

Tinjauan Daya Dukung Abutment pada Jembatan Gantung Pantai Ina Marina Maluku Tengah

Reveiw of the Abutment Bearing Capacity on the Ina Marina Suspension Bridge, Central Maluku

Selvi Christin Pormes

Politeknik Negeri Ambon, Indonesia
Email: selvipormes0511@gmail.com

Pieter Lourens Frans

Politeknik Negeri Ambon, Indonesia
Email: pieter.lourens@gmail.com

Hendrie Tahya

Politeknik Negeri Ambon, Indonesia
Email: hendrie.tahya@gmail.com

Article Info

Received : 12 Mei 2025
Revised : 15 Mei 2025
Accepted : 21 Mei 2025
Published : 30 Juni 2025

Keywords: Bridge bearing capacity, bridge structure, BMS Method

Kata kunci: Daya Dukung Abutment, Struktur Jembatan, Metode BMS

Abstract

The suspension bridge located at Ina Marina Beach, Central Maluku, serves as a connector between two artificial islands with a total length of 52 meters. This bridge lacks a reinforcement design in the working drawings, and the superstructure has experienced settlement due to weaknesses in the foundation structure. This study aims to calculate the bearing capacity of the abutment under the applied loads and to design an appropriate reinforcement system. The calculation method used includes the Bridge Management System (BMS) and ultimate strength analysis, while the reinforcement design refers to the Indonesian National Standard (SNI) 03-2847-2002. The analysis results show that the bearing capacity of the abutment is influenced by a dead load of 5 tons, a live load of 3.92 tons, and a frictional load of 693.41 tons, with horizontal forces of 58.21 tons (Pa1) and 127 tons (Pa2). The ultimate bearing capacity (Qult) is 127.3 tons/m², while the allowable bearing capacity (Qall) is 42.43 tons/m². Based on these calculations, reinforcement planning was carried out for structural elements such as the bearing slab, tread slab, and cantilever, with adjusted reinforcement specifications to ensure the stability and safety of the bridge structure.

Abstrak

Jembatan gantung yang terletak di Pantai Ina Marina, Maluku Tengah, merupakan penghubung antara dua pulau buatan dengan panjang mencapai 52 meter. Jembatan ini tidak dilengkapi dengan desain penulangan pada gambar kerja, dan struktur atas jembatan mengalami penurunan yang disebabkan oleh kelemahan pada struktur

pondasinya. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung abutment terhadap beban yang bekerja di atasnya serta merencanakan desain sistem penulangan yang tepat. Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah Bridge Management System (BMS) dan analisis kekuatan batas, sedangkan perencanaan penulangan mengacu pada SNI 03-2847-2002. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung abutment terhadap beban terdiri atas beban mati sebesar 5 ton, beban hidup sebesar 3,92 ton, dan beban gesekan sebesar 693,41 ton, dengan gaya horizontal yang bekerja masing-masing sebesar 58,21 ton (Pa1) dan 127 ton (Pa2). Daya dukung ultimit (Qult) diperoleh sebesar 127,3 ton/m², sedangkan daya dukung izin (Qall) sebesar 42,43 ton/m². Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dilakukan perencanaan penulangan pada elemen-elemen struktural seperti pelat sandung, pelat injak, dan konsol, dengan spesifikasi tulangan yang disesuaikan untuk memastikan kestabilan dan keamanan struktur jembatan.

How to cite: Selvi Christin Pormes, Pieter Lourens Frans, Hendrie Tahya. "Tinjauan Daya Dukung Abutment Pada Jembatan Gantung Pantai Ina Marina Maluku Tengah", LITERA: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, Vol. 2, No. 3 (2025): 245-244. <https://litera-academica.com/ojs/litera/index>.

