

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API
RANGKA BAJA BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH*
TRUSS (WTT) BENTANG 100 METER SUNGAI LUK ULO
KEBUMEN KM 449 + 900 JALUR GANDA KERETA API
LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**



**Disusun sebagai salah satu menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

ASHRAF HABIBURRAHMAN

D100 150 166

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA
BH 1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG
100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

PUBLIKASI ILMIAH

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana-1 Teknik Sipil

diajukan oleh :

ASHRAF HABIBURRAHMAN
NIM: D100 150 166

Telah diperiksa dan disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Abdul Rochman', is written over a horizontal line.

Abdul Rochman, ST. MT.
NIK: 610

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API RANGKA BAJA BH
1751 TIPE *WELDED THROUGH TRUSS* (WTT) BENTANG
100 METER SUNGAI LUK ULO KEBUMEN KM 449 + 900
JALUR GANDA KERETA API LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

Oleh :

Ashraf Habiburrahman

NIM: D 100 150 166

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammdiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 22 April 2021

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **Abdul Rochman, S.T., M.T**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ir. Ali Asroni, M.T**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD.

NIP: 682

30042021

PERNYATAAN

Dengan ini saya mengatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, ²² April 2021

Penulis



ASHRAF HABIBURRAHMAN

D100150166

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KERETA API
RANGKA BAJA BH 1751 TIPE WELDED THROUGH TRUSS
(WTT) BENTANG 100 METER SUNGAI LUK ULO
KEBUMEN KM 449 + 900 JALUR GANDA KERETA API
LINTAS ANTARA KROYA - KUTOARJO**

Abstrak

Tugas akhir ini merencanakan ulang jembatan panjang bentang 100 meter dengan tipe *warren truss*. Menggunakan profil yang tersusun dengan pengelasan, disebut dengan *welded through truss*. Lokasi perencanaan di sungai Luk Ulo KM 449+900 antara Karanganyar-Kebumen Lintas Kroya-Kutoarjo. Masyarakat umum menyebutnya dengan jembatan Renville, oleh karena di lokasi tersebut secara histori terdapat monumen perjanjian Renville pada masa kolonial Belanda. Jembatan kereta api dengan bentang terpanjang di Indonesia. Jembatan dengan bentang 100 meter tersebut dimaksud untuk menggantikan jembatan yang ada (*existing*) yang semula terdiri dari 3 bentang masing masing 32 meter dan pembuatan jalur ganda kereta api baru. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah Peraturan Menteri Perhubungan no 60 tahun 2012 tentang Persyaratan teknis jalur kereta api, Peraturan Dinas no 10 tahun 1986 PT. Kereta Api Indonesia, Rencana Muatan 1921, Peraturan Umum mengenai jembatan dan pilar besi untuk jalan Kereta Api dan Tram di Indonesia (A.V.B.P 1932). Metode perhitungan kecukupan dimensi profil rangka baja dengan cara LRFD. Mutu baja yang digunakan adalah SM 490 dengan *yield strength* = 325 N/mm² dan *tensile strength* = 490 N/mm². Sambungan baut menggunakan baut mutu tinggi STB (*torque shear type high strength bolts*) mutu *grade* S10T dengan *yield strength* ≥ 900 N/mm², *tensile strength* = 1000-1200N/mm. Hasil diperoleh pada perencanaan jembatan kereta api bentang 100 meter tipe *welded through truss* adalah sebagai berikut:

1. Profil batang atas (*upper chord*) dibuat dari tipe kotak/*box* dengan dimensi minimum tebal atas dan bawah sebesar 16mm dan tebal badan 22mm.
2. Profil batang bawah (*lower chord*) dibuat dari tipe kotak/*box* dengan dimensi minimum tebal atas 9mm, tebal bawah 10mm dan tebal 9mm.
3. Profil batang diagonal (*diagonal chord*) dibuat dari tipe I dan tipe kotak/*box*. Untuk tipe I diperoleh minimum 460x460x19x12 tipe kotak/*box* diperoleh minimum 478x380x10x11.
4. Gelagar memanjang (*stringer*) dibuat dari profil tipe I dengan dimensi 1300x370x34x9.
5. Gelagar melintang (*cross beam*) dibuat dari profil tipe I dengan dimensi 1593x380x15x28.
6. Ikatan angin (*lateral bracing*) atas dan bawah tipe T dan tipe I.

