

Civil Engineering – Research Article

Perencanaan Struktur I Girder dengan Bentang 30 Meter di Desa Dompu

*Wira Setiawan, Sofyan Winardin, M. Deta Zulfikar Rahman**Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Bima***ARTICLE INFORMATION**

Received: October 24, 2025

Revised: December 22, 2025

Available online: June 01, 2026

KEYWORDS

Cost, girder, moment, safety factor, service, transfer

CORRESPONDENCE

Wira Setiawan

E-mail: setiawanwira45@gmail.com**A B S T R A C T**

CrossMark

The Bridges themselves are classified based on the type of upper structure, one type of bridge upper structure is using prestressed concrete, prestressed concrete is also distinguished based on its cross-sectional profile, namely T, I, T Girder, Box Girder, in this study a comparison was made to see the difference in the upper structure and cost of the bridge with a span of 30.8 meters on the Kandai bridge with the existing upper structure using I Girder and will be compared with T Girder for obtaining differences in behavior, effectiveness of the structure as well as cost. The research method used is to start by knowing some mass formulationsah, collecting data then planning the load plan for the bridge then modeling on the SAP2000 software after modeling and getting the force in the next structure analysis to check the Safety factor then a cost analysis was carried out and a comparative recap between I and T Girder in the form of differences in the initial condition prestressed force, voltage loss value, service condition pretension force, final prestressed force and cost presented in the form of a graph. From the results of the calculation analysis, it was concluded that the I Girder is more effective than the T Girder, this is shown by the total volume value of T Girder concrete which is 128,805 m³ and the number of T Girder strands is 355 strands, where the total volume of I Girder concrete is 101,175 m³ and the number of I Girder strands is 235 strands. This is also evidenced by the I girder safety factor value against the moment, which is 1.141 and against the shear which is 3,59 as needed, compared to the T Girder safety factor against the moment, which is 3,97 and against the shear which is 2.177. The nominal moment produced by the I Girder is 12203,56 kNm and the nominal moment produced by the T Girder is 58221,55 kNm.

PENDAHULUAN

Jembatan Kandai ini melintang diatas sungai Laju yang menghubungkan antar Kandai II dengan Sinpasai. Jembatan Kandai merupakan jembatan beton bertulang dengan panjang 30,8 m dan lebar jembatan 8 m dibagi menjadi dua lajur dengan masing-masing lebar 2,5 m. Jembatan Kandai memiliki beberapa bagian struktur seperti pilar, gelagar, abutment, dan komponen lainnya. Proyek Jembatan Kandai ini bertujuan untuk untuk memudahkan para petani mengakses ke sawah menjadi mudah dan cepat dari masa bertanam hingga saat panen, jadi dibuatlah Proyek Jembatan Kandai.

Sudah banyak studi yang dilakukan mengenai perencanaan jembatan menggunakan beton prategang. Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal akibat stressing dan distribusi akibat beban eksternal sehingga dalam kondisi yang seimbang sampai batas tertentu. Ada dua cara yang dapat

dilakukan dalam memberikan gaya tarik pada beton yaitu pra tarik (per-tension) dan pasca tarik (post-tension).

Pemberian gaya prategang pada beton ini dapat mengakibatkan kehilangan gaya prategang. Kehilangan gaya prategang adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon akibat tahapan dalam pembebanan yang secara umum dapat terjadi dalam dua hal yaitu, kehilangan gaya prategang secara langsung dan kehilangan gaya prategang akibat pengaruh waktu (Yamin L 2020).

Proses pelaksanaan pemberian gaya prategang dan biaya girder ditentukan berdasarkan sistem prategang dan analisis biaya dengan panjang bentang dan kelangsingan. Menurut Jepriani (2020), perbedaan jenis girder dapat dipengaruhi besarnya kehilangan gaya prategang dan biaya karena perbedaan dimensi dan bentuk jenis girder membuat proses pemberian gaya prategang dan biaya akan berbeda-beda. Untuk memperoleh



biaya penampang girder yang optimal perlu dilakukan analisis Perencanaan mengenai kehilangan gaya prategang dan biaya.

