

REDESIGN JEMBATAN MENGGUNAKAN BALOK-T BETON BERTULANG (*T BEAM STRUCTURE*)

Wafi Sofwan Nadi¹, Titin Sundari², Meriana Wahyu Nugroho³, Rahma Ramadhani⁴

Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

Informasi Makalah

Dikirim, 25 Juni 2023
Direvisi, 12 Juni 2024
Diterima, 31 Agustus 2024

Kata Kunci:

Balok T
SNI 1725-2016
Geser Ultimit
Abutment
Stabilitas Geser

Keyword:

T Beam
SNI 1725-2016
Shear Ultimit
Abutment
Shear Stability

INTISARI

Jembatan Jalan Bromo terletak pada Desa Mojounggul, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang dengan bentang yang direncanakan 10 meter. Jembatan ini awalnya menggunakan struktur pelengkung yang dibangun masa Belanda sehingga harus dilakukan perencanaan struktur jembatan. Di sini peneliti memodifikasi desain jembatan menggunakan balok-T (*T-Beam Structure*). Jembatan Jalan Bromo digunakan sebagai objek penelitian untuk memodifikasi desain struktur jembatan bagian atas yang meliputi: balok-T jembatan dan bangunan bawah meliputi: abutmen, pondasi, dan diafragma dengan menghitung aspek pembebanan mengacu pada SNI 1275-2016, aspek penulangan dan dimensi penulangan pada balok-T, selanjutnya kontrol kekuatan terhadap abutmen dan daya dukung pada tiang pancang. Hasil perhitungan pada *redesign* jembatan didapatkan hasil momen ultimit (MU) pada balok 116 kNm dan gaya geser ultimit (VU) 598 kN dengan tulangan yang digunakan pada balok tulangan lentur 12 D 32 mm, tulangan bagi 2 D 13 mm tulangan geser D 16-150 mm. Stabilitas guling pada abutmen 12,4 arah x, 4,8 arah y. Stabilitas geser pada abutmen didapatkan nilai 14 arah x, dan 432 arah y. Daya dukung tiang pancang 31.899 ton lebih besar dari beban aksial 5.272,2 ton.

ABSTRACT

The Bromo road bridge is located in Mojounggul village, Bareng District, Jombang Regency with a planned span of 10 meters. This bridge originally used an arch structure built during the Dutch period so that planning of the bridge structure had to be carried out. Here researchers modified the design of the bridge using T-beams. Bromo road bridge is used as the final project object to modify the design of the upper bridge structure which includes: T-beam Bridges and lower buildings include: abutments, foundations, and diaphragms by calculating loading aspects referring to SNI 1275-2016, repeating aspects and repeating dimensions on T-beams, then strength control over abutments and carrying capacity on piles. The calculation results in the bridge redesign obtained the results of the ultimate moment (MU) on the 116 kNm beam and the ultimate shear force (VU) 598 kN with reinforcement used on the 12 D 32 mm flexural reinforcement beam, reinforcement for 2 D 13 mm sliding reinforcement D 16-150 mm. Rolling stability in abutments 12.4 directions x, 4.8 directions y. Shear stability in abutments obtained values of 14 directions x, and 432 directions y. The carrying capacity of the 31,899 tons pile is greater than the axial load of 5,272.2 tons.

Korespondensi Penulis:

Wafi Sofwan Nadi
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Hasyim Asy'ari Jombang
JL. Irian Jaya 55 Tebuireng Jombang, 6147
Email: Wafi.Sofwan1499@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sektor bangunan di Indonesia terus meningkat dan berkembang pada periode terakhir dan akan terus meningkat perkembangannya ke depan [1]. Adanya pertumbuhan ini mencerminkan aspek-aspek kehidupan yang lain - seperti ekonomi, sosial dan politik masyarakat - yang berkembang. Keadaan ini menyebabkan mobilitas manusia akan meningkat, dan akan dibutuhkan fasilitas pendukung yang mencukupi guna mendukung mobilitas tersebut [2].

Untuk memenuhi keperluan mobilitas, pengembangan inovasi guna menaikkan efektifitas, efisiensi dan produktifitas suatu fasilitas serta prasarananya yang mencukupi dibutuhkan [3]. Dalam suatu jaringan jalan, jembatan merupakan salah satu struktur penting sebagai penghubung jalan yang terpisah[4]. Perencanaan suatu jalur penghubung suatu wilayah ataupun revisi fasilitasnya yang sudah ada dapat mencakup perencanaan suatu jembatan penghubung yang baru, revisi [5] ataupun perencanaan ulang jembatan yang telah ada guna meningkatkan efisiensi serta memperpanjang usia pakai yang lebih lama [6]. Meningkatnya efisiensi dari fasilitas dan prasarana mobilitas di sebuah wilayah diperlukan untuk mendukung pertumbuhan suatu wilayah [7].