7. Kontrol terhadap lendutan yang terjadi pada gelagar memanjang (*stringer*), gelagar melintang (*cross beam*), dan rangka.

Kata kunci : jembatan, jalur kereta api, WTT

Abstract

This final project plans to redesign the 100-meter span railway bridge with the Warren Truss type. Using profiles arranged by welding, which are called Welded Through Truss. The planning location is on the Luk Ulo River KM 449+900 between Karanganyar-Kebumen line Kroya-Kutuarjo. The public calls it the Renville Bridge, because this location has historically been the Renville Treaty Monument during the Dutch colonial period. The railway bridge with a span of 100 m in one span is the longest span in Indonesia. The bridge with a span of 100 m is intended to replace the existing bridge which originally consisted of 3 spans of 32 meters each and the construction of a new Railway Double Tracking. The loading regulations used are the Minister of Transportation Regulation No.60 of 2012 concerning the Technical Requirements for the Railway Line, the Office Regulation No.10 of 1986 for PT Kereta Api Indonesia, the 1921 load plan and the general regulations regarding bridges and iron pillars for Railways and tracks on Indonesia (A.V.B.P 1932). Method of calculating the adequacy of the dimensions of the steel frame profile using LFRD. The steel grade used is SM 490 with Yield Strength = 325 N / mm^2 and Tensile Strength = 490 N / mm^2 . In connection with bolts using high strength bolts STB (Torque Shear Type High Strength Bolts) yield strength $\geq 900 \text{ N / mm}^2$ and Tensile Strength = $1000 - 1200 \text{ N / mm}^2$. The results obtained in the planning of the 100-meter welded through truss type Railway Bridge are as follows:

1. Upper Chord profiles are made of box type with minimum dimensions of the top and bottom thickness 16 mm, side thickness of 22 mm.
2. Bottom Chord profiles are made of box type with minimum dimensions of the top thickness 9 mm ,bottom thickness 10 mm and side thickness of 22 mm.
3. Diagonal chord profiles are made of 2 types, namely, type I and type box. For type I, the minimum 460x460x19x12 and for the box type, the minimum 478x380x10x11.
4. Longitudinal girders (stringers) are made of type I profiles with dimensions 1300x370x34x9.
5. The cross beam (floor beam) is made from a type I profile with dimensions 1593x380x15x28.
6. Upper and lower Lateral Wind Bracings use type T and I.
7. Control of deflection that occurs in the longitudinal girder (stringers), transverse girder (floor beam), and steel truss.

Keywords : Bridge, Railway, WTT

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan kereta api yang berlokasi di sungai Luk Ulo km 449 + 939 (Jembatan Renville) Kebumen yang lama terdiri dari 3 bentang masing-masing 32 meter. Total panjang jembatan yang lama sekitar 96 meter. Sehubungan dengan pilar jembatan yang lama sudah mulai terkikis dikarenakan penambangan pasir dan gerusan air maka pilar tersebut mengalami perubahan atau pergeseran, oleh karena itu dapat dijadikan bahan pertimbangan perencanaan jembatan yang baru dengan 1 bentang dengan panjang 100 meter. Dalam merencanakan jembatan kereta api telah diuraikan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan no. 60 tahun 2012 perihal Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Pada jembatan ini menggunakan rangka tipe *welded through truss*, rangka baja yang profilnya dibuat dari potongan pelat baja mutu tinggi dibentuk tipe profil *H-beam* maupun *box* (kotak) dengan menggunakan pengelasan sebagai penghubungnya.

