

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN LEUWI CANTIK DENGAN KONSTRUKSI BETON PRATEGANG PROFIL I GIRDER

¹ Wan Wan Hariansyah, ² Yudi Sekaryadi

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana
 hariansyahwanwan@gmail.com¹, yudisekaryadi65@gmail.com²

Abstrak

Leuwi Cantik Bridge is a bridge located in Ciharashas Village, Cilaku District, the current condition of the bridge is not suitable for use because it is damaged. So this is the background for planning for repairing the superstructure of the bridge. The length of the bridge is 21 meters with a width of 5 meters, for the girder beams using prestressed concrete with a height of 160 cm and the distance between the girder beams is 150 cm. The support poles have dimensions of 40x15 cm with a distance between the poles of 200 cm and a height of 100 cm. The reinforcement used is 4Ø10 mm with stirrup reinforcement 6-150 mm. The vehicle plate has a thickness of 20 cm with the main reinforcement 10-200 mm. The deck slab has dimensions of 100 cm long, 100 cm wide and 7 cm thick with 8-100 mm main reinforcement and 8-250 mm divider reinforcement. The diaphragm beam has a length of 125 cm, a height of 132 cm, and a thickness of 20 cm with 13 mm main reinforcement and 8 mm stirrup reinforcement. For the tendons used as many as 4 tendons with a VSL inch type with a diameter of 12.7 mm and using an E5-10 unit type which has a steel area of 1.53 inc².

Keywords: Bridge, Planning, Prestressed Concrete.

Abstrak

Jembatan Leuwi Cantik merupakan jembatan yang terletak di Desa Ciharashas Kecamatan Cilaku, kondisi jembatan saat ini sudah tidak layak untuk digunakan karena sudah rusak. Sehingga hal itu melatarbelakangi perencanaan perbaikan struktur atas pada jembatan tersebut. Panjang jembatan tersebut adalah 21 meter dengan lebar 5 meter, untuk balok girder menggunakan beton prategang dengan tinggi 160 cm serta jarak antar balok girder 150 cm. Tiang sandaran memiliki dimensi 40x15 cm dengan jarak antar tiang 200 cm dan tinggi tiang 100 cm, tulangan yang digunakan 4Ø10 mm dengan tulangan sengkang Ø6-150 mm. Plat kendaraan memiliki tebal 20 cm dengan tulangan utama Ø10-200 mm. Deck slab memiliki dimensi panjang 100 cm, lebar 100 cm dan tebal 7 cm dengan tulangan utama Ø8-100 mm dan tulangan pembagi Ø8-250 mm. Balok diagfragma memiliki panjang 125 cm, tinggi 132 cm, dan tebal 20 cm dengan tulangan utama Ø13 mm dan tulangan sengkang Ø8 mm. Untuk tendon yang digunakan sebanyak 4 buah tendon dengan tipe VSL ½ inc berdiameter 12,7 mm dan menggunakan jenis unit E5-10 yang memiliki luas baja 1,53 inc².

Kata kunci: Jembatan, Perencanaan, Beton Prategang.

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan atau menghubungkan suatu daerah ke daerah lain. Perkembangan transportasi yang semakin cepat dan erat berkaitannya dengan pembangunan, baik berupa perkerasan jalan maupun pembangunan jembatan yang berfungsi untuk memperlancar mobilitas kendaraan supaya mendapatkan waktu yang efektif dan efisien.

Jembatan harus dibuat cukup kuat dalam menahan beban diatasnya karena jika ada kerusakan pada jembatan dapat mengakibatkan gangguan terhadap keefektifannya lalu lintas diatasnya. Walaupun demikian tidak berarti jembatan dibuat terlalu kuat dan kokoh karena akan menimbulkan biaya yang besar. Diusahakan jembatan tersebut dibuat dengan konstruksi yang ekonomis namun memenuhi standar kelayakan. Banyak sistem yang bisa dipilih dalam pelaksanaan pengerjaan jembatan, salah satunya dengan menggunakan konstruksi baja pada jembatan.

Jembatan yang akan direncanakan berlokasi di desa Ciharashas Kecamatan Cilaku Kabupaten Cianjur. Jembatan tersebut sering digunakan oleh warga sekitar untuk bepergian ke daerah Cianjur Kota. Jembatan tersebut mulai diresmikan pada Oktober 1995 lalu.

Kondisi jembatan sudah sangat rusak karena termakan oleh waktu dan membahayakan bagi penggunaannya. Oleh karena itu, akan direncanakan kembali jembatan tersebut menggunakan beton prategang. Pemilihan beton prategang dari pada beton konvensional dikarenakan beton prategang tersebut memiliki mutu yang sangat tinggi, jarak antar girder lebih rapat, bentuk girder yang lebih efisien, dimensi penampang lebih ramping, biaya beton prategang lebih rendah, serta beton prategang biasanya dibuat dipabrik dengan dipantau langsung oleh ahlinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merencanakan jembatan harus disesuaikan berdasarkan standar yang digunakan, dalam hal ini standar yang digunakan adalah SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan. Adapun beban-beban yang bekerja pada jembatan adalah:

a. Beban Sendiri

Berat sendiri adalah bagian dari bangunan tersebut dan elemen struktural lain seperti berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan

elemen struktural, ditambah dengan elemen structural yang dianggap tetap.