Jembatan ialah bentangan yang menghubungkan dua tempat yang terpisah oleh hambatan semacam lembah, sungai, jalan lain atau jalur kereta[8]. Jembatan memiliki peran yang bermanfaat bagi semua orang dengan segala kepentingan mereka yang berbeda [8]. Perangkaiannya tidak saja memperhatikan aspek transportasi serta strukturnya, tetapi juga mencermati aspek ekonomi dan estetika secara penting [9]. Saat melaksanakan pemasangan jembatan, pengamatan dan pengujian yang tepat harus dilakukan untuk menentukan apakah semua pekerjaan dapat diselesaikan dengan benar[10].

Menurut peraturan Badan Standardisasi Nasional, jembatan beton adalah konstruksi yang dibuat dari bahan dasar yang berasal dari beton. Beton bertulang adalah beton yang diperkuat dengan lebar dan jumlah tidak dibawah batas minimum [11]. Konstruksi ini merupakan campuran beton dan baja, dengan kelebihanannya masing-masing, material ini mampu menopang gaya tarik pada jembatan [10] [12].

Jembatan Jalan Bromo saat ini menggunakan struktur lengkung yang dibangun pada masa Kolonial Belanda. Ada beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam konstruksinya sehingga perencanaan ulang struktur jembatan perlu dilakukan. Aspek-aspek dalam perencanaan ulang struktur jembatan yang harus dipertimbangkan antara lain adalah aspek lalu lintas, aspek umur dan kesesuaian struktur.

Karena banyak hal yang harus diperhatikan, ada yang perlu dicapai untuk menjamin kesesuaian struktur jembatan, di mana saat ini terdapat kebijakan Pembebanan Untuk Jembatan SNI 1725-2016 [9]. Maka peneliti melakukan pengkajian ulang untuk menghitung dan merencanakan kekuatan struktur jembatan agar benar-benar kokoh dan layak untuk diaplikasikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

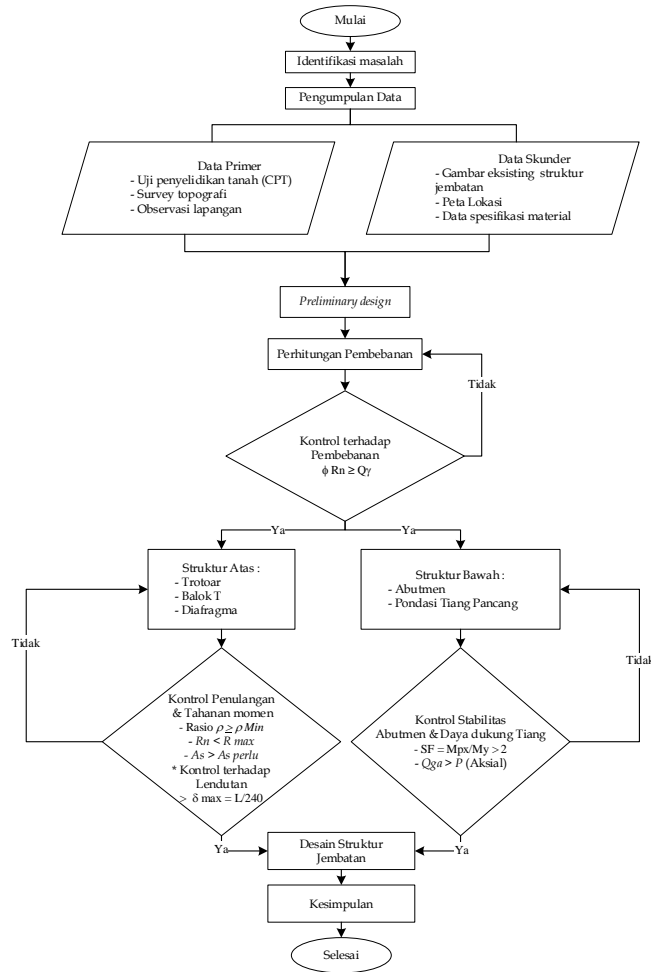
Lokasi penelitian ini berada di Jalan Bromo, Desa Mojounggul, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang, dengan rencana bentang jembatan 10 meter, meliputi perencanaan pondasi dan abutmen pada jembatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian
(Sumber: Google eart pro)

