

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN KALIMATARAM BENTANG 70 METER MENGGUNAKAN GELAGAR BOKS BAJA DI JALAN TOL YOGYAKARTA-BAWEN

Brenand Putra Mahardika^{1*}, Agus Sugiarto², Sugeng Riyanto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: brenand.lmj15@gmail.com¹, agussugiarto@polinema.ac.id², sugengriyanto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu bangunan penting untuk melewati suatu rintangan seperti jalan, sungai, rawa atau jurang. Jembatan dapat menggunakan berbagai jenis seperti gelagar boks baja. Gelagar boks baja merupakan salah satu variasi superstruktur dengan menggunakan mutu baja yang tinggi. Jembatan Kalimataram merupakan jembatan yang dibangun di ruas jalan tol Yogyakarta-bawen di STA 68+792 dimana sebelumnya didirikan menggunakan gelagar PCI dengan bentang 30 dan 40 meter tidak memenuhi syarat jembatan bentang panjang. Tujuan penelitian adalah merencanakan struktur atas Jembatan Kalimataram agar mampu menahan beban lebih dengan menggunakan gelagar boks baja dengan bentang 70 meter. Perhitungan menggunakan SNI 03-2005 tentang jembatan baja dan SNI 1926-2016 tentang pembebanan pada jembatan. Perencanaan menggunakan aplikasi *Robot Structural Analyst Professional* (RSAP). Berdasarkan penggunaan aplikasi didapatkan nilai $M_u = 44981,03$ kN, $V_u = 4469,69$ kN. Struktur atas gelagar boks baja yang digunakan berdimensi 2800 x 1000 mm dengan ketebalan sayap 50 mm dan badan 45 mm, penambahan camber untuk melawan lendutan sehingga $L/800$ dapat terpenuhi. Gelagar boks baja menggunakan sambungan sayap dengan jumlah 360 baut dan sambungan badan sebanyak 300 baut, serta menggunakan angkur sebanyak 210 buah. Gelagar boks baja terdapat pengaku dengan ukuran 300 x 30 mm dan 350 x 40 mm sebagai penahan tekuk. Perencanaan struktur atas Jembatan Kalimataram juga memperhitungkan pelat lantai kendaraan didapatkan desain penulangannya dengan ketebalan 250 mm menggunakan tulangan D19-100 untuk memanjang dan melintang, sedangkan pelat injak dengan ketebalan pelat 250 mm menggunakan D16-150 untuk arah memanjang dan arah melintang D16-150. Sandaran perlu direncanakan dengan menggunakan tulangan 12D16. Perhitungan RAB yang didapatkan senilai Rp 53.492.966.000.

Kata kunci : Perencanaan Ulang, Struktur Atas, Jembatan, Gelagar Boks Baja

ABSTRACT

The bridge is one of the important structures for crossing obstacles such as roads, rivers, swamps, or ravines. Bridges can utilize various types, such as box-girder steel bridges. Box-girder steel bridges are a variation of superstructures that use high-quality steel. Kalimataram Bridge is a bridge constructed on the Yogyakarta-Bawen toll road section at STA 68+792, where previously it was built using PCI girders with spans of 30 and 40 meters, which did not meet the requirements for long-span bridges. The research objective is to design the superstructure of Kalimataram Bridge to withstand heavier loads using a 70-meter-span box-girder steel bridge. Calculations are based on the Indonesian National Standards SNI 03-2005 for steel bridges and SNI 1926-2016 for bridge loading. The design uses the Robot Structural Analyst Professional (RSAP) application. Based on the application, the calculated values are $M_u = 44981.03$ kN and $V_u = 4469.69$ kN. The box girder steel superstructure used has dimensions of 2800 x 1000 mm with a wing thickness of 50 mm and a web thickness of 45 mm, with added camber to counteract deflection, ensuring compliance with $L/800$ criteria. The box girder steel uses wing connections with 360 bolts and web connections with 300 bolts, along with 210 anchorages. Bracing with sizes 300 x 30 mm and 350 x 40 mm is used to reduce bending. The design of the superstructure also includes vehicle deck plates with a reinforcement design of 250 mm thickness using D19-100 bars longitudinally and transversely, while footplates with a 250 mm thickness use D16-150 bars in both longitudinal and transverse directions. Barriers are designed using 12D16 reinforcement bars. The estimated project cost (RAB) amounts to Rp 53,492,966,000.

