

## KAJIAN STRUKTUR ATAS DAN METODE PEMBANGUNAN JEMBATAN BAJA WARREN DI AMURANG

B. K. Manginsihi<sup>1</sup>, Ever N. Slat<sup>2</sup>, Noldie E. Kondo<sup>3</sup>, Aris Sampe<sup>4</sup>, John T. Harahap<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado

Correspondent Autor: [barakatikarelmanginsihi@gmail.com](mailto:barakatikarelmanginsihi@gmail.com)

**Abstract.** This research investigates the load-bearing performance of the superstructure of the Warren-type Ranowangko Bridge Duplication by conducting a load analysis in accordance with SNI 1725:2016 standards and performing structural simulations utilizing SAP2000 V.22 software. The study also examines two erection methodologies applied during construction, namely the semi-cantilever method and the scaffolding method. The bridge is located in Lewet Village, Amurang District, South Minahasa Regency, and serves as a vital component of the North Sulawesi Trans Road transportation network. It features a total span of 60 meters and a width of 9 meters. The analytical results demonstrate that the superstructure adequately resists dead loads (MS), additional dead loads (MA), and live/transient loads as per the updated loading standards. Structural members utilized include IWF 900×300×14×25 profiles for cross girders, H-Beam 500×500×25×36 profiles for the main truss, and IWF 350×250×10×15 profiles for longitudinal girders. Overall, the structural components are verified to satisfy the required load-bearing capacities under various load combinations.

**Keywords:** Steel Truss Bridge, SNI 1725:2016, SAP2000 V.22, Warren Truss Type, Ranowangko Bridge Duplication

**Abstrak.** Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas struktur atas Duplikasi Jembatan Ranowangko bertipe Warren melalui analisis pembebanan berdasarkan standar SNI 1725:2016, serta simulasi struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 V.22. Selain itu, penelitian ini membahas metode pembangunan jembatan dengan menerapkan dua teknik erection, yakni metode semi-kantilever dan metode perancah. Objek penelitian berlokasi di Kelurahan Lewet, Kecamatan Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan, yang merupakan bagian dari prasarana strategis jalur Trans-Sulawesi Utara. Jembatan ini memiliki panjang bentang 60 meter dan lebar keseluruhan 9 meter. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur atas mampu menahan beban mati utama (MS), beban mati tambahan (MA), serta beban hidup/transien sesuai dengan ketentuan standar pembebanan terbaru. Profil baja yang digunakan antara lain IWF 900×300×14×25 untuk gelagar melintang, H-Beam 500×500×25×36 untuk rangka induk, serta IWF 350×250×10×15 untuk gelagar memanjang. Keseluruhan komponen struktur tersebut dinyatakan memenuhi syarat kapasitas daya dukung terhadap kombinasi beban yang terjadi.

**Kata Kunci :** Jembatan Rangka Baja, SNI 1725:2016, SAP2000 V.22, Tipe Warren, Duplikasi Jembatan Ranowangko.

## PENDAHULUAN

Duplikasi Jembatan Ranowangko di Kelurahan Lewet, Amurang, Minahasa Selatan, menjadi objek penelitian ini karena perannya yang krusial dalam memperlancar arus transportasi di koridor Trans-Sulawesi.

Struktur jembatan tipe Warren dengan bentang 60 m dan lebar 9 m dirancang untuk menahan beban mati, beban hidup, serta aksi lingkungan—mulai dari beban angin hingga potensi gempa—sesuai pedoman SNI 1725:2016. Namun, medan lapangan yang berdasarkan standar nasional dan mengevaluasi berbatasan langsung dengan sungai dalam berarus deras menimbulkan tantangan tersendiri dalam pelaksanaan erection, di mana ruang untuk pemasangan perancah terbatas dan risiko keselamatan meningkat. Di sisi lain, metode kantilever penuh sulit diterapkan karena memerlukan peralatan berat dan area tumpuan yang luas, sedangkan metode perancah tradisional menyulitkan di bagian tengah bentang yang dalam.