Rumus untuk beban sendiri ialah :

$$Q_{MS} = A \cdot w$$

b. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu harga KMA yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan Instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut mengawasi beban mati tambahan sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan. Pasal ini tidak berlaku untuk tanah yang bekerja pada jembatan. Faktor beban yang digunakan untuk tanah yang bekerja pada jembatan ini diberikan pada Pasal 5.4.2 dan diperhitungkan sebagai tekanan tanah pada arah vertikal.

c. Beban Sekunder

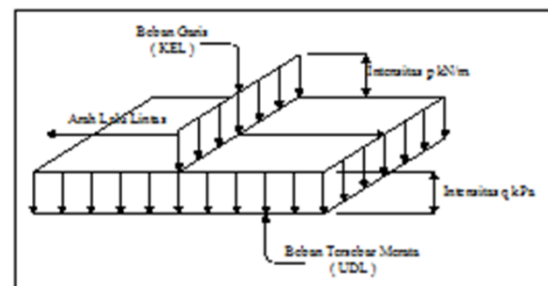
1) Beban Lajur "D"

Beban Lajur "D" ialah beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) q kPa, yang dimana besarnya tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

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

$$L > 30\text{m} : q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa.}$$

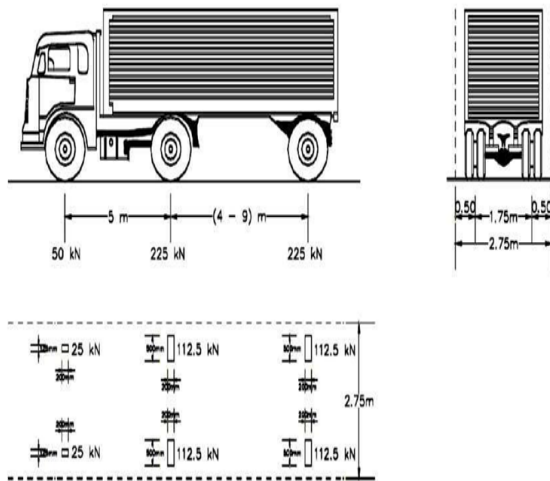
$$1 \text{ kPa} = 0,001 \text{ MPa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 2. 1 Beban Lajur "D"
Sumber: Departemen PU (2016)

2) Beban Lajur "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari truk semi-trailer yang mempunyai susunan berat as. Berat masing masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. berikut adalah gambar susunan truk semi-trailer.



Gambar 2. 2 Pembebanan Truk "T"
Sumber: Departemen PU (2016)

Untuk mencari beban pada truk :

$$PTT = (1 + FBD) T$$

Keterangan :

PTT = Beban truk (kN)

FBD = Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil 30 %

T = Beban hidup truk (kN)

d. Gaya Rem

Perhitungan gaya rem harus diambil yang terbesar dari 25 % dari berat gandar truk desain , dan 5 % dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR. Pada penempatan gaya rem ditetapkan pada semua lajur rencana yang dimuati sesuai pasal 8.2 yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan.

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

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa.}$$

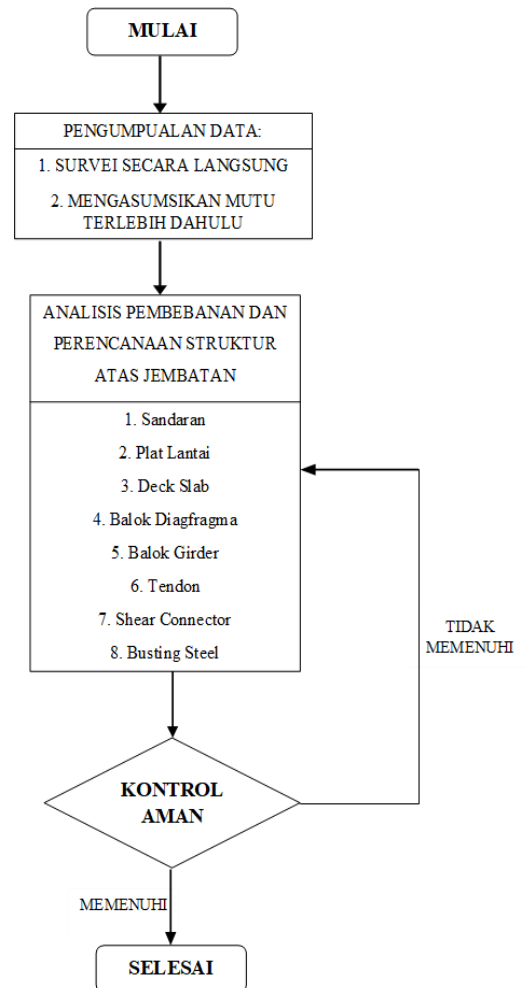
$$\text{Gaya rem, HTB} = 250 \text{ kN untuk } L \leq 80 \text{ m}$$

$$\text{Gaya Rem TTB} = H(TB) / n(\text{balok})$$

3. METODOLOGI

a. Alur Penyelesaian Masalah

Berikut adalah alur yang dibuat oleh penulis dalam menyelesaikan masalah:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Masalah

b. Metode Penyelesaian Masalah

1) Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ini dilakukan melalui survei langsung ke lapangan. Serta mengasumsikan terlebih dahulu Mutu yang akan digunakan.

2) Metode Analisis

Statistik secara kuantitatif adalah metode yang digunakan penulis untuk menganalisis data. Selain itu, dapat berupa analisis statistik parametric. Untuk metode yang digunakan dalam perhitungan pembebanan mengacu kepada SNI 1725-2016. Adapun metoda desain yang digunakan dalam menganalisis merencanakan balok prategang terhadap lentur, adalah metode *load balancing* yang artinya mendistribusikan beban secara merata.

