

Desain Balok yang Menopang Beban Jembatan dan Meneruskan ke Struktur Bawah Jembatan Wai Ela pada Ruas Jalan Desa Mamala Kabupaten Maluku Tengah

Jukirman Samal¹, Ir. Godfried Lewakabessy², Vector R.R. Hutubessy³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Ambon, Indonesia

Received : 20 November 2025, Revised : 24 November 2025, Published : 1 Desember 2025

Corresponding Author

Nama Penulis: Jukirman Samal

E-mail: jukimnsamal@gmail.com

Abstrak

Jembatan Wai Ela yang berada di jalan Desa Mamala, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku merupakan akses utama transportasi menuju jalan provinsi maupun penghubung vital bagi masyarakat di daerah sekitarnya. Jembatan tersebut mengalami kerusakan parah yang dapat membahayakan keselamatan pengguna karena sebelumnya jembatan hanya menggunakan kayu untuk landasan. Pemerintah Kabupaten Maluku Tengah selaku pemilik wilayah administratif tidak ada tanggapan terkait perbaikan jembatan Wai Ela sejak awal kerusakan yang telah berlangsung lama sehingga Pemerintah Provinsi Maluku mengalokasikan dana untuk perbaikan jembatan yang dianggarkan di tahun 2025 dengan total anggaran sebesar Rp 400.000.000. Paket pekerjaan tersebut dirancang untuk perbaikan lantai jembatan yang menggunakan konstruksi beton bertulang dengan panjang jembatan 50 meter. Tujuan Penelitian ini untuk mendapatkan desain jembatan dan perencanaan yang efisien dan hasil yang optimal dengan cara observasi yang dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian.. Penelitian ini menggunakan metode SNI 1725:2016 untuk menghitung gelagar jembatan dan di desain menggunakan aplikasi autocad dengan hasil perencanaan gelagar jembatan diperoleh dimensi gelagar sebagai berikut $h_1 = 200$, $d=1060$, $b_1=450$, $h=1150\text{mm}$, $d_1=90\text{mm}$, dengan tulangan yang di gunakan yaitu $\Phi 12 - 150\text{ mm}$ untuk tulangan geser dan $5\Phi 30$ untuk tulangan lentur.

Kata kunci – desain balok, gelagar, struktur bawah jembatan

Abstract

The Wai Ela Bridge, located on the road in Mamala Village, Central Maluku Regency, Maluku Province, is the main transportation access to the provincial road and a vital link for the community in the surrounding area. The bridge has suffered severe damage that can endanger the safety of users because the bridge previously only used wood for the runway. The Central Maluku Regency Government as the administrative area owner has not responded regarding the repair of the Wai Ela Bridge since the beginning of the long-standing damage, so the Maluku Provincial Government allocated funds for bridge repairs budgeted in 2025 with a total budget of IDR 400,000,000. The work package is designed to repair the bridge floor using reinforced concrete construction with a bridge length of 50 meters. The purpose of this study is to obtain efficient bridge design and planning and optimal results by means of direct observation at the research location. This study uses the SNI 1725: 2016 method to calculate bridge girders and is designed using the AutoCAD application with the results of the girder planning on the bridge obtained the following girder dimensions $h_1 = 200$, $d = 1060$, $b_1 = 450$, $h = 1150\text{mm}$, $d_1 = 90\text{mm}$, with the reinforcement used being $\Phi 12 - 150\text{ mm}$ for shear reinforcement and $5\Phi 30$ for flexural reinforcement.

Keywords – beam design, girders, substructure bridges

How to Cite : Samal, J., Lewakabessy, I. G., & Hutubessy, V. R. R. (2025). *Desain Balok yang Menopang Beban Jembatan dan Meneruskan ke Struktur Bawah Jembatan Wai Ela pada Ruas Jalan Desa Mamala Kabupaten Maluku Tengah*. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 2(7), 1083–1095. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i6.633>
Copyright ©2025 Jukirman Samal, Ir. Godfried Lewakabessy, Vector R.R. Hutubessy

PENDAHULUAN

Konstruksi jembatan adalah suatu konstruksi bangunan pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan suatu tempat ke tempat lain, yang dapat dilintasi oleh suatu benda bergerak misalnya suatu lintasan yang terputus akibat suatu rintangan atau sebab lain, dengan cara melompati rintangan tersebut tanpa menimbun/menutupi rintangan itu dan apabila jembatan terputus maka lalu lintas akan terhenti. Dengan mengumpulkan data dan informasi pada lokasi di Jembatan Wai Ela, Desa Mamala, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi. Maksud perencanaan antara lain untuk menentukan fungsi struktur secara tepat, dan bentuk yang sesuai, efisien serta mempunyai fungsi estetika. serta memperhitungkan semua parameter sehingga kapasitas struktur dan biaya pembangunan menjadi seimbang. Selain itu juga harus mempertimbangkan keselamatan dan penggunaan jembatan sesuai dengan umur rencana.

Gelagar jembatan adalah salah satu bagian struktur yang sangat penting pada jembatan pada kapasitas batasnya. Analisis sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi jembatan yang mengalami kerusakan dan penyebab apa saja yang berpotensi merusak kondisi kayu pada lantai jembatan tersebut dengan melakukan survei langsung ke lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi eksisting jembatan Wai Ela agar dapat dilakukan desain gelagar jembatan berdasarkan data eksisting jembatan tersebut. Oleh karena itu penanganan yang dilakukan terkait masalah pada jembatan Wai Ela yaitu dengan mendesain gelagar jembatan baru. Perencanaan gelagar jembatan beton bertulang dengan ketentuan SNI 1725:2016, jembatan yang memiliki bentang 1084 m umumnya menggunakan beton prategang pada gelagarnya dengan perhitungan gelagar jembatan beton prategang dengan metode yang digunakan yaitu perencanaan tegangan kerja (allowed stress design / ASD) atau perencanaan tegangan izin (working stress design / WSD).