1.2 Tujuan dan Manfaat Perencanaan

Tujuan ingin membandingkan perbedaan yang terletak pada gambar referensi yang didapat oleh penulis. Perencanaan jembatan kereta api berbentang 100 meter dengan tipe WTT (*Welded Through Truss*) dapat diketahui dimensi batang bawah (*bottom cord*), batang diagonal (*diagonal cord*), batang atas (*upper cord*), balok lantai (*floor beam*), dan tambatan angin (*sway bracing*) di sungai Luk Ulo.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang digunakan dalam perencanaan jembatan rangka baja ini adalah sebagai berikut:

- a). Perencanaan struktur atas (*upper structure*).
- b). Panjang bentang jembatan 100 meter.
- c). Lebar jembatan rangka atas (antar as rangka 5,4 meter)
- d). Lebar pejalan kaki (*walk way*) 1,4 meter.
- e). Tipe pelat baja struktur atas adalah SM 490.
 - 1). *Yield Strength* = 325 N/mm.

- 2). *Tensile Strength* = 490 N/mm².
- f). Sambungan baut mutu tinggi HTB (*High Strength Bolt*).
 - 1). *Grade* F10T
 - 2). *Yield Strength* $\geq$ 900 N/mm².
 - 3). *Tensile Strength* = 1000 – 1200 N/mm
- g). Lendutan (*camber*) struktur rangka batang maximum $\frac{1}{1000} \times L$
- h). Peraturan yang digunakan dalam perancangan jembatan ini adalah:
 - 1). Peraturan menteri perhubungan nomor: PM 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis Jalur kereta api.
 - 2). Peraturan umum mengenai jembatan dan pilar besi untuk jalan kereta api dan tram di Indonesia (A. V. B. P. 1932).

2. METODE

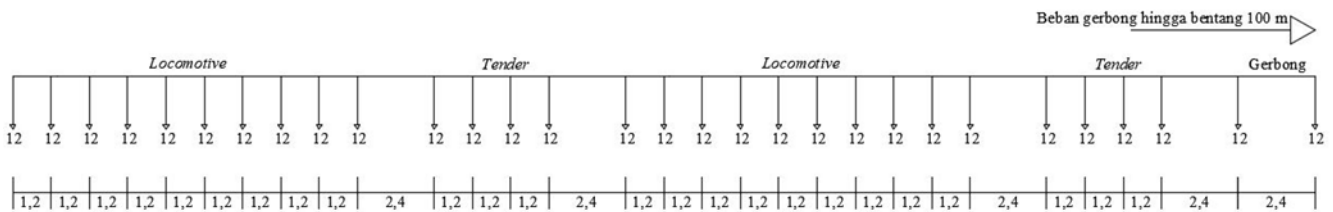
2.1 Pembebanan Dalam Perencanaan Struktur Atas Jembatan Kereta Api

Beban utama terdiri dari beban mati dan beban hidup

- a). Beban mati (*dead load*)

Beban mati terdiri dari 2, yaitu beban berat itu sendiri dan beban konstruksi. Beban berat sendiri terdiri dari struktur rangka utama (*main truss*), balok memanjang (*long beam*), balok melintang (*cross beam*), ikatan angin bawah dan atas, dan pelat buhul (*gusset plate*). Beban konstruksi jalan rel pada jembatan terdiri dari beban rel tipe R54, beban *base plate* dan sistem penambat (*fastening system*) dan bantalan kayu.
- b). Beban hidup

Beban hidup diambil dari Peraturan Menteri Perhubungan nomor: PM. 60 tahun 2012, oleh karena bentang jembatan 100 meter maka yang diperhitungkan adalah 2 rangkaian lokomotif ditambah dengan gerbong dibelakangnya. Tiap roda kereta memiliki berat 12 ton. Total berat rangkaian pada jembatan berbentang 100 meter sebesar 636 ton. Sketsa pembebanan dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Skema pembebanan kereta api

c). Beban tambahan

Pada beban tambahan cara perhitungan diambil dari Peraturan Menteri nomor: PM 60 tahun 2012. Beban tambahan lainnya terdiri dari sebagai berikut:

- 1). Beban kejut
- 2). Beban angin
- 3). Beban longitudinal
- 4). Beban lateral kereta

2.2 Perencanaan Balok Memanjang

Perencanaan pada balok memanjang terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban mati terdiri dari bantalan kayu, rel R54, paku tirepon dan penambat (*fastening*). Beban hidup dalam perhitungan menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan nomor: PM 60 tahun 2012 yaitu beban gandar 12 ton.

