

# PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN CIBUNI DENGAN BETON PRATEGANG PADA KECAMATAN CIJATI KABUPATEN CIANJUR

<sup>1</sup> Zairofi Fajriansah,<sup>2</sup> Yudi Sekaryadi

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana  
fajriansahzairofi9@gmail.com <sup>1</sup>, yudisekaryadi65@gmail.com <sup>2</sup>

## Abstrak

*Cibuni Bridge is a bridge that connects Cianjur and Sukabumi districts with a span of 30 m and a bridge width of 7 (2x0.5) meters. and the bridge is the only access for the economy of the residents in the area. it is necessary to renew/build a new bridge. The regulations for the design of the loading structure of the Cibuni bridge use the regulations of the Ministry of Public Works RSNI 2016. This plan uses prestressed concrete with predetermined dimensions, including elongated girders using dimensions H-170 cm, with support poles using dimensions of 40 x 12 cm with a distance of each backing pole 200 cm with a height of 100 cm, while the main reinforcement uses 10 mm and stirrup reinforcement -150 mm, the floor plate uses a thickness of 20 cm with the main reinforcement 10 – 200 mm and 13 – 200mm. for the quality of the concrete used on the floor slab of 30 MPa.*

*Keywords: Prestressed Concrete Bridge, Girder Beam, VSL Cable, Superstructure*

## Abstrak

*Jembatan Cibuni adalah jembatan yang menghubungkan antara kabupaten Cianjur dan Kabupaten Sukabumi dengan bentang 30 m dan lebar jembatan 7(2x0,5)meter. dan Jembatan tersebut adalah akses satu-satu bagi perekonomian warga yang ada di daerah tersebut. diperlukan pembaharuan/pembuatan jembatan baru.peraturan untuk perancangan pembebanan struktur atas jembatan cibuni menggunakan peraturan Departemen Pekerjaan Umum RSNI 2016 .perencanaan ini menggunakan beton prategang dengan dimensi-dimensi yang sudah di tentukan,diantaranya gelagar memanjang menggunakan dimensi H-170 cm, dengan tiang sandaran menggunakan dimensi 40 x 12 cm dengan jarak tiap tiang sandaran 200 cm dengan tinggi 100 cm,adapun tulangan utama memakai Ø 10 mm dan tulangan sengkang Ø-150 mm,plat lantai menggunakan tebal 20 cm dengan tulangan utama Ø 10 – 200 mm dan Ø 13 – 200 mm. untuk mutu beton yang di gunakan pada plat lantai 30 mpa.*

*Kata kunci: Jembatan Beton Prategang, Balok Girder, Kabel VSL, Struktur Atas*

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu bangunan yang menghubungkan sungai,lembah,jurang ataupun rintangan untuk mempermudah akses jalan bagi yang melintasnya.jenis jembatan sangat mempengaruhi oleh lokasi yang akan di rencanakan agar mobilisasi bahan jembatan tidak tersendat oleh akses jalan menuju lokasi

Jembatan yang akan di modifikasi berada di kecamatan Cijati kabupaten Cianjur, jembatan tersebut menghubungkan dengan kecamatan Cidadap kabupaten Sukabumi berfungsi untuk menyuplai hasil alam yang ada di sekitar menuju ke kota.jembatan tersebut di resmikan pada tanggal 24 Maret 2021.

Pada jembatan Cibuni ini penulis ingin memodifikasi dengan menggunakan struktur beton prategang dengan panjang 30 meter , dimana panjang bentang dari jembatan tersebut adalah 120 meter yang akan menghubungkan antara Kabupaten Cianjur dengan Kabupaten Sukabumi. Pada awalnya jembatan tersebut rangka baja.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### a. Jembatan

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang memungkinkan route transportasi melalui sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan

seperti lembah yang dalam, alur sungai saluran irigasi dan pembuang . Jalan ini yang melintang yang tidak sebidang dan lain-lain.

**b. Beton Prategang**

Definisi beton prategang menurut ACI ialah beton yang merasakan tegangan internal yang memiliki nilai yang besar dan penyaluran sedemikian sehingga bisa menyeimbangi sampai mencapai batas tertentu tegangan yang terjadi karena beban eksternal. Pada pengertian lain, beton prategang ialah sebuah beton bertulang yang telah ditambahkan tegangan tekan didalam dengan tujuan mengurangi tegangan tarik dalam akibat beban kerja.

Dapat diartikan juga sebagai sebuah beton yang dimana tegangan tariknya pada kondisi pembebanan dihilangkan ataupun dikurangi sampai batas yang aman dengan memberikan gaya tekan permanen, serta baja prategang yang dipergunakan sebagai kebutuhan ini ditarik sebelum beton mengeras (pratarik) atau setelah beton mengeras (pascatarik).

**c. Jembatan Prategang**

Merupakan salah satu tipe jembatan yang menggunakan material konstruksi berupa beton prategang atau beton yang memiliki isi kabel baja. Beton prategang memiliki manfaat sebagai memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik. Beton prategang sebagai pemecah masalah untuk menghadapi besarnya tegangan tarik yang dapat timbul di struktur beton yang lebih khusus pada struktur yang memiliki bentang yang panjang. Material yang digunakan pada sistem ini ialah material beton dan sistem kabel. Sistem kabel terdiri dari kabel (wire, strand, bar), selongsong dan angkur (angkur hidup, angkur mati).

**d. Metode Beton Prategang**

Metode Konsep Dasar .Pada konsep dasar untuk merencanakan bagian beton prategang,tegangan serat beton dengan cara langsung dihitung pada gaya luar yang bekerja pada beton karena pemberian prategang longitudinal dan beban luar transversal.

Metode Garis C (Metode Elastis) Di dalam konsep ini balok dianalisa dengan menganggap seolah-olah berupa balok elastis dari beton polos dengan menggunakan prinsip-prinsip statika. Gaya prategang dipandang sebagai gaya tekan eksternal, dengan gaya tarik konstan T di tendon seluruh bentang. Dengan cara ini, efek beban gravitasi eksternal diabaikan. Persamaan keseimbangan  $\Sigma H$

= 0 dan  $\Sigma M = 0$  diterapkan untuk mempertahankan keseimbangan penampang.

Metode Penyeimbangan Beban Cara ini atas penggunaan gaya vertikal pada tendon prategang draped dan harped berguna menghadapi atau menyeimbangi pembebanan gravitasi yang dirasakan suatu balok. Cara ini dapat dipergunakan saat tendon prategang yang tidak lurus

**e. Pembebanan**

Perhitungan pembebanan berpedoman pada SNI 1725:2016.pembebanan yang akan di perhitungkan dalam peerhitungan kapasitas jembatan.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

**a. Lokasi penelitian**

Jembatan Cibuni yang menghubungkan wilayah Kecamatan Cijati Kabupaten Cianjur dengan Kecamatan Cidadap Kabupaten Sukabumi.

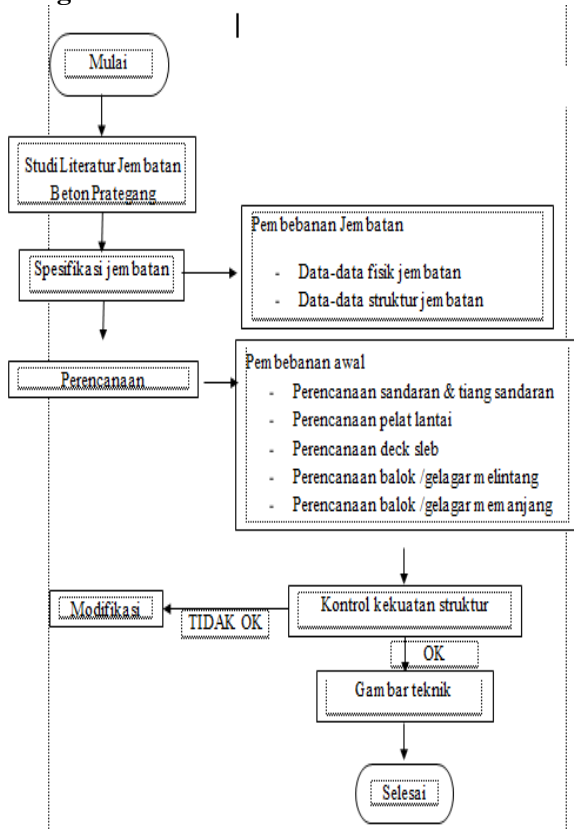


Gambar 3. 1 Lokasi jembatan Cibuni

**b. Data Proyek**

- Nama Proyek : Jembatan Cibuni
- Lokasi : Desa Sinarbakti, Kecamatan Cijati, Kabupaten Cianjur
- Fungsi bangunan : Jembatan
- Kelas Jembatan : Kelas B
- Bentang jembatan : 30 m
- Lebar Jembatan : 7 m
- Mutu Beton :  $f'c$  30 Mpa
- Mutu Baja : BJ 37 370 Mpa

**c. Bagan Alir Penelitian**



Gambar 3. 2 Bagan Alir Penyusunan Tugas Akhir

**4. PEMBAHASAN**

**A. Umum**

Perencanaan jembatan meliputi:

- perencanaan bangunan atas
- perencanaan bangunan bawah
- perencanaan pondasi

Bangunan atas jembatan letaknya di atas bangunan bawah jembatan dan tidak terhubung langsung dengan tanah di bawahnya