3) Spesifikasi Jembatan

• Jembatan

Bentang Jembatan = 21 m
 Lebar Jembatan = 5 m
 Lebar Trotoar = 0,5 m
 Tebal slab lantai jembatan = 0,2 m
 konstruksi jembatan = Beton prategang
 jarak antar balok utama = 1,5 m

• Tiang Sandaran

Mutu beton = 25 Mpa
 Mutu baja = 240 Mpa
 Tinggi tiang sandaran = 1 m
 Jarak tiang sandaran = 2 m

• Lantai Trotoar

Mutu beton = 25 Mpa
 Mutu baja = 400 Mpa
 Lebar trotoar = 0,5 m
 Tebal trotoar = 0,2 m

• Lantai Jembatan

Mutu beton = 30 Mpa
 Mutu baja = 400 Mpa
 Lebar lantai jembatan = 5 m
 Tebal lantai jembatan = 0,2 m

• Gelagar Induk/Balok Girder

Mutu beton = 60 Mpa
 Mutu baja = 400 Mpa

• Gelagar Diafragma

Mutu beton = 25 Mpa
 Mutu baja = 400 Mpa
 Tebal Gelagar = 0,2 m

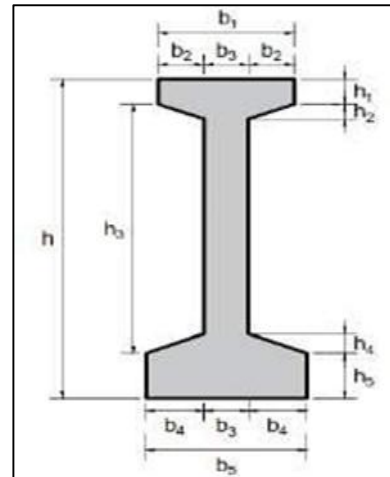
4. PEMBAHASAN

a. Dimensi balok girder

Dimensi yang digunakan merupakan dimensi yang dikeluarkan oleh PT Wijaya Karya Beton.

Tabel 4. 1 Dimensi Girder

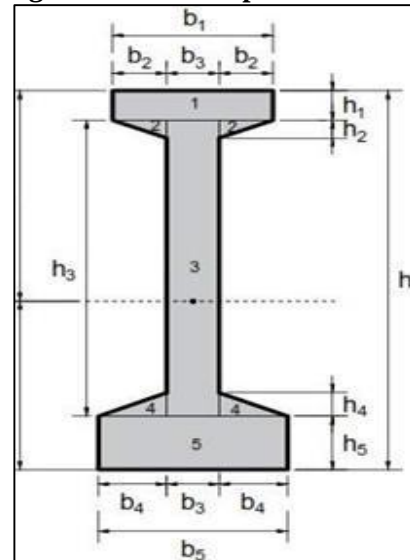
kode	Lebar (cm)	kode	Lebar (cm)
b1	55	h1	12,5
b2	18,5	h2	7,5
b3	18	h3	125
b4	23,5	h4	10
b5	65	h5	22,5
		h	160



Gambar 4. 1 Dimensi Girder

b. Analisis Penampang Balok

1) Gelaga Sebelum Komposit



Gambar 4. 2 Pembagian Area Penampang Balok

Tabel 4. 2 Perhitungan Jarak Yb

Ix bagian ke	Ac (cm ²)	Y (cm)	Ac . Y (cm ³)
I	687,5	153,75	105703
II	69,4	145	10059,4
III	2250	85	191250
IV	117,5	29,2	3427,08
V	1462,5	11,25	16453,1
Σ	4586,9		326893

$$Y_b = \frac{326893}{4586,9} = 71,3 \text{ cm}$$

$$Y_t = Y - Y_b$$

$$= 160 - 71,3 = 88,7 \text{ cm}$$

Tabel 4. 3 Pehitungan Momen Inersial

Bagian	b (cm)	h (cm)	h ³ (cm ³)	A (cm ²)	Y=Y-Y _b	Y ² (cm ²)	I _x (cm ⁴)
I	55	12,5	1953,1	687,5	82,5	6803,4	4686323,24
II	18,5	7,5	421,9	69,4	73,7	5436,6	377378,071
III	18	125	1953125	2250	13,7	188,6	3354028,41
IV	23,5	10	1000	117,5	-42,1	1772,4	208914,008
V	65	22,5	11390,6	1462,5	-60,0	3602,0	5329678,84
$\sum I_x$							13956322,6

Statis Momen:

$$S_b = \frac{\sum I_x}{Y_b} = \frac{13956322,6}{71,3} = 195831,554 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{\sum I_x}{Y_t} = \frac{13956322,6}{88,7} = 157284,423 \text{ cm}^3$$

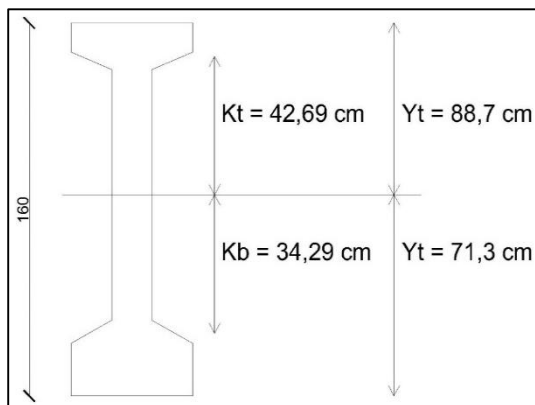
Jari-jari Inersial (i²):

$$i^2 = \frac{\sum I_x}{Ac} = \frac{13956322,6}{4586,9} = 3042,66 \text{ cm}^2$$

Penentuan Batas Inti Balok Prategang (kern)

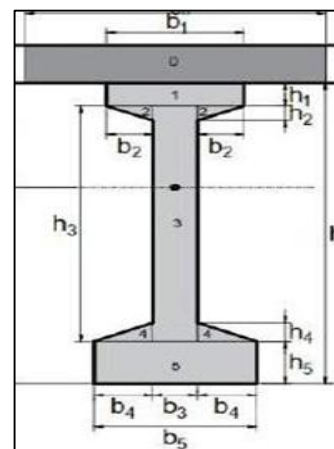
$$\text{Bagian atas } (K_t) = \frac{i^2}{Y_b} = \frac{3042,66}{71,3} = 42,69 \text{ cm}$$

$$\text{Bagian bawah } (K_b) = \frac{i^2}{Y_t} = \frac{3042,66}{88,7} = 34,29 \text{ cm}$$



