

DESAIN JEMBATAN T-GIRDER PADA SUNGAI JALAN ANTARA MENGGUNAKAN SNI 1725 2016

Ardi Muhamad R¹, Indriyani Puluhulawa²
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis
E-mail : ardy.bengkalis@gmail.com¹, indriyani_p@polbeng.ac.id²

Abstrak

Jembatan adalah bagian dari sistem transportasi nasional yang mempunyai peranan penting. Di Desa Putri Sembilan Kecamatan Rupert Utara terdapat satu jembatan yang sangat penting dimana jembatan ini merupakan satu-satunya alternatif warga Desa Putri Sembilan menuju pelabuhan nelayan dan perkebunan. Kondisi jembatan pada saat ini sudah rusak dengan material kayu yang sudah lapuk dan berlubang. Untuk itu direncanakanlah jembatan baru dengan menggunakan struktur beton bertulang. Perencanaan ini mengacu pada SNI 1725-2016 tentang pembebanan jembatan dan SNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur beton untuk jembatan dengan harapan untuk mendapatkan struktur jembatan yang aman dan sesuai dengan standar yang berlaku. Desain terdiri atas slab jembatan, trotoar, plat injak, balok girder dan balok diafragma.

Setelah dilakukan perencanaan diperoleh tulangan pokok slab D16-200 mm dan tulangan bagi D13-300 mm. Tulangan arah memanjang plat injak diperoleh tulangan D16-200 mm sedangkan untuk yang melintang diperoleh tulangan D16-250 mm. Untuk tulangan utama balok girder diperoleh tulangan 28D32 mm, tulangan tekan digunakan tulangan 8D32 mm dan tulangan geser digunakan tulangan Ø13-100 mm. Sedangkan tulangan utama balok diafragma menggunakan 3D16 mm dan tulangan geser diperoleh tulangan Ø13-200 mm.

Kata kunci : SNI, Jembatan, Desain

Abstract

Bridges are part of the national transportation system that has an important facility. In Putri Sembilan Village, Rupert Utara District, there is a very important bridge where this bridge is the only alternative for residents of Putri Sembilan Village to the fishing port and plantation. The current condition of the bridge has been damaged with wood material that has been decayed and hollow. For this reason, a new bridge was planned using reinforced concrete structures. This plan refers to SNI 1725-2016 concerning the loading of bridges and SNI T-12-2004 concerning the planning of concrete structures for bridges in the hope of obtaining a bridge structure that is safe and in accordance with applicable standards. The design consists of bridge slabs, sidewalks, stamped plates, girder beams and diaphragm beams.

As the result, the main reinforcement slab D16-200 mm and D13-300 mm are obtained. Reinforcement direction extending the stamp plate obtained reinforcement D16-200 mm while for the transverse obtained D16-250 mm. For the main reinforcement girder beam obtained 28D32 mm, compressive reinforcement used 8D32 mm reinforcement and shear reinforcement used Ø13-100 mm reinforcement. While the main reinforcement of the diaphragm beam using 3D16 mm and shear reinforcement obtained Ø13-200 mm reinforcement.

Keyword : SNI, Bridge, Design

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan menurut ilmu sipil merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan untuk menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Perencanaan jembatan tidak hanya mempertimbangkan aspek struktural dan transportasi saja, tetapi juga perlu meninjau aspek ekonomi dan estetika [1].

Berdasarkan referensi [2] bahwa jalan dan jembatan adalah bagian dari sistem transportasi nasional yang mempunyai

peranan penting. Peranan tersebut dapat mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah. Hal tersebut dimaksudkan agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah. Pemerintah Kabupaten Bengkalis dalam melakukan pembangunan jalan dan jembatan, dilakukan secara merata di setiap kecamatan ataupun desa yang ada di wilayah Kabupaten Bengkalis. Termasuk yang telah dibangun oleh Pemerintah Daerah Bengkalis adalah Jembatan Sungai Jalan Antara, yang berada di Jalan Desa Putri Sembilan Kecamatan Rupert Utara.

Sungai Jalan Antara merupakan sungai yang berada di Desa Putri Sembilan Kecamatan Rupa Utara. Pada sungai ini terdapat satu jembatan yang sangat penting untuk kelancaran transportasi. Dimana masyarakat melewati jembatan ini untuk melakukan aktivitas setiap harinya. Jembatan Sungai Jalan Antara sekarang masih menggunakan material kayu dan kondisi jembatannya mulai mengalami kerusakan terutama slab jembatannya. Sehingga dengan kondisi seperti ini diperlukan perencanaan jembatan baru agar tidak membahayakan aktivitas lalu lintas yang melewatinya.