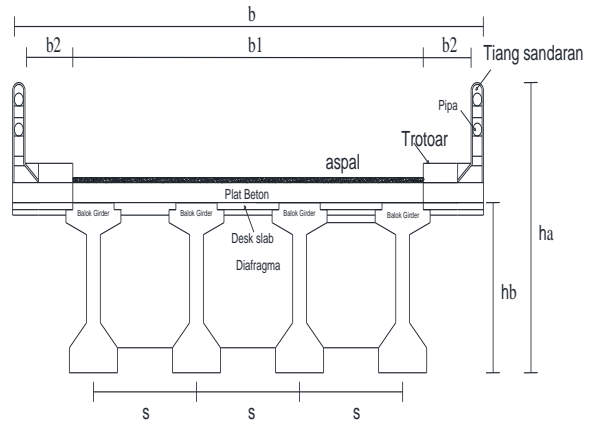
- tiang sandaran
- lantai kendaraan
- deck slab precast
- diafragma
- balok prategang

**B. Analisis Perancangan**

Pembahasan berikut ini akan merencanakan jembatan 30 meter berdasarkan SNI 1725:2016.pembebanan yang akan di perhitungkan dalam perhitungan kapasitas jembatan.adapun data jembatan dapat di lihat di bawah ini:

- Panjang bentang jembatan (L) =30m
- Tebal slab lantai jembatan (ts) = 20cm
- Tebal genangan air hujan (tt) =5cm

- Tebal aspal + overlay (Ta) = 10cm
- Jarak antara balok utama (s) = 1,75m
- Lebar jalur lalu lintas (b1) = 6m
- Lebar trotoar (b2) = 2 x 0,5m
- lebar total jembatan (b) = 7m

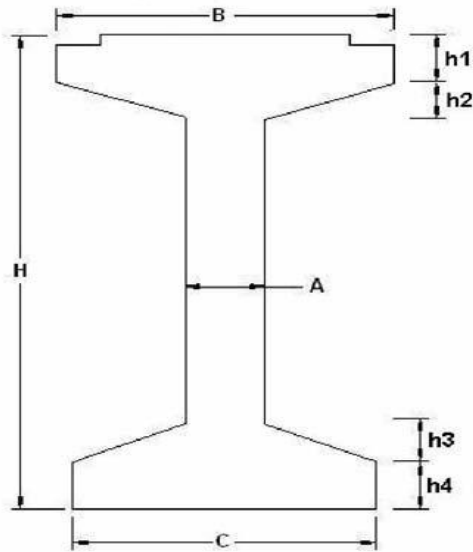


Gambar 4.1 Dimensi Komponen Jembatan

Balok prategang yang digunakan adalah produk dari PT. Wijaya Karya dengan Tinggi penampang (H) digunakan 170 cm. Adapun suntuks spesifikasi dimensi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Dimensi Balok Prategang

Kode	Lebar (m)	Kode	Tebal (m)
A	0.200	h1	0.200
B	0.800	h2	0.120
C	0.700	h3	0.250
H	1.700	h4	0.250
			0.820

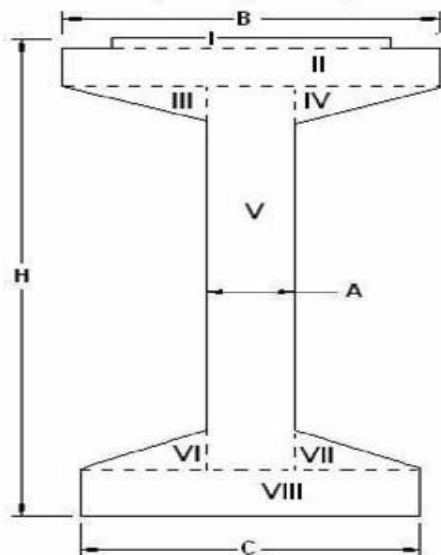


Gambar 4.2 Dimensi balok prategang

**C. Analisis Penampang Balok Girder Sebelum Komposit**

Perhitungan letak cgc pada sumbu X adalah dengan rumus :

$$Y=Yb = \frac{\sum(Ac.Y)}{\sum Ac}$$



Gambar 4.2 Pembagian area penampang balok girder

Tabel 4.2 Perhitungan Jarak Yb

Bagian	Ac (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	Ac.Y (cm <sup>3</sup> )
I	420	166,5	69930
II	1040	156,5	162760
III	180	146	26280
IV	180	146	26280
V	2500	87,5	218750
VI	312,5	33,3	10406,25
VII	312,5	33,3	10406,25
VIII	1750	12,5	21875
$\sum Ac = 4445$			$\sum Ac.Y = 349812,5$

$$Y = Yb = \frac{\sum(Ac.Y)}{\sum Ac}$$

$$= \frac{349812,5}{4445} = 78,69 \text{ cm}$$

$$Yt = Y - Yb$$

$$= 170 - 78,69 = 91,21 \text{ cm}$$

Perhitungan momen inersia terhadap sumbu x balok girder digunakan rumus

$$Ix = \frac{1}{12} b.h^3 + A.Y^2 \text{ (persegi)}$$

$$Ix = \frac{1}{36} b.h^3 + A.Y^2 \text{ (segitiga)}$$

$$Ix = \frac{1}{12} b.h^3 + A.Y^2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 7^3 + 420 \cdot (170 - 81,)^2$$

$$= 3.025.514,45 \text{ cm}^3$$

Tabel 4. 1 Perhitungan Momen Inersia

Bagian	b (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Ix (cm <sup>4</sup> )
I	60	7	420	3.502.860
II	80	13	1040	8.672.096
III	30	6	180	1.500.671
IV	30	6	180	1.500.671
V	20	125	2500	5.339.223
VI	25	12,5	312,5	2.606.375
VII	25	12,5	312,5	2.606.375
VIII	70	25	1750	14.679.250
$\sum Ix$				40.407.521 cm <sup>4</sup>

Perhitungan statis momen balok girder digunakan rumus:

$$S = \frac{Ix}{Y}$$

$$Sb = \frac{\sum Ix}{Yb} = \frac{40.407.521}{78,69} = 513.450,576 \text{ cm}^3$$

$$St = \frac{\sum Ix}{Yt} = \frac{40.407.521}{91,21} = 442.569,821 \text{ cm}^3$$

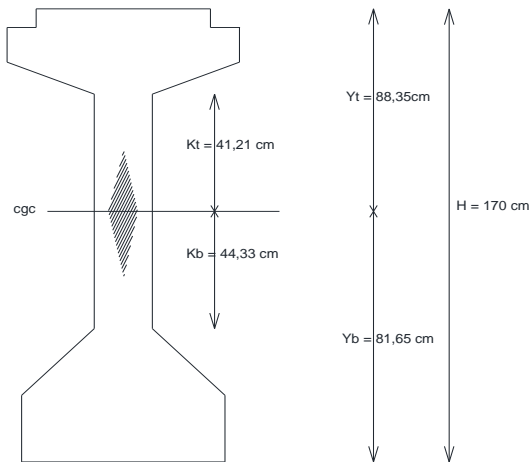
Jari-Jari Inersia (i<sup>2</sup>)

$$i^2 = \frac{\sum Ix}{Ac} = \frac{40.407.521}{4445} = 9090,55 \text{ cm}^2$$

Inti Balok Prategang (kern) Batas

$$\text{Bagian atas, } K_t = \frac{i^2}{Y_b} = \frac{9090,55}{78,695} = 115,51 \text{ cm}$$

$$\text{Bagian bawah, } K_b = \frac{i^2}{Y_t} = \frac{9090,55}{91,21} = 99,56 \text{ cm}$$



Gambar 4. 3 Penampang Balok Girder Komposit

Gelagar Penampang Komposit

Luas Plat Ekuivalen

Dicari lebar efektif plat lantai

$$be = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 3000 = 750 \text{ cm}$$

$$be = b + 16 t = 80 + 16 \cdot 20 = 400 \text{ CM}$$

be = jarak antar balok = 175 cm

Mutu beton precast,  $f'c = 60 \text{ MPa}$

Mutu pelat lantai,  $f'c = 30 \text{ Mpa}$

Beton ekuivalen (n)

$$n = \frac{E_c \cdot f'c(\text{plat})}{E_c \cdot f'c(\text{balok})}$$

$$= \frac{4700\sqrt{30}}{4700\sqrt{60}} = 0,7071$$

Lebar plat ekuivalen (bef)

$$bef = n \cdot be = 0,7071 \times 175 = 123,74$$

Luas plat ekuivalen ( $A_{\text{plat}}$ )

$$A_{\text{plat}} = t \cdot bef = 20 \cdot 123,74 = 2474,80 \text{ cm}^2$$

Jarak titik berat plat ke tepi gelagar ( $Y_{\text{plat}}$ )

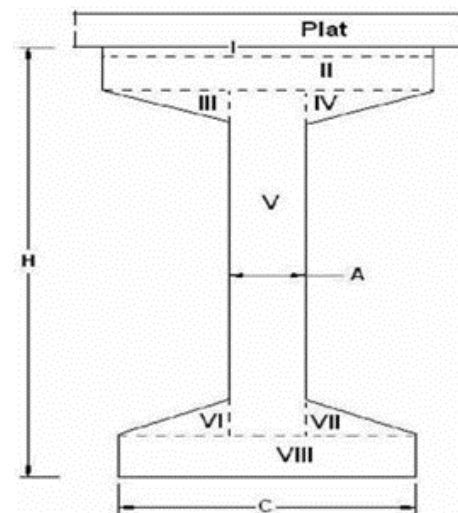
$$Y_{\text{plat}} = h + \frac{t}{2} = 170 + \frac{20}{2} = 180 \text{ cm}$$

Perhitungan letak cgc pada sumbu x adalah dengan rumus :

$$\bar{Y} = Yb' = \frac{\sum(Ac \cdot Y)}{\sum Ac}$$

Tabel 4.4 Perhitungan Jarak Yb

Bagian	Ac (cm <sup>2</sup> )	Y (cm)	Ac.Y (cm <sup>3</sup> )
I	560	166,5	93240
II	1040	156,5	162760
III	180	146	26280
IV	180	146	26280
V	2500	87,5	218750
VI	312,5	33,3	10406,25
VII	312,5	33,3	10406,25
VIII	1750	12,5	21875
Plat	2474,8	180	445464
$\sum Ac =$			$\sum Ac \cdot Y =$
7059,8			818586,5