Copyright: ©2025, Selvi Christin Pormes, Pieter Lourens Frans, Hendrie Tahya



This work is licensed under a Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Dalam proyek revitalisasi Pantai Ina Marina, Maluku Tengah, dibangun sebuah jembatan gantung yang menghubungkan dua pulau buatan dengan bentang sepanjang 52,00 meter dan lebar 2,00 meter. Pondasi jembatan ini menggunakan sistem tiang pancang. Pada tanggal 18 Januari 2023, Dinas PUPR Maluku Tengah menutup sementara akses menuju jembatan gantung tersebut karena tingginya beban hidup yang melintas di atasnya, yang dikhawatirkan dapat membahayakan keselamatan pengguna dan merusak struktur jembatan.

Menurut Prasetyo dan Sandika Tri (2020), dalam menentukan daya dukung bangunan bawah, perlu dilakukan kajian terhadap kondisi lapangan agar kestabilan konstruksi dapat tercapai secara optimal. Selain itu, dalam proses perencanaan, diperlukan pula desain abutmen yang kuat untuk menahan tekanan dari beban atas serta tekanan tanah di belakang abutmen sebagai bagian dari sistem perkuatan. Mereka juga menyebutkan bahwa beban-beban yang bekerja pada abutmen harus mengacu pada SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016. Adapun metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung bangunan bawah dalam penelitian ini adalah metode *Bridge Management System* (BMS).

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau daya dukung abutmen pada jembatan gantung Pantai Ina Marina, Maluku Tengah, guna mengetahui sejauh mana abutmen mampu menahan beban dari struktur atas jembatan yang telah direncanakan. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kesimpulan mengenai kelayakan operasional struktur bawah jembatan Ina Marina.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Jembatan Gantung Ina Marina, Namaelo, Kecamatan Kota Masohi, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Penelitian menggunakan dua jenis data, yaitu data survei lapangan yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian, serta data kepustakaan yang diperoleh dari sumber-sumber yang telah ada, seperti buku, jurnal, dan referensi lainnya. Penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif yang mencakup perhitungan daya dukung abutmen dan perencanaan penulangan abutmen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Beban Jembatan

a. Berat Sendiri (MS)

Tabel 1. Perhitungan Berat Sendiri Plat Lantai

No	Jenis beban	Tebal (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m)
1	Lantai jembatan	0,2	25,00	1,0
			QMS =	5,00

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Tabel 2. Perhitungan Berat Mati Tambahan Plat Lantai

No	Jenis beban	Tebal (m)	Berat (N/m ³)	Beban (kN/m)
1	Genangan Air	0,2	9,80	2.00
			QMA =	3,92

c. Beban Angin (EW)

Faktor beban :

Layan = 1.0

KSEW

UltimitKUE = 1.2

W

Koefisien seret, $C_w = 1.2$

Tabel 4.3 Faktor Beban dan Kecepatan Angin

Keterangan	Notas	Layan	Ultimit	Satuan
Faktor beban	i	1.00	1.20	n
Kecepatan angin untuk lokasi > 5 km dari pantai	KEW VEW	30	40	m/det t

Sumber : SNI 1725 : 2016

Beban garis pada lantai akibat angin dihitung menggunakan rumus :

$$TEW = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{ew} = 0.5 \cdot h \cdot TEW$$

Beban angin (TEW)

Layan :

$$VE = 30 \text{ m/det}$$

W

$$TE = 0.0012 \times 1.2 \times (30 \text{ m/det})^2$$

W

$$= 1.296 \text{ kN/m}^2$$

$$PE = 0.5 \cdot 2 / 1.75 \times 1.296$$

W

$$= 0.740 \text{ kN/m}$$

Ultimit :

$$VE = 40 \text{ m/det}$$

W

$$TE = 0.0012 \times 1.2 \times (40 \text{ m/det})^2$$

W

$$= 2.304 \text{ kN/m}^2$$

$$PE = 0.5 \cdot 2 / 1.75 \times 2.304$$

W

$$= 1.316 \text{ kN/m}$$

e. Pengaruh Temperatur (ET)