Untuk perencanaan jembatan ini akan menggunakan jenis jembatan beton bertulang dengan panjang bentang 25 meter dan lebar 7 meter. Perencanaan jembatan dengan struktur beton bertulang ini akan mengacu kepada [3]. Dengan harapan akan mendapatkan desain struktur yang aman dan sesuai dengan standar yang berlaku.

B. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya [4].

C. Jembatan Tipe Balok T

Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara integral dengan gelagar. Penggunaan jembatan ini akan lebih ekonomis pada bentang 40-80 ft (15-25 m) pada kondisi normal (tanpa kesalahan pengerjaan) [1].

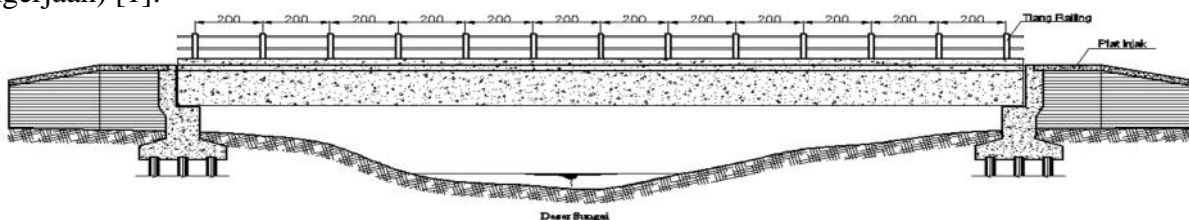
2. METODE

Metode yang digunakan penulis dalam menyelesaikan perencanaan jembatan adalah dengan mengumpulkan data dan informasi tentang lokasi jembatan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara survey langsung ke lokasi jembatan yang akan direncanakan. Jembatan yang akan direncanakan berlokasi di Desa Putri Sembilan, Kecamatan Rupa Utara, Kabupaten Bengkalis. Survey lokasi ini berupa pengamatan (observasi) dan pengukuran langsung. Adapun data-data yang diperoleh dari hasil survey diantaranya panjang dan lebar jembatan kemudian elevasi kedalaman sungai. Berdasarkan hasil survey panjang bentang jembatan existing yaitu 20 m dengan lebar 3,9 m dengan kedalaman sungai yaitu 2,3 m. Berikut menunjukkan kondisi jembatan sungai jalan antara saat ini.



Gambar 1. Kondisi jembatan Sungai Jalan Antara

Struktur jembatan sungai jalan antara direncanakan menggunakan struktur jembatan beton bertulang dengan panjang bentang bersih jembatan 25 m dan lebar total 7,5 m. Potongan memanjang perencanaan jembatan Sungai Jalan Antara dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

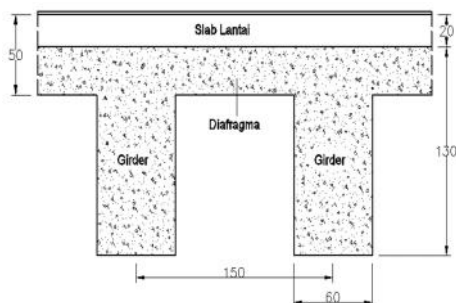


Gambar 2. Potongan memanjang perencanaan jembatan sungai jalan antara

Jembatan dihitung sesuai dengan persyaratan dan standar yang berlaku, standar perencanaan yang digunakan mengacu kepada [5] dan [3] dengan harapan akan mendapatkan desain struktur yang aman.

Langkah perencanaan tersebut dimulai dari dari perencanaan slab jembatan, perencanaan slab jembatan ini meliputi analisis beban yang bekerja pada slab jembatan seperti beban mati (MS), beban mati tambahan (MA), beban truk (T), beban angin (EW), dan beban temperatur (ET). Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung momen pada slab jembatan dan kombinasi pembebanan pada slab tersebut. Kombinasi pembebanan dihitung mengacu kepada [5]. Kemudian tahap selanjutnya yaitu menghitung pembesian slab jembatan. Setelah itu merencanakan trotoar dan tiang sandaran (ralling) kemudian dilanjutkan merencanakan plat injak, perhitungan plat injak meliputi perhitungan arah memanjang jembatan dan arah melintang jembatan.