Gambar 4. 3 Penampang Balok Girder

2) Gelagar Setelah Komposit



Gambar 4. 4 Pembagian Penampang Girder Komposit

Tabel 4. 4 Perhitungan Yb'

I _x bagian ke	Ac (cm ²)	Y (cm)	Ac . Y (cm ³)
I	687,5	153,75	105703
II	69,375	145	10059,4
III	2250	85	191250
IV	117,5	29,167	3427,08
V	1462,5	11,25	16453,1
Plat	2121,32034	170	360624
$\sum$	6708,2		687517

$$Y_{b'} = \frac{687517,1667}{6708,2} = 102,49 \text{ cm}$$

$$Y_{t'} = Y - Y_{b'}$$

$$= (160 + 20) - 102,49 = 77,5 \text{ cm}$$

Tabel 4. 5 Perhitungan Momen Inersial Gelagar Komposit

Bagian	b (cm)	h (cm)	h ³ (cm ³)	A (cm ²)	Y = Y - Yb'	Y ² (cm ²)	Ix' (cm ⁴)
I	55	12,5	1953,1	687,5	51,3	2627,7	1815478,97
II	18,5	7,5	421,9	69,375	42,5	1807,2	125589,443
III	18	125	1953125	2250	-17,5	305,9	3617894,98
IV	23,5	10	1000	117,5	-73,3	5376,2	632354,514
V	65	22,5	11390,6	1462,5	-91,2	8324,6	12236398,2
Plat	106,07	20	8000,0	2121,32	67,5	4557,7	9739087,02
$\Sigma Ix'$							28166803,2

Statis Momen:

$$S_b' = \frac{\Sigma Ix'}{Y_{b'}} = \frac{28166803,2}{102,49} = 274827,2 \text{ cm}^3$$

$$S_t' = \frac{\Sigma Ix'}{Y_{t'}} = \frac{28166803,2}{77,5} = 363391,7 \text{ cm}^3$$

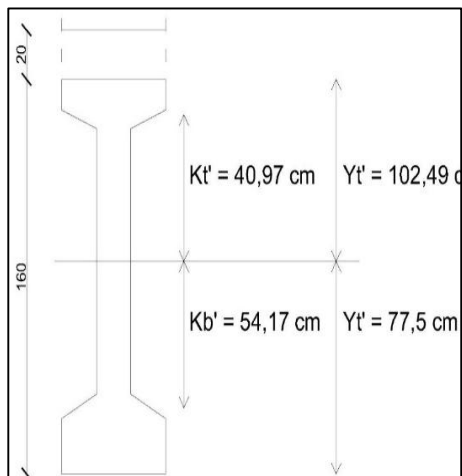
Jari-jari Inersial (i²):

$$i^{2'} = \frac{\Sigma Ix'}{A_{c'}} = \frac{28166803,2}{6708,2} = 4198,86 \text{ cm}^2$$

penentuan batas inti beton prategang (kern)

$$\text{Bagian atas } (K_t') = \frac{i^{2'}}{Y_{b'}} = \frac{4198,86}{102,49} = 40,97 \text{ cm}$$

$$\text{Bagian bawah } (K_b') = \frac{i^{2'}}{Y_{t'}} = \frac{4198,86}{77,5} = 54,17 \text{ cm}$$



Gambar 4. 5 Penampang Girder Komposit

- a. Pembebanan
1) Gaya Lintang Total

Tabel 4. 6 Gaya Lintang Total

Titik tinjau (m)	Balok Girder (kN)	Balok Diafragma (kN)	Deck slab precast dan plat lantai (kN)	Beban D (kN)	Beban Angin (kN)	Gaya Rem dan Atraksi (kN)	Total (kN)
0-1,5	120,4	56,3	122,3	918,8	37,8	6,7	1262,2
1,5-3	103,2	48,3	104,9	787,5	32,4	6,7	1082,9
3-4,5	86,0	40,2	87,4	656,3	27,0	6,7	903,5
4,5-6	68,8	32,2	69,9	525,0	21,6	6,7	724,1
6-7,5	51,6	24,1	52,4	393,8	16,2	6,7	544,8
7,5-9	34,4	16,1	35,0	262,5	10,8	6,7	365,4
9-10,5	17,2	8,0	17,5	131,3	5,4	6,7	186,1
10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2) Momen Total

Tabel 4. 7 Momen Total

Titik tinjau (m)	Balok Girder (kN)	Balok Diafragma (kN)	Deck slab precast dan plat lantai (kN)	Beban D (kN)	Beban Angin (kN)	Gaya Rem dan Atraksi (kN)	Total (kN)
0-1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
1,5-3	167,71	78,43	170,38	1279,69	52,60	10,0	1758,83
3-4,5	309,61	144,79	314,55	2362,50	97,10	20,1	3248,62
4,5-6	425,72	199,08	432,51	3248,44	133,52	30,1	4469,36
6-7,5	516,02	241,31	524,25	3937,50	161,84	40,1	5421,05
7,5-9	580,53	271,48	589,78	4429,69	182,07	50,2	6103,70
9-10,5	619,23	289,58	629,10	4725,00	194,21	60,2	6517,30
10,5	632,13	295,61	642,21	4823,44	198,25	70,2	6661,85

d. Perencanaan Tendon

1) Pemilihan Tendon

Material strand yang digunakan diambil dari data Ned H.Burn T.Y.Lin yang terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 8 Properti Strand

Type	Diameter	Luas	f_u	E_s
	Ø	Ast		
	(mm)	(cm^2)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)

VSL ½12.7 inc	0.9871	19000	1.96E+06
---------------	--------	-------	----------

Dengan demikian, terdapat 40 strand yang dibagi menjadi 4 tendon dengan rincian seperti dibawah ini:

Tendon ke 1	=	10	strand
Tendon ke 2	=	10	strand
Tendon ke 3	=	10	strand
Tendon ke 4	=	10	strand