TINJAUAN PUSTAKA

1. Jembatan

Berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) jembatan adalah suatu konstruksi yang menghubungkan ruas jalan yang terputus oleh adanya suatu rintangan yang permukaannya lebih rendah seperti lembah, alur sungai, danau, saluran irigasi, jalan kereta api, jalan raya dan lainnya. Dengan adanya pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa jembatan merupakan suatu konstruksi yang berguna meneruskan atau menghubungkan jalan melalui suatu rintangan yang berada pada kontur yang lebih rendah.

Muntohar (2007) Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika ini adalah balok horizontal besar yang membentang di antara dua pilar atau abutmen, yang berfungsi untuk menyalurkan beban ke struktur pendukung di bawahnya.

2. Desain Balok

Desain balok beton gelagar jembatan adalah proses perencanaan struktur balok horizontal utama (gelagar) yang terbuat dari beton bertulang atau prategang untuk menopang beban jembatan, seperti dek dan lalu lintas. Proses ini melibatkan perhitungan teknis untuk memastikan

gelagar kuat dan stabil dalam menanggung beban, serta memastikan jembatan dapat berfungsi dengan baik untuk jangka panjang. Proses dan pertimbangan utama dalam desain:

- 1) Fungsi dan beban gelagar adalah komponen struktural utama yang menyalurkan beban dari dek ke penyangga (abutment dan/atau pilar). Beban ini mencakup berat sendiri struktur, beban lalu lintas, dan beban lain yang mungkin ada seperti beban lingkungan.
- 2) Tipe gelagar, bentuk gelagar bervariasi sesuai kebutuhan dan bentang, termasuk:
 - I-Girder: Balok berbentuk huruf 'I', paling umum digunakan dan relatif ekonomis.
 - Box Girder: Balok berongga berbentuk kotak, digunakan untuk bentang panjang dan tahan torsi.
 - T-Girder: Balok berbentuk huruf 'T' yang seringkali menyatu dengan dek, sering digunakan untuk bentang yang lebih pendek atau pejalan kaki.
 - U-Girder: Balok berbentuk 'U' yang memiliki susunan tendon khusus, kurang umum di Indonesia tetapi memiliki keunggulan spesifik.
- 3) Beton prategang menggunakan kabel baja bertegangan tinggi di dalam beton untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan, memungkinkan bentang yang lebih panjang dan mengurangi ukuran penampang.

3. Pembebanan

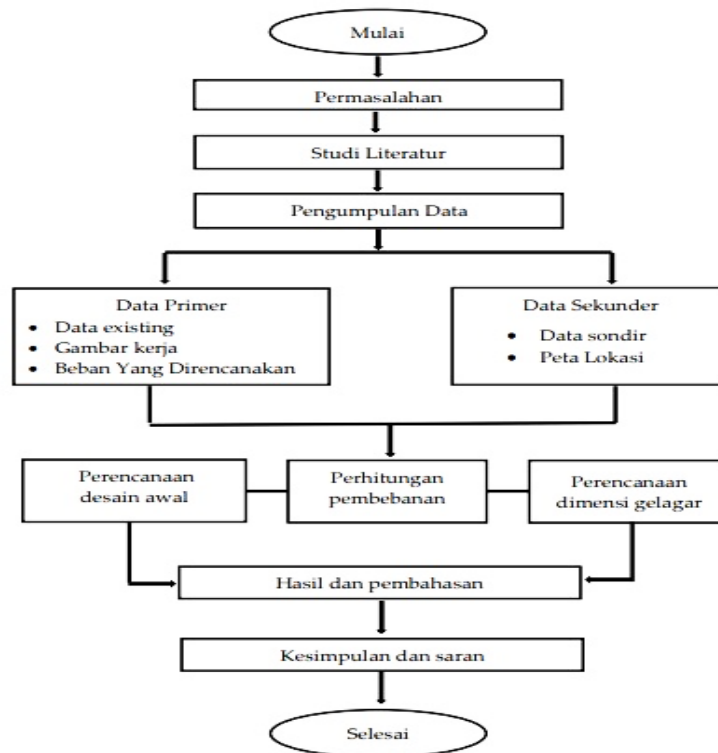
Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Untuk itu, dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada sistem struktur. Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah dan buatan manusia (Schueller, 2001).

Sedangkan Pembebanan menurut SNI ialah menghitung dan menentukan beban (gaya) yang bekerja pada suatu struktur bangunan atau jembatan yang mencakup berbagai jenis beban seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa, yang harus diperhitungkan sesuai standar SNI tertentu untuk memastikan keamanan dan kekokohan struktur. Jenis-jenis beban menurut SNI :

- 1) Beban mati.
Berat permanen dari struktur bangunan itu sendiri, termasuk material dan komponen yang terpasang tetap.
- 2) Beban hidup.
Beban yang disebabkan oleh penggunaan bangunan atau jembatan, seperti berat penghuni, perabotan, atau kendaraan. Beban ini dapat berubah-ubah seiring waktu.
- 3) Beban gempa.
Gaya yang timbul akibat pergerakan tanah saat terjadi gempa. SNI yang relevan adalah SNI 1726-2019 untuk bangunan gedung dan non-gedung.
- 4) Beban angin.
Tekanan dari gerakan angin yang sangat bergantung pada lokasi dan ketinggian struktur. SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020 memberikan panduan untuk beban angin pada bangunan.
- 5) Beban lain.
Tergantung pada jenis struktur, bisa termasuk beban pelaksanaan, beban tekanan tanah, beban banjir, atau beban susut.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain kualitatif dengan pendekatan studi kasus dan observasi yang dilakukan secara langsung dilapangan dengan melakukan pengamatan dan pengambilan data primer dan sekunder sehingga memperoleh data eksisting untuk mengidentifikasi masalah di lokasi penelitian Jembatan Wai Ela, pada Ruas Jalan Desa Mamala, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku.