Jembatan sungai jalan antara direncanakan menggunakan balok girder berbentuk T. Penampang balok girder dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Desain penampang balok girder

Perencanaan balok girder dihitung sama halnya seperti perhitungan pada slab jembatan

Tabel 2. Momen pada slab jembatan

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M Tumpuan (kNm)	M Lapangan (kNm)
1	Berat sendiri	KMS	0,937	0,469
2	Beban Mati tambahan	KMA	0,888	0,460
3	Beban Truck "T"	KTT	13,219	11,907
4	Beban angin	KEW	0,287	0,259
5	Pengaruh Temperatur	KET	0,006	0,028

Kombinasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan momen ultimit maksimum pada

yaitu meliputi analisis beban yang bekerja, kemudian menghitung momen dan kombinasi pebebanan, setelah diperoleh hasil kombinasi pembebanan dilanjutkan dengan menghitung pembesian pada balok girder. Tahapan terakhir dalam perencanaan jembatan adalah merencanakan balok diafragma.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Slab Jembatan

1) Analisa beban slab jembatan

Analisa pembebanan pada slab jembatan sungai jalan antara mengacu pada [5]. Analisis beban pada slab jembatan ini terdiri dari beberapa jenis pembebanan, yaitu beban mati (MS), beban mati tambahan (MA), beban truk (T), beban angin (EW), dan beban temperatur (ET). Beban Truk (T) dihitung dengan faktor DLA (Dynamic Load Allowance) sebesar 0,3. Hasil perhitungan analisis pembebanan pada slab jembatan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Analisis pembebanan pada slab jembatan

No	Jenis Beban	Simbol	Berat
1	Berat Sendiri	QMS	5 kN/m
2	Beban Mati Tambahan	QMA	3,79 kN/m
3	Beban Truck "T"	PTT	56,42 kN
4	Beban Angin	PEW	1,226 kN/m
5	Pengaruh Temperatur	T	13,75 °C

2) Perhitungan Momen Jembatan

Perhitungan momen pada jembatan ini dibagi menjadi dua, yaitu momen pada daerah tumpuan dan momen pada daerah lapangan. Hasil perhitungan momen pada slab jembatan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

daerah tumpuan dan lapangan. Kombinasi pembebanan ini mengacu kepada [5].

Perhitungan kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Kombinasi momen ultimit pada daerah tumpuan

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Berat sendiri	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	0,937	0,937	0,937	0,937
2	Beban Mati tambahan	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	1,775	0,888	0,888	0,888	0,888
3	Beban Truck "T"	23,79	18,50	-	-	-	3,966	6,610	13,21	17,18	10,57	-
4	Beban angin	-	-	0,402	-	0,115	-	-	0,086	-	-	0,201
5	Pengaruh Temperatur	0	0	0	-	0	-	-	0,003	-	0,003	-
Total		26,78	21,50	3,396	2,994	3,109	6,959	9,603	15,13	19,01	12,40	2,026

Tabel 4. Kombinasi momen ultimit pada daerah lapangan

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Berat sendiri	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,469	0,469	0,469	0,469
2	Beban Mati tambahan	0,921	0,921	0,921	0,921	0,921	0,921	0,921	0,460	0,460	0,460	0,460
3	Beban Truck "T"	21,43	16,67	-	-	-	3,572	5,954	11,90	15,480	9,526	-
4	Beban angin	-	-	0,362	-	0,104	-	-	0,078	-	-	0,181
5	Pengaruh Temperatur	0,000	0,000	0,000	-	0,000	-	-	0,014	-	0,014	-
Total		22,96	18,20	1,893	1,531	1,634	5,103	7,485	12,929	16,409	10,470	1,111

Dari hasil kombinasi pembebanan pada Tabel 3 dan Tabel 4 diambil nilai momen ultimit maksimum pada daerah tumpuan dan pada daerah lapangan. Dimana untuk nilai Mu maksimum pada tumpuan terdapat pada Kuat 1 yaitu sebesar 26,78 kNm dan untuk Mu maksimum pada daerah lapangan juga terdapat pada Kuat 1 yaitu sebesar 22,96 kNm.

3) Pembesian Slab Jembatan

Dalam perhitungan pembesian slab jembatan, tulangan didesain berdasarkan Mu maksimal yang diperoleh dari hasil kombinasi pembebanan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Tulangan yang dihitung terbagi menjadi 2 bagian yaitu tulangan lentur negatif dan tulangan lentur positif.

a. Tulangan lentur negatif

Slab jembatan direncanakan dengan tebal 20 cm dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 35 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 26,78 kNm. Tulangan bagi/susut menggunakan tulangan D16 mm. Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 278,53 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diambil jarak tulangan 200 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 – 200 mm

b. Tulangan lentur positif

Mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 35 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 22,96 kNm. Tulangan bagi/susut menggunakan tulangan D13 mm. Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 367,74 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diambil jarak tulangan 300 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 – 200 mm.