2) Letak Tendon

Tabel 4. 9 Garis Netral Tendon

	X_i (mm)	$Y_i = \frac{4 * f * X_i * (L - X_i)}{L^2}$ (mm)	Y_b (mm)	Jarak dari tepi bawah, Y_i (mm)
	0	0	713	713
	1500	153,4	713	559,3
	3000	283,2	713	429
	4500	389,4	713	323,3
	6000	472,0	713	241
	7500	531,0	713	181,7
	9000	566,4	713	146
	10500			
	0	578,2	713	134,5

Tabel 4. 10 Letak Tendon 1

	X_i (mm)	$Y_i = \frac{4 * f * X_i * (L - X_i)}{L^2}$ (mm)	Y_b (mm)	Jarak dari tepi bawah, Y_i (mm)
	0	0	1163	1163
	1500	242,1	1163	920,5
	3000	447,0	1163	716
	4500	614,7	1163	548,0
	6000	745,0	1163	418
	7500	838,2	1163	324,5
	9000	894,0	1163	269
	10500			
	0	912,7	1163	250,0

Tabel 4. 11 Letak Tendon 2

	X_i (mm)	$Y_i = \frac{4 * f * X_i * (L - X_i)}{L^2}$ (mm)	Y_b (mm)	Jarak dari tepi bawah, Y_i (mm)
	0	0	863	863
	1500	202,3	863	660,3

Dibawah ini gambar end block dan posisi tendon dengan satuan cm

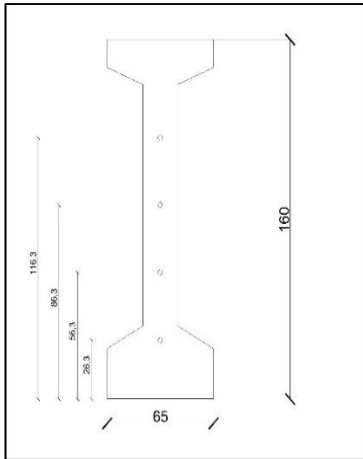
3000	373,6	863	489
4500	513,6	863	349,0
6000	622,6	863	240
7500	700,4	863	162,3
9000	747,1	863	116
10500			
0	762,7	863	100,0

Tabel 4. 12 Letak Tendon 3

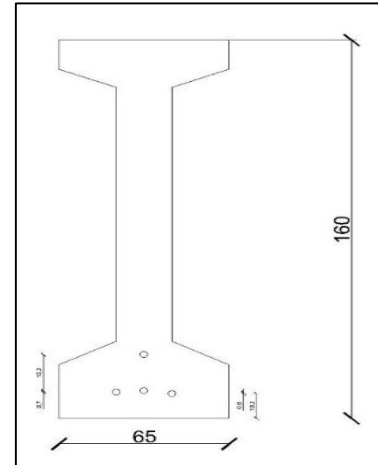
	X_i (mm)	$Y_i = \frac{4 * f * X_i * (L - X_i)}{L^2}$ (mm)	Y_b (mm)	Jarak dari tepi bawah, Y_i (mm)
	0	0	563	563
	1500	122,7	563	439,9
	3000	226,6	563	336
	4500	311,6	563	251,1
	6000	377,7	563	185
	7500	424,9	563	137,8
	9000	453,2	563	109
	10500			
	0	462,7	563	100,0

Tabel 4. 13 Letak Tendon 4

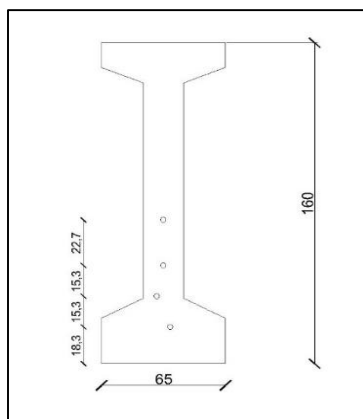
	X_i (mm)	$Y_i = \frac{4 * f * X_i * (L - X_i)}{L^2}$ (mm)	Y_b (mm)	Jarak dari tepi bawah, Y_i (mm)
	0	0	263	263
	1500	43,2	263	219,5
	3000	79,7	263	183
	4500	109,6	263	153,1
	6000	132,8	263	130
	7500	149,4	263	113,3
	9000	159,3	263	103
	10500			
	0	162,7	263	100,0



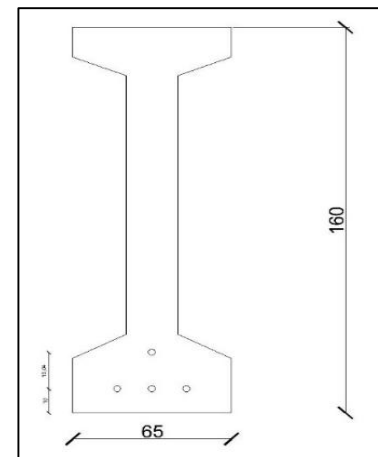
Gambar 4. 6 Posisi Tendon pada Tumpuan



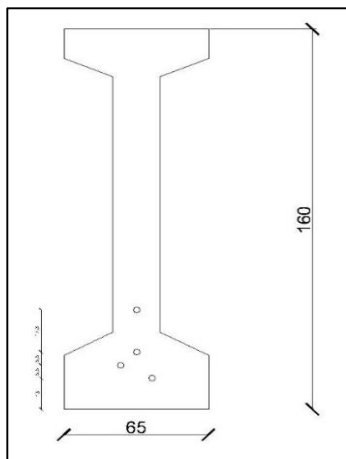
Gambar 4. 9 Posisi Tendon pada Jarak 9 Meter



Gambar 4. 7 Posisi Tendon pada Jarak 3 Meter



Gambar 4. 10 Posisi Tendon pada Jarak 10,5 Meter (Tengah Bendang)