2.2. Alur penelitian

Penelitian dilakukan menurut *flowchart* di Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.3. Langkah Penelitian

1. Pengumpulan data perencanaan yang di butuhkan.
 - a) Peta lokasi
 - b) Data penyelidikan tanah berupa hasil tes sondir CPT (*Cone Penetration Test*)
 - c) Data topografi

2. Perhitungan struktur atas jembatan

Perhitungan struktur atas pada jembatan berupa memperhitungkan kebutuhan diameter tulangan yang akan digunakan serta menghitung lendutan pada balok T dan pelat lantai pada Jembatan. Adapun rumus untuk menghitung kekuatan struktur diberikan pada Persamaan 1.

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \tag{1}$$

Adapun untuk menghitung lendutan pada struktur melalui syarat [13]:

$$\delta_{max} \leq L/240 \tag{2}$$

3. Perhitungan abutmen

Untuk perhitungan kepala jembatan yaitu menghitung stabilitas pada guling [14]. Syarat $SF > 2$.

$$SF = \frac{M_{px}}{M_y} > 2 \tag{3}$$

4. Perhitungan pondasi

Pada perhitungan podasi berdasarkan data-data penyelidikan tanah [15] untuk menghitung kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara menghitung daya dukung ijin.

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung ijin tiang } Q_a &= \frac{Q_b}{SF1} + \frac{Q_s}{SF2} \\ \text{Daya dukung ijin tiang grup } Q_{ga} &= \frac{Q_{grup}}{F} \end{aligned} \tag{4}$$

5. Hasil

Hasil dari perhitungan struktur atas, kepala Jembatan dan pondasi.

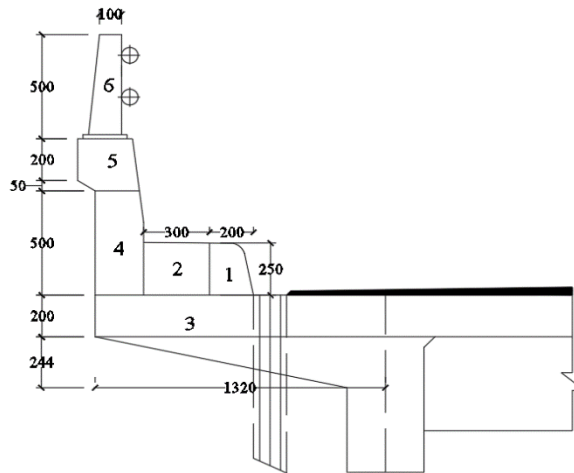
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data yang direncanakan melalui prosedur jembatan ini berupa:

- Nama jembatan : Jembatan Jalan Bromo Bareng-Jombang
- Lokasi jembatan : Jl. Bromo, Kecamatan Bareng, Kabupaten Jombang
- Bentang jembatan : 10 meter
- Lebar jembatan : 8 meter (2 Lajur)
- Lebar jalur : 2 x 3 meter
- Lebar trotoar : 2 x 0,5 meter

3.1. Perhitungan Dinding Sandaran

Perhitungan trotoar dilakukan untuk mengetahui beban yang bekerja pada struktur jembatan [16]. Dengan memperhitungkan beban sendiri terhadap trotoar sendiri.



Gambar 3. Trotoar jembatan
(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

Tabel 1. Hasil perhitungan berat sendiri dinding sandaran

| No | b (m) | h (m) | Shape | L (m) | Wc (kN/m ³) | W (kN) | l (m) | n (kNm) |
|--------------------------------------|----------|----------|-------|----------|----------------------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.2 | 0.25 | 1 | 2 | 25.00 | 2.4 | 0.714 | 1.714 |
| 2 | 0.3 | 0.25 | 1 | 2 | 25.00 | 3.75 | 0.95 | 3.563 |
| 3 | 1.320 | 0.2 | 1 | 2 | 25.00 | 13.2 | 0.66 | 8.712 |
| 4 | 0.22 | 0.5 | 1 | 2 | 25.00 | 5.5 | 0.121 | 0.666 |
| 5 | 0.25 | 0.25 | 1 | 2 | 25.00 | 3.125 | 1.275 | 3.984 |
| 6 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 25.00 | 2.5 | 1.219 | 3.048 |
| Railing 3" berat/m | | | 0,63 | 6 | | 25.00 | 1.075 | 4.063 |
| Total | | | | | | 34.255 | | 25.75 |
| Berat sendiri trotoar/m ² | | | | | PMS | 17.13 | MMS | 12.87 |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

a) Penulangan dinding sandaran

1. Tulangan lentur:

$$R_n = 0.0076$$

$$\rho_{pakai} = 0.042$$

luas tulangan yang dibutuhkan ($A_{s\text{perlu}}$).

