

Evaluasi Perencanaan Jembatan Kereta Api Rangka Baja *Double Track* Bentang 50 Meter

KENNY GESA, ERMA DESMALIANA, BADRIANA NURANITA

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: kennygesa24@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu prasarana infrastruktur yang penting dalam kehidupan manusia. Jembatan berfungsi untuk menghubungkan dua jalan yang terpisah akibat adanya rintangan seperti sungai, lembah, rel kereta api ataupun jalan raya. Material jembatan kereta api yang akan digunakan adalah material baja dengan sistem struktur rangka baja warren truss. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh desain bangunan atas jembatan kereta api rangka baja tipe WTT (Welded Through Truss) 50 m dengan menganalisis struktur terlebih dahulu terhadap model bangunan atas jembatan kereta api rangka baja tipe WTT (Welded Through Truss) 50 m yang sudah ada, sesuai kriteria perencanaan yang mengacu pada Lampiran Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Hasilnya dievaluasi dalam nilai rasio tegangan dan defleksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa jembatan kereta api rangka baja tipe WTT (Welded Through Truss) 50 m terdapat beberapa batang diagonal yang menghasilkan angka rasio tegangan > 1 , sehingga perlu dilakukan penambahan tebal profil penampang atau juga menambahkan stiffener pada struktur jembatan. Namun demikian nilai lendutan aktual di tengah bentang sebesar 46,651 mm masih memenuhi syarat karena kurang dari lendutan ijin 50 mm.

Kata kunci: Jembatan kereta api, rangka baja tipe WTT, PM 60 Tahun 2012, rasio tegangan dan defleksi

ABSTRACT

Bridges is one of the important infrastructure in human life. bridge serves to connect two separate roads due to obstacles such as rivers, valleys, railroads or roads. The railroads bridge material to be used is steel material with a warren truss steel frame structure system. The purpose of this study is to obtain a building design for the 50 m WTT (Welded Through Truss) steel frame railroad bridge by first analyzing structure of the existing 50 m WTT (Welded Through Truss) steel frame superstructure model, planning criteria refer to Attachment to the Minister of Transportation No. 60 of 2012 concerning Technical Requirements for Railway Lines. The results are evaluated in terms of stress ratio and deflection. The results of the analysis show that the 50 m WTT (Welded Through Truss) steel frame railway bridge has several diagonal bars that produce a stress ratio > 1 , so it is necessary to add the thickness of the cross sectional profile or also to add a stiffener to the bridge structure. However the actual deflection value in the middle of the span of 46.651 mm still meets the requirements because it is less than the allowable deflection of 50 mm.

Keywords: Railway bridge, steel frame type WTT, PM 60 of 2012, stress ratio and deflection

