

E-ISSN : 2715-842X



Jurnal TeKLA

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TeKLA)

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Vol.5	No.2	Halaman 52 – 152	Desember 2023
--------------	-------------	-----------------------------	--------------------------



9 772715 842015

Dewan Redaksi:

Redaktur :

Indriyani Puluhulawa

Tim Editor/ penyunting :

Zev Al Jauhari

Zulkarnain

Lizar

Tira Roesdiana

Dian Eksana Wibowo

Mitra Bestari:

Ir. Ahmad Zaki, ST, M.Sc, Ph.D (Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Putera Agung Maha Agung (Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta)

Yayan Adi Saputro, ST, MT (Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara)

Sigit Sutikno (Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau)

Administrasi/ Sirkulasi:

Supianto

Alamat Redaksi/ Penerbit:

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

email: tekla@polbeng.ac.id

website: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/tekla>

Terbit pada Bulan:

Juli dan Desember

Penanggung jawab:

Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bengkalis

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA) merupakan publikasi ilmiah online berkala yang diperuntukkan bagi peneliti yang hendak mempublikasikan hasil penelitiannya dalam bentuk studi literatur, penelitian, pengembangan, dan aplikasi teknologi. Jurnal TekLA memuat artikel terkait dengan ilmu rekayasa struktur dan material, ilmu pondasi dan tanah pendukung, rekayasa transportasi dan perkerasan jalan, rekayasa hidro dan bangunan air, manajemen konstruksi serta ilmu pengukuran dan pemetaan.

EDITORIAL

Bismillahirrahmanirrahiim,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan anugerah iman dan ilmu kepada hamba-Nya. Tak terasa tim editor Jurnal TekLA telah menuntaskan proses review dan penerbitan Volume 5 Edisi 2 di Bulan Desember 2023 ini. Tim Editor menerima beberapa makalah dari dalam dan luar Polbeng. Namun dari jumlah tersebut, hanya 9 naskah yang diterima pada edisi ini.

Dalam edisi ini, topik naskah yang ditampilkan meliputi beberapa fokus keilmuan Teknik Sipil. Secara kuantitas, minat publikasi di kalangan civitas akademik bidang ilmu Teknik Sipil semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah naskah yang diterbitkan pada edisi kali ini sebanyak enam naskah. Meskipun demikian, Tim Editorial Jurnal TekLA bertekad meningkatkan kualitas naskah yang diterima dan menjaga proses review yang independen terhadap naskah-naskah tersebut. Lebih lanjut, tim Editorial juga menerapkan pemeriksaan kemiripan (*similarity*) terhadap seluruh naskah sebelum dilakukan proses review.

Tim Editorial berterimakasih kepada para reviewer eksternal yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Berkat saran koreksi dan review yang dijalankan oleh para reviewer tersebut, maka tim dapat menuntaskan penerbitan edisi ini.

Bengkalis, 30 Desember 2023

Indriyani Puluhulawa, S.T., M. Eng
Editor-in-Chief Jurnal TekLA
email: indriyani_p@polbeng.ac.id

DAFTAR ISI

Desain Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Khusus Studi Kasus Jalan Tol Ruas Pekanbaru Padang Seksi Bangkinang Pangkalan STA 1+035 IC Missi Afrilia, Junaidi	52-64
Analisis Biaya Perawatan Dan Perbaikan Jembatan Sei. Jangkang Kec. Bantan Ardhi Pratama Wanda, Gunawan	65-72
Desain Jembatan Sungai Mengkopot Dengan Menggunakan PCI Girder Prategang Junaidi, Juli Ardita Pribadi	73-83
Perancangan Jalan Sultan Syarif Kasim Kelurahan Tanjung Kapal Menuju Desa Darul Aman Pada KM 7-KM 9 Menggunakan Metode PDT-14-2003 Syarifudin, Guswandi, Mutia Lisya	84-93
Perhitungan Struktur Atas Jembatan Kelemantan Dengan Tipe T-Girder Berdasarkan SNI 1725-2016 Zulfani. S1, Alamsyah2, Indriyani	94-108
Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga Dan <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Zumalin, Guswandi, Mutia Lisya	109-121
Inventarisasi Kerusakan Jalan SDN 04 Damon Bengkalis Dengan Metode PCI Menggunakan ArcGIS 10.8 Yogi Andri Saputra, Hendra Saputra	122-131
Studi Komparasi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan ABACUS CAE Sebagai Perbandingan Nilai Beban Dan Lentutan Nofri Bernando, Zev Al Jauhari, Muhammad Gala Garcya	132-141
Perencanaan Geometrik Jalan Berbasis Bim Pada Jalan Pelabuhan Bandar Setia Raja - Berancah Fikri Nugraha Ihsan, Hendra Saputra	142-152

PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KELEMANTAN DENGAN TIPE *T-GIRDER* BERDASARKAN SNI 1725-2016

Zulfani. S¹, Alamsyah², Indriyani³

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis, Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau

*Zulfanis94@gmail.com*¹, *alamsyah@polbeng.ac.id*², *indriyani_p@polbeng.ac.id*³

Abstrak

Jembatan jalan sungai dua kelemantan dengan panjang 24 m dan lebar 5,14 m. menghubungkan antara desa Kelemantan menuju Desa Sungai Dua kelemantan kecamatan bengkalis, Bahwa jembatan ini sudah dibangun beberapa tahun yang lalu kemungkinan masih menggunakan SNI pembebanan yang lama. Seiring berjalannya waktu, standar pembebanan untuk jembatan RSNI T02-2005 telah diperbarui menjadi SNI 1725:2016. Untuk perencanaan jembatan Desa Sungai Dua Kelemantan ini telah mengacu kepada SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan dan SNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur beton untuk jembatan. Berdasarkan hasil perencanaan didapat diperoleh tulangan negatif slab dan tulangan positif slab D16-100 mm dan tulangan bagi D13-100 mm. Untuk tulangan trotoar D16-200 mm dan tulangan longitudinal D13-200 mm. Tulangan balok girder untuk tulangan lentur diperoleh 18D32 mm dan tulangan tekan 5D32. Sedangkan tulangan geser Ø13-100 mm dan tulangan badan diperoleh 8Ø13 mm. Tulangan Balok diafragma menggunakan 3D16 mm dan tulangan geser diperoleh Ø13-150 mm dan tulangan susut diperoleh 2Ø13 mm. Untuk tulangan arah memanjang dan elintang plat injak diperoleh D16-200 mm. Perhitungan tulangan dengan Barbending Schedule dengan kebutuhan baja tulangan untuk U 24 polos sebesar 3278,81 Kg dan U 32 uilr sebesar 21518,80 Kg. Pelaksanaan jembatan ini membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.304.840.000,00.

Kata kunci: Struktur Beton Bertulang, Berbending Schedule (BBS), SNI 1725-201

Abstract

Bridge road river two Kelemantan with a length of 24 m and a width of 5.14 m. connects the village of Kelemantan to Sungai Dua Village, Kelemantan, Bengkalis sub-district. That this bridge was built several years ago may still use the old SNI imposition. Over time, the loading standard for RSNI T02-2005 bridges has been updated to become SNI 1725:2016. For the planning of the bridge in Sungai Dua Kelemantan Village, this has referred to SNI 1725-2016 concerning loading for bridges and SNI T-12-2004 regarding planning of concrete structures for bridges. Based on the planning results obtained negative and positive reinforcement slab D16-100 mm and reinforcement for D13-100 mm. For curb reinforcement D16-200 mm and longitudinal reinforcement D13-200 mm. The girder beam reinforcement for bending reinforcement is obtained 18D32 mm and 5D32 compression reinforcement. Meanwhile, the shear reinforcement is Ø13-100 mm and the web reinforcement is 8Ø13 mm. Reinforcement for diaphragm beams using 3D16 mm and shear reinforcement obtained Ø13-150 mm and shrinkage reinforcement obtained 2Ø13 mm. For longitudinal and transverse reinforcement plates obtained D16-200 mm. Calculation of reinforcement by Barbending Schedule with the need for plain U 24 steel of 3278.81 Kg and U 32 uilr of 21518.80 Kg. Implementation of this bridge requires a fee of Rp. 1.304.840.000,00.

