

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE *PRATT TRUSS* DENGAN METODE LRFD JEMBATAN TRISULA LAMA KABUPATEN BLITAR

Rayhan Satria Errlangga¹, Warsito², Anang Bakhtiar³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : 22001051081@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : warsito@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail : anang.bakhtiar@unisma.ac.id

ABSTRACT

A bridge is a construction built to link a roadway that is cut off due to an obstacle. Trisula Lama bridge is a Steel Box Girder bridge, located in Sanankulon sub-district, Blitar regency. This study aims to plan alternative bridge structure using Pratt Truss type steel frames. The method used in this study is LRFD which refers to SNI 03-1729-2020, utilizing SAP2000 v.14 software for analysis. The results of the calculation indicate that the thickness of the vehicle's floor plate is 20 cm. The dimensions of the longitudinal girders use WF 350 × 175 × 7 × 11 steel profiles, transverse girders dimensions use WF 900 × 300 × 16 × 28, and the dimensions of the main girders use WF 400 × 400 × 20 × 35 profiles. Connection between frame profiles using type A325 bolts. For the lower structure using abutments with a height of 7,256 meters, a width of 5,4 meters, and a length of 11,8 meters. Using 10 piles for the foundation with a depth of 19 meters.

Keywords: LRFD, Pratt Truss, SAP2000

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi terkait dengan penyediaan infrastruktur yang cukup dan sangat krusial, salah satunya adalah infrastruktur jembatan [1]. Jembatan memiliki peran untuk menyambung dua jalan yang terpisah akibat adanya penghalang seperti sungai, lembah, selat atau laut, rel kereta api, jalan yang melintang, jurang, waduk, dan lain-lain [2]. Jembatan rangka merupakan satu dari sistem konstruksi ringan dengan daya dukung besar, yang berupa struktur rangka batang. Rangka batang adalah suatu konstruksi yang tersusun dari beberapa batang yang membentuk sebuah struktur yang kuat [3].

Jembatan Trisula lama dengan jenis konstruksi jembatan girder, terletak di Kecamatan Sanankulon, Kabupaten Blitar. Dalam studi ini, struktur jembatan akan disusun kembali sebagai alternatif dengan

memanfaatkan struktur rangka baja tipe *Pratt Truss*.

Jembatan tipe *Pratt Truss* memiliki desain yang sederhana, diantaranya terdiri dari elemen batang yang berbentuk vertikal dan diagonal yang condong ke arah tengah, dengan batang di tengah yang berkonfigurasi silang yang mampu menahan serta mengurangi dampak gaya lentur [4].

Analisa pemodelan memakai SAP2000 dengan mengacu dalam SNI 1725:2016 mengenai beban untuk jembatan. Selain itu, harus memperhatikan ketahanan gempa terhadap bangunan Gedung dan non-gedung pada SNI 1726:2019 [5]

1.2 Identifikasi Masalah

1. Diperlukan jembatan yang memadai untuk menyokong kegiatan lalu lintas pada daerah tersebut dikarenakan jembatan yang tersedia rusak.

2. Bentang jembatan cukup panjang sehingga diperlukan alternatif perencanaan jembatan dengan jenis jembatan yang cocok untuk bentang panjang yaitu jembatan rangka baja.
3. Perencanaan jembatan Trisula Lama dirancang menggunakan struktur atas *Steel Box Girder* dan direncanakan ulang menggunakan rangka baja tipe *Pratt Truss*.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapa tebal plat lantai kendaraan pada jembatan Trisula Lama?
2. Berapa dimensi gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk yang digunakan pada jembatan Trisula Lama?
3. Berapa jumlah baut pada sambungan antar gelagar pada jembatan Trisula Lama?
4. Berapa dimensi perletakan (Elastomer) untuk struktur atas pada jembatan Trisula Lama?
5. Berapa dimensi abutment pada jembatan Trisula Lama?
6. Berapa dimensi pondasi pada jembatan Trisula Lama?

1.4 Batasan Masalah

1. Alternatif menggunakan rangka baja tipe *Pratt Truss*.
2. Metode penelitian menggunakan metode LRFD.
3. Perencanaan tidak membahas bangunan pelengkap jembatan.
4. Perencanaan tidak membahas aspek hidrologi.
5. Perencanaan tidak mencakup aspek ekonomi dan perhitungan estimasi biaya anggaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan adalah suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat untuk mengurangi jarak dalam melewati halangan tersebut [6]. Jembatan rangka adalah salah satu pembangunan ringan yang memiliki kapasitas tinggi, yaitu berupa rangka dari batang-batang.

Konstruksi sebuah jembatan terbagi menjadi *Superstructure*, *Sub-Structure*, dan *Foundation*. *Superstructure* terletak di komponen paling atas jembatan yang memiliki

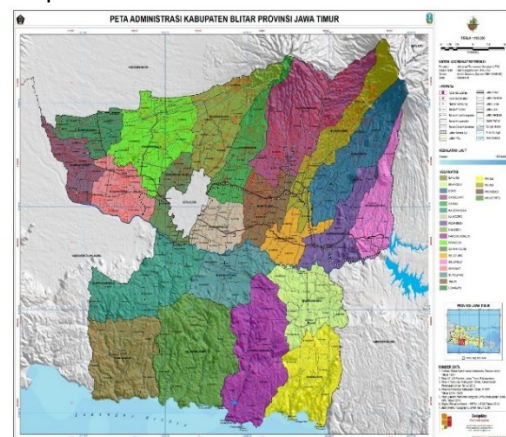
tugas untuk menanggung segala beban yang disebabkan oleh arus kendaraan, yang dilanjutkan ke bagian bawah. *Sub-Structure* berada di bawah struktur atas dan berperan untuk memperoleh serta menopang beban-beban yang berasal dari struktur atas, lalu mengalirkannya ke pondasi. Pondasi bertugas untuk menyerap beban dari struktur bawah dan kemudian menyebarkannya ke tanah [7].