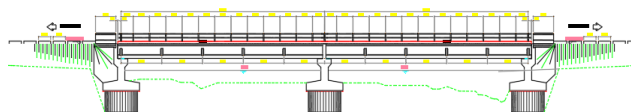


Gambar 1.
Diagram Alir Penelitian

PEMBAHASAN

1. Data Perencanaan

Panjang jembatan	: 50 m	Lebar Perkerasan	: 3.50 m
Jumlah bentang	: 2 buah	Tipe jembatan	: Beton bertulang gelagar balok T
Panjang Bentang	: 25 m	Jumlah balok/gelagar	: 2 buah
Lebar jembatan	: 4.32 m	Panjang bersih gelagar	: 25 m



Gambar 2.
Penampang memanjang jembatan Wai Ela

2. Spesifikasi Pembebanan

a. Beban hidup: PPJRR No. 12/1970 (BM 70%)

- Beban roda, T : $70\% \times 10 \text{ ton}$: 7,0 ton
- Beban garis, P : $70\% \times 12 \text{ t/m}$: 8,40 t/m
- Beban merata, q : $70\% \times 2,20 \text{ t/m}^2$: 1,54 t/m² ($L < 30 \text{ m}$)

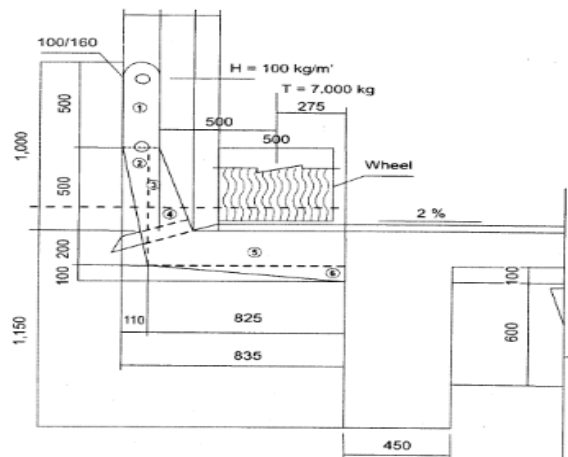
b. Beban kejut, $k = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+24} = 1,270$

3. Spesifikasi Beton dan Baja Tulangan

Tabel 1.
 Spesifikasi Beton dan Baja Tulangan

Beton		Baja Tulangan	
Kuat tekan, f'_c	: 20 MPa	Kuat leleh, f_y	200 MPa
Kuat tekan ijin, f'_c	10 MPa (Mu)	Modulus Elastisitas, E_s	2×10^5 MPa
Modulus Elastisitas, E_c	$4700 \times \sqrt{20} = 21.019$ MPa		

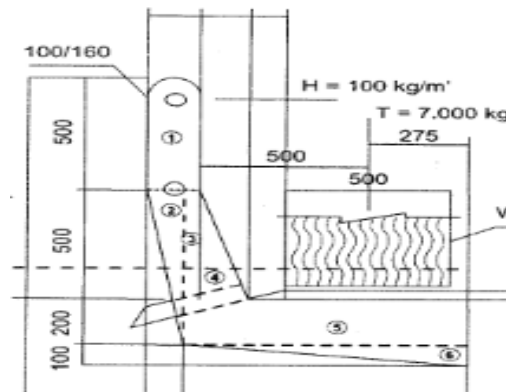
4. Perencanaan Tiang Sandaran



$$L = 500 + 50 = 1.000 \text{ mm} = 1,0 \text{ m}$$

Gambar 3.

Perencanaan tiang sandaran



$$d = 160 - 30 = 130 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$$

Gambar 4.

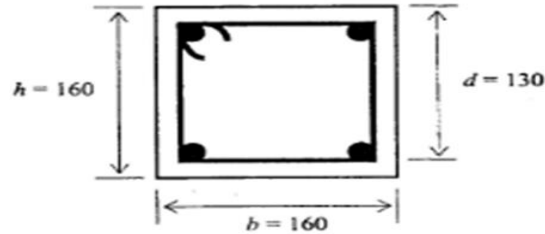
Tebal selimut beton

5. Perhitungan Gaya Geser dan Momen Lentur

- Momen lentur pada tiang, $M_u = V \times L = 2.000 \times 1,0 = 2000 \text{ N.mm}^2$
- $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2.000 \times 10^3}{0,8 \times 160 \times 130^2} = 0,925 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f'_c = 10 \text{ Mpa}$ $k = \text{koef. Momen tahanan beton}$
- $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 20}{200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,925}{0,85 \times 20}}\right) = 0,0048$ $\rho = \text{koef. Tulangan minimum/perlu baja}$

- $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,0070 > 0,0048$, dipakai ρ_{min}

6. Dimensi Tiang Sandaran dan Tulangan Lentur Beton



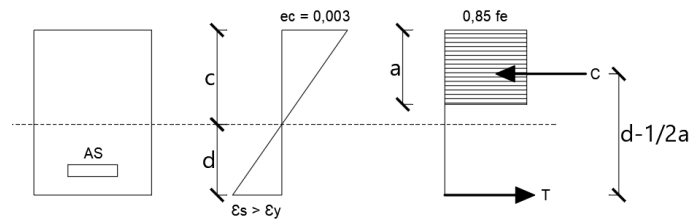
Gambar 5.