$$A_{s\text{perlu}} = 0.042 \cdot 250 \cdot 1000$$

$$A_{s\text{perlu}} = 152.233 \text{ mm}^2$$

jarak antar tulangan (S).

$$S = \frac{200 \cdot 1000}{152.233}$$

$$S = 132.008 \approx 130 \text{ mm}$$

Hasil yang didapatkan dari perhingan luas tulangan yang dibutuhkan maka digunakan tulangan D 16 – 130 mm.

2. Tulangan geser:

- Gaya ultimit rencana (V_u) : 3.00 kN
- Kekuatan beton menahan geser (V_c) : 42703 N
- Kapasitas beton ditahan (V_s) : 25621 N

Luas tulangan (A_s)

$$A_s = 0.002 \cdot 1000 \cdot 250$$

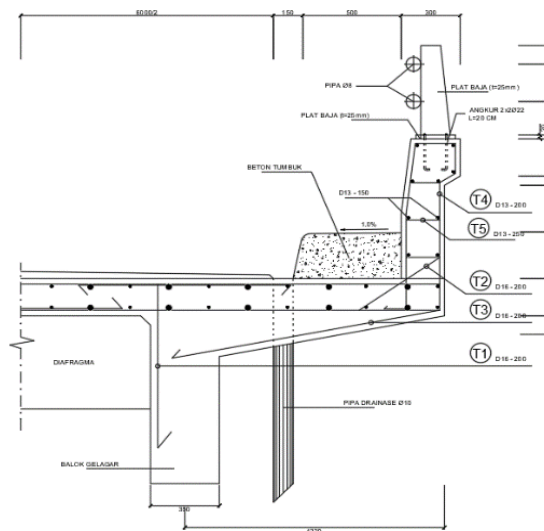
$$A_s = 500 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{132.665 \cdot 1000}{500}$$

$$S_{perlu} = 265 \approx 250 \text{ mm}$$

Dari hasil yang didapatkan dari perhitungan tulangan geser maka digunakan D13 – 250 mm.



Gambar 4. Penulangan dinding sandaran (Sumber: Hasil analisa data, 2023)

3.2. Perhitungan Balok-T

Pada perhitungan balok ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan seperti pembebanan pada struktur, penulangan balok, dan menghitung lendutan pada balok [12]. Perhitungan tersebut diuraikan sebagai berikut:

3.3. Perhitungan Pembebanan

- a. Beban sendiri (MS)

Berat sendiri (*self weight*) yaitu berat bagian jembatan bagian struktural ditambah dengan bagian non struktural yang bersifat tetap.

Tabel 2. Perhitungan berat sendiri pada balok

| No | Jenis | L (m) | t (m) | Wc (kN/m ³) | Ms (kN/m) |
|----|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------|--------------|
| 1 | Pelat lantai (Ditinjau per 1 meter) | 1.7 | 0.20 | 25.00 | 5.00 |
| 2 | Girder | 0.35 | 0.65 | 25.00 | 5.69 |
| 3 | Diafragma | | | Qd = | 7.175 |
| | | | | Q_{MS} = | 17.86 |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

Momen yang terjadi pada berat sendiri balok yaitu:

$$M_{Ms} = \frac{1}{8} \cdot 17.86 \cdot 10,00^2$$

$$M_{Ms} = 223.25 \text{ kNm}$$

b. Beban mati tambahan (MA)

Berat seluruh bahan yang merupakan elemen non struktural seperti aspal dan genangan air [17]

Tabel 3. Perhitungan beban mati tambahan

| No | Beban Mati Tambahan | s (m) | t (m) | w (kN/m ³) | M (kNm) |
|----------------------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------|------------|
| 1 | Lapisan aspal + <i>overlay</i> | 1.7 | 0.10 | 22.00 | 3.74 |
| 2 | Air hujan | 1.7 | 0.05 | 9.80 | 0.83 |
| Beban mati tambahan: | | | | Q _{MA} = | 4.57 |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

