

E-ISSN : 2715-842X



Jurnal TeKLA

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TeKLA)

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Vol.5	No.2	Halaman 52 – 152	Desember 2023
--------------	-------------	-----------------------------	--------------------------



9 772715 842015

Dewan Redaksi:

Redaktur :

Indriyani Puluhulawa

Tim Editor/ penyunting :

Zev Al Jauhari

Zulkarnain

Lizar

Tira Roesdiana

Dian Eksana Wibowo

Mitra Bestari:

Ir. Ahmad Zaki, ST, M.Sc, Ph.D (Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Putera Agung Maha Agung (Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta)

Muhammad Akbar Caronge (Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanudin)

Sigit Sutikno (Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau)

Administrasi/ Sirkulasi:

Supianto

Alamat Redaksi/ Penerbit:

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

email: tekla@polbeng.ac.id

website: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/tekla>

Terbit pada Bulan:

Juli dan Desember

Penanggung jawab:

Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bengkalis

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA) merupakan publikasi ilmiah online berkala yang diperuntukkan bagi peneliti yang hendak mempublikasikan hasil penelitiannya dalam bentuk studi literatur, penelitian, pengembangan, dan aplikasi teknologi. Jurnal TekLA memuat artikel terkait dengan ilmu rekayasa struktur dan material, ilmu pondasi dan tanah pendukung, rekayasa transportasi dan perkerasan jalan, rekayasa hidro dan bangunan air, manajemen konstruksi serta ilmu pengukuran dan pemetaan.

EDITORIAL

Bismillahirrahmanirrahiim,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan anugerah iman dan ilmu kepada hamba-Nya. Tak terasa tim editor Jurnal TekLA telah menuntaskan proses review dan penerbitan Volume 5 Edisi 2 di Bulan Desember 2023 ini. Tim Editor menerima beberapa makalah dari dalam dan luar Polbeng. Namun dari jumlah tersebut, hanya 10 naskah yang diterima pada edisi ini.

Dalam edisi ini, topik naskah yang ditampilkan meliputi beberapa fokus keilmuan Teknik Sipil. Secara kuantitas, minat publikasi di kalangan civitas akademik bidang ilmu Teknik Sipil semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah naskah yang diterbitkan pada edisi kali ini sebanyak enam naskah. Meskipun demikian, Tim Editorial Jurnal TekLA bertekad meningkatkan kualitas naskah yang diterima dan menjaga proses review yang independen terhadap naskah-naskah tersebut. Lebih lanjut, tim Editorial juga menerapkan pemeriksaan kemiripan (*similarity*) terhadap seluruh naskah sebelum dilakukan proses review.

Tim Editorial berterimakasih kepada para reviewer eksternal yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Berkat saran koreksi dan review yang dijalankan oleh para reviewer tersebut, maka tim dapat menuntaskan penerbitan edisi ini.

Bengkalis, 30 Desember 2023

Indriyani Puluhulawa, S.T., M. Eng
Editor-in-Chief Jurnal TekLA
email: indriyani_p@polbeng.ac.id

DAFTAR ISI

Desain Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Khusus Studi Kasus Jalan Tol Ruas Pekanbaru Padang Seksi Bangkinang Pangkalan STA 1+035 IC Missi Afrilia, Junaidi	52-64
Analisis Biaya Perawatan Dan Perbaikan Jembatan Sei. Jangkang Kec. Bantan Ardhi Pratama Wanda, Gunawan	65-72
Desain Jembatan Sungai Mengkopot Dengan Menggunakan PCI Girder Prategang Junaidi, Juli Ardita Pribadi	73-83
Perancangan Jalan Sultan Syarif Kasim Kelurahan Tanjung Kapal Menuju Desa Darul Aman Pada KM 7-KM 9 Menggunakan Metode PDT-14-2003 Syarifudin, Guswandi, Mutia Lisya	84-93
Perhitungan Struktur Atas Jembatan Kelemantan Dengan Tipe T-Girder Berdasarkan SNI 1725-2016 Zulfani. S1, Alamsyah2, Indriyani	94-108
Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga Dan <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Zumalin, Guswandi, Mutia Lisya	109-121
Inventarisasi Kerusakan Jalan SDN 04 Damon Bengkalis Dengan Metode PCI Menggunakan ArcGIS 10.8 Yogi Andri Saputra, Hendra Saputra	122-131
Studi Komparasi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan ABACUS CAE Sebagai Perbandingan Nilai Beban Dan Lentutan Nofri Bernando, Zev Al Jauhari, Muhammad Gala Garcya	132-141
Perencanaan Geometrik Jalan Berbasis Bim Pada Jalan Pelabuhan Bandar Setia Raja - Berancah Fikri Nugraha Ihsan, Hendra Saputra	142-152

DESAIN JEMBATAN SUNGAI MENGGOPOT DENGAN MENGGUNAKAN PCI GIRDER PRATEGANG

Junaidi¹, Juli Ardita Pribadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

