

Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Menggunakan Pci Girder (Studi Kasus : Sungai Penebak Batu Panjang Kec.Rupat)

Muhammad Nasri¹, Juli Ardita Pribadi², Zulkarnain³
Politeknik Negeri Bengkalis^{1,2,3},
muhammadnasri746@gmail.com

Abstract

The ability of a bridge is strongly influenced by the type and strength of the girder beam. In planning the bridge of the river predictor is planned to use prestress beam with a height of 1,6 meters, with a length of 30 meters, following the standard of the concrete wika for prestress beam I Girder. The plan aims to calculate the structure of the prestressed bridge and know the work steps of the method bridge launching (Cremona),

The results of the calculations obtained, the initial prestressing force 8095,94 kN, force that occurs due to jacking 9524,10 kN, and the final prestress force is estimated to be tensile (loss of prestress) 30%, that is 6666,87 kN. In the transfer state, the beam is deflected by 0,04642 m, after loss of prestress of 0,03391 m, after being composite with a plate, the beam will experience the biggest deflection due to combination 4 for 0,04495 m. longitudinal reinforcement is used at the top 6 D 12, on the body 10 D 12, and at the bottom 10 D 12. The shear reinforcement used D 13, in distance in the area of support until the middle of the span 100 mm, 150 mm, 200 mm.

Keyword: Prestressed bridge, PCI Girder, reference calculation of prestress beam

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi darat yang berfungsi untuk menghubungkan satu tempat ketempat lain, guna menunjang perkembangan ekonomi. Dengan perkembangan zaman maka jembatan tidak hanya dipandang sebagai alat penghubung antara tempat satu dengan tempat yang lain, tetapi sebagai sarana untuk memperlancar kegiatan manusia, serta membantu perkembangan suatu daerah yang selama ini sulit diakses, untuk itu jambatan sangat perlu dibangun apalagi didaerah yang semakin hari semakin ramai seperti pulau rupert, orang-orang yang berdatangan dari luar pulau pasti memerlukan akses yang cepat untuk sampai ke tujuan, maka dari itu perlu adanya pembangunan jembatan untuk menghubungkan dua akses jalan yang baru direncanakan dari batu panjang menuju ke tanjung kapal.

Jembatan yang akan direncanakan di desa batu panjang ini terletak di sungai penebak dengan panjang rencana 30 meter yang akan menjadi jembatan penebak 2, karena sebelumnya sudah ada jembatan penebak 1 yang digunakan masyarakat sebagai arus utama dari batu panjang menuju desa tanjung kapal dan sebaliknya. Perencanaan pembangunan jembatan sungai penebak ini merupakan pekerjaan yang sangat penting, karena akan dijadikan salah satu arus transportasi orang dan barang dari roro tanjung kapal menuju ke batu panjang dan sekitarnya. Dengan adanya rencana pembangunan jembatan ini proses mobilisasi masyarakat batu panjang akan menjadi lebih lancar dan cepat.

Melihat dari lokasi, lebar sungai, dan arus lalu lintas kendaraan yang nantinya akan melewati jembatan yang akan direncanakan tersebut, sangat cocok apabila dibangun jembatan beton prategang dengan menggunakan I girder. Karena girder dapat didesain dengan efektif dan efisien juga ekonomis dan mampu menahan beban aksial tekan dan tarik. Pada umumnya perhitungan jembatan terbagi atas dua bagian penting yaitu struktur atas jembatan dan struktur bawah jembatan. Namun pada perencanaan ini hanya merencanakan struktur atas

jembatan dan dilanjutkan dengan metode pelaksanaan pemasangan balok I girder dengan menggunakan metode *bridge launching (Cremona)* pada pekerjaan *erection* jembatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dwi Harmono (Dkk, 2017), Analisis gelagar prestress pada perencanaan jembatan akses pulau balang i menggunakan *software sap 2000 v.14*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, Balok prategang dengan bentang 39.80 meter dalam perhitungan manual didapat gaya prategang awal 9740.628 kN, mengalami kehilangan prategang total sebesar 30%.

Ardi AL-Maqassary (2013) Perencanaan precast concrete i girder pada jembatan prestressed post tension dengan bantuan program microsoft office excel, Dari hasil perhitungan, tegangan yang diperoleh lebih kecil dari tegangan yang diijinkan, baik dalam kondisi transfer (initial) maupun pada saat beban kerja (servis), maka perencanaan jembatan memenuhi syarat dan aman. Total kehilangan prategang yang terjadi sebesar 19.138%. Dari hasil perhitungan terdapat perbedaan hasil antara perhitungan secara manual dan perhitungan dengan menggunakan alat bantu software, oleh karena itu disarankan agar para pendesain berikutnya menggunakan.

Y Vemmy (2017), Perkuatan balok girder dengan menggunakan *carbon fibre reinforced polymer* (studi kasus: proyek pembangunan dermaga multipurpose kuala tanjung), Berdasarkan analisa perhitungan terbukti bahwa dengan menambahkan lembaran CFRP pada struktur mampu meningkatkan kapasitas momen sebesar 22.96% .

2.1. Beton Prategang

Beton prategang adalah jenis beton dimana tulangan baja ditarik/ditegangkan terhadap betonnya. Penarikan ini menghasilkan sistem kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar. Beton prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua bahan yang berkekuatan tinggi modern, yaitu beton dan baja mutu-tinggi. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari individu kedua bahan itu sendiri. Keuntungan penggunaan struktur beton prategang antara lain :

1. Balok yang lebih ringan, langsing dan kaku.
2. Retak kecil dapat mencegah terjadinya korosi pada baja sehingga lebih tahan terhadap lingkungan yang agresif.
3. Lintasan tendon bisa diatur untuk menahan gaya lintang.
4. Penghematan maksimum dapat dicapai pada struktur bentang panjang, lebih ekonomis bila dibandingkan dengan konstruksi beton bertulang biasa dan baja.
5. Dapat digunakan untuk struktur pracetak yang dapat memberikan jaminan kualitas yang lebih baik, kemudahan dan kecepatan dalam pelaksanaan konstruksi serta biaya awal yang rendah. Jika dibandingkan dengan kayu, beton bertulang, atau baja, penggunaan beton prategang pada struktur atas jembatan masih tergolong relatif baru. Hal ini tidak terlepas dari kemajuan teknologi bahan.

2.2. Tahapan Pembebanan

1. Tahap Awal

Pembebanan tahap awal merupakan pemberian gaya prategang terhadap girder tetapi belum dibebani oleh beban eksternal. Tahap ini dapat dibagi dalam beberapa tahap :

- a) Sebelum diberi gaya prategang

Pada masa sebelum diberi gaya prategang, beton girder masih lemah dalam memikul beban, oleh karena itu harus dicegah agar tidak terjadi kehancuran pada ujung girder. Harus diperhitungkan susut beton, dan retakan yang timbul akibat susut tersebut. *Curing* beton harus diperhitungkan sebelum peralihan gaya prategang.

- b) Pada saat diberi gaya prategang

Besarnya gaya prategang yang bekerja pada tendon saat proses stressing dapat membuat kabel *strand* putus jika pemberian gaya melebihi tegangan maksimum *strand* atau jika

strand dalam kondisi rusak. Beton bermutu rendah atau belum cukup umur juga dapat hancur pada tahapan ini.

c) Pada saat peralihan gaya prategang

Untuk komponen struktur post-tension peralihan beban berlangsung secara bertahap, gaya prategang pada tendon dialihkan ke beton satu persatutendon. Pada keadaan ini gaya eksternal belum bekerja kecuali berat sendirinya. Gaya prategang awal setelah terjadi kehilangan juga ikut menentukan desain girder. Girder dengan panjang bbentang tersebut di atas yang terletak di atas dua tumpuan, akibat berat sendirinya akan menimbulkan beban momen positif diu tengah bentang.

2. Tahapan Antara

Pembebanan tahap ini ada karena proses pemindahan beton *precast* dari pabrik ke lokasi proyek. Tahapan antara merupakan tahapan pembebanan selama girder dalam masa pengangkutan, termasuk masa saat girder dalam proses *erection*. Cara pengangkatan dan pengangkutan balok girder harus diperhitungkan dengan baik. Pengangkatan dengan cara yang salah dapat mengakibatkan balok girder retak atau bahkan mungkin patah.

3. Tahapan Akhir

Pembebanan tahap akhir merupakan tahapan dimana beban rencana telah bekerja pada struktur. Pada beton prategang, ada tiga jenis beban kerja yang dialami.

2.3. Desain Material

2.3.1. Beton

Beton adalah campuran dari semen, air, dan agregat serta suatu bahan tambahan. Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dengan nilai f'_c antara 30 – 45 Mpa. Kuat tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkutan tendon, mencegah terjadinya keretakan, mempunyai modulus elastisitas yang tinggi dan mengalami rangkak lebih kecil. Menurut IS (*Indian standard code*), kekuatan tekan kubus 28 hari minimum adalah 40 N/mm² untuk batang pratarik dan 30 N/mm² untuk batang pascatarik (Raju, 1989).

2.3.2. Baja

a. Baja Prategang

Baja mutu tinggi merupakan bahan yang umum untuk menghasilkan gaya prategang dan mensuplai gaya tarik pada beton prategang. Pendekatan yang jelas tentang produksi baja mutu-tinggi adalah dengan pencampuran (*alloying*), yang memungkinkan pembuatan baja semacam itu pada operasi normal.

Cara yang paling umum untuk menambahkan kekuatan tarik baja prategang adalah dengan *cold-drawing*, baja mutu-tinggi melalui serangkaian pencelupan. Proses *cold-drawing* cenderung untuk menyusun kembali Kristal kristal dan kekuatan bertambah setiap kali *drawing*, jadi makin kecil diameter kawat, makin tinggi kekuatan batasnya. Daktilitas (kekenyalan) kawat berkurang sedikit akibat *cold-drawing*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

1. Tahap Persiapan.

Menyiapkan materi yang berhubungan dengan topik penelitian yang berkaitan dengan perencanaan jembatan komposit. Menentukan latar belakang, tujuan dan ruang lingkup penelitian. Menyusun studi literatur yang berkaitan dengan tujuan penelitian.

2. Tahap Pengumpulan Data.

Tahap pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder.

a. Data primer :

1. Data tofografi
2. Data lalu lintas

- b. Data sekunder :
 - 1. Tinjauan pustaka
- 3. Tahap Analisis Data

Berdasarkan data-data yang telah diambil, dilakukan analisis dengan Program Komputer untuk mendapatkan hasil dari perencanaan jembatan ini untuk mengetahui dimensi dan kekuatan jembatan tersebut.
- 4. Tahap perencanaan struktur atas

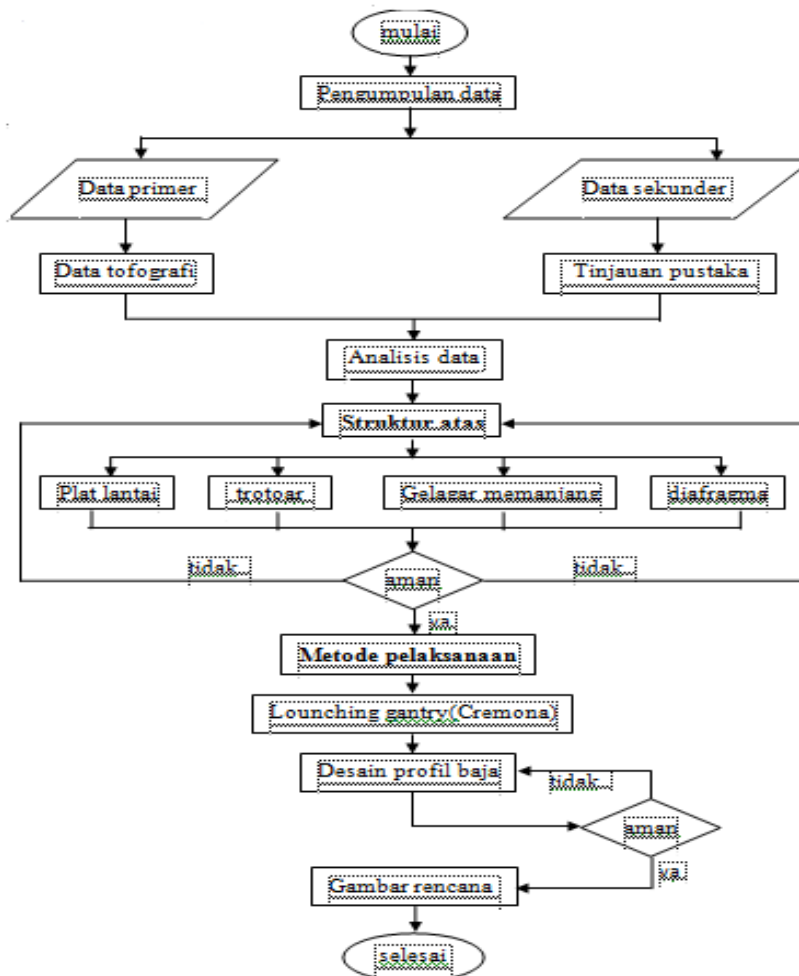
Dalam tahap perencanaan struktur atas terdapat beberapa elemen penting yang harus dianalisa dalam bentuk perhitungan yaitu:

 - a. Trotoar
 - b. Plat lantai jembatan
 - c. Gelagar memanjang
 - d. Diafragma
- 5. tahap metode pelaksanaan dengan menggunakan *launching gantry (Cremona)*.

Pekerjaan *erection* menggunakan *launching gantry (Cremona)* dilakukan jika bentang balok panjang, kondisi sungai dalam dan tidak memungkinkan menggunakan crane.
- 6. Gambar rencana

tahap gambar rencana bisa dibuat apabila untuk semua bagian-bagian dari struktur atas dan struktur bawah sudah dilakukan analisis perhitungan yang aman sesuai dengan standar-standar yang ada.

3.2. Diagram Alir



Gambar 1. Bagan alir perencanaan

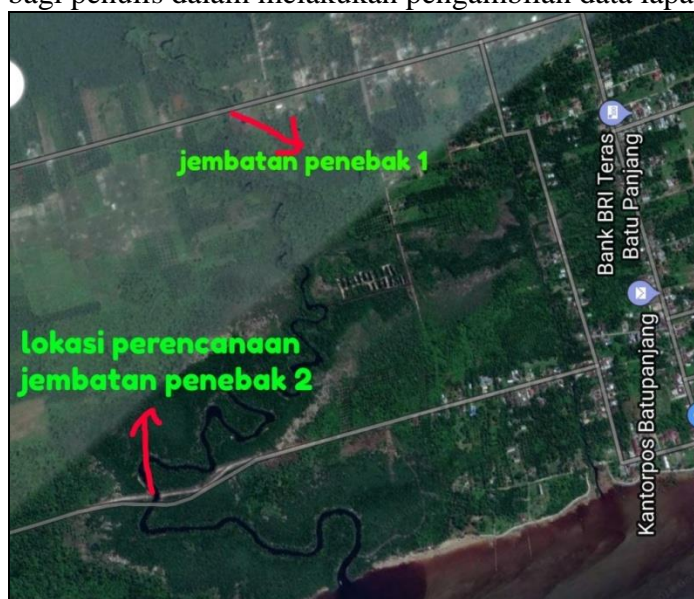
3.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perencanaan jembatan komposit ini sebagai berikut:

1. Laptop.
Digunakan sebagai perangkat keras yang menjalankan perangkat lunak seperti *Microsoft word, excel dan adobe reader* dalam pengerjaan proposal skripsi ini.
2. Printer.
Digunakan sebagai *print out* gambar kerja yang akan dikerjakan dan untuk *print out* proposal dan tugas akhir/ skripsi.
3. Kalkulator.
Digunakan sebagai alat untuk segala perhitungan dalam penyelesaian tugas akhir/ skripsi.
4. Kertas A4.
Digunakan untuk pengerjaan tugas akhir/ skripsi.
5. Bulpen dan pensil.
Dapat digunakan sebagai alat untuk coretan rumus-rumus, dan untuk mencatat data-data yang diambil dilapangan maupun di lab.
6. Pengaris.
Dibutuhkan apabila ada data-data dilapangan dan laboratorium yang membutuhkan tabel untuk lebih rapi dalam pendataan.
7. Penghapus.
Digunakan apabila terjadi kesalahan dalam pendataan.
8. Meteran.
Digunakan sebagai alat untuk pengukuran dilapangan.

3.4. Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

1. Tempat pelaksanaan.
Penelitian dilaksanakan di desa batu panjang, Kabupaten bengkalis, Propinsi riau. Adapun perencanaan jembatan dilakukan di lokasi tersebut karena penulis berkepentingan dengan masalah ini dalam rangka penyusunan proposal tugas akhir dan skripsi, dan lokasi tersebut pun berdekatan dengan lokasi penulis, sehingga memudahkan bagi penulis dalam melakukan pengambilan data lapangan.



Gambar 3.2 lokasi perencanaan jembatan
Sumber: (google maps)

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Slab Lantai Jembatan

Tabel 1. Kombinasi -1

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M tumpuan (kN/m)	M lapangan (kN/m)	Mu tumpuan (kN/m)	Mu lapangan (kN/m)
1	Berat sendiri	1.3	2.203	1.103	2.864	1.434
2	Beban Mati tambahan	2	0.741	0.384	1.481	0.768
3	Beban Truck "T"	2	52.542	47.328	105.084	94.656
4	Beban angin	1	0.362	0.326	0.362	0.326
5	Pengaruh Temperatur	1	0.022	0.108	0.022	0.108
Total Momen ultimit slab, Mu =					109.813	97.293

Sumber : (Hasil perhitungan)

Tabel 2. Kombinasi -2

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M tumpuan (kN/m)	M lapangan (kN/m)	Mu tumpuan (kN/m)	Mu lapangan (kN/m)
1	Berat sendiri	1.3	2.203	1.103	2.864	1.434
2	Beban Mati tambahan	2	0.741	0.384	1.481	0.768
3	Beban Truck "T"	1	52.542	47.328	52.542	47.328
4	Beban angin	1.2	0.362	0.326	0.435	0.391
5	Pengaruh Temperatur	1.2	0.022	0.108	0.026	0.130
Total Momen ultimit slab, Mu					57.348	50.052

Sumber : (Hasil perhitungan)

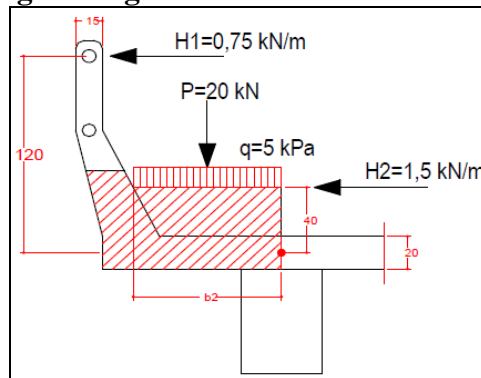
4.2. Perhitungan Trotoar

Tabel 3 Momen akibat beban hidup

No	Jenis beban	Gaya (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	Beban horisontal pada ralling (H1)	0.75	1.2	0.9
2	Beban horisontal pada kerb (H2)	1.5	0.4	0.6
3	Beban vertikal terpusatn (P)	20	0.415	8.3
4	Beban vertikal merata = $q \cdot b^2$	4.15	0.415	1.722
Momen akibat beban hidup pada pedestrian				MTP 11.522

5. Sumber : (Hasil perhitungan)

4.3. Perhitungan Tiang Railing



Gambar 4.1. Beban pada pedestrian per meter lebar tegak lurus bidang gambar

Sumber: (Perhitungan slab jembatan kec.Rupat. 2010)

4.4. Perhitungan Balok Prategang

a. Lendutan Pada Balok

Tabel 4. Cek lendutan untuk kombinasi -1

lendutan	berat sendiri MS	mati tambahan MA	Prategang PR	lajur D TD	Rem TB	temperatur ET	angin EW	lendutan KOMB
δ	0.02935	0.0031	-0.02836	0.02921	0.00074			0.03404

Sumber : (Hasil perhitungan)

Tabel 5. Cek lendutan untuk kombinasi -2

Lendutan	Berat sendiri MS	Mati tambahan MA	Prategang PR	Lajur D TD	Rem TB	Temperatur ET	Angin EW	Lendutan KOMB
δ	0.02935	0.0031	-0.02836	0.02921	0.00074	0.0099		0.04394

Sumber : (Hasil perhitungan)

Tabel 6. Cek lendutan untuk kombinasi -3

Lendutan	Berat sendiri MS	Mati tambahan MA	Prategang PR	Lajur D TD	Rem TB	Temperatur ET	Angin EW	Lendutan KOMB
δ	0.02935	0.0031	-0.02836	0.02921	0.00074		0.00101	0.03505

Sumber : (Hasil perhitungan)

Tabel 7. Cek lendutan untuk kombinasi -4

Lendutan	Berat sendiri MS	Mati tambahan MA	Prategang PR	Lajur D TD	Rem TB	Temperatur ET	Angin EW	Lendutan KOMB
δ	0.02935	0.0031	-0.02836	0.02921	0.00074	0.0099	0.00101	0.04495

Sumber : (Hasil perhitungan)

Tabel 8. Cek lendutan untuk kombinasi -5

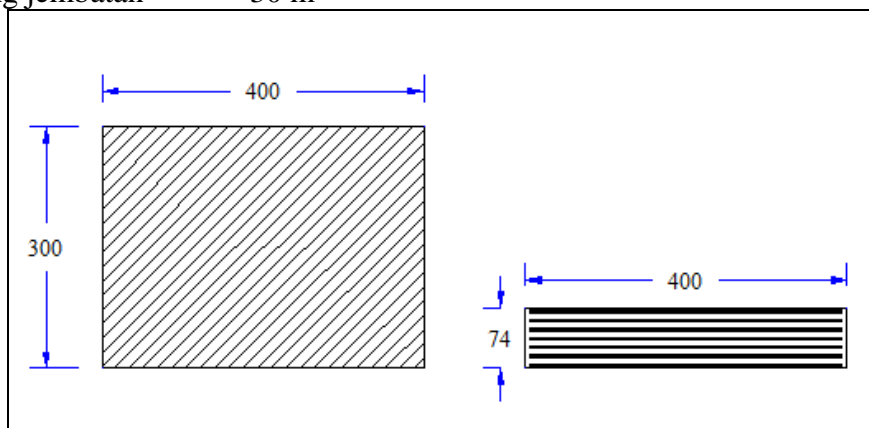
Lendutan	Berat sendiri MS	Mati tambahan MA	Prategang PR	Lajur D TD	Rem TB	Temperatur ET	Angin EW	Lendutan KOMB
δ	0.02935	0.0031	-0.02836					0.00409

Sumber : (Hasil perhitungan)

4.5. Perhitungan bearing pad

Perletakan direncanakan menggunakan elastomer dengan properties produk VSL sebagai berikut:

- a) Dimensi = 30 x 40 x 7,4 cm
- b) CPU relastomeric bearing tebal 74 mm 7 baja 3 mm
- Kuat tekan bearing pad = 150 kg/cm²
- Kuat geser bearing pad = 8,4 ton
- Panjang jembatan = 30 m



Gambar 4.2. Dimensi elastomer
Sumber: (Vsl Prestress product)

4.6. Metode Pelaksanaan Pemasangan I Girder Dilapangan

Penampang yang didapat dari hasil analisa sap2000 untuk rangka utama

- Batang kolom = 100 x 100 x 6 x 8
- Batang diagonal = 100 x 100 x 6 x 8
- Batang balok = 200 x 150 x 6 x 9

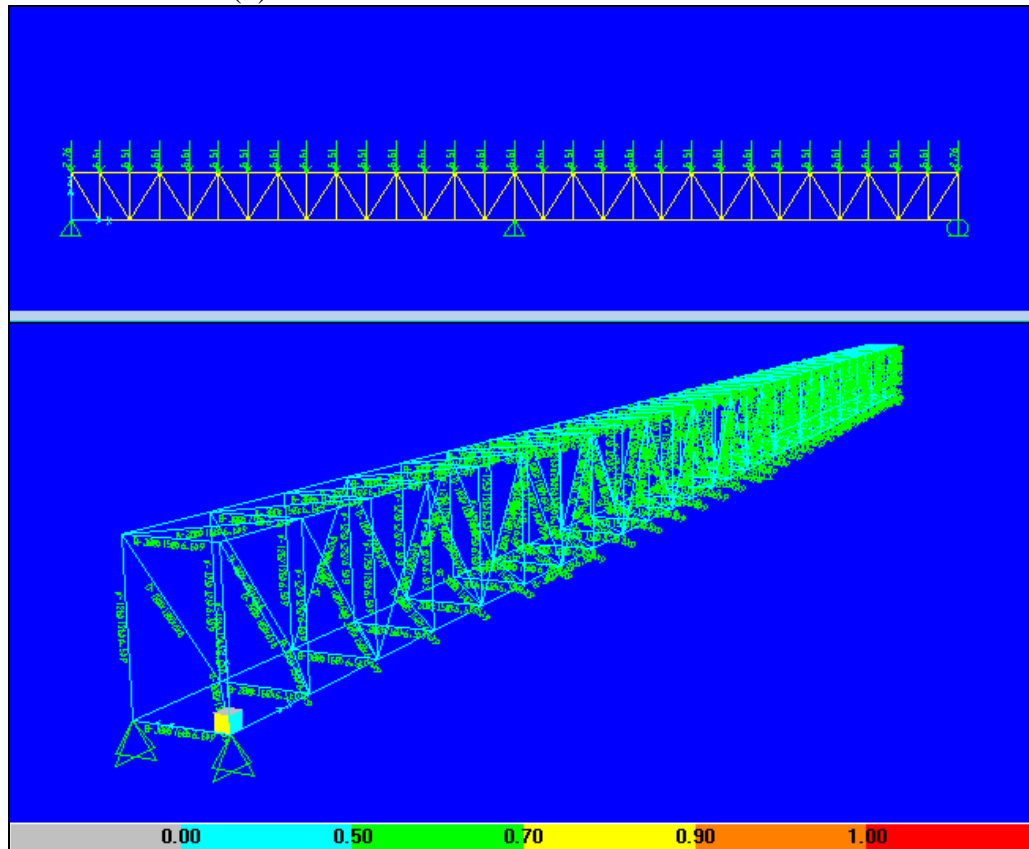
Batang balok diagonal atas dan bawah = 100 x 100 x 6 x 8

Dimensi:

Panjang bentang (L) = 30 m

Tinggi (h) = 1,6 m

Lebar (b) = 1 m



Gambar 4.3. Hasil analisa sap2000 untuk rangka utama
Sumber: (hasil analisa sap2000)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan didapat kesimpulan sebagai berikut:

a. Tiang railing

Untuk jarak antara tiang railing yaitu 2 m, tinggi dari plat lantai jembatan 1,2 m, dan menggunakan pipa gip D 3 inc.

b. Trotoar

Trotoar mempunyai lebar 1 m dan tinggi 0,3 m dengan menggunakan mutu beton K-350 dengan tulangan lentur D 13-200, dan tulangan geser D 13-150.

c. Slab

1. Slab mempunyai lebar 11,2 m termasuk trotoar dan tebal 0,2 m
2. Momen utimit yang diterima pada tumpuan 109,813 kN
3. Mutu beton yang digunakan adalah K-350, untuk tulangan lentur negatif, tulangan pokok yang digunakan adalah D 16-100 dan tulangan bagi/susut arah memanjang diambil 50% dari tulangan pokok yaitu: D 13-150
Sedangkan untuk tulangan lentur positif, tulangan pokok yang digunakan adalah D 16-100 dan tulangan bagi/susut arah memanjang diambil 50% dari tulangan pokok yaitu: D 13-150

d. Girder Beton Prategang

1. Pada perencanaan jembatan sungai penebak 2 digunakan girder beton prategang type I dengan spesifikasi tinggi girder 1,6 m, beam spacing 2,30 m, mutu beton prestress girder K-800, mutu beton pelat K-350.
2. Untuk Kabel Prestress pada desain PCI Girder digunakan 4 tendon yang masing-masing terdiri atas 19 kawat jenis uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270. Gaya prategang awal, 8095,94 kN, gaya yang terjadi akibat jacking 9524,10 kN, dan gaya prategang akhir diperkirakan kehilangan tegangan (*loss of prestress*) 30% yaitu 6666,87 kN.
3. Digunakan tulangan longitudinal pada bagian atas 6 D 12, pada bagian badan 10 D 12, dan pada bagian bawah 10 D 12.
4. Tulangan geser yang digunakan D 13 dengan variasi jarak didaerah tumpuan sampai tengah bentang : 100 mm, 150 mm, 200 mm.
5. Tulangan shear connector digunakan D 13 dengan variasi jarak didaerah tumpuan sampai tengah bentang : 100 mm, 150 mm, 200 mm.
6. Jumlah sengkang yang dibutuhkan untuk *bersting force* pada tendon 1,2,3 dan 4 adalah sebanyak 5 buah D 13-100, plat angkur berukuran 340 mm x 340 mm.

e. Diafragma

Mutu beton yang digunakan untuk diafragma adalah K-350 dan dicetak ditempat dengan menggunakan tulangan pokok 12 D 16 dan tulangan sengkang 2 D 10-200

f. Elastomer bearing

Untuk elastomer menggunakan standar dari VSL dengan dimensi 30 x 40 x 7,4 cm, dan 7 baja 3 mm.

g. Metode Pelaksanaan Pemasangan I Girder Dilapangan

Metode pelaksanaan dilapangan dengan menggunakan *bridge launching (Cremona)* yaitu dengan menggunakan rangka baja sebagai penopang dari balok yang akan dipasang ke kedua abutmen. Untuk perhitungan keamanannya sendiri dengan menggunakan analisa sap2000 dan didapat:

1. Tinggi 1,6 m
2. Lebar 1 m
3. Panjang 30 m
4. Batang kolom 100 x 100 x 6 x 8
5. Batang diagonal 100 x 100 x 6 x 8
6. Batang balok 200 x 150 x 6 x 9
7. Batang balok diagonal atas bawah 100 x 100 x 6 x 8

5.2. Saran

- a. Perencanaan ini dapat dilanjutkan dengan merubah type balok prestress concrete, misalkan menggunakan balok komposit baja, beton.
- b. Perhitungan ini dapat dilanjutkan dengan menghitung RAB dan membandingkan dengan perencanaan yang sudah ada
- c. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menghitung abutmen dan pier yang dibutuhkan untuk menopang struktur atas jembatan.
- d. Untuk metode pemasangan bisa menggunakan *bridge launching (Cremona)* untuk bentang yang panjang, atau dengan menggunakan metode lain yang mungkin lebih efisien sesuai dengan lokasi pekerjaan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ilham Noer, 2008, Jembatan prategang (PCI), serandakan kulon progo D.I. yogyakarta.
- Budhianto, Ir. 2016, Jembatan PCI Girder 16,2 m Lido Bogor, Jawa barat.
- Nainggolan, Beny C. 2011. *Redesain* balok girder pada bentang flayover belaraja dengan menggunakan *PCI girder* : Jawa Barat
- Nawi, Edward G. 2001. *Beton Prategang jilid I*. Erlangga : Jakarta