Momen yang terjadi pada balok akibat beban mati tambahan dihitung sebagai berikut:

$$M_{MA} = \frac{1}{8} (4,57 \cdot 10,00^2)$$

$$M_{MA} = 57.16 \text{ kNm}$$

c. Beban lalu-lintas

• Beban lajur

$q = 9,0 \text{ kPa}$ untuk $L \leq 30 \text{ m}$

Beban lajur pada balok (Q_{TD}) : 15.30 kN/m

Beban terpusat pada balok (P_{TD}) : 104.72 kN

Gaya geser yang terjadi pada balok akibat beban lajur:

$$V_{TD} = \frac{1}{2} \cdot (15.30 \cdot 10,00 + 104.72)$$

$$V_{TD} = 128.86 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi pada balok

$$M_{TD} = \frac{1}{8} (15.30 \cdot 10^2) + \frac{1}{4} (104.72 \cdot 10)$$

$$M_{TD} = 453.05 \text{ kNm}$$

• Beban truk "T"

Beban hidup pada lantai Jembatan berupa beban roda ganda oleh truk sebesar (T) 112.5 kN, dengan Faktor Beban Dinamis (FBD) 40% = 0.40 [18].

Momen yang terjadi akibat beban truk pada balok sebagai berikut:

$$M_{TT} = 219.38 \cdot \frac{10.00}{2} - (236.25 \cdot 5.00)$$

$$M_{TT} = 393.75 \text{ kNm}$$

• Gaya rem (TB)

Dampak rem akibat kendaraan dihitung menjadi gaya untuk arah memanjang [19], beroperasi terhadap jarak 1.80 m di atas lantai jembatan. Adapun gaya rem diambil nilai 50 kN untuk bentang jembatan $L \leq 30$ meter. Momen yang terjadi pada balok akibat gaya rem:

$$M = 10.54 \cdot 2.33$$

$$M = 116.25 \text{ kNm}$$

$$M_{TB} = \frac{1}{2} \cdot 116.25$$

$$M_{TB} = 58.13 \text{ kNm}$$

d. Beban angin (EW)

Gaya geser akibat beban angin

$$V_{EW} = \frac{1}{2} \cdot 1,008 \cdot 10.00$$

$$V_{EW} = 5.040 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin

$$M_{EW} = \frac{1}{8} \cdot 1,008 \cdot 10.00^2$$

$$M_{EW} = 12.600 \text{ kNm}$$

e. Kombinasi beban ultimit

Kombinasi beban ultimit disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 4. Kombinasi momen ultimit pada balok

| KOMBINASI MOMEN ULTIMIT | | | Komb-1 | Komb-2 | Komb-3 | |
|-------------------------|--------------------------|--------------|---------|----------|----------|----------|
| No | Jenis Beban | Faktor beban | M (kNm) | Mu (kNm) | Mu (kNm) | Mu (kNm) |
| 1 | Berat sendiri (MS) | 1.80 | 183 | 330 | 330 | 330 |
| 2 | Beban mati tambahan (MA) | 2.00 | 57 | 114 | 114 | 114 |
| 3 | Beban lajur "D" (TD) | 2.00 | 453 | 906 | 906 | 906 |
| 4 | Gaya rem (TB) | 2.00 | 58 | 116 | 116 | |
| 5 | Beban angin (EW) | 1.20 | 13 | 15 | | |
| | | | | 1482 | 1467 | 1350 |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

Tabel 5. Kombinasi gaya geser ultimit pada balok

| KOMBINASI GAYA GESER ULTIMIT | | | Komb-1 | Komb-2 | Komb-3 | |
|------------------------------|--------------------------|--------------|--------|---------|---------|---------|
| No | Jenis Beban | Faktor beban | V (kN) | Mu (kN) | Mu (kN) | Mu (kN) |
| 1 | Berat sendiri (MS) | 1.80 | 73 | 132 | 132 | 132 |
| 2 | Beban mati tambahan (MA) | 2.00 | 23 | 46 | 46 | 46 |
| 3 | Beban lajur "D" (TD) | 2.00 | 196 | 391 | 391 | 391 |
| 4 | Gaya rem (TB) | 2.00 | 12 | 23 | 23 | |
| 5 | Beban angin (EW) | 1.20 | 5 | 6 | | |
| | | | | 598 | 592 | 569 |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

