

# ANALISIS GELAGAR PRESTRESS PADA PERENCANAAN JEMBATAN AKSES PULAU BALANG I MENGGUNAKAN SOFTWARE SAP 2000 v.14

Dwi Harmono, Rully Irawan, Widarto Sutrisno

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Jl. Kusumanegara 157 Yogyakarta.  
Email: [harmono.si28@gmail.com](mailto:harmono.si28@gmail.com)

## Abstrak

Jembatan sebagai salah satu prasarana perhubungan pada hakekatnya merupakan unsur penting dalam usaha pengembangan kehidupan bangsa. Salah satu contoh komponen struktur jembatan yang berkembang dan sangat diminati saat ini adalah “Gelagar *Prestress* /Balok Girder Pratekan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisis struktur sesuai ukuran (dimensi) standar dari pabrik pembuatan *PCI Girder* menggunakan program *SAP2000 v. 14*. Perhitungan manual balok prategang (*PCI Girder*) dihitung dengan mengacu kepada Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (SNI T-12 2004), Pembebanan untuk Jembatan (SNI T-02 2005), *Bridge Management System* (BMS) dan ACI. Kabel prestress pada desain *PCI Girder* digunakan 4 tendon yang masing-masing terdiri atas 19 kawat jenis *uncoated 7wire super strands ASTM A-416 grade 270*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan balok prategang dengan bentang 39.80 meter dalam perhitungan manual didapat gaya prategang awal 9740.628 kN, mengalami kehilangan prategang total sebesar 30%. Tulangan memanjang balok yang digunakan pada bagian bawah 12 D13, bagian atas 10D13, bagian badan 14 D13. Digunakan tegangan efektif 70% gaya prategang awal, sebesar 6818.440 kN. Pada keadaan transfer, balok mengalami lendutan sebesar -0.06262 meter ke arah atas, lendutan setelah *loss of prestress* sebesar -0.02386 meter ke arah atas. Saat balok menjadi komposit lendutan yang dialami sebesar -0.01440 meter ke atas.

**Kata kunci :** *PCI Girder*, *SAP 2000*, Tendon, Lendutan.

## Pendahuluan

Gelagar *Prestress* merupakan hasil rekayasa ilmu di bidang teknik sipil yang menggunakan gaya pra-tekan untuk meminimalisir kekurangan yang dimiliki beton itu sendiri. Sebagaimana kita ketahui bahwa sifat alami beton adalah lemah terhadap gaya tarik. Atas dasar inilah dikembangkan suatu rekayasa yang mana beton akan mengalami kondisi pratekan penuh pada setiap segmen balok (tanpa adanya bagian beton yang mengalami tarik).

Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur adalah institusi pemerintah yang mempunyai wewenang dan tanggung jawab dalam pengembangan prasarana jalan dan jembatan di seluruh wilayah Provinsi Kalimantan Timur. Dengan perencanaan jembatan akses Pulau Balang ini diharapkan terjadi peningkatan aksesibilitas pergerakan orang/barang antara wilayah di Kota Balikpapan dan Kabupaten Penajam Paser Utara. Perencanaan jembatan akses Pulau Balang menggunakan gelagar (balok) prategang dengan bentang 39.80 meter dan tinggi 2.1 meter. Hampir seluruh konstruksi jembatan menggunakan konstruksi beton.

## Tinjauan Pustaka

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. (ACI)

Dalam definisi lain, beton prategang merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam akibat beban kerja. (SNI 03-2847-2002)

Beton prategang adalah beton bertulang dimana telah ditimbulkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beton- beton dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan.(PBI, 1971)

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar (akibat stressing) dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal (T.Y.Lin, 2000).

Prategang pada dasarnya merupakan suatu beban yang menimbulkan tegangan dalam awal sebelum pembebanan luar dengan besar dan distribusi tertentu bekerja sehingga tegangan yang dihasilkan dari beban luar dilawan sampai tingkat yang diinginkan. Gaya pratekan dihasilkan dengan menarik kabel tendon yang ditempatkan pada beton dengan alat penarik. Setelah penarikan tendon mencapai gaya/tekanan yang direncanakan, tendon ditahan dengan ankur, agar gaya tarik yang tadi dikerjakan tidak hilang. Penarikan kabel tendon dapat dilakukan baik sebelum beton dicor (pre-tension) atau setelah beton mengeras (post-tension). (Edward G. Nawy, 2001)