Dimensi Beton Tiang Sandaran dan diameter tulangan baja

7. Kontrol Kapasitas Momen Lentur Balok

Bila dianggap baja tulangan telah mencapai luluh pada saat beton mulai retak ($\epsilon_c = 0,003$), $f_s = f_y$ atau $N_T = N_D$

- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' \cdot b} = \frac{157,1 \times 200}{0,85 \times 20 \times 160} = 11,55 \text{ mm}$
 - $c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,55}{0,85} = 13,59 \text{ mm} (f_y)$
 - $f_s = 600 \left(\frac{d-c}{c} \right) = 600 \left(\frac{130-13,59}{13,59} \right) = 5.139,5 \text{ Mpa} > M_u, \text{ ok}$
 - $M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 157,1 \times 200 \left(130 - \frac{11,55}{2} \right) = 3.903.150 \text{ N.mm} = 3.903,15 \text{ N.m}$
 - $\frac{M_n}{M_u} = \frac{3.903,15}{2.000} = 1,95 > 1,0$ (1088actor keamanan) ok



Gambar 6.

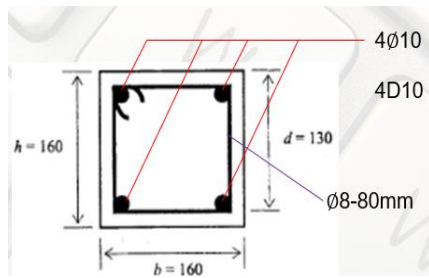
Persegi Bertulangan Tunggal

8. Perencanaan Tulangan Geser

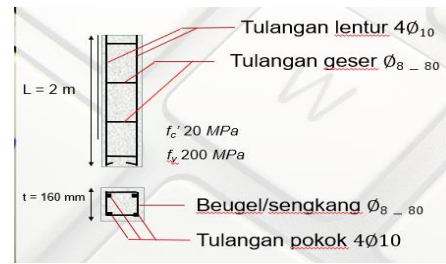
- $V_u = 2.000 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = (1/3 \sqrt{20}) \times 160 \times 130 = V_c = 31.006,8 \text{ N}$ (gaya geser dapat dipikul beton)
- $1/2 \phi \cdot V_c = 0,5 \times 0,6 \times 31.006,8 = 9.302 \text{ N} > V_u$ (teoritis tidak perlu beugel/1088actor1088g).
- Untuk kestabilan struktur dan peraturan, dipasang tulangan minimum (spasi maksimum).
- $S_{max} = 1/2 \cdot d = 1/2 \times 130 = 65 \text{ mm}$ (menurut dimensi), Atau $S_{maksimum} = 600 \text{ mm}$ (menurut peraturan)
- Digunakan spasi = 65 mm, dengan luas tulangan minimum

9. Perencanaan Tulangan Sandaran

- Luas penampang geser perlu (A_v) $A_{v,min} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot s}{f_y} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{20} \times 160 \times 65}{200} = 77,5 \text{ mm}^2$
- Dipakai tulangan $\phi 8 \text{ mm}$ ($A_v = 100,5 \text{ mm}^2$), jarak 1088actor1088g (s). $s = \frac{A_v \cdot f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b} = \frac{100,5 \times 200}{\frac{1}{3} \sqrt{20} \times 160} = 84,3 \text{ mm}$.
- Jadi dipakai tulangan $\phi 8 - 80 \text{ mm}$ untuk geser, dan $2\phi_{10}$ untuk lentur dan 1 sisi atau $4\phi_{10}$ untuk lentur 2 sisi .



Gambar 7.
Tulangan Geser



Gambar 8.
Penulangan Tiang Sandaran

10. Perencanaan Pelat Kantilever

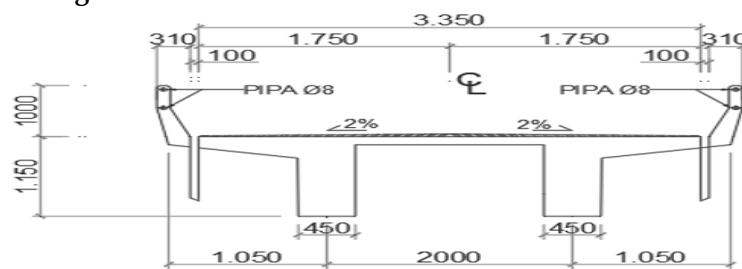
Tabel 2.

Perhitungan Momen Lentur (Bending Momen)

No	Volume bagian (m ³)	γ (kg/m ³)	W (kg)	Lengan (m)	Momen (kg.m)
1	$0,16 \times 0,16 \times 0,50 = 0,0128$	2.400	30,72	0,855	26,266
2	$0,16 \times (0,70 \times 0,11)/2 = 0,00616$	2.400	14,78	0,862	12,744
3	$0,16 \times 0,05 \times 0,50 = 0,0040$	2.400	9,60	0,800	7,680
4	$0,16 \times (0,15 \times 0,50)/2 = 0,0060$	2.400	14,40	0,725	10,449
5	$1,00 \times 0,825 \times 0,20 = 0,165$	2.400	396,00	0,4125	163,350
6	$1,00 \times (0,825 \times 0,10)/2 = 0,0413$	2.400	99,00	0,275	27,225
7	$1,00 \times 0,625 \times 0,07 = 0,04375$	2.200	96,25	0,3125	30,078
P	$2,0 \times 100 \text{ kg/m}$		200,00	1,200	240,000
T	$1,296 \times 7.000$ (wheel load)		9.072,00	0,275	2.494,800
.	Air hujan = $2 \times 0,625 \times 0,05$	1.000	62,50	0,3125	19,531
.	Railing = $2 \times 2 \text{ m} \times 6 \text{ kg/m}$		24,00	0,825	19,800
.	Total Momen lentur, M				3.051,923