Gambar 4. Pembesian slab

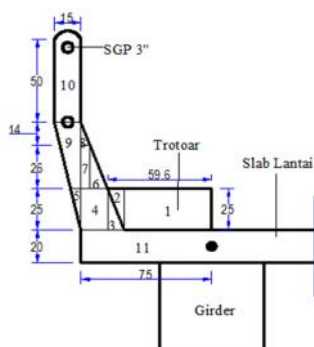
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk slab jembatan menggunakan dimensi 200 mm dengan mutu beton K-250, dimensi

tulangan lentur positif dan negatif yang sama yaitu D16-200 mm dan tulangan bagi/susut D13-300 mm seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Pada nilai momen yang tiga kali lebih besar yaitu 83,48 kNm [10] memakai diameter dan jarak tulangan yang lebih rapat yaitu D16 jarak 100mm dan [9] pada nilai momen yang dua kali lebih besar menggunakan tulangan lentur negatif dan positif D16 jarak 150 mm.

B. Perencanaan Trotoar

1) Berat sendiri trotoar



Tabel 5. Momen akibat berat sendiri trotoar dan tiang ralling

No	b (m)	h (m)	Shape	L (m)	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	0,500	0,250	1,0	2,00	6,250	0,250	1,563
2	0,096	0,250	0,5	2,00	0,601	0,532	0,320
3	0,096	0,250	0,5	2,00	0,601	0,564	0,339
4	0,250	0,250	1,0	2,00	3,125	0,721	2,254
5	0,058	0,250	0,5	2,00	0,063	0,865	0,054
6	0,010	0,260	0,5	0,15	0,005	0,603	0,003
7	0,054	0,260	1,0	0,15	0,052	0,633	0,033
8	0,054	0,140	0,5	0,15	0,014	0,882	0,012
9	0,150	0,400	0,5	0,15	0,113	0,710	0,080
10	0,150	0,550	1,0	0,15	0,309	0,735	0,227
11	0,750	0,200	1,0	2,00	7,5	0,375	2,813
12	SGP 3" dng berat/m		0,63	4	2,52	0,375	0,945
Total					21,153		8,643

2) Beban hidup pada pedestrian

Beban hidup pedestrian per meter tegak lurus bidang gambar disajikan dalam Tabel 6 berikut :

Tabel 6. Momen akibat beban hidup pada pedestrian

No	Jenis beban		Gaya (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
1	Beban horisontal pada ralling	H ₁	0,75	1,2	0,9
2	Beban horisontal pada kerb	H ₂	1,5	0,35	0,525
3	Beban vertikal terpusat	P	20	0,298	5,96
4	Beban vertikal merata	q x b ₂	2,98	0,298	0,89
Momen akibat beban hidup pada pedestrian :					MTP = 8,28

Gambar 5. Pembagian trotoar
Jarak antara tiang Ralling = 2 m
Momen yang terjadi akibat berat sendiri trotoar dan tiang ralling dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh total berat sendiri slab trotoar dan ralling sebesar 21,153 kN. Sehingga berat per meter panjang trotoar (PMS) yaitu sebesar 21,153 / 2 = 10,577 kN/m. Untuk momen akibat berat sendiri trotoar dan ralling diperoleh sebesar 8,643 kN. Sehingga diperoleh momen per panjang bentangnya, MMS yaitu sebesar 8,643 / 2 = 4,321 kN/m.

3) Momen ultimit rencana trotoar

Faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedestrian (KMS) = 1,3. Faktor beban ultimit untuk beban hidup pedestrian (KTP) = 2. Momen akibat berat sendiri pedestrian (MMS) = 4,321 kNm. Momen akibat beban hidup pedestrian (MTP) = 8,28 kNm. Momen ultimit rencana slab trotoar :

$$Mu = (KMS \times MMS) + (KTP \times MTP) = 42,98 \text{ kNm}$$

4) Pembesian slab trotoar

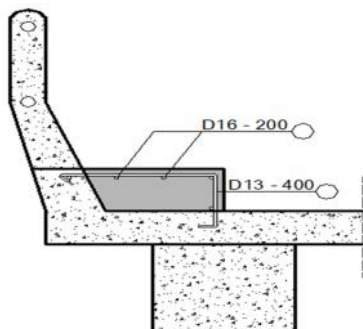
Slab trotoar direncanakan dengan tebal 25 cm dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 35 mm. Momen ultimit rencana yang digunakan sebesar 42,98 kNm. Tulangan utama menggunakan tulangan D16 mm. Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 270,34 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diambil jarak tulangan 200 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 – 200 mm. Tulangan bagi/susut diambil 30% dari tulangan pokok sehingga diperoleh sebesar 223,13 mm². Diameter yang digunakan yaitu D13 mm, Jarak tulangan yang digunakan yaitu sebesar :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 594,88 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diambil jarak tulangan 400 mm. Sehingga digunakan tulangan D13 – 400 mm.