Keywords : Reinforced Concrete Structure, Bending Schedule (BBS), SNI 1725-2016

1. PENDAHULUAN

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. Pemerintah Kabupaten Bengkalis dalam melakukan pembangunan jalan dan jembatan secara merata disetiap kecamatan maupun desa yang ada di wilayah Kabupaten

Bengkalis. Salah satu yang di bangun oleh pemerintah Bengkalis adalah Jembatan Jalan Sungai Kelemantan, Desa Kelemantan menuju Desa Sungai Dua Kelemantan, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis.

Jembatan Sungai 2 Kelemantan ini merupakan akses jalan menghubungkan antara Desa Kelemantan menuju Desa Sungai Dua Kelemantan. Bahwa jembatan ini sudah dibangun beberapa tahun yang lalu kemungkinan masih menggunakan SNI pembebanan yang lama Oleh karena itu perlu perencanaan struktur jembatan baru khususnya struktur atas yang melayani kebutuhan lalu lintas masyarakat setempat yang akan melewati jembatan ini.

Seiring berjalannya waktu, standar pembebanan untuk jembatan RSNI T02-2005 telah diperbarui menjadi SNI 1725:2016. Beberapa ketentuan teknis yang diperbarui antara lain distribusi beban D dalam arah melintang, faktor distribusi beban T, kombinasi beban, beban angin. Sejak dikeluarkannya standar pembebanan terbaru, perencanaan jembatan harus menyesuaikan perubahan yang terjadi pada standar tersebut. Oleh karena itu, penulis akan mencoba merancang ulang struktur atas jembatan sungai Dua Kelamantan menggunakan tipe struktur lain yaitu struktur T- Girder dengan menggunakan standar pembebanan untuk jembatan SNI 1725:2016.

Untuk perencanaan jembatan ini akan menggunakan jenis jembatan beton bertulang T-Girder dengan panjang bentang jembatan 20 meter dan lebar 7,5 meter. Perencanaan jembatan dengan sruktur beton bertulang ini akan mengacu kepada [3]. Dengan harapan akan mendapatkan desain struktur yang aman dan sesuai dengan standar yang berlaku.

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jembatan yang berada di Jalan sungai dua Kelemantan, Desa sungai dua Kelemantan menuju Desa Kelemantan Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis. Perencanaan jembatan dilakukan

selama enam bulan dari bulan November sampai April 2023. Berikut ini gambar peta yang menunjukkan lokasi Jembatan Jalan Sungai Dua Kelemantan :

1. Peta Jembatan di sungai dua Kelemantan.
2. Titik Lokasi Jembatan Jalan Desa Sungai Dua Kelemantan.



Gambar 1. Peta Jembatan di sungai dua Kelemantan
(Sumber : Google Maps)



Gambar 2. Titik Lokasi Jembatan Jalan Desa Sungai Dua Kelemantan
(Sumber : Google Maps)

B. Tahapan Penelitian

Metode dan tahapan yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu:

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berasal dari instansi terkait Data yang diperoleh adalah data eksisting jembatan, data elevasi sungai dan topografi.

1) Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan untuk mengamati kondisi yang sebenarnya akan direncanakan. Adapun data yang dibutuhkan yaitu pengamatan bentuk penampang sungai dan pengukuran lebar sungai.

2) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Adapun data yang dibutuhkan yaitu studi literatur, elevasi sungai

dan data eksisting jembatan.

D. Analisa Pembebanan

Jembatan dihitung sesuai dengan persyaratan dan standar yang berlaku, standar perencanaan yang digunakan mengacu kepada [3], [4] harapan akan mendapatkan desain struktur yang aman.