Keywords : redesign Planning, Superstructure, Brigde, Steel Box Girder

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berguna untuk menghubungkan/meneruskan jalan melalui suatu rintangan, seperti sungai, jurang, rawa, jalan, dan lain-lain. Dalam perencanaan Pembangunan jembatan harus memperhatikan kuat, stabil, efisien, efektif dan murah, sehingga jembatan yang dihasilkan tetap memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan sesuai Standar Nasional Indonesia.

Proyek jembatan setiap waktunya akan terus berubah dari bentuk dan juga bahannya. Akan tetapi tidak semua jembatan dapat menggunakan bahan yang sama. Terdapat ketentuan setiap bentang terhadap jenis bahan yang digunakan. Salah satu bahan yang digunakan adalah baja, baja digunakan pada jembatan yang memiliki bentang 40-200 meter (PUPR, 2015).

Jembatan Kali Mataram berada pada ruas jalan tol Yogyakarta-Bawen STA 68+825. Jembatan ini dibangun pada tahun 2023 yang melintasi di atas sungai Kali Mataram. Jembatan ini difungsikan untuk melayani kendaraan yang melintasi jalan tol ini baik bersumbu 2 maupun lebih. Jembatan ini memiliki 2 bentang yaitu 40 dan 30 meter, jembatan dibangun menggunakan girder beton pratekan pada setiap bentangnya.



Gambar 1. Jembatan Kalimataram

Jembatan box girder (juga dikenal sebagai Box Section Bridge) adalah jembatan yang balok utamanya terdiri dari gelagar bentuk kotak berongga (Nugraha, W. 2018). Pengerjaan perakitan boks baja biasanya dilakukan di lokasi lalu diangkat menggunakan crane dari dua sisi. Box girder telah menjadi elemen penting dalam konstruksi penyeberangan sungai besar, persimpangan jalan raya, dan sistem transit. Jenis elemen struktur ini sangat menarik karena kekakuan torsinya yang tinggi, yang diperlukan saat jembatan dilengkungkan (Heins, 1983).

Perencanaan ulang pembangunan struktur atas Jembatan Kali Mataram dengan menggabungkan 2 bentang 30 dan 40 meter menjadi 70 meter berharap perencanaan dilakukan dengan pertimbangan bahwa sebagai alternatif perencanaan.

2. METODE

Jembatan akan direncanakan ulang merupakan salah satu jembatan yang dibangun di proyek jalan tol Yogyakarta - Bawen yang terletak di atas Sungai Mataram, Sleman. Perencanaan pembebanan jembatan menggunakan aturan SNI nomor 1725 tahun 2016, sedangkan metode perhitungan

untuk gelagar boks baja mengacu pada SNI nomor 03 tahun 2005 tentang Jembatan Baja.

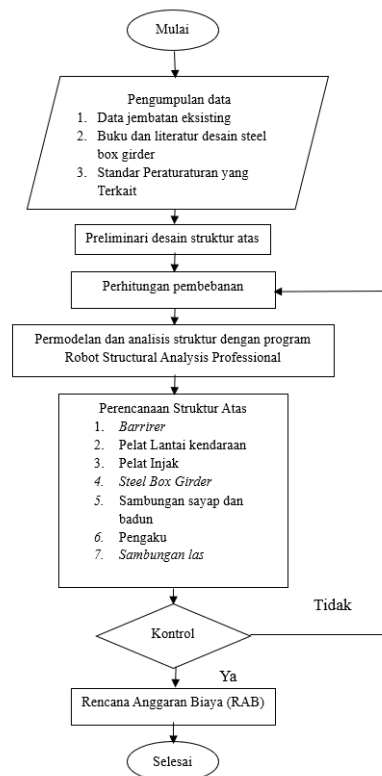


Gambar 1. Lokasi Jembatan KaliMataram

Data eksisting jembatan:

1. Panjang jembatan : 70 meter
2. Lebar jembatan : 12.3 meter
3. Lebar pekerasan : 11.3 meter
4. Lebar barrier : 0.5 meter
5. Jenis balok utama : PCI girder

Berikut merupakan diagram alir perencanaan skripsi ini



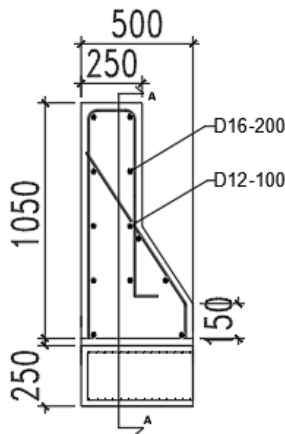
Gambar 2. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa perhitungan menggunakan sesuai peraturan yang digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan.

