1	Baja Profil WF	300 x 150 x 6,5 x 9	300 MPa
2	Baja Profil WF	125 x 60 x 6 x 8	300 MPa
3	Baja Siku L	70 x 70 x 7	300 MPa
4	Baja Siku L	50 x 50 x 5	300 MPa

Pembebanan Struktur Jembatan

Pembebanan pada jembatan beton berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.02/SE/M/2010 yang dimodelkan dengan STAAD.Pro CONNECT Edition adalah sebagai berikut.

1. Berat sendiri diperoleh dari berat masing-masing material penyusun struktur yang secara otomatis akan terhitung oleh STAAD.Pro CONNECT Edition
2. Beban mati tambahan terdiri dari elemen nonstruktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.
3. Nilai intensitas q kPa telah diatur dalam peraturan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.02/SE/M/2010 yaitu.

Tabel 7. Beban Lajur (BTR)

Kelas Pengguna	Lebar	Beban Terpusat	Beban Terdistribusi merata	Lendutan Ijin
Jembatan Kelas I	1,8 m	20 kN (hanya ada satu kendaraan bermotor ringan)	5 kPa	1/200 L
Jembatan Kelas II	1,4 m	-	4 kPa	1/100 L

4. Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:
 25% dari berat gandar sepeda montor ringan :0.25.
 $20 = 5 \text{ kN}$
 $MTR = (5).(1,8) = 9 \text{ kNm}$
 $= 900 \text{ kgm} / 2 \text{ gelagar} = 450 \text{ kgm} / \text{gelagar}$

Hasil analisis

Pada Analisis terhadap perkuatan struktur jembatan ini bertempat di belakang Politeknik Negeri Malang yang lebih tepatnya berada di Jalan Terusan Kembang Turi, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil analisis struktur atas jembatan sebelum perbaikan.

Tabel 8. Hasil analisis sebelum perbaikan

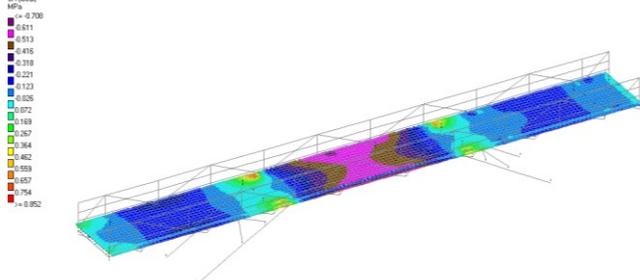
Komponen	Hasil Analisis	Batas Max
1. Gelagar I (Mux)	15296000 Nmm	84943578,93 Nmm
2. Gelagar I (Muy)	586000 Nmm	1392680,149 Nmm
3. Gelagar II (Mux)	5548000 Nmm	88906296,84 Nmm
4. Gelagar II (Muy)	48000 Nmm	1964166,873 Nmm
5. Gelagar III (Mux)	11161000 Nmm	87849572,07 Nmm
6. Gelagar III (Muy)	30000 Nmm	1811770,413 Nmm
Gelagar Melintang (Mux)	1739000 Nmm	19959032,7 Nmm
Gelagar Melintang (Muy)	2000 Nmm	1469621,413 Nmm
Railing L 70.70.70 mm (Pu)	1.487 N	137815 N
Railing L 50.50.5 mm (Pu)	3681,39 N	27911,02 N
Pelat Lentur My (Mu)	5.900.000 Nmm	18.083.169 Nmm
Pelat Lentur Mx (Mu)	14.500.000 Nmm	18.083.169 Nmm
Pelat Lentur Axial (Sx)	1,23 MPa	300 MPa
Pelat Lentur Axial (Sy)	0,17	300 MPa
Lendutan Terbesar (mm)	84,1 mm	33,75 mm

2. Hasil analisis struktur atas jembatan sesudah perbaikan.

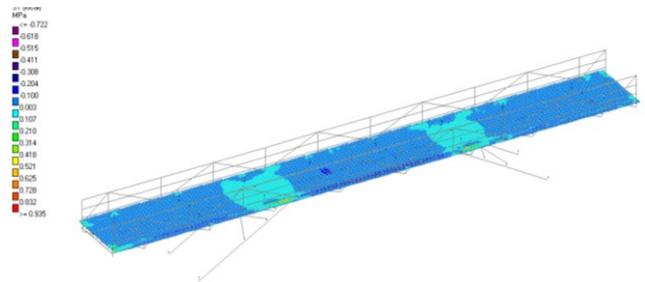
Tabel 9. Hasil analisis sebelum perbaikan

Komponen	Hasil Analisis	Batas Max
1. Gelagar I (Mux)	11747000 Nmm	84943578,93 Nmm
2. Gelagar I (Muy)	86000 Nmm	1392680,149 Nmm
3. Gelagar II (Mux)	7113000 Nmm	88906296,84 Nmm
4. Gelagar II (Muy)	44000 Nmm	1964166,873 Nmm
5. Gelagar III (Mux)	11747000 Nmm	87849572,07 Nmm
6. Gelagar III (Muy)	86000 Nmm	1811770,413 Nmm
Gelagar Melintang (Mux)	1490000 Nmm	19959032,7 Nmm
Gelagar Melintang (Muy)	55000 Nmm	1469621,413 Nmm
Railing L 70.70.70 mm (Pu)	26880 N	137815,0 N
Railing L 50.50.5 mm (Pu)	27250 N	27911,02 N
Pelat Lentur My (Mu)	14.400.000 Nmm	18.083.169 Nmm
Pelat Lentur Mx (Mu)	14.800.000 Nmm	18.083.169 Nmm
Pelat Lentur Axial (Sx)	0,85 MPa	300 MPa
Pelat Lentur Axial (Sy)	0,93 MPa	300 MPa
Lendutan Terbesar (mm)	34,2	33,75

Perhitungan kapasitas lentur nominal pelat dalam perencanaan ini dihitung secara otomatis menggunakan software STAAD.Pro CONNECT Edition. Dengan momen lentur sebesar $S_x = 0,85$ MPa dan $S_y = 0,93$ MPa untuk arah melintang jembatan lebih kecil dari pada momen lentur ijin yaitu 300 MPa, maka momen lentur jembatan memenuhi.