Metode LRFD berlandaskan pada prinsip probabilitas. Dalam metode LRFD tidak dibutuhkan analisis probabilitas secara komprehensif, kecuali untuk kondisi-kondisi tertentu yang jarang terjadi dan diatur dalam regulasi. Metode LRFD untuk desain struktur baja yang tercantum dalam SNI 03-1729-2002 [8].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

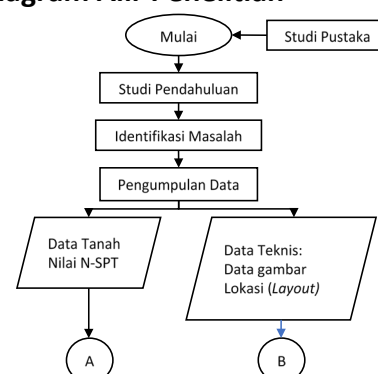
Jembatan yang akan dibangun terletak di desa Kademangan, Kecamatan Sanankulon, Kabupaten Blitar.

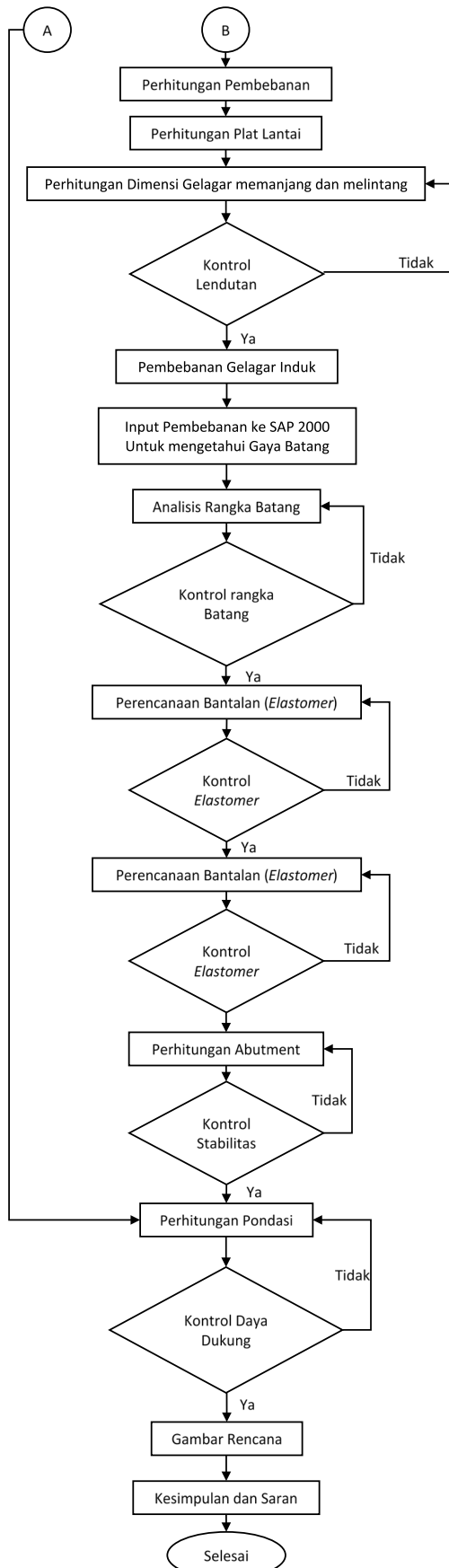


Gambar 1 Lokasi Riset

Sumber: Pemerintah Kabupaten Blitar

3.2 Diagram Alir Penelitian





Gambar 2 Bagan alir penelitian

4. Pembahasan

4.1 Data Perencanaan

1. Kelas jalan = Kelas I (A)
2. Tipe Jembatan = *Pratt Truss*
3. Panjang jembatan = 60 m
4. Tinggi rangka jembatan = 6 m
5. Lebar total jembatan = 11 m
6. Lebar lantai kendaraan = 9 m
7. Lebar trotoar = 2 × 1 m
8. Tebal plat lantai = 20 cm
9. Tebal trotoar = 20 cm
10. Jarak gelagar memanjang = 2,25 m
11. Jarak gelagar melintang = 5 m
12. Mutu:
 - Mutu beton (f_c') = 30 MPa
 - Mutu baja tulangan (f_y) = 320 Mpa
 - Mutu baja BJ 55; f_y = 410 MPa

4.2 Perhitungan Plat Kendaraan

4.2.1 Momen Plat Lantai

1. Momen beban statis
 - Momen di titik tumpu = 429,87 Kg.m
 - Momen pada lapangan = 390,79 Kg.m
2. Momen beban dinamis
 - Momen lapangan, tumpuan = 6669 Kg.m

4.2.2 Penulangan Pada Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 429,87 + 6669 \\
 &= 7098,87 \text{ Kg.m} \\
 M_n &= M_u / \phi = 7098,87 / 0,8 \\
 &= 8873,588 \text{ Kg.m} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0100 \times 1000 \times 172 \\
 &= 1720 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan rangkap D16 – 100, $A_s = 2011 \text{ mm}^2$

