



Redesain Jembatan Bulakan - Serenan dengan Rangka Baja di Kabupaten Sukoharjo

Rizki Raka Adhandi^a, Araya Alfata Reza^b, Agus Muldiyanto^{c*}, Wardana Galih Pamungkas^d, Talitha Zhafira^c

^{a,b,c,d,e} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang

*Corresponding author; email: agusmul@usm.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 2, 2024

Revised January 19, 2024

Accepted January 30, 2024

Available online January 31, 2024

Keywords:

Bridge

Infrastructure

Structural Conditions

Traffic Data

Warren Truss Type

ABSTRACT

The Bulakan – Serenan Bridge, located in Sukoharjo Regency, Central Java, serves as a key infrastructure connecting Juwiring District in Klaten Regency with Sukoharjo District in Sukoharjo Regency. With increasing traffic volume, the bridge's safety and capacity have become primary concerns in this study. The research aims to redesign the bridge with a Warren truss type to enhance its capacity to accommodate the growing traffic demand while ensuring safety and comfort. The bridge load planning is carried out based on SNI 1725 (2016) and SNI 2833 (2016) standards, complemented by additional bridge regulations such as RSNI T-03-2005, the Bridge Management System, and Practical Guide for Bridge Engineering Design. Structural analysis is performed using ETABS Version 14 software. Traffic data and the planned structural conditions are analyzed to assess the impact of increased traffic volume on the bridge's structural strength.

© 2024 IJCES. Publishing Services by Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Semarang.

1. Pendahuluan

Jembatan Bulakan – Serenan terletak di Kabupaten Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah merupakan infrastruktur yang menghubungkan transportasi antara Kecamatan Juwiring Kabupaten Klaten dengan Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo. Jalur transportasi ini salah satu jalur penting karena sering dijadikan akses keluar masuk kendaraan yang menghubungkan wilayah ini. Jembatan Bulakan – Serenan memiliki bentang 200 meter yang terbagi menjadi 4 segmen, setiap segmennya memiliki panjang 50 meter.

Jembatan rangka, atau dikenal juga sebagai jembatan *truss*, adalah jenis jembatan yang menggunakan struktur rangka atau *truss* untuk menyalurkan beban. Struktur rangka *warren* terdiri dari beberapa elemen yang berbentuk segitiga dan saling terhubung untuk membentuk rangkaian yang kuat dan stabil. Masalah yang terjadi pada jembatan ini ada pada penambahan volume lalu lintasnya yang berpengaruh pada kondisi struktur saat ini. Adapun tujuan yang ingin dicapai pada perencanaan ini yaitu mengetahui penambahan volume lalu lintas yang bertambah dimana volume tersebut mempengaruhi keamanan struktur jembatan saat ini dan melakukan *redesain* terhadap struktur saat ini.

2. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan beberapa tahapan yang diawali dengan pengumpulan data primer dan data sekunder yang selanjutnya akan digunakan pada proses perencanaan, tahapan yang kedua penentuan tipe jalan. Tahapan yang ketiga yaitu menentukan bangunan struktur atas dan bangunan struktur bawah jembatan. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam perencanaan jembatan rangka tipe *warren*:



a) Data Eksisting

Data eksisting jembatan ini digunakan untuk mendukung perencanaan jembatan agar bisa memperoleh rancangan konstruksi yang aman. Data tersebut meliputi data primer dan data sekunder. Data-data tersebut sebagai berikut :

1. Data Primer

Merupakan data yang dikumpulkan secara langsung dari sumbernya. Data-data tersebut sebagai berikut :

a) Data Lokasi

Data lokasi menunjukkan dimana letak lokasi penelitian dilakukan. Pada penelitian ini lokasi penelitian terletak di sepanjang Jembatan Bulakan – Serenan, Kelurahan Bulakan, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo.

b) Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data lalu lintas harian rata-rata (LHRT) merupakan data jumlah kendaraan yang melintas pada jembatan ini dalam kurun waktu satu hari. Data ini dikumpulkan secara langsung dari tempat penelitian dalam periode waktu yang telah direncanakan.

c) Data *Existing* Jembatan Bulakan – Serenan

Adapun data *existing* Jembatan Bulakan – Serenan ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Data Jembatan *Existing*