Faktor beban :

$$\text{Layan} = 1.0$$

KSMS

$$\text{Ultimit} = 1.2$$

KUMS

Temperatur rata-rata minimum :

$$T_{\min} = 15^\circ\text{C}$$

Temperatur rata-rata maksimum :

$$T_{\max} = 40^\circ\text{C}$$

Selisih temperatur :

$$\begin{aligned} \Delta T &= (T_{\max} - T_{\min}) / 2 \\ &= (40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) / 2 \\ &= 12^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisa Beban Slab Lantai

Analisa Beban	Hasil Perhitungan
Berat sendiri (Q_{MS})	: 5.00 kN/m
Beban mati tambahan (Q_{MA})	: 3.92 kN/m
Beban angin (P_{EW})	
- Layan	: 0.740 kN/m
- Ultimit	: 1.316 kN/m

 Akibat temperature (ΔT) : 12.5°C

Momen Pada Lantai Jembatan**a. Akibat Berat Sendiri (QMS)**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} & \quad QMS = 5.00 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Jarak antar balok prategang} & \quad S = 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan maksimum} \quad MMST &= 1/12 \times QMS \times S^2 \\ &= 1/12 \times 5.00 \times 1.85^2 \\ &= 1.420337 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan maksimum} \quad MMSL &= 1/24 \times QMS \times S^2 \\ &= 1/24 \times 5.00 \times 1.85^2 \\ &= 0.7130208 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Akibat Beban Mati Tambahan (QMA)

$$\begin{aligned} \text{Beban mati tambahan} & \quad QMA = 3.92 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Jarak antar balok prategang} & \quad S = 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan maksimum} \quad MMAT &= 5/48 \times QMA \times S^2 \\ &= 5/48 \times 3.92 \times 1.85^2 \\ &= 1.397520 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan maksimum} \quad MMAL &= 5/96 \times QMA \times S^2 \\ &= 5/96 \times 3.92 \times 1.85^2 \\ &= 0.698760 \text{ kNm} \end{aligned}$$

c. Akibat Beban Angin (PEW)

$$\begin{aligned} \text{Beban kondisi layan,} & \quad PEW = 0.750 \text{ Kn} \\ & \quad S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban kondisi ultimit,} & \quad PEW = 1.405 \text{ Kn} \\ & \quad U \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Balok Prategang} & \quad S = 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

Kondisi layan :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan maksimum,} & \quad MEWTS = 5/32 \times PEWS \times S \\ &= 5/32 \times 0.750 \times 1.85 \\ &= 0.213906 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan maksimum,} & \quad MEWLS = 9/64 \times PEWS \times S \\ &= 9/64 \times 0.750 \times 1.85 \\ &= 0.195117 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kondisi Ultimit :

$$\begin{aligned} \text{Mometumpuan} & & \text{MEWT} & = 5/32 \times \text{PEWU} \times S \\ \text{maksimum,} & & U & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = 5/32 \times 1.405 \times 1.85 \\ & = 0.406132 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mome} & & \text{MEWL} & = 9/64 \times \text{PEWU} \times S \\ \text{lapanganmaksimum,} & & U & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = 9/64 \times 1.405 \times 1.85 \\ & = 0.365519 \text{ kNm} \end{aligned}$$

e. Akibat Pengaruh Temperatur (ET)

$$\begin{aligned} \text{Beban pengaruh} & \Delta T = 12.^{\circ}\text{C} \\ \text{temperatur} & E_c = 21019.038 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastik,} & \\ \text{Koefisien muai,} & A = 1 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{Cs} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal lantai,} \quad H = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Inertia lantai} \quad I = 1/12 \times b \times h^3$$

beton :

$$\begin{aligned} & = 1/12 \times (1000 \text{ mm}) \times (200 \text{ mm})^3 \\ & = 666666666.7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan} & \text{MET} & = 1/4 \times \Delta T \times \alpha \times E_c I / h \\ \text{maksimum} & T & \\ & & = 1/4 \times 12 \times 10^{-5} \times 21019.038 \times 666666666.7 / 200 \\ & & = 2.101 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan} & \text{MET} & = 7/8 \times \Delta T \times \alpha \times E_c I / h \\ \text{maksimum} & L & \\ & & = 7/8 \times 12.5 \times 10^{-5} \times 21019.038 \times 666666666.7 / 200 \\ & & = 7.356 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kombinasi Momen