4.2.3 Penulangan Pada Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 390,79 + 6669 \\
 &= 7059,79 \text{ Kg.m} \\
 M_n &= M_u / \phi = 7059,79 / 0,8 \\
 &= 8824,738 \text{ Kg.m} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,01097 \times 1000 \times 172 \\
 &= 1886,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan rangkap D16 – 100, $A_s = 2011 \text{ mm}^2$

4.2.4 Penulangan Arah Memanjang

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ min} &= 0,0020 \times d \times b \\
 &= 0,0020 \times 172 \times 1000 \\
 &= 344 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan rangkap D12 – 200, $A_s = 565 \text{ mm}^2$

4.3 Penulangan Trotoar

4.3.1 Momen Trotoar

$$\text{Momen} = 1175,2 \text{ Kg.m}$$

4.3.2 Penulangan Trotoar Arah Melintang

$$\text{Mu} = 1175,2 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Mn} = \text{Mu} / \phi = 1175,2 / 0,8 \\ = 1469 \text{ Kg.m}$$

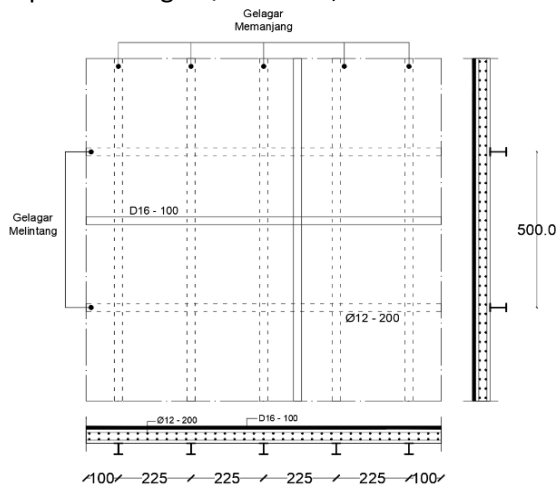
$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d \\ = 0,00438 \times 1000 \times 172 \\ = 753,36 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 – 100, As = 2011 mm²

4.3.3 Penulangan Trotoar Arah Memanjang

$$\text{Asmin} = 0,0020 \times d \times b \\ = 0,0020 \times 172 \times 1000 \\ = 344 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø12 – 200, As = 565 mm²



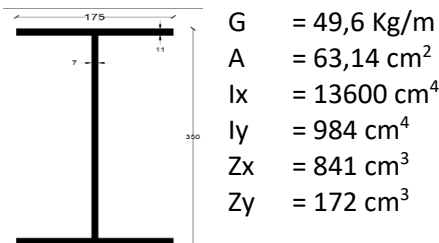
Gambar 3 Penulangan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.4 Perencanaan Gelagar Memanjang

Dicoba menggunakan profil

WF 350 × 175 × 7 × 11



Gambar 4 Profil WF Gelagar Memanjang

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4.1 Perhitungan Pembebanan

1. Pembebanan sebelum komposit

$$\text{Beban statis (qd1)} = 1411,716 \text{ Kg/m}$$

$$\text{MD1} = 1/8 \times 1411,716 \times 5^2$$

$$= 4411,613 \text{ Kg.m}$$

2. Pembebanan sesudah komposit

$$\text{Beban statis (qd2)} = 1965,05 \text{ Kg/m}$$

$$\text{MD2} = 1/8 \times 1965,05 \times 5^2 \\ = 6140,78 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Beban dinamis (ML)} = 21783,94 \text{ Kg.m}$$

4.4.2 Kontrol Lendutan

1. Lendutan Sebelum Komposit

$$\Delta D1 = \frac{5 \cdot qd1 \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Is} \\ = \frac{5 \cdot 14,117 \cdot 500^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 13600} \\ = 0,422 \text{ cm}$$

2. Lendutan Sesudah Komposit

$$\Delta D2 = \frac{5 \cdot qd2 \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot It} \\ = \frac{5 \cdot 19,651 \cdot 500^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 60523,9} \\ = 0,132 \text{ cm}$$

$$\Delta L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot It} \\ = \frac{26325 \cdot 500^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 60523,9} \\ = 0,566 \text{ cm}$$

3. Lendutan Total yang Terjadi pada Gelagar Memanjang

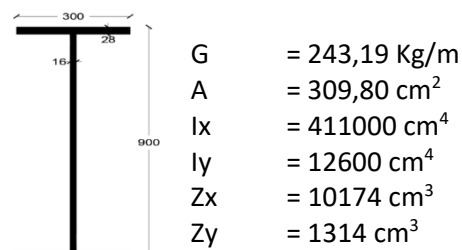
$$\Delta = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} \\ = 1,389 \text{ cm}$$

$$\Delta = \Delta D1 + \Delta D2 + \Delta L \\ = 0,422 + 0,132 + 0,566 \\ = 1,12 \text{ cm} < 1,389 \text{ cm (AMAN!!!)}$$

4.5 Perencanaan Gelagar Melintang

Dirancang menggunakan profil

WF 900 × 300 × 16 × 28



Gambar 5 Profil WF Gelagar Melintang

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.1 Perhitungan Pembebanan

1. Pembebanan Sebelum Komposit

- Beban statis plat lantai kendaraan:

$$qd1 = 3283,509 \text{ Kg/m}$$

$$\text{MD1} = 58692,726 \text{ Kg.m}$$

- Beban statis gelagar memanjang:

$$qd2 = 272,58 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{MD2} &= 1908,06 \text{ Kg.m} \\ \text{MD}_{\text{Total}} &= \text{MD1} + \text{MD2} \\ &= 58692,726 + 1908,06 \\ &= 60600,786 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