Gambar 4. 4 pembagian area penampang balok girder komposit

$$Yb' = \frac{\sum(Ac \cdot Y)}{\sum Ac}$$

$$= \frac{818586,5}{7059,8}$$

$$= 115,95 \text{ cm}$$

$$Yt' = Y - Yb'$$

$$= (170 + 20) - 115,95$$

$$= 74,049 \text{ cm}$$

Perhitungan momen komposit digunakan rumus

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot Y^2 \text{ (persegi)}$$

$$I_x = \frac{1}{36} b \cdot h^3 + A \cdot Y^2 \text{ (segitiga)}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot Y^2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 80 \times 12,5^3 + 687,5 \times (75,35 - 20 - 0,5 \times 12,5)^2$$

$$= 1.667.383,70 \text{ cm}^4$$

Tabel 4.5 perhitungan momen inersia (Ix)

Bagian	B (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Ix (cm <sup>4</sup> )
I	80	7	560	4670480
II	80	13	1040	8684149
III	30	12	360	3002422
IV	30	12	360	3002422
V	20	125	2500	24095358
VI	25	25	625	5220888
VII	25	25	625	5220888
VIII	70	25	1750	14679250
Plat	123,74	20	2474,8	20712992
$\sum Ik'$				89288848cm <sup>4</sup>

Perhitungan statis momen balok girder digunakan rumus :

$$S' = \frac{I'_k}{Y'}$$

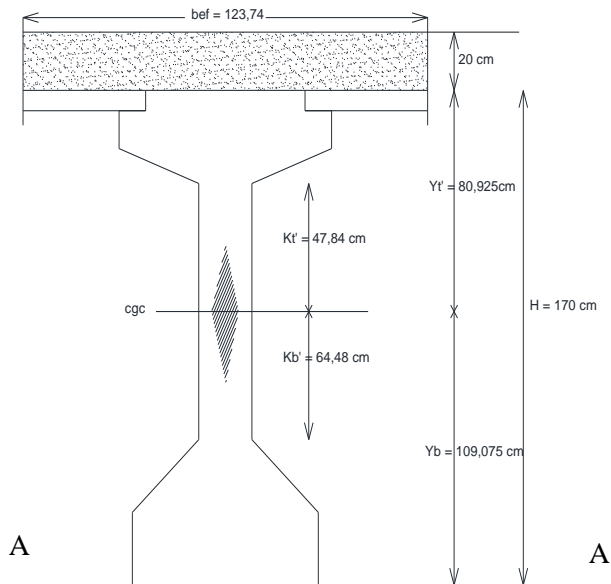
Jari-jari Inersia (i<sup>2</sup>)

$$i^2 = \frac{\sum I_{k'}}{A_{k'}} = \frac{89288848}{9309,9} = 9590.74193 \text{ cm}^2$$

Penentuan Batas Inti Balok Prategang (kern)

$$\text{Bagian atas, } K_t' = \frac{i'^2}{Y_b'} = \frac{9590.74193}{115,95} = 82.7141907 \text{ cm}$$

$$\text{Bagian atas, } K_b' = \frac{i'^2}{Y_t'} = \frac{9590.74193}{74,049} = 129.517776 \text{ cm}$$



Gambar 4.5 penampang balok girder komposit

#### D. Analisis Pembebanan Balok Girder/Gelagar Utama

Balok girder / gelagar utama merupakan komponen struktur yang menerima beban kombinasi, baik itu beban hidup dan beban mati. Oleh karena itu dalam perencanaan suatu balok girder harus diperhitungkan dengan cermat dan teliti. Kegagalan balok girder dalam menahan beban yang bekerja berarti kehancuran struktur pada jembatan khususnya struktur atas jembatan.

Beban-beban untuk struktur balok girder prategang pada perancangan struktur jembatan prategang ini digunakan dengan acuan pembebanan pada balok tengah, hal ini dikarenakan pada balok girder bagian tengah menerima beban lebih besar dibandingkan dengan beban yang diterima oleh balok girder pada bagian tepi. Perbandingan ini dapat dilihat dengan jelas pada gambar rencana potongan melintang jembatan beton prategang. Adapun beban-beban yang bekerja pada balok girder prategang ini adalah : Beban mati terdiri atas :

- Berat sendiri balok girder
- Berat diafragma
- Beban plat lantai jembatan dan beban
- Beban tambahan lainnya

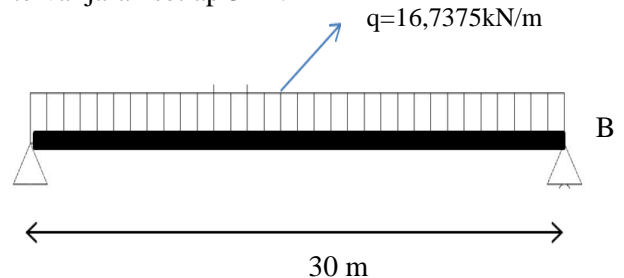
Beban hidup terdiri atas :

- Muatan beban “D” (beban merata q dan beban garis P)
- Muatan beban “T”
- Beban akibat muatan angin
- Beban akibat rem dan traksi

Beban akibat berat sendiri balok girder

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang balok girder (Ac)} &= 6695 \text{ cm}^2 \\ \text{Berat jenis beton (c)} &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat Permeter panjang (q)} &= 0.6695 \times 2500 \times 1 \\ &= 1.673,75 \text{ kg/m} \\ &= 16,7375 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Tinjauan pembebanan terhadap setengah bentang dengan tinjauan dimulai dari titik A dengan interval jarak setiap 3 m.



Gambar 4. 6. Perletakan beban berat sendiri balok

Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} q \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \times 16,7375 \times 30$$

$$= 251,0625 \text{ kN}$$

Gaya Lintang (D)

$$D_1 = R_A - q \cdot x$$

Di bawah ini contoh perhitungan gaya lintang (Dx) di titik 1:

$$D_1 = R_A - q \cdot x$$

$$= 251,0625 - (16,7375 \times 3)$$

$$= 200,85 \text{ Kn}$$

Tabel 4. 6 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Berat Momen (M)

Rumus/ persamaan	Titik tinjau	x (m)	Dx (kN)
	A	0	251,0625
	1	3	200,85
	2	6	150,6375
	3	9	100,425
$D_x = R_A -$	4	12	50,2125
$P_x$	5	15	0

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus : Sendiri Balok (Dx)

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x^2$$

dibawah ini contoh perhitungan momen (Mx) di titik 1 :

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x^2$$

$$= 251,0625 \times 3 - \frac{1}{2} \times 16,7375 \times 3^2$$

$$= 174,5406 \text{ kNm}$$

Tabel 4. 7 Perhitungan Momen Akibat Berat Sendiri Balok (Mx)

Rumus/ persamaan	Titik tinjau	x (m)	Mx (kNm)
	A	0	0
	1	3	748,6875
	2	6	1488,375
$M_x = R_A \cdot x -$	3	9	2219,0625
$\frac{1}{2} \cdot x^2$	4	12	2940,75
	5	15	3653,4375

**Beban Akibat Balok Diafragma**

Luas penampang diafragma = b.h

$$= 0,2 \times 1,20$$

$$= 0,240 \text{ m}^2$$

Berat jenis beton bertulang ( $\gamma_c$ ) = 2500 kg/m<sup>3</sup>

Berat diafragma (P) = 0,2 x 1,2 x 1,35 x 2500

$$= 810 \text{ kg}$$

$$= 8,1 \text{ Kn}$$

Berat diafragma tengah (P) = 0,1 x 2,1 x 35 x 2500

$$= 607 \text{ kg}$$

$$= 6,07 \text{ kN}$$

Berat difragma ultimit Tepi (Pu) =  $\frac{8,1}{10}$

$$= 0,81 \text{ KN/m}$$

Berat difragma ultimit Tengah (Pu) =  $\frac{6,07}{10}$

$$= 0,607$$

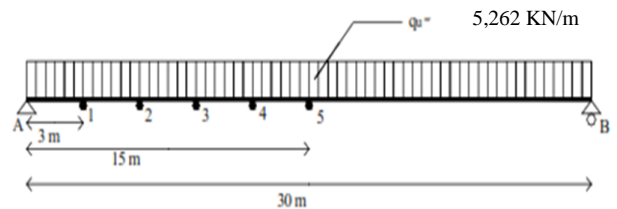
KN/m

Jumlah berat diafragma = 2 tepi + 6 tengah

$$= 2 \cdot (0,81) + 6 \cdot (0,607)$$

$$= 5,262 \text{ KN/m}$$

Tinjauan pembebanan terhadap setengah bentang, dengan tinjauan dimulai dari titik A dengan interval jarak setiap 3 m.