Struktur beton prategang atau pratekan didefinisikan sebagai suatu sistem struktur beton khusus dengan cara memberikan tegangan awal tertentu pada komponen sebelum digunakan untuk mendukung beban luar sesuai dengan yang diinginkan. Tujuan memberikan teganga awal atau prategang adalah untuk menimbulkan tegangan awal tekan beton pada lokasi dimana nantinya akan timbul tekanan tarik pada waktu komponen mendukung beban sedemikian rupa sehingga diharapkan sewaktu beban seluruhnya bekerja tegangan tarik total berkurang atau bahkan lenyap sama sekali.(Istimawan Dipohusodo, 1994)

## **Metodologi**

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah studi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian kemudian dikaji dalam kajian pustaka dan berbagai teori dasar. Berdasarkan latar belakang pada penjelasan sebelumnya, maka secara garis besar prosedur kegiatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap. Pertama tahap pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan pengolahan data secara umum guna mendapatkan gambaran dan permasalahan yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian. Kedua evaluasi data dilakukan guna memastikan apakah data-data yang sudah diperoleh sudah sesuai dengan kebutuhan penelitian. Ketiga analisis data berupa studi program *Microsoft excel dan SAP2000* dilakukan pengolahan data yang didapatkan dari konsultan perencana, selanjutnya data ditinjau ulang dengan menghitung manual perhitungan struktur gelagar kemudian dibandingkan dengan penelian dari peneliti sebelumnya. Hasil yang didapat kemudian dilakukan input dengan program *SAP2000*. Hasil simulasi program *SAP2000* didapatkan *output* diagram momen maupun berupa tabel hasil *running* program.

## **Sistem Prategang**

Sistem prategang yang direncanakan akan digunakan pada *PCI Girder* Jembatan Akses Pulau Balang ini adalah perimbangan beban (*balancing*). Konsep ini terutama menggunakan prategang sebagai usaha untuk membuat simbang gaya-gaya pada sebuah gelagar. Pada keseluruhan desain struktur beton prategang, pengaruh beton prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga balok girder yang mengalami lenturan tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi terbebani.

Girder didesain dengan sistem prategang penuh yang berarti komponen struktur didesain pada beban kerja tidak terjadi tegangan tarik. Namun dalam pelaksanaannya tergantung besar beban yang akan bekerja.

### Sistem Penegangan Tendon

Sistem penegangan tendon yang direncanakan pada proyek Jembatan Akses Pulau Balang ini adalah sistem *post-tension* (pascatarik) mekanis dengan bantuan dongkrak. Sistem pascatarik adalah suatu sistem prategang kabel tendon dimana kabel ditarik setelah beton mengeras. Jadi sistem prategang hampir selalu dikerjakan pada beton yang telah mengeras dan tendon-tendon diangkurkan pada beton tersebut segera setelah gaya prategang dilakukan. Pada sistem *post tension* mekanis, dongkrak digunakan untuk menarik baja strand dengan reaksi yang bekerja melawan beton yang telah mengeras. Penggunaan dongkrak hidrolik bertujuan untuk kemudahan pengoperasian alat dan dengan kapasitas alat yang besar. Sistem ini akan diberikan pada girder precast segmental.

Pada sistem *post tension* proyek ini, untuk mengalihkan gaya prategang ke beton diperlukan bantuan alat mekanis yaitu angkur ujung (struktur dengan pengankuran ujung). Komponen struktur *post tension* menyelubungi tendon-nya dengan cara peng-grouting selongsong. *Grouting* adalah proses peng-injeksi air semen dan pasir halus yang dilakukan setelah selesai proses *stressing*. Rekatkan pada tendon sistem prategang *post tension* dicapai dengan pelaksanaan *grouting*.