2. Pembebanan Sesudah Komposit

- Beban statis plat lantai kendaraan:
 $q_{d2} = 4513,134 \text{ Kg/m}$
- Beban statis trotoar:
 $q_{d3} = 4231 \text{ Kg/m}$
 $\text{MD} = 92941,018 \text{ Kg.m}$
 $q_{d\text{total}} = q_{d2} + q_{d3}$
 $= 4513,134 + 4231$
 $= 8744,134 \text{ Kg/m}$
- Beban dinamis (P):
 $P = 27495 \text{ Kg.m}$
 $\text{ML} = 226833,75 \text{ Kg.m}$

4.5.2 Kontrol Lendutan

1. Lendutan Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} \Delta D1 &= \frac{5 \cdot q_{d1} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_s} \\ &= \frac{5 \cdot 32,84 \cdot 1100^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 411000} \\ &= 0,762 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Lendutan Sesudah Komposit

$$\begin{aligned} \Delta D2 &= \frac{5 \cdot q_{d\text{total}} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_t} \\ &= \frac{5 \cdot 87,44 \cdot 1100^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 844864,068} \\ &= 0,987 \text{ cm} \\ \Delta L &= \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_t} \\ &= \frac{27495 \cdot 1100^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 844864,068} \\ &= 0,451 \text{ cm} \end{aligned}$$

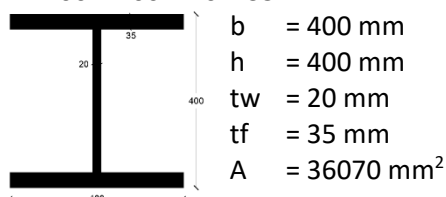
3. Lendutan Total yang Terjadi pada Gelagar Melintang

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{L}{360} = \frac{1100}{360} \\ &= 3,05 \text{ cm} \\ \Delta &= \Delta D1 + \Delta D2 + \Delta L \\ &= 0,762 + 0,987 + 0,451 \\ &= 2,2 \text{ cm} < 3,05 \text{ cm (AMAN!!!)} \end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Gelagar Induk

Direncanakan dengan profil

WF 400 × 400 × 20 × 35



Gambar 6 Profil WF Gelagar Induk

Sumber: Hasil Perhitungan

1. Perhitungan Dimensi Batang Atas (Tekan/Compression)

Hasil analisis SAP2000 diperoleh:

$$N_u = -1044667,82 \text{ Kg}$$

a. Arah sumbu kuat (Sumbu X)

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{0,85 \times 5000}{182} \\ &= 23,352 \\ \lambda_{cx} &= \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{23,352}{3,14} \sqrt{\frac{410}{2000000}} \\ &= 0,337 \end{aligned}$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2$$

$$\begin{aligned} \omega_x &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cx}} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,337} = 1,041 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 36070 \times \frac{410}{1,041} \\ &= 14213695,9 \text{ N} \\ &= 1421369,6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi \cdot N_n \\ 1044667,82 \text{ Kg} &\leq 0,85 \times 1421369,6 \text{ Kg} \\ 1044667,82 \text{ Kg} &\leq 1208164,2 \text{ Kg} \\ &\text{(AMAN!!!)} \end{aligned}$$

b. Arah sumbu lemah (Sumbu Y)

$$\begin{aligned} \lambda_y &= \frac{k \cdot L_y}{r_y} = \frac{0,85 \times 5000}{104} \\ &= 40,865 \\ \lambda_{cy} &= \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{40,865}{3,14} \sqrt{\frac{410}{2000000}} \\ &= 0,589 \end{aligned}$$

$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2$$

$$\begin{aligned} \omega_y &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cy}} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,589} = 1,187 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 36070 \times \frac{410}{1,187} \\ &= 12463868,5 \text{ N} \\ &= 1246386,9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi \cdot N_n \\ &= 36070 - 4[(35) \times (17,88)] \\ &= 33567,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

a. Kondisi leleh

$$\begin{aligned} \phi \cdot T_n &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0,9 \times 36070 \times 410 \\ &= 13309830 \text{ N} \\ &= 1330983 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_u &\leq \phi \cdot T_n \\ 979663,72 \text{ Kg} &\leq 1330983 \text{ Kg (AMAN!!!)} \end{aligned}$$

b. Kondisi fraktur

$$\begin{aligned} \phi \cdot T_n &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= \phi \times (U \times A_n) \times f_u \\ &= 0,75 \times (0,9 \times 33567,5) \times 550 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12461934,5 \text{ N} \\
 &= 1246193,45 \text{ Kg} \\
 T_u &\leq \phi \cdot T_n \\
 979663,72 \text{ Kg} &\leq 1246193,45 \text{ Kg} \\
 (\text{AMAN!!!})
 \end{aligned}$$

4.7 Perencanaan Sambungan Gelagar

4.7.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Dirancang baut A325 diameter 5/8"

Diameter baut = 5/8 inci = 1,588 cm

1. Sambungan Tipe Tumpu dengan Ulir tidak Pada Bidang Geser

- Tahanan terhadap tarik desain
 $\phi \cdot R_n = 9188,44 \text{ Kg}$
- Tahanan terhadap geser desain
 $\phi \cdot R_n = 12251,25 \text{ Kg}$
- Tahanan terhadap tumpu desain
 $\phi \cdot R_n = 11004,84 \text{ Kg}$