Gambar 4.7 Perletakan Beban Diafragma Terhadap Balok Girder

Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} q \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 5,262 \cdot 30$$

$$= 78,93 \text{ kN}$$

Gaya Lintang (D)

Untuk perhitungan gaya lintang menggunakan rumus:

$$D_x = R_A - P_{udx}$$

Dibawah ini contoh perhitungan gaya lintang (Dx) di titik 1:

$$D_1 = R_A - q \cdot x$$

$$= 78,93 - (5,262 \cdot 3)$$

$$= 63,144 \text{ kN}$$

Tabel 4. 2 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Beban Diafragma (Dx)

Rumus/Persamaan	Titik tinjau	X (m)	Dx (kN)
	A	0	78,93
	1	3	63,144
$M_x = R_A - P \cdot x$	2	6	47,358
	3	9	31,572
	4	12	15,786
	5	15	0

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus :

$$M_x = R_A \cdot x - P_u \cdot x$$

Di bawah ini contoh perhitungan momen ( $M_x$ ) dititik 1 :

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot x - 1/2 P_u \cdot x^2 \\ &= 78,93 \times 3 - (1/2 \cdot 5,262 \times 3^2) \\ &= 221,004 \text{ kNm} \end{aligned}$$

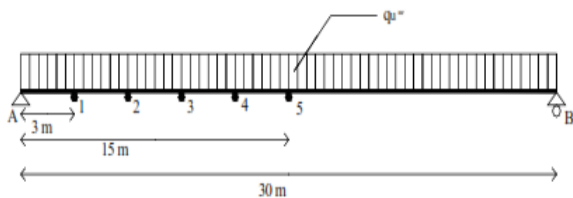
Tabel 4. 3 Perhitungan Momen Akibat Beban Diafragma ( $M_x$ )

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	$M_x$ (kNm)
	A	0	0
	1	3	213,111
$M_x = R_A \cdot x - 1/2 P_u \cdot x^2$	2	6	378,864
	3	9	497,259
	4	12	568,296
	5	15	591,975

**Beban Akibat Deck Slab Precast dan Plat Lantai**

- Berat deck slab precast =  $0,07 \cdot 0,155 \cdot 2500 = 271,25 \text{ kg/m}$
  - Berat air hujan =  $0,05 \cdot 1,65 \cdot 1000 = 82,5 \text{ kg/m}$
  - Berat aspal =  $0,05 \cdot 1,65 \cdot 2200 = 181,5 \text{ kg/m}$
  - Berat plat lantai =  $0,20 \cdot 1,65 \cdot 2500 = 792 \text{ kg/m} +$
- $q = 1327,25 \text{ kg/m} = 13,27 \text{ kN/m}$

Tinjauan pembebanan terhadap setengah bentang, dengan tinjauan dimulai dari titik A dengan interval jarak setiap 3 m.



Gambar 4. 8 Perletakan Beban Plat lantai Jembatan Terhadap Balok Girder

**Reaksi Tumpuan**

$$\begin{aligned} R_A &= R_B = \frac{1}{2} q \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 13,27 \cdot 30 \\ &= 199,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Gaya Lintang (D)**

Untuk perhitungan gaya lintang menggunakan rumus

$$\begin{aligned} D_x &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot (L - 2 \cdot x) \\ &= \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot L \right) - \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot 2 \cdot x \right) \\ &= R_A - q \cdot x \end{aligned}$$

Dibawah ini contoh perhitungan gaya lintang ( $D_x$ ) di titik 1:

$$\begin{aligned} D_1 &= R_A - q \cdot x \\ &= 199,05 - (13,27 \times 3) \\ &= 159,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Berat plat perkerasan ( $D_x$ )

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	$D_x$ (kN)
	A	0	199,05
	1	3	159,24
	2	6	119,43
	3	9	79,62
$D_x = R_A - q \cdot x$	4	12	39,81
	5	15	0

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{q \cdot x}{2} \cdot (L - x) \\ &= \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot x \cdot L \right) - \left( \frac{1}{2} q \cdot x \cdot x \right) \\ &= R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \end{aligned}$$

dibawah ini contoh perhitungan momen ( $M_x$ ) dititik 1 :

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \\ &= 199,05 \times 3 - \frac{1}{2} \times 13,27 \times 3^2 \\ &= 179,3025 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Perhitungan Momen Akibat Berat plat perkerasan ( $M_x$ )

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	$M_x$ (kNm)
	A	0	0
$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$	1	3	537,435
	2	6	955,44
	3	9	1254,015
	4	12	1433,16
	5	15	1492,875



**Beban Akibat Beban "D"**

Untuk jembatan kelas I, berlaku 100% muatan Bina Marga dan menurut RSNI 2016 yaitu :

Beban garis (P) = 4,4 Ton

- Beban merata (q) untuk bentang 45 m, 30 m < L < 60 m
- Faktor distribusi = 1,00
- Beban dinamik yang diijinkan = 1,4
- Beban garis terpusat (P) = 49 kN/m = 4,9 t/m'
- Uniform Loading ( UDL ) = ( 8\*(0.5+15/L) kpa = ( 8\*(0.5+15/30) = 8 kpa = 0,8t/m2

**Beban garis (P) digunakan,**

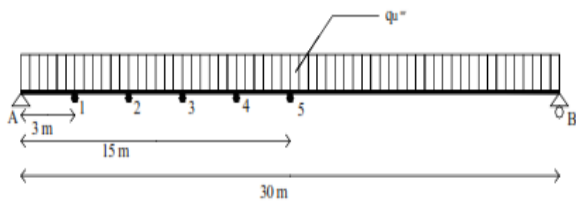
$$P = (1,00.44.1,75.1,4) = 107,80 \text{ KN}$$

**Beban garis (q) digunakan,** menurut PPJJR, 1987 hal 8 :

$$q = (1,00.8.1,75) = 14 \text{ KN/m}$$

Perhitungan momen dan gaya lintang untuk balok akibat beban hidup digunakan garis pengaruh.

- Beban garis terpusat (p) = 4,90 t/m'
- Beban terbagi rata (q) = 0,8 t/m<sup>2</sup> x 1,75 = 1,4 t/m' + q lajur = 6,3 t/m'
- FBD = 0,4 X 6,3 = 2,52 t/m' + q total = 8,82 t/m' = 88,2 kNm
- Beban P berjalan dari titik A ke titik B



Gambar 4. 9 Perletakan Beban "D" Terhadap Balok Girder

Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} q \cdot L = \frac{1}{2} \times 88,2 \times 30 = 1323 \text{ kN}$$

Gaya Lintang

Untuk perhitungan gaya lintang menggunakan rumus

$$D_x = \frac{1}{2} q(L - 2 \cdot x) = \left( \frac{1}{2} q \cdot L \right) - \left( \frac{1}{2} q \cdot 2 \cdot x \right) = R_A - q \cdot x$$

Dibawah ini contoh perhitungan gaya lintang (Dx) di titik 1:

$$D_1 = R_A - q \cdot x = 1323 - (88,2 \times 3) = 787,5 \text{ kN}$$

Tabel 4. 6 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Berat plat perkerasan (Dx)

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Dx (kN)
	A	0	1323
	1	3	1058,4
	2	6	793,8
$D_x = R_A - qx$	3	9	529,2
	4	12	264,6
	5	15	0

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus :

$$M_x = \frac{q \cdot x}{2} \cdot (L - x) = (1/2 q \cdot x \cdot L) - (1/2 q \cdot x \cdot x) = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

dibawah ini contoh perhitungan momen (Mx) dititik 1 :

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 = 1323 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 88,2 \cdot 3^2 = 1279,6875 \text{ kNm}$$

Tabel 4. 7 Perhitungan Momen Akibat Berat plat perkerasan (Mx)

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Mx (kNm)
	A	0	0
	1	3	3572,1
	2	6	6350,4
$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$	3	9	8334,9
	4	12	9525,6
	5	15	9922,5

**Beban Akibat Beban "T"**

Beban "T" Truck menurut RSNI 2016 = 50 ton

$$y_1 = (10 \times 10) / 20 = 5$$

$$y_2 = (10 \times 10) / 20 = 5$$

$$M_{maks} = y_1 \times 5 + 10 \times 22,50 + y_2 \times 22,50$$

$$= 5 \times 5 + 10 \times 22,50 + 5 \times 22,50$$

$$= 15 + 225 + 67,5$$

$$= 362,5 \text{ tm}$$

$$= 3625 \text{ kNm}$$

Karena momen maksimum beban hidup "D" lebih besar dari beban hidup "T" maka yang digunakan adalah momen maksimum akibat beban hidup "D".

**Beban Akibat Angin**

Kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah 26ngina26tal maka harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 C_W (V_W)^2 A_b$$

Beban angin untuk beban hidup mempunyai ketinggian menerys sebesar 1 meter Diatas permukaan lantai kendaraan.

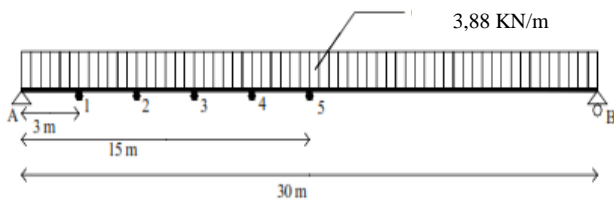
$V_W = 30$  m/s karena  $> 5$  m dari arah pantai

$$C_W = 1,20$$

$$A_b = 3,0 \times 30 = 90 \text{ m}^2$$

$$T_{EW} = 0,0012 \times 1,2 \times 30^2 \times 90 = 116,64 \text{ kN}$$

$$T_{EW}(q) = \frac{116,64}{30} = 3,88 \text{ kN}$$



Gambar 4. 10 Perletakan Beban Angin terhadap Balok Girder

Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,88 \cdot 30 = 58,2 \text{ kN}$$

Gaya Lintang (D)

Untuk gaya lintang menggunakan rumus :

$$D_X = R_A - q \cdot x$$

Di bawah ini contoh perhitungan gaya lintang (Dx) dititik 1 :

$$D_X = R_A - q \cdot x = 58,2 - (3,88 \cdot 3) = 46,56 \text{ kN}$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Beban Angin (Dx)

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Dx (kN)
$D_X = R_A - q \cdot x$	A	0	58,2
	1	3	46,56
	2	6	34,92
	3	9	23,28

4	12	11,64
5	15	0

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus :

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$= 58,2 \cdot 3 - (\frac{1}{2} \cdot 3,88 \cdot 3^2) = 53,0712 \text{ kN}$$

Tabel 4. 9 Perhitungan Momen Akibat Beban Angin (Mx)