Total Momen lentur, $M = 30.519,23 \text{ N.m}$

11. Perencanaan Pelat Bagian Dalam



Gambar 9.
Pela Bagian Dalam

a) Momen lentur akibat beban hidup

$$M_{xm} = f_{xm} \times T \times t_x \times t_y = 0,1500 \times 20.000,0 \times 0,84 \times 0,54 = 1.360,8 \text{ kg.m} = 13.608 \text{ N.m}$$

$$M_{ym} = f_{ym} \times T \times t_x \times t_y = 0,0933 \times 20.000,0 \times 0,84 \times 0,54 = 846,4 \text{ kg.m} = 8.464 \text{ N.m}$$

b) Momen lentur akibat beban mati

$$\text{- Berat slab} = 0,20 \times 2.400 = 480 \text{ kg/cm}^2$$

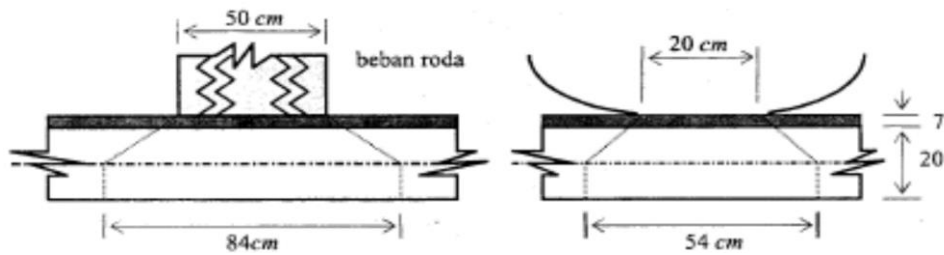
$$\text{- Berat perkerasan} = 0,06 \times 2.200 = 154 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{- Berat air hujan} = 0,05 \times 1.000 = 50 \text{ kg/cm}^2$$

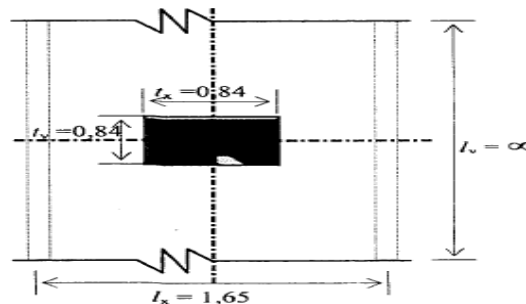
$$\begin{aligned} \text{Total } q_{DL} &= 684 \text{ kg/cm}^2 \\ M_{xcm} &= \frac{1}{10} \times q_{DL} \times l_x^2 = \frac{1}{10} \times 684 \times 1,65^2 = 187 \text{ kg.m} = 1.870 \text{ N.m} \\ M_{ym} &= \frac{1}{3} \times M_{xcm} = \frac{1}{3} \times 187 = 63 \text{ kg.m} = 630 \text{ N.m} \end{aligned}$$

c) Momen lentur total

$$\begin{aligned} M_x &= 13.608 + 1.870 = 15.478 \text{ N.m} \\ M_y &= 8.464 + 630 = 9.094 \text{ N.m} \end{aligned}$$



Gambar 10.
 Beban roda pada Slab



Gambar 11.
 Beban Roda pada Slab

$$\begin{aligned} \text{Beban Roda } T &= 7.000 \text{ kg (BM 70)} & T &= \frac{7.000 \times 1,296}{0,84 \times 0,54} = 20.000,0 \text{ kg/cm}^2 = 0,2000 \text{ Mpa} \\ \text{Bidang kontak} &= 84 \times 54 \text{ cm}^2 & l_x &= 1,65; \quad l_y = \infty \\ & & t_x/l_x &= 0,84/1,65 = 0,509 \\ & & t_y/l_x &= 0,54/1,65 = 0,327 \end{aligned}$$

12. Perhitungan Baja Tulangan Lantai

a) Arah melintang (l_x). $M_{ux} = 15.478 \text{ N.m}$ (momen kerja lapangan pd lantai)

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{15.478 \times 103}{0,8 \times 1000 \times 160^2} = 0,756 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f'_c = 10 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 20}{200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,756}{0,85 \times 20}} \right) = 0,004 \quad \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,007 > 0,0039, \text{ dipakai } \rho_{min}$$

Dimensi tulangan lapangan arah x

- Luas penampang tulangan $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,007 \times 1000 \times 160 = 1.120 \text{ mm}^2$
- tulangan $\emptyset 16$ ($A_s = 201,1 \text{ mm}^2$)
- Jarak antar tulangan $s_{perlu} = \frac{201,1}{1.120} \times 1.000 = 179,6 \text{ mm}$
- Dipakai tulangan $\emptyset 16-100 \text{ mm}$

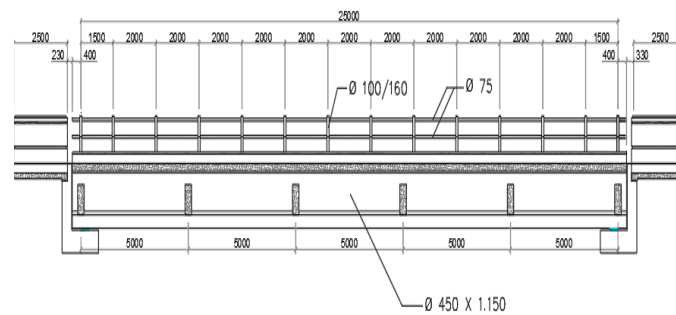
b) Arah memanjang (l_y) $M_{uy} = 9.094 \text{ N.m}$ (momen kerja arah y lantai)

- $k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{9.094 \times 10^3}{0,8 \times 1000 \times 1442} = 0,548 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f'_c = 10 \text{ Mpa}$
- $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 20}{200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,548}{0,85 \times 20}}\right) = 0,003$, $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,007 > 0,0028$, dipakai ρ_{min}