3.4. Penulangan balok

a. Tulangan lentur

$$R_n = 3.7$$

$$\rho_{pakai} = 0.012$$

$$A_{s_{perlu}} = 0.012 \cdot 1700 \cdot 750$$

$$A_{s_{perlu}} = 15300 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{350 - 4 \cdot 32 - 2 \cdot 35 \cdot 16}{4 - 1}$$

$$S = 40 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D32 – 40 mm

b. Tulangan geser

Luas tulangan geser yang diperlukan

$$V_u = 598.44 \text{ kN}$$

$$A_{sh} = 0.0015 \cdot 350 \cdot 700$$

$$A_{sh} = 367.5 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan perlu (Sperlu)

$$S_{perlu} = 265,5 \cdot 320 \cdot \frac{700}{612}$$

$$S_{perlu} = 97.2 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D13 – 97 mm

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = 367 / \left(\frac{\pi}{4 \cdot 13^2} \right)$$

$$n = 2.77$$

3.5. Lendutan Yang Terjadi Pada Balok

Lendutan atau Lentur adalah perubahan bentuk balok pada sumbu y karena gaya vertikal yang diberikan pada balok. Kontrol lendutan pada balok melalui syarat dimana $\delta_{\text{MAKS}} = \frac{10}{240} = 0.042 \text{ m}$

Tabel 6. Kontrol lendutan pada balok

| No | Jenis beban | Kombo 1 (m) | Kombo 2 (m) | Kombo 3 (m) |
|----|--------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| 1 | Berat sendiri (MS) | 0.0045 | 0.0045 | 0.0045 |
| 2 | Beban mati tambahan (MA) | 0.0014 | 0.0014 | 0.0014 |
| 3 | Beban lajur "D" (TD/TT) | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 4 | Gaya rem (TB) | 0.001 | 0.001 | |
| 5 | Beban angin (EW) | 0.0003 | | |
| | | 0.017 | 0.017 | 0.016 |
| | | Memenuhi Syarat | | |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

3.6. Kontrol Stabilitas Guling Abutment

a. Stabilita guling arah X

Angka aman pada guling (SF)

Momen penahan guling (ΣM_{PX}) : 5269.66 kNmMomen penyebab guling (ΣM_X) : 2033.0 kN

$$SF = \frac{5269.66}{2033.0}$$

$$SF = 2.59 > 2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Tabel 7. Stabilitas guling abutmen arah X

| No | Kombinasi Beban | P_{MS} (kN) | M_{MS} (kNm) | M_x (kNm) | M_{PX} (kNm) | SF | Keterangan |
|----|-----------------|------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------|------------|
| 1 | Kombinasi – 1 | 4067.62 | 388.516 | 2033.00 | 5269.66 | 2.59 | Aman |
| 2 | Kombinasi – 2 | 4067.62 | 388.516 | 2033.00 | 5269.66 | 2.59 | Aman |
| 3 | Kombinasi – 3 | 4067.62 | 388.516 | 2033.00 | 5269.66 | 2.59 | Aman |
| 4 | Kombinasi – 4 | 4067.62 | 388.516 | 2033.00 | 5269.66 | 2.59 | Aman |
| 5 | Kombinasi – 5 | 4067.62 | 388.516 | 2033.00 | -1633.27 | -3.23 | Fail |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

b. Stabilitas guling arah Y

Angka aman pada guling (SF)

Momen penahan guling (ΣM_{PY}) : 17269.14 kNmMomen yang mengakibatkan guling (ΣM_Y) : 14.42 kNm

$$SF = \frac{17269.14}{14.42}$$

$$SF = 119 > 2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Tabel 8. Stabilitas guling abutmen arah Y

| No | Kombinasi Beban | P_{MS} (kN) | M_{MSy} (kNm) | M_y (kNm) | M_{Py} (kNm) | SF | Keteranagn |
|----|-----------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------|-----|------------|
| 1 | Kombinasi – 1 | 5170.25 | 388.516 | 14.42 | 1729.14 | 119 | Aman |
| 2 | Kombinasi – 2 | 5170.25 | 388.516 | - | 1729.14 | - | - |
| 3 | Kombinasi – 3 | 5170.25 | 388.516 | 14.42 | 1729.14 | 119 | Aman |
| 4 | Kombinasi – 4 | 5170.25 | 388.516 | 14.42 | 1729.14 | 119 | Aman |
| 5 | Kombinasi – 5 | 5170.25 | 388.516 | 14.42 | 1729.14 | 119 | Aman |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

c. Stabilitas geser arah X

Gaya penahan geser (ΣH_P) : 27977.71 kNGaya horizontal yang bekerja (ΣT_X) : 4721.79 kN

$$SF = \frac{27977.71}{4721.79}$$

$$SF = 5.9 > 2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Stabilitas geser disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10