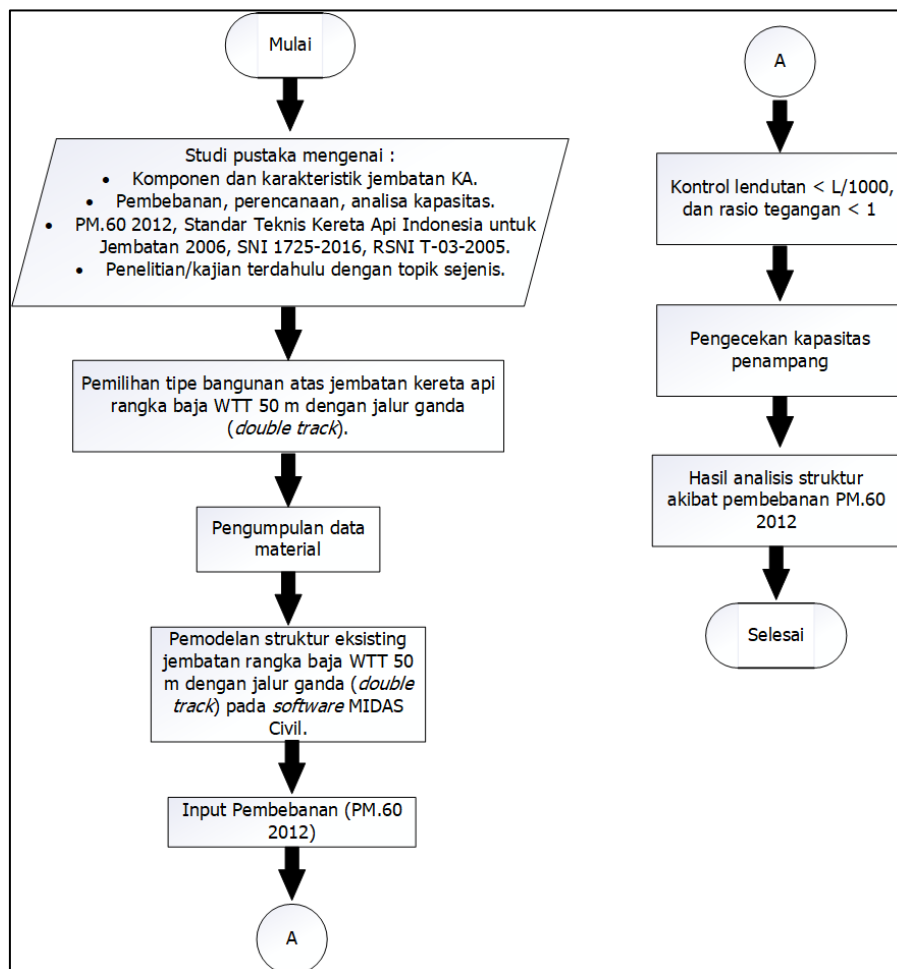
1. PENDAHULUAN

Pembangunan jembatan kereta api rangka baja double track direncanakan lebih meningkatkan lagi kapasitas lalu lintas darat di bidang perkereta apian. Hal ini akan lebih efisien bila dibandingkan dengan *single track* yang pengoperasian sistemnya digunakan secara bergantian dan ditempat kereta berpapasan dibuat sisi rel yang lain yang difungsikan sebagai rangkaian yang digunakan Kereta api untuk tempat menunggu sebelum diberangkatkan. Selain itu *double track* akan lebih efisien bila di salah satu jalurnya mengalami gangguan akses. Salah satu jenis jembatan yang umum digunakan untuk rel kereta api adalah tipe jembatan rangka baja (*truss bridge*). Material baja memiliki ketahanan tinggi terhadap tegangan akibat tarik maupun tekan. Di Indonesia, tipe jembatan rangka baja yang banyak digunakan adalah tipe WTT (*Welded Through Truss*). Jembatan rangka baja tipe WTT (*Welded Through Truss*) merupakan salah satu jenis jembatan rangka baja yang sudah digunakan di Indonesia sejak tahun 1990-an dengan ketersediaan bentang yang bervariasi. Perencanaan desain jembatan kereta api di Indonesia dimuat dalam Standar Teknis Kereta Api Indonesia untuk Struktur Jembatan Baja Tahun 2006 serta Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur jembatan ini yaitu:

1. Beban mati sendiri
Beban ini berupa berat keseluruhan struktur rangka yang terdiri dari gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka batang utama (batang bawah, batang atas, batang diagonal, dan rangka tiang ujung), batang desak lateral, ikatan angin atas dan bawah, ikatan tumbuk. Pada pemodelan, berat sendiri struktur akan dihitung di Midas Civil. *Default* program Midas Civil akan menghitung berat sendiri struktur secara otomatis berdasarkan luas penampang setiap elemen dan berat jenis material.
2. Beban mati tambahan
Beban mati tambahan dalam hal ini terdiri dari beban bantalan, beban rel, beban penambat dan baut, dan beban jembatan pejalan kaki (*walkway*). Maka didapatkan nilai total beban mati tambahan yang diterima masing-masing gelagar senilai 0,291 ton/m atau 2,854 kN/m.
3. Beban hidup
Beban hidup pada jalur kereta diambil dari Rencana Muatan 1921 (RM-21) dalam Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012. Pada pemodelan ini ada 6 jenis beban kereta api yang digunakan pada struktur jembatan yaitu (lokomotif (L), tender/*carier* (C), dan gerbong/*Wagon* (W)), 7 gandar dengan berat muatan gandar 15 ton, 5 gandar dengan berat muatan gandar 17 ton, 3 gandar dengan berat muatan gandar 18 ton, 2 gandar dengan berat muatan gandar 19 ton, 1 gandar dengan berat muatan gandar 20 ton. Kemudian dimodelkan baik secara beban statik maupun beban bergerak (*moving load*), sehingga dapat dipilih beban hidup paling maksimum diantara dua aplikasi beban tersebut untuk kemudian dikombinasikan bersama beban-beban lainnya.
4. Beban kejut
Beban kejut sebesar 19,309 kN/m untuk tiap gelagar memanjang.
5. Beban lateral kereta
Beban lateral kereta sebesar 6,443 kN/m untuk tiap gelagar memanjang.
6. Beban rem dan traksi
Beban rem dan traksi sebesar 0,687 kN/m, beban bekerja pada ketinggian 1,8 m.
7. Beban rel panjang longitudinal
Beban rel panjang longitudinal sebesar 5 kN/m untuk tiap gelagar memanjang.
8. Beban angin
Berdasarkan SNI-1725-2016, gaya total beban angin pada struktur jembatan (EW_s) tidak boleh diambil kurang dari 4,4 N/mm pada bidang tekan dan 2,2 N/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung. Selain itu, struktur direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kereta (EW_L), di mana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1.800 mm di atas permukaan rel.