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Mx (kNm)
$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x^2$	A	0	0
	1	1,5	157,14
	2	3	279,36
	3	4,5	366,66
	4	6	419,04
5	7,5	436,5	

**Akibat Gaya Rem dan Traksi**

1. Gaya Rem (HR)

Gaya rem per jalur 2,75 m (KBU) dengan bentang jembatan = 21 m adalah 100 kN.

$$Y_R = Y_t' + 0,05 + 1,80$$

$$= (80,925/100) + 0,05 + 1,80 = 2,66 \text{ m}$$

$$M_L = H_R \cdot Y_R$$

$$= 100 \times 2,66 = 266 \text{ kNm}$$

Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = \frac{266}{30} = 8,86 \text{ kN}$$

Gaya Lintang (D)

$$D_X = R_A$$

Tabel 4. 10 Perhitungan Gaya Lintang Akibat Gaya Rem dan Traksi (Dx)

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Dx (kN)
$D_x = R_A$	A	0	8,86
	1	3	8,86
	2	6	8,86
	3	9	8,86
	4	12	8,86
5	15	0	

Perhitungan momen pada balok girder menggunakan rumus :

$$M_x = R_A \cdot x$$

Di bawah ini contoh perhitungan momen ( $M_x$ ) di titik 1 :

$$\begin{aligned} M_x &= R_A \cdot x \\ &= 8,86 \cdot 3 \\ &= 26,6 \text{ kN m} \end{aligned}$$

Tabel 4. 11 Perhitungan Momen Akibat Gaya Rem dan Traksi ( $M_x$ )

Rumus/persamaan	Titik tinjau	x (m)	Mx (kNm)
$M_x = R_A \cdot x$	A	0	0
	1	3	79,8
	2	6	159,6
	3	9	239,4
	4	12	319,2
	5	15	399

Cek kemampuan penampang terhadap gaya yang bekerja

Statis momen penampang balok girder

$$S_{b(\text{penampang})} = 289.303 \text{ cm}^3$$

$$S_{t(\text{penampang})} = 267.363,8 \text{ cm}^3$$

Statis momen akibat gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned} S_{b(\text{beban})} &= \frac{M_L(1-R).M_D}{f_c + R.Ft_i} \\ &= \frac{10.758.000.000 + (1-0,85) \times 5.738.287.500}{240 + (0,85 \times 16,85)} \\ &= 45.685.073,54 \text{ mm}^3 \\ &= 45685,07354 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{t(\text{beban})} &= \frac{M_L + (1-R).M_D}{f_c + R.F_{ci}} \\ &= \frac{10.758.000.000 + (1-0,85) \cdot 5.738.287.500}{240 + (0,85 \cdot 244,05)} \\ &= 25.967.006,32 \text{ mm}^3 \\ &= 25.967,00632 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$S_{b(\text{penampang})} > S_{b(\text{beban})} \dots \text{penampang aman}$$

$$S_{t(\text{penampang})} > S_{t(\text{beban})} \dots \text{penampang aman}$$

### E. Perhitungan Gaya Prategang

Perancangan balok girder adalah Full Prestressing, sehingga pada penampang tidak diijinkan adanya gaya tarik yang berkerja baik pada kondisi awal ataupun pada kondisi akhir.

Spesifikasi beton prestress ( $k = 600$ )

$$f'_c = (0.76 + 0.2 \cdot \text{LOG}(K/150)) \cdot K = 528.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{ci} = 84\% \text{ dari } f'_c = 443,73 \text{ kg/cm}^2$$

(tegangan beton pada umur 14 hari)

Saat transfer :

$$\begin{aligned} \text{Tekan pada serat bawah } f_{ci} &= -0,55 \cdot f'_{ci} \\ &= -0,55 \cdot 443,73 \\ &= -244,05 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tarik pada serat atas } f_{ti} &= 0,60 \cdot \sqrt{f'_{ci}} \\ &= 0,60 \cdot \sqrt{443,06} \\ &= 16,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Saat beban kerja :

$$\begin{aligned} \text{Tekan pada serat atas } f_c &= -0,40 \cdot f'_c \\ &= -0,40 \cdot 600 \\ &= -240 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tarik pada serat bawah  $f_t = 0$  (full prestressed)

### F. Gaya Prestress Transfer

Eksentrisitas ( $e$ ) balok precast :

$e = Y_b - Y_s$  (jarak garis netral tendon pada tepi bawah diambil 9% dari tinggi girder)

$$\text{Eksentrisitas } (e) \text{ balok precast } 170 \cdot 7\% = 15,3$$

$$= 81,65 - 11,9$$

$$= 69,75 \text{ cm}$$

Tinjau pada tengah bentang

1. Keadaan Transfer

a. Serat atas

$$\begin{aligned} \sigma_a &= -\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{S_t} - \frac{M_{girder}}{S_t} \leq \text{kg/cm}^2 \\ &= -\frac{P_i}{6695} + \frac{P_i \cdot 57,66}{267.363,8} - \frac{36534375}{267.363,8} \geq 0 \\ &= -1,493 \times 10^{-4} P_i + 2,157 \times 10^{-4} P_i - 136,65 \leq 0 \\ &6,64 \times 10^{-5} P_i \leq 136,65 \end{aligned}$$

$$P_i = 2057981,93 \text{ kg}$$

$$P_i = 2057,98193 \text{ Ton}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned} \sigma_b &= -\frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e}{S_t} + \frac{M_{girder}}{S_t} \geq -244,05 \\ &= -\frac{P_i}{6695} - \frac{P_i \cdot 57,66}{289.303} + \frac{36534375}{289.303} \geq -244,05 \\ &= -1,493 \times 10^{-4} P_i - 1,993 \times 10^{-4} P_i + 126,28 \geq -244,05 \\ &-5 \times 10^{-4} P_i \geq -340,33 \\ &P_i = 740660 \text{ kg} \\ &P_i \\ &= 740,66 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Keadaan Service

a. Serat atas

$$\sigma_a = -\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{S_t} - \frac{M_T}{S_t} \geq -240$$

$$\begin{aligned}
 &= -\frac{P_i}{6695} + \frac{P_i \cdot 57,66}{267.363,8} - \frac{164962815}{267.363,8} \geq -240 \\
 &= -1,493 \times 10^{-4} P_i + 2,157 \times 10^{-4} P_i - 615,99 \geq -240 \\
 &6,64 \times 10^{-5} P_i \geq 375,99 \\
 &P_i = 5662500 \text{ kg} \\
 &P_i = 5662,5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

b. Serat bawah

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= -\frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e}{S_t} + \frac{M_T}{S_t} \leq 0 \\
 &= -\frac{P_i}{6695} - \frac{P_i \cdot 57,66}{289.303} + \frac{164962815}{289.303} \leq 0 \\
 &= -1,493 \times 10^{-4} P_i - 1,993 \times 10^{-4} P_i + 570,21 \leq 0 \\
 &-3,486 \times 10^{-4} P_i \leq -570,21 \\
 &P_i = 16357142,86 \text{ kg} \\
 &P_i = 1635,71 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Batasan gaya prategang

$$2057,98193 \leq P \leq 5662,5$$

$$740,66 \leq P \leq 1635,71$$

Dari batasan - batasan tersebut, maka diambil nilai  $P = 1120 \text{ t}$  dan  $e = 66,35 \text{ cm}$

### G. Perancangan Tendon

Material strand yang dipergunakan memiliki properties seperti tertera bawah ini :

Tabel 4. 12 Properti Strand

Type	Diameter Ø	Luas Ast	Fu	Es
	( mm )	( $cm^2$ )	( $kg/cm^2$ )	( $kg/cm^2$ )
VSL ½ inc	12.7	0.9871	19000	1.96E+06

Menentukan jumlah strand yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_i}{R \times A_s \times f_u} \\
 &= \frac{1120 \times 10^3}{0,85 \times 0,9871 \times 19000} \\
 &= 70,25 \rightarrow 71 \text{ Strand}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah tendon yang digunakan :

$P_i \leq P_i$  tendon yang digunakan

$$\begin{aligned}
 P_{i \text{ tendon}} &= n \times A_s \times f_u \times R \\
 &= 71 \times 0,9871 \times 19000 \times 85\% \\
 &= 1.131.858,215 \text{ kg} \\
 &= 1131,92 \text{ Ton} \geq P_i = 1120 \text{ Ton} \\
 &\dots \text{ aman}
 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan 71 strand yang tersebar pada 4 tendon.

Tendon 1 = 18 strand

Tendon 2 = 18 strand

Tendon 3 = 17 strand

Tendon 4 = 18 strand

Tendon yang dipergunakan memiliki properties :

Tabel 4. 13 Properties Tendon

Unit	Range in of strand	Luas Baja. ( $inch^2$ )
E5-17	18	2,601
E5-18	17	2,754

### Penentuan Letak Tendon

Bentuk lintasan tendon adalah parabola dan untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung, perhitungan ditinjau setengah bentang dengan jarak interval setiap 3 m :

$$Y_i = \frac{4 \cdot f \cdot X_i(L - X_i)}{L^2}$$

Tendon yang ada, letaknya sedemikian rupa harus berada pada lintasan inti tendon. Penentuan lintasan inti tendon dihitung dengan menggunakan persamaan diatas, dimana  $e = f = 816,5 \text{ mm}$ ,  $L = 30000 \text{ mm}$ .

