

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GELAGAR BETON PRATEGANG PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN TRISULA KECAMATAN KADEMANGAN KABUPATEN BLITAR

Hendi Dwi Irmawan¹, Bambang Wedyantadji², Sudirman Indra³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
 Email : hendi.csirmawan13@gmail.com¹

ABSTRACT

The Trisula Bridge in Kademangan District, Blitar Regency, which is above the Brantas function, is a link between Kademangan Village and the Sanankulon District, Blitar Regency. The bridge with a span of 160 m is a bridge that has been quite long and as the volume of passing vehicles increases, there is a slight shock, it is necessary to re-plan the bridge. The slender section makes type I prestressed concrete an alternative for bridge girder planning. In the planning of stressing is carried out by the post tensioning method, where the tendon sleeve is arranged on a prepared mold and then casted, after the concrete is hard enough and ready to be stressed, the tendon is installed then stressed, to the required compressive strength of the concrete and grouted. to fill the air spaces in the tendon sleeve. From the results of this study, the authors conclude that: In planning the Trisula Bridge in Kademangan District, Blitar Regency, the cross-sectional dimensions are 265 cm high and 80 cm wide, with an area of 12700 cm². In the girder loading, the highest moment is 21143,07 kNm So that the VSL tendon jack type 31SC tendon diameter 12,5 with a number of 21 strands of 5 tendons which are placed in the tendon sleeve according to the drawing and the planned distance.

Keywords : *Prestressed Concrete, Bridge Girder, Tendon Sleeve.*

ABSTRAK

Jembatan Trisula di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar yang berada diatas sungsi brantas merupakan penghubung antara Kelurahan Kademangan dengan wilayah Kecamatan Sanankulon Kabupaten Blitar. Jembatan dengan bentang 160 m ini merupakan jembatan yang sudah lumayan lama dan seiring meningkatnya volume kendaraan yang melintas terdapat sedikit guncangan, maka diperlukan perencanaan ulang jembatan. Penampang yang ramping membuat beton prategang tipe I menjadi alternatif untuk perencanaan gelagar jembatan. Dalam perencanaan pemberian tegangan dilakukan dengan metode pasca tarik (post-tensioning), dimana selongsong tendon disusun pada cetakan yang telah dipersiapkan kemudian beton dicor, setelah beton cukup keras dan siap diberi tegangan, tendon dipasang kemudian distressing sampai dengan kuat tekan beton yang disyaratkan dan dilakukan grouting untuk mengisi ruang udara pada selongsong tendon. Dari hasil penelitian ini, penulis menyimpulkan bahwa: Dalam perencanaan Jembatan Trisula di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar diperoleh dimensi penampang dengan tinggi 265 cm dan lebar 80 cm, dengan luasan 12700 cm². Pada pembebanan gelagar didapat momen tertinggi sebesar 21143,07 kNm. Sehingga dipakai tendon VSL tipe dongkrak 31SC diameter tendon 12,5 dengan jumlah untai 21 sebanyak 5 buah tendon yang ditempatkan didalam selongsong tendon sesuai dengan gambar dan jarak yang telah direncanakan.

Kata kunci : *Beton Prategang, Gelagar Jembatan, Selongsong Tendon.*

1. PENDAHULUAN

Peran sarana transportasi sekarang ini sangat penting bagi manusia. Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, perkembangan wilayah dan industri maka dibutuhkan sarana prasarana transportasi yang memadai untuk meningkatkan kemajuan suatu wilayah. Mengingat pentingnya peran sarana transportasi dalam kehidupan manusia maka diperlukan sarana

penunjang transportasi yang baik diantaranya adalah jalan dan jembatan.

Jembatan Trisula di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar memiliki bentang 160 m berada di atas Sungai Brantas yang sekaligus merupakan jalur utama antara Blitar dan Tulungagung. Dalam perencanaan jembatan hal terpenting adalah menentukan jenis jembatan yang akan dibangun,

kekuatan konstruksi, estetika bangunan maupun standart keamanan.

Dalam perencanaan ini akan digunakan beton prategang tipe I sebagai alternatif perencanaan gelagar jembatan. Untuk merencanakan penampang dibutuhkan penampang yang mampu menahan tegangan eksternal yang terjadi. Beton prategang mempunyai beberapa kelebihan yaitu, waktu pengerjaan proyek akan lebih cepat, lebih ramah lingkungan, karena di lokasi proyek tidak banyak kotoran akibat dari sisa- sisa beton dan bekisting, tahan terhadap suhu yang tinggi dan retak terbuka didaerah tarik, sehingga beton prategang akan terhindar dari korosi.

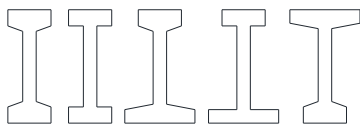
2. DASAR TEORI

Jembatan

Jembatan merupakan bangunan penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh suatu rintangan. Bangunan Jembatan tidak mudah untuk dimodifikasi karena akan membutuhkan biaya lebih dan hambatan lalu lintas pada saat pelaksanaan.

Bentuk Penampang

Pemilihan penampang harus yang paling ekonomis pada gelagar jembatan. Desain penampang gelagar beton prategang pada perencanaan jembatan trisula menggunakan penampang berbentuk I.



Gambar 1. Macam bentuk penampang I

Pembebanan Penampang

Pembebanan Jembatan, mengacu pada Peraturan Badan Standarisasi Nasional (BSN SNI 1725:2016).