A. BARRIER

Barrier menggunakan tulangan utama D16 sebanyak 12 buah dengan sengkang D12-100.



Gambar 2. Barrier/tiang sandar

B. PERENCANAAN BOX GIRDER

Preliminari merupakan tahapan awal dalam menentukan desain struktur yang akan digunakan. Dalam perhitungan desain struktur atas dalam jembatan Kalimataram gelagar boks baja dengan menggunakan AASHTO.edisi 9th tahun 2020.

1. Tinggi boks gelagar
 $D = 0.033 L$
 $D = 0.033 \times 70 = 2.31 \text{ meter}$
 Ditentukan tinggi gelagar 2.8 meter
2. Tebal badan boks gelagar
 $Tw = D/150 = 0.019 \text{ meter}$
 Ditentukan tebal 45 mm
 Syarat tebal badal
 $D/Tw < 150$
 $62.22 < 150 \text{ (oke)}$
3. Lebar sayap atas
 $Bfa = D/6$
 $= 0.467 \text{ m}$
 $Bfa = L/85$
 $= 0.824$
 Ditentukan lebar sayap = 1 meter
4. Tebal sayap
 $Tf > 1.1 Tw$
 $Tf > 1.1 \times 45$
 $Tf = 50 \text{ mm}$
 Cek ketebalan sayap
 $Bf/2tf < 12$
 $8.5 < 12 \text{ oke}$
5. Lebar sayap bawah
 Direncanakan bfb = 1000 mm
 $1/5 L = 1.5 \times 70 = 14 \text{ m}$

Tabel 1. Rekap Pembebanan

No	Jenis Beban	Kode	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)
----	-------------	------	----------	--------	---------

1	Bebna Sendiri	MS			
2	Beban tambahan	MA	26.3		
3	Beban Lajur D	D	18	66.15	
4	Beban Pejalan Kaki	TP	0		
6	Beban Rem	TB		301.75	543.15
7	Beban Angin	EWL	8.5		
8	Beban Gempa	Eq	18.28		

Kapasitas penampang *steel box girder*

Momen Plastis

Gaya plastis pada Sayap Atas

$$Pc = Fyc \times Bfa \times Tfa = 410 \times 1000 \times 50 = 20500 \text{ kN}$$

Gaya plastis pada pelat badan

$$Pw = Fyw \times Tw \times Dw \times 2 = 410 \times 2800 \times 45 \times 2 = 103320 \text{ kN}$$

Gaya plastis pada sayap bawah

$$Pt = Fyc \times Bfb \times Tfb = 410 \times 1000 \times 50 = 20500 \text{ kN}$$

Gaya plastis di pelat dek

$$Ps = 0.85 \times fc \times beff \times ts = 0.85 \times 30 \times 2 \times 0.25 = 12750 \text{ kN}$$

Letak sumbu netral plastis

$$Y = Dw/2 \times (pt-pc-ps/pw + 1) = 827,24 \text{ mm}$$

Jarak pusat sayap bawah ke PNA

$$Dt = tfb/2 + Dw + tfa - Y = 1947,764 \text{ mm}$$

Jarak pusat sayap atas ke PNA

$$Dc = Tfa/2 + Y = 852,236 \text{ mm}$$

Jarak pusat ke dek PNA

$$Ds = Y + tfa + ts/2 = 1002,236 \text{ mm}$$

Momen plastis

$$Mp = Pw/2 \times Dw \times (Y^2 + (Dw - Y)^2) + (Ps \times ds + Pc \times dc + Pt \times dt) = 83275,317 \text{ kNm} = 142611.5 \text{ kNm}$$

$$Mn = Mp \times (1.07 \times 0.7 \times Dp/Dt) = 67560,445 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn = Mn \times 0.9 = 67560,445 \times 0.9 = 60804,400 \text{ kNm}$$