Gambar 4. 8 Posisi Tendon pada Jarak 6 Meter

e. Kehilangan Tegangan

Beton	Δf_{ci}	%	1,7
	Δf_{sh}	%	0,9
	Δf_{cr}	%	0,1
Baja	Δf_{rel}	%	4,4
	Δf_{as}	%	3,5
	f_B	%	19,1

Total kehilangan tegangan % 29,7

$$R = 100 - 29,7 = 70,3 \%$$

f. Kontrol Tegangan

1) Beton Sebelum Komposit

$f_{top} = -40,19$ (tekan) $\leq 17,96$ (tarik).....Aman

$f_{bot} = -32,28$ (tekan) $\leq -277,2$ (tekan).....Aman

2) Beton Komposit

- Kombo 1 (M+H+K)

pada plat, beban "D"

$f_{t_{plat}} = -98,5$ (tekan) ≤ -300 (tekan).....Aman
pada balok, beban mati + beban "D"

$f_{top} = -73,36$ (tekan) ≤ 0 (tarik).....Aman

- Kombo 2 (M+A)

$f_{top} = -94,93$ (tekan) ≤ 0 (tarik).....Aman

- Kombo 3 (kombo 1 + Angin + Rem)

Pada plat, beban "D" + angin + rem

$f_{t_{plat}} = -103,97$ (tekan) ≤ -300 (tekan).....Aman

pada balok, beban mati + beban angin + beban "D" +
beban rem

$f_{top} = -83,13$ (tekan) ≤ 0 (tarik).....Aman

g. Perhitungan Lendutan

- Lendutan karena gaya prategang awal (P_i) (δ_1)

$$\delta_1 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 3,3 \cdot 10^1 \text{ mm } (\uparrow)$$

- Lendutan karena gaya prategang akhir (P_{eff}) (δ_2)

$$\delta_2 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 2,3 \cdot 10^1 \text{ mm } (\uparrow)$$

- Lendutan karena berat girder itu sendiri (δ_3)

$$\delta_3 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 5,7 \cdot 10 \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan karena berat balok diagfragma (δ_4)

$$\delta_4 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 2,7 \cdot 10 \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan karena deck slab, plat lantai, aspal (δ_5)

$$\delta_5 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 5,4 \cdot 10 \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan karena beban hujan (δ_6)

$$\delta_6 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 3,7 \cdot 10^{-1} \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan karena beban hidup merata (δ_7)

$$\delta_7 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = 1,3 \cdot 10^1 \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan karena beban hidup garis (δ_8)

$$\delta_8 = \frac{P \cdot L^8}{48 \cdot E \cdot I} = 5,2 \cdot 10 \text{ mm } (\downarrow)$$

- Lendutan yang diizinkan pada jembatan (δ_9)

$$\delta_9 \leq 42 \text{ mm } (\downarrow)$$

Check:

- Saat transfer

$$= 2,7 \cdot 10^1 \text{ mm } (\uparrow) \text{ Aman}$$

- Saat akhir

$$= 9,3 \cdot 10 \text{ mm } (\uparrow) \text{ Aman}$$

- Saat layanan lalulintas dan air hujan

$$= 8,8 \cdot 10 \text{ mm } (\downarrow) \leq 42 \text{ mm } (\downarrow) \text{.....Aman}$$

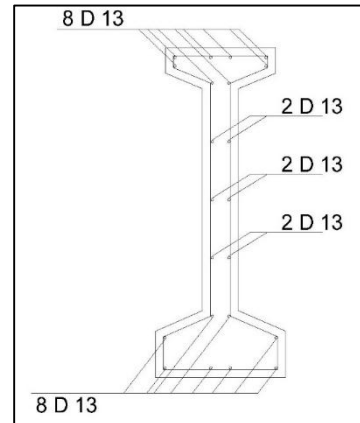
h. Perencanaan Tulangan Geser

1) Perencanaan Tulangan Pokok Girder

$$\rho < \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$0,0008 < 0,0035 < 0,42$$

maka digunakan tulangan 8D13 mm ($A_s = 1062 \text{ mm}^2$)



Gambar 4. 11 Tulangan Pokok Girder

2) Perhitungan Geser

$$f_c = 60 \text{ Mpa} = 0,06 \text{ kg/cm}^2 = 600 \text{ kg/m}^2 = \sqrt{0,06} = 0,2$$

$$P = T_i = 6300 \text{ Kn}$$

$$R = 0,703$$

$$A_c = 4586,88 \text{ cm}^2$$

$$B_w = 18 \text{ cm} = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$$

$$S_b' = 274827,2 \text{ cm}^3$$

$$Y_t' = 77,5 \text{ cm}$$

Perhitungan ACI

$$\phi = 0,85$$

$$b_{web} = 15 \text{ cm}$$

Tabel 4. 14 Gaya Geser

Titik Tinjau	A	1	2	3	4	5	6	7
Jarak	0 m	1,5 m	3 m	4,5 m	6 m	7,5 m	9 m	10,5 m
Gaya Lintang(Vu)(Kn)	1262,24	1082,87	903,51	724,14	544,78	365,42	186,05	0,00
Momen (Mu) (Kn.m)	0,00	1758,83	3248,62	4469,36	5421,05	6103,70	6517,30	6661,85
dp (cm)	71,3	55,93	42,95	32,33	24,07	18,17	14,63	13,45
$\frac{Vu * dp}{Mu}$		0,34	0,12	0,05	0,02	0,01	0,004	0,00
Vc min (kg)	166,54	130,69	100,36	75,55	56,25	42,46	34,19	31,43
$\frac{49 * Vu * dp}{Mu}$		16,87	5,85	2,57	1,19	0,53	0,20	0,00
Vc (kg)		2496,3	665,00	219,5	75,47	25,62	7,92	0,00
Vc max (kg)	417,92	327,96	251,85	189,6	141,2	106,6	85,79	78,87
Vc diambil (kg)	417,92	2496,3	665,00	219,5	75,47	25,62	7,92	0,00
$\frac{Vu}{\phi}$ (kg)	148498	127397	106295	85195	64092	42990	21889	0,00
$V_s = \frac{(Vu/\phi) - V_c}{V_c}$	148080,52	124900,43	105630,11	84973,93	64016,32	42964,50	21880,54	0,00