### SAP2000 V.14

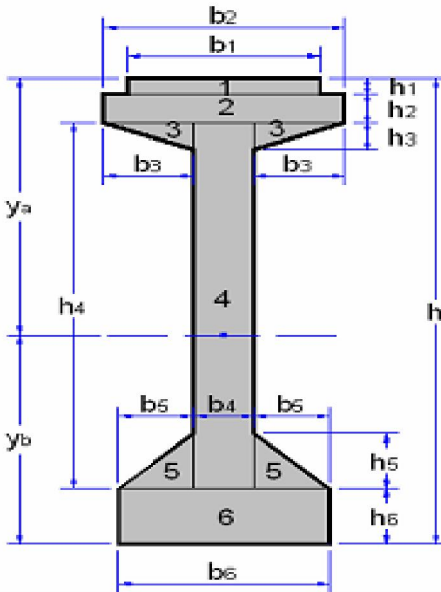
*SAP2000* merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk dioperasikan. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis dan pemeriksaan atau optimasi desain yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara *real time* sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat. Untuk penelitian ini program *SAP2000 v.14* digunakan untuk mengolah data hasil dari perhitungan yang dilakukan oleh penulis disajikan dalam pemodelan struktur dan hasil analisis gelagar I bentang 39.80 meter.

### Hasil dan Pembahasan

Analisa pembebanan mengacu pada Peraturan RSNI T-02-2005 dan untuk perhitungan tegangan ijin beton mengacu pada Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan SNI T-12-2004. Dalam penelitian ini panjang girder yang direncanakan menggunakan gelagar bentang 39.80 m, dengan jarak antar balok melintang sebesar 2.10 m dan mutu beton balok yang digunakan adalah K-500.

**Tabel 1** Dimensi gelagar

Kode	Lebar m	Kode	Tebal m
b1	0.60	h1	0.07
b2	0.80	h2	0.13
b3	0.30	h3	0.12
b4	0.20	h4	1.65
b5	0.225	h5	0.25
b6	0.65	h6	0.25
		h	2.10



**Gambar 1.** Dimensi gelagar

**Section Properties**

*Section Properties* dibutuhkan untuk mengetahui titik berat, momen inersia dan modulus section pada gelagar, baik gelagar precast maupun gelagar komposit.

**Tabel 2.** *Section Properties*

Gelagar	Luas tampang (m <sup>2</sup> )	Statis momen (m <sup>2</sup> )	Inersia momen (m <sup>4</sup> )	Inersia momen (m <sup>4</sup> )	Titik berat y <sub>b</sub> (m)	Titik berat y <sub>a</sub> (m)
Prategang	0.73075	0.7518625	1.095355763	0.07610	1.0289	1.0711
Komposit	1.08584	1.5419372	2.853272037	0.077952	1.420	0.9300

Dari hasil perhitungan *section properties* didapat jarak titik berat gelagar prategang terhadap alas balok girder yaitu sebesar 1.0289 m. Pada gelagar komposit digunakan plat lantai dengan tebal 25 cm sehingga untuk gelagar komposit jarak titik berat balok terhadap alas balok girder didapat 1.420 m.

**Pembebanan Gelagar Prategang**

Gelagar I girder merupakan komponen struktur yang menerima beban kombinasi, baik itu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban lainnya. Dalam hal ini digunakan acuan pembebanan pada gelagar tengah, ini dikarenakan pada gelagar girder bagian tengah menerima beban lebih besar dibandingkan beban yang diterima oleh bagian tepi.

**Tabel 3.** Beban pada gelagar prategang

Jenis bahan	Kode Beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)
Berat balok prategang	balok	20.498	-	-
Berat plat	plat	12.250	-	-
Berat sendiri	MS	37.242	-	-
Mati tambahan	MA	5.380	-	-
Lajur "D"	TD	15.784	137.200	-
Gaya rem	TB	-	-	128.332
Angin	EW	1.008	-	-
Gempa	EQ	4.262	-	-

**Tabel 4.** Momen pada gelagar prategang

jarak x (m)	KOMBI. I	KOMBI. II	KOMBI. III	KOMBI. IV
	MS+MA+TD + TB (kNm)	MS+MA+TD +EW (kNm)	MS+MA+TD +TB+EW (kNm)	MS+MA + EQ (kNm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	9420.68	9538.63	9570.88	6985.70
19.90	12993.91	13129.34	13193.50	9283.24

### Profil Kabel

Digunakan kabel yang terdiri dari beberapa kawat baja untai "Stand cable" standar VSL yaitu *Uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270*. Dengan data kabel sebagai berikut:

**Tabel 5** Data kabel

Tegangan leleh strand	fy =	1580000	kPa	
Kuat tarik strand	fpu =	1860000	kPa	
Diameter nominal strands		0.01270	m	= 0.5"
Luas penampang satu strands	Ast =	0.00010	m <sup>2</sup>	
Beban putus nominal satu strand	Pbs =	187.32	kN	(100%UTS)
Jumlah kawat untai (strand cable)		19	kawat untai / tendon	
Diameter selubung ideal		84	mm	
Luas tampang strands		0.00188	m <sup>2</sup>	
Beban putus satu strand	Pb1 =	3559.1	kN	(100%UTS)
Modulus elastis strand	Es =	1.9.E+08	kPa	
Tipe dongkrak		VSL 19		