$$Mu = 44981,03 \text{ kNm}$$

Karena $\phi Mn > Mu$ maka persyaratan kuatn lentur terpenuhi dengan rasio

$$Mu / \phi Mn = 68682.684 / 40647 = 0.591 \dots (\text{AMAN})$$

C. LENDUTAN

$$\delta \text{ ijin} = L/800 = 70000/800 = 87.5 \text{ mm}$$

$$\delta \text{ MS} = 5qL^4 / 384 EI = 57 \text{ mm}$$

$$\delta \text{ slab} = 5qL^4 / 384 EI = 25 \text{ mm}$$

$$\delta_{MA} = 5qL^4 / 384 EI = 54 \text{ mm}$$

$$\delta_{LL} = 5qL^4 / 384 EI + PL^3 / 48EI = 22 \text{ mm}$$

lawan lendutan:

$$\delta = 150\% \delta$$

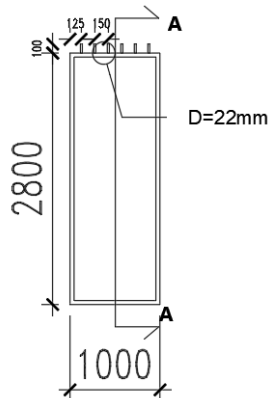
$$\delta = 150\% (\delta_{MS} + \delta_{MA} + \delta_{LL})$$

$$= 150\% 158 \text{ mm} = 237 \text{ mm} = 0.237 \text{ m}$$

Jadi desain lawan lendutan yang digunakan adalah 0.237 m

D. PERENCANAAN SHEAR CONNECTOR

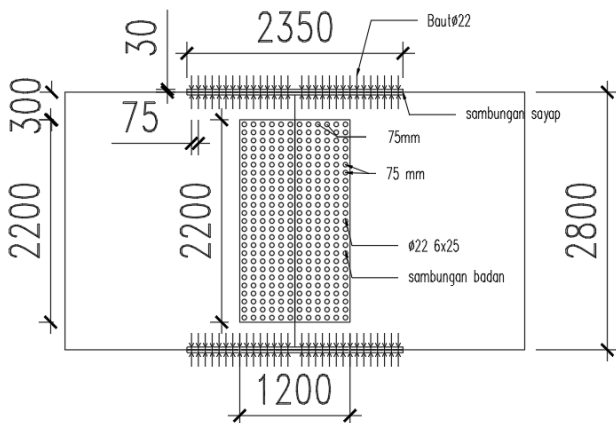
Shear connector direncanakan dengan menggunakan baut ukuran 22 mm dengan tinggi 100 mm. didapatkan sebanyak 150 buah angkur baja dengan nilai $V_u = 4469,69 \text{ kN}$.



Gambar 3. shear connector

E. PERENCANAAN SAMBUNGAN

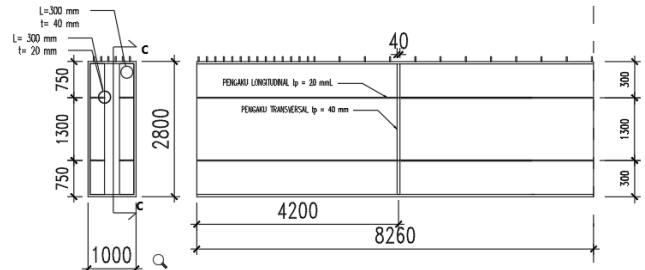
Sambungan direncanakan pada bagian sayap berukuran 910 x 2350 mm dengan jumlah baut total 360 buah untuk satu bagian sayap, sedangkan pada badan 2200 x 1200 dengan jumlah 300 baut.



Gambar 4. Sambungan sayap dan badan

F. PERENCANAAN PENGAKU

Pengaku transversal dipasang dengan jarak antar pengaku 4,2meter dengan tebal pelat 40 mm, sedangkan untuk longitudinal dipasang 2 pengaku di bagian badan dengan tebal pelat yang digunakan 30 mm.



Gambar 5. Pengaku

G. PERENCANAAN LAS

Perencanaan las menggunakan mutu E483 yang artinya memiliki kekuatan 483 MPa dengan model las yaitu las sudut.

H. PERENCANAAN PELAT KENDARAAN

Pelat kendaraan direncanakan dengan dimensi pelat 70 x 12.3 m menggunakan tulangan D19-100 untuk arah melintang dan memanjang.

I. PERENCANAAN PELAT INJAK

Pelat injak direncanakan dengan dimensi pelat 16 x 5 m menggunakan tulangan D16-150 untuk arah melintang dan memanjang.