Kondisi jembatan yang berbeda-beda diperlukan analisis struktur dan biaya untuk memperoleh desain dan harga yang sesuai pada perencanaan jembatan. Hal ini yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan analisis Perencanaan struktur dan biaya pada girder yang berbeda. Harapannya dengan mengetahui Perencanaan struktur dan biaya pada I Girder dan T Girder dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan profil dan biaya girder yang sesuai pada jembatan.

Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui nilai Safety factor dari I Girder dan T Girder
- Mengetahui nilai Gaya Prategang dan Kehilangan factor dari I Girder dan T Girder
- Mengetahui Perencanaan biaya dari I Girder dan T Girder

Landasan teori

1. Struktur atas jembatan

Struktur bangunan atas jembatan merupakan bagian dari komponen utama jembatan yang berperan dalam menerima beban yang melintas di atasnya, baik itu beban mati dari lapisan perkerasan di atasnya maupun beban hidup yang melintas dari beban kendaraan, manusia dan lainnya, yang nantinya akan diteruskan menuju struktur bangunan bawah jembatan.

2. Struktur bawah

Struktur bangunan bawah jembatan merupakan bagian dari komponen utama jembatan yang berperan menerima beban yang disalurkan oleh komponen struktur atas, setelah menerima beban dari struktur atas beban disalurkan ke pondasi dan alirkan ke tanah dasar jembatan. Bangunan bawah jembatan terdiri atas abutment, pilar, *pile cap*, dan fondasi tanah.

Pembebanan jembatan

Pembebanan jembatan merupakan bagian dari perencanaan struktur atas jembatan yang menggambarkan beban apa saja yang akan diterima oleh suatu struktur atas jembatan sesuai fungsinya dilapangan. Beban jembatan sendiri diatur dalam SNI 1725-2016 tentang perencanaan pembebanan untuk jembatan. Beban-beban yang direncanakan pada jembatan Kandai diantaranya sebagai berikut.

- Beban Mati (MS)
- Beban Lajur (TD)
- Beban Truk (TT)
- Beban rem (TB)
- Beban Pejalan Kaki (TP)
- Beban Gempa (EQ)
- Kombinasi Beban

METODE PENELITIAN

Metode analisis data didapatkan berdasarkan rumusan masalah yang ada di masyarakat dan bagaimana cara mengatasinya.

Data penelitian yang diperoleh dari gambar desain eksisting dan beberapa data digunakan untuk mencari nilai safety factor penampang I Girder dengan T Girder, desain penampang T Girder dan Perencanaan I Girder dengan T Girder dengan acuan berdasarkan pada peraturan SNI 1725-2016, SNI 2833-2016, RSNI T 02-2004 dan peta gempa tahun 2017. Jembatan Kandai sebagai objek penelitian dengan Panjang Girder 30,8 m.

Data struktur atas jembatan eksisting

Berikut merupakan gambar potongan memanjang dan melintang dari jembatan Kandai kabupaten Bantul pada kondisi eksisting.

Bahan Struktur

a. Mutu Beton I Girder

Kuat tekan beton, f'_c	: 40 MPa
Modulus elastis, E_c	: $4700 \times \sqrt{f'_c}$
	: $4700 \times \sqrt{40}$
	: 29725,41 MPa
Poisson Ratio	: 0,3
Modulus Geser, G	: $E_c / [2 \times (1 + \nu)]$
	: $29725,41 / [2 \times (1 + 0,3)]$
	: 14429,81 MPa

Koefisien muai panjang untuk beton, ϵ : 0,0001 / °C

b. Mutu Baja

Baja Tulangan dengan $D > 12$ mm, U-32

Tegangan Leleh Baja, f_y	: $U \times 10$
	: 32×10
	: 320 MPa

Baja Tulangan dengan $D < 12$ mm, U = 24

Tegangan Leleh Baja,	
f_y	: $U \times 10$
	: 24×10
	: 240 MPa.