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Tipe struktur jembatan | Rangka Baja Tipe <i>Warren</i> |
| Panjang total bentang jembatan desain | 200 m |
| Panjang antar pilar | 50 m |
| Jumlah bentang | 4 buah |
| Lebar perkerasan | 7,00 m |
| Lebar trotoar | 1,00 m |
| Lebar total jembatan | 9,00 m |
| Tipe jalan | 2/2 UD |
| Perkerasan jalan | <i>Flexible Pavement</i> |
| Jumlah pilar | 3 buah |
| Jumlah <i>abutment</i> | 2 buah |

(Sumber : *Survei Kondisi di Lapangan, 2023*)

2. Data Sekunder

Merupakan data yang didapat secara tidak langsung. Data ini didapat dari pihak lain yang telah meneliti terlebih dahulu atau bisa didapat dari instansi terkait. Data-data ini antara lain :

a) Data Kondisi Jembatan *Existing*

Berdasarkan Tabel 2, data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Kabupaten Sukoharjo.

Tabel 2. Data Kondisi Jembatan *Existing*

| | |
|----------------|-----------------|
| Nama Ruas | Carikan-Bulakan |
| Nomor Jembatan | 33.11.066.128 |
| Nama Jembatan | Bulakan-Serenan |
| Km Post (km) | 6 + 120 |
| Panjang (m) | 207,00 m |
| Lebar (m) | 7,00 m |
| Jumlah Bentang | 1 buah |

(Sumber : *Dinas DPUPR Kabupaten Sukoharjo, 2023*)

Tabel 2. Data Kondisi Jembatan *Existing* (lanjutan)

| | Tipe | Kondisi |
|----------------|-----------------------|--------------|
| Bangunan Atas | Gelagar | Rusak Ringan |
| Bangunan Bawah | Dinding Penuh | Rusak Ringan |
| Pondasi | Pondasi Langsung | Rusak Ringan |
| Lantai | Beton Bertulang Aspal | Rusak Ringan |

(Sumber : Dinas DPUPR Kabupaten Sukoharjo,2023)

3. Data Kecelakaan Kabupaten Sukoharjo

Data kecelakaan diperoleh dari *website* resmi pemerintah Kabupaten Sukoharjo ditunjukkan pada Tabel 3. Data kecelakaan di sini meliputi periode dari bulan Januari hingga Oktober tahun 2023. Data kecelakaan pada Tabel 3 merupakan data kecelakaan yang berada pada Kecamatan Sukoharjo dimana lokasi penelitian dilakukan.

Tabel 3. Angka Kecelakaan Kecamatan Sukoharjo Tahun 2023 Periode Januari hingga Oktober

| Bulan | Meninggal dunia | Luka Berat | Luka Ringan |
|-----------|-----------------|------------|-------------|
| Januari | 2 | 0 | 30 |
| Februari | 1 | 0 | 26 |
| Maret | 1 | 0 | 27 |
| April | 0 | 0 | 17 |
| Mei | 0 | 0 | 27 |
| Juni | 2 | 0 | 28 |
| Juli | 0 | 0 | 25 |
| Agustus | 1 | 1 | 39 |
| September | 0 | 0 | 21 |
| Oktober | 1 | 0 | 23 |

(Sumber : data.sukoharjo.go.id)

4. Peta Kontur Jembatan Bulakan – Serenan

Data peta kontur pada Gambar 1 diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Peta kontur menunjukkan ketinggian daerah dengan garis-garis elevasi, pada peta ini garis merah menunjukkan interval 5,00 m dan garis putih untuk interval 1,00 m. Gambar peta kontur tersaji pada Gambar 2.