**Tabel 6** Eksentrisitas masing-masing tendon

Nomor Tendon	Posis tendon di Tumpuan $z_i'$ (m)	Posisi tendon di Tengah bentang $z_i$ (m)	$f_i = z_i' - z_i$ (m)
1	1.758	0.250	1.508
2	1.272	0.100	0.872
3	0.786	0.100	0.686
4	0.300	0.100	0.200

**Pembesian Gelagar Prategang**

Tulangan arah memanjang digunakan besi diameter : D 13 mm

- a. Luas tulangan :

$$A_s = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} 13^2$$

$$= 0.000132732 \text{ m}^2$$

- b. Luas tampang bagian bawah : ( $A_{\text{bawah}}$ ) = 0.26875 m<sup>2</sup>

- c. Luas tulangan bagian bawah :

$$A_{s \text{ bawah}} = 0.5\% \times A_{\text{bawah}}$$

$$= 0.5\% \times 0.26875$$

$$= 0.00134375 \text{ m}^2$$

- d. Jumlah tulangan :

$$\text{jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ bawah}}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)}$$

$$= \frac{0.00134375}{0.000132732}$$

$$= 10.12376117 \text{ buah}$$

Digunakan 12 D 13, tetapi dalam gambar rencana tulangan yang digunakan adalah 6 D13.

- e. Luas tampang bagian atas : ( $A_{\text{atas}}$ ) = 0.206m<sup>2</sup>

- f. Luas tulangan bagian atas :

$$A_{s \text{ atas}} = 0.5\% \times A_{\text{atas}}$$

$$= 0.5\% \times 0.206$$

$$= 0.00103 \text{ m}^2$$

- g. Jumlah tulangan :

$$\text{jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ atas}}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)}$$

$$= \frac{0.00103}{0.000132732}$$

$$= 7.75998066 \text{ buah}$$

Digunakan 10 D 13, tetapi dalam gambar rencana tulangan yang digunakan adalah 6 D13.

- h. Luas tampang bagian badan : ( $A_{\text{badan}}$ ) = 0.33000 m<sup>2</sup>

- i. Luas tulangan bagian badan :

$$A_{s \text{ badan}} = 0.5\% \times A_{\text{badan}}$$

$$= 0.5\% \times 0.33000$$

$$= 0.00165 \text{ m}^2$$

j. Jumlah tulangan :

$$\begin{aligned} \text{jumlah tulangan} &= \frac{\text{As badan}}{\left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right)} \\ &= \frac{0.00165}{0.000132732} \\ &= 12.431037 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan 14 D 13, tetapi dalam gambar rencana tulangan yang digunakan adalah 10 D13.

### ***Loss Of Prestress***

Kehilangan gaya prategang menurut Beny (2011) adalah hal yang paling pasti terjadi pada kontruksi beton prategang. Kehilangan yang terjadi terbagi dalam 2 (dua) tahap yaitu saat gaya prategang diberikan pada beton (saat transfer) yang disebut dengan kehilangan seketika ( $P_j$ ) dan kehilangan yang dipengaruhi oleh waktu (kehilangan jangka panjang).

$$\text{Kehilangan seketika} = P_j - P_i$$

Dimana  $P_j$  = kehilangan gaya prategang sesaat setelah transfer

$$\text{Kehilangan jangka panjang} = P_j = P_e$$

Dimana  $P_e$  = total kehilangan gaya prategang pada tendon

Kehilangan gaya prategang seketika dikarenakan hal:

- a. Gesekan pada selongsong tendon
- b. *Slip anchorage*

Sedangkan kehilangan jangka panjang dapat dikarenakan oleh:

- a. Pemendekan elastis pada beton
- b. Pengaruh rangkai pada baja
- c. Pengaruh susut pada baja
- d. Relaksasi pada baja

Tegangan efektif pada gelagar prategang adalah tegangan awal yang diberikan pada gelagar dikurangi dengan perhitungan perkiraan kehilangan prategang yang terjadi.

