

Analisis Bangunan Atas Jembatan Tipe Rangka Baja *Warren* Bentang 50,65 m

ANDREAS GALANG MAHARDHIKA¹, BADRIANA NURANITA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Email: galangmahardhika11@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan berfungsi sebagai sarana infrastruktur yang menghubungkan wilayah-wilayah yang terpisah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur atas jembatan dengan tipe rangka baja Warren dari segi kekuatan (perbandingan rasio tegangan), kenyamanan (nilai lendutan), dan efisiensi material (berat elemen struktur). Bentuk geometri jembatan mengikuti "Pedoman Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A Bina Marga No.07 Tahun 2005". Pemodelan dan perhitungan kinerja struktur atas jembatan untuk jembatan dilakukan menggunakan software analisis struktur. Pembebanan pada analisis jembatan mengacu pada SNI 1725 tahun 2016. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur jembatan tipe rangka baja Warren memiliki rasio tegangan maksimum sebesar 0,956, lendutan sebesar 45,463 mm yang masih memenuhi syarat dengan batas lendutan izin sebesar -63,3125 mm, dan berat elemen struktur sebesar 166,881.10 Kg.

Kata kunci: *Jembatan Rangka Baja Warren, Rasio Tegangan, Lendutan, Berat Struktur Jembatan*

ABSTRACT

Bridges serve as infrastructure to connect separated regions. This study aims to analyze the superstructure of a Warren truss bridge in terms of strength (stress ratio comparison), comfort (deflection value), and material efficiency (structural element weight). The geometric shape of the bridge follows the " Pedoman Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A Bina Marga No.07 Tahun 2005". Modeling and performance calculations of the bridge superstructure are conducted using structural analysis software. The loading analysis refers to SNI 1725 of 2016. The analysis results indicate that the Warren truss bridge structure has a maximum stress ratio of 0.956, a deflection of 45.463 mm, which still meets the allowable deflection limit of -63.3125 mm, and a structural element weight of 166,881.10 Kg.

Keyword: *Warren Truss Bridge, Stress Ratio, Deflection, Bridge Structural Weight*

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur memiliki peran krusial dalam memperlancar aktivitas ekonomi serta memengaruhi berbagai aspek kehidupan secara luas. Untuk memenuhi kebutuhan ini, diperlukan infrastruktur yang memadai, termasuk jembatan sebagai salah satu komponen utamanya. Jembatan berfungsi sebagai sarana transportasi yang menghubungkan jalan yang terputus oleh rintangan seperti sungai, jurang, dan lainnya. Salah satu jenis jembatan yang umum digunakan di Indonesia adalah jembatan rangka baja. Jembatan ini memiliki beragam bentuk, seperti *pratt*, *howe*, *lattice*, *baltimore*, *pennsylvania*, *parker*, *camelback*, *warren*, dan *k-truss*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan

Jembatan adalah struktur yang menghubungkan jalur atau lintasan transportasi yang terpisah, seperti sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya. Struktur jembatan terdiri dari tiga komponen utama: bangunan atas, bangunan bawah, dan pondasi. Bagian atas jembatan berfungsi sebagai penopang utama yang menahan beban lalu lintas kendaraan atau pejalan kaki, serta menyalurkannya ke bagian bawah jembatan (Seno et al., 2020).

2.2 Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari batang-batang vertikal dan diagonal yang terhubung dengan sambungan sendi, membentuk rangka segitiga. Rangka ini akan mengalami tegangan akibat gaya tarik, gaya tekan, atau keduanya jika terkena beban-beban dinamis. Defleksi pada rangka batang sering dibandingkan dengan defleksi pada balok, di mana pada balok, defleksi merupakan fungsi dari momen. Karena itu, defleksi pada anggota truss diasumsikan mengikuti pola yang sama dengan fungsi momen. Dengan bentuk, panjang bentang, dan pembebanan yang identik, baik dengan kemiringan maupun tanpa kemiringan, truss akan mengalami defleksi yang serupa.

2.3 Pembebanan

Dalam perencanaan jembatan, sangat penting untuk mempertimbangkan beban yang bekerja pada jembatan karena beban ini akan memengaruhi dimensi struktur yang diperlukan. Pembebanan dalam perancangan jembatan mengacu pada standar yang ditetapkan dalam SNI 1725:2016.