2. Menentukan Jumlah Baut

$$\begin{aligned}
 P_u &= 21604,415 \text{ Kg} \\
 n_b &= \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{21604,415}{9188,44} \\
 &= 2,35 \rightarrow 3 \text{ baut/baris} \\
 &\text{- Gelagar Memanjang} \\
 &\text{Jarak baut tepi minimum} \\
 &= 1,5 \cdot d_b \\
 &= 1,5 \times 1,588 = 2,382 \rightarrow 3 \text{ cm} \\
 &\text{Jarak antar baut} \\
 &= 2,5 \cdot d_b \\
 &= 2,5 \times 1,588 = 3,97 \rightarrow 4 \text{ cm} \\
 &\text{- Gelagar Melintang} \\
 &\text{Jarak baut tepi minimum} \\
 &= 1,5 \cdot d_b \\
 &= 1,5 \times 1,588 = 2,382 \rightarrow 3 \text{ cm} \\
 &\text{Jarak antar baut} \\
 &= 2,5 \cdot d_b \\
 &= 2,5 \times 1,588 = 3,97 \rightarrow 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

3. Plat Penyambung

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu baja BJ} &= 4100 \text{ Kg/cm}^2 \\
 R_n &= 0,75 \cdot f_y \\
 &= 0,75 \times 4100 \\
 &= 3075 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel profil dipakai profil L 75 x 75 x 9

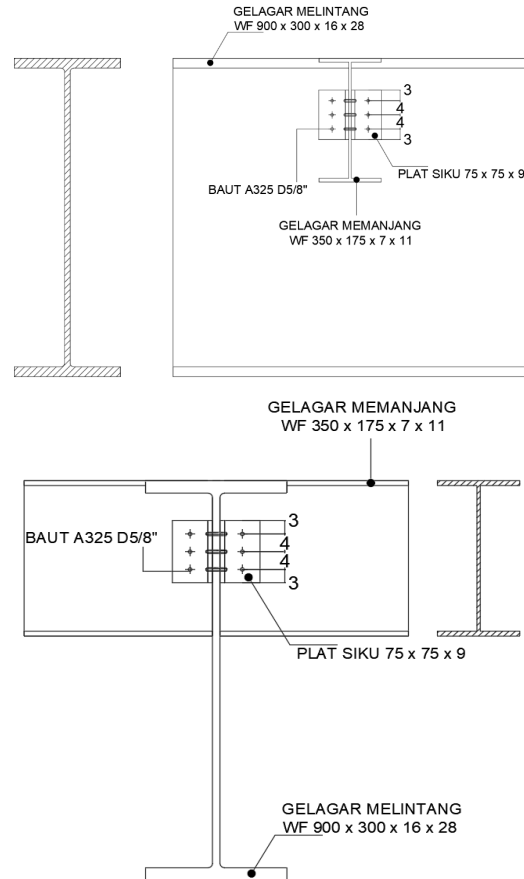
$$\begin{aligned}
 A_{netto} &= 0,85 \times A_{bruto} \\
 &= 8,885 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{P_u}{A_{netto}} \\
 &= \frac{21604,415}{8,885} \\
 &= 2431,56 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$r < R_n = 2431,56 < 3075 (\text{AMAN!!!})$$

4. Kontrol Kekuatan Geser Desain > Beban Geser Terfaktor Baut

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_n &\geq \frac{P_u}{\sum n} \\
 9188,44 &\geq \frac{21604,415}{6} \\
 9188,44 \text{ Kg} &\geq 3600,74 \text{ Kg} (\text{AMAN!!!})
 \end{aligned}$$



Gambar 7 Sambungan Gelagar Memanjang dengan Gelagar Melintang
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.7.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk

Direncanakan baut A325 d 5/8"

Diameter baut = 5/8 inci = 1,588 cm

1. Sambungan Tipe Tumpu dengan Ulir tidak Pada Bidang Geser

- Tahanan terhadap tarik desain
 $\phi \cdot R_n = 9188,44 \text{ Kg}$
- Tahanan terhadap geser desain
 $\phi \cdot R_n = 12251,25 \text{ Kg}$
- Tahanan terhadap tumpu desain
 $\phi \cdot R_n = 23581 \text{ Kg}$

2. Menentukan Jumlah Baut

$$\begin{aligned}
 P_u &= 56629,04 \text{ Kg} \\
 n_b &= \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{56629,04}{9188,44}
 \end{aligned}$$

$$= 6,163 \rightarrow 7 \text{ baut/baris}$$

Jarak baut tepi minimum

$$= 1,5 \cdot db$$

$$= 1,5 \times 1,588 = 2,382 \rightarrow 3 \text{ cm}$$

Jarak antar baut

$$= 2,5 \cdot db$$

$$= 2,5 \times 1,588 = 3,97 \rightarrow 4 \text{ cm}$$

3. Plat Penyambung

Mutu baja BJ = 4100 Kg/cm²

$$R_n = 0,75 \cdot f_y$$

$$= 0,75 \times 4100 = 3075 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari tabel profil dipakai profil L 75 x 75 x 9

$$A_{netto} = 0,85 \times A_{bruto}$$

$$= 18,764 \text{ cm}^2$$

$$r = \frac{P_u}{\frac{A_{netto}}{56629,04}}$$

$$= \frac{18,764}{56629,04}$$

$$= 3017,96 \text{ Kg/cm}^2$$

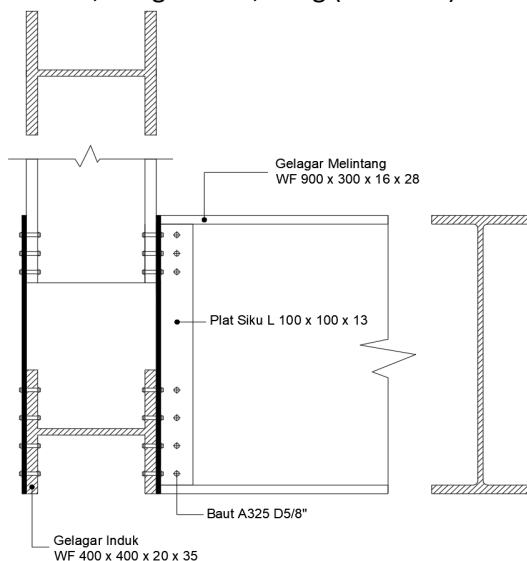
$$r < R_n = 3017,96 < 3075 \text{ (AMAN!!!)}$$