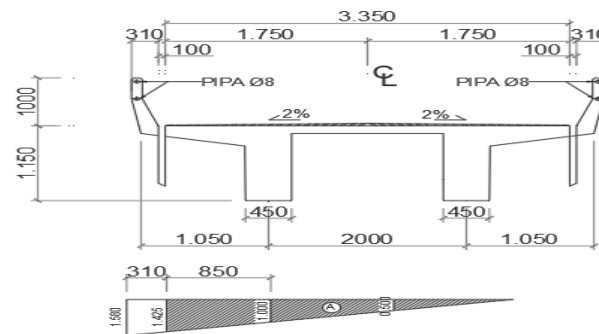
Dimensi tulangan lapangan arah y

- Luas penampang tulangan perlu $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,007 \times 1000 \times 144 = 1.008 \text{ mm}^2$
- Dipakai tulangan $\phi 16$ ($A_s = 201,1 \text{ mm}^2$)
- Jarak antar tulangan $S_{perlu} = \frac{201,1}{1.008} \times 1.000 = 199,5 \text{ mm}$
- Dipakai tulangan $\phi 16-150 \text{ mm}$

13. Perencanaan Gelagar



Gambar 12.
tampak samping gelagar



Gambar 13.
Dimensi Bangunan Atas Jembatan dan Garis Pengaruh Momen Girdern

a) Beban mati (*dead load*)

- Hand rail = $\frac{0,10 \times 0,16 \times 1,0 \times 2.400}{2} \times 1.580 = 0,336 \text{ kg/m}$
 - Railing = $2 \times 1,0 \times 6 \times 1.580 = 18,960 \text{ kg/m}$
 - Perkerasan = $0,07 \times 2.200 \times 2,031 = 312,774 \text{ kg/m}$
 - Air hujan = $0,05 \times 1.000 \times 2,031 = 101,550 \text{ kg/m}$
 - Pelat lantai = $0,20 \times 2.400 \times 2,031 = 974,880 \text{ kg/m}$
 - Gelagar = $0,95 \times 0,54 \times 2.400 \times 1,00 = 1.026,000 \text{ kg/m}$
- Total $q_{DL} = 2.464,500 \text{ kg/m}$

Balok melintang (*diafragma*), $T_b = 0,30 \times 0,60 \times 2.400 \times 0,5 = 356,400 \text{ kg}$

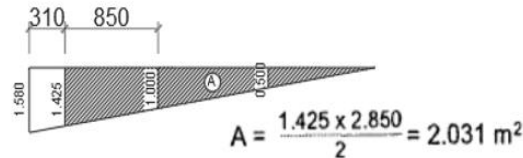
b) Momen lentur akibat beban mati

- Momen pada potongan 1, $x = 2,0 \text{ m}$ ($M_{1,DL} = 36.091,65 \text{ kg.m} = 360.916,5 \text{ N.m}$)

- Momen pada potongan 2, $x = 4,0 \text{ m}$ ($M_{2.DL}$) = $62.326,00 \text{ kg.m} = 623.260,0 \text{ N.m}$
- Momen pada potongan 3, $x = 6,0 \text{ m}$ ($M_{3.DL}$) = $78.701,00 \text{ kg.m} = 787.010,0 \text{ N.m}$
- Momen pada potongan 4, $x = 8,25 \text{ m}$ ($M_{4.DL}$) = $85.340,00 \text{ kg.m} = 853.400,0 \text{ N.m}$

c) Beban hidup (*live load*)

- Beban garis, $P = 1,296 \times \frac{8.400}{2,75} \times 2,031 = 8.040 \text{ kg}$
- Beban terbagi rata, $q = \frac{1.540}{2,75} \times 2,031 = 1.137,36 \text{ kg/m}$



Gambar 14.
Live load

d) Momen lentur akibat beban hidup

- Momen pada potongan 1, $x = 2,0 \text{ m}$ ($M_{1.LL}$) = $30.522,6 \text{ kg.m} = 305.226 \text{ N.m}$

Tabel 3.

Pembebanan	Momen Lentur Total			
	M.1	M.2	M.3	M.4
Beban mati, DL (N.m)	360.920	623.260	787.010	853.400
Beban hidup, LL (N.m)	305.226	527.976	665.240	718.708
Total	666.146	1.151.236	1.452.250	1.572.108

e) Perhitungan Momen pada tumpuan

- Momen lentur pada tumpuan $M_s = 1/3 M_{max} = 1/3 \times 1.572.108 \text{ N.m} = 524.036 \text{ N.m}$

f) Gaya Geser (*shearing force*)

- Beban mati terbagi rata = $1/2 \times 2.464,5 \times 16,5 = 20.332 \text{ kg}$
- Balok melintang (diafragma) = $1/2 \times 5 \times 356,4 = 891 \text{ kg}$
- Beban hidup garis, $P = 1/2 \times 8.040 = 4.020 \text{ kg}$
- Beban hidup terbagi rata, $q = 1/2 \times 1.137,36 \times 16,5 = 12.185 \text{ kg}$
- $V = 37.428 \text{ kg} = 374.280 \text{ N}$

g) Perhitungan tulangan lentur Pada tumpuan gelagar

- $k = \frac{Mu}{\phi.b.d^2} = \frac{524.036 \times 103}{0,8 \times 450 \times 10902} = 1,225 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f'_c = 10 \text{ Mpa}$
- $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 20}{200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,225}{0,85 \times 20}}\right) = 0,0064$. $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,007 > 0,0064$, dipakai ρ_{min}

Dimensi tulangan gelagar pada tumpuan

- Luas penampang tulangan perlu $A_s = \rho.b.d = 0,007 \times 450 \times 1.090 = 3.433,5 \text{ mm}^2$
- Dipakai tulangan 5Ø30 ($A_s = 3.534,3 \text{ mm}^2$)