*Junaidiaidi9565@gmail.com*¹, *juliardita@polbeng.ac.id*²

Abstrak

Jembatan Sungai Mengkopot terletak di perbatasan antara Desa Pisang dengan Desa Mengkopot. Jembatan sungai mengkopot menggunakan material kayu sebagai plat lantai jembatan, yang merupakan akses utama penghubung antar desa bahkan Kecamatan. Pada perencanaan ini menggunakan pembebanan SNI 1725:2016 dengan beton prategang. Perencanaan ini bertujuan untuk mendapatkan dimensi yang efektif dan pembebanan yang terjadi pada jembatan. Perencanaan jembatan ini mengacu kepada SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan, dan SNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur beton untuk jembatan. Berdasarkan hasil perhitungan struktur atas jembatan direncanakan dengan panjang bentang 55,96 m, direncanakan 3 bentang, dengan panjang masing-masing bentang adalah 18,65 m dan dengan lebar jembatan 7,5 m. Mutu beton pada Slab K-250 m dengan tebal 0,2 m menggunakan tulangan lentur negatif dan lentur positif yaitu tulangan utama D16-250 mm dan tulangan bagi D13-300 mm. Sedangkan untuk beton prategang menggunakan profil PCI Girder dengan tinggi 1,7 m, jarak antar Girder 2 m, dan mutu beton *Presstress* K-602,41. Jumlah tendon 5 buah dengan 95 kabel *strands*. Dari hasil perhitungan didapat momen nominal (Mn) balok prategang sebesar 13427,170 kNm, dan kapasitas momen ultimit (Mu) sebesar 12084,453 kNm.

Kata Kunci: PCI Girder, beton prategang, SNI 1725:2016

Abstract

The Mengkopot River Bridge is located on the border between Pisang Village and Mengkopot Village. The river bridge is dismantled using wood material as the bridge floor plate, which is the main access link between villages and even sub-districts. This plan uses SNI 1725:2016 loading with prestressed concrete. This planning aims to obtain the effective dimensions and loading that occurs on the bridge. This bridge planning refers to SNI 1725:2016 concerning bridge loading, and SNI T-12-2004 concerning concrete structure planning for bridges. Based on the results of the calculation of the superstructure of the bridge, it is planned with a span length of 55.96 m, 3 spans are planned, with a span length of 18.65 m each and a bridge width of 7.5 m. Concrete quality on Slab K-250 m with a thickness of 0.2 m using negative bending and positive bending reinforcement, namely the main reinforcement D16-250 mm and reinforcement for D13-300 mm. Whereas for prestressed concrete use a PCI Girder profile with a height of 1.7 m, the distance between the girders is 2 m, and the quality of the concrete is *Presstress* K-602.41. Number of tendons 5 pieces with 95 cable strands. From the calculation results, the nominal moment (Mn) of the prestressed beam is 13427.170 kNm, and the ultimate moment capacity (Mu) is 12084.453 kNm.

Keywords: PCI Girder, prestressed concrete, SNI 1725:2016

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Adapun rintangan yang dimaksud biasanya jalan lain berupa jalan air maupun jalan lalu lintas biasa (Struyk dan Veen, 1984).

Pada penelitian ini menggunakan Jembatan Sungai Mengkopot, Kecamatan Tasik Putripuyu, Kabupaten Kepulauan Meranti sebagai studi kasus. Jembatan sungai mengkopot menggunakan material kayu sebagai plat lantai jembatan, yang merupakan akses utama penghubung antar desa, kecamatan, dan bahkan kabupaten (Bengkalis-Meranti).

Kondisi saat ini memang memperhatikan dan sudah banyak kali diusulkan oleh pihak

desa maupun pihak terkait lainnya agar segera dibangun permanen. Jembatan tersebut memiliki bentang total 55,96 m. Pada penelitian ini akan dilakukan desain struktur atas jembatan dengan beton prategang menggunakan balok sederhana, menggunakan PCI I Girder. dimana panjang dan jumlah bentang jembatan yang di desain di samakan dengan jembatan eksisting.



Gambar 1 Kondisi Eksisting Jembatan

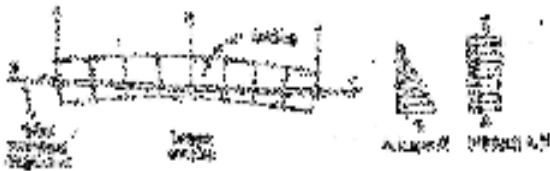
2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Jembatan

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api.

B. Beton Prategang

Beton prategang merupakan beton yang mengalami tegangan internal yang besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal.



Gambar 2 Beton Prategang dan Tegangan Pada Beton

C. Pembebanan Jembatan

Perencanaan beton prategang ini menggunakan beban yang berpedoman pada SNI 1725-2016.

Beban-beban tersebut dapat di hitung sebagai berikut :

1.) Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri (M_S) dan beban mati tambahan (M_A)

2.) Beban Hidup (Beban Lalu Lintas)

Beban lalu lintas merupakan beban lajur yang terdiri dari, beban lajur (T_D) dan beban truk (T_T).

3.) Gaya Rem (T_B)

Berdasarkan peraturan pembebanan jembatan pada SNI 1725-2016, gaya rem diambil yang terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau, 5% dari berat truk rencana di tambah beban lajur terbagi merata BTR.

4.) Pembebanan Untuk Pejalan Kaki

Semua komponen trotoar yang lebih besar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan

dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

5.) Beban Akibat Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan terdiri dari pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya.

6.) Beban Aksi Lainnya

Beban aksi lainnya terdiri dari gesekan pada perletakan (BF) dan pengaruh getaran.

3. METEDOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Desa Mengkopot, Kecamatan Tasik Putripuyu, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau.



Gambar 3 Peta Lokasi Penelitian

B. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan berbagai tahapan, yaitu dimulai dari pengumpulan data primer (data *eksisting* jembatan, muka air banjir, dan profil sungai), studi literatur, perhitungan pembebanan jembatan, perhitungan beban trotoar dan tiang sandaran, slab, balok prategang, gaya dan kehilangan prategang yang dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel 2010*. Perencanaan struktur atas jembatan dilakukan dengan *PCI-Gider* menggunakan struktur beton prategang. Dengan acuan pembebanan jembatan berdasarkan SNI 1725:2016, kemudian hasil dari perhitungan struktur atas

jembatan akan digambarkan menggunakan program *Autocad* 2010.

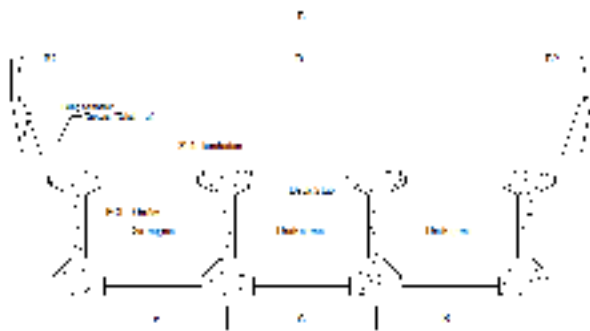
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Umum

Analisis Struktur Jembatan Sungai Mengkopot, Kecamatan Tasik Putripuyu, Kabupaten Kepulauan Meranti, menggunakan program *Excel* 2010. Perencanaan struktur atas jembatan menggunakan gelagar prategang balok sederhana dengan penampang *I-Girder*.

B. Data Teknis Jembatan

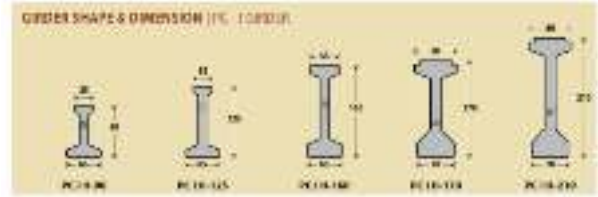
Dalam perencanaan struktur atas jembatan terlebih dahulu ditetapkan data-data yang akan digunakan dalam perhitungan awal. Berikut merupakan gambar penampang melintang jembatan dan data struktur yang digunakan untuk perencanaan :



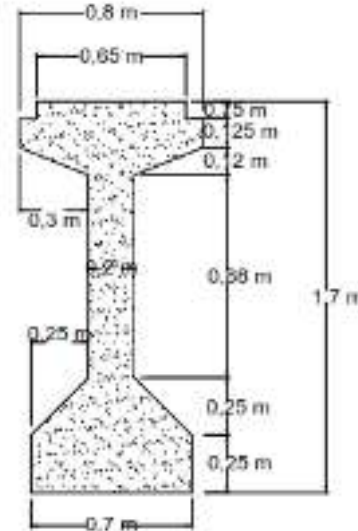
Gambar 4 Penampang Melintang Jembatan

- Panjang bentang jembatan = 55,96 m
- Jumlah bentang jembatan = 3 bentang
- Panjang bentang 1, 2, dan 3 = 18,65 m
- Lebar jembatan = 7,5 m
- Jumlah balok prategang = 4 buah
- Jarak antar balok prategang = 2 m
- Tinggi diafragma = 1,05 m
- Tinggi slab = 0,20 m
- Tebal lapisan aspal + overlay = 0,10 m
- Tinggi trotoar diatas slab = 0,25 m
- Tinggi tiang railing = 1,25 m

Untuk balok prategang yang digunakan adalah produk dari PT. Wijaya Karya dengan dimensi yang sudah ada dengan tinggi 170 cm.



Gambar 5 Dimensi PCI – Girder PT. Wika Beton
Dimensi girder prategang diambil dari table *hand Book Wika Beton*.



Gambar 6 Dimensi Balok Prategang

Tabel 1. Detail Bagian dan Ukuran Balok Prategang

Kode	Lebar (M)	Kode	Tinggi (M)
b1	0,8	h1	0,075
b2	0,65	h2	0,1250
b3	0,03	h3	0,12
b4	0,03	h4	0,12
b5	0,2	h5	0,88
b6	0,25	h6	0,25
b7	0,25	h7	0,25
b8	0,7	h8	0,25
		H	1,700

Mutu beton prategang yang digunakan dalam perencanaan struktur atas jembatan sebagai berikut :

- Mutu beton prategang = K-602,41
- Kuat tekan beton prategang, $f_c' = 41,45$ Mpa
- Modulus elastisitas beton, $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$
= 30277,632 Mpa

Angka *posion* beton, $\nu = 0,15$
 Modulus geser, $G = 9308,486 \text{ Mpa}$
 Koefisien muai beton, $\alpha = 10 \times 10^{-6}$

Didalam perencanaan struktur atas jembatan menggunakan data *strands cable* yang digunakan dalam perencanaan struktur atas jembatan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Data *Strands Cable*-Standar VSL

Jenis <i>strands uncoated 7 wire super strands</i> ASTM A-416 grade 270	
Tegangan leleh <i>strands</i> f_{py}	1580 Mpa
Kuat tarik <i>strands</i> f_{pu}	1860 Mpa
Diameter nominal <i>strands</i> D_s	12,70 mm
Luas tampang nominal 1 <i>strand</i> A_{st}	98,70 mm ²
Beban putus minimal satu <i>strand</i> P_{bs}	187,32 kN
Jumlah kawat untaiian (<i>strands cable</i>)	19/Tendon
Diameter selubung <i>ideal</i>	84 mm
Luas tampang <i>strand</i>	1875,3 mm ²
Beban putus satu tendon P_{b1}	3559,10 kN
Modulus elastis <i>strand</i> E_s	193000 Mpa
Tipe dongkrak	VSL 19

C. Perhitungan Struktur Atas

1) Analisis perhitungan beban slab

Berikut rangkuman momen yang terjadi pada *slab* jembatan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Momen Pada *Slab* Jembatan

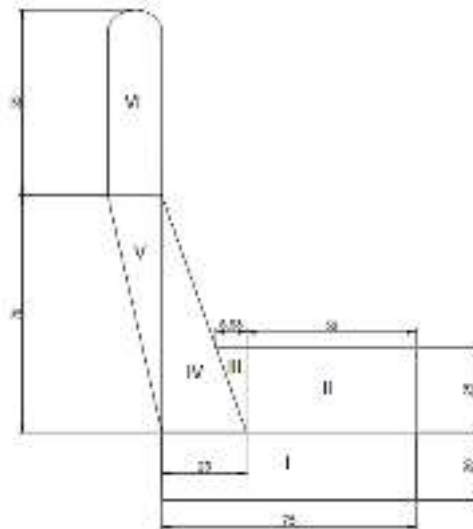
Jenis Beban	Faktor Beban	M tumpuan (kNm)	M lapangan (kNm)
Berat sendiri	K_{MS}	1,666	0,834
Beban mati tambahan	K_{MA}	1,120	0,581
Beban truk "T"	K_{TT}	91,377	82,310
Beban angin	K_{EW}	0,762	0,686
Pengaruh temperatur	K_{ET}	0,012	0,060

Sedangkan untuk rekapulasi tulangan *slab* jembatan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Rekapulasi Tulangan *Slab* Jembatan

Tulangan Lentur	Diameter Tulangan (mm)	Jarak (mm)
Negatif utama (Tumpuan)	D 16	250
Negatif bagi/susut (Tumpuan)	D 13	300
Positif utama (Lapangan)	D 16	250
Positif bagi/susut (Lapangan)	D 13	300

2) Analisis perhitungan beban trotoar



Gambar 7 Dimensi Trotoar

Pada perhitungan trotoar didapatkan yaitu :
 Faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedestrian,

$$KMS = 0,75$$

Faktor beban ultimit untuk beban hidup pedestrian,

$$KTP = 2$$

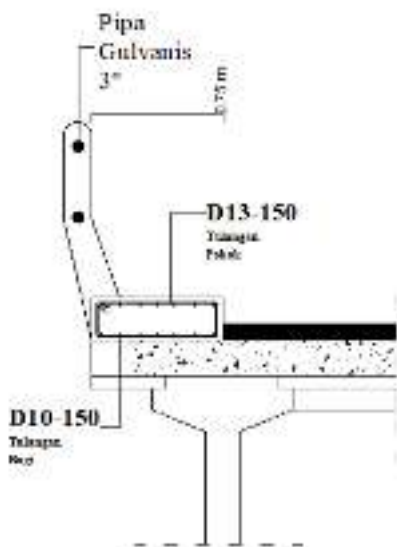
Momen akibat berat sendiri pedestrian,
 $MMS = 5,162 \text{ kNm}$

Momen akibat beban hidup pedestrian,
 $MTP = 10,316 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} \text{Momen ultimit rencana slab trotoar,} \\ \mu_u &= (KMS \times MMS) + (KTP \times MTP) \\ &= (0,75 \times 5,162) + (2 \times 10,316) \\ &= 24,504 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk hasil perhitungan penulangan *slab* diperoleh nilai luas tulangan

terpasang (As) sebesar 1220,858 mm². Nilai tersebut lebih besar dari tulangan yang diperlukan (Asmin) yaitu sebesar 1031,625 mm², sehingga dengan jarak tulangan 100 mm aman digunakan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk trotoar menggunakan dimensi tebal 250 mm dengan mutu beton K - 250, mutu baja U-32, mendapatkan nilai momen nominal rencana sebesar 30,630 kNm menggunakan tulangan utama yaitu D13 - 150 mm dan tulangan bagi/susut D10 - 150 mm seperti terlihat pada Gambar berikut :



Gambar 8 Pembesian Trotoar

3) Analisis perhitungan *deck slab*

Luas tulangan yang diperlukan,
 $A_s = 187,047 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan D-10 mm,
 dengan jarak tulangan yang diperlukan
 $S = 268,732 \text{ mm}$

Digunakan tulangan D8 - 200 mm,
 dikarenakan menggunakan jarak 200 mm
 maka luas tulangan pakai
 $A_{Spakai} = 335,103 \text{ mm}^2$

Tulangan susut sekaligus tulangan susut arah memanjang diambil 66% dari tulangan utama.

Luas tulangan susut/bagi
 $A_{Smin} = 66 \% \times A_s$

$$= 221,168 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan, D - 8 mm
 Dengan Jarak tulangan diperlukan,

$$S = 227,273 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8 - 150 mm,
 dikarenakan menggunakan jarak 150 mm
 maka, Luas tulangan pakai
 $A_{Spakai} = 251,327 \text{ mm}^2$

4) Analisis perhitungan diafragma

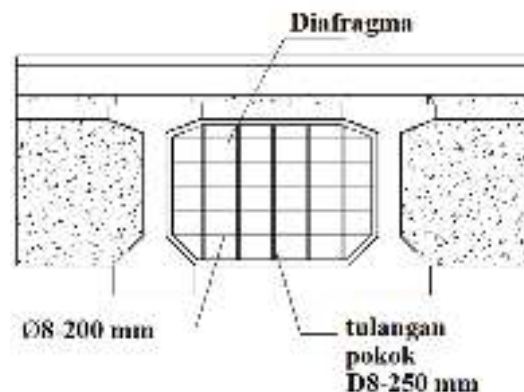
Untuk tulangan pokok menggunakan tulangan D10- 250 mm. Sedangkan untuk dimensi balok diafragma aman dan memenuhi persyaratan kuat geser.

Maka Digunakan tulangan geser berpenampang, 1 Ø 8

Luas tulangan geser, $A_v = 50,27 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan geser yang diperlukan.
 $S = 63474,07 \text{ mm}$

Maka digunakan sengkang Ø 8 - 200



Gambar 9 Pembesian Diafragma

5) Analisis perhitungan balok prategang *PCI-Girder*

Perhitungan dari *section properties* gelagar hingga *section properties* gelagar setelah dicor dengan *slab* atau lantai jembatan (setelah komposit).



Gambar 10 Section Properties PCI-Girder

Dalam penentuan *section properties*, dimensi gelagar dibagi menjadi beberapa bagian dan ditentukan luasan, serta titik beratnya. menggunakan tabel dalam menentukan setiap perhitungan hingga mencari inersia momen pada penampang gelagar prategang tersebut. Seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. Perhitungan *Section Properties* Gelagar

Dimensi		Luas	Jarak
Lebar b (m)	Tinggi h (m)	Tampang A (m ²)	Terhadap Alas y (m)
0,8	0,075	0,060	2,033
0,65	0,125	0,081	1,933
0,03	0,120	0,004	1,810
0,2	0,880	0,176	1,190
0,25	0,250	0,063	0,625
0,7	0,250	0,175	0,125
Σ A		0,624	

Tabel 6. Lanjutan

Statis Momen A*y (m ³)	Inersia Momen A*y ² (m ³)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
0,122	0,248	2,81E-05
0,157	0,303	1,06E-04
0,007	0,012	4,32E-06
0,209	0,249	1,14E-02

0,039	0,024	3,26E-04
0,022	0,003	9,11E-04
0,585	0,859	0,01306

Perhitungan *section properties* setelah dicor dengan *slab* jembatan atau setelah komposit :

Tabel 7. Perhitungan *Section Properties* Gelagar Setelah Komposit

Dimensi		Luas	Jarak
Lebar b (m)	Tinggi h (m)	Tampang A (m ²)	Terhadap Alas y (m)
1,09	0,20	0,219	2,170
0,80	0,075	0,060	2,033
0,65	0,125	0,081	1,933
0,03	0,12	0,004	1,810
0,20	0,88	0,176	1,190
0,25	0,25	0,063	0,625
0,70	0,25	0,175	0,125
TOTAL =		0,843	

Tabel 8. Lanjutan

Statis Momen A x y (m ³)	Inersia Momen A x y (m ³)	Inersia Momen I _o (m ⁴)
0,475	1,030	0,000729
0,122	0,248	0,000028
0,157	0,303	0,000106
0,007	0,012	0,000004
0,209	0,249	0,011358
0,039	0,024	0,000326
0,022	0,003	0,000911
1,060	1,889	0,013792

6) Analisis pembebanan balok prategang PCI-Girder

Pada perhitungan pembebanan balok prategang didapatkan nilai gaya momen dan geser, serta momen pada balok dan plat yang dituangkan kedalam tabel berikut :

Tabel 9. Rekapulasi Momen Pada Balok Prategang

Jenis Beban	Kode Beban	M (kN/m)
Berat Sendiri	M _S	1669,149
Mati Tambahan	M _A	233,95
Lajur "D"	T _D	1660,433
Gaya Rem	T _B	181,95
Angin	E _w	63,91
Gempa	E _Q	445,33

Tabel 10. Rekapulasi Geser Pada Balok Prategang

Jenis Beban	Kode Beban	V (kN)
Berat Sendiri	M _S	357,99
Mati Tambahan	M _A	50,18
Lajur "D"	T _D	287,53
Gaya Rem	T _B	19,51
Angin	E _w	13,71
Gempa	E _Q	95,51

Tabel 11. Momen Pada Balok dan Plat

uraian	bentang (kNm)
M balok = 1/8 x Q balok x L ²	6856,397
M plat = 1/8 x Q plat x L ²	434,778

Ditinjau berdasarkan momen dan geser untuk satu bentang balok prategang setelah dikalikan dengan faktor pengali, maka didapatkan kombinasi pembebanan yang terjadi pada kuat I dengan Mu maksimum sebesar 5787,18 kNm dan Vu maksimum sebesar 1082,62 kN.

7) Perhitungan gaya prategang, eksentritas, dan tendon

Kondisi awal (saat transfer) :

Diperoleh gaya prategang awal $P_{t1} = 9318,30$ kN.

Kondisi akhir setelah transfer :

Diperoleh beban putus satu tendon $P_{b1} = 3559,10$ kN.

Beban putus minimal satu *strands* $P_{bs} = 187,32$ kN.

Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah tendon yang dibutuhkan: $N_t = 3,850$ tendon,

diambil jumlah tendon sebanyak 5 tendon. Dengan jumlah kawat untai yang dibutuhkan : $N_s = 73,155$ *strands*, maka diambil jumlah *strands* sebanyak 95 *strands*. Persen tegangan leleh pada baja (% *jacking force*) $P_o = 61,60$ %

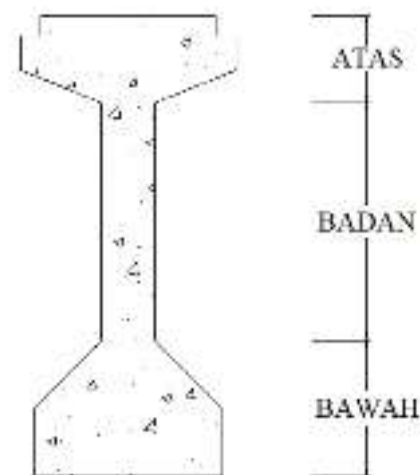
Diperoleh $P_o <$ dari yang diisyaratkan yaitu 80 %, sehingga aman untuk dilanjutkan pada perhitungan selanjutnya.

Gaya prategang akibat *jacking*, $P_j = 10962,707$ kN.

Diperkirakan untuk kehilangan tegangan (*loss of prestress*)

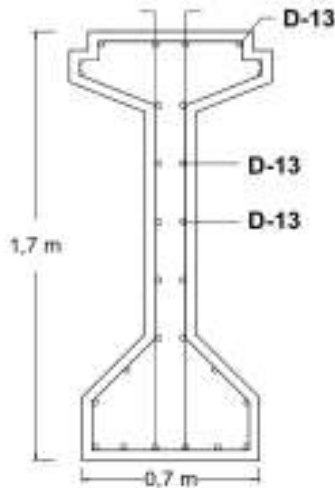
Kehilangan prategang diprediksi sebesar 30%, sehingga Gaya Prategang akhir + loss, $P_{eff} = 7673,895$ kN.

Penulangan balok prategang :



Gambar 11 Sketsa Pembagian Balok Prategang

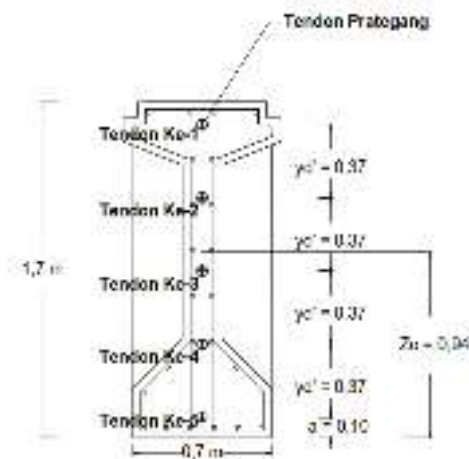
Bagian bawah, atas, dan badan menggunakan tulangan diameter 8 D-13 mm.



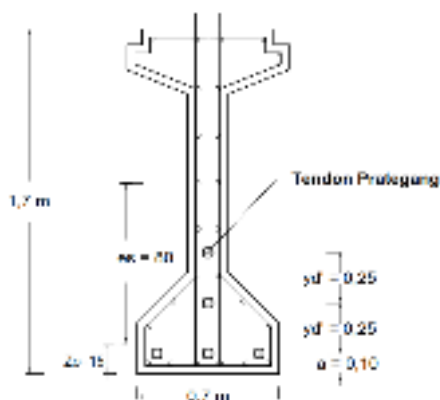
Gambar 12 Sketsa Penulangan Pada Dimensi PCI

Posisi tendon :

Yaitu terletak pada bagian tumpuan dan tengah bentang. Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 13 Tendon Pada Posisi Tumpuan



Gambar 14 Tendon Pada Posisi Tengah Bentang

Lintasan inti tendon :
Menggunakan persamaan,
 $Y = 4 x f \left(\frac{X}{L^2} \right) x (L - X)$
dimana $f = s$



Gambar 15 Notasi Pada Lintasan Isi Tendon

Panjang balok , L = 18,65 m
Eksentritas tendon, Es = 0,8 m

Tabel 12. Posisis Lintasan Kabel dari Hasil Persamaan

X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)	X (m)	Yi (m)
0	0,00	16	0,38	32	-3,87	48	12,76
1	0,16	17	0,25	33	-4,29	49	13,47
2	0,30	18	0,11	34	-4,73	50	14,19
3	0,43	19	0,06	35	-5,18	51	14,94
4	0,53	20	0,24	36	-5,66	52	15,70
5	0,62	21	0,45	37	-6,15	53	16,49
6	0,69	22	0,67	38	-6,66	54	17,29
7	0,74	23	0,91	39	-7,19	55	18,10
8	0,77	24	1,16	40	-7,73	56	18,91
9	0,79	25	1,44	41	-8,3	0,25	0,042
10	0,78	26	1,73	42	-8,88		
11	0,76	27	2,04	43	-9,48		
12	0,72	28	2,37	44	-10,1		
13	0,67	29	2,72	45	10,74		
14	0,59	30	3,08	46	11,39		
15	0,5	31	3,47	47	12,07		

Sudut angkur :

Letak posisi sudut angkur tendon pada tiap tendon berbeda-beda, sudut angkur ini

bertujuan untuk mengetahui berapa besar sudut di bagian angkur tendon pada masing – masing girder.

Tata Letak dan *Trace* Kabel :

Tabel 13. Rekapitulasi *Eksentritas* Tendon

F1	=	1,075	Z1'	=	1,675	m
F2	=	0,956	Z2'	=	1,306	m
F3	=	0,837	Z3'	=	0,937	m
F4	=	0,469	Z4'	=	0,569	m
F5	=	0,100	Z5'	=	0,200	m

8) Kehilangan Tegangan (*Loss Of Stress*)

Tabel 14. Kehilangan Gaya Prategang

Uraian	Bentang	Satuan
Pj (Anchorage friction)	10962,71	kN
Po (Jack friction)	10633,83	kN
Px (Elastic shortening)	10101,47	kN
Pi (Relaxation of tendon)	8990,16	kN
Peff (Gaya efektif)	7866,53	kN
Loss of Prestress	28,24	%

9) Tegangan Pada Balok Prategang

Tegangan yang terjadi pada penampang balok diperhitungkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Ada dua ketentuan, yaitu tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang, dan tegangan beton pada kondisi beban layan, kedua faktor tersebut tidak boleh melebihi ketentuan yang ada.

10) Tegangan Yang Terjadi Pada Balok Komposit

Tabel 15. Tegangan Pada Beton Prategang

Tegangan pada beton	fac	f'ac`	fbc
Tegangan Akibat Berat Sendiri (M _S)	-1883,490	-1297,489	3683,522
Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan (M _A)	-263,997	-181,861	516,296

Tegangan pada beton	fac	f'ac`	fbc
Tegangan Akibat Susut dan Rangkak (S _R)	1202,966	-6659,267	-12453,548
Tegangan Akibat Prategang (P _R)	498,405	-2559,345	-28550,221
Tegangan Akibat Beban Lajur "D" (T _D)	-1873,655	-1290,713	3664,287
Tegangan Akibat Gaya Rem (T _B)	-205,319	-141,439	401,540
Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur (E _T)	-1295,346	-1455,679	125,298
Tegangan Akibat Beban Angin (E _w)	-72,120	-49,681	141,044
Tegangan Akibat Beban Gempa (E _Q)	-502,512	-346,168	982,758

11) Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Kontrol tegangan terhadap kombinasi pembebanan yang terjadi pada girder diperhitungkan berdasarkan tegangan-tegangan yang bekerja pada girder dan dikalikan dengan faktor beban yang telah ditentukan didalam peraturan pembebanan jembatan pada SNI 1725:2016.

Tegangan yang diizinkan dihitung sebagai berikut:

Kuat tekan beton,

$$f_c' = 50 \text{ Mpa}$$

$$= 50000 \text{ kPa}$$

Mutu beton, K-602,41

Tegangan ijin tekan,

$$f_c' = -0,45 \times f_c'$$

$$= -22500 \text{ kPa}$$

Tegangan ijin tarik,

$$f_c' = 0,5 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 112 \text{ kPa}$$

12) Lendutan Pada Balok Prategang

Lendutan balok prategang dibagi menjadi 2 bagian lendutan, yaitu lendutan balok sebelum komposit dengan plat dan lendutan balok setelah menjadi komposit dengan plat lantai.