Gambar 6. Pembesian trotoar

Dapat disimpulkan bahwa untuk slab trotoar menggunakan dimensi tebal 250 mm dengan mutu beton K-250, dimensi tulangan utama yaitu D16-200 mm dan tulangan

bagi/susut D13-400 mm seperti yang terlihat pada Gambar 6.

C. Perencanaan Plat Injak

1) Plat injak arah melintang jembatan

a. Beban truk "T" (TT)

Beban hidup pada plat injak berupa beban roda ganda oleh Truk (baban T) yang besarnya T = 43,4 kN. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil DLA = 0,3.

Beban truk "T" (TTT) = (1 + DLA) × T = 56,42

b. Momen pada plat injak

Momen maksimum pada plat injak akibat beban roda dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} &= [Ec \times h^3 / \{12 \times (1 - \nu^2) \times ks\}]^{0,25} \\ &= [2140952 \times 0,2^3 / \{12 \times (1 - 0,15^2) \times 81500\}]^{0,25} \\ &= 0,651 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= TTT / 2 \times [1 - (r \times 2 /)^{0,6}] \\ &= 56,42 / 2 \times [1 - (0,3 \times 2 / 0,651)^{0,6}] \\ &= 6,38 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen ultimit plat injak arah melintang jembatan

$$\begin{aligned} Mu &= KTT \times M_{max} \\ &= 2 \times 6,38 \\ &= 11,49 \text{ kNm} \end{aligned}$$

c. Pembesian plat injak

Plat injak direncanakan dengan tebal 20 cm dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 30 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 11,49 kNm. Tulangan bagi/susut menggunakan tulangan D16 mm. Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 270,34 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 250 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 – 250 mm

2) Plat injak arah memanjang

a. Beban truk "T" (TT)

Beban hidup pada plat injak berupa beban roda ganda oleh Truk (baban T) yang besarnya $T = 43,4$ kN. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil $DLA = 0,3$.

Beban truk "T" (TTT) = $(1 + DLA) \times T = 56,42$

b. Momen pada plat injak

Momen maksimum pada plat injak akibat beban roda dihitung dengan rumus :

$$= [Ec \times h^3 / \{12 \times (1 - \nu^2) \times ks\}]^{0,25}$$

$$= [2140952 \times 0,2^3 / \{12 \times (1 - 0,15^2) \times 81500\}]^{0,25}$$

$$= 0,651 \text{ m}$$

$$M_{max} = TTT / 2 \times [1 - (r \times 2 / l)^{0,6}]$$

$$= 56,42 / 2 \times [1 - (0,2 \times 2 / 0,651)^{0,6}]$$

$$= 11,10 \text{ kNm}$$

Momen ultimit plat injak arah melintang jembatan $M_u = KTT \times M_{max} = 2 \times 11,10 = 19,97 \text{ kNm}$.

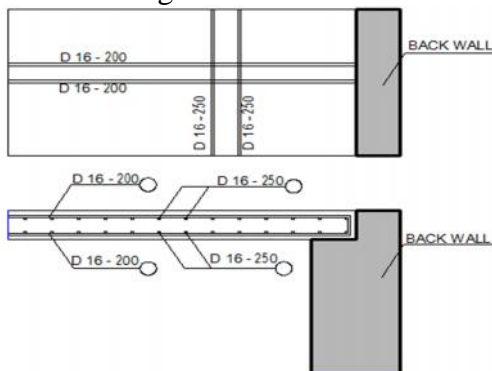
c. Pemesian plat injak

Plat injak direncanakan dengan tebal 20 cm dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 30 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 19,97 kNm. Tulangan bagi/susut menggunakan tulangan D16 mm.

Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A} = 270,34 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 200 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 – 200 mm.



Gambar 7. Pemesian plat injak

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk pelat injak menggunakan dimensi 200

mm dengan mutu beton K-250, dimensi tulangan arah melintang menggunakan D16-250 mm dan tulangan arah memanjang menggunakan D16-200 mm seperti yang terlihat pada Gambar 7.

D. Perencanaan Balok Girder

1) Analisa beban balok girder

Analisa pembebanan pada balok girder mengacu pada SNI-1725-2016. Analisis beban pada jembatan ini terdiri dari beberapa jenis pembebanan, yaitu beban mati (MS), beban mati tambahan (MA), beban lajur (D), beban truk (T), gaya rem (TB), beban angin (EW), beban temperatur (ET) dan beban gempa (EQ).

Beban lajur (D) sudah dihitung dengan faktor DLA (Dynamic Load Allowance) sebesar 0,4. Beban gempa (EQ) dihitung dengan analisis dinamis berdasarkan ketentuan pada [6]. Hasil perhitungan analisis pembebanan pada slab jembatan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

2) Kombinasi pembebanan pada balok girder

Kombinasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan gaya geser ultimit dan momen ultimit pada balok girder. Kombinasi pembebanan ini mengacu kepada [5]. Perhitungan kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 berikut.

Dari hasil perhitungan kombinasi beban pada Tabel 8 dan Tabel 9 maka diambil gaya geser ultimit (V_u) pada balok girder adalah sebesar 953,4 kN dan untuk momen ultimit (M_u) pada girder adalah sebesar 6597 kNm.

Berbeda hasil perhitungan yang dilakukan [7] dengan bentang jembatan yang sama tetapi nilai momen ultimit dan gaya geser ultimit berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh peraturan perhitungan kombinasi pembebanan yang digunakan. Untuk perhitungan kombinasi pembebanan yang digunakan [7] yaitu menggunakan SNI-T-12-2005 sedangkan dalam perencanaan ini menggunakan SNI-1725-2016.

Tabel 7. Analisis pembebanan pada balok girder

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Gaya Geser Ultimit	Momen Ultimit
1	Beban sendiri (MS)	KMS	343,58	2147,34
2	Beban mati tambahan (MA)	KMA	50,44	315,23
3	Beban lajur "D" (TD)	KTT	220,20	1697,81
4	Gaya rem (TB)	KTB	5,30	66,25
5	Beban angin (EW)	KEW	15,33	95,81
6	Pengaruh temperatur (ET)	KET	1,55	38,67
7	Beban gempa (EQ)	KEQ	39,40	246,26

Tabel 8. Kombinasi gaya geser ultimit (Vu)

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Beban sendiri (MS)	446,6	446,6	446,6	446,6	446,6	446,6	446,6	343,6	343,6	343,6	343,6
2	Beban mati tambahan (MA)	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	50,4	50,4	50,4	50,4
3	Beban lajur "D" (TD)	396,4	308,3	-	-	-	66,1	110,1	220,2	286,3	176,2	-
4	Gaya rem (TB)	9,5	7,4	-	-	-	1,6	2,7	5,3	6,9	4,2	-
5	Beban angin (EW)	-	-	21,5	-	6,1	-	-	4,6	-	-	10,7
6	Pengaruh temperatur (ET)	0,0	0,0	0,0	-	0,0	-	-	0,8	-	0,8	-
7	Beban gempa (EQ)	-	-	-	-	-	39,4	-	-	-	-	-
	Total	953,4	863,2	569,0	547,5	553,7	654,6	660,3	624,9	687,2	575,2	404,7

Tabel 9. Kombinasi momen ultimit (Mu)

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Beban sendiri (MS)	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2147	2147	2147	2147
2	Beban mati tambahan(MA)	630,5	630,5	630,5	630,5	630,5	630,5	630,5	315,2	315,2	315,2	315,2
3	Beban lajur "D" (TD)	3056	2376	-	-	-	509,3	848,9	1697,8	2207,2	1358,3	-
4	Gaya rem (TB)	119,3	92,8	-	-	-	19,9	33,1	66,3	86,1	53,0	-
5	Beban angin (EW)	-	-	134,1	-	38,3	-	-	28,7	-	-	67,1
6	Pengaruh temperatur (ET)	0,0	0,0	0,0	-	0,0	-	-	19,3	-	19,3	-
7	Beban gempa (EQ)	-	-	-	-	-	246,3	-	-	-	-	-
	Total	6597	5891	3556	3422	3460	4197,5	4304,0	4274	4755	3893	2529,6

3) Pemesian balok girder

a. Tulangan lentur

Balok girder direncanakan dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 50 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 6597 kNm. Tulangan yang digunakan yaitu tulangan D32 mm sehingga didapat luas tulangan yang dipakai adalah $A_s1 = 804,25 \text{ mm}^2$ Jumlah tulangan yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{A}{A} = 25,97 \text{ batang}$$

Maka diambil jumlah tulangan 28 batang. Sehingga digunakan tulangan 28 – D32 mm.

Untuk menjamin agar girder bersifat daktail, maka tulangan tekan diambil 30% dari tulangan tarik, sehingga jumlah tulangan tekan yang digunakan diperoleh dengan jumlah 8 – D32 mm.

Dengan jumlah tulangan 28 batang yang digunakan pada balok girder ini sudah aman dan stabil berdasarkan peraturan berbeda dengan hasil dari perencanaan [8] yang hanya menggunakan 18 batang tulangan. Hal ini dipengaruhi karena panjang bentang jembatan yang direncanakan.

b. Tulangan geser

Balok girder direncanakan dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 50 mm. Gaya geser ultimit yang digunakan sebesar 953,4 kN. Tulangan yang digunakan yaitu tulangan Ø13 mm. Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus

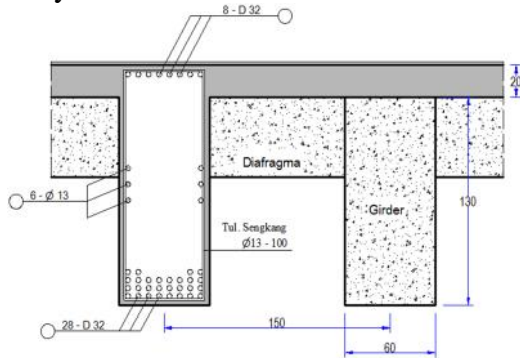
$$s = \frac{A \times f_v \times d}{v} = 137 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 100 mm. Sehingga digunakan tulangan Ø13 – 100 mm

Pada badan girder dipasang tulangan susut minimal dengan diameter Ø13 Jumlah tulangan yang diperlukan :

$$n = A_{sh} / \left(\frac{d}{v} \times D2 \right) = 6,23$$

Maka diambil jumlah tulangan 6 batang. Sehingga digunakan tulangan pada badan girder yaitu 6 – Ø13 mm.



Gambar 8. Pembesian balok girder

Dapat disimpulkan bahwa untuk balok girder menggunakan dimensi lebar 600 mm dan tinggi 1300 mm dengan mutu beton K-

250, dimensi tulangan tarik yaitu 28 – D32 mm, tulangan tekan 8 – D32 mm dan tulangan badan 6-D13 serta tulangan sengkang D13-100 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 8.

E. Perencanaan Balok Diafragma

Balok diafragma direncanakan dengan ukuran lebar 0,30 m dan tinggi = 0,50 m. Panjang bentang balok diafragma s = 1,50 m.

1) Analisa beban balok diafragma

Hasil perhitungan analisis pembebanan pada balok diafragma dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

2) Kombinasi pembebanan pada balok diafragma

Perhitungan kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 berikut.

Tabel 10. Analisis pembebanan pada balok diafragma

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Gaya Geser Ultimit	Momen Ultimit
1	Beban sendiri (MS)	KMS	7,31	1,83
2	Beban mati tambahan (MA)	KMA	3,03	0,76
3	Beban truk "T" (TT)	KTT	28,21	10,58

Tabel 11. Kombinasi gaya geser ultimit (Vu)

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Beban sendiri (MS)	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51	7,31	7,31	7,31	7,31
2	Beban mati tambahan (MA)	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	3,03	3,03	3,03	3,03
3	Beban lajur "D" (TD)	50,78	39,49	-	-	-	8,46	14,11	28,21	36,67	22,57	-
	Total	66,34	55,05	15,56	15,56	15,56	24,02	29,66	38,55	47,01	32,91	10,34

Tabel 12. Kombinasi Momen ultimit (Mu)

No	Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Exstrim I	Exstrim II	Layan I	Layan II	Layan II	Layan IV
1	Beban sendiri (MS)	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	1,83	1,83	1,83	1,83
2	Beban mati tambahan (MA)	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	0,76	0,76	0,76	0,76
3	Beban lajur "D" (TD)	19,04	14,81	-	-	-	3,17	5,29	10,58	13,75	8,46	-
	Total	22,93	18,70	3,89	3,89	3,89	7,06	9,18	13,16	16,34	11,05	2,58

Dari hasil perhitungan kombinasi beban ultimit pada Tabel 11 dan Tabel 12, maka didapat untuk gaya geser ultimit pada balok diafragma (Vu) sebesar 66,34 kN. Momen ultimit rencana pada balok diafragma (Mu) sebesar 22,93 kNm.