Contoh perhitungan:

Jarak dari tepi bawah

$$\begin{aligned}
 &= Y_b - Y_i \\
 &= 816,5 \text{ mm} - \left( \frac{4 \cdot 816,5 \cdot 30000(30000 - 3000)}{30000^2} \right) \\
 &= 522,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 14 Perhitungan jarak garis netral tendon

	Jarak tinjau $X_i$ (m)	Jarak dari tepi bawah $Y_i$ (mm)
	0	816,5
	3	522,56
Lintasan	6	293,94
Tendon	9	130,64
	12	32,66
	15	0

#### a. Tendon 1

Dimana :  $L = 30 \text{ m} = 3000 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 f_1 &= Y_b + 45 - 10 \\
 &= 81,65 + 45 = 116,65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Perhitungan jarak tendon -1(Yi)

	Jarak tinjau Xi (m)	Jarak dari tepi bawah Yi (mm)
Tendon 1	0	1166,5
	3	900,56
	6	615,94
	9	412,64
	12	290,66
	15	250

**b. Tendon 2**

Dimana : L = 30000 mm = 3000 cm

$$f^2 = Yb + 30 - 10 = 81,65 + 30 - 10 = 86,65$$

cm

Tabel 4. 16 Perhitungan jarak tendon -2 (Yi)

	Jarak tinjau Xi (m)	dari tepi bawah Yi (mm)
Tendon 2	0	966,5
	3	654,56
	6	411,94
	9	238,64
	12	134,66
	15	100

**c. Tendon 3**

Dimana : L = 30000 = 3000

$$f_3 = Yb = 81,65 \text{ cm}$$

Tabel 4. 17 Perhitungan jarak tendon -3(Yi)

	Jarak tinjau Xi (m)	Jarak dari tepi bawah Yi (mm)
Tendon 3	0	666,5
	3	462,56
	6	303,94
	9	190,64
	12	122,66
	15	100

**d. Tendon 4**

Dimana : L = 30000 = 3000 cm

$$f_4 = Yb - 30 - 10 = 81,65 - 45 - 10 = 26,65 \text{ cm}$$

Tabel 4. 18 Perhitungan jarak tendon -4(Yi)

	Jarak tinjau Xi (m)	Jarak dari tepi bawah Yi (mm)
Tendo n 4	0	366,5
	3	270,56
	6	195,94
	9	142,64

12	110,66
15	100

**e. Tendon 5**

Dimana : L = 30000 = 3000 cm

$$f_5 = Yb - 45 - 10 = 81,65 - 45 - 10 = 26,65 \text{ cm}$$

Tabel 4. 19 Perhitungan jarak tendon -5(Yi)

	Jarak tinjau Xi (m)	Jarak dari tepi bawah Yi (mm)
Tendon 5	0	366,5
	3	270,56
	6	195,94
	9	142,64
	12	110,66
	15	100

**H. Kehilangan tegangan**

Pada beton prategang kehilangan tegangan yang terjadi dapat diakibatkan dari beton maupun dari tendon sebagai bajanya.

Jadi total kehilangan tegangan adalah :

Tabel 4. 20 Kehilangan tegangan

Beton	$\Delta f_{ci}$	(%)	2,02
	$\Delta f_{sh}$	(%)	0,96
	$\Delta f_{cr}$	(%)	0,86
Baja	$\Delta f_{rel}$	(%)	4,39
	$\Delta f_{As}$	(%)	2,43
	$f_B$	(%)	9,2
Total kehilangan tegangan			(%) 15,47

$$R = 100\% - 15,47\% = 84,53\%$$

**I. Kontrol Tegangan**

**1. Beton Sebelum Komposit**

$$f_{top} = -\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{S_t} - \frac{M_{D(girder)}}{S_t} \leq f_{ti}$$

$$= -1,493 \times 10^{-4} P_i + 3,053 \times 10^{-4} P_i - 136,65 \leq 16,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$= -136,649 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq 16,85$$

kg/cm<sup>2</sup>(tarik) .....Aman

$$f_{bot} = -\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{S_b} - \frac{M_{D(girder)}}{S_b} \leq f_{ci}$$

$$= -1,493 \times 10^{-4} P_i + 2,822 \times 10^{-4} P_i - 126,28 \geq -244,05$$

$$= -126,279 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -244,05$$

kg/cm<sup>2</sup> (tekan).....Aman

**2. Beton Komposit**

**a. Komb 1 (M+H+K)**

Pada plat :beban "D"

$$f_t plat = -\frac{M_L * y_{t'}}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{9922,5 \cdot 10^4 * 80,925}{48580126,3}$$

$$= -165,28 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

$$f_b plat = -\frac{M_L * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{9922,5 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -124,44 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

Pada balok : beban mati + beban "D"

$$f_{top} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} + \frac{RP_{i.e}}{S_{t'}} - \frac{M_{DL} * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} + \frac{0,8453 * 1120 * 10^3 * 66,35}{600310,5} -$$

$$\frac{15600,7835 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -192,7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)} \leq -240 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

$$f_{bot} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} - \frac{RP_i}{S_{b'}} + \frac{M_{DL} * y_{b'}}{I_k} \leq f_t$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} - \frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{445382,8} +$$

$$\frac{15600,7835 \cdot 10^4 * 109,075}{48580126,3}$$

$$= -246,47 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq 0 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)} \dots \text{ Aman}$$

### b. Komb II (M+A)

Pada plat : beban "D" + angin

$$f_t plat = -\frac{M_{L+A} * y_{t'}}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{10359 \cdot 10^4 * 80,925}{48580126,3}$$

$$= -172,56 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ Aman}$$

$$f_b plat = -\frac{M_{L+A} * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{10359 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -129,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

Pada balok : beban mati + angin

$$f_{top} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} + \frac{RP_{i.e}}{S_{t'}} - \frac{M_{DL} * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} + \frac{0,8453 * 1120 * 10^3 * 66,35}{600310,5} -$$

$$\frac{6174,7845 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -74,49 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -240 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

$$f_{bot} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} - \frac{RP_{i.e}}{S_{b'}} + \frac{M_{DL} * y_{b'}}{I_k} \leq f_t$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} -$$

$$\frac{0,8453 * 1120 * 10^3 * 66,35}{445382,8} + \frac{6174,7845 \cdot 10^4 * 109,075}{48580126,3}$$

$$= -381,37 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq 0 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)} \dots \text{ Aman}$$

### c. Komb III (komb I+A+Rm)

Pada plat : beban "D" + angin + rem

$$f_t plat = -\frac{M_{Ltot} * y_{t'}}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{10758 \cdot 10^4 * 80,925}{48580126,3}$$

$$= -179,21 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

$$f_b plat = -\frac{M_{Ltot} * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c plat$$

$$= -\frac{10758 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -134,91 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ Aman}$$

Pada balok : beban mati + beban "D" + angin + rem

$$f_{top} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} + \frac{RP_{i.e}}{S_{t'}} - \frac{M_{DL} * (y_{t'} - h_{plat})}{I_k} \leq f_c$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} + \frac{0,8453 * 1120 * 10^3 * 66,35}{600310,5} -$$

$$\frac{16496,2825 \cdot 10^4 * (80,925 - 20)}{48580126,3}$$

$$= -74,49 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq -350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \dots \text{ Aman}$$

$$f_{bot} = -\frac{RP_i}{A_{c'}} - \frac{RP_{i.e}}{S_{b'}} + \frac{M_{DL} * y_{b'}}{I_k} \leq f_t$$

$$= -\frac{0,8453 * 1120 * 10^3}{9309,9} - \frac{0,8453 * 1120 * 10^3 * 66,35}{445382,8} +$$

$$\frac{16496,2825 \cdot 10^4 * 109,075}{48580126,3}$$

$$= -320,17 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)} \leq 0 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)} \dots \text{ Aman}$$

## J. Perhitungan lendutan

1. Lendutan akibat gaya prategang awal (Pi) ( $\delta_1$ )

$$P_i = 11200 \text{ kN}$$

$$= 1,12 \cdot 10^7 \text{ N}$$

$$M = P_i \cdot e$$

$$= 1,12 \cdot 10^7 \times 663,5$$

$$= 7,43 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

M dijadikan beban merata

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$$

$$q = \frac{8 \cdot M}{L^2}$$

$$= \frac{8 \times 7,4312 \cdot 10^9}{(30 \cdot 10^3)^2} = 65,07 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 65,07 \times (30 \cdot 10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 79,803 \text{ mm (1)}$$

2. Lendutan akibat gaya prategang akhir (Peff) [ $\delta_2$ ]

$$P_{eff} = 11200 \times 0,8453 = 9476,36 \text{ kN}$$

$$= 9,476 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$M = P_i \cdot e$$

$$= 9,476 \cdot 10^6 \times 663,5$$

$$= 6,287 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

M dijadikan beban merata

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$$

$$q = \frac{8M}{L^2}$$

$$= \frac{8 \times 7.737.154.000}{(30.10^3)^2} = 55,88 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 68,77 \times (30.10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 68,53 \text{ mm } (\uparrow)$$

3. Lendutan akibat berat sendiri girder ( $\delta_3$ )

$$q = 16,7375 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 16,7375 \times (30.10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 20,52 \text{ mm } (\downarrow)$$

4. Lendutan akibat berat balok diafragma ( $\delta_4$ )

$$P = 5,262 \text{ Kn} = 5262 \text{ N}$$

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5262 \times (30.10^3)^3}{48 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 0,34 \text{ mm } (\downarrow)$$

5. Lendutan akibat berat deck plat, plat lantai, aspal ( $\delta_5$ )

$$q = 12,44 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 12,44 \times (30.10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 15,25 \text{ mm } (\downarrow)$$

6. Lendutan akibat berat air hujan ( $\delta_6$ )

$$q = 0,825 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 0,825 \times (30.10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 1,01 \text{ mm } (\downarrow)$$

7. Lendutan akibat beban hidup merata ( $\delta_7$ )

$$q = 9,00 \text{ kN/m} = 9 \times 2 \times 1,40 = 25,20 \text{ kN/m} = 25,20 \text{ N/mm}$$

$$q = 25,20 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{5 \times 25,20 \times (21.10^3)^4}{384 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 30,9 \text{ mm } (\downarrow)$$