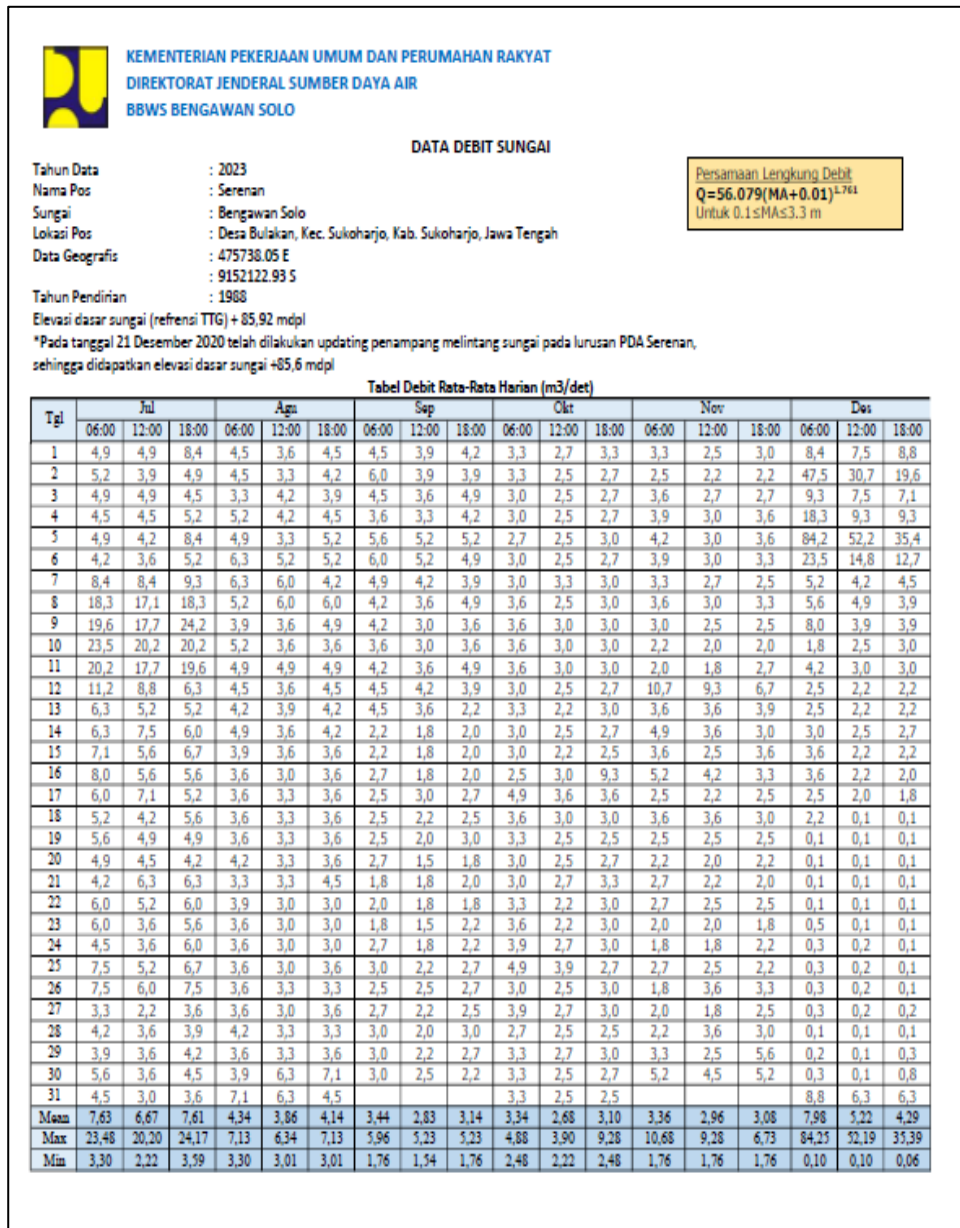


Gambar 1. Peta Konstur Jembatan Bulakan - Serenan

(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS), 2023)

5. Data Debit Banjir

Data debit banjir ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Data debit banjir yang kami minta untuk mendukung dalam perencanaan kurang lebih 23 tahun kebelakang. Untuk lokasi pos berada di Desa Bulakan, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Jawa Tengah dan sungai berasal dari sungai Bengawan Solo. Data debit banjir pada tahun 2023 sebagai contoh yang akan ditunjukkan pada Gambar 2.