Langkah perencanaan tersebut dimulai 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). Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung momen pada slab jembatan dan kombinasi pembebanan pada slab tersebut. Kombinasi pembebanan dihitung mengacu kepada [4]. Kemudian tahap selanjutnya yaitu menghitung pembesian slab jembatan. Setelah itu merencanakan trotoar dan tiang sandaran(railing) kemudian dilanjutkan merencanakan plat injak, perhitungan plat injak meliputi perhitungan arah memanjang jembatan dan arah melintang jembatan.

Perencanaan balok girder dihitung sama halnya seperti perhitungan pada slab jembatan yaitu meliputi analisis beban yang bekerja, kemudian menghitung momen dan kombinasi pebebanan, setelah diperoleh hasil kombinasi pembebanan dilanjutkan dengan menghitung pembesian pada balok girder. Setelah itu merencanakan balok diafragma sama seperti tahapan perhitungan girder. Tahapan terakhir dalam perencanaan jembatan untuk struktur atas adalah perencanaan perletakan mengacu kepada [5].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa pembebanan pada slab jembatan Jalan Sungai Dua Kelemantan mengacu pada [4].

A. Data Awal

Berikut data awal yang digunakan dalam perencanaan jembatan.

1. Panjang bentang jembatan = 20 m
2. Tebal slab lantai = 0,2 m
3. Tebal lapisan aspal + overlay = 0,1 m

4. Tebal genangan air hujan = 0,05 m
5. Jarak antar balok induk = 1,5 m
6. Lebar jalur lalu lintas = 6 m
7. Lebar efektif trotoar = 0,75 m
8. Lebar total jembatan = 7,5 m

B. Bahan Struktur

Bahan struktur yang digunakan dalam perencanaan jembatan adalah sebagai berikut:

1. Mutu beton = K-250
2. Kuat tekan beton = 20,75MPa
3. Modulus elastisitas beton = 25332,08MPa
4. Angka = 0,2
5. Koefisien muai panjang untuk beton = 0,00001/°C
6. Mutu baja = BJ - 32
7. Kuat leleh baja = 320 Mpa
8. Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
9. Berat beton bertulang = 25 Kn/m³
10. Berat aspal = 22 Kn/m³
11. Berat jenis air = 9,8 Kn/m³
12. Berat baja = 78,50 Kn/m³

C. Beban Slab Jembatan

Beban Slab jembatan terdiri dari beberapa jenis, diantaranya yaitu:

1. Berat Sendiri (MS)

Tabel 1. Perhitungan Berat Sendiri

Faktor beban ultimit	KMS	1,3
Ditinjau slab lantai jembatan selebar	b	1 m
Tebal slab lantai jembatan,	h = ts	0,20 meter
Berat volume beton bertulang,	W _c	25 kN/m ³
Berat sendiri slab jembatan,	QMS	W _c × b × t _s 25 × 1 × 0,20 5 Kn/m

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh berat sendiri slab lantai jembatan yang ditinjau selebar 1 m sebesar 5 KN/m

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Tabel 2. Perhitungan Beban Mati Tambahan

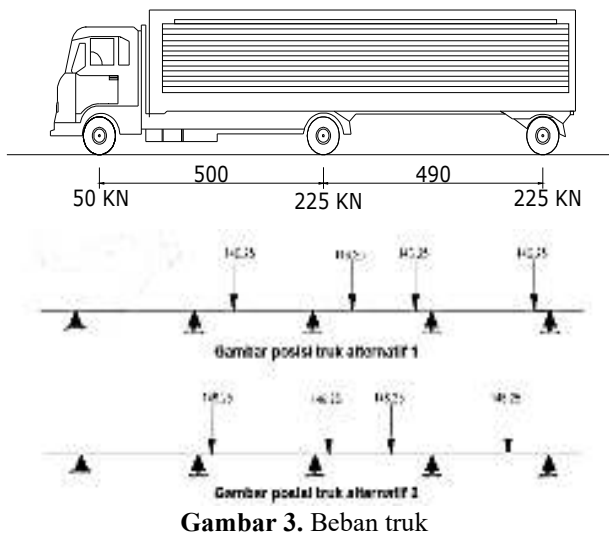
Beban mati tambahan ditinjau selebar,	b	1 meter
Tebal aspal + overlay,	t _a	0,10 meter
Tebal genangan air hujan,	h _w	0,05 meter
Berat volume aspal + overlay,	W _a	22 kN/m ³
Berat volume air hujan,	W _w	9,81 kN/m ³