Tabel 4. Kombinasi Momen

No	Jenis beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan ultimit	Mlapangan (kNm)	Mtumpuan (kNm)
1	Berat sendiri	KMS	1.00	1.30	0.713020	1.420337
2	Beban mati tambahan	KMA	1.00	2.00	0.698760	1.397520

3	Pengaruh temperature	KET	1.00	1.20	7.356633	2.101903
5.a	Beban angin	KEW	1.00		0.195117	0.213906
5.b	Beban angin	KEW		1.20	0.365519	0.406132

a. Kombinasi - 1 Momen Lapangan

Tabel 5. Kombinasi - 1 Momen Lapangan

No	Jenis beban	Faktor beban		Mlapangan (kNm) C	Kondisi layangan MSlapangan (kNm) A x C	Kondisi ultimit MUltapangan (kNm) B x C
		Layan A	Ultimit B			
1	Berat sendiri	1.00	1.30	0.713020	0.713020	0.926926
2	Beban mati tambahan	1.00	2.00	0.698760	0.698760	1.397520
4	Pengaruh temperature	1.00	1.20	7.356633	7.356633	8.827959
5.a	Beban angin	1.00		0.195117		
5.b	Beban angin		1.20	0.365519		
Total Momen :					8.768413	11.152405

b. Kombinasi - 1 Momen Tumpuan

Tabel 6. Kombinasi - 1 Momen Tumpuan

No	Jenis beban	Faktor beban		Mtumpuan (kNm) C	Kondisi layangan MStumpuan (kNm) A x C	Kondisi ultimit MUtumpuan (kNm) B x C
		Layan A	Ultimit B			
1	Berat sendiri	1.00	1.30	1.420337	1.420337	1.846438
2	Beban mati tambahan	1.00	2.00	1.397520	1.397520	2.795040
4	Pengaruh temperature	1.00	1.20	2.101903	2.101930	2.522316
5.a	Beban angin	1.00		0.213906		
5.b	Beban angin		1.20	0.406132		
Total Momen :					4.919787	7.163794

c. Kombinasi – 2 Momen Lapangan

Tabel 7. Kombinasi – 2 Momen Lapangan

No	Jenis beban	Faktor beban		Mlapang an (kNm) C	Kondisi layan MSlapang an (kNm) A x C	Kondisi ultimit MUlapang an (kNm) B x C
		Layan A	Ultimit B			
1	Berat sendiri	1.00	1.30	0.713020	0.713020	0.926926
2	Beban mati tambahan	1.00	2.00	0.698760	0.698760	1.397520
3	Pengaruh temperature	1.00	1.20	7.356633	7.356633	
5.a	Beban angin	1.00		0.195117		
5.b	Beban angin		1.20	0.365519		
Total Momen :					8.768413	2.324446

d. Kombinasi – 2 Momen Tumpuan

Tabel 8. Kombinasi – 2 Momen Tumpuan

No	Jenis beban	Faktor beban		Mtumpu an (kNm) C	Kondisi layan MStumpu an (kNm) A x C	Kondisi ultimit MUtumpu an (kNm) B x C
		Layan A	Ultimit B			
1	Berat sendiri	1.00	1.30	1.420337	1.420337	1.846438
2	Beban mati tambahan	1.00	2.00	0.959013	1.397520	2.522316
3	Pengaruh temperature	1.00	1.20	2.681558	2.1001930	
5.a	Beban angin	1.00		0.213906		
5.b	Beban angin		1.20	0.291375		
Total Momen :					4.919787	4.369754