Tabel 4. 15 Jarak Tulangan Geser

Jarak	0 m	1,5 m	3 m	4,5 m	6 m	7,5 m	9 m	10,5 m
Av (As*jml kaki stirrup) (cm)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
fy (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
S (cm)	51,10	47,55	43,17	40,40	39,92	44,91	71,00	0,00
Smax ₁ (cm)	202,78	179,64	157,42	136,58	117,85	102,39	91,88	88,09
Smax ₂ (cm)	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96
S diambil (cm)	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96	60,96

i. Perencanaan Busting Steel

Perhitungan *busting steel* bisa menggunakan rumus dibawah ini:

$$\frac{hb}{a} \leq 0,2 \rightarrow R = 0,3 * \pi * (1 - \frac{hb}{a})$$

$$\frac{hb}{a} \geq 0,2 \rightarrow R = 0,25 * \pi * (1 - \frac{hb}{a})$$

Dimana:

hb = Tinggi tiang plat angkur (mm)

a = Panjang end blok pada balok girder (mm)

Pi = Tegangan pada 1 tendon (Kn)

Tabel 4. 16 Jumlah dan Luas Busting Steel

	Tendon 1	Tendon 2	Tendon 3	Tendon 4
Jumlah strands (ns), buah	10	10	10	10
Lebar plat angkur (hb), mm	265	265	265	265

Besar Penarikan (kg)	142537,24	142537,24	142537,24	142537,24
R (kg)				
Luas bustring steel(Abs), cm ²	43839,58	43839,58	43839,58	43839,58
jml bustring steel(n), buah	11	11	11	11

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis perencanaan maupun perhitungan diatas, maka diperoleh Suatu kesimpulan seperti dibawah ini:

- Perencanaan pembebanan jembatan mengacu kepada SNI 1725-2016.
- Tiang sandaran memiliki dimensi 40 x 15 cm dengan jarak antar tiang 200 cm. Serta dimensi pipa sandaran yang digunakan adalah berdimensi 60,7 mm.
- Profil I girder yang digunakan memiliki dimensi dengan tinggi 1,6 meter karena menyesuaikan dengan yang ada dipasaran. Serta sudah cukup aman untuk bentang kurang lebih 21 meter.
- Mutu-mutu yang dipakai untuk perencanaan jembatan Leuwi Cantik ini adalah sebagai berikut:

Jembatan:

- Bentang Jembatan = 21 m
- Lebar Jembatan = 5 m
- Lebar Trotoar = 0,5 m
- Tebal slab lantai jembatan= 0,2m
- Konstruksi jembatan = Beton prategang
- jarak antar balok utama = 1,5 m

Tiang Sandaran :

- Mutu beton = 25 Mpa
- Mutu baja = 240 Mpa
- Tinggi tiang sandaran = 1 m
- Jarak tiang sandaran = 2 m

Lantai Trotoar:

- Mutu beton = 25 Mpa
- Mutu baja = 400 Mpa
- Lebar trotoar = 0,5 m

- Tebal trotoar = 0,2 m

Lantai Jembatan:

- Mutu beton = 30 Mpa
- Mutu baja = 400 Mpa
- Lebar lantai jembatan = 5 m
- Tebal lantai jembatan = 0,2 m

Gelagar Induk (girder):

- Mutu beton = 60 Mpa
- Mutu baja = 400 Mpa

Gelagar Diagfragma:

- Mutu beton = 25 Mpa
- Mutu baja = 400 Mpa
- Tebal Gelagar = 0,2 m

Tendon:

- Type Tendon = VSL 1/2 inc
- Diameter = 12,7 mm
- Luas = 0,9871 cm²
- Jumlah Tendon = 4 buah
- Jumlah *Strand* tiap Tendon = 10 Strand
- Jumlah *Busting Steel* tiap tendon = 11 Buah
- Dengan menggunkan beton prategang profil I girder, bisa mengurangi terjadinya lendutan pada gelagar induk/utama yang disebabkan oleh beban-beban yang bekerja.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Hidayat, Mohamad. 2021. Perencanaan Struktur Atas Jembatan Cikundul Girang di Kecamatan Sukaresmi Kabupaten Cianjur. Skripsi. Cianjur. Universitas Suryakencana.
- Alim, Khoirul. (2010). Modifikasi Perencanaan Struktur Kali Barek Kab.Malang dengan Sistem Balok Beton Pratekan Menerus. (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-19238-3110040505-paperpdf.pdf>). Diakses 28 Juni 2022.
- Aneka alam abadi, (2018), Kerb, <https://jualbuisbeton.com/kerb/>, diakses pada 05 April 2022 pukul 11:27 WIB.
- Apriyanto, Dimas. & Siswoyo. (2021). Perencanaan Girder Jembatan Beton Prategang JL. Raya Sememi Benowo Surabaya Sections 0 – 152. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi vol 9 no 1. Surabaya.
- Arafuru, (2020), 17 Kelebihan dan Kekurangan Baja Sebagai Material Bangunan, <https://arafuru.com/material/kelebihan-dan->