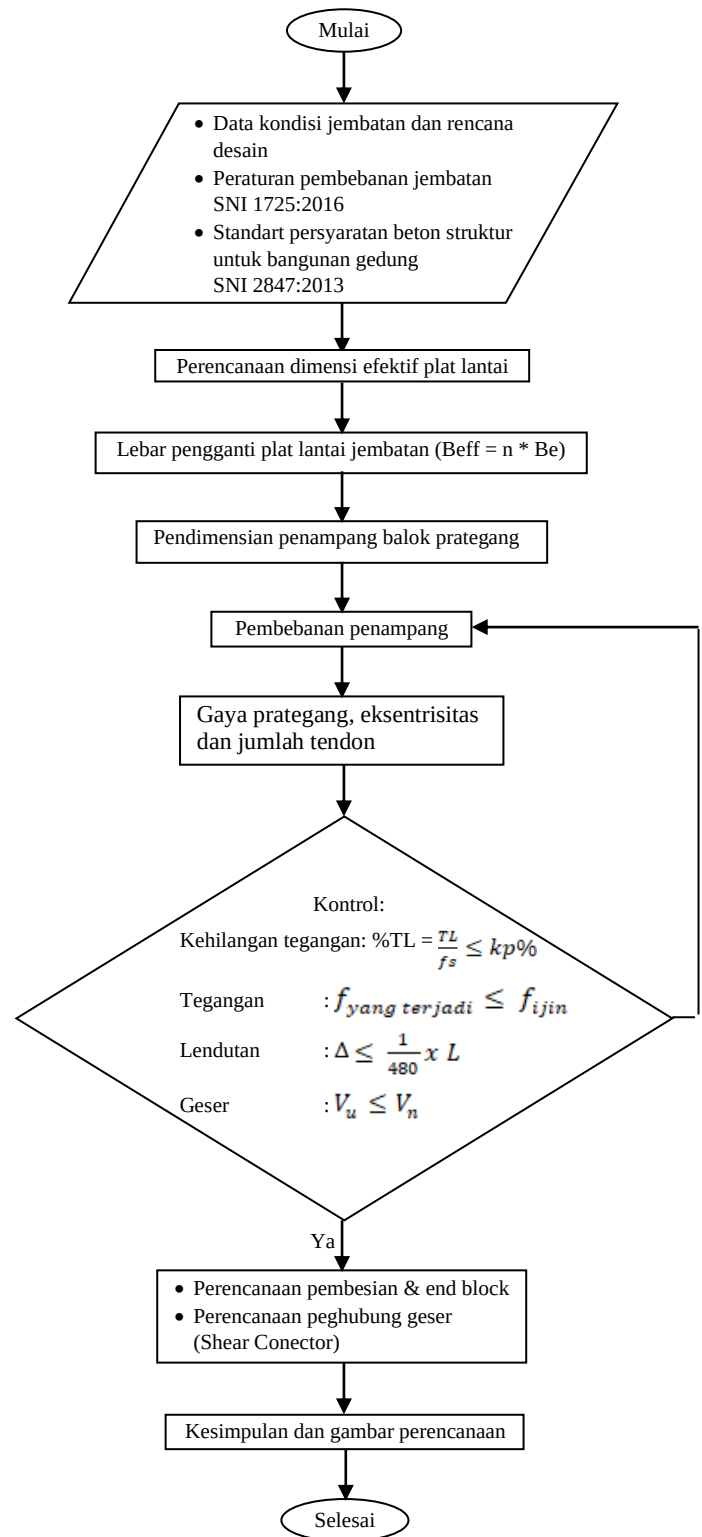
Sistem Pemberian Prategang

Pemberian gaya pratekan pada beton terdiri dari dua cara, yaitu, Pra Tarik (Pre-Tension) dilakukan sebelum beton dicor. Pasca Tarik Post-Tension) dilakukan setelah beton mengeras.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dimensi penampang, jumlah tulangan prategang dan non prategang. Metode yang digunakan yaitu Prategang Penuh (fully Prestressed) adalah struktur tidak mengizinkan adanya tegangan tarik pada penampang baik pada masa transfer sampai dengan masa layan dengan mendapat prategang yang cukup tinggi pada gelagar. tahap – tahap perencanaan yaitu, selongsong tendon disusun pada cetakan yang telah dipersiapkan kemudian beton dicor, setelah beton cukup keras dan siap diberi tegangan, tendon dipasang kemudian distressing sampai dengan kuat

tekan beton yang disyaratkan dan dilakukan grouting untuk mengisi ruang udara pada selongsong tendon. Tahapan perhitungan dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Spesifikasi Teknis

Bentang gelagar jembatan = 40 m

Lebar jembatan = 9 m

lebar plat lantai kendaraan = 7 m

Lebar plat trotoar = 1 m

Tebal plat lantai kendaraan = 0,25 m

Tebal plat trotoar = 0,5 m

Jarak antar gelagar = 1,75 m

Tebal aspal = 0,07 m

Plat lantai:

Mutu beton $f'c = 30$ Mpa

Mutu baja tulangan $f_y = 350$ Mpa

Gelagar

Mutu beton $f'c = 50$ Mpa

Mutu baja tulangan $f_y = U - 390$ Mpa

Beban rencana

Tinggi rencana air hujan = 0,05 m

Perencanaan Plat Lantai

Dari perhitungan beban yang bekerja pada gelagar diperoleh:

Beban Mati

Plat lantai kendaraan = 10,80 kN/m

Plat trotoar = 27,16 kN/m

Tiang sandaran ditambah berat pipa sandaran = 0,901 kN

Beban Hidup

Berat gandar truk desain "T" = 225 kN, Tekanan roda kendaraan = 112,50 kN, maka $p_u = 283,50$ kN

Beban horizontal = 1 kN

Beban tumbukan roda kendaraan = 15 kN

Dari analisa pembebanan disetiap kondisi diperoleh momen maksimum sebagai berikut

Tabel 1. Momen maximum

Tumpuan	Lapangan	Kondisi (kNm)						MAX
		1	2	3	4	5	6	
A		-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	-87,52 kNm
B		-27,72	-80,87	-63,13	-79,25	-80,80	-87,52	
C		-83,30	-56,72	-59,36	-55,64	-58,12	-30,14	
D		-27,72	-80,87	-63,13	-79,25	-15,71	5,504	
E		-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	-8,41	
	AB	-11,17	83,53	57,13	86,78	75,53	80,2	86,78 kNm
	BC	72,66	59,37	44,19	56,42	50,56	69,34	
	CD	72,66	59,37	44,19	59,8	41,01	-8,18	
	DE	-13,93	83,52	57,13	76,66	-7,43	-8,33	

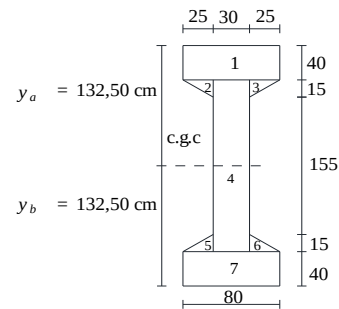
Dari tabel di atas, diperoleh momen maksimum pada tumpuan sebesar 87,52 kNm dan 86,78 kNm pada daerah lapangan.

Maka didapat dari analisa penulangan dengan luas tulangan perlu A_{sp} sebesar 804,571 mm², dan diperoleh tulangan utama D16-200 dan tulangan bagi D16-250.

Pendimensionian Penampang

Pada perencanaan dimensi penampang diperoleh:

Penampang sebelum komposit



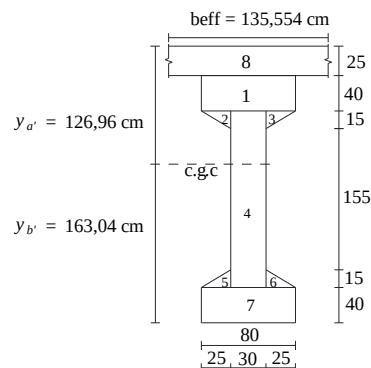
Gambar 3. Penampang tengah sebelum komposit

Dari analisa perhitungan diperoleh:

Luas penampang $A = 12700$ cm²

Titik berat penampang $y_a = 132,50$ cm, $y_b = 132,50$ cm

Momen inersia $I = 103433958,333$ cm⁴



Gambar 4. Penampang tengah setelah komposit

Dari analisa perhitungan pendimensionian diperoleh:

Luas penampang $A' = 16088,9$ cm²

Titik berat penampang $y_a' = 126,958$ cm,

$y_b' = 163,042$ cm

Momen inersia $I' = 164866105,010$ cm⁴

Dari perhitungan beban yang bekerja pada gelagar diperoleh:

Berat sendiri balok prestress $q_{ps}^u = 38,10$ kN/m

Berat plat lantai kendaraan $q_{dl1}^u = 13,65$ kN/m

Berat aspal & air hujan $q_{dl2}^u = 5,52$ kN/m

Berat balok diafragma $p_{dia}^u = 14,02$ kN

Beban Lajur "D"

Beban terbagi rata (BTR) $q_{ll}^u = 24,81$ kN/m

Beban Garis terpusat (BGT) $p_{ll}^u = 216,09$ kN

Gaya rem $TB = 74,613$ kN

Beban Angin

Beban angin pada struktur $q_{EW1}^u = 4,40$ kN/m

Beban angin pada kendaraan $q_{EW2}^u = 4,48$ kN/m

maka total beban angin = 8,88 kN/m

Tabel 2. Gaya lintang yang terjadi

Titik	Jarak	Berat sendiri	Berat sendiri	Berat Aspal	Beban	Beban	Beban	Beban
		Balok	Plat lantai	& Air hujan	diafragma	lajur "D"	rem	angin
	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
a	0	762,00	273,00	110,46	63,11	712,22	5,73	177,63
b	1	723,90	259,35	104,94	63,11	687,41	5,73	168,75
c	2	685,80	245,70	99,41	63,11	662,60	5,73	159,87
d	3	647,70	232,05	93,89	63,11	637,80	5,73	150,99
e	4	609,60	218,40	88,37	63,11	612,99	5,73	142,11
f	5	571,50	204,75	82,85	49,09	588,18	5,73	133,22
g	6	533,40	191,10	77,32	49,09	563,38	5,73	124,34
h	7	495,30	177,45	71,80	49,09	538,57	5,73	115,46
i	8	457,20	163,80	66,28	49,09	513,77	5,73	106,58
j	9	419,10	150,15	60,75	49,09	488,96	5,73	97,70
k	10	381,00	136,50	55,23	35,06	464,15	5,73	88,82
l	11	342,90	122,85	49,71	35,06	439,35	5,73	79,93
m	12	304,80	109,20	44,18	35,06	414,54	5,73	71,05
n	13	266,70	95,55	38,66	35,06	389,73	5,73	62,17
o	14	228,60	81,90	33,14	35,06	364,93	5,73	53,29
p	15	190,50	68,25	27,62	21,04	340,12	5,73	44,41
q	16	152,40	54,60	22,09	21,04	315,32	5,73	35,53
r	17	114,30	40,95	16,57	21,04	290,51	5,73	26,64
s	18	76,20	27,30	11,05	21,04	265,70	5,73	17,76
t	19	38,10	13,65	5,52	21,04	240,90	5,73	8,88
u	20	0,00	0,00	0,00	7,01	216,09	5,73	0,00

Tabel 3. Momen yang terjadi

Titik	Jarak	B.S. Balok	B.S. Plat lantai	B.Aspal & Air hujan	Beban Diafragma	Beban Lajur "D"	Beban Rem	Beban Angin	M_0	M_G	M_T
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									1	2+3+4+8	5+6+7+9
	m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
a	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	229,03	0,00	0,00	0,00	229,03
b	1	742,95	266,18	107,70	49,09	694,41	229,03	173,19	742,95	1165,91	2262,54
c	2	1447,80	518,70	209,87	98,17	1353,21	229,03	337,50	1447,80	2274,54	4194,28
d	3	2114,55	757,58	306,53	147,26	1976,40	229,03	492,93	2114,55	3325,91	6024,26
e	4	2743,20	982,80	397,66	196,34	2563,97	229,03	639,47	2743,20	4320,00	7752,48
f	5	3333,75	1194,38	483,26	245,43	3115,94	229,03	777,14	3333,75	5256,81	9378,92
g	6	3886,20	1392,30	563,35	280,49	3632,30	229,03	905,92	3886,20	6122,33	10889,58
h	7	4400,55	1576,58	637,91	315,55	4113,04	229,03	1025,82	4400,55	6930,58	12298,47
i	8	4876,80	1747,20	706,94	350,61	4558,18	229,03	1136,84	4876,80	7681,55	13605,60
j	9	5314,95	1904,18	770,46	385,67	4967,70	229,03	1238,98	5314,95	8375,25	14810,96
k	10	5715,00	2047,50	828,45	420,73	5341,61	229,03	1332,24	5715,00	9011,68	15914,56
l	11	6076,95	2177,18	880,92	441,77	5679,91	229,03	1416,61	6076,95	9576,81	16902,37
m	12	6400,80	2293,20	927,86	462,81	5982,61	229,03	1492,11	6400,80	10084,67	17788,41
n	13	6686,55	2395,58	969,29	483,84	6249,69	229,03	1558,72	6686,55	10535,25	18572,69
o	14	6934,20	2484,30	1005,19	504,88	6481,16	229,03	1616,45	6934,20	10928,56	19255,20
p	15	7143,75	2559,38	1035,56	525,92	6677,02	229,03	1665,30	7143,75	11264,60	19835,94
q	16	7315,20	2620,80	1060,42	532,93	6837,26	229,03	1705,26	7315,20	11529,34	20300,90
r	17	7448,55	2668,58	1079,75	539,94	6961,90	229,03	1736,35	7448,55	11736,81	20664,09
s	18	7543,80	2702,70	1093,55	546,95	7050,93	229,03	1758,55	7543,80	11887,01	20925,52
t	19	7600,95	2723,18	1101,84	553,96	7104,34	229,03	1771,88	7600,95	11979,93	21085,18
u	20	7620,00	2730,00	1104,60	560,98	7122,15	229,03	1776,32	7620,00	12015,58	21143,07

Gaya Prategang Dan Jumlah Tendon

Dari analisa perhitungan diperoleh momen tertinggi, Akibat beban mati $M_G = 12015,58$ kNm, Akibat beban total $M_T = 21143,07$ kNm, Gaya prategang awal setelah kehilangan tegangan pascatarik 20% beban putus = 490985,72 kN, dan gaya prategang efektif = 12600,00 kN, Maka digunakan tendon VSL tipe 31 dan diperoleh tendon dengan jumlah untai 21 sebanyak 5 buah tendon.

Tataletak Daerah Aman

Keadaan Awal

Tabel 4. Daerah aman batas bawah a_1

Titik	Jarak (m)	M_0 (kNm)	F_0 (kN)	a_1 (m)
a	0	0,00	15750,00	0,00
b	1	742,95	15750,00	0,05
c	2	1447,80	15750,00	0,09
d	3	2114,55	15750,00	0,13
e	4	2743,20	15750,00	0,17
f	5	3333,75	15750,00	0,21
g	6	3886,20	15750,00	0,25
h	7	4400,55	15750,00	0,28
i	8	4876,80	15750,00	0,31
j	9	5314,95	15750,00	0,34
k	10	5715,00	15750,00	0,36
l	11	6076,95	15750,00	0,39
m	12	6400,80	15750,00	0,41
n	13	6686,55	15750,00	0,42
o	14	6934,20	15750,00	0,44
p	15	7143,75	15750,00	0,45
q	16	7315,20	15750,00	0,46
r	17	7448,55	15750,00	0,47
s	18	7543,80	15750,00	0,48
t	19	7600,95	15750,00	0,48
u	20	7620,00	15750,00	0,48

a_1 diukur dari garis k_b ke bawah

Keadaan Setelah Kehilangan Tegangan

Tabel 5. Daerah aman batas bawah a_2

Titik	Jarak (m)	M_0 (kNm)	F (kN)	a_2 (m)
a	0	0,00	12600,00	0,00
b	1	742,95	12600,00	0,06
c	2	1447,80	12600,00	0,11
d	3	2114,55	12600,00	0,17
e	4	2743,20	12600,00	0,22
f	5	3333,75	12600,00	0,26
g	6	3886,20	12600,00	0,31
h	7	4400,55	12600,00	0,35
i	8	4876,80	12600,00	0,39
j	9	5314,95	12600,00	0,42
k	10	5715,00	12600,00	0,45
l	11	6076,95	12600,00	0,48
m	12	6400,80	12600,00	0,51
n	13	6686,55	12600,00	0,53
o	14	6934,20	12600,00	0,55
p	15	7143,75	12600,00	0,57
q	16	7315,20	12600,00	0,58
r	17	7448,55	12600,00	0,59
s	18	7543,80	12600,00	0,60
t	19	7600,95	12600,00	0,60
u	20	7620,00	12600,00	0,60

a_2 diukur dari garis k_b ke bawah

Keadaan Setelah Beban Luar Bekerja Tanpa Beban Angin

Tabel 6. Daerah aman batas bawah a_3

Titik	Jarak (m)	M_G (kNm)	F (kN)	a_3 (m)
a	0	0,00	12600,00	0,00
b	1	1165,91	12600,00	0,09
c	2	2274,54	12600,00	0,18
d	3	3325,91	12600,00	0,26
e	4	4320,00	12600,00	0,34
f	5	5256,81	12600,00	0,42
g	6	6122,33	12600,00	0,49
h	7	6930,58	12600,00	0,55
i	8	7681,55	12600,00	0,61
j	9	8375,25	12600,00	0,66
k	10	9011,68	12600,00	0,72
l	11	9576,81	12600,00	0,76
m	12	10084,67	12600,00	0,80
n	13	10535,25	12600,00	0,84
o	14	10928,56	12600,00	0,87
p	15	11264,60	12600,00	0,89
q	16	11529,34	12600,00	0,92
r	17	11736,81	12600,00	0,93
s	18	11887,01	12600,00	0,94
t	19	11979,93	12600,00	0,95
u	20	12015,58	12600,00	0,95

a_3 diukur dari garis k_g ke bawah

Kadaan Setelah Beban Luar Bekerja Dengan Beban Angin

Tabel 7. Daerah aman batas bawah a_4

Titik	Jarak (m)	M_T (kNm)	F (kN)	a_4 (m)
a	0	229,03	12600,00	0,02
b	1	2262,54	12600,00	0,18
c	2	4194,28	12600,00	0,33
d	3	6024,26	12600,00	0,48
e	4	7752,48	12600,00	0,62
f	5	9378,92	12600,00	0,74
g	6	10889,58	12600,00	0,86
h	7	12298,47	12600,00	0,98
i	8	13605,60	12600,00	1,08
j	9	14810,96	12600,00	1,18
k	10	15914,56	12600,00	1,26
l	11	16902,37	12600,00	1,34
m	12	17788,41	12600,00	1,41
n	13	18572,69	12600,00	1,47
o	14	19255,20	12600,00	1,53
p	15	19835,94	12600,00	1,57
q	16	20300,90	12600,00	1,61
r	17	20664,09	12600,00	1,64
s	18	20925,52	12600,00	1,66
t	19	21085,18	12600,00	1,67
u	20	21143,07	12600,00	1,68

a_4 diukur dari garis k_a ' ke bawah

Tataletak Tendon

Tabel 8. Koordinat tendon baris ke 1

Titik	Jarak (cm)	Y (cm)	$Y_{\text{tendon baris ke 1}}$ (cm)
a	0	0,00	215,48
b	100	15,49	199,99
c	200	30,19	185,30
d	300	44,09	171,39
e	400	57,20	158,29
f	500	69,51	145,97
g	600	81,03	134,45
h	700	91,76	123,73
i	800	101,69	113,80
j	900	110,82	104,66
k	1000	119,16	96,32
l	1100	126,71	88,77
m	1200	133,46	82,02
n	1300	139,42	76,06
o	1400	144,58	70,90
p	1500	148,95	66,53
q	1600	152,53	62,96
r	1700	155,31	60,17
s	1800	157,30	58,19
t	1900	158,49	57,00
u	2000	158,88	56,60

Tabel 9. Koordinat tendon baris ke 2

Titik	Jarak (cm)	Y (cm)	$Y_{\text{tendon baris ke 2}}$ (cm)
a	0	0,00	183,98
b	100	13,24	170,75
c	200	25,80	158,19
d	300	37,68	146,30
e	400	48,88	135,10
f	500	59,41	124,58
g	600	69,25	114,73
h	700	78,42	105,57
i	800	86,90	97,08
j	900	94,71	89,27
k	1000	101,84	82,15
l	1100	108,29	75,70
m	1200	114,06	69,93
n	1300	119,15	64,83
o	1400	123,56	60,42
p	1500	127,30	56,69
q	1600	130,35	53,63
r	1700	132,73	51,26
s	1800	134,43	49,56
t	1900	135,44	48,54
u	2000	135,78	48,20

Tabel 10. Koordinat tendon baris ke 3

Titik	Jarak (cm)	Y (cm)	$Y_{\text{tendon baris ke 3}}$ (cm)
a	0	0,00	152,48
b	100	10,99	141,50
c	200	21,41	131,07
d	300	31,27	121,21
e	400	40,57	111,92
f	500	49,30	103,18
g	600	57,47	95,02
h	700	65,08	87,41
i	800	72,12	80,37
j	900	78,60	73,89
k	1000	84,51	67,97
l	1100	89,87	62,62
m	1200	94,65	57,83
n	1300	98,88	53,60
o	1400	102,54	49,94
p	1500	105,64	46,84
q	1600	108,18	44,31
r	1700	110,15	42,34
s	1800	111,56	40,93
t	1900	112,40	40,08
u	2000	112,68	39,80

Tabel 11. Koordinat tendon baris ke 4

Titik	Jarak (cm)	Y (cm)	$Y_{\text{tendon baris ke 4}}$ (cm)
a	0	0,00	120,98
b	100	8,73	112,25
c	200	17,02	103,96
d	300	24,86	96,12
e	400	32,25	88,73
f	500	39,19	81,79
g	600	45,69	75,30
h	700	51,73	69,25
i	800	57,33	63,65
j	900	62,48	58,50
k	1000	67,19	53,80
l	1100	71,44	49,54
m	1200	75,25	45,73
n	1300	78,61	42,37
o	1400	81,52	39,46
p	1500	83,99	37,00
q	1600	86,00	34,98
r	1700	87,57	33,42
s	1800	88,69	32,30
t	1900	89,36	31,62
u	2000	89,58	31,40

Tabel 12. Koordinat tendon baris ke 5

Titik	Jarak (cm)	Y (cm)	$Y_{\text{tendon baris ke 5}}$ (cm)
a	0	0,00	89,48
b	100	6,48	83,00
c	200	12,63	76,85
d	300	18,45	71,03
e	400	23,93	65,55
f	500	29,09	60,40
g	600	33,91	55,58
h	700	38,39	51,09
i	800	42,55	46,93
j	900	46,37	43,11
k	1000	49,86	39,62
l	1100	53,02	36,46
m	1200	55,85	33,64
n	1300	58,34	31,14
o	1400	60,50	28,98
p	1500	62,33	27,16
q	1600	63,82	25,66
r	1700	64,99	24,50
s	1800	65,82	23,66
t	1900	66,32	23,17
u	2000	66,48	23,00

Ketetapan:

Y = diukur dari c.g.s titik A ke bawah

c.g.s = jarak c.g.s ke tepi bawah penampang

e = jarak antara c.g.s dan c.g.c

e' = jarak antara c.g.s dan c.g.c'

Kontrol:

Kehilangan Gaya Prategang

Dari analisa perhitungan diperoleh:

Kehilangan gaya prategang akibat elastisitas beton

$$ES = 56,140 \text{ Mpa}$$

Kehilangan Akibat Rangkak Beton $CR = 49,081 \text{ Mpa}$

Kehilangan Akibat Susut Beton $SH = 17,07 \text{ Mpa}$

Kehilangan Akibat Relaksasi Baja $RE = 28,739 \text{ Mpa}$

Kehilangan Gaya Prategang Total $TL = ES + CR +$

$$SH + RE = 151,029 \text{ Mpa}$$

Maka presentase kehilangan gaya prategang total = $10,95\% < 20\%$ (Memenuhi)

Kontrol Lendutan

Lendutan sebelum komposit, dari analisa perhitungan diperoleh:

Lendutan keatas akibat gaya prategang efektif

$$\Delta = -54,189 \text{ mm}$$

Akibat berat sendiri balok prategang = 36,945 mm

Akibat balok diafragma = 7,186 mm

Maka, kontrol lendutan sebelum komposit

Saat Setelah Transfer Gaya Prategang

$$\Delta = \text{Akibat berat sendiri balok} + \text{akibat gaya prategang efektif} = 36,945 + (-54,189) = -17,244 \text{ mm}$$

Saat Balok Prategang Disusun Dan Dipasang Balok Diafragma

$$\Delta = \text{Akibat berat sendiri balok} + \text{akibat gaya prategang efektif} + \text{akibat balok diafragma} = 36,945 + (-54,189) + 7,186 = -10,058 \text{ mm}$$

Saat Setelah Plat Beton Di Cor (Beton Muda)

$$\Delta = \text{Akibat berat sendiri balok} + \text{akibat gaya prategang efektif} + \text{akibat balok diafragma} = 36,945 + (-54,189) + 7,186 + 17,088 = 7,030 \text{ mm}$$

Untuk lendutan setelah komposit, dari analisa perhitungan diperoleh:

Lendutan keatas akibat gaya prategang efektif

$$= -43,188 \text{ mm}$$

Akibat berat plat (setelah plat beton mengeras) ditambah berat aspal dan air hujan = 15,058 mm

Akibat balok diafragma = 4,509 mm

Akibat beban lajur "D" (TD)

Beban terbagi rata (BTR) = 15,091 mm

Beban garis (BGT) = 5,258 mm

Akibat beban rem = 0,836 mm

Akibat beban angin = 5,403 mm

Maka, kontrol lendutan sebelum komposit

Saat plat beton mengeras ditambah berat aspal dan air hujan

$$\Delta = \text{Akibat berat sendiri balok} + \text{akibat gaya prategang efektif} + \text{akibat balok diafragma} + \text{akibat berat plat, aspal dan air hujan}$$

$$= 36,945 + (-43,188) + 4,509 + 15,058 = 13,324 \text{ mm}$$

Saat setelah struktur jembatan menjadi satu kesatuan dan beban hidup terpasang

$$\Delta = \text{Akibat berat sendiri balok} + \text{akibat gaya prategang efektif} + \text{akibat balok diafragma} + \text{akibat berat plat, aspal dan air} + \text{hujan} + \text{akibat beban lajur "D"} + \text{akibat beban rem} + \text{akibat beban angin}$$

$$\begin{aligned}
 &= 36,945 + (-43,188) + 4,509 + 15,058 + \\
 &(15,091 + 5258) + 0,836 + 5,403 \\
 &= 39,913 \text{ mm} \leq 166,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Perletakan

Diketahui dari analisa perhitungan diperoleh:

Beban total = beban mati + beban hidup

$$= 1208569,80 + 895572,49 = 2104142,29 \text{ N}$$

Data fisik elastomer:

Hardness = 55 Shore A

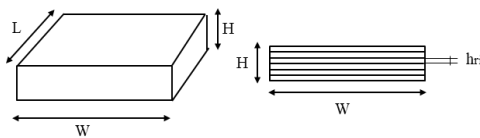
Modulus geser (G) = 0,70 s/d 0,91 Mpa

Total beban kompresi (P_T) = 2104142,29 N

Dari analisa perhitungan diperoleh:

Luas area elastomer yang diperlukan = 300591,76 mm²

Asumsi dimensi dalam perletakan elastomer



Gambar 5. Perletakan bantalan karet (Elastomer)

Lebar W = 600 mm

Panjang L = 600 mm

Tebal H = 200 mm

Tebal lapisan internal (h_{ri}) = 16 mm

Tebal lapisan penutup (h_{cover}) = 4 mm

Jumlah lapisan internal (n) = 12 buah

Plat baja f_y = 240 Mpa

Mutu elastomer G = 0,70 Mpa

Faktor bentuk (shape faktor) S = 4 < 9,38 < 12

Cek Tegangan Izin

Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang

$$\sigma = 5,84 \text{ Mpa} \leq 7,0 \text{ Mpa} \text{ (oke)}$$

$$\sigma = 5,84 \text{ Mpa} \leq 1,0 \text{ GS} = 6,56 \text{ Mpa} \text{ (oke)}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang

$$\sigma = 5,84 \text{ Mpa} \leq 7,0 \text{ Mpa} \text{ (oke)}$$

$$\sigma = 5,84 \text{ Mpa} \leq 1,1 \text{ GS} = 7,22 \text{ Mpa} \text{ (oke)}$$

Cek Deformasi Geser

Total deformasi geser rencana Δ_s = 100 mm

Deformasi izin = $2 \cdot \Delta_s$ = 200 mm

$$h_{rt} = 200 \geq 200 \text{ (oke)}$$

Cek Stabilitas

$$H = 200 \text{ mm} \leq L/3 = 200 \text{ mm} \text{ (oke)}$$

$$H = 200 \text{ mm} \leq W/3 = 200 \text{ mm} \text{ (oke)}$$

Menentukan Tebal Plat

Kondisi layan $\geq 1,17 \text{ mm}$

Kondisi fatik $\geq 0,33 \text{ mm}$

maka, tebal plat baja yang digunakan

$$(h_s) = 2 \text{ mm}$$

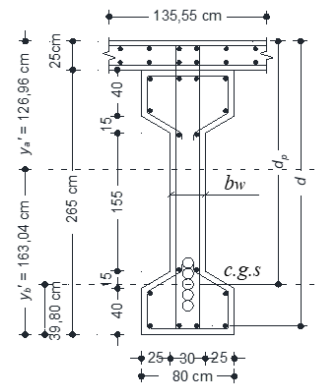
Perencanaan Tulangan Non Prategang

Perencanaan Tulangan Memanjang

Dari analisa perhitungan diperoleh luas tulangan tarik longitudinal non-prategang A_s = 9835,5 mm²

Maka, dipakai tulangan 36 D19

Perencanaan Tulangan Geser



Gambar 6. Penampang melintang komposit

Gaya geser terfaktor yang merupakan daerah kritis

sejarak $\frac{1}{2}h$ dari muka tumpuan = 2050 mm

Kuat Geser Yang Disumbangkan Beton

$$V_c = \left(0,05 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + 4,8 \cdot \frac{V_u \cdot d_p}{M_u} \right) b_w \cdot d$$

$$= 4877893,164 \text{ N}$$

tetapi tidak kurang dari

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 1024353,77 \text{ N}$$

V_c tidak boleh lebih besar dari:

$$V_c = 0,42 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 2530756,38 \text{ N}$$

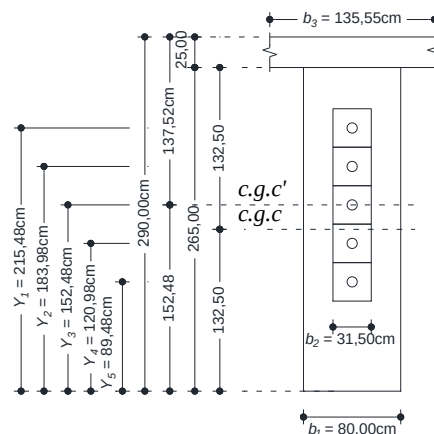
Maka, diambil V_c = 10244353,77 N

Dari analisa perhitungan diperoleh tulangan geser

D13 – 190

Perencanaan Blok Ujung

Tulangan Pecah Ledak



Gambar 7. Perencanaan blok ujung

Data perencanaan:

Digunakan Angkur VSL tipe 31 SC dengan dimensi plat angkur lebar 3,15 cm dan tinggi 3,15 cm

Mutu beton f'_c = 50 Mpa

Mutu baja tulangan f_y U-390 Mpa

Dari analisa perhitungan diperoleh:

Panjang blok ujung a = 377,00 cm

Tegangan desak unifrom pada blok ujung = 64,053 kg/cm²

Momen pecah ledak = 148918175,24 kgcm

Tegangan tarik dipusat angkur = $94,299 \text{ kg/cm}^2$
 Dari perhitungan penulangan diperoleh tulangan pecah ledak = 27 D25.