Analisa Beban Abutment dan Perencanaan Abutment

1. Perencanaan Abutment dan Pembebanan Bangunan Atas .

a. Beban Mati

- Lantai Kendaraan = $0,2 \times 12,1 \times 52,00 \times 2,5$ = 314,6
- Air hujan = $0,05 \times 12,1 \times 52,00 \times 1,0$ = 30,25 ton
- Sandaran beton = $2 \times 0,1 \times 0,30 \times 52,00 \times 2,5$ = 7,8 ton
- Gelagar Utama = $7 \times 0,30 \times 0,55 \times 52,00 \times 2,5$ = 150,15 ton

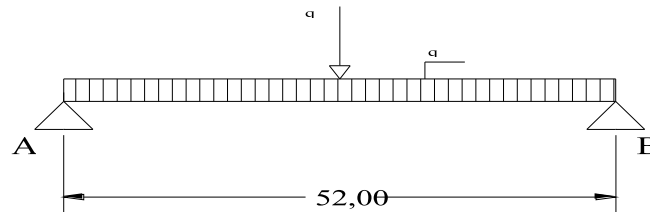
$$\text{-Beban tak terduga} = \frac{=5 \text{ ton}}{P \text{ total} = 502,8 \text{ ton}}$$

$$R_{vd} = 502,82 = 251,4 \text{ ton}$$

b. Beban Hidup

Beban Hidup terbagi rata (UDL) Menurut ketentuan SNI 1725-2016 ps.8.3.1 untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \text{ kPa}$

Pembebanan UDL



Gambar 1. Pembebanan akibat UDL

Muatan Hidup $P_L = 10 \text{ ton}$, $L = 52,00 \text{ m}$

lebar jalur lalu lintas = 2 m

$$R_{qL} = q \times L = 22,75 \times 2 = 1,45 \text{ ton}$$

$$R_{PL} = P \times L = 2,252,75 \times 1,32 \times 2 = 2,16 \text{ ton}$$

Koefisien kejut $= 1 + 2050/L$

$$= 1 + 2050/2,16$$

$$= 3,56 \text{ ton}$$

c. Gaya akibat rem dan traksi

Gaya akibat rem dan traksi diperhitungkan 3% dari beban D tanpa koefisien dengan titik tangkap lantai kendaraan.

$$\text{Traksi } R_{rt} = 5\% \times (R_{PL} + R_{qL}) = 5\% \times (2,16 + 1,45) = 0,09025 \sim 1 \text{ ton}$$

e. Gaya gesek pada tumpuan bergerak

G_g = koefisien gesek R_{vd}

harga koefisien gerak diambil 0,25 dari PPPGJR pasal 2.6.2

$$= 0,25 \times 53,14 = 13,28 \text{ ton}$$

Tekanan Tanah

a. Sudut geser dalam $\phi = 20^\circ$

b. Kohesi $C = 10 \text{ Kg/cm}$

c. Berat isi tanah $\gamma = 1,6 \text{ t/m}^3$

d. Kedalaman tanah $h = 6 \text{ m}$

Hitungan Koefisien tekanan tanah

$$K_a \text{ (Koefisien tanah Aktif)} = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$= \tan^2 (35)$$

$$= 0,49 \text{ ton}$$

$$K_p \text{ (Koefisien tanah pasif)} = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$= \tan^2 (55)$$

$$= 2,04 \text{ ton}$$

1. Tekanan tanah aktif (Pa)

$$Pa1 = Kaxqxh1xb$$

$$= 0,49 \times 2,2 \times 6 \times 9$$

$$= 58,21 \text{ ton}$$

$$Pa2 = 1/2 \times Ka \times \gamma \times h^2 \times b$$

$$= 1/2 \times 0,49 \times 1,6 \times 6^2 \times 9$$

$$= 127 \text{ ton}$$

2. Tekanan tanah pasif (Pp)

$$Pp = 12 \times Kp \times \gamma \times h_2^2 \times b$$

$$= 12 \times 2,04 \times 1,16 \times 1,85^2 \times 9$$

$$= 12 \times 100,535$$

$$= 50,26 \text{ ton}$$

Hitungan Daya Dukung Tanah Pondasi

$$\text{Berat isi tanah, } \gamma = 1,6 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Sudut geser dalam } \phi = 20$$