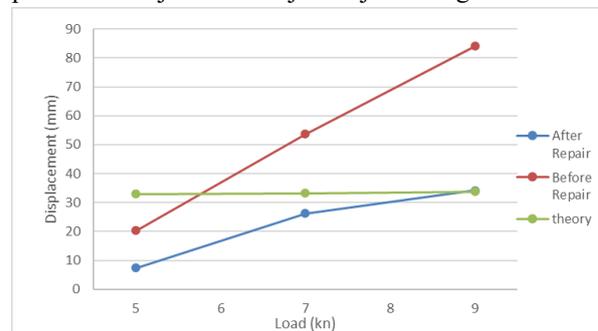
Gambar 6. Elemen plat lantai jembatan momen lentur nominal S_x



Gambar 7. Elemen plat lantai jembatan momen lentur nominal S_y

Lendutan Ijin

Perhitungan lendutan dalam perencanaan ini dihitung secara otomatis menggunakan software STAAD.Pro CONNECT Edition. Berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No.02/SE/M/2010 tentang Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung Untuk Pejalan Kaki, lendutan akibat beban lalu lintas tidak boleh melebihi $L/200$. Karena lendutan maksimum yang terjadi melebihi lendutan ijin, maka ditambahkan camber pada jembatan baja dengan ukuran camber setinggi 300 mm. Sehingga lendutan yang terjadi pada struktur jembatan baja menjadi sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik lendutan dan tegangan

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yakni sebagai berikut:

- Dari hasil analisis diatas jembatan setelah perbaikan mengalami peningkatan kekuatan gelagar I (Muy) dari 586.000 Nmm menjadi 86.000 Nmm, gelagar I (mux) dari 15.296.000 Nmm menjadi 11.747.000 Nmm, Gelagar II (Muy) 44.000 Nmm menjadi 48.000 Nmm, gelagar melintang (Mux) 1490000 Nmm menjadi 1739000 Nmm.
- Railing L 70.70.7 dan L 50.50.5 hasil analisis meningkat dikarenakan sebelum perbaikan railing hanya sebagai pengaman namun setelah perbaikan menjadi perkuatan struktur untuk memperkuat lendutan jembatan sehingga hasil membesar namun masih dalam batas maksimal, dan lendutan jembatan dari 84,1 mm

menjadi 34,2 mm sehingga kenyamanan jembatan lebih baik.

3. Dari hasil semua analisis masih memenuhi batas maksimum sehingga jembatan aman.

Highways, Ministry of Public Works, Republic of Indonesia. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sherif El-Tawil, Associate Member, ASCE, and Gregory G. Deierlein, Associate Member, ASCE, 1999. Strength and Ductility of Concrete Encased Composite Columns.
- [2] Muhammad Farid Nurul Iman, Hidayat Sugihardjo, Ananta Sigit Sidharta, 2012. Retrofitting Study of Composite Bridge Using Slab Link Due to Earthquake Load on Various Oprit Soil Conditions. Surabaya.
- [3] National Standardization Agency for 2016. SNI 1725-2016. Loading For Bridges. Jakarta.
- [4] BSN. (2005). Loading For Bridges. Rsn T-03-2005.
- [5] Ministry of Public Works. (2010). Minister of Public Works Circular No. 02-SE-M-2010 concerning Implementation of Guidelines for Planning and Implementation of Suspension Bridge Construction for Pedestrians.
- [6] IABSE 2010. ISBN 978-3-85748-124-6. Case Studies of rehabilitation, repair, Retrofitting, and Strengthening of Structures.
- [7] Barker, R. M., & Puckett, J. A. (2013). Steel Bridges. In Design of Highway Bridges.
- [8] Collings, D. (2013). Steel-concrete Composite Bridges Designing with Eurocodes.
- [9] Keil, A. (2013). Pedestrian Bridges. In Pedestrian Bridges.
- [10] Odrobiňák, J., Bujňák, J., & Žilka, J. (2012). Study on short span deck bridges with encased steel beams. Procedia Engineering.
- [11] Bakhom, M. M. (2010). Case Studies of Rehabilitation, Repair, Retrofitting, and Strengthening of Structures.
- [12] Iman, M. F. N., Sugihardjo, H., & Sidharta, A. S. (2012). Composite Bridge Retrofitting Study Using Slab Link Due to Earthquake Load on Various Oprit Soil Conditions. 1 (1).
- [13] Maris Setyo Nugroho, Ali Awaludin, Bambang Supriyadi, 2017. Planning of Pedestrian Bridges Using Community Forest Teak Wood as Construction Material. INERSIA, Vol. XIII No.2.
- [14] Bridge Management System (BMS). 1993. Guide to Bridge Inspection, Directorate General of