Tabel 9. Stabilitas geser abutmen arah X

| No | Kombinasi Beban | P (kN) | T _x (kNm) | H _p (kNm) | SF (kNm) | Keterangan |
|----|-----------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------|------------|
| 1 | Kombinasi – 1 | 5170.25 | 4721.79 | 27977.71 | 5.9 | Aman |
| 2 | Kombinasi – 2 | 5170.25 | 881.00 | 27977.71 | 31 | Aman |
| 3 | Kombinasi – 3 | 5170.25 | 4721.79 | 27977.71 | 5.9 | Aman |
| 4 | Kombinasi – 4 | 5170.25 | 4721.79 | 27977.71 | 5.9 | Aman |
| 5 | Kombinasi – 5 | 5170.25 | 631.00 | 27977.71 | 44 | Aman |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

d. Stabilitas geser arah Y

Gaya penahan geser (ΣH_p) : 27977.71 kNGaya horizontal yang bekerja (ΣT_x) : 16.61 kN

$$SF = \frac{27977,71}{16,61}$$

$$SF = 168 > 1.5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Tabel 10. Stabilitas geser abutmen arah Y

| No | Komb. Beban | P (kN) | T _x (kNm) | H _p (kNm) | SF (kNm) | Ket- |
|----|---------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------|------|
| 1 | Kombinasi – 1 | 5170.25 | 16.61 | 27977.72 | 168 | Aman |
| 2 | Kombinasi – 2 | 5170.25 | 0.00 | 27977.72 | - | - |
| 3 | Kombinasi – 3 | 5170.25 | 16.61 | 27977.72 | 168 | Aman |
| 4 | Kombinasi – 4 | 5170.25 | 16.61 | 27977.72 | 168 | Aman |
| 5 | Kombinasi – 5 | 5170.25 | 0.00 | 27977.72 | - | - |

(Sumber: Hasil analisa data, 2023)

3.7. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang diperhitungkan untuk memastikan ketahanan pada pondasi akibat beban yang diterima dari struktur atas, dengan memperhitungkan sebagai berikut:

a. Daya dukung ultimit (Q_u)

$$Q_u = 10,84 + 879.2$$

$$Q_u = 890.04$$

b. Daya dukung tiang grup (Q_{ga})

$$Q_{ga} = \frac{79.747.59}{2.5}$$

$$Q_{ga} = 31.899 \text{ ton}$$

Hasil yang didapatkan daya dukung tiang pancang sebesar 31.899ton dengan beban aksial yang diterima oleh pondasi sebesar 5272.2 ton. Pada proses pelaksanaan pemancangan tiang pancang harus mencapai tanah keras agar kuat [20]