Data tanah : pada lapisan 3 dengan $\phi = 20^\circ$ akan di dapat :

$$\phi = \arctan(\tan \phi) \text{ SNI 03-334-1998, hal 8-9}$$

$$= \arctan 0,2547$$

$$= 14,29^\circ$$

$$\text{Daya dukung } N_c = 17,7; N_q = 7,4; N_\gamma = 5,0$$

data pondasi:

$$\text{Kedalaman pondasi } D = 1,93 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pondasi } B = 12 \text{ m}$$

$$C = 1,6 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 3,1 \times 17,7 + 1,93 \times 7,4 + 0,5 \times 12,1 \times 1,9236 \times 5,0$$

$$= 54,87 + 14,28 + 58,18$$

$$= 127,3 \text{ t/m}$$

$$Q_{all} = Q_{ult} / SF = 127,33 = 42,43 \text{ t/m}^2$$

3.2. Perhitungan Penulangan Abutment

Penulangan plat sandung

Bahan yang digunakan :

$$\text{- Beton } f'_c = 20 \text{ MPa, } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{- Baja } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\rho_{bln} = 0,85 \times \beta_1 \times f_{cy} / (600600 + f_y)$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 20420 / (600600 + 420) = 0,02$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bln} = 0,75 \times 0,02 = 0,015$$

$$\rho_{min} = 1,4 f_y / (f_y \times 1,4 f_y) = 1,4420 / (1,4420 \times 1,4420) = 0,0033$$

$$m = f_y / (0,85 \times f_y) = 4200,85 / 420 = 16,47$$

Kombinasi Momen

$$MA_3 = 0,9 (D + E) = 0,9 (0 + 2,703) = 3,34 \text{ t/m}$$

$$MB3 = 0,9 (D+E) = 0,9 \times (0,469 + 2,703) = 1,14 \text{ t/m}$$

Penulangan bagian atas

$$M_u = 3,347 \text{ tm} = 3,347 \cdot 10^7$$

$$b = 1000; h_t = 160 \text{ mm}; P = 50 \text{ mm}$$

$$d = h_t - p - 1/2 \phi = 160 - 50 - 1/2 \times 16 = 102 \text{ mm}$$

$$M_n = M_u \phi = 2,847 \cdot 10^7 / 0,8 = 3558 \cdot 10^7 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2 = 2,847 \cdot 10^7 / 1000 \times 102 = 0,0273$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1/m \cdot 1 - 1 - 2 \cdot m \cdot R_n / f_y$$

$$= 116,47 / 1 - 1 - 2 \cdot 16,47 \cdot 0,0438420$$

$$= 0,00010 < 0,00333 \text{ (rasio minimum)}$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,00333 \times 1000 \times 102 = 339,66 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan pokok $\phi 16-150 = 1340,4 \text{ mm} > A_s \text{ perlu}$

$$A_s \text{ bagi} = 20\% \cdot A_s \text{ pokok} = 20\% \times 1000 = 200 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan $\phi 13-200 = 663,7 > A_s \text{ perlu (OK)}$