Pembebanan jembatan

1. Beban mati

a. Beban mati sendiri

Beban mati pelat lantai ditengah gelagar

Jarak (s)	= 1,85 m
Tebal Plat (t)	= 0,2 m
B isi beton (bj)	= 25 Kn/m ³
QMS	= $s \times t \times bj$
	= 9,25 Kn/m

Beban mati pelat lantai ditepi gelagar

Jarak (s)	= 1,16 m
Tebal Plat (t)	= 0,2 m
B isi beton (bj)	= 25 Kn/m ³
QMS	= $s \times t \times bj$
	= 5,8 Kn/m

Beban trotoar

Berikut hitungan beban trotoar yang ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 1. Berat beban trotoar

No	A (m)	Tebal (m)	Bj (kn/m ³)	W (Kn/m)
A	0,3	0,3	24	2,16
B	0,75	0,75	24	5,4
C	0,45	0,45	24	2,16
D	0,48	0,21	24	2,4192
QMS				12,1392

Jadi total beban tepi gelagar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{QMA (Total)} &= \text{Beban di tepi gelagar} + \text{Beban trotoar} \\ &= 5,8 \text{ kn/m} + 12,1392 \text{ kn/m} \\ &= 17,939 \text{ kn/m} \end{aligned}$$

b. Beban mati tambahan

Tabel 2. Beban mati tambahan

No	Jenis Beban mati tambahan	Tebal (m)	Bj (kn/m ³)	W (Kn/m)
1	Lap. Aspal & Over lay	0,05	22	1,1
2	Air Hujan	0,05	24	0,49
MA Pada Lantai Jembatan				1,69

Beban merata pada gelagar

$$\text{Jarak (s)} = 1,85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{QMA} &= s \times \text{MA} \\ &= 4,9765 \text{ kn/m} \end{aligned}$$

2. Beban hidup**a. Beban Lajur D (TD)**

Beban kendaraan yang merupakan beban lajur terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT), seperti pada gambar dibawah ini.

$$\text{Jarak antar gelagar (s)} = 1,85 \text{ m}$$

$$L = 30,8 \text{ m, maka;}$$

$$\text{DLA} = 0,4$$

$$\text{Q TD} = q \times s$$

$$= 8,88 \times 1,85$$

$$= 16,433 \text{ kN/m}$$

$$\text{P TD} = (1 + \text{FBD}) \times p \times s$$

$$= (1 + 0,4) \times 49,0 \times 1,85$$

$$= 126,91 \text{ kN/m}$$

b. Beban truk

Beban truk yang digunakan berasal dari 3 jenis roda dan setiap girder menerima beban dari 1 roda tersebut, ketiga beban dari truk antara lain sebagai berikut:

$$\text{Beban roda truk depan (PD)} = 25 \text{ kN}$$

$$\text{Beban roda truk tengah (PT)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Beban roda truk belakang (PB)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor beban dinamis (DLA)} = 0,4$$

$$\text{Beban truk (PD)} = \text{PTT} = (1 + \text{DLA}) \times T$$

$$= (1 + 0,4) \times 25$$

$$= 35 \text{ kN}$$

$$\text{Beban truk (PT)} = \text{PTT} = (1 + \text{DLA}) \times T$$

$$= (1 + 0,4) \times 112,5$$

$$= 157,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban truk (PB)} &= \text{PTT} = (1 + \text{DLA}) \times T \\ &= (1 + 0,4) \times 112,5 \\ &= 157,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Gaya rem

$$\text{Panjang bentang girder, (L)} = 30,8 \text{ m}$$

$$\text{Gaya rem, (H TB)} = 250 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah Girder, (n Girder)} = 4 \text{ girder}$$

$$\text{Jarak antar Girder, (s)} = 1,85 \text{ m, maka}$$

Gaya rem untuk Lt

$$\begin{aligned} \text{TTB} &= \frac{\text{H TB}}{\text{n Girder}} \\ &= 250 / 4 \\ &= 62,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban gaya rem, T TB} = 62,50 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{MT} &= \text{T TB} \times y_t \\ &= 62,50 \times 1,8 \\ &= 112,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{W TB} &= (\text{MT} \times 8) / (L^2) \\ &= (112,5 \times 8) / (30,8^2) \\ &= 0,9487 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