4. KESIMPULAN

Momen ultimit balok (MU) direncanakan 116 kNm dengan gaya geser ultimit (VU) 598 kN. Tulangan lentur pada dinding sandaran menggunakan D16 – 130 mm, dan tulangan geser menggunakan D13 – 250 mm. Beban yang diterima balok dari momen ultimit 1.482 kNm, dan gaya geser ultimit 592 kN. Tulangan lentur pada pada balok D32 – 40 mm, dan tulangan geser D13 – 97 mm. Kontrol stabilitas guling abutmen pada arah X SF = 2,59 > 2, stabilitas guling arah Y SF = 119 > 2. Hasil dari kontrol stabilitas geser arah X SF = 5,9 > 1,5 dan stabilitas guling arah Y SF = 116 > 1,5. Hasil telah memenuhi syarat. Daya dukung tiang pancang yang dihasilkan sebesar 31.899 ton dengan beban aksial sebesar 5.272,2 ton, hasil tersebut telah memenuhi syarat daya dukung tiang pancang untuk menahan beban aksial struktur atas yang bekerja.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih diucapkan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Ucapan terimakasih juga kepada *Jurnal Techno UMP* telah memberikan kesempatan untuk karya tulis ini dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Yoshinta *et al.*, "Tinjauan Perencanaan Jembatan Musi IV STA 0 + 114,5 – 0 + 153 Kota Palembang," *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, vol. 13, no. 02, pp. 1–5, 2018.
- [2] D. Apriyanto and Siswoyo, "Perencanaan Girder Jembatan Beton Prategang Jl. Raya Sememi Benowo Surabaya Section 0-152," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, vol. 9, no. 1, pp. 35–40, 2021.
- [3] S. Alfariis and T. Rahayu, "Perencanaan Stuktur Atas Jembatan Komposit Desa Bojongloa Kec.Pagelaran Kab.Cianjur," *Jurnal Momen Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 57, 2021.
- [4] A. Nurdiana *et al.*, "Perencanaan Jembatan Sungai Galeh Kabupaten Temanggung Dengan Struktur Atas Balok-T Beton Bertulang," *Proyek Teknik Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 64–71, 2021.
- [5] A. Yunarko, "Perencanaan Ulang Jembatan Rangka Baja Pada Sungai Tamban Kuala Kapuas Menggunakan Rangka Tipe Pelengkung," in *skripsi*, Malang, 2021, p. 7.
- [6] S. Aditama, "Deskripsi Perencanaan Jembatan Beton Balok T Sako," *JPS*, vol. 3, no. 1, pp. 52–68, 2021.
- [7] P. Nurliyana *et al.*, "Perancangan Struktur Atas Jembatan Sei. Lukut Dengan Struktur Komposit (Pembebanan Berdasarkan Sni 1725:2016)," *Jurnal TeKLA*, vol. 4, no. 1, p. 26, 2022.
- [8] S. Adinata and S. Wafiroh, "Jembatan Beton Bertulang Balok T di Depan Masjid Agung Teluk Kuantan," *JPS*, vol. 2, no. 2, pp. 145–165, 2022.
- [9] Y. A. Harsoyo *et al.*, "Beban Maksimum, Tegangan, Lendutan dan Momen Curvatur Pada Variasi Jembatan Beton Balok T Dengan Menggunakan Software Response 2000," *Jurnal Konstruksia*, vol. 13, pp. 113–127, 2021.
- [10] R. L. Amhudo *et al.*, "Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Tipe Balok T Penghubung Jalan Kauman-Dayu," *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 28, no. 1, pp. 45–53, 2023.
- [11] D. K. Fitriyah, "Modifikasi Jembatan Mataraman II Malang Menggunakan Struktur Gelagar Beton Bertulang," *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, vol. 4, no. 1, pp. 13–18, 2019.
- [12] B. Budiarto *et al.*, "Perencanaan Balok T Konvensional Pada Super Struktur Jembatan (Conventional T Beam Design Study On Bridge Superstructure)," *Jurnal Aplikasi Teknik dan Sains (JATS)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [13] J. Mayendra *et al.*, "Evaluasi dan Desain Ulang Jembatan Beton Bertulang T-Girder Menggunakan SNI 1725-2016 (Studi Kasus: Jembatan Tj.Kapal-Batu Panjang Kec.Rupat)," *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, vol. 8, pp. 293–328, 2018.
- [14] S. V. Novita Br Ginting *et al.*, "Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Overpass Sei Semayang Sta. 0+350 Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Binjai," *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation (JCEBT)*, vol. 3, no. 1, p. 40, 2018.
- [15] M. Yasin *et al.*, "Analisis Abutment Jembatan SEI. Busuk Kabupaten Siak Sri Indrapura Provinsi Riau," *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 52–62, 2019.
- [16] A. Muhamad R and I. Puluhalawa, "Desain Jembatan T-Girder Pada Sungai Jalan Antara Menggunakan SNI-1725-2016," *Jurnal TeKLA*, vol. 1, no. 1, p. 27, 2019.
- [17] N. M. Fauzan, "PERANCANGAN JEMBATAN BETON BERTULANG T-GIRDER SUNGAI PINANG," *Jurnal TeKLA*, vol. 2, no. 1, p. 26, 2020, doi: 10.35314/tekla.v2i1.1434.
- [18] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan," *Badan Standardisasi Nasional*, pp. 1–67, 2016.
- [19] Indrawan, "Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Glagar Komposit STA 4 + 195 Pada Proyek Jalan Jalur Lintas Selatan (JLS) LOT 9 (Simpang Balekambang – Kedung Salam) Kabupaten Malang)," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 324–333, 2023.
- [20] Amris, A and Agus S., "Kajian Penyebab Jalan Ambles Pada Ruas Jalan Banjarparakan-Menganti Kabupaten Banyumas", *Jurnal Techno*, Vol 21 No 1, 2020.