Penulangan bagian bawah

$$M_u = 3,769 \text{ tm} = 3,769 \cdot 10^7$$

$$b = 1000; h_t = 250 \text{ mm}; P = 50 \text{ mm}$$

$$d = h_t - p - 1/2 \phi = 250 - 50 - 1/2 \times 16,47 = 191 \text{ mm}$$

$$M_n = M_u \phi = 3,769 \cdot 10^7 / 0,8 = 4,711 \cdot 10^7 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2 = 3,769 \cdot 10^7 / 1000 \times 102 = 0,9230$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1/m \cdot 1 - 1 - 2 \cdot m \cdot R_n / f_y$$

$$= 116,47 / 1 - 1 - 2 \cdot 16,47 \cdot 0,0273420$$

$$= 0,00060 < 0,00333 \text{ (rasio minimum)}$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,00333 \times 1000 \times 102 = 339,66 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan pokok $\phi 16-150 = 1340,4 \text{ mm} > A_s \text{ perlu}$

$$A_s \text{ bagi} = 20\% \cdot A_s \text{ pokok} = 20\% \times 1340,4 = 268,08 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan $\phi 13-200 = 670,2 > A_s \text{ perlu}$

Penulangan Plat Injak

Beban yang bekerja pada plat injak seperti yang terlihat pada gambar :

1. Pembebanan

a. Beban Mati

$$\text{- Beban aspal beton} = 0,5 \times 2,5 \times 2,5 = 3,15 \text{ t/m}$$

$$\text{- Beban Tanah} = 1,7088 \times 0,4 \times 2,5 = 1,7088 \text{ t/m}$$

$$\text{- Beban air hujan} = 0,05 \times 0,5 \times 1,0 = 0,025 \text{ t/m}$$

$$q = 4,95 \text{ t/m}$$

b. Beban Hidup

- Beban roda truck 15

$$M_{d1} = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 3,64 \times 4^2 = 7,28 \text{ tm}$$

$$M_{l1} = 1/4 \times P \times L = 1/4 \times 15 \times 4 = 15 \text{ tm}$$

$$M_u = 1/4 \times M_{d1} + 1,6 \times M_{l1} = 1,2 \times 7,28 + 1,6 \times 11,25 = 26,736 \text{ tm}$$

$$b = 1000; h_t = 150 \text{ mm}; P = 50 \text{ mm}$$

$$d = ht - p - 1/2\phi = 150 - 50 - 1/2 \times 25 = 87,5 \text{ mm}$$

$$M_n = M_u \phi = 26,7360,8 = 33,42 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2 = 3,42 \cdot 10^7 / 1000 \times 87,5^2 = 1,959$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1/m \cdot 1 - 1 - 2 \cdot m \cdot R_n / f_y \\ &= 116,47 / 1 - 1 - 2 \times 16,47 \times 1,959 / 420 \\ &= 0,0485 > \rho_{\text{min}} 0,00446 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0046 \times 1000 \times 87,5 = 40,33 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan pokok $\phi 16 - 250 = 804,248 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$

$$A_s \text{ bagi} = 20\% \cdot A_s \text{ pokok} = 20\% \times 804,248 = 160,84 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan $\phi 14 - 200 = 769,69 \text{ mm}^2 > A_s \text{ bagi (OK)}$

4.3 Penulangan Konsol

Tabel 9. Hitungan Momen Konsol

Gaya	Beban (ton)	Lengan terhadap O (mm)	Momen terhadap O (tm)
R	Beban roda = 10	0,25	2,5 $\Sigma ML = 2,5$
I	$0,25 \times 0,2 \times 1 \times 2,5 = 0,125$	0,357	0,0469
P1	$0,25 \times 0,65 \times 0,25 = 0,040$	0,125	0,0469
P2	$0,25 \times 1,3 \times 2,5 = 0,812$	0,225	0,2813
P3	$0,50 \times 0,95 \times 2,5 = 1,187$	0,35	0,3781
P4	$0,50 \times 0,45 \times 2,5 = 0,562$	0,25	0,0938
P5	$1/2 \times 0,42 \times 2,5 \times 0,5 = 0,262$	0,160	0,0437 $\Sigma MD = 0,8925$

Sumber: Hasil hitungan momen yang bekerja pada konsol

$$M_u = 1,2 \times MD + 1,6 \times ML = 1,2 \times 0,8925 + 1,6 \times 2,5 = 5,071 \text{ tm}$$

$$b = 1000; ht = 650 \text{ mm}; P = 50 \text{ mm}$$

$$d = ht - p - 1/2\phi = 650 - 50 - 1/2 \times 25 = 587,5 \text{ mm}$$

$$M_n = M_u \phi = 5,0710,8 = 6,338 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2 = 6,338 / 1000 \times 587,5^2 = 2,1838$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 1/m \cdot 1 - 1 - 2 \cdot m \cdot R_n / f_y \\ &= 116,47 / 1 - 1 - 2 \times 16,47 \times 2,1838 / 420 \\ &= 0,00544 > \rho_{\text{min}} 0,00446 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0046 \times 1000 \times 587,5 = 2630,25 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan pokok $\phi 25 - 165 = 2945,244 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$

$$A_s \text{ bagi} = 20\% \cdot A_s \text{ pokok} = 20\% \times 2945,244 = 589,05 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan $\phi 12 - 165 = 685,4 \text{ mm}^2 > A_s \text{ bagi (OK)}$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan pembebanan menggunakan SNI 1725:2016 sebagaimana hasil pembahasan Bab IV, maka diperoleh hasil:

1. Analisa pembebanan yang diperhitungkan yang didapat beban-beban yang bekerja:

- a. Beban mati = 5 ton
- b. Beban hidup = 3,92 ton
- c. Beban gesekan = 693,41 ton

Tekanan tanah aktif (Pa)

- a. Pa1 = 58,21 ton
- b. Pa2 = 127 ton

2. Daya dukung tanah dasar pondasi

$$Q_{ult} = 127,3 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{all} = 42,43 \text{ t/m}^2$$

3. Penulangan

Pelat sandung

Tulangan pokok bagian atas - $\varnothing$ 13-150 mm

Tulangan bagi bagian atas - $\varnothing$ 13-300 mm

Tulangan pokok bagian bawah - $\varnothing$ 25-150 mm

Tulangan bagi bagian bawah - $\varnothing$ 16-160 mm

Plat injak

Tulangan Pokok = $\varnothing$ 16-250 mm

Tulangan bagi = $\varnothing$ 14-200 mm

Konsol

Tulangan Pokok = $\varnothing$ 25-165 mm

Tulangan Bagi = $\varnothing$ 12-165 mm

4.1.. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka untuk mengerjakan struktur bagian bawah (abutment) suatu jembatan harus diperhatikan hasil perencanaan yang diperoleh sehingga struktur abutment tetap aman, terjamin, dan mampu memikul beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan bawah jembatan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013: Struktur beton untuk jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016: Pembebanan untuk jembatan*. Jakarta: BSN.
- Hartanto, T., & Kurniawan, A. M. (2018). Perhitungan struktur dan volume bangunan abutment jembatan beton (Studi kasus jembatan beton bertulang di Desa Jolosutro, Blitar). *Jurnal Qua Teknika*.

- Prasetyo, & Tri, S. (2020). *Perencanaan struktur bawah (abutment) pada pembangunan Jembatan Petak, Kabupaten Nganjuk*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Santoso, F. (2009). *Tinjauan bangunan bawah (abutmen) Jembatan Karang, Kecamatan Karangpandan, Kabupaten Karanganyar*.
- Sultiyono, & Almira. (2016). *Peninjauan kembali perhitungan struktur Jembatan Interchange Ramp 1 proyek Tol Depok-Antasari (Simpan Susun Antasari STA. 0+335.802 s.d. -0+052.148)*. Perpustakaan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Vis, W. C., & Gideon, K. (1993). *Dasar-dasar perencanaan beton bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Wicaksono, A. A. (2017). *Tinjauan ulang daya dukung struktur bawah dan anggaran biaya pada pondasi dan abutment Jembatan Kali Kendeng Proyek Tol Salatiga-Kartasura*. Universitas Diponegoro, Semarang.