d. Beban pejalan kaki

$$\text{Panjang bentang, (L)} = 30,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Trotoar, (bt)} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang trotoar, A} &= \text{bt} \times L \\ &= 1 \times 30,8 \\ &= 30,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban pada trotoar (Qp)} &= 5-0,033 \times (A-10) \\ &= 4,3136 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. Beban angin**a. Tekanan Angin Horizontal (VDZ)**

$$V_{DZ} = 2,5 \times V_o \times (V_{10}/V_B) \ln (Z/Z_0)$$

$$V_{10} = 90 \text{ km/jam}$$

$$V_B = 90 \text{ km/jam}$$

$$Z = 11000 \text{ mm}$$

$$V_0 = 17,6 \text{ mm}$$

$$Z_0 = 1000$$

$$\begin{aligned} V_{DZ} &= 2,5 \times 17,6 (90/90) \ln (11000/1000) \\ &= 105,507 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Beban Angin (EWs)

Tekanan Angin

$$\begin{aligned} \text{PD} &= P_B \times (V_{DZ} / V_B)^2 \\ &= 0,0024 \times (105,507 / 90)^2 \\ &= 0,003 \text{ kN/mm} \\ &= 3 \text{ Kn/m} < 4,4 \text{ kN, maka} \end{aligned}$$

$$\text{PD} = 4,4 \text{ kN/m}$$

Hasil yang didapat kurang dari ketentuan SNI 1725-2016 yaitu 4,4 kN/m maka dibuat menjadi 4,4 kN/m.

4. Beban gempa

Menentukan Koefisien Respon Gempa Elastik

Menentukan koefisien respon gempa elastic atau periode mode getar fundamental:

Untuk periode yang lebih kecil dari T₀, koefisien gempa elastic (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respon gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,785}{0,9}$$

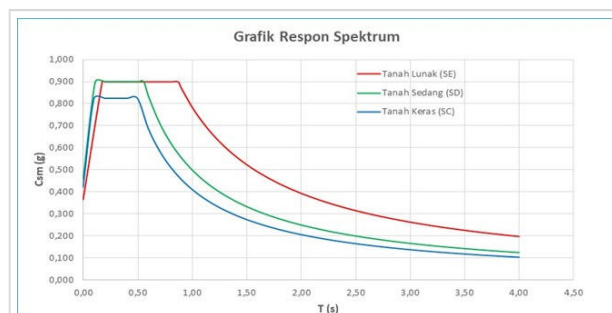
$$= 0,8725$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s$$

$$= 0,1745$$

Tabel 3. Hasil analisis respon spektrum

TANAH LUNAK (SE)		TANAH SEDANG (SD)		TANAH KERAS (SF)	
T(S)	Csm(g)	T(S)	Csm(g)	T(S)	Csm(g)
0,00	0,364	0,00	0,459	0,00	0,421
0,17	0,900	0,11	0,90	0,10	0,83
0,20	0,900	0,20	0,90	0,20	0,83
0,30	0,900	0,30	0,90	0,30	0,83
0,40	0,900	0,40	0,90	0,40	0,83
0,50	0,900	0,50	0,90	0,50	0,83
0,60	0,900	0,56	0,90	0,60	0,69
0,70	0,900	0,60	0,83	0,70	0,59
0,80	0,900	0,70	0,71	0,80	0,51
0,87	0,900	0,80	0,62	0,90	0,46
0,90	0,872	0,900	0,56	1,00	0,41
1,00	0,785	1,00	0,50	1,10	0,37
1,10	0,714	1,10	0,45	1,20	0,34
1,20	0,654	1,20	0,42	1,30	0,32
1,30	0,604	1,30	0,38	1,40	0,29
1,40	0,561	1,40	0,36	1,50	0,27
1,50	0,523	1,50	0,33	1,60	0,26



5. Kombinasi beban

Dalam menganalisa kemampuan struktur agar mampu bertahan dalam setiap kondisi atau keadaan pembebanan, maka perlu dilakukan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan perencanaan dan standar kombinasi pembebanan pada jembatan, Beban kombinasi antaranya: Beban Mati (MS), Lajur (TD), Beban Gaya rem (TB), Beban Truk (TT), Beban Pejalan kaki (TP), Beban Angin (EWS), Beban Gempa (EQ).