Kontrol kapasitas momen lentur gelagar pada tumpuan

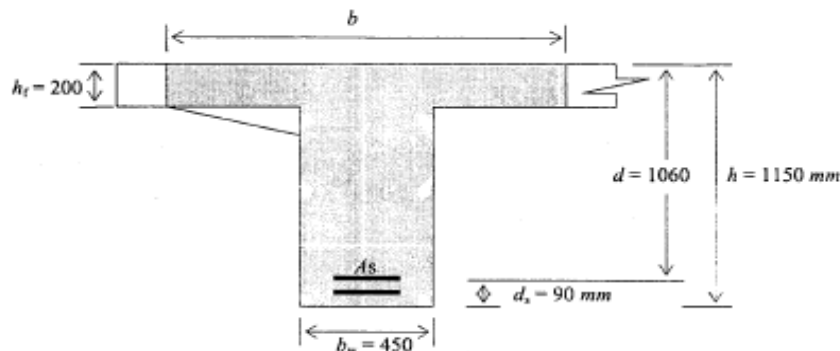
- Dianggap baja tulangan mencapai luluh saat beton mulai retak ($\epsilon_c = 0,003$), $f_s = f_y$ atau $N_T = N_D$
- $a = \frac{A_s.f_y}{0,85.f'_c.b} = \frac{3.534,3 \times 200}{0,85 \times 20 \times 450} = 92,4 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{92,4}{0,85} = 108,7 \text{ mm}$

- $f_s = 600\left(\frac{d-c}{c}\right) = 600\left(\frac{1090-108,7}{108,7}\right) = 5.416,25 \text{ Mpa} > f_y$, ok
- $M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) = 3.534,3 \times 200 \left(1.090 - \frac{92,4}{2}\right) = 737.818.868 \text{ N.mm} = 737.818,868 \text{ N.m}$
- $\frac{M_n}{M_u} = \frac{737.818,868}{524.036} = 1,41 > 1,0$ (1093actor keamanan) ok

h) Perhitungan tulangan geser Pada tumpuan gelagar

- $V_u = 374.280 \text{ N}$
 - $V_c = 1/3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 1/3 \sqrt{20} \times 450 \times 1.090 = 3.468.358,76 \text{ N}$
 - $1/2 \cdot \phi \cdot V_c = 1/2 \times 0,6 \times 15.503,4 = 1.040.507 \text{ N} > V_u$ (teoritis tidak perlu sengkang)
 - $S_{maksimum} = 1/2 \cdot d = 1/2 \times 450 = 225 \text{ mm}$ atau $S_{maksimum} = 600 \text{ mm}$
 - Spasi 225 mm, dengan luas tulangan minimum $A_{v \text{ min}} = \frac{1/3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot s}{f_y} = \frac{1/3 \times \sqrt{20} \times 450 \times 225}{200} = 754,7 \text{ mm}^2$
 - Spasi = 225 mm, dengan luas tulangan minimum $A_{v \text{ min}} = \frac{1/3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot s}{f_y} = \frac{1/3 \times \sqrt{20} \times 450 \times 225}{200} = 754,7 \text{ mm}^2$
 - Tulangan $\phi 12 \text{ mm}$ ($A_v = 226,2 \text{ mm}^2$), jarak sengkang $s = \frac{A_v \cdot f_y}{1/3 \sqrt{f_c} \cdot b} = \frac{2 \times 226,2 \times 200}{1/3 \sqrt{20} \times 450} = 134,9 \text{ mm}$
- Jadi dipakai tulangan $\phi 12 - 150 \text{ mm}$ untuk geser, dan $5\phi 30$ untuk lentur.

i) Kontrol Penampang Balok T Pada potongan 1, $M_1 = 666.146 \text{ N.m}$



Gambar 15.
Balok T

Dianggap seluruh flens menerima desakan sepenuhnya.

$$M_{nf} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2}\right) = 0,85 \times 20 \times 2.000 \times 200 \left(1.060 - \frac{200}{2}\right) = 6.528 \times 10^3 \text{ N.m} > M_1$$

Karena $M_{nf} > M_1$, maka balok berperilaku sebagai balok-T persegi

j) Perhitungan tulangan lentur Pada potongan 1 Gelagar

- $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{616.146 \times 103}{0,8 \times 450 \times 1060^2} = 1,523 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f_c' = 10 \text{ Mpa}$
- $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 20}{200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,523}{0,85 \times 20}}\right) = 0,00799$
- $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,007 < 0,00799$, dipakai ρ_{perlu}
- Luas penampang tulangan perlu $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00799 \times 450 \times 1.060 = 3.812,15 \text{ mm}^2$
- Dipakai baja tulangan $6\phi 30$ ($A_s = 4.241,15 \text{ mm}^2$)
- Dianggap baja tulangan mencapai luluh saat beton mulai retak ($\epsilon_c = 0,003$), $f_s = f_y$ atau $N_T = N_D$
- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{4.241,15 \times 200}{0,85 \times 20 \times 450} = 110,88 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{110,88}{0,85} = 130,45 \text{ mm}$

- $f_s = 600 \cdot \left(\frac{d-c}{c}\right) = 600 \cdot \left(\frac{1060-130,45}{130,45}\right) = 4.275,56 \text{ Mpa} > f_y$, ok
- $M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 4.241,15 \times 200 \cdot \left(1.060 - \frac{110,88}{2}\right) = 852.098 \times 10^3 \text{ N.mm} = 852.098 \text{ N.m}$
- $\frac{M_n}{M_u} = \frac{852.098}{666.146} = 1,28 > 1,0$ (1094factor keamanan) ok

Cek Daktilitas Tulangan Gelagar pada potongan 1

- $A_{s \max} = 0,0319 \times 200 \cdot \left\{ 2.000 + 450 \cdot \left(\frac{0,510 \times 1.060}{200} - 1\right) \right\} = 17.649,3 \text{ mm}^2$
- $A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,007 \times 450 \times 1.060 = 3.339,0 \text{ mm}^2$
- Baja tulangan 6Ø30 ($A_s = 4.241,15 \text{ mm}^2$) $> A_{s \min}$. dan $< A_{s \max}$ dengan demikian penampang balok memenuhi syarat daktilitas.