2.3 Perencanaan Balok Melintang

Perencanaan balok melintang hasil dari reaksi beban mati dan beban hidup balok melintang dengan bentang 5,4 meter.

2.4 Perencanaan Rangka Utama

Perencanaan pada rangka utama gaya yang bekerja diperoleh dari hasil reaksi pada balok melintang.

2.5 Kontrol Lendutan

Dalam perencanaan konstruksi jembatan rangka baja kereta api menurut Peraturan Menteri Perhubungan nomor: PM 60 tahun 2012 harus diperiksa lendutan (*deflection*) yang terjadi pada komponen struktur.

2.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang ada pada jembatan kereta api ini mengadopsi dari buku Unsworth (2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan balok memanjang dan melintang

Perencanaan balok memanjang dan balok melintang terlebih dahulu menghitung beban mati, beban hidup dan beban santak (*impact factor*). Setelah menghitung ketiga pembebanan tersebut, masukan pembebanan tadi kedalam software SAP 2000 V. 14. Hasil *run program software* tadi digunakan untuk menghitung perencanaan balok memanjang dan balok melintang. Kontrol keamanan meliputi perhitungan gelagar memanjang diujung bentang, gelagar memanjang ditengah bentang dan gelagar melintang.

Tabel 1. Kontrol keamanan gelagar

Batang	M_U (ton.m)	Persyaratan	ϕM_n (ton.m)
Gelagar memanjang diujung bentang	99,489	$\leq$	461,290
Gelagar memanjang ditengah bentang	62,184	$\leq$	438,913
Gelagar melintang	76,150	$\leq$	704,407

3.2 Perencanaan rangka batang

Perencanaan rangka batang terlebih dahulu menghitung beban mati, beban hidup, dan beban santak (*impact factor*). Setelah pembebanan ketiga tadi, lanjut melihat hasil *program software* yang digunakan, untuk meninjau keamanan profil seluruh rangka batang pada jembatan.

Tabel 2. Kontrol keamanan batang atas dan batang bawah

Batang	Kontrol keamanan					
	Batang tekan (ton)			Batang Tarik (ton)		
	N_U	Persyaratan	ϕN_N	T_U	Persyaratan	ϕT_N
U1-U3	445,763	$\leq$	885,044	-	-	-
U3-U5	598,528	$\leq$	1144,547	-	-	-
U5-U7	657,478	$\leq$	1265,723	-	-	-
U7-U7'	669,749	$\leq$	1265,723	-	-	-
L0-L2	-	-	-	251,025	$\leq$	600,795
L2-L4	-	-	-	513,231	$\leq$	1073,475
L4-L6	-	-	-	614,306	$\leq$	1331,46
L6-L8	-	-	-	654,863	$\leq$	1459,575

Tabel 3. Kontrol keamanan batang diagonal

Batang	Kontrol keamanan					
	Batang tekan (ton)			Batang Tarik (ton)		
	N_U	Persyaratan	ϕN_N	T_U	Persyaratan	ϕT_N
End post	458,955	$\leq$	1083,462	-	-	-
U1-L2	-	-	-	335,435	$\leq$	646,616
L2-U3	232,635	$\leq$	425,678	-	-	-
U3-L4	-	-	-	218,790	$\leq$	439,699
L4-U5	117,131	$\leq$	264,467	-	-	-
U5-L6	-	-	-	144,646	$\leq$	529,893
L6-U7	93,786	$\leq$	240,024	13,108	$\leq$	529,893
U7-L8	22,877	$\leq$	240,024	116,631	$\leq$	529,893

Tabel 4. Kontrol keamanan ikatan angin

Batang	Kontrol keamanan		
	Batang tekan		
	T_U (ton)	Persyaratan	ϕT_N (ton)
U1-U3	51,12	$\leq$	212,149
U3-U5	33,361	$\leq$	212,149
U5-U7	11,757	$\leq$	212,149
U7-U7'	-	-	-
L0-L2	31,102	$\leq$	380,604
L2-L4	25,507	$\leq$	257,972
L4-L6	16,542	$\leq$	157,248
L6-L8	1,264	$\leq$	127,524

Tabel 5. Kontrol perhitungan jumlah baut

Batang	Jumlah Baut (buah)	
	Referensi	Perhitungan
U1-L2	38	24
L2-U3	26	16
U3-L4	26	16
L4-U5	26	12
U5-L6	26	12
L6-U7	26	9
U7-L8	26	9

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- 1). Dimensi profil batang bawah (*bottom chord*) L0-L2, L2-L4, L4-L6 dan L6-L8 aman dan memenuhi persyaratan.