Section properties I Girder

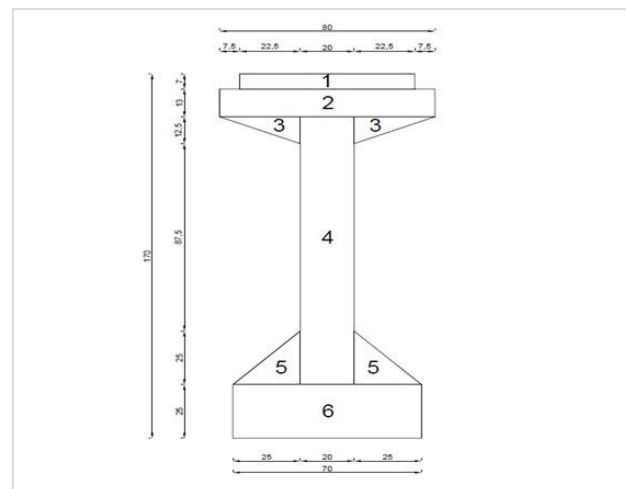
Gaya prategang awal dapat ditentukan berdasarkan data-data dari profil penampang I Girder sendiri, data-data dari I Girder dapat dilihat sebagai berikut:

Berat Jenis I Girder W_c : 25 kN/m³

Kuat tekan beton f'_c : 40 MPa

Panjang Bentang L : 30,8 m

Detail dari potongan I Girder jembatan Kandai dapat dilihat pada gambar yang ditampilkan sebagai berikut.



Dari hasil perhitungan diatas, letak titik berat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

Letak titik berat bawah

$$\begin{aligned} Y_b &= (\sum A \cdot y) / (\sum A) \\ &= 570288,75 / 6745 \\ &= 84,55 \text{ cm} \\ &= 845,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Letak titik berat atas

$$\begin{aligned} Y_a &= \text{Tinggi I Girder} - Y_b \\ &= 170 - 84,55 \\ &= 85,45 \text{ cm} \\ &= 854,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perencanaan Struktur PCI Girder

Perencanaan hasil analisis dari kedua girder meliputi

1. Momen nominal dan safety factor

Momen nominal dan *safety factor* antara I Girder dan T Girder diantaranya sebagai berikut:

a. I Girder

Momen Max : 10692,74 kNm

Momen Nominal : 12203,56 kNm

Safety factor : 1,141

2. Geser Nominal dan Safety Factor

Perencanaan nilai geser nominal dan *safety factor* antara I Girder diantaranya sebagai berikut.

a. I Girder

Geser Max : 1247,47 kN

Geser Nominal : 4480,936 kN

Safety factor : 1,141

3. Tegangan kondisi transfer / awal

a. I Girder

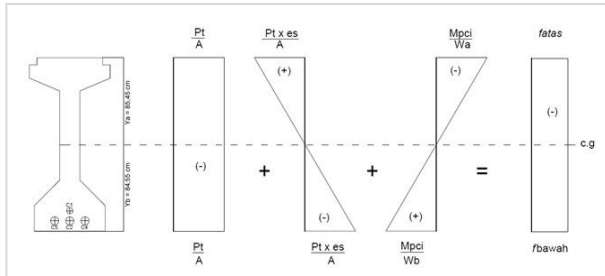
Tegangan di serat atas (Tekan) : -4,595 MPa

Tegangan di serat bawah (Tarik) : -4,595 MPa

Syarat aman saat transfer:

Tekan : $\leq 0,6 \times f_{ci}$ = 19,20 MPa

Tarik : $\leq 0,5 \times \sqrt{f_{ci}}$ = 2,83 MPa



4. Kehilangan tegangan

Perencanaan kehilangan tegangan antara I Girder diantaranya sebagai berikut.