Kontrol Penampang Balok T Pada potongan 4, $M_4 = 1.572.108 \text{ N.m}$

- $M_{nf} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot h_f \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right) = 0,85 \times 20 \times 2.000 \times 200 \cdot \left(1.060 - \frac{200}{2}\right) = 6.528 \times 10^3 \text{ N.m} > M_4$ Karena $M_{nf} > M_4$, maka balok berperilaku sebagai balok-T persegi
- $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1.572.108 \times 10^3}{0,8 \times 450 \times 1060^2} = 3,887 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)} < f_c' = 10 \text{ Mpa}$

Perhitungan tulangan lentur Pada potongan 4 Gelagar

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times 20}{200} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,887}{0,85 \times 20}}\right) = 0,0224$, $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{200} = 0,007 < 0,0224$, dipakai ρ_{perlu}
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \times 20 \times 0,85}{200} \cdot \left(\frac{600}{600 + 200}\right) = 0,0542$ $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ diambil $\rho = 0,0224$
- Luas penampang tulangan perlu $A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0224 \times 450 \times 1.060 = 10.674,7 \text{ mm}^2$
- Dipakai baja tulangan 16Ø30 ($A_s = 11.309,73 \text{ mm}^2$)
- Tulangan pokok disusun 4 lapis $d_{\text{aktual}} = 1.150 - 40 - 30 \times 3 = 1.020 \text{ mm} < d$, ok
- Dianggap baja tulangan mencapai luluh saat beton mulai retak ($\epsilon_c = 0,003$), $f_s = f_y$ atau $N_T = N_D$
- $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{11.309,73 \times 200}{0,85 \times 20 \times 450} = 295,68 \text{ mm}$
- $c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{295,68}{0,85} = 347,86 \text{ mm}$
- $f_s = 600 \cdot \left(\frac{d-c}{c}\right) = 600 \cdot \left(\frac{1060-347,86}{347,86}\right) = 1.228,3 \text{ Mpa} > f_y$, ok
- $M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 11.309,7 \times 200 \cdot \left(1.060 - \frac{295,68}{2}\right) = 2.063.258 \times 10^3 \text{ N.m} = 2.063.258 \text{ N.m}$
- $\frac{M_n}{M_u} = \frac{2.063.258}{1.688.470} = 1,22 > 1,0$ (1094factor keamanan) ok

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu ; a) Perencanaan gelagar pada Jembatan Wai Ela, Desa Mamala, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku menggunakan metode SNI 1725:2016 diperoleh dimensi gelagar balok T yaitu $h_1 = 200$, $d=1060$, $b_1=450$, $h=1150\text{mm}$, $d_1=90\text{mm}$ dengan panjang bentang jembatan 25 m, dengan luas penampang $3.433,5 \text{ mm}^2$. Perhitungan beban yang bekerja terhadap gelagar jembatan diperoleh Beban mati, Total $q_{DL} = 2.464,500\text{kgm}$, Momen lentur akibat beban mati $M_{1DL}=360.916,5 \text{ N.m}$, $M_{2DL}=623.260,0 \text{ N.m}$ $M_{3DL}=787.010,0 \text{ N.m}$, $M_{4DL}=853.400,0 \text{ N.m}$, Beban hidup = $1.137,36 \text{ kgm}$, Momen lentur akibat beban hidup = 305.226 N.m Penghubung geser yang digunakan adalah model Stud Connector, dihitung dengan Kapasitas momen lentur balok $1,95 > 1,0$ (1094actor keamanan) dan Kapasitas momen lentur gelagar tumpuan $1,41 > 1,0$ (41actor keamanan) telah melalui standar keamanan dan lebih efisien. b) Perencanaan Balok yang di lakukan oleh Pemerintah Provinsi Maluku Dinas PUPR telah melalui standar SNI dengan adanya masalah yang terjadi dilapangan terkait jembatan yang rusak parah sehingga diperlukan pembangunan tersebut dengan total anggaran biaya

Rp. 400.000.000 yang akan dianggarkan pada tahun 2025.

Berdasarkan hasil dari perencanaan desain balok, diperoleh saran yaitu jembatan dengan gelagar beton prategang mempunyai keunggulan dari nilai estetika dan termasuk mudah dalam perawatannya karena tidak memerlukan perawatan berkala, perlu dilakukan investigasi geoteknik yang lebih detail agar perencanaan pondasi dan abutmen memiliki dasar parameter tanah yang lebih akurat. Selain itu, dalam tahap pelaksanaan, perlu dipertimbangkan biaya tambahan agar hasil perencanaan lebih mendekati kondisi riil di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Iqbal Manu, 1995. *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*, Penerbit PT.Mediatama Saptakarya : Jakarta
- Azhara, Firas Naufal, 2016. *Analisis Gelagar Beton Prategang Dengan Bentang 40 Meter Pada Jembatan Cicapar Sumedang*, Universitas Pendidikan Indonesia
- Bambang Supriyadi dan Agus Setyo Mntohar, 2007. *Jembatan*, CV Beta Offset : Jakarta
- Badan Standar Nasional, SNI 1725 2016. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan* : Jakarta
- Badan Standar Nasioanal, SNI 2833 2008: *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk* : Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum Sekretariat Jenderal Pusat Pendidikan Dan Latihan. *Standar Jembatan Dan SNI* : Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005. *Gambar Stadar Pekerjaan Jalan*: Jakarta
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktotar Jendral Bina Marga Direktorat Bina Teknik, 2010. *Perencanaan Teknik Jembatan* : Jakarta
- Nawy, E.G. 2001, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar jilid 1* (Terjemahan). Erlangga: Jakarta
- Rasidi, Nawir, dan Rizaldi Ibrahim, 2023. *Perencanaan Jembatan Beton Prategang*. CV. DOTPLUS Publisher: Bandung
- Yatnikasari, S., Asnan, M. N., & Liana, U. W. M, 2021. *Alternatif perencanaan jembatan rangka baja dengan menggunakan metode LRFD di Jembatan Gelatik Kota Samarinda*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat