

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN BETON PRATEGANG JALUR LINTAS SELATAN TRENGGALEK – TULUNGAGUNG STA 6+900

Fio Ayubi Qilail¹, Bobby Asukmajaya R.², Akhmad Suryadi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: fiogilailayubi@gmail.com¹, bobbyasukma@gmail.com², akhmadsuryadi1@gmail.com³

ABSTRAK

Proyek Jembatan Jalur lintas selatan ini dibangun sebagai penghubung antara Kabupaten Tulungagung dengan Kabupaten Trenggalek. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk merencanakan struktur jembatan menggunakan PCI-Girder. Analisa statika struktur pelat lantai menggunakan aplikasi Robot Structural Analysis Professional 2020 dan penggambaran hasil perencanaan menggunakan program aplikasi Auto CAD 2021. Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1725 – 2016 dan RSNI-T-05-2005. Dari perencanaan jembatan balok prategang ini menghasilkan (1) Struktur pelat lantai jembatan setebal 20 cm dengan menggunakan tulangan D16 – 100 untuk tulangan utama dan D10-200 untuk tulangan bagi arah Y. D16 – 100 untuk tulangan utama dan D10-200 untuk arah X (2) Tiang Sandaran 15 x 15 x 100 cm dengan tulangan utama 2 D13 dan tulangan bagi Ø10-100 (3) Kerb 25 x 10 x 15 cm dengan tulangan utama D12-150 dan tulangan bagi 4 Ø8 (4) Diafragma 20 x 125 x 167 cm, menggunakan tulangan utama atas 2 D19 dan bawah 3 D10, tulangan sengkang D10-150 (4) PCI-Girder menggunakan tulangan utama atas 10 D13, badan 12 D13, dan bawah 12 D13, tulangan shear connector menggunakan D13, tulangan sengkang menggunakan D13 (5) Abutment menggunakan tulangan utama segmen A-A D19-150, segmen B-B D19-100, segmen C-C D19-50, segmen D-D D25-125, segmen E-E D25-125 (6) Bore pile dengan diameter 80 cm menggunakan tulangan utama 20 D25 dan tulangan sengkang spiral Ø13-90 (7) Perhitungan RAB didapat biaya proyek sebesar Rp. 9.700.942.000,00-.

Kata kunci : perencanaan struktur jembatan; PCI-girder; jembatan balok prategang

ABSTRACT

The Southern Cross Road Bridge serves as a vital link between Tulungagung Regency and Trenggalek Regency. This research endeavors to present a meticulous plan for the bridge's structure employing the PCI-Girder method. The static analysis of the floor slab structure is conducted using the Robot Structural Analysis Professional 2020 application, with planning results drafted using the AutoCAD 2021 program. Load calculations adhere to the standards outlined in SNI 1725 - 2016 and RNI-T-05-2005. From the planning of this prestressed beam bridge, several key results emerged: (1) The bridge floor slab structure is designed to be 20 cm thick, incorporating D16-100 reinforcement for main reinforcement and D10-200 for Y-direction reinforcement, along with D16-100 for main reinforcement and D10-200 for X-direction reinforcement. (2) Backrest poles, measuring 15 × 15 × 100 cm, are reinforced with 2 D13 main reinforcements and Ø10-100 section reinforcements. (3) Kerbs, measuring 25 × 10 × 15 cm, feature D12-150 main reinforcement and 4 Ø8 reinforcement bars. (4) Diaphragms, sized at 20 × 125 × 167 cm, utilize 2 D19 top and 3 D10 bottom main reinforcements, accompanied by D10-150 stirrup reinforcement. (5) The PCI-Girder employs top main reinforcement of 10 D13, body reinforcement of 12 D13, and bottom reinforcement of 12 D13, with shear connector reinforcement using D13 and stirrup reinforcement using D13. (6) Abutments utilize main reinforcement with segment A-A D19-150, segment B-B D19-100, segment C-C D19-50, segment D-D D25-125, and segment E-E D25-125. (7) Bore piles, with a diameter of 80 cm, are reinforced using 20 D25 main reinforcement bars and Ø13-90 spiral stirrup reinforcement. (8) The RAB calculation yielded a project cost of Rp. 9,700,942,000.00-.

Keywords : bridge structure planning; PCI-girder; beam bridge prestress

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi suatu wilayah sangat tergantung pada infrastruktur transportasinya. Penggunaan sarana transportasi yang memadai mempermudah pergerakan masyarakat dalam berbagai kegiatan sehari-hari mereka. Pemerintah seharusnya memfokuskan perhatiannya pada pemenuhan kebutuhan masyarakat melalui peningkatan infrastruktur transportasi seperti jalan yang berkualitas dan tahan lama, jembatan yang kokoh, dan fasilitas-fasilitas transportasi lainnya. Transportasi yang efisien dan efektif sangat mempengaruhi perkembangan ekonomi di komunitas tersebut.

Jembatan adalah sebuah struktur bangunan yang dirancang untuk menghubungkan dua bagian jalan yang tidak terhubung karena adanya rintangan seperti lembah dalam dan sungai mengalir. Pada umumnya, struktur jembatan terdiri dari dua bagian utama, yakni bagian atas dan bagian bawah jembatan. Pada jembatan, bagian atas akan menanggung langsung beban dari kendaraan yang melintas di atasnya, sementara bagian bawah akan menanggung beban dari bagian atas dan meneruskannya ke lapisan tanah yang padat. Seiring dengan kemajuan teknologi transportasi jalan raya, perencanaan konstruksi jembatan harus disesuaikan dengan kebutuhan transportasi yang mencakup faktor kenyamanan, keamanan, dan estetika. Maka perlu mempertimbangkan dengan sebaik mungkin selama proses perencanaan.

Pembangunan jembatan di JLS lot 6 adalah sebuah proyek yang sangat signifikan dalam hal mobilitas masyarakat Kabupaten Tulungagung. Karenanya, tentu saja hal ini akan mempengaruhi perkembangan ekonomi penduduk di wilayah tersebut. Dengan adanya konstruksi jembatan ini, aksesibilitas bagi penduduk Kabupaten Tulungagung menjadi lebih praktis. Dalam penulisan proyek akhir ini penulis ingin merencanakan jembatan menggunakan sistem prategang Girder I dengan panjang bentang 25,80 m.

Kondisi eksisting pada lapangan berupa hutan dan lahan perkebunan warga setempat.

2. METODE

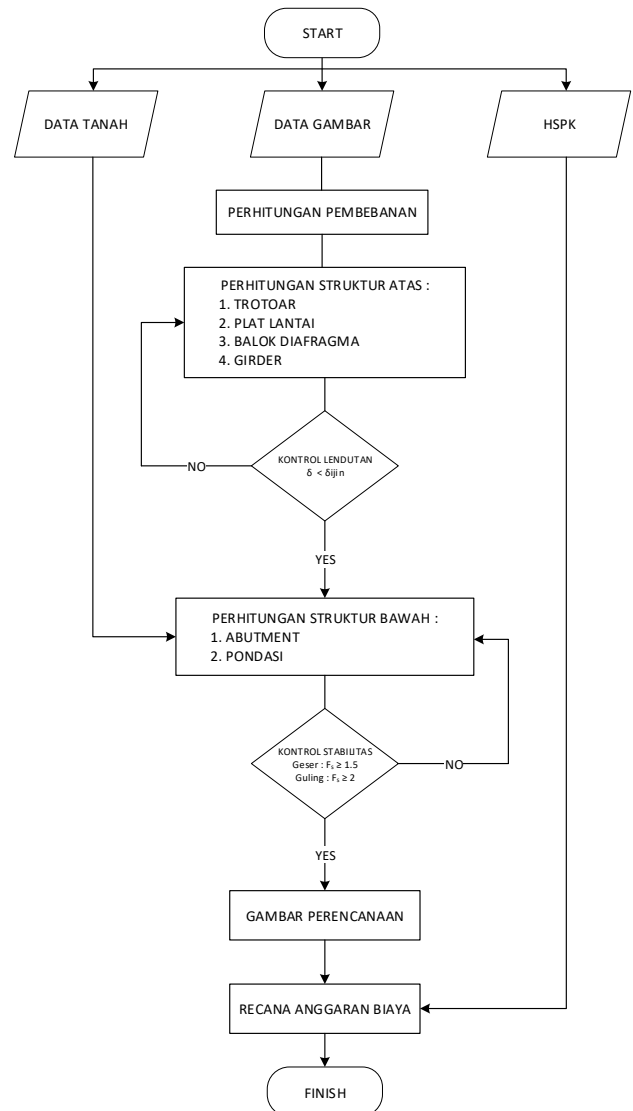
Dalam penelitian ini penulis akan menganalisa data sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data
 - Data-data yang berkaitan dengan perencanaan jembatan
 - Data Tanah
Data tanah berupa data laboratorium dan hasil test SPT di beberapa titik sekitar lokasi jembatan
 - Data Harga Satuan Pekerjaan

Harga Satuan Pekerjaan (HSPK) diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali.

- b. Perhitungan Pembebanan
- c. Perhitungan Struktur Atas:
 - Trotoar
 - Plat Lantai
 - Balok Diafragma
 - Girder
- d. Perhitungan Kontrol Lendutan
- e. Perhitungan Struktur Bawah
 - Abutment
 - Pondasi
- f. Perhitungan Kontrol Stabilitas
- g. Gambar Perencanaan
- h. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Secara ringkasnya akan ditunjukkan pada **Gambar 1**. Dibawah ini :

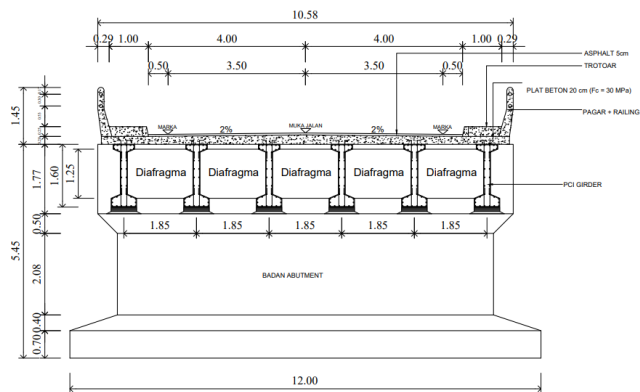


Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Jembatan

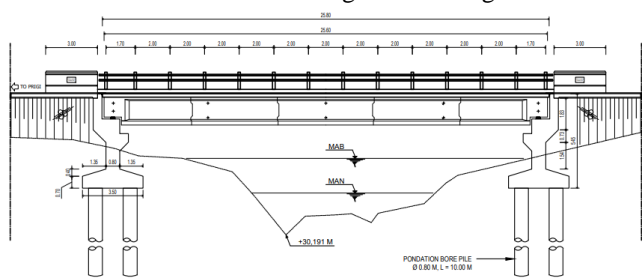
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Jembatan

Bangunan jembatan yang akan dianalisis memiliki potongan melintang dan memanjang pada Gambar 2. Dan Gambar 3.



Gambar 2. Potongan Melintang



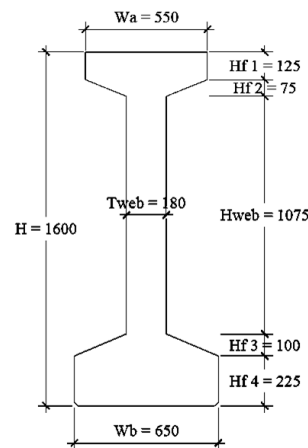
Gambar 3. Potongan Memanjang Jembatan

Data Perencanaan

1. Bentang = 25,80 m
2. Perkerasan :
Lebar = 8 m
Tebal Aspal = 0,05 m
 $\gamma_{\text{Aspal}} = 2,5 \text{ t/m}^3$
3. Lantai Kendaraan (Beton) :
Tebal = 0,2 m
 $f_c' = 40 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $\gamma_{\text{Beton}} = 2,5 \text{ t/m}^3$
4. Tiang Sandaran
Dimensi = 0,15 m x 0,15 m
Tinggi = 1 m
 $\gamma_{\text{Beton}} = 2,5 \text{ t/m}^3$
5. Kerb
Tinggi = 0,25 m
Tebal atas = 0,10 m
Tebal bawah = 0,15 m
 $\gamma_{\text{Beton}} = 2,5 \text{ t/m}^3$
6. Diafragma
Tebal = 0,20 m

- Tinggi = 1,25 m
Panjang = 1,67 m
 $\gamma_{\text{Beton}} = 2,5 \text{ t/m}^3$

7. PCI Girder



Gambar 4. Dimensi PCI Girder

Tabel 1. Dimensi PCI Girder

Notasi	Wa	Wb	T _{web}	H	Hf ₁	Hf ₂	Hf ₃	Hf ₄
(m)	0,55	0,65	0,18	1,6	0,125	0,075	0,099	0,15

Perhitungan Pelat Lantai

Berdasarkan perhitungan dari bobot sendiri, beban mati tambahan, beban truk, beban angin, dan beban suhu yang bekerja pada lantai kendaraan, hasil penulangan dari lantai kendaraan dapat ditemukan seperti yang tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Penulangan Pelat Lantai

Momen Terbesar (tonm)		Tulangan Melintang (Lx)	Tulangan Memanjang (Ly)
Tump.	Lap.	Lapangan	Tumpuan
7,84	9,06	D16 - 100	D16 - 100
		D10 - 200	D10 - 200

Perhitungan Tiang Sandaran

Dengan mengacu pada perhitungan beban horizontal yang bekerja pada railing didapat hasil penulangan dari railing seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Penulangan Tiang Sandaran

Momen Terbesar (tonm)		Tulangan Utama	Tulangan Praktis
Tump.	Lap.	Luas (mm ²)	Dipakai
7,84	9,06	226,08 mm ²	Dipakai
			Dipakai

Perhitungan Kerb

- **Tulangan Utama**
- As = $0,25 \times \pi \times D^2$
- = $0,25 \times 3,14 \times 144$
- = $113,04 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{As \text{ pasang} \times b}{As \text{ perlu}}$$

$$= \frac{113,04 \times 1000}{714}$$

$$= 158,31 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan utama D 12 – 150, (As = 753,6 mm²)

- Tulangan Bagi
Jumlah tulangan bagi yang dibutuhkan.

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{142,8}{50,24}$$

$$= 2,8 \approx 4$$

Maka dipakai tulangan bagi 4 Ø8

Perhitungan Diafragma

Berdasarkan hasil perhitungan beban sendiri yang bekerja pada diafragma, diperoleh hasil penulangan pada diafragma seperti yang tercantum dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Penulangan Diafragma

M. Total (tonm)	Tul. Utama Dipakai	Tul. Bagi Dipakai	Senggang Dipakai
0,174	2 D19	3 D10	D10 – 150

Perhitungan PCI Girder

Tabel 5 Spesifikasi dan Detail Kabel yang dipakai

DATA STRANDS CABLE - STANDAR VSL			
Jenis Strands	7 Wire Superstrands ASTM A-416 Grade 270		
Tegangan Leleh Strand	f _{py}	1581	MPa
Kuat Tarik Strand	f _{pu}	1860	MPa
Diameter Nominal Strands		12.70	mm (1/2")
Luas Tampang Nominal Satu Strands	A _{st}	126.667	mm ²
Beban Putus Minimal Satu Strands	P _{bs}	183.71	kN (100% UTS atau 100% Beban Putus)
Jumlah Kawat Untaian (Strands Cable)		19	Kawat Untaian Tiap Tendon
Diameter Selubung Ideal		84	mm
Luas Tampang Strands		2406.86	mm ²
Beban Putus Satu Tendon	P _{b1}	3490.49	kN (100% UTS atau 100% Beban Putus)
Modulus Elastis Strands	E _s	2.00E+05	MPa
Tipe Dongkrak		VSL 19	

Berdasarkan perhitungan dari bobot balok prategang, bobot plat, bobot sendiri, tambahan beban mati, beban lajur "D", beban angin, beban rem, dan beban gempa yang beroperasi pada gelagar utama, diperoleh hasil gaya-gaya pada gelagar utama seperti yang tertera pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Resume Momen dan Gaya Geser Balok

No	Jenis Beban	Kode Beban	Q (kN/m)	P (ton)	M (ton m)
1	Prategang	Balok	10.884	-	-
2	Berat plat	Plat	9.250	-	-

3	Berat Sendiri	MS	23.093	-	-
4	Mati Tambahan	MA	5.550	-	-
5	Lajur "D"	Td	16.650	126.910	-
6	Truck	TT	-	263.250	243.506
7	Gaya rem	TB	-	-	68.546
8	Angin	EW	1.008	-	-
9	Gempa	EQ	2.864	-	-

Menurut berbagai gaya yang disebutkan di atas, dilakukan perhitungan untuk menentukan penulangan balok prategang yang terdapat dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Penulangan Balok Prategang

Bagian	Dipakai
Atas	10 D 13
Badan	12 D 13
Bawah	12 D 13

Dari hasil penulangan di atas, dilakukan perhitungan posisi tendon sesuai dengan data yang ada pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Posisi Tendon

Jarak X (m)	Trace Zo (m)	Posisi masing – masing cable		
		Tendon 1 (m)	Tendon 2 (m)	Tendon 3 (m)
0	0.711	1.096	0.648	0.200
1	0.626	0.978	0.566	0.185
2	0.549	0.869	0.490	0.171
3	0.479	0.770	0.421	0.159
4	0.415	0.681	0.359	0.147
5	0.358	0.601	0.303	0.137
6	0.308	0.531	0.255	0.128
7	0.265	0.470	0.213	0.121
8	0.229	0.419	0.177	0.144
9	0.199	0.378	0.148	0.109
10	0.177	0.346	0.126	0.105
11	0.161	0.324	0.111	0.102
12	0.152	0.311	0.102	0.100
13	0.150	0.308	0.100	0.100

Hasil kehilangan prategang yang terjadi pada penampang balok bisa ditemukan berdasarkan gaya-gaya prategang yang terjadi, seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 9**.

Tabel 9. Kehilangan Gaya Prategang

Gaya	(ton)	Loss of prestress
Pj	5735.269	Anchorage friction
Po	5563.211	Jack friction
Px	5200.714	Elastic shortening
Pi	4678.194	Relaxation of tendon
Peff	4511.724	
Loss of prestress		21.33 %

Gaya – gaya prategang yang terjadi pada penampang balok menghasilkan tegangan pada balok prategang sebagaimana tercantum dalam **Tabel 10, Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13**.

Tabel 10. Tegangan Pada Kondisi Awal

Pt (ton)	A	Wa	Wb	fca	fcf	Kontrol fca	Kontrol fcb
4874,98	0,48	0,16	0,21	-1036	-19200	-0,60 x fci' (Aman)	-0,60 x fci' (Aman)

Tabel 11. Tegangan Pada Kondisi Loss of Prestressed

Peff (ton)	A	Wa	Wb	fca	fcf	Kontrol fca	Kontrol fcb
4511,72	0,48	0,16	0,21	-533	-17445	-0,45 x fci' (Aman)	-0,45 x fci' (Aman)

Tabel 12. Tegangan Pada Kondisi Plat Selesai Di Cor

Peff (ton)	A	Wa	Wb	fca	fcf	Kontrol fca	Kontrol fcb
4511,72	0,48	0,16	0,21	4075	13747	-0,45 x fci' (Aman)	-0,45 x fci' (Aman)

Tabel 13. Tegangan Pada Kondisi Balok Komposit

Peff (ton)	A	Wa	Wb	fca	fcf	Kontrol fca	Kontrol fcb
4511,72	0,79	0,48	0,30	-123	-3206	-0,45 x fci' (Aman)	-0,45 x fci' (Aman)

Berikut adalah hasil tegangan yang timbul akibat beban yang diterapkan pada balok yang sudah dibuat komposit seperti yang tercantum dalam **Tabel 14 hingga Tabel 23**.

Tabel 14. Tegangan Akibat Beban Sendiri

Momen Ms (kNm)	Ac	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
1891,8	0,79	0,48	0,68	0,30	-3914	-2782	6269

Tabel 15. Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan

Momen Ma (kNm)	Ac	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
454,656	0,79	0,48	0,68	0,30	-941	-669	1507

Tabel 16. Tegangan Akibat Susut dan Rangkak

Tegangan pada beton akibat	Susut	Rangkak	Susut dan Rangkak
Tegangan beton di serat atas plat	fac = 42,57	94	137
Tegangan Beton di serat atas balok	f'ac = 566,0	20	586
Tegangan beton di serat bawah balok	fbf = 4753,4	-572	4182

Tabel 17. Tegangan Akibat Gaya Prategang

Peff (kNm)	Ac	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
4511,7	0,79	0,48	0,68	0,30	3289,5	704,1	8671,7

Tabel 18. Tegangan Akibat Beban Lajur "D"

Momen TD (kNm)	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
2176,1	0,48	0,68	0,30	-4501,9	-3200,4	7211,2

Tabel 19. Tegangan Akibat Gaya Truck

Momen TT (kNm)	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
243,5	0,48	0,68	0,30	-504,1	-358,1	806,3

Tabel 20. Tegangan Akibat Gaya Rem

Momen TB (kNm)	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
68,54	0,48	0,68	0,30	-141,8	-100,8	227,1

Tabel 21. Tegangan Akibat Gaya Angin

Momen EW (kNm)	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
82,575	0,48	0,68	0,30	-170,8	-121,4	273,6

Tabel 22. Tegangan Akibat Gaya Gempa

Momen EQ (kNm)	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
234,6	0,48	0,68	0,30	-485,41	-345,1	777,5

Tabel 23. Tegangan Akibat Temperatur

Ebalok (kNm)	Ac	Wac	W'ac	Wbc	fac	f'ac	fbf
29.727.639	0,80	0,48	0,68	0,30	3955,4	3428,3	783,2

Berdasarkan tegangan yang terjadi dilakukan kontrol terhadap tegangan berikut adalah rekap kombinasi pembebanan tegangan ijin yang ada pada **Tabel 24**.

Tabel 24. Kontrol Tegangan Geser

Teg	fac	f'ac	fbf
MS	-3913,582	-2782,197	6268,889
MA	-940,550	-668,645	1506,601
SH	136,740	586,159	4181,508
PR	3289,498	704,117	8671,716
TD	-4501,905	-3200,440	7211,282
TT	-504,153	-358,097	806,311
TB	-141,801	-100,807	227,140
ET	3955,384	3428,332	-783,179
EW	-170,824	-121,440	273,631
EQ	-458,413	-345,084	777,549
Tegangan Kombinasi	-3276,607	-2858,102	29141,448
Keterangan	< fc' OK!	< fc' OK!	< fc' OK!

Perhitungan bursting force mendapatkan hasil seperti pada **Tabel 25**.

Tabel 25. Jumlah Sengkang

No Cable	Angkur Hidup VSL		Angkur mati P		Jumlah Senggang
	Sc (kN)	D (mm)	P kN)	D (mm)	
1	190	265	190	250	4
2	190	265	190	250	4
3	190	265	190	250	4

Menurut perhitungan momen dan geser pada balok komposit, hasilnya menunjukkan bahwa jarak senggang pada balok dapat ditemukan seperti yang tertera dalam **Tabel 26**.

Tabel 26. Jarak Senggang

X m	Jarak Senggang D		
	Tinjauan geser 1	Tinjauan geser 2	Jarak yang diambil
0	13	13	50
1	19	17	50
2	30	26	50
3	44	37	100
4	63	51	100
5	85	67	150
6	114	88	150
7	148	114	150
8	191	145	150
9	245	183	200
10	310	231	200
11	393	290	200
12	497	364	250
13	601	439	250

Menurut hasil pengamatan pada balok komposit tersebut, diketahui bahwa kontrol lendutan terbesar dapat ditemukan seperti yang tercantum dalam **Tabel 27**.

Tabel 27. Kontrol Lendutan Terbesar

Lendutan	δ
MS	0.0129
MA	0.0031
SH	0.0015
PR	-0.0296
TD	0.0138
TT	0.0010
TB	0.0005
ET	0.0037
EW	0.0005
EQ	0.0016
Lendutan Kombinasi	0.0093
Keterangan	<L/300 OK

Kontrol terhadap kombinasi momen ultimit yang perlu dilakukan berdasarkan momen yang terjadi pada balok dapat dilihat pada **Tabel 28**.

Tabel 28. Kontrol Kombinasi Momen Ultimit

Momen Ultimit	Mux
KMS*MMS	2270.161
KMA*MMA	909.312
KSH*MSH	-715.722

KPR*MPR	-4323.04
KTD*MTD	4352.384
KTT*MTT	487.012
KTB*MTB	487.012
KET*MET	1057.546
KEW*MEW	99.09043
KEQ*MEQ	234.6457
Momen Ultimit Kombinasi	4508
Keterangan	<Mu Aman

Perhitungan Abutment

Berdasarkan data struktur atas dan struktur bawah yang membebani abutment, berikut adalah rekap beban kerja seperti pada **Tabel 29**.

Tabel 29. Rekap Beban Kerja

No	Beban	Vertikal	Horizontal	Momen	
		P (ton)	Tx (ton)	Ty (ton)	Mx (tonm)
A.	Aksi Tetap				
1	Berat sendiri	802.953			1405.168
2	Beban mati tambahan	24.649			43.136
3	Tekanan tanah		108.264		210.033
B.	Beban lalu lintas				
4	Beban lajur "D"	100.091			175.159
5	Beban pedestrian	202.47			354.323
6	Gaya rem		25		136.250
C.	Aksi Lingkungan				
7	Temperatur		1.451		5.805
8	Beban angin	2.6		5.89	4.551 33.260
9	Beban gempa		106.292	106.292	380.270 380.270
D.	Aksi lainnya				
10	Gesekan		37.379		149.516
		1132.76	278.386	112.182	2864.209 413.53

Berdasarkan gaya-gaya yang terjadi, berikut adalah rekapitulasi kombinasi pada abutment seperti pada **Tabel 30**.

Tabel 30. Rekapitulasi Kombinasi

No.	Aksi Beban	P	Tx	Ty	Momen	
		(ton)	(ton)	(ton)	Mx (tonm)	My (tonm)
1	Kuat 1	1294.100	159.905	0.000	3010.620	0.000
2	Kuat 2	1249.441	149.905	0.000	2877.968	0.000
3	Kuat 3	1096.777	114.905	5.890	2420.055	33.260
4	Kuat 4	1093.137	114.905	0.000	2413.685	0.000
5	Kuat 5	1095.737	114.905	5.890	2418.235	33.260
6	Ekstrem 1	1148.960	231.956	106.292	2952.805	380.270
7	Ekstrem 2	675.292	125.664	0.000	1743.617	0.000
8	Layan 1	941.848	139.615	5.890	2284.019	33.260
9	Layan 2	972.742	147.405	0.000	2380.119	0.000
10	Layan 3	916.919	134.905	0.000	2214.303	0.000
11	Layan 4	827.602	114.615	0.000	1947.838	0.000
12	Fatik	83.735	56.129	0.000	398.239	0.000
	Total	11396.289	1604.813	123.962	12061.502	480.050

Berdasarkan Kontrol stabilitas abutment akan dihitung kontrol stabilitas terhadap guling arah X dan arah Y, seperti pada **Tabel 31**. dan **Tabel 32**.

Tabel 31. Stabilitas terhadap guling arah X

No	Aksi Beban	p	Momen	Mrx	SF	Ket
		V (ton)	Mx (tonm)	(tonm)	$\Sigma Mry/\Sigma Moy$ ≥ 2 (OKE)	
1	Kuat 1	1294.100	30310.620	7117.548	2.4	OKE
2	Kuat 2	1249.441	2877.968	6871.927	2.4	OKE
3	Kuat 3	1096.777	2420.055	6032.273	2.5	OKE
4	Kuat 4	1093.137	2413.685	6012.253	2.5	OKE
5	Kuat 5	1095.737	2418.235	6026.553	2.5	OKE
6	Ekstrem 1	1148.960	2952.805	6319.279	2.1	OKE
7	Ekstrem 2	675.292	1743.617	3714.106	2.1	OKE
8	Layan 1	941.848	2284.019	5180.164	2.3	OKE
9	Layan 2	972.742	2380.119	5350.080	2.2	OKE
10	Layan 3	916.919	2214.303	5043.053	2.3	OKE
11	Layan 4	827.602	1947.838	4511.811	2.3	OKE
12	Fatik	301.988	780.183	1660.935	2.1	OKE
Total		11614.539	27443.439	63879.964	2.3	OKE

Tabel 32. Stabilitas terhadap guling arah Y

No	Aksi Beban	p	Momen	Mry	SF	Ket
		V (ton)	My (tonm)	(tonm)	$\Sigma Mry/\Sigma Mox \geq 1,5$ (OKE)	
1	Kuat 3	1096.777	33.260	3026.136	90.68	OKE
2	Kuat 5	1095.737	33.260	3013.226	80.59	OKE
3	Ekstrem 1	1148.960	380.270	3159.640	8.309	OKE
4	Layan 1	941.848	33.260	2590.082	77.87	OKE
Total		11396.289	480.050	31339.794	65284	OKE

Berdasarkan Kontrol stabilitas abutment akan dihitung kontrol stabilitas terhadap geser arah X dan arah Y, seperti pada Tabel 33. dan Tabel 34.

Tabel 33. Stabilitas terhadap geser arah X

No	Aksi Beban	p	Fdx	FrX	SF	Ket
		V (ton)	(tonm)	(tonm)	$\Sigma Frx/\Sigma Fdx \geq 1,5$ (OKE)	
1	Kuat 1	1294.100	159.905	687.289	4.3	OKE
2	Kuat 2	1249.441	149.905	663.576	4.4	OKE
3	Kuat 3	1096.777	114.905	582.511	5.1	OKE
4	Kuat 4	1093.137	114.905	580.578	5.1	OKE
5	Kuat 5	1095.737	114.905	581.959	5.1	OKE
6	Ekstrem 1	1148.960	231.956	610.220	2.6	OKE
7	Ekstrem 2	675.292	125.664	358.703	2.9	OKE
8	Layan 1	941.848	139.615	500.244	3.6	OKE
9	Layan 2	972.742	147.405	516.648	3.5	OKE
10	Layan 3	916.919	134.905	487.006	3.6	OKE
11	Layan 4	827.602	114.615	439.579	3.8	OKE
12	Fatik	301.988	56.129	160.737	2.9	OKE
Total		11614.539	1604.813	6011.161	3.7	OKE

Tabel 34. Stabilitas terhadap geser arah Y

No	Aksi Beban	p	Fdy	Fry	SF	Ket
		V (ton)	(tonm)	(tonm)	$\Sigma Fry/\Sigma Fdy \geq 1,5$ (OKE)	
1	Kuat 3	1096.777	5.890	582.511	98.898	OKE
2	Kuat 5	1095.737	5.890	581.959	98.805	OKE
3	Ekstrem 1	1148.960	106.292	610.220	5.741	OKE
4	Layan 1	941.848	5.890	500.244	84.931	OKE
Total		11396.289	123.962	6052.899	48.829	OKE

Berdasarkan kontrol daya dukung, maka untuk menghitung daya dukung ijin pondasi dangkal (q ijin)

$$q \text{ ijin} = \frac{qu}{SF} = \frac{2214,694}{3} = 738,231 \text{ kN/m}^2 = 73,823 \text{ ton/m}^2$$

$$Q \text{ ijin} = q \text{ ijin} \times \text{luas dasar abutment} = 73,823 \times (3,5 \times 5,45) = 1408,176 \text{ ton/m}^2$$

$$P = 11396,289$$

$P (11396,289) > Q \text{ ijin} (1408,176)$ Tidak Ok!!
(Maka memerlukan pondasi tiang)

Untuk penulangan Abutment ditampilkan pada Tabel 35.

Tabel 35. Penulangan Abutment

Segmen	Penulangan	
A - A	D19 - 150	3 D13
B - B	D19 - 100	5 D13
C - C	D19 - 50	10 D13
D - D	D25 - 125	6 D13
E - E	D25 - 125	4 D13

Perhitungan Bore Pile

- Daya Dukung Ijin Tiang Bor

Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang Bor

$$Q_{all} = AP / SF \times (L' \times \gamma \times Nq + 0,4 \times \gamma \times Nq) = 42 / 3 \times (15 \times 0,8 \times 18 \times 17,81 + 0,4 \times 18 \times 17,81) = 55652,688 \text{ kN} = 5565,269 \text{ ton}$$

Diambil Pijin tiang bor = 5500 ton

- Daya Dukung Lateral Tiang ijin Bor

Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Ijin Bor

Daya dukung ijin lateral tiang bor,

$$h_{ijin} = h / SF = 302,70 / 1,2 = 252,25 \text{ kN} = 25,225 \text{ ton}$$

Diambil hijin tiang bor = 25 ton

- Momen Maksimum

Dari perhitungan momen maksimum pada tiang bor yang

disebabkan oleh beban lateral menggunakan metode

Bending Momen dan Rumus Empiris, dipilih nilai terbesar :

Momen maksimum yang diijinkan pada tiang bor,

$$M_{max} = 8402,973 \text{ kNm} = 840,297 \text{ tonm}$$

Untuk Penulangan Bor Pile menggunakan Tiang Pancang

Ø80 cm dengan penulangan ditampilkan pada Tabel 36.