3.2 Defleksi Struktur

Peninjauan nilai defleksi bertujuan untuk mengetahui besaran penyimpangan yang dihasilkan oleh struktur akibat pembebanan yang diberikan. Nilai defleksi struktur yang dihasilkan akibat kombinasi beban Layan 1 yang merupakan parameter perhitungan nilai defleksi. Defleksi struktur yang dihasilkan dari pemodelan akibat beban layan pada struktur adalah 46,651 mm. Defleksi maksimum terjadi di tengah bentang. Jika dibandingkan dengan nilai defleksi maksimum yang diijinkan sebesar 50 mm, dapat diidentifikasi bahwa defleksi aktual pada struktur tidak melebihi defleksi ijinnya dan struktur jembatan ini memenuhi syarat parameter kekakuan terhadap defleksi.

3.3 Rasio Tegangan Struktur

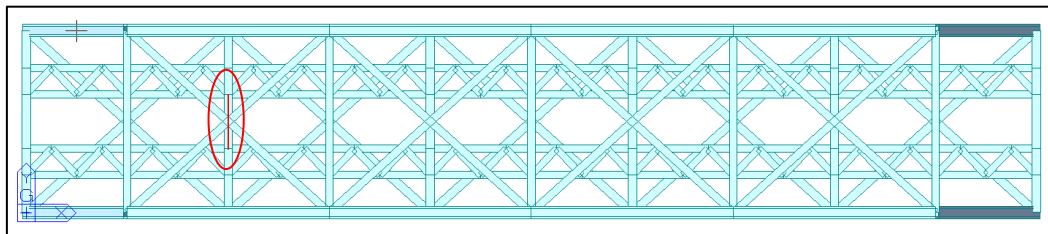
Pemeriksaan nilai rasio tegangan bertujuan untuk mengetahui apakah elemen-elemen struktur yang didesain sudah memenuhi kriteria aman atau belum berdasarkan perbandingan antara gaya dalam ultimit hasil kombinasi pembebanan maksimum dengan kekuatan nominal masing-masing elemen. Nilai rasio tegangan disyaratkan tidak melebihi angka 1. Berdasarkan hasil pemeriksaan, dapat dilihat bahwa semua elemen struktur menghasilkan nilai rasio tegangan kurang dari 1 terkecuali pada elemen batang 14, 19, 33, dan 38 yang terjadi pada batang diagonal menghasilkan nilai rasio tegangan 1,19 hingga 1,2 hal ini terjadi dikarenakan elemen batang tidak mampu menahan beban hidup statik akibat kombinasi pembebanan KUAT 1. Oleh karena itu, dilakukan kembali memodelkan struktur tanpa memasukan beban hidup statik karena pada umumnya beban kendaraan yang mendekati kondisi aktual yaitu moving load saja. setelah memodelkan kembali tanpa beban hidup statik, bahwa semua elemen struktur menghasilkan nilai rasio tegangan kurang dari 1. Maka dapat disimpulkan bahwa beban hidup statik berpengaruh besar yang mengakibatkan nilai rasio tegangan batang diagonal No. 14, 19, 33, dan 38 melebihi dari 1.