Tabel 16. Lendutan Pada *Presstress Girder*

lendut Pada Prestress Girder	bentang	keterangan
Keadaan Awal (transfer)	-0,0662	keatas < L/240
Setelah Loss of Prestress	-0,0345	keatas < L/240
Setelah Plat selesai di Cor	-0,0264	keatas < L/240
Setelah Plat dan Balok Komposit	-0,0023	keatas < L/240

Tabel 17. Lendutan *Presstress Girder+Slab* (Komposit)

Lendutan Pada Prestress Girder + Slab (Komposit)	lendutan
Akibat Beban Sendiri	0,0027
Akibat beban Mati Tambahan	0,0027
Akibat Prategang	-0,0226
Akibat Beban Lajur D	0,0025
Akibat Beban Rem	0,0002
Akibat Pengaruh Temperatur	0,00022
Akibat Beban Angin	0,0000003
Akibat Beban Gempa	0,0000021

Lendutan pada balok sebelum komposit dengan plat lantai terbilang aman dikarenakan memiliki angka lendutan lebih kecil dari lendutan yang diisyaratkan yaitu L/240. Pada lendutan balok setelah komposit dengan plat ditinjau kembali pada kombinasi pembebanan yang bekerja.

13) Perencanaan Perletakan (*Elastomer Bearing*)

Berdasarkan brosur PT. Ralico Utama Rubber, *elastomer* direncanakan berdasarkan beban vertikal yang bekerja. Beban vertikal yang akan digunakan adalah gaya geser ultimit rencana (V_u) yang diperoleh dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan jembatan dengan nilai sebesar 108,262 ton.

Pada penelitian ini digunakan *elastomer bearing* dengan dimensi $A = 230$ mm dan $B = 350$ mm. Maksimum lapisan (t_s) = 5 lapis serta

ketebalan setiap lapisan (t) 5 mm. dimensi ini dianalisa mampu menahan beban vertikal hingga 111,7 ton sehingga aman digunakan pada jembatan Sungai Mengkopot karena beban vertikal yang terjadi lebih kecil yaitu sebesar 108,262 ton.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai μ maksimum *slab* jembatan sungai Mengkopot pada daerah tumpuan dan lapangan terdapat di kombinasi “Kuat I” secara berturut-turut sebesar 168,885 kNm dan 150,404 kNm.
2. Nilai momen ultimit dan gaya geser ultimit pada perencanaan gelagar terdapat di kombinasi “Kuat I” secara berturut-berturut sebesar 5787,18 kNm dan 1082,62 kNm.
3. Dari hasil perencanaan didapat dimensi trotoar dengan lebar 0.75 m, dan tebal 0,25 m menggunakan tulangan pokok D16 mm jarak 250 mm dan tulangan susut D13 mm jarak 300 mm. Dimensi tiang sandaran (*railing*) yang didapatkan lebar 0,15 m, tebal 0,15 m, dan tinggi 1,30 m, dengan besi *railing* 3” menggunakan tulangan pokok dengan D13 mm jarak 150 mm dan tulangan susut D10 mm jarak 150 mm. Diafragma menggunakan tulangan lentur D10 mm jarak 250 mm dan tulangan sengkang D8 mm jarak 200 mm.
4. PCI Girder menggunakan dimensi H-1,7 m, jumlah girder dalam perencanaan ini sebanyak empat buah. Dan dalam satu *PCI Girder* terdiri dari 5 tendon.
5. Untuk perletakan *Elastomer Bearing* menggunakan dimensi $A = 230$ mm dan $B = 350$ mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan do’a yang telah diberikan, teman-teman yang telah banyak

membantu, serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Dan semoga paper ini dapat bermanfaat bagi akademis dan praktisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–67.
- [2] Batubara, S., & Simatupang, L. (2018). Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Bentang 24 Meter Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 1(2), 45–61. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v1i2.280>
- [3] Harahap, F. R. (2021). *Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Sungai Pengalir Menggunakan Struktur Komposit Berdasarkan Pembebanan Sni 1725: 2016*. <http://eprints.polbeng.ac.id/2189/>
- [4] Ikhsan, A., Ardita, J., Indriyani, P., & Jembatan, A. D. (2019). *DESAIN JEMBATAN SUNGAI MESKOM MENGGUNAKAN menghubungkan permukiman Untuk itu dicoba Melakukan Desain ulang Faktor Beban Dinamis merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan*. 1(1), 38–45.
- [5] Ilham, M. N. (2008). *Perhitungan Balok Prategang (Pci - Girder) Jembatan Srandakan Kulom Progo*.
- [6] Pertiwi, M., Sipil, J. T., & Bengkalis, P. N. (2021). (*Studi Kasus Di Kelurahan Terkul, Kecamatan Rupal*) *Sebagaisalah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis Oleh:*
- [7] Rasbora, W., & Puintius, B. (2015). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
- [8] Sei, J., Rumbih, T., Kuala, B., & Selatan, K. (2010). *Perhitungan Prestress Concrete " I " Girder (Pci-Girder)*. Ray 15.
- [9] Setiyarto, Y. D. (2017). Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016. *The Loading Standards on Bridges According to SNI 1725 2016*, 9, 8. <https://repository.unikom.ac.id/54571/1/vii-10-y.djoko-setiyarto-standar-pembebanan-pada-jembatan.pdf>
- [10] Teknis, D., Adapun, J., & Mpa, M. (n.d.). *Contoh perhitungan jembatan kompsite 4.1*.