**Tabel 7.** Tegangan efektif

Gaya	(kN)	Loss of prestress	%UTS
$P_j$	9740.628	Anchorage friction	68.42%
$P_o$	9448.409	Jack friction	66.37%
$P_x$	8686.864	Elastic shortening	61.02%
$P_i$	8020.993	Relaxation of tendon	56.34%
$P_{eff}$	6855.309		48.15%

### **Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok**

Menurut Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*Bridge Design Code*), tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang (sebelum terjadi kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut :

- i. Tegangan serat tekan terluar harus  $\leq 0.60 \times f_{ci}'$  dengan  $f_{ci}' = 0.80 f_c'$
- ii. Tegangan serat tarik terluar harus  $\leq 0.50 \times \sqrt{f_{ci}'}$  dengan  $f_{ci}' = 0.80 f_c'$

Tegangan beton pada kondisi beban layan (setelah memperhitungkan semua kehilangan tegangan) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut :

- i. Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati, dan beban hidup,  $\leq 0.45 \times f_c'$
- ii. Tegangan serat tarik terluar yang pada awalnya mengalami tekan,  $\leq 0.45 \times f_c'$

**Tabel 8.** Tegangan pada penampang balok

Tegangan pada penampang balok	Tegangan serat atas (kPa)	Tegangan serat bawah (kPa)	Kontrol tegangan
Saat transfer	-2387.920	-19920.000	< -0,60* $f_{ci}'$ (OK)
Setelah <i>loss of prestress</i>	-3856.64	-14688.01	< -0,45 * $f_c'$ (OK)
Setelah dicor	-10386.450	-8415.564	< -0,45 * $f_c'$ (OK)

### Tegangan Yang Terjadi Pada Penampang Balok Komposit

**Tabel 9.** Tegangan pada penampang komposit

Tegangan pada penampang balok komposit	Tegangan serat atas plat (kPa)	Tegangan serat atas balok (kPa)	Tegangan serat bawah balok (kPa)
Berat sendiri	-9246.855	-6761.031	14119.889
Beban mati tambahan	-1335.816	-976.710	2039.783
Susut beton	-137.510	284.355	3828.025
Rangkak beton	-621.61	-230.60	3053.91
Akibat prategang	4711.832	1747.936	-23148.787
Akibat beban lajur	-5630.88	-4117.14	8598.33
Gaya rem	-80.46	-58.83	122.87
Akibat beban angin	-250.28	-183.00	382.17
Akibat beban gempa	-1058.27	-773.77	1615.97
Pengaruh temperatur	-926.40	-1339.48	-629.58

### Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan

Mutu beton K-500

Kuat tekan beton :  $f_c' = 0.83 \times K \times 100$

$$f_c' = 0.83 \times 500 \times 100 = 41500 \text{ kPa}$$

Tegangan ijin tekan beton :

$$f'_c = -0.45 \times f_c' = -0.45 \times 41500 = -18675 \text{ kPa}$$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_c = 0.50 \times \sqrt{f_c'} = 0.50 \times \sqrt{41500} = 102 \text{ kPa}$$



**Tabel 10.** Kombinasi pembebanan untuk tegangan ijin

Aksi/Beban	Simbol	KOMBINASI PEMBEBANAN				
		1	2	3	4	5
<b>A. Aksi Tetap</b>						
Berat sendiri	MS	√	√	√	√	√
Beban mati tambahan	MA	√	√	√	√	√
Susut dan rangkai	SR	√	√	√	√	√
Prategang	PR	√	√	√	√	√
<b>B. Aksi Transien</b>						
Beban Lajur "D"	TD	√	√	√	√	
Gaya Rem	TB	√	√	√	√	
<b>C. Aksi Lingkungan</b>						
Pengaruh Temperatur	ET		√		√	
Beban Angin	EW			√	√	
Beban Gempa	EQ					√

**Tabel 11.** Kombinasi-1

Tegangan pada beton yang terjadi akibat beban								
Teg	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut-rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Teg KOMB	Keterangan
Fac	-9247	-1336	-759	4712	-5631	-80	-12341	< Fc' (AMAN)
f'ac	-6761	-977	54	1748	-4117	-59	-10112	< Fc' (AMAN)
Fbc	14120	2040	6882	-23149	8598	123	8614	< Fc' (AMAN)