Untuk mengatasi kondisi tersebut, penelitian ini mengkaji dua pendekatan erection: metode semi-kantilever—yang memadukan pemasangan bertahap dengan dukungan perancah pada titik-titik strategis—dan metode perancah sederhana pada bagian bentang dangkal. Pemilihan kedua metode ini didasarkan pada pertimbangan efisiensi waktu, keselamatan pekerja, serta kesesuaian dengan karakteristik lokasi. Melalui simulasi struktur atas menggunakan SAP2000 V.22 dan perhitungan manual kombinasi beban menurut SNI 1725:2016, tujuan penelitian adalah (1) memastikan kapasitas beban struktur atas jembatan, (2) menilai kinerja elemen-elemen rangka baja Warren di bawah beban terfaktor, dan (3) mengevaluasi efektivitas metode erection dalam konteks kondisi lapangan yang ada. Hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan bagi perencanaan dan pelaksanaan jembatan rangka baja serupa di masa mendatang.

## METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan **Duplikasi Jembatan Ranowangko** yang terletak di Kelurahan Lewet, Kecamatan Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Kombinasi pembebanan disusun berdasarkan kategori Objek penelitian adalah **struktur atas**

jembatan rangka baja tipe Warren dengan spesifikasi:

- **Panjang bentang:** 60 meter
- **Lebar total:** 9 meter
- **Tipe struktur:** Rangka baja tipe Warren
- **Material utama:** Baja ASTM A572 Gr50 dan beton f'c 30 MPa

### 2. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian **deskriptif kuantitatif**, dengan pendekatan analisis numerik. Data yang diperoleh diolah untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menahan beban berdasarkan standar nasional dan mengevaluasi metode erection yang digunakan di lapangan.

### 3. Data yang Digunakan

#### a. Data Primer

- Gambar teknis (*shop drawing*) jembatan
- Spesifikasi material struktur (profil baja, mutu beton)
- Observasi langsung di lapangan terhadap metode erection
- Wawancara informal dengan tenaga ahli dan mandor proyek

#### b. Data Sekunder

- Detail *Engineering Design* (DED) Duplikasi Jembatan Ranowangko
- Dokumen spesifikasi teknis proyek
- Dokumentasi foto pelaksanaan erection
- Standar pembebanan jembatan SNI 1725:2016
- Literatur pendukung dari jurnal dan buku teknik sipil

### 4. Teknik Pengumpulan Data

- **Observasi Lapangan:** Pengamatan langsung terhadap kondisi struktur, metode erection, dan profil baja yang digunakan.
- **Studi Dokumentasi:** Mengkaji dokumen perencanaan, spesifikasi material, serta hasil pengujian material jika tersedia.
- **Wawancara:** Dilakukan kepada kontraktor pelaksana dan konsultan pengawas untuk memperkuat keakuratan data.

### 5. Metode Analisis

Metode analisis dilakukan melalui tahapan berikut:

#### a. Analisis Beban Struktur

Menghitung semua beban yang bekerja pada struktur berdasarkan ketentuan SNI 1725:2016, meliputi:

- Beban mati (*self-weight*)
- Beban mati tambahan (perkerasan dan utilitas)
- Beban hidup (kendaraan)
- Beban aksi lingkungan (angin, gempa)

Kombinasi pembebanan disusun berdasarkan kategori batas kuat dan batas layan.

## b. Pemodelan dan Simulasi dengan SAP2000 V.22

- Membuat model 3D struktur atas jembatan.
- Menginput data material (modulus elastisitas, berat jenis baja dan beton).
- Memasukkan kombinasi beban berdasarkan hasil analisis.
- Menjalankan simulasi dan memperoleh output gaya aksial, momen lentur, serta defleksi.