2.4 Lendutan Pada Jembatan

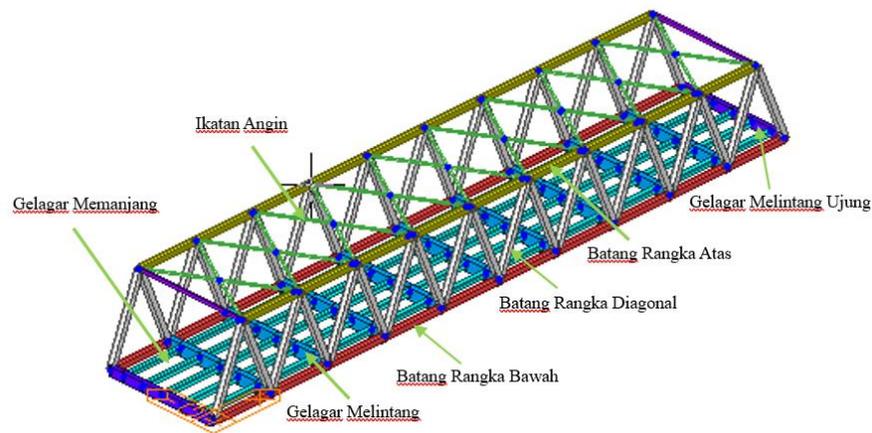
Kapasitas lendutan pada jembatan mengacu pada AASHTO (2020), lendutan pada jembatan dibatasi agar tidak melebihi $L/800$ dari panjang bentang. Sementara itu, untuk jembatan yang berada di area perkotaan, lendutan tidak boleh melebihi $L/1000$ dari panjang bentang.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pencarian literatur dari buku dan jurnal penelitian terdahulu sebagai referensi. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan data mengenai jembatan rangka baja tipe *warren* yang menjadi topik penelitian ini. Setelah data terkumpul, jembatan dimodelkan menggunakan *software* analisis struktur jembatan berdasarkan gambar rencana dengan bentang jembatan sepanjang 50,65 meter, dan lebar 9,13 meter. Material yang digunakan adalah baja mutu SM490, dengan dimensi profil yang bervariasi sesuai dengan elemen strukturnya. Melalui pemodelan jembatan menggunakan perangkat lunak tersebut, dilakukan analisis untuk mengecek nilai rasio tegangan untuk mengidentifikasi kegagalan pada batang, lendutan yang terjadi pada struktur, dan berat elemen struktur jembatan.

3.1 Profil Jembatan

Bentuk geometri struktur pada penelitian ini mengikuti Pedoman Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A Bina Marga No.07 Tahun 2005 yang ditunjukkan pada **Gambar 1** berikut:



Gambar 1. Geometri Jembatan

3.2 Data Jembatan

Data teknis jembatan ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Data Teknis Jembatan

| Data Teknis Jembatan | | |
|----------------------|---------------------------------|---|
| No. | Uraian | Keterangan |
| 1 | Jenis Struktur Atas | Rangka Baja <i>Warren</i> |
| 2 | Panjang Jembatan | 50,65 m |
| 3 | Lebar Jembatan | 9,13 m |
| 4 | Lebar Jalan | 7 m |
| 5 | Lebar Trotoar | 2 (1,00) m |
| 6 | Dimensi Batang Rangka Bawah | IWF 550x400x16x19 mm |
| 7 | Dimensi Batang Rangka Diagonal | IWF 550x400x16x19 mm |
| | | IWF 550x400x12x19 mm |
| | | IWF 550x400x9x19 mm |
| 8 | Dimensi Batang Rangka Atas | IWF 550x400x16x19 mm |
| | | IWF 550x400x16x32 mm |
| 9 | Dimensi Gelagar Memanjang | IWF 400x300x9x16 mm |
| 10 | Dimensi Gelagar Melintang | IWF 850x450x16x32 mm |
| 11 | Dimensi Gelagar Melintang ujung | IWF 750x350x12x25 mm |
| 12 | Dimensi Rangka Ikatan Angin | IWF 200x150x7x11 mm |
| 13 | Mutu Batang Rangka | JIS G 3106 SM 490 $F_y \geq 315 \text{ MPa}$ & F_u 490 – 610 MPa |
| 14 | Mutu Rangka <i>Deck</i> | JIS G 3106 SM 490 $F_y \geq 315 \text{ MPa}$ & F_u 490 – 610 MPa |
| 15 | Mutu Rangka Ikatan Angin | JIS G 3106 SM 490 $F_y \geq 315 \text{ MPa}$ & F_u 490 – 610 MPa |

| | | |
|----|--------------------|--|
| 16 | Mutu Baja Tulangan | BJTS 420 $F_y = 420 - 545 \text{ Mpa}$ & $F_u \geq 525 \text{ MPa}$ |
| 17 | Mutu Beton | F'_c 30 MPa |