**Tabel 12.** Kombinasi-2

Tegangan pada beton yang terjadi akibat beban									
teg	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut-rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Temp ET	Teg KOMB	Keterangan
fac	-9247	-1336	-759	4712	-5631	-80	-926	-13268	< Fc' (AMAN)
f'ac	-6761	-977	54	1748	-4117	-59	-1339	-11451	< Fc' (AMAN)
fbc	14120	2040	6882	-23149	8598	123	-630	7984	< Fc' (AMAN)

**Tabel 13.** Kombinasi-3

Tegangan pada beton yang terjadi akibat beban									
teg	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut-rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Angin EW	Teg KOMB	Keterangan
fac	-9247	-1336	-759	4712	-5631	-80	-250	-12592	< Fc' (AMAN)
f'ac	-6761	-977	54	1748	-4117	-59	-183	-10295	< Fc' (AMAN)
fbc	14120	2040	6882	-23149	8598	123	382	8996	< Fc' (AMAN)

**Tabel 14**Kombinasi-4

Tegangan pada beton yang terjadi akibat beban										
teg	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut- rang SR	Prategang PR	Lajur "D" TD	Rem TB	Temp ET	Angin EW	Teg KOMB	Keterangan
fac	-9247	-1336	-759	4712	-5631	-80	-926	-250	-13518	< Fc' (AMAN)
f'ac	-6761	-977	54	1748	-4117	-59	-1339	-183	-11634	< Fc' (AMAN)
fbc	14120	2040	6882	-23149	8598	123	-630	382	8367	< Fc' (AMAN)

**Tabel 15.**Kombinasi-5

Tegangan pada beton yang terjadi akibat beban							
teg	Berat sen MS	Mati tamb MA	Susut- rang SR	Prategang PR	gempa EQ	Teg KOMB	Keterangan
fac	-9247	-1336	-759	4712	-1058	-7688	< Fc' (AMAN)
f'ac	-6761	-977	54	1748	-774	-6710	< Fc' (AMAN)
fbc	14120	2040	6882	-23149	1616	1509	< Fc' (AMAN)

Pembahasan : Untuk berbagai kombinasi beban, terjadi tegangan tarik pada balok prategang, sehingga sistem sambungan segmental pada balok harus menggunakan angkur karena tegangan beton di serat bawah balok :  $fbc > 0$  (tarik) maka sistem sambungan segmental tidak aman jika tidak menggunakan angkur.

### Kontrol Lentutan

Lentutan yang terjadi pada kombinasi jembatan tidak boleh lebih dari  $= L/300$  dimana L adalah panjang jembatan yang ditinjau. Kontrol lentutan dilakukan pada saat gelagar menerima kombinasi pembebanan. Dalam kasus ini lentutan maksimum yang terjadi sebesar 0.019622 m, dimana lentutan yang diizinkan adalah sebesar 0.1326 m. Hal ini membuktikan bahwa struktur aman terhadap lentutan yang terjadi.

### HASIL OUTPUT SAP2000 V.14

Data untuk desain adalah :

a) Mutu bahan:

- 1) Mutu Beton Umur 28 Hari ( $f_c'$ ) = 41.5 Mpa
- 2) Mutu Baja ( $f_y$ ) = 320 MPa
- 3) Mutu Strand Ijin ( $f_{yi}$ ) = 1860 Mpa
- 4) Mutu Strand Leleh ( $f_{py}$ ) = 1580 MPa
- 5) Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ) = 30277.632 MPa

b) Data bentang :

- 1) Panjang Bentang Balok (l) : 39.80 m
- 2) Lebar Balok (b) : 0.65 m
- 3) Tinggi Balok (h) : 2.1 m
- 4) Garis Netral ( $Y_a = Y_b$ ) : 1.070 m
- 5) Tahanan Penampang ( $W_a = W_b$ ) : 0.3714596994 m<sup>3</sup>
- 6) Luas Penampang (A) : 0.730750 m<sup>2</sup>

- c) Perencanaan Pembebanan Dan Momen Yang Terjadi :
- 1) Beban Mati : 37.242 kN/m
  - 2) Beban Mati Tambahan : 5.380 kN/m
  - 3) Beban Hidup : 15.784 kN/m
  - 4) Beban Angin : 1.008 Kn/m
  - 5) Beban Gempa : 4.262 Kn/m
  - 6) Beban rem : 137.200 kN
  - 7) Beban Prestress : 8279.53kN