J. RENCANA ANGGARAN BIAYA

Jadi rencana anggaran biaya (RAB) yang diperlukan dalam perencanaan gelagar boks baja sebesar Rp. 53,487,105,000 (lima puluh tiga miliar empat ratus delapan puluh tujuh juta seratus lima ribu rupiah).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan ulang jembatan kalimataram berbentuk boks dengan material baja menggunakan mutu B_{j55}. Direncanakan dengan menggunakan bantuan aplikasi dari Autodesk *Robot Structural Analysis Professional* dalam mencari gaya-gaya dalamnya. Disimpulkan bahwa dimensi yang digunakan telah memnuhi syarat dari AASHTO edisi 9 tahun 2020, dan SNI 03-2005. Penentuan penampangkan perlu diperhatikan stabilitasnya dikarenakan jembatan bentang panjang merupakan rana dari jembatan rangka baja dan prategang

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ARISTIEN, H. Y. (2023). *Perencanaan Ulang Jembatan Dodokan Pada Ruas Jalan Gerung-Lembar Menggunakan Alternatif Jembatan Komposit Box Girder* <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/41576>
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Baja Tulangan Beton. Sni 2052-2017*, 13.
- [3] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833*. BSN.
- [4] Dirjen Bina Marga. (2021). *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan. Surat Edaran*, 1–6.
- [5] El Sarraf, R., Iles, D. C., Momtahan, A., Easey, D., & Hicks, S. J. (2013). *Steel concrete composite bridge design guide. September*, 1–252.
- [6] Harahap, M. A. K., Sianturi, N. M., Ira Modifa, Saragih, D. S., & Situmorang, S. F. (2023). Rencana Anggaran Biaya (RAB) Rekonstruksi Jalan Lumban Pande -Tanjungan Kecamatan Palipi (DID). *Jurnal Santeksipil*, 4(1), 11–21. <https://doi.org/10.36985/jsl.v4i1.881>
- [7] Heins, C. P. (1981). *BSC Designers Guide to Box Girder Bridges*. Bethlehem Steel Corporation.
- [8] Heins, C. P. (1983). *Steel Box Girder Bridges - Design Guides & Methods. Engineering Journal*, 20(4), 121–142.
- [9] Hidayat, A. S. (2014). PERANCANGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BETON PRATEGANG. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 1–46. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>
- [10] Khuzaifah, E. (2018). Studi Tentang Sistem Proteksi Kebakaran (Fireproofng) pada Struktur Baja. *Swara Patra : Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 8(3), 40–47.
- [11] Lukmanul Hakim, S. H. , B. S. . (2015). Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong Yogyakarta dengan Menggunakan Box Girder. *Semesta Teknika*, 16(1), 10–20. <https://doi.org/10.18196/st.v16i1.427>
- [12] Macdonald, M. (2012). *Design Guide for Composite Box Girder Bridges. In the steel construction institute.*
- [13] Pipinato, A., & De Miranda, M. (2022). *11 - Steel and composite bridges* (A. B. T.-I. B. D. H. (Second E. Pipinato (ed.); second, pp. 327–352). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823550-8.00019-6>
- [14] Manangi, S. R., Sendow, T., & Rumanyar, A. (2019). Jembatan Penampang Persegi dan Penampang T Menurut Metode BMS 1992. *Jurnal Sipil Statik*, 7(7), 767–776.
- [15] PUPR, K. (2015). *Surat Edaran Menteri PU 07SEM2015 Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan jembatan.*
- [16] SNI. (2005). *RSNI T-03-2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan Badan Standardisasi Nasional ICS. Badan Standardisasi Nasional*, 5.
- [17] SNI. (2016). *Standar pembebanan untuk jembatan. Badan Standardisasi Nasional.*
- [18] Tumurang, O. M., Dapas, S. O., & Windah, R. S. (2016). Analisis Tata Letak Stiffener Terhadap Tekuk Lokal Baja. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 405–413.
- [19] Walujodjati, E., Sauri, S., & Qurthubi, A. (2023). *Analisis Struktur Gelagar Jembatan Steel Box Girder Tipe Komposit Baja- Beton*. 156–165.
- [20] Yatnikasari, S., Asnan, M. N., & Liana, U. W. M. (2021). Alternatif Perencanaan Jembatan Rangka Baja Dengan Menggunakan Metode Lrfd Di Jembatan Gelatik Kota Samarinda. *Rang Teknik Journal*, 4(2), 282–294. <https://doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2518>