4. PEMODELAN DAN PEMBAHASAN

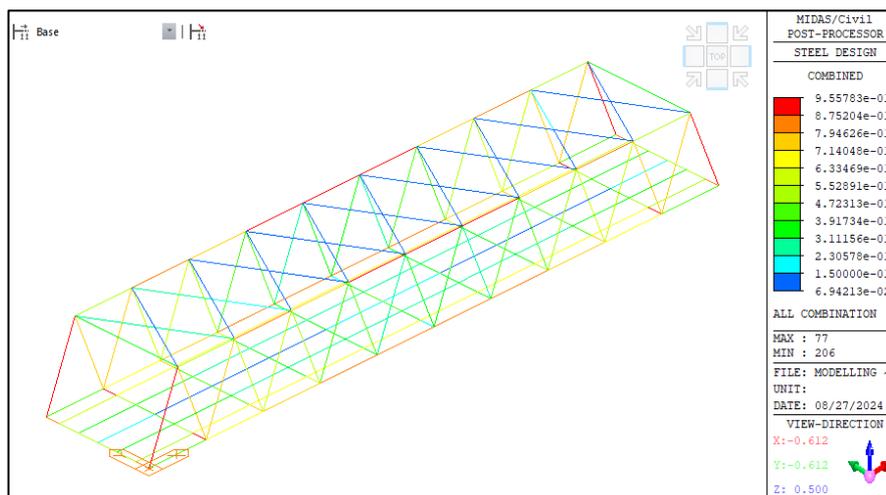
4.1 Perhitungan Pembebanan Jembatan

Perhitungan pembebanan dalam penelitian ini mengacu pada peraturan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Perhitungan dilakukan dengan penyesuaian agar hasil pembebanan dapat diterapkan pada pemodelan jembatan. Beban yang bekerja pada struktur jembatan dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu beban permanen dan beban transien dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban Permanen
 - a. MS = Beban mati struktur
 - b. MA = Beban mati tambahan
2. Beban Transien
 - a. TT = Beban truk
 - b. BGT = Beban garis terpusat
 - c. BTR = Beban terbagi rata
 - d. TB = Gaya rem
 - e. TP = Beban pejalan kaki
 - f. EWS = Beban angin pada struktur
 - g. EWL = Beban angin pada kendaraan

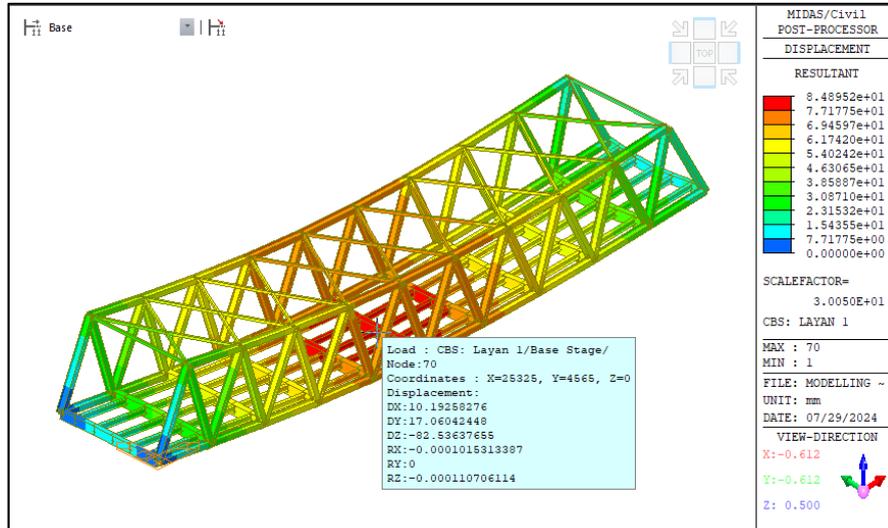
4.2 Pemodelan Struktur Jembatan

Pemodelan jembatan dilakukan menggunakan *software* analisis struktur jembatan. Pemodelan ini bertujuan untuk memperoleh nilai rasio tegangan, nilai lendutan, dan berat elemen struktur. Hasil rasio tegangan dari pemodelan ini ditampilkan seperti pada **Gambar 2** sebagai berikut:

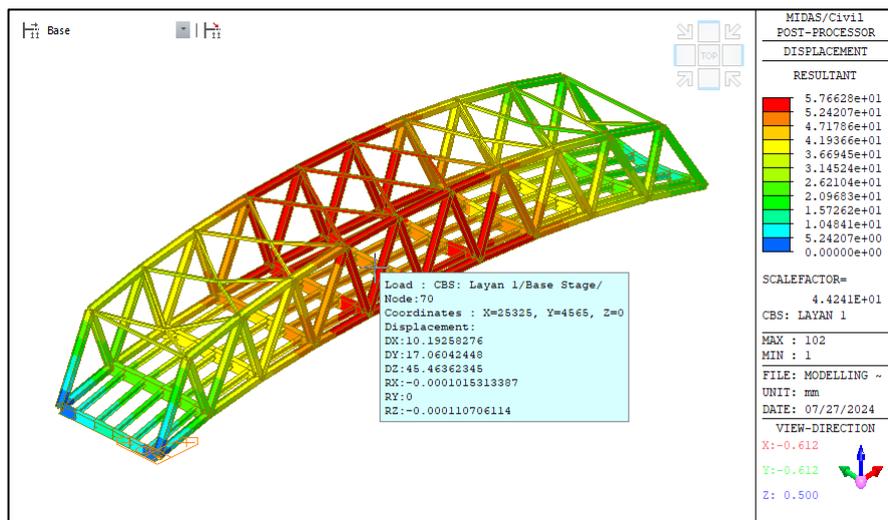


Gambar 2. Rasio Tegangan

Seperti yang terlihat pada **Gambar 2**, setelah dilakukan pembebanan sesuai dengan peraturan, rasio tegangan terbesar terjadi pada elemen 77 dengan nilai 0,956. Tegangan yang terjadi dikategorikan aman karena nilai rasio tegangan bernilai < 1. Terjadi lendutan pada struktur seperti pada **Gambar 3**, dan **Gambar 4** berikut:



Gambar 3. Lendutan Pada Jembatan Rangka Baja *No Camber*



Gambar 4. Lendutan Pada Jembatan Rangka Baja *With Camber*

Nilai lendutan pada struktur perlu diperiksa untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan yang terjadi akibat beban yang diterima. Nilai lendutan tidak boleh melebihi batas lendutan yang diizinkan sesuai dengan AASHTO LRFD 2020, yaitu lendutan izin yang diperbolehkan harus lebih kecil dari $L/800$. Hasil Nilai lendutan pada jembatan ditunjukkan pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Lendutan Pada Jembatan

| Tipe Jembatan | Besaran Lendutan | | Lendutan Izin | Keterangan |
|---------------|------------------|--------------------|---------------------------------------|------------|
| | <i>No Camber</i> | <i>With Camber</i> | | |
| Rangka Baja | -82,536 mm | 45,463 mm | $\frac{L}{800} = -63,3125 \text{ mm}$ | Aman |

Berat struktur atas jembatan diperoleh dengan bantuan *software* analisis struktur yang ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Berat Struktur Atas Jembatan

| STRUKTUR RANGKA BAJA | | |
|----------------------|----------------------------------|-------------------|
| NO | ITEM | Berat (Kg) |
| 1 | Batang Rangka Bawah | 18.600,9 |
| 2 | Batang Rangka Diagonal | 44.728,6 |
| 3 | Batang Rangka Atas | 20.710,36 |
| 4 | Gelagar Memanjang | 25.668,5 |
| 5 | Gelagar Melintang | 26.688,186 |
| 6 | Gelagar Melintang Ujung | 3.626,424 |
| 7 | Rangka Ikatan Angin | 7.358,086 |
| 8 | Accessories (Pelat Buhul & Baut) | 19.500,0 |
| Total | | 166.881,10 |

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis kinerja jembatan tipe rangka baja *warren*, dihasilkan nilai rasio tegangan maksimum sebesar 0,956, dan lendutan yang terjadi sebesar 45,463 mm masih memenuhi syarat dengan batas lendutan izin -63.3125 mm. Dengan demikian, jembatan memenuhi kriteria kekuatan (rasio tegangan) dan kenyamanan (lendutan). Berat elemen jembatan yang dihasilkan memiliki berat 166.881,10 Kg.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 1725:2016. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- RSNI T-03-2005. (2005). *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Seno, Dhipo dan Warsito (2020). Studi Perencanaan Rangka Baja Jrebeng II Dengan Metode Callender Hamilton di kabupaten Sidoarjo, Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang: Malang
- Chen, Wai-Fah and Duan Lian. 2014. *Bridge Engineering Handbook Superstructure Design*
- Munaf, Ferry (*tidak ada keterangan tahun*). Bahan Ajar Statika & Mekanika Bahan
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2005). Pedoman Gambar Standar Rangka Baja Bangunan Atas Jembatan Kelas A dan B No.07
- Dewobroto, Wiryanto (2020). Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010. Fakultas Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan: Tangerang
- AASTHO. (2020). LRF Bridge Design Specifications. Washinton, DC