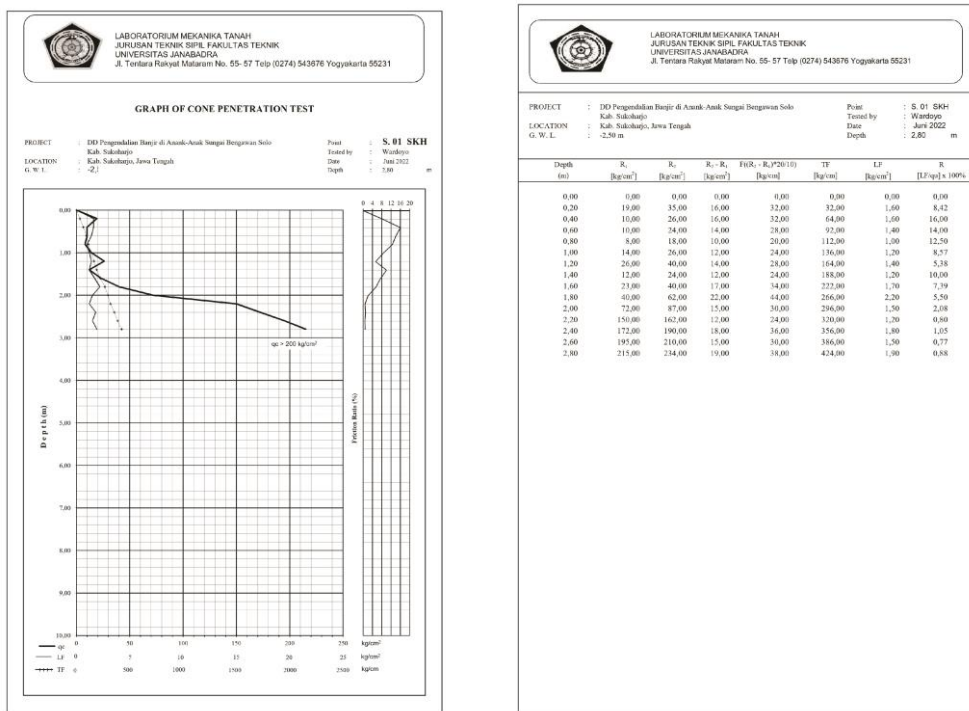
Gambar 1. Data Debit Banjir Pos Serenan Tahun 2023
 (Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS), 2023)

6. Data Sondir

Data sondir diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Data sondir yang kami minta untuk mendukung dalam perencanaan terdapat dua data sondir. Berikut merupakan peta lokasi sondir dan salah satu data sondir ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Lokasi Penelitian dan Titik Sondir Tanah
(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS))



Gambar 3. Salah Satu Data Sondir Tahun 2022
(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS,2022))

Dari data penyelidikan tanah Gambar 4 yang kami peroleh dari (BBWS) Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Terdapat dua titik pengambilan sampel kondisi tanah di lokasi penelitian, yaitu pada Titik sondir S.01 ($total\ friction = 424\ kg/cm$) ($qc = 215\ kg/cm^2$) di kedalaman -2,80 m dan Titik sondir S.23 ($total\ friction = 650\ kg/cm$) ($qc = 200\ kg/cm^2$) di kedalaman -8,40 m. Dalam perencanaan ini digunakan titik S.23 dengan ($total\ friction = 650\ kg/cm$) ($qc = 200\ kg/cm^2$) di kedalaman -8,40 m dikarenakan lebih dekat dengan lokasi penelitian.

b) Struktur Atas Jembatan Rangka

Bagian struktur atas jembatan yang direncanakan meliputi trotoar, pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka utama, ikatan angin dan sambungan. Proses perencanaan mencakup pembebanan pada struktur, perhitungan struktur, serta analisis gaya yang bekerja pada struktur atas jembatan rangka dengan mengacu pada SNI 1725:2016, SNI 2833:2016 dan RSNI T-03-2005.

c) Struktur Bawah Jembatan Rangka

Bagian-bagian struktur bawah jembatan yang direncanakan meliputi *abutment*, pilar jembatan, *pile cap*, dan pondasi jembatan. Perencanaan ini mengikuti pedoman yang diatur dalam RSNI-T-12-2004, (*BMS*) *Bridge Management System* 1992 dan Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan

3. Hasil dan Pembahasan

a) Struktur Atas Jembatan

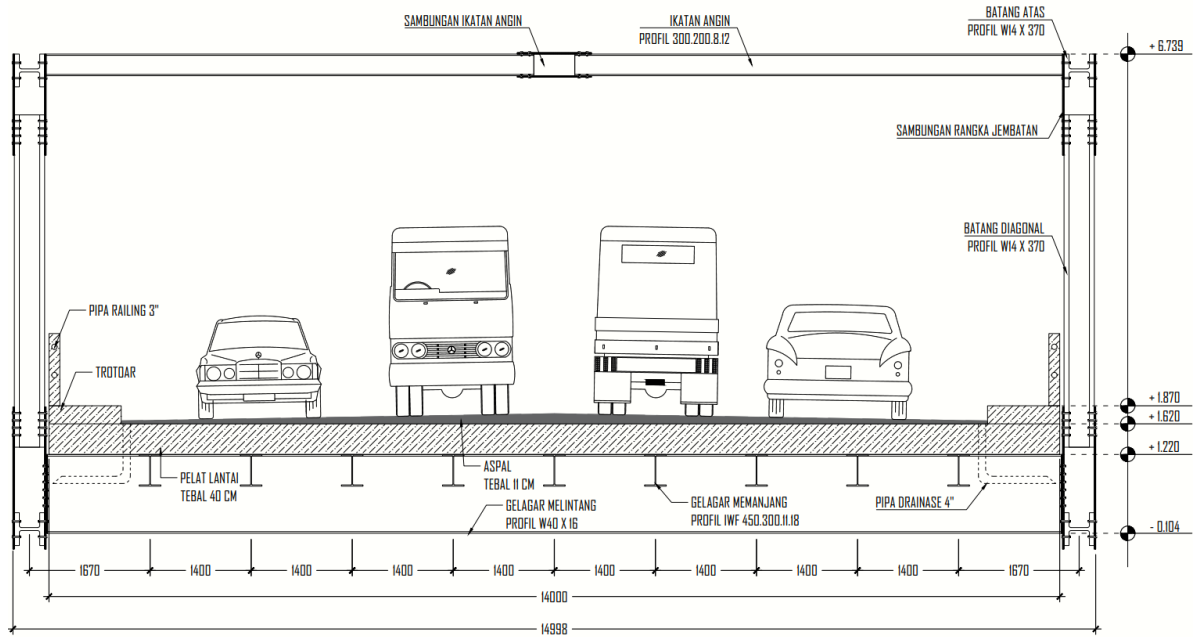
Dalam perencanaan struktur atas jembatan terdiri dari trotoar, pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka utama, ikatan angin dan sambungan. Jembatan direncanakan dapat dilalui oleh kendaraan berat pada masing-masing arah dengan jumlah tiap arah adalah 2 lajur. Adapun hasil perencanaan struktur atas Jembatan Bulakan - Serenan menggunakan rangka baja adalah sebagai berikut :

1. Pelat lantai yang digunakan adalah beton bertulang dengan tebal 400 mm menggunakan tulangan pokok D13 – 150 dan tulangan bagi D13 – 150 mm.
2. Trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 0,25 m dan lebar 1 m menggunakan tulangan pokok D13 – 150 mm dan tulangan bagi D13 – 150 mm.
3. Gelagar memanjang menggunakan profil baja WF 450 x 300 x 11 x 18 dipasang secara komposit dengan pelat lantai dan menggunakan shear stud $\varnothing 19$ mm.
4. Gelagar melintang menggunakan profil baja W40 x 16.
5. Rangka utama, mencakup batang atas, batang bawah dan batang diagonal menggunakan profil baja dari AISC W14 x 370.
6. Ikatan angin menggunakan WF 300 x 200 x 8 x 12.
7. Sambungan

Pada masing-masing sambungan menggunakan baut mutu tinggi dengan tipe baut A – 490 dan disatukan menggunakan pelat sambung. Berikut merupakan ukuran baut, jumlah dan tebal pelat yang akan digunakan pada masing-masing sambungan yaitu :

- a) Sambungan pada gelagar melintang menggunakan ukuran baut dengan diameter 50 mm, jumlah baut sebanyak 16 buah, dan tebal pelat 20 mm.
- b) Sambungan gelagar memanjang dan melintang menggunakan ukuran baut dengan diameter 36 mm, jumlah baut sebanyak 6 buah, dan tebal pelat 10 mm.
- c) Sambungan *gusset plate* menggunakan ukuran baut dengan diameter 36 mm, jumlah baut sebanyak 16 buah dan tebal pelat 20 mm.
- d) Sambungan *gusset plate* gelagar melintang menggunakan ukuran baut dengan diameter 36 mm, jumlah baut sebanyak 16 buah dan tebal pelat 60 mm.
- e) Sambungan ikatan angin menggunakan ukuran baut dengan diameter 36 mm, jumlah baut 4 buah, dan tebal pelat 20 mm.