## c. Analisis Kapasitas Struktur

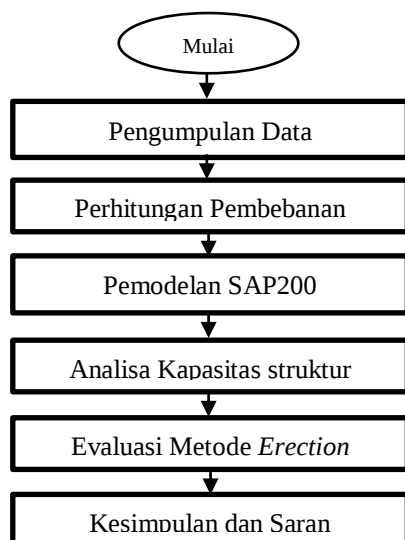
- Menghitung kapasitas tarik dan tekan pada elemen struktur utama (*top chord*, *bottom chord*, *diagonal*).
- Verifikasi hasil simulasi SAP2000 dengan perhitungan manual (untuk batang kritis).
- Evaluasi terhadap batas kelangsingan dan kekuatan berdasarkan ketentuan LRFD/SNI.

## d. Kajian Metode Pelaksanaan *Erection*

- Membandingkan efektivitas metode perancah dan metode semi kantilever yang digunakan di lapangan.
- Menganalisis kebutuhan alat bantu, jumlah pekerja, waktu *erection*, serta faktor keselamatan kerja.
- Mengaitkan hasil pengamatan metode *erection* terhadap karakteristik struktur dan kondisi medan.

## 6. Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alur tahapan penelitian:



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Perhitungan Beban Struktur

Berdasarkan SNI 1725:2016

Pada struktur atas Duplikasi Jembatan Ranowangko, beban yang dianalisis meliputi:

- Beban Mati (MS): Termasuk berat sendiri struktur baja (gelagar, rangka induk, stringer) dan beton pelat lantai. Berat jenis baja sebesar  $78,5 \text{ kN/m}^3$  dan beton sebesar  $24 \text{ kN/m}^3$  digunakan dalam perhitungan.
- Beban Mati Tambahan (MA): Meliputi beban utilitas seperti trotoar dan lapisan perkerasan lentur (aspal) setebal 5 cm.
- Beban Hidup (*Live Load* / TD dan TT): Sesuai SNI 1725:2016, diterapkan kombinasi beban kendaraan (lajur D dan truk T) disertai faktor dinamis akibat kecepatan lalu lintas.
- Beban Aksi Lingkungan:
  - Beban Angin: Diperhitungkan untuk kecepatan dasar angin  $90 \text{ km/jam}$  sesuai data lokal.
  - Beban Gempa: Menggunakan parameter gempa wilayah Sulawesi Utara berdasarkan SNI 2833:2016.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis meliputi batas kuat I (beban normal tanpa gempa), kuat II (kendaraan berat khusus), dan ekstrem I (beban gempa).

### 2. Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000 V.22

Struktur atas dimodelkan secara 3D dengan detail sebagai berikut:

- *Top Chord & Bottom Chord*: H-Beam  $500 \times 500 \times 30 \times 35$
  - *Diagonal Member*: H-Beam  $500 \times 500 \times 25 \times 36$
  - *Cross Girder*: IWF  $900 \times 300 \times 25 \times 35$
  - *Stringer*: IWF  $350 \times 250 \times 10 \times 15$
  - *Top Bracing*: IWF  $280 \times 175 \times 15 \times 18$
- Semua elemen dikategorikan sebagai *frame elements* dengan *end releases* sesuai sistem truss (gaya aksial dominan).

Material baja yang digunakan adalah ASTM A572 Gr50 dengan tegangan leleh  $f_y = 345 \text{ MPa}$ .

Input Beban:

- Beban mati (*self-weight*) diaktifkan otomatis.
- Beban hidup, beban angin, dan beban gempa dimasukkan sesuai kombinasi pembebanan SNI.

### 3. Hasil Analisis SAP2000 V.22

Dari hasil output SAP2000 diperoleh:

- Gaya Aksial Maksimum pada *Top Chord*: Kompresi hingga 1050 kN.
- Gaya Aksial Maksimum pada *Bottom Chord*: Tarikan hingga 980 kN.
- Gaya Aksial Maksimum pada Diagonal: Kombinasi tekan/tarik sekitar 450–620 kN.
- Momen Lentur pada *Cross Girder*: Maksimum 160 kNm pada beban tengah bentang.
- Defleksi Maksimum: 36 mm, masih di bawah batas defleksi izin ( $L/800 = 75$  mm untuk bentang 60 m).