Tabel 36. Penulangan Bor Pole

Tulangan Utama	Senkang Spiral
20 D25	Ø13 - 90

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Untuk menentukan besarnya biaya yang diperlukan adalah volume pekerjaan yang direncanakan dan harga satuan pekerjaan.

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
I	Pekerjaan Persiapan	Rp. 587,416,262.22
II	Pekerjaan Struktur Utama	Rp. 8,035,642,502.12
A	Jumlah	Rp. 8,623,058,764.34
B	PPN 10 %	Rp. 862,305,876.43
C	PPH 2,5%	Rp. 215,576,496.11
D	Total (A + B + C)	RP. 9,700,941,136.88
E	Total (Dibulatkan)	Rp. 9,700,942,000.00

Sembilan Milyar Tujuh Ratus Juta Sembilan Ratus Empat Puluh Dua Ribu Rupiah

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yakni sebagai berikut:

1. Hasil analisa struktur atas didapat sebagai berikut :
 - a. Pelat lantai dengan dimensi 10,40 x 25.80 m, menggunakan tulangan D16-100 dan D10-200
 - b. Tiang sandaran dengan dimensi 0,16x0,15x1 m dengan jarak antar tiang 200 cm, menggunakan tulangan utama 2D13 tulangan praktis Ø10 – 100
 - c. Kerb dengan dimensi tinggi 0,25 m, tebal atas 0,10 m, tebal bawah 0,15 m, menggunakan tulangan utama D12 – 150 tulangan bagi 4 Ø8
 - d. Diafragma dengan dimensi tebal 0,2 m, tinggi 1,25 m dan panjang 1,67 m, menggunakan tulangan utama 2D19 dan 3D10, dan tulangan sengkang D10-150
 - e. PCI-Girder sesuai dengan katalog wika beton dengan tinggi 1,6 m, menggunakan tulangan utama 10D13, 12D13, 12D13, tulangan shear connector dan tulangan sengkang D13
2. Hasil analisa struktur bawah didapat sebagai berikut :
 - a. Abutment

Segmen A-A dengan dimensi, $h = 0,58$ m, $B_x = 0,25$ m, $B_y = 10,40$ m.
 Tulangan Segmen A-A : D19 – 150
 : 3 D13

Segmen B-B dengan dimensi, $h = 0,87$ m, $B_x = 0,50$ m, $B_y = 10,40$ m.
 Tulangan Segmen B-B : D19 – 100
 : 5 D13

Segmen C-C dengan dimensi, $h = 1,85$ m, $B_x = 2,03$ m, $B_y = 10,40$ m.
 Tulangan Segmen C-C : D19 – 50
 : 10 D13

Segmen D-D dengan dimensi, $h = 1,05$ m, $B_x = 0,80$ m, $B_y = 10,40$ m.
 Tulangan Segmen D-D : D25 – 125

- : 6 D13
- Segmen E-E dengan dimensi, $h = 1,10$ m, $B_x = 3,50$ m, $B_y = 10,40$ m.
 Tulangan Segmen E-E : D25 – 125
 : 4 D16

- b. Bore Pile

Tiang pancang dengan dimensi 0.80 m menggunakan tulangan utama 20 D25 tulangan spiral Ø13 – 90
3. Rencana Anggaran Biaya didapatkan total biaya pekerjaan untuk jembatan Beton Prategang sebesar Rp. 9.700.942.000,00-.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *Standar Pembebanan untuk Jembatan* RSNI T-02-2005 Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 2005.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *Pembebanan untuk Jembatan* SNI 1725:2016 Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 2016.
- [3] Departement Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, 1997.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, *Baja Tulangan Beton* SNI 2052-2014, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 2014
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban, Gempa* SNI 2833:2016 Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 2016
- [6] Das, Braja M, *Mekanika Tanah, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [7] Das, Braja M, *Mekanika Tanah, Jilid 2*. Jakarta: IKAPI, 1995.
- [8] Lin Ned. Ty, H. Burns, *“Desain Struktur Beton Prategang”*, Edisi 3. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama, 1993.
- [9] Sumantri Fadila Rita, *“Analisa Perencanaan Jembatan”*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989.