4.4 Pengecekan Kapasitas Penampang

Pengecekan kekuatan elemen baja yang diperhitungkan mencakup analisis kapasitas aksial tarik, aksial tekan, lentur dan geser. Besar gaya-gaya dalam pada masing-masing batang selanjutnya akan diambil satu gaya paling maksimum untuk tiap tipe batang, kemudian akan dianalisa apakah kapasitas elemen tersebut masih mampu mengakomodir beban terfaktornya atau tidak. Berikut ini pengecekan kapasitas lentur, geser, tarik, dan tekan pada elemen yang menerima gaya dalam paling maksimum sebagai berikut:

1. Pengecekan kapasitas lentur dan geser

Hasil analisis struktur pada Midas Civil menunjukkan gaya batang maksimum pada gelagar melintang dengan No. batang 313 diderita oleh profil H 1451x420x19x28/32 seperti pada **Gambar 4** berikut ini.

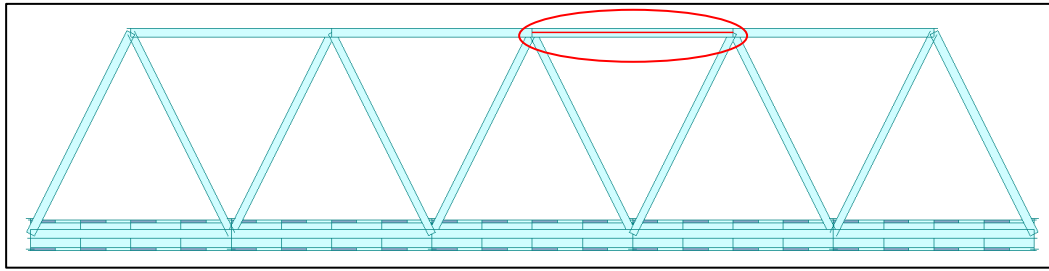


Gambar 4. Batang gelagar melintang No. batang 313

Momen ultimit, $M_u = 4.843.226.249 \text{ Nmm} < \phi M_n = 8.115.413.705 \text{ Nmm}$, maka batang kuat terhadap lentur. Geser ultimit, $V_u = 272.907,49 \text{ N} < \phi V_n = 3.965.322 \text{ N}$, maka batang kuat terhadap geser.

2. Pengecekan kapasitas aksial tekan

Hasil analisis struktur Midas Civil menunjukkan gaya batang maksimum pada batang atas dengan No. batang 9 diderita oleh profil Box 382x620x25x28 seperti pada **Gambar 5** di bawah ini.

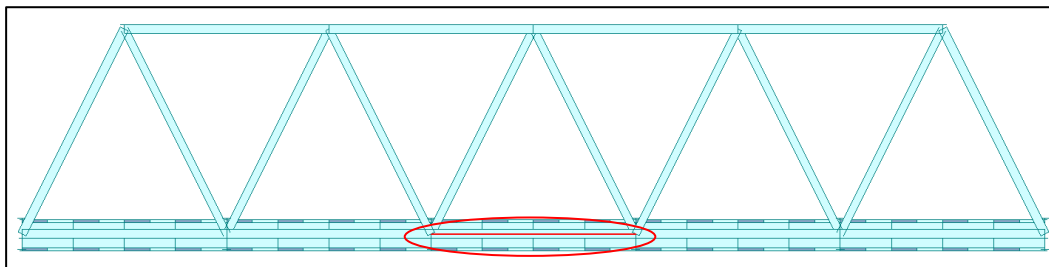


Gambar 5. Batang atas No. batang 9

Aksial tekan ultimit, $P_{u\ tekan} = -5.480.741,295\text{ N} < \phi P_n = 12.340.210,19\text{ N}$, maka penampang memenuhi syarat kekuatan.

3. Pengecekan kapasitas aksial tarik

Hasil analisis struktur Midas Civil menunjukkan gaya batang maksimum pada batang bawah dengan No. batang 24 diderita oleh profil Box 388x620x19x22 seperti pada **Gambar 6** di bawah ini.