- kekurangan-baja-sebagai-bahan-bangunan.html, diakses pada 05 April 2022 pukul 13:29 WIB.
- Armin dkk. (2018). *Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang*. Jurnal Sipil Statik vol 6 no 2. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2016. SNI 1725-2016. *Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standar Nasional: Jakarta.
- Bambang Pudjianto, Ir. MT. dkk (2004). *Perencanaan Jembatan*. Jurusan T.Sipil F.T. Undip. Semarang.
- Bambang supriyadi, Agus setyo muntohar (2000). *Jembatan*. Yogyakarta.
- Batubara, Samsuardi. 2018. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil Vol 1 (hal 45-61)*. Medan.
- Budiadi, A. (2008). *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta: CV. Andi offset.
- Burns, Ned H. (1988). *Desain Struktural Beton Prategang Jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987). *Pedoman Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1992). *Bridge Managemet System*. Dirjen Bina Marga. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1997). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2000). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Gada bima usaha, (2018), *Bagian-bagian jembatan*, <https://karetmalang.wordpress.com/2019/04/25/bagian-bagian-jembatan/>, diakses pada 05 April 2022 pukul 12:41 WIB.
- Hadipratomo, W. (2008). *Analisis dan Desain Struktur Beton Prategang*. Bandung: PT. Danamartha Sejahtera Utama.
- Hidayat, A. S., & Chayati, N. (2014). *Perancangan Struktur Atas Jembatan Beton Prategang*. Jurnal Rekayasa Sipil ASTONJADRO, 3(2), 29–42. <http://ejournal.uikabogor.ac.id/index.php/ASTONJADRO/article/view/813/652>.
- Hutama AL, Sandy. 2009. *Perencanaan Struktur Atas Jembatan Condret dengan Konstruksi Beton Prategang*. Jakarta. Universitas Mercu Buana.
- Ilham, M. N. (2008). *Perhitungan Balok Prategang (PC-I Girder)*. Yogyakarta.
- Ilman, Y. (2005). *Desain Jembatan Muara Hilir menggunakan Beton Prategang Penampang I*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Atmajaya, Yogyakarta.
- Keretapedia.com, (2020), *bagian-bagian pada jembatan*, <https://keretapedia.com/2020/04/16/bagian-bagian-pada-jembatan/>, diakses pada 05 April 2022 pukul 11:12 WIB.
- Kusuma, G., & Vis, W.C. (1997). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Leksono, Bowo. (2012). *Studi Perencanaan Jembatan Beton Pratekan*. Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik vol 01 no 01 (hal 1-32). Gresik.
- Nawy, Edward G. (2001). *Beton Prategang*. Edisi ke-3 Jilid 1. Erlangga: Jakarta.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Pranawa. 2020. *Inilah Beberapa Fungsi Jembatan*. <https://mbkchallenge.org/inilah-beberapa-fungsi-jembatan/>. Diakses pada tanggal 04 Februari 2022 pukul 16.13 WIB.
- Prestressed Concrete Institute. (2010). *PCI Design Handbook – Precast and Prestressed Concrete*. Chicago: Prestressed Concrete Institute.
- Rangan, P. R. (2019). *Perencanaan Jembatan Sungai Mappajang Dengan Jembatan Beton Prategang*. Journal Dynamic Saint, 4(1), 782–787. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v4i1.692>
- Ready mix, (2019), *Jenis-Jenis Gelagar Jembatan Sesuai Bentangannya*, <https://readymix.co.id/jenis-jenis-gelagar-jembatan-sesuai-bentangannya/>, diakses pada 05 April 2022 pukul 11:23 WIB.
- Saktika, Gadis. 2020. *Mengenal Beton Prategang, Material Penahan Beban Eksternal Terbaik (Pengertian, Kelebihan, Dan Metode Aplikasi)*. <https://www.99.co/blog/indonesia/beton-prategang-konstruksi/>. diakses pada tanggal 04 Februari 2022 pukul 20.23 WIB.
- Santosa dkk. (2015). *Perencanaan Jembatan Prategang Kali Suru Pemalang*. Jurnal Karya Teknik Sipil vol 4, 1–12. Pemalang.
- Supriyadi, B., & Muntohar, S.A. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Beta offset.
- Trianida, A. (2016). *Perhitungan Struktur Jembatan Prategang Pada Jalan Muallaf Menuju Km.12 Jalan Poros Kota Bangun*. Teknik Sipil Dan Arsitektur, vol 2, hal 1–12. <http://ejournal.untagsmd.ac.id/index.php/TEK/article/view/2425>.
- V.Sunggono Kh, Ir. (1995). *Buku Teknik Sipil*. Nova. Bandung.

- Vis W.C & Gideon Kusuma (1994). *Dasar Dasar Perencanaan Beton Bertulang menurut SKSNI T-15-1993-03*. Erlangga. Jakarta.
- Vis W.C & Gideon Kusuma (1994). *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang menurut SKSNI T-15-1993-03*. Erlangga. Jakarta.
- Yamin, Ibham dkk. (2020). *Analisis Perbandingan Kehilangan Prategang Akibat Variasi Letak Tendon PC I Girder Jembatan Beton Prategang*. Journal of Applied Science (Japps) vol 2 no 2. Jakarta.
- <http://ali10wafa.blogspot.com/p/plat-lantaiatap-beton-plat-lantai-yang.html>(Diakses Pukul 9:00, Selasa, 26-Februari-2019)
- <http://www.datajembatan.com> (Diakses Pukul 13:00, Sabtu, 2-Februari-2019)
- <https://docplayer.info/51369180-Plate-girder-a-pengertian-pelat-girder.html> (Diakses Pukul 15:00, Selasa, 5-Maret-2019)
- <http://www.shantywp.co.id/gallery/swasta/Jalan--Jembatan-and-Tower> (Diakses Pukul 18:00 Kamis, 5-Maret 2019)
- <https://www.kompasiana.com/gapey-sandy/567c0d826d7e61fd13cc5659/inovasi-jembatan-ortotropik-lebih-cepat-dan-lebih-ringan?page=all> (Diakses Pukul 11:00, Sabtu, 9-Maret-2019)
- <https://www.radarbangka.co.id/berita/detail/belitong/43963/jembatan-minapolitan-ternyata-sudah-pho.html> (Diakses Pukul 10:00, Sabtu, 9-Maret-2019)
- <http://www.newkidjoy.com/2011/03/perencanaan-struktur-beton-pelat-lantai.html> (Diakses Pukul 09:00, Selasa, 12-Maret-2019)