Tulangan Pecah Gumpal

Data perencanaan:

Digunakan Angkur VSL tipe 31 SC dengan dimensi plat angkur lebar 3,15 cm dan tinggi 3,15 cm

Mutu beton $f'_c = 50 \text{ Mpa}$

Dari analisa perhitungan diperoleh tulangan arah vertikal:

Perbandingan distribusi = 0,57

Letak tegangan nol dari ujung = 295,02 mm

Letak tegangan maksimum = 601,31 mm

Tegangan tarik maksimum = $1,71 \text{ N/mm}^2$

Gaya tarik memecah = 2885692,14 N

Luas tulangan $A_{sp} = 7399,21 \text{ mm}^2$

Maka di pakai tulangan pecah ledak 16 D25

Dari analisa perhitungan diperoleh tulangan arah horisontal:

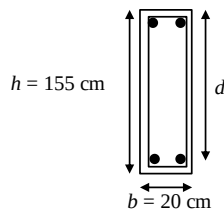
Perbandingan distribusi = 0,39

Gaya tarik memecah = 3534596,38 N

Luas tulangan $A_{sp} = 9063,07 \text{ mm}^2$

Maka di pakai tulangan pecah ledak 46 D16

Perencanaan Balok Diafragma



Gambar 8. Perencanaan balok diafragma

Data perencanaan:

Mutu beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

Mutu baja tulangan f_y U-390 Mpa

Dari perhitungan beban yang bekerja diperoleh berat balok diafragma = 9,67 kN/m. Momen yang terjadi sebesar 2,54 kNm.

Luas tulangan yang diperlukan $A_s = 1077,282 \text{ mm}^2$

Maka diperoleh tulangan utama 4 D19, dan tulangan bagi D10 – 150.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan Jembatan Trisula di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar diperoleh dimensi penampang dengan tinggi 265 cm dan lebar 80 cm, dengan luasan 12700 cm^2 .
2. Pada pembebanan gelagar didapat momen tertinggi sebesar 21143,07 kNm. Sehingga

dipakai tendon VSL tipe dongkrak 31sc diameter tendon 12,5 dengan jumlah untai 21 sebanyak 5 buah tendon yang ditempatkan didalam selongsong tendon sesuai dengan gambar dan jarak yang telah direncanakan.

3. Pada blok ujung didapat tulangan pecah ledak 27 D25, dan untuk tulangan pecah gumpal arah vertikal sebanyak 16 D25 dan tulangan arah horizontal 46 D16, dipasang dalam dua lapis dengan mutu baja tulangan f_y U - 390 Mpa.
4. Dari perencanaan balok diafragma didapat dimensi dengan tinggi balok 155 cm dan lebar 20 cm, jumlah tulangan sengkang D10 – 150 mm dan tulangan utama 4 D 19 mm, dengan mutu baja tulangan f_y U - 390 Mpa.
5. Dari analisa perhitungan didapat total lendutan komposit sebesar 3,9913 cm kebawah, hal ini menunjukkan masih dalam batas wajar karena bentang 40 m batas lendutan yang diijinkan 16,7 cm.
6. Dalam gambar hasil yang telah didesain sesuai dengan analisa perhitungan.

Saran

Dari hasil analisis perhitungan dan kesimpulan studi ini maka beberapa saran dari penulis yaitu:

1. Dalam merencanakan suatu kontruksi khususnya jembatan, hal yang perlu diperhatikan yaitu dari segi kekuatan struktur, estetika, ekonomis dan tahan terhadap cuaca yang ekstrim.
2. Apabila ingin menggunakan gelagar beton prategang sebagai konstruksi jembatan, penyusun dapat memberikan dimensi dan detail gambar yang sesuai dari analisa perhitungan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). *SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Anonim. (2016). *SNI 1725-2016 Pembebanan untuk jembatan*. Jakarta: BSN.
- Anonim. (2015). *No: 07/SE/M/2015 Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan*. Jakarta: KPU.
- Antono, Achmat. (1983). *Beton Bertulang*. Yogyakarta: Andi Office.
- Budiadi, Andri. (2008). *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta: Andi Office.
- Supriadi, Bambang. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Betta Offset.
- Lin, T. Y. & Burns, Ned. H. (1993). *Desain Struktur Beton Prategang*. Terjemahan Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E. G. (2001). *Beton Prategang, Suatu Pendekatan Mendasar*. Terjemahan Jakarta: Erlangga.
- T, Gunawan. & S, Margaret. (1989). *Dikti Konstruksi Beton Pratekan Jilid 1*. Jakarta: Delta Teknik Groop.
- Raju, Krishna N. (1993). *Beton Prategang Edisi Kedua*. Terjemahan Jakarta: Erlangga.
- .