Gambar 6. Batang bawah No. batang 24

Aksial tarik ultimit, $P_{u\ tarik} = 5.352.994,641\text{ N} < \phi P_n = 8.888.076\text{ N}$, maka penampang memenuhi syarat kekuatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur yang sudah ada dilakukan pada struktur atas jembatan kereta api rangka baja *double track* bentang 50 m berdasarkan acuan peraturan PM 60 Tahun 2012, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain struktur eksisting (jembatan kereta api rangka baja *double track* bentang 50 m dengan perencanaan teknis mengacu kepada Lampiran PM. Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api) tidak memenuhi syarat kekuatan, berdasarkan hasil analisis pada beberapa batang diagonal yang menghasilkan angka rasio tegangan > 1 , namun nilai lendutan aktual di tengah bentang sebesar 46,651 mm masih memenuhi syarat karena kurang dari lendutan ijin 50 mm.
2. Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Midas Civil bahwa elemen struktur yang menghasilkan nilai rasio tegangan lebih dari 1 terjadi pada elemen batang diagonal dengan nomor batang 14, 19, 33, dan 38 dengan nilai rasio tegangan 1,19 hingga 1,2 hal ini terjadi dikarenakan elemen batang tidak mampu menahan beban hidup statik akibat kombinasi pembebanan KUAT 1. Oleh karena itu, sebagai tindak lanjut untuk membuktikannya maka dilakukan kembali memodelkan struktur tanpa memasukan beban hidup statik karena pada dasarnya beban hidup moving load adalah beban kendaraan yang mendekati kondisi aktual, akan tetapi pada penelitian ini merencanakan kondisi aktual terburuk di lapangan yaitu dengan menambahkan beban hidup statik yang mana kereta mengalami berhenti di atas struktur jembatan eksisting ini.

3. Setelah memodelkan kembali tanpa beban hidup statik, bahwa semua elemen struktur menghasilkan nilai rasio tegangan kurang dari 1. Maka dapat disimpulkan bahwa beban hidup statik berpengaruh besar yang mengakibatkan nilai rasio tegangan batang diagonal No. 14,19, 33, dan 38 melebihi dari 1.
4. Apabila pada penelitian ini jembatan rangka baja WTT 50 m tidak menggunakan beban hidup statik maka struktur jembatan eksisting ini masih memenuhi syarat kekuatan yang mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012. Selain itu, dari peraturan yang digunakan pada saat perencanaan jembatan eksisting ini masih menggunakan peraturan lama.
5. Kapasitas penampang lentur dan geser maksimum terjadi pada gelagar melintang dengan No. batang 313 diderita oleh profil H 1451x420x19x28/32, yang mana lentur maksimum senilai 4.843.226.249 Nmm dan geser senilai 272.907,49 N dan batang kuat terhadap lentur dan geser.
6. Kapasitas penampang aksial tekan maksimum terjadi pada batang atas dengan No. batang 9 diderita oleh profil Box 382x620x25x28, yang mana aksial tekan maksimum senilai -5.480.741,295 N dan penampang memenuhi syarat kekuatan.
7. Kapasitas penampang aksial tarik maksimum terjadi pada batang bawah dengan No. batang 24 diderita oleh profil Box 388x620x19x22, yang mana aksial tarik maksimum senilai 5.352.994,641 N dan penampang memenuhi syarat kekuatan.

4.2 Saran

Dalam melakukan penelitian ini, dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Teruntuk jembatan eksisting yang masih beroperasi hingga saat ini, sebaiknya perlu dilakukan penambahan tebal profil penampang atau juga menambahkan stiffener agar dapat memenuhi syarat kekuatan pada kondisi terburuk apabila kereta berhenti di atas struktur jembatan.
2. Dalam tahap pemodelan jembatan eksisting dilakukan beberapa pengasumsian akibat keterbatasan sumber pada penelitian ini, seperti beban mati tambahan akibat penambat dan baut dan jembatan pejalan kaki yang beratnya diasumsikan sendiri, pemodelan jembatan eksisting yang baiknya benar-benar dimodelkan sesuai kondisi aktual yang terjadi di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Badriana Nuranita, S.T.,M.T yang sudah memberikan kemudahan dalam mengumpulkan data-data yang diperlukan dan membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725:2016. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. RSNI T -03-2005. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2006). *Standar Teknis Kereta Api Indonesia untuk Jembatan Baja*. Jakarta: BSN.
- Departemen Perhubungan Direktorat Jendral Perkeretaapiaan. (April 2012). *Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Nuranita, Badriana. (2019): *Analisis Kinerja Jembatan Kereta Api Tertutup Berdasarkan Draft Teknis Jalur Kereta Api Untuk Kereta Berat (Heavy Train) 1435 mm*. Bandung: Digilib ITB.