a. I Girder

Tabel 4. Rekap kehilangan tegangan I Girder

Jenis Kehilangan	Nilai (MPa)	Perse Kehilangan (%)
Perpendekan Elastis (Δf_{pes})	65,25	0,015
Gesekan Tendon (Δf_{pf})	537,06	1,27
Slip pada Angkur (Δf_{pa})	15,666	0,005
Rangkak Beton (Δf_{PCR})	56	0,05
Susut Beton (Δf_{pSH})	63,69	0,024
Relaksasi Baja (Δf_{pR})	159,943	0,056
Total Kehilangan (LOP_{total})	897,30	21,1

5. Tegangan kondisi service / layan

Perencanaan tegangan kondisi service / layan antara I Girder dan T Girder

a. I Girder

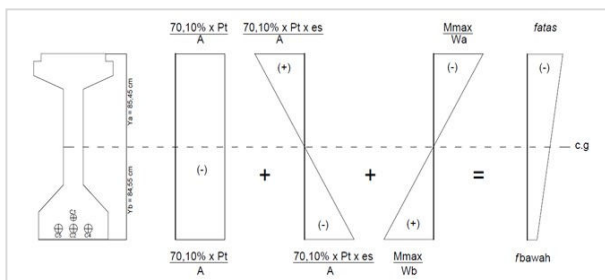
1. Tegangan di serat atas (Tekan) : -6,355 MPa

2. Tegangan di serat bawah (Tarik) : 0,233 MPa

Syarat aman saat service:

Tekan : $\leq 0,45 \times f'_c$ = 18 MPa

Tarik : $\leq 0,5 \times \sqrt{f'_c}$ = 3,16 MPa



6. Defleksi I Girder

a. Cek Lendutan Terhadap Beban I Girder

I_x = $2,42 \times 10^1$

PTD = 126,91

QTD = 16,43

L = 30,8

E_c = 29725410

Def = 0,0375 m

= 3,75 cm

Def Izin = 0,103 m

= 10,267 cm

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari tujuan perencanaan Perencanaan desain dan biaya pada I Girder dan Tgirder pada bentang 30,8 m, dengan studi kasus jembatan Kandai diantaranya adalah sebagai berikut:

- Perbandingan nilai safety factor dari I Girder dan Tgirder dapat dijelaskan yakni: (1) Nilai safety factor I Girder hanya menghasilkan nilai safety factor 1,141; (2) Nilai safety factor dari geser terbesar dihasilkan oleh I Girder dengan nilai safety factor 3,59.
- Defleksi I Girder dijelaskan sebagai berikut: (1) Defleksi pada I girder adalah 3,75 cm dengan defleksi izin sebesar 10,267 cm; (2) Kebutuhan total tendon pada penggunaan I Girder ialah berjumlah 20 tendon dengan jumlah strand 235 strand.

REFERENSI

- Anita Puji Astuti, Budiono, Titik Penta Artiningsih. 2020. "Analisis Perencanaan PCI Girder terhadap PCU Girder Existing pada Pada Proyek Pembangunan Flyover Martadinata Bogor". Universitas Pakuan. Bogor.
- Armin, H. Manalip, Banu Dwi Handono. 2018. "Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang." Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.2. Universitas Sam Ratulangi Manado. Manado.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. "Pembebanan Untuk Jembatan (SNI-1725-2016)." Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. "Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI-T-12-2004)." Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847-2019)." Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. "Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (RSNI-T-12-2004)." Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bastya Pratama Putra, Yunalia Muntafi, Suharyatmo. 2017. Studi Perencanaan penggunaan PCU Girder dan PCI Girder pada struktur Atas Jembatan Jurang Gempal, Wonogiri." Jurnal Teknisia, Volume XXII, No.1. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Bagian III. 2022 "Analisis Harga Satuan Pkerjaan (AHSP)." Bidang Bina Marga.

CV. Prias Consultant. 2020. "*Detail Engineering Desain (DED) Jembatan Kandai Kabupaten Dompu.*" Nusa Tenggara Barat (NTB).

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2011. "*Manual Konstruksi dan Bangunan Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan.*" Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.

Kurnia, D. 2022. "*Rekayasa Bracing Tipe V dan Tipe A Pada Gedung Kampus.*"