8. Lendutan akibat beban hidup garis ( $\delta_8$ )

$$P = 49,00 \text{ kN/m} = 49 \times 2 \times 1,40 = 137,20 \text{ kN}$$

$$P = 137,20 \text{ kN} = 137200 \text{ N}$$

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot EI}$$

$$\delta = \frac{137200 \times (30.10^3)^3}{48 \times 36406 \times 23621590,64 \cdot 10^4}$$

$$= 8,75 \text{ mm } (\downarrow)$$

9. Lendutan yang diijinkan pada jembatan

$$\delta \leq \left(\frac{1}{360}\right) \times L$$

$$\leq \left(\frac{1}{360}\right) \times 30000$$

$$\leq 60 \text{ mm } (\downarrow)$$

Check :

1. Saat transfer

$$\delta_t = \delta_1 + \delta_3$$

$$= 79,803 - 20,52$$

$$= 59,28 \text{ mm } (\uparrow) \text{ (Aman)}$$

2. Saat akhir

$$\delta_a = \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

$$= 68,53 - 20,52 - 0,34 - 15,25$$

$$= 32,42 \text{ mm } (\uparrow) \text{ (Aman)}$$

3. Saat layanan lalu lintas dan air hujan

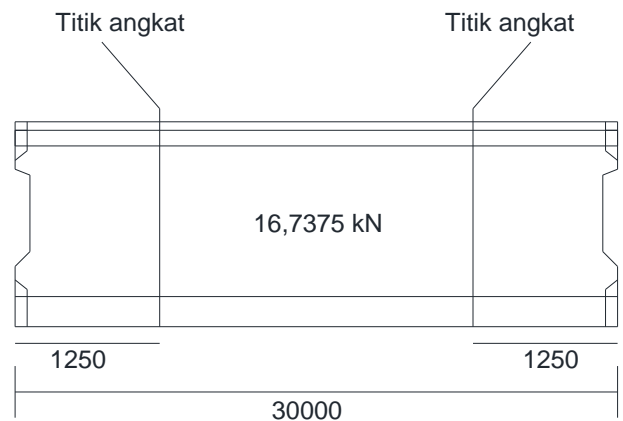
$$\delta_p = \delta_a + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8$$

$$= 32,42 - 1,1 - 30,9 - 8,75$$

$$= 8,23 \text{ mm } (\downarrow) < 60 \text{ mm } (\downarrow) \text{ (Aman)}$$

### K. Perencanaan Tulangan Girder

Ketika pemasangan girder prestress adalah dengan cara launching sehingga tulangan konvensional tidak berfungsi karena seluruh penampang balok mengalami kondisi tertekan akibat gaya pratekan, maka perhitungan tulangan konvensional dihitung persegmen ketika pengangkutan. Diambil segmen terpanjang = 5 m



Gambar 4. 11 pengangkatan girder 2 titik

$$q = 16,7375 \text{ kN/m}$$

$$R_A = 1/2 \cdot q \cdot L^2 = 1/2 \times 16,7375 \times 30^2 = 251,0625 \text{ kNm}$$

$$M_u = -1/2 \cdot q \cdot x^2 + R_A \cdot (x - 1,25)$$

$$= -1/2 \cdot 16,7375 \cdot 2,5^2 + 251,0625 \cdot (2,5 - 1,25)$$

$$=366,1328 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan pokok D 13 mm dan geser D 13 mm

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = \frac{\beta \cdot 450}{(600 + f_y)} + \frac{Rl}{f_y}$$

$$= \frac{0,65 \cdot 450}{600 + 400} + \frac{0,85 \cdot 60}{400}$$

$$= 0,0373$$

$$d = 1750 - 40 - 13 - 0,5 \cdot 13 = 1690,5$$

$$b = 1120 \text{ mm}$$

$$\frac{M_u}{b d^2} = p \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot (1 - 0,558 p \frac{f_y}{f'c})$$

$$\frac{366,1328 \cdot 10^6}{650 \cdot 1690,5^2} = p \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot (1 - 0,558 p \frac{400}{60})$$

$$1254,4 p^2 - 320 p + 0,1971 = 0$$

Dengan rumus abc didapat  $p$  yang memungkinkan, yaitu

$$\rho = 0,0006 \text{ dan } \rho = 0,2545$$

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

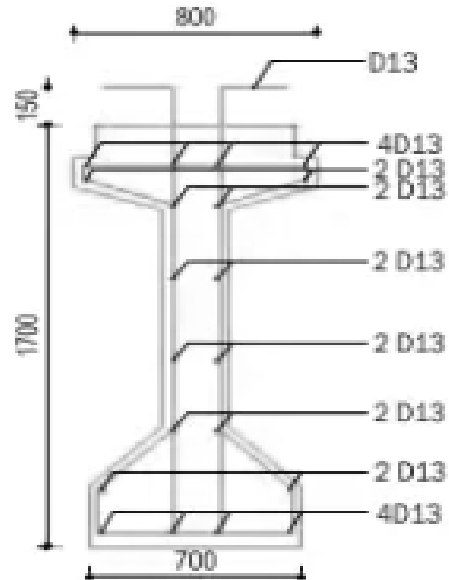
Diambil  $\rho_{min} = 0,0006$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0006 \cdot 1120 \cdot 1690,5$$

$$= 1136,016 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan 2D13 mm ( $A_s = 1194,6 \text{ mm}^2$ )



Gambar 4. 12 Tulangan Balok Prategang

Perhitungan Geser

Besarnya kapasitas geser yang diperhitungkan

$$V_c \text{ min} = 0,53 \cdot \sqrt{f'c_{balok}} \cdot b_w \cdot d_p$$

$$V_c = (0,16 \cdot \sqrt{f'c_{balok}} + \frac{49 \cdot V_u \cdot d_p}{M_u}) \cdot b_w \cdot d_p$$

$$V_c \text{ max} = 1,33 \cdot \sqrt{f'c_{balok}} \cdot b_w \cdot d_p$$

Besarnya gaya geser yang perlu penulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Jarak penulangan geser

$$S = \frac{10 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d_p}{V_s}$$

Jarak maksimum

$$S \text{ max}_1 = \frac{10 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d_p}{(A_s \cdot f_u \cdot \sqrt{\frac{d_p}{b_w}})}$$

$$S \text{ max}_2 = \frac{H}{2} \cdot 10 \text{ atau } 24 \text{ in} = 60,96 \text{ cm} = 609,6 \text{ mm}$$

(diambil minimum)

$$S \text{ max}_3 = \text{jika } \frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}, \text{ maka } \frac{10 \cdot A_v \cdot f_y}{5 \cdot b_w}$$



Tabel 4. 21 Perhitungan Gaya Geser

Titik Tinjau	A	1	2	3	4	5
Jarak	0 m	3 m	6 m	9 m	12m	15 m
Gaya Lintang (Vu) (kN)	1919,553	1537,054	1155,006	772,957	390,9085	0
Momen (Mu) (kNm)	-	5308,274	9612,039	12911,3	15206,05	15496,29
dp (cm)	81,65	105,54	124,114	137,38	145,34	148
$\frac{(Vu * d_p)}{Mu} > 1$	0	0,3056	0,149138	0,082245	0,037363	0
Vc min (kg)	6834,105	8833,698	10388,34	11498,71	12164,96	12387,6
Vc (kg)	0	3919383	2249355	1373030	659897,9	0
Vc max (kg)	16832,1475	21757,07	25586,1	28320,89	29961,84	30510,2
Vc diambil (kg)	16832,1475	39193,83	22493,55	13730,30	6598,979	0
$Vu - \frac{Vc}{\phi}$ (kg)	225829,7647	180829,9	135883,1	90936,12	45989,24	225829,7647
$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc$ (kg)	9277,81322	4378421	2514979	1537283	741561,1	4905,49

Tabel 4. 22 Perhitungan Jarak Tulangan Geser

Jumlah kaki Stirrup	2	2	2	2	2	2
Av (mm)	265.46	265.46	265.46	265.46	265.46	265.46
Fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4000	4000	4000	4000	4000	4000
S (mm)	414,8336099	791,2293	1162,27	1889,438	3917,919	0
S Max1 (mm)	37884,898	42948,72	46699,7	49137,84	50450,68	242,04
S Max2 (mm)	609.60	609.60	609.60	609.60	609.60	609.60
Sdiambil (mm)	414,833	414,833	414,833	414,833	414,833	414,833

**L. Perencanaan shear conector**

Pemakaian shear connector dimaksudkan agar terjadi ikatan antara balok girder prategang dengan plat lantai jembatan, sehingga tidak terjadi geser. Adapun perencanaan shear connector sebagai berikut :

Kekuatan 1 buah studs shear connector menurut cara Bina Marga

$$Q = 55 d^2 \sqrt{f'c} \rightarrow \text{untuk } (H/d) \geq 5,5$$

$$Q = 55 d^2 \sqrt{f'c} \rightarrow \text{untuk } (H/d) < 5,5$$

Direncanakan :

- Diameter studs (d) = 1,3 cm

- Tinggi studs (H) = 15 cm

- Mutu beton = 600 kg/cm<sup>2</sup>

Jadi : (15/1,3) = 11,5 ≥ 5,5

$$Q = 55 d^2 \sqrt{f'c}$$

$$= 55 \times 1,3^2 \times \sqrt{600} = 2276,80 \text{ kg (untuk 1 studs, jadi 2 studs)}$$

$$= 4553,6 \text{ kg}$$

Panjang studs sebagai stek penyambung ke dalam girder

$$f_c' = 60 \text{ MPa} = 600 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_b$  = kekuatan beton

$$= 0,83 \times 600 = 498 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bk}' = 0,33 \times 498 = 164,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang studs} = \frac{2270,80}{3,14 \cdot 1,3 \cdot 164,34} = 3,385 \text{ cm}$$