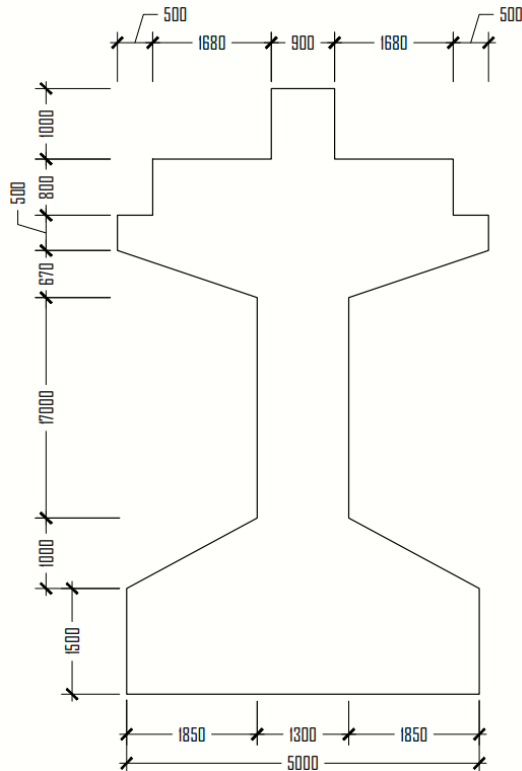
Hasil perencanaan struktur atas jembatan memiliki penampang melintang yang tersaji pada Gambar 5.



Gambar 4. Potongan Penampang Jembatan
(Sumber : Hasil Perencanaan Peneliti, 2024)

b) Struktur bawah jembatan

Dalam perencanaan struktur bawah jembatan terdiri dari *abutment*, pilar, pondasi dan pondasi pilar. Salah satu gambar hasil perencanaan penampang pilar tersaji pada Gambar 6.



Gambar 5. Penampang Pilar Jembatan
(Sumber : Hasil Perencanaan Peneliti, 2024)

Hasil perencanaan struktur bawah jembatan sebagai berikut:

a. *Abutment*

Abutment yang direncanakan menggunakan tipe T terbalik dengan lebar 14 m dan tinggi 5,98 m.

b. Pilar

Pilar yang digunakan adalah tipe kolom tunggal dengan lebar 14 m dan tinggi 22,47 m.

c. Pondasi

Pondasi *abutment* Menggunakan bore pile dengan Diameter 60 cm, panjang bore pile 6,00 m, dan berjumlah sebanyak 24 buah.

d. Pondasi pilar

Pondasi Pilar menggunakan bore pile dengan Diameter 60 cm, panjang bore pile 6,00 m, dan berjumlah sebanyak 24 buah.

4. Kesimpulan

Pertambahan volume lalu lintas terbukti berpengaruh signifikan terhadap keamanan Jembatan Bulakan – Serenan. Kemampuan struktur jembatan saat ini tidak sepenuhnya mengakomodasi pertambahan volume lalu lintas yang terjadi, beberapa komponen mendekati batas kapasitas desain. *Redesain* jembatan yang dilakukan dengan menggunakan rangka baja dan perhitungan beban terkini menunjukkan bahwa struktur yang diusulkan dapat mengakomodasi volume lalu lintas saat ini dengan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. (2005). *Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Azizah, M. (2018). Modifikasi Desain Struktur Jembatan Klampok STA 8+857 Proyek Jalan Tol Pasuruan - Probolingg, Jawa Timur Dengan Struktur Baja Komposit. *Skripsi Program Studi D3 Teknik Sipil*. Badan Standardisasi Nasional. (2005). *RSNI T-03-2005-Perencanaan Struktur Baja untuk jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7971:2013-Struktur Baja Canai Dingin*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016-Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2833:2020-Perencanaan Jembatan terhadap beban gempa*. Jakarta: BSN.
- Ir. H. J. Struyk, & Veen, P. (2021). *Jembatan*. (Soemargono, Trans.) Jakarta: PT. Sapdodadi.
- Irawan, H., Purnomo, D., & Muhrozi. (2016). Perencanaan Pelebaran Jembatan Jatingaleh Kota Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), 93-103.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (1992). *Bridge Management System (BMS)*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan). 2022. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Lunner, T., Robertson, P., & Powell, J. (1997). *Cone Penetration Testing*. London: CRC Press.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- Surya, M. (2014). Perencanaan *Abutment* dan Sistem Perkuatan Oprit Jembatan Damas, Trenggalek, Jawa Timur. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil*.
- Yahya, I. (2023). Redesign Struktur Jembatan Kabupaten Magelang Menggunakan Baja Tipe *Warren Truss*. *Skripsi Program Studi Teknik Sipil*.
- Yoga, M. (2022). Perencanaan Jembatan Kedungjati Menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe *Warren*. *Skripsi Program Studi Teknik Sipil*.