3) Pembesian balok diafragma

a. Tulangan lentur

Balok diafragma direncanakan dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 50 mm. Momen ultimit yang digunakan sebesar 22,93 kNm. Tulangan yang digunakan yaitu

tulangan D16 mm sehingga didapat luas tulangan yang dipakai adalah $A_s' = 201,06 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{A}{A'} = 2,94 \text{ batang}$$

Maka diambil jumlah tulangan 3 batang. Sehingga digunakan tulangan 3 – D16 mm

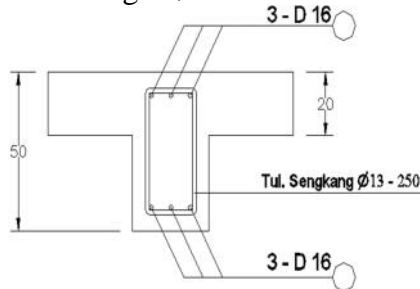
b. Tulangan geser

Balok diafragma direncanakan dengan mutu beton yang digunakan K-250 menggunakan selimut beton setebal 50 mm. Gaya geser ultimit yang digunakan sebesar 66,34 kN. Tulangan yang digunakan yaitu tulangan $\emptyset 13 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang digunakan dihitung dengan menggunakan rumus

$$s = \frac{A \times f' \times d}{V} = 288,19 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 150 mm. Sehingga digunakan tulangan $\emptyset 13 - 250 \text{ mm}$



Gambar 9. Pembesian balok diafragma

Dapat disimpulkan bahwa untuk balok diafragma menggunakan dimensi lebar 300 mm dan tinggi 500 mm dengan mutu beton K-250, dimensi tulangan tarik dan tekan yang sama yaitu 3 – D16 mm, serta tulangan sengkang D13-250 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 9.

4. KESIMPULAN

Jembatan sungai jalan antara Desa Putri Sembilan Kecamatan Rupert Utara, Kabupaten Bengkalis dirancang dengan menggunakan struktur beton bertulang. Adapun bentang panjang jembatan sungai jalan antara tersebut adalah 25 m dan lebar 7,5 m.

Dari hasil analisis serta perhitungan perencanaan jembatan tersebut didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketebalan plat lantai jembatan yang digunakan adalah 200 mm dengan menggunakan:
 - a. Tulangan positif : tulangan pokok D16-200 mm dan tulangan bagi D13-300 mm.
 - b. Tulangan negatif : tulangan pokok D16-200 mm dan tulangan bagi D13-300 mm.
2. Trotoar digunakan tebal 200 mm dengan tulangan utama digunakan D16-200 mm dan untuk tulangan longitudinal digunakan D13-400 mm
3. Dalam perencanaan plat injak digunakan tebal 200 mm dengan tulangan arah memanjang jembatan digunakan D16-200 mm dan arah melintang jembatan digunakan D16-250 mm.
4. Gelagar utama digunakan 5 balok girder dengan jarak antar girder adalah 1,5 m.
5. Pada gelagar melintang digunakan 6 balok diafragma dengan jarak antar diafragma 5 m. Tulangan utama balok diafragma menggunakan 3D16 mm dan tulangan geser diperoleh tulangan $\emptyset 13-200 \text{ mm}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan yang turut serta membantu dalam penyelesaian paper desain jembatan ini baik secara moral maupun materil. Mudah-mudahan dapat memberikan manfaat dan dapat menjadi rujukan dalam desain jembatan T-Girder serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyadi, B dan Agus MS, Jembatan, Edisi pertama, Cetakan kelima, (2007).

- [2] UU 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.
- [3] SNI-T-12-2004, Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan, Puslitbang Jalan dan Jembatan Departemen Pekerjaan Umum.
- [4] SNI-03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- [5] SNI-1725-2016, Pembebanan untuk jembatan, Direktorat Jendral Bina Marga.
- [6] SNI-2833:2008, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan.
- [7] Nicolas L, Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur, 2015.
- [8] Jefinda M, Evaluasi dan Desain Ulang Jembatan Beton Bertulang T-Girder Menggunakan SNI-1725-2016, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2018.
- [9] Aspaliza. Nur, Indriyani. P, and Armada, "Perencanaan struktur atas jembatan komposit sungai nipah desa darul aman kecamatan rupa," Jurnal Gradasi Teknik Sipil, Vol.2 No.2, pp.1-9, Des. 2018.
- [10] Tasliyatul. F, Dedi. E, and Indriyani. P, "Design upper structure of the river Baki bridge uses a steel frame" Journal of green science and technology, Vol. II No.3, pp. 139-151, Sep. 2018.