4. Kontrol Kekuatan Geser Desain > Beban Geser Terfaktor Baut

$$\phi \cdot R_n \geq \frac{P_u}{\sum n}$$

$$9188,44 \geq \frac{56629,04}{14}$$

$$9188,44 \text{ Kg} \geq 4044,93 \text{ Kg (AMAN!!!)}$$



Gambar 8 Sambungan gelagar melintang dengan gelagar induk

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.8 Perencanaan Elastomer

4.8.1 Data Pembebanan

$$PDL_{total} = 967405,207 \text{ Kg}$$

$$RA_{DL} = \frac{1}{4} \times PDL_{Total}$$

$$= \frac{1}{4} \times 967405,207$$

$$= 241851,302 \text{ Kg}$$

$$PLL_{Total} = 133376,86 \text{ Kg}$$

$$RA_{LL} = \frac{1}{4} \times PLL_{Total}$$

$$= \frac{1}{4} \times 133376,86$$

$$= 33344,215$$

Beban terkompresi = $RA_{DL} + RA_{LL}$

$$= 241851,302 + 33344,215$$

$$= 275195,517 \text{ Kg}$$

$$= 2751,96 \text{ kN}$$

Batas delaminasi = 7 MPa

Luas perlu = $\frac{2751,96(1000)}{7}$

$$= 393137,143 \text{ mm}^2$$

Direncanakan elastomer dengan ukuran 700 x 650

4.8.2 Faktor bentuk

Bantalan berlapis, maka:

$$4 < S \leq 12$$

$$A = L \times W$$

$$= 700 \times 650$$

$$= 455000 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 2(L + W)$$

$$= 2(700 + 650)$$

$$= 2700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A}{I_p \times h_{ri}}$$

$$= \frac{455000}{2700 \times 16}$$

$$= 10,532$$

$$4 < 10,532 \leq 12 \text{ (AMAN)}$$

4.8.3 Cek Kontrol Tegangan Ijin

$$\sigma_s = \frac{PDL + PLL}{A}$$

$$= \frac{967405,207 + 133376,86}{455000} = 2,621 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \frac{PLL}{A}$$

$$= \frac{133376,86}{455000} = 0,318 \text{ MPa}$$

1. Bantalan dengan deformasi geser tidak dikekang:

$$\sigma_s = 7,0 \text{ MPa} \rightarrow 2,621 \leq 7 \text{ MPa (OKE)}$$

$$\sigma_s = 1,0 \text{ G.S} \rightarrow 2,621 \leq 5,553 \text{ MPa (OKE)}$$

2. Bantalan dengan deformasi geser dikekang:

$$\sigma_s = 7,7 \text{ MPa} \rightarrow 2,621 \leq 7,7 \text{ MPa (OKE)}$$

$$\sigma_s = 1,1 \text{ G.S} \rightarrow 2,621 \leq 6,108 \text{ MPa (OKE)}$$

4.8.4 Cek Deformasi Geser

$$\Delta_s = 100 \text{ mm}$$

$$2 \cdot \Delta_s = 2 \cdot 100$$

$$= 200 \text{ mm}$$

$$h_{rt} = (16 \times 12) + (2 \times 7)$$

$$= 206 \text{ mm}$$

$$h_{rt} \geq 2 \cdot \Delta_s$$

$$206 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

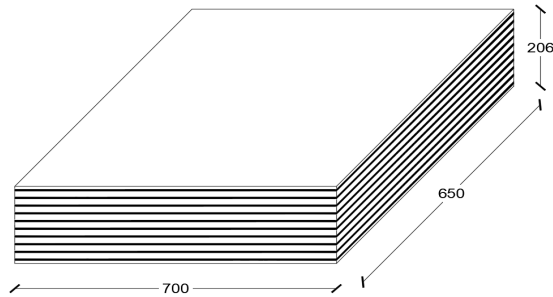
4.8.5 Cek Stabilitas

$$H \leq \frac{L}{3}$$

$$H \leq \frac{700}{3} = 233,3 \text{ mm} > 206 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

$$H \leq \frac{W}{3}$$

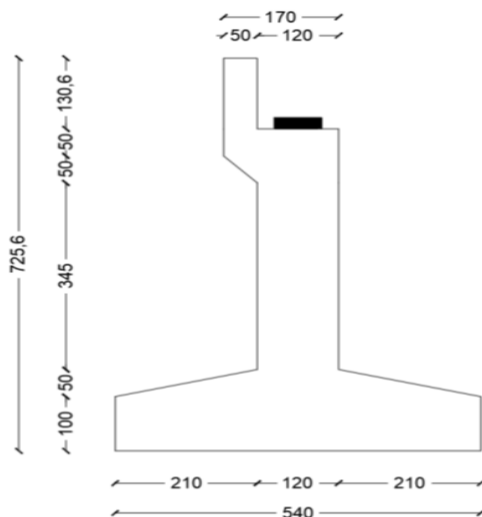
$$H \leq \frac{650}{3} = 216,6 \text{ mm} > 206 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$