- 2). Dimensi profil batang diagonal (*diagonal chord*) U1-L2, L2-U3, U3-L4, L4-U5, U5-L6, L6-U7, U7-L8 dan end post aman dan memenuhi persyaratan.
- 3). Dimensi profil batang atas (*upper chord*) U1-U3, U3-U5, U5-U7 dan U7-U7' aman dan memenuhi persyaratan.
- 4). Dimensi gelagar memanjang di ujung bentang (*end panel stringer*) dengan tipe IWF 370.34.32.1300.9 dan gelagar memanjang di tengah bentang (*intermediate stringer*) dengan tipe IWF 370.32.30.1300.9 aman dengan lendutan maksimum $0,014\text{m} \leq \frac{1}{800}.L.(0,015\text{m})$
- 5). Dimensi gelagar melintang (*cross beam*) tipe IWF 380.28.25.1593.9 aman dan memenuhi dengan lendutan $0,0000728\text{m} \leq \frac{1}{800}.L.(0,00675\text{m})$
- 6). Pelat buhul (*gusset plate*) dengan ketebalan 16 mm aman.
- 7). Ikatan angin atas dan ikatan angin bawah aman.
- 8). Jumlah baut dalam hitungan terdapat perbedaan yang cukup besar bila dibandingkan dengan gambar referensi.

4.1 Saran

- 1). Masih diperlukan perhitungan tingkat lanjut mengenai kondisi lelah (*fatigue design*).
- 2). Terdapat jumlah baut yang berbeda, dimungkinkan penambahan safety factor saat perhitungan baut.
- 3). Dalam perencanaan jembatan kereta api hal yang sangat penting adalah pemeriksaan kecukupan dimensi profil dan kontrol lendutan.
- 4). Hasil perhitungan lendutan rangka baja sangat diperlukan saat penyetelan (*erection*) struktur rangka baja, oleh karena tidak boleh terjadi defleksi yang tidak sesuai persyaratan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adane, N., 2013, *Comparision of Analysis Models of Highway and Railway Bridge Load and Load Combinations*. Thesis. Addis Abada University.
- Badan Standardisasi Nasional, RSNI T-03-2005, 2005, *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Jakarta.
- Bagian Konstruksi dan Jembatan, 1953, *Peraturan Umum Mengenai Jembatan dan Pijler Besi Untuk Jalan Kereta Api dan Tram di Indonesia (A. V. B. P. 1932)*. Bandung.
- Cosgrove, T.C., 2004, *Tension Control Bolts, Grade S10T, in Friction Grip Connections*. Great Britain : Steel Construction Institute.
- Dewobroto, W., 2016, *Struktur Baja Perilaku, Analsis & Desain – AISC 2010*, edisi 2. Jakarta: Lumina Pres.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM.60 Tahun 2012. *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta.
- Perusahaan Umum Kereta Api, 1986. *Peraturan Dinas No. 10 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*. Bandung.
- Punmia, B.C., Ashok K. Jain, Arun K. Jain, 2017. *Theory of Structure*. Yogyakarta: Andi.
- Rochman, A., 2017, *Buku Ajar Dasar-dasar Perencanaan Struktus Baja*. Surakarta.
- Salmon, C.G., Johnson John E, 1996, *Struktur Baja Desain dan Perilaku dengan penekanan pada Load and Resistance factor design*.(edisi terjemahan). Jakarta: PT. Gramedia.
- Salmon, C.G., Johnson John E, 1986 (terjemahan Ir.Wira M.S.C.E), *Struktur Baja Desain dan Perilaku*. Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, A., 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Jakarta: Erlangga.
- Unsworth, J.F., 2017, *Design and Construction of Modern Steel Railway Bridges*. Canada: CRC Press Taylor&Francis Group Boca Raton London New York.