Interpretasi:

- Semua batang mengalami gaya dalam yang masih di bawah kapasitas izin menurut standar desain (LRFD/SNI).
- Tidak ditemukan elemen struktur yang melebihi kekuatan leleh material.

### 4. Analisis Manual Penampang Utama

Analisis tambahan secara manual untuk batang kritis:

- Batang Tekan (*Top Chord*): Kapasitas tekan dihitung menggunakan teori buckling Euler dengan faktor kelangsingan. Kapasitas tekan aktual > gaya tekan SAP2000.
- Batang Tarik (*Bottom Chord*): Kapasitas tarik bersih  $A_n \times F_y$  lebih besar dari gaya tarik maksimum.

### 5. Evaluasi Metode Pelaksanaan

#### Erection

##### a. Metode Perancah

Metode ini digunakan untuk membangun bagian jembatan di sisi sungai yang dangkal dan relatif stabil.

- Material perancah: Kayu kelapa diameter besar.
- Jumlah pekerja:  $\pm 20$  orang.
- Durasi *erection* dengan perancah:  $\pm 15$  hari per bentang.
- Kelebihan: Sederhana dan murah.
- Kekurangan: Membutuhkan waktu lama dan terpengaruh oleh kondisi sungai.

##### b. Metode Semi Kantilever

Untuk bentang utama di atas aliran sungai dalam, digunakan metode semi kantilever:

- Prinsip: Pemasangan batang bertahap dari kedua sisi abutment, sambil menjaga keseimbangan.
- Alat bantu: *Winch*, *lifting jack*, *scaffolding* parsial.
- Durasi *erection* semi kantilever:  $\pm 30$  hari untuk bentang penuh.
- Kelebihan: Aman di atas sungai dengan arus deras, minim penggunaan *scaffolding*.
- Kekurangan: Membutuhkan perencanaan *erection* yang cermat dan pengawasan ketat.

### 6. Pembahasan Hasil

Penerapan metode semi kantilever terbukti efektif untuk kondisi geografis lokasi proyek. Dengan mengoptimalkan penggunaan struktur baja H-Beam berkapasitas tinggi, desain mampu memenuhi standar kekuatan dan defleksi. Metode *erection* yang dipilih juga mengurangi risiko kegagalan saat pemasangan.

Jika hanya menggunakan metode perancah, waktu pelaksanaan bisa dua kali lebih lama dan risiko kegagalan karena arus sungai meningkat.

## KESIMPULAN & SARAN

### 1. Kesimpulan

- Struktur atas Duplikasi Jembatan Ranowangko tipe Warren mampu memenuhi kriteria pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016.
- Pemodelan menggunakan SAP2000 V.22 mengkonfirmasi bahwa profil baja yang dipilih aman terhadap kombinasi beban yang terjadi.
- Kombinasi metode *erection* semi kantilever dan perancah terbukti efektif untuk kondisi lapangan yang ada, khususnya dalam mengatasi tantangan bentang panjang dan arus sungai.

### 2. Saran

- Penelitian sejenis di masa mendatang dapat memperkaya kajian dengan analisis dinamis terhadap beban gempa.
- Penerapan metode *erection* sebaiknya terus disesuaikan dengan studi lapangan mendalam untuk mengoptimalkan efisiensi waktu dan keselamatan kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adryana, V. N., Warsito, W., & Suprpto, B. (2019). Studi Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja. *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Alamsyah, A. (2022). Perancangan Struktur Atas Jembatan Sei. Lukut Dengan Struktur Komposit. *Jurnal TeKLA*, 4(1), 26.
- Ashari, W., Pathoni, H., & Nuklirullah, M. (2021). Perencanaan Bangunan Atas Duplikasi Jembatan. *Universitas Jambi*.
- Seno, D., Warsito, & Suprpto, B. (2020). Studi Perencanaan Jembatan Rangka Baja Jrebeng II. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(5), 351–361.
- Sugara, Y. A. (2022). Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Truss. *Bung Hatta University*.

Trans Sarbagita (Studi Kasus Halte  
Kamboja 1 Denpasar). *Jurnal Ilmiah  
Teknik Sipil*, 18(2), 147–155.