Gambar 9 Profil Elastomer

Sumber: Hasil Perencanaan, 2025

4.9 Perencanaan Abutment



Gambar 10 Potongan Melintang Abutment

Sumber: Data perencanaan, 2025

4.9.1 Perencanaan Abutment

1. Beban vertikal

$$\Sigma V = 1207772,663 \text{ Kg}$$

$$\Sigma MV = 3671357,962 \text{ Kg.m}$$
2. Beban horizontal

$$\Sigma H = 464105,594 \text{ Kg}$$

$$\Sigma MH = 1352813,933 \text{ Kg.m}$$

4.9.2 Kontrol Stabilitas

1. Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$$

$$= \frac{3671357,962}{1352813,933}$$

$$= 2,714 > 1,5 \text{ (OKE)}$$

2. Stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{\Sigma V \cdot \tan \theta}{\Sigma H}$$

$$= \frac{1207772,663 \times \tan(39,7)}{464105,594}$$

$$= 2,161 > 1,5 \text{ (OKE)}$$

3. Stabilitas terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} B - \frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma H} < \frac{1}{6} B$$

$$= \frac{1}{2} 5,4 - \frac{3671357,962 - 1352813,933}{464105,594} < \frac{1}{6} 5,4$$

$$= 0,78 < 0,9 \text{ (OKE)}$$

4. Stabilitas terhadap tegangan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{qu}{3}$$

$$= \frac{4014482,384}{3}$$

$$= 1338160,795 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_n = \frac{\Sigma V}{B \times L} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B}\right)$$

$$Q_{max} = \frac{\Sigma V}{B \times L} \times \left(1 + \frac{6 \times e}{B}\right)$$

$$= \frac{1207772,663}{5,4 \times 11,8} \times \left(1 + \frac{6 \times (0,78)}{5,4}\right)$$

$$= 35381,497 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_{min} = \frac{1207772,663}{5,4 \times 11,8} \times \left(1 - \frac{6 \times (0,78)}{5,4}\right)$$

$$= 2527,25 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q_{max} < Q_{ijin}$$

$$35381,497 \text{ Kg/m}^2 < 1338160,795 \text{ Kg/m}^2$$

(OKE)

$$Q_{min} < Q_{ijin}$$

$$2527,25 \text{ Kg/m}^2 < 1338160,795 \text{ Kg/m}^2$$

(OKE)

4.10 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

4.10.1 Data Perencanaan

- Diameter tiang pancang = 60 cm
= 0,6 m
- Panjang tiang pancang = 12 m
- Mutu baja (f_y) : BJ 40 = 400 MPa
= 4000 Kg/cm²
- Mutu beton (f_c) = 50 MPa
= 500 Kg/cm²

- Berat jenis beton = 2354,5 kg/m³
- Beban gaya vertikal = 1207772,663 Kg
- Beban gaya horizontal = 3671357,962 Kg

4.10.2 Daya Dukung Tiang Pancang

1. Berdasarkan Kekuatan Material Bahan

$$P_{tiang} = \emptyset \cdot P_n \text{ maks}$$

$$= 0,85 \cdot \emptyset [(0,85 \cdot f_c (A_g \cdot A_{st}) + f_y \cdot A_{st})]$$

$$= 0,85 \times 0,7 [(0,85 \times 50 \times (282600 - 153,86) + 400 \times 153,86)]$$

$$= 7178,975 \text{ kN} = 717,898 \text{ ton}$$

2. Berdasarkan Kemampuan Terhadap Kekuatan Tanah

Kedalaman = 19m

$$q_c = 2400 \text{ ton/m}^2$$

$$K_a = 3,14 \times 0,6 = 1,884 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{q_c \times A_g}{3} + \frac{JHP \times K_a}{5}$$

$$= \frac{2400 \times 0,283}{3} + \frac{220 \times 1,884}{5}$$

$$= 248,928 \text{ ton}$$

Daya dukung berdasarkan kekuatan tanah:

$$B_{Stiang} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 12 \times 2,3545$$

$$= 7,985 \text{ ton}$$

$$Q_{sp} = 248,928 - 7,985$$

$$= 240,943 \text{ ton}$$

3. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

$$n = \frac{\Sigma V}{Q_{sp}} = \frac{1207,773}{240,943}$$

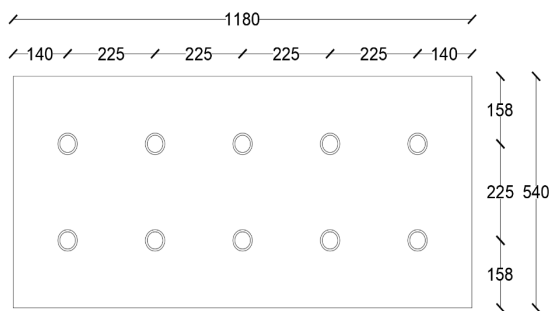
$$= 5,013 \rightarrow 10 \text{ buah}$$

$$S = 2,5 \cdot d \leq S \leq 4 \cdot d$$

$$= 2,5 \times 60 \leq S \leq 4 \times 60$$

$$= 195 \leq S \leq 240$$

$$\text{Dipakai } S = 195 \leq 225 \leq 240 \text{ (OKE)}$$



Gambar 11. Formasi tiang pancang
Sumber: Data Perencanaan, 2025

4. Perhitungan efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Menggunakan metode Feld.

$$\text{Efisiensi tiang A} = 1 - \frac{3}{10} = \frac{7}{10} \text{ tiang}$$

$$\text{Efisiensi tiang B} = 1 - \frac{5}{10} = \frac{1}{2} \text{ tiang}$$

Efisiensi dari kelompok tiang:

$$4 \text{ tiang A} = 4 \times \frac{7}{10} = \frac{14}{5} \text{ tiang}$$

$$6 \text{ tiang B} = 6 \times \frac{1}{2} = 3 \text{ tiang}$$

$$\text{Total efisiensi} = \frac{14}{5} + 3 = 5,8$$

$$\text{Efisiensi 1 tiang} = 5,8 / 10 = 0,58 \text{ tiang}$$

$$\text{Daya dukung 1 tiang} = 0,58 \times Q_{tiang}$$

$$= 0,58 \times 665,382$$

$$= 385,922 \text{ ton}$$

$$\text{Daya dukung kelompok tiang}$$

$$= 10 \times 0,58 \times 665,382 = 3859,216 \text{ ton}$$

5. Kekuatan Tiang Pancang Menerima Gaya Eksentrisitas

Diketahui:

$$\Sigma V = 1207772,663 \text{ Kg}$$

$$= 1207,773 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_H = \Sigma M_Y = 3671357,962 \text{ Kg.m}$$

$$= 3671,358 \text{ ton.m}$$

$$N_x = 5 \text{ buah}$$

$$N_y = 2 \text{ buah}$$

$$X_{\max} = 4,5 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,125 \text{ m}$$

$$\Sigma Y^2 = 2 \times 5 \times 1,125^2$$

$$= 12,656 \text{ m}^2$$

Maka, kekuatan tiang pancang:

$$P = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{\Sigma M_Y \times Y_{\max}}{n_y \times \Sigma Y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{1207,773}{10} \pm \frac{3671,358 \times 1,125}{2 \times 12,656}$$

$$= 283,952 \text{ ton}$$

$$P_{\max} < Q_{ijin} = 283,952 \text{ ton} < 385,922 \text{ ton}$$

(AMAN!!!)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari perhitungan yang dilakukan, disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Ketebalan pelat lantai kendaraan di jembatan adalah 200 mm, menggunakan tulangan utama D16 – 100 mm, dan tulangan sengkang Ø12 – 200 mm.
2. Dimensi gelagar memanjang menggunakan profil WF 350 × 175 × 7 × 11, dimensi gelagar melintang menggunakan profil WF 900 × 300 × 16 × 28, dan dimensi gelagar induk menggunakan profil WF 400 × 400 × 20 × 35.
3. Jumlah baut pada koneksi gelagar melintang dan gelagar memanjang adalah 3 baut per baris. Diameter baut yang digunakan adalah 5/8" tipe A325, dan plat penyambung profil. Untuk jumlah baut pada sambungan gelagar melintang dan gelagar induk yaitu 7 baut/baris. Diameter baut 5/8 tipe A325, dan plat penyambung profil. Sementara koneksi antara gelagar induk dan gelagar induk memakai baut A325 3/4" dengan ketebalan simpul 20 mm.
4. Dimensi Elastomer 700 × 650 × 206, dengan tebal lapisan luar 8 mm, tebal lapisan internal 16 mm, tebal pelat baja 4 mm, jumlah lapisan dalam 11 buah, dan jumlah lapisan pelat 10 buah.

5. Dimensi abutment direncanakan dengan lebar atas 1,7 m, lebar bawah 5,4 m, tinggi 7,256 m, dan panjang 11,8 m.
 6. Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 60 cm dan panjang 12 meter, serta terdiri dari 10 batang tiang. Tulangan utama pada pondasi ini menggunakan dua sisi dengan 12 baja tulangan diameter 14 mm (D14), sedangkan tulangan spiral menggunakan baja tulangan diameter 14 mm dengan jarak antar spiral 65 mm.
- [8] A. Setiawan, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode Lrfd (sni 03-1729-2002)." 2008.

5.2 Saran

1. Dalam perencanaan struktur jembatan, dimungkinkan untuk mempertimbangkan alternatif lain, seperti penggunaan sistem prategang atau tipe rangka yang berbeda, disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan.
2. Dalam melakukan analisis struktur jembatan, dapat digunakan berbagai perangkat lunak Teknik sipil, seperti Midas Civil, ETABS, STAAD Pro, CSI Bridge, dan perangkat lunak lainnya yang sesuai dengan kebutuhan analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Y. Pratama, Warsito, and I. S. Ingsih, "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Tipe Warren Truss Dengan Metode Lrfd Pada Jembatan Sempu Kab. Boyolali Jawa Tengah," 2024.
- [2] A. S. Anggraini, Warsito, and B. Suprpto, "Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Dengan Struktur Rangka Baja Tipe Pratt." 2021.
- [3] V. N. Adryana, Warsito, and B. Suprpto, "Studi Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Ake Toduku Halmahera Barat," 2018.
- [4] R. Rachmania, "Perencanaan Struktur Atas Jembatan Through Pratt Truss Tiga Tumpuan." Rekats, 2017.
- [5] M. N. Hidayat, Warsito, and A. Bakhtiar, "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit Pada Gedung Perkantoran Bank Bca Surabaya." 2024.
- [6] H. Afriyandi, "Perencanaan Jembatan Komposit Metode Lrfd (Load and Resistance Factor Design)," 2016.
- [7] M. R. Maulana, Warsito, and A. Bakhtiar, "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Rangka Baja Tipe Warren Truss Pada Jembatan Jetak Kabupaten Bojonegoro," 2024.