Untuk pemasangan praktis studs adalah diperpanjang dari tulangan geser web. Dalam menentukan jarak antar shear connector dipengaruhi oleh besarnya gaya yang bekerja pada balok girder. Semakin besar gaya lintang yang bekerja pada balok girder maka jarak antar shear connector akan semakin rapat. Untuk besarnya gaya lintang yang bekerja pada balok girder dapat dilihat pada tabel , dengan data sebagai berikut :

Tabel 4. 23 Distribusi gaya lintang

Titik Tinjau	D (Plat, Dc, Aspal, hujan)	D (Beban Hidup)	D (Beban Rem)	Dx Total (kN)
0 - 3 (m)	199,05	1323	8,86	1530,91
3 - 6 (m)	159,24	1058,4	8,86	1226,5
6 - 9 (m)	119,43	793,8	8,86	922,09
9 -12 (m)	79,62	529,2	8,86	617,68
12 -15 (m)	39,81	264,6	8,86	313,27
15 (m)	0	0	0	0

Selain gaya yang bekerja pada balok girder, faktor yang mempengaruhi perhitungan jarak shear connector juga meliputi:

· Garis netral untuk balok komposit

$$Y_b' = 109,075 \text{ cm}$$

$$Y_t' = 80,925 \text{ cm}$$

· Momen inersia penampang komposit  $I_k' = 48580126,5 \text{ cm}^4$

· Statis momen plat lantai terhadap garis netral komposit

$$S_x = 2474,80 \times ((170 + 20) - 109,075)$$

$$= 200273,19 \text{ cm}^3$$

$$q = \frac{D_x \cdot S_x}{I_k'}$$

contoh perhitungan nilai q adalah sebagai berikut :

untuk titik tinjau A-1, dimana  $D_x$  maksimum = N

$$q = \frac{1530,91 \cdot 10^2 \times 200273,19}{48580126,5}$$

$$= 631,12 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Nilai ekivalen (n)} = \frac{E_c(\text{slab})}{E_c(\text{girder})} = \frac{4700\sqrt{30}}{4700\sqrt{60}} = 0,7071$$

Jadi jarak shear connector adalah:

Contoh perhitungan nilai S adalah sebagai berikut :

Untuk titik tinjau A-1, dimana  $q = 631,12 \text{ kg/cm}$

$$S = \frac{0,7071 \cdot 1530,91 \cdot 10^2}{631,12}$$

$$= 171,521 \text{ cm}$$

Untuk pemasangan praktis shear connector adalah diperpanjang dari tulangan geser web, jadi  $S = s_v$ . Dibawah ini adalah hasil perhitungan “q” dan “s” dalam bentuk tabel.

Tabel 4. 24 Hasil q dan s

Titik Tinjau	Dx Total (kN)	q (Kg/cm)	s (cm)
0 - 3 (m)	1530,91	631,1227	171,5207
3 - 6 (m)	1226,5	505,6287	171,5207
6 - 9 (m)	922,09	380,1347	171,5207
9 -12 (m)	617,68	254,6406	171,5207
12 -15 (m)	313,27	129,1466	171,5207
15 (m)	0	0	0

**Perencanaan Busting Steel**

Perhitungan bursting steel digunakan rumus :

$$\frac{hb}{a} \leq 0,2 \rightarrow R = 0,3 \cdot Pi \cdot \left(1 - \frac{hb}{a}\right)$$

$$\frac{hb}{a} \leq 0,2 \rightarrow R = 0,25 \cdot Pi \cdot \left(1 - \frac{hb}{a}\right)$$

Dimana :

hb = Tinggi bidang plat angkur (mm)

a = Panjang end blok pada balok girder (mm)

Pi = Tegangan pada 1 tendon (kN)

..... Collins and Michells, Prestressed concrete basic, 1987 hal. 388-389

Contoh perhitungan dilakukan pada tendon 1 :

$$hb_1 = 265 \text{ mm}$$

$$a = 1200 \text{ mm}$$

$$\frac{265}{1200} = 0,2 \leq 0,2$$

$$R = 0,3 \cdot Pi \cdot \left(1 - \frac{hb}{a}\right)$$

$$= 0,3 \cdot 18 \cdot 0,9871 \text{ cm}^2 \cdot 19000 \text{ kg/cm}^2 \cdot \left(1 - \frac{265}{1200}\right)$$

$$= 78911,24 \text{ kg}$$

Perhitungan luasan Bursting Forces :

$$As = \frac{R}{0,5 \cdot fy} = \frac{43839,68}{0,5 \cdot 4000} = 39,45 \text{ cm}^2$$

Jumlah bursting yang digunakan :

$$n \cdot As \cdot fy = R$$

Dimana :

n = jumlah bursting steel

As = Luas tulangan (cm<sup>2</sup>)

fy = Tegangan leleh baja (kg/cm<sup>2</sup>)

$$n = \frac{R}{As \cdot fy} = \frac{78911,24}{0,9871 \cdot 4000}$$

$$= 19, \approx 20 \text{ buah}$$

Untuk tendon 2, 3, dan 4 dapat dilihat ditabel :

Tabel 4. 25 perhitungan jumlah dan luas bursting

	Satuan	Tendon 1	Tendon 2	Tendon 3	Tendon 4
Jumlah strand (ns)	bh	18	18	17	18
Lebar plat angkur (hb)	mm	265	265	265	265
Pi	kg	337588,2	337588,2	318833,3	337588,2
Pbt	kg	78911,24	78911,24	74527,28	78911,24
Luas bursting steel (A <sub>bs</sub> )	cm <sup>2</sup>	39,45	39,45	37,26	39,45
Jumlah bursting steel (n <sub>bs</sub> )	bh	20	20	19	20

### 5. Kesimpulan

Setelah di lakukan analisis perancangan dan perhitungan- perhitungan yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yang bisa dijabar dengan poin – poin dibawah berikut ini:

- Jembatan ini tetap direncanakan sesuai desain awal yaitu bentang 30 meter dengan lebar 7 meter.
- Profil yang di gunakan pada untuk penampang dengan H 170 cm karna sudah cukup aman untuk bentang 30 meter dan untuk balok diagfragma profil nya H 120 cm dengan panjang 155 cm
- Untuk jembatan bentang 30 m dibutuhkan girder prategang yang ideal dengan tinggi 170 cm.
- Untuk tiang sandaran menggunakan profil 40x12 cm dengan jarak tiap tiang 2 meter
- Deck slab menggunakan panjang 115 cm dengan tinggi 100 cm dan ketebalan 7cm.
- Secara keseluruhan Profil yang di pakai pada jembatan beton prategang cukup aman digunakan karena sudah di perhitungkan dari berbagai aspek yang di perlukan untuk pembebanan jembatan
  - Perhitungan sandaran  
 $o=337,17 \text{ kg/(cm}^2) \leq (\sigma) = 1600 \text{ kg/cm}^2$   
 ..... pipa aman
  - Tiang sandaran  
 $0,0058 < \rho < 0,006 < 0,0403$   
 $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$  ..... Ok  
 Plat lantai kendaraan  
 $= 6,4386 \text{ ton.m} > Mu \text{ terjadi } 2,662 \text{ ton.m}$  ..... aman  
 Balok diagfragma  
 $= 125,208 \text{ ton.m} > Mu \text{ terjadi } 0,098 \text{ ton.m}$  ..... aman
- Untuk perhitungan lendutan secara keseluruhan cukup nilai aman
  - Saat transfer  
 $\delta_t = 59,28 \text{ mm} (\uparrow)$  (Aman)
  - Saat akhir  
 $\delta_a = 32,42 \text{ mm} (\uparrow)$  (Aman)
  - Saat layanan lalu lintas dan air hujan  
 $[\delta]_p = 8,23 \text{ mm}$   
 $= 8,23 \text{ mm} (\downarrow) < 60 \text{ mm} (\downarrow)$  (Aman)
- Untuk nilai lendutan pada jembatan tersebut yang terjadi pada gelagar terutama pada layanan lalu lintas (service) yaitu 8,23 mm lebih kecil dari lendutan yang di izinkan pada jembatan 60 mm.

### 6. Saran

Untuk analisis diperlukan ketelitian dan kecermatan baik persiapan maupun pelaksanaan analisis. Sebelum menganalisis diharapkan banyak mengumpulkan literature-literatur atau buku-buku yang mendukung.

Saat menganalisis harus teliti dan cermat untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Dan untuk perhitungan pada jembatan di hitung secara manual dan di sarankan menggunakan aplikasi yang mendukung perhitungan tersebut

## 7. Daftar pustaka

- Badan Standarisasi Nasional,,2016,Pembebanan Jembatan ,SNI 1725-2016,Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional,,2002,Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ,SNI 03-2847-2002,Bandung.
- Directorat Jendral Bina Marga,Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan,Jakarta.2011.
- Departemen Pekerjaan Umum,Pedoman precanaan pembebanan Jembatan Jalan Raya,SKBI-1.3.28.1987,UDC :624.042.624.21,Yayasan Badan Penerbit Pu,Jakarta 1987 Hal 10
- Departemen Pekerjaan Umum ,Peraturan Beton Bertulang Indonesia ,N.I-2,UDC 35 (910):6355,Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan,Bandung.1971.Hal 10
- Hutama AL Sandy,Perancangan Struktur Atas jembatan Condet Dengan Kontruksi Beton Prategang,Jakart.2019.
- P.collins Michael,Michell Denis,Prestressed Concrete structures,copywel Ontario,Canada.1997.
- Ned H.Burn T.Y.LIN Desain struktur prategang Edisi ketiga jilid 1,Erlangga ,Jakarta.1998.
- Soetoyo,Ir, 2002. Konstruksi Beton Pratekan. Surabaya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November