- d) Perencanaan *Loss of Prestress* dan Luas Area Strand :
- 1) Eksentrisitas pada tengah bentang (e) : 0.891 m
  - 2) Tebal *Dekking* (dc) : 0.250 m
  - 3) *Lost Due Elastic Shortening* : 0.769537 MPa
  - 4) *Lost Due Creep* : 38.373 MPa
  - 5) *Lost Due Shrinkage* : 76.84562 MPa
  - 6) *Lost Due Jack Friction* : 16.834 MPa

Luas Area strand : 98.7 mm<sup>2</sup>

Tabel 16 Momen hasil output SAP2000 V.14

Station	OutputCase	P	V2	M3
m	Text	KN	KN	KN-m
0	COMB1	0	-1511.497	2.274E-13
9.95	COMB1	0	-755.749	11279.5481
19.9	COMB1	0	-4.832E-13	15039.3975
0	COMB2	0	-1531.556	2.274E-13
9.95	COMB2	0	-765.778	11429.2399
19.9	COMB2	0	-4.903E-13	15238.9865
0	COMB3	0	-1511.497	2.274E-13
9.95	COMB3	0	-755.749	11279.5481
19.9	COMB3	0	-4.832E-13	15039.3975
0	COMB4	0	-4134.715	2.274E-13
9.95	COMB4	0	-2067.358	30855.3124
19.9	COMB4	0	-1.364E-12	41140.4166

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Balok prategang dengan bentang 39.80 meter dalam perhitungan manual didapat gaya prategang awal 9740.628 kN, mengalami kehilangan prategang total sebesar 30%.
2. Tulangan memanjang balok yang digunakan pada bagian bawah 12 D13, bagian atas 10D13, bagian badan 14 D13. Jumlah tendon yang digunakan 4 tendon dengan kawat 19 Ø12.7mm . Digunakan tegangan efektif 70% gaya prategang awal, sebesar 6818.440 kN.
3. Pada keadaan transfer, balok mengalami lendutan sebesar -0.06262 meter ke arah atas, lendutan setelah *loss of prestress* sebesar -0.02386 meter ke arah atas. Saat balok menjadi komposit lendutan yang dialami sebesar -0.01440 meter ke atas.
4. Hitungan manual pada pembesian gelagar (balok) prategang menunjukkan hasil yang berbeda dengan rencana tulangan yang akan digunakan. Hasil penelitian diperoleh Bagian bawah 12 D13, bagian atas 10 D13, bagian badan 14 D13. Hasil dari perencanaan bagian bawah 6 D13, bagian atas 6 D13, bagian badan 10 D13
5. Tendon dari hasil penelitian berjumlah 4 tendon dengan jumlah kawat 19 Ø12.7mm sedangkan dari data gambar gelagar jumlah tendon 5 dengan kawat 19 Ø12.7mm.

## **Saran**

1. Pada pembesian balok prategang, sebaiknya jumlah tulangan yang digunakan diganti sesuai dengan hasil tahap perhitungan luas tampang setiap bagian.
2. Penggunaan jumlah tendon yang digunakan cukup dengan menggunakan 4 tendon 19 Ø12.7mm.
3. Pembaruan data untuk perencanaan jembatan yang menggunakan girder I khususnya pada produk gambar standar *PCI Girder*.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Annur, Dini F. 2013. *Perencanaan Precast Concrete I Girder Pada Jembatan Prestressed Post-Tension Dengan Bantuan Program Microsoft Office Excel*. Medan.

Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Departemen Pekerjaan umum. Jakarta.

Hadimoeljono, M. 2015. *Katalog Produksi Industri Beton Pracetak dan Prategang 2014*. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.

<http://www.ilmukonstruksi.com/2015/10/analisa-balok-pratekan-menggunakan.html> Perhitungan Beton Pratekan Menggunakan Software SAP2000

Lin, T. Y dan Burns, Ned. H. 2000. *Desain Struktur Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid I*. Jakarta : Binarupa Aksara.

Mahulae, Beny C. 2011. *Redesain Balok Girder Pada Bentang Tengah Flyover Balaraja Dengan Menggunakan PCI Girder : Jawa Barat*.

Nawi, Edward G. 2001. *Beton Prategang Jilid 1*. Erlangga : Jakarta.

Soetoyo, Ir. *Konstruksi Beton Pratekan*. Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. SNI T-12-2004 – *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*.

Standar Nasional Indonesia. SNI 20–T–02–2005 – *Pembebanan Untuk Jembatan*.