Berat aspal + overlay,	Qaspal	= $W_a \times b \times t_a$ = $22 \times 1 \times 0,10$ = 2,2 kN/m
Berat air hujan,	Qhujan	= $W_w \times b \times h_w$ = $9,81 \times 1 \times 0,05$ = 0,49 kN/m
Beban mati tambahan,	QMA	= $Q_{aspal} + Q_{airhujan}$ = $2,2 + 0,49$ = 2,69 kN/m

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh beban mati tambahan slab lantai jembatan yang ditinjau selebar 1 m sebesar 2,69 kN/m.

D. Beban Truk "T" (TT)

Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Beban truk

E. Momen Pada Slab Lantai Jembatan

Penggunaan tebal slab harus memenuhi ketentuan yang ada dalam aturan yaitu $t_s \geq 200$. Selain itu juga, tebal slab harus memenuhi $t_s \geq 100 + 40 (s)$, dengan s adalah jarak antar girder. Pada perencanaan ini digunakan jarak antar girder, $s = 1,9$ sehingga $t_s \geq 100 + 40 (1,9) = 175$ mm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan tebal slab 200 mm telah memenuhi syarat.

Kombinasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan momen ultimit maksimum pada daerah tumpuan dan lapangan. Kombinasi pembebanan ini mengacu kepada [4]. Perhitungan kombinasi pembebanan dapat

dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kombinasi Beban Maksimum Pada Slab

Jenis Beban	Faktor Beban	M.Tumpuan (kNm)	M.Lapangan (kNm)	Mu.Tumpuan (kNm)	Mu.Lapangan (kNm)
Berat Sendiri	1,3	0,937	0,469	1,218	0,610
Beban Mati Tambahan	2,0	0,630	0,586	1,260	1,172
Beban Truck "T"	1,8	34,266	30,866	61,679	55,559
				64,157	57,341

F. Pembesian Slab

Dalam perhitungan penulangan slab jembatan, tulangan yang dihitung terbagi menjadi 2 bagian yaitu tulangan lentur negatif dan tulangan lentur positif. Sementara itu terdapat juga tulangan bagi/susut arah memanjang jembatan diambil 50 % dari tulangan pokok.

1. Tulangan Lentur Negatif

$$\mu_u = 64,157 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{\mu_u}{\phi} = \frac{64,157}{0,9} = 71,285 \text{ kNm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{1559,40}$$

$$= 128,87 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D16 – 100.

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% tulangan pokok: $A_{s \text{ min}} = 50\% \times A_s = 50\% \times 779,70 \text{ mm}^2$, Sehingga di gunakan tulangan D13 – 100.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk slab jembatan dengan nilai momen negatif yaitu 64,157 kNm menggunakan dimensi tebal 200 mm dengan mutu beton K – 250.

2. Tulangan Lentur Positif

$$\mu_u = 57,341 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{\mu_u}{\phi} = \frac{67,341}{0,9} = 63,712 \text{ kNm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{1377,84}$$

$$= 145,85 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D16 – 100.

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% tulangan pokok: $A_{s \text{ min}} = 50\% \times A_s = 50\% \times 688,92 \text{ mm}^2$, Sehingga digunakan tulangan D13 – 100.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk dimensi tulangan lentur positif dan negatif yang sama yaitu tulangan utama D16 - 100 mm dan tulangan bagi/susut D13 - 100 mm.

Pada nilai momen yang satu kali lebih besar yaitu 83,48 kNm [6] memakai diameter dan jarak tulangan yang sama rapat yaitu D16 jarak 100 mm dan [7] pada nilai momen yang satu kali lebih besar menggunakan tulangan lentur negatif dan positif D16 jarak 150 mm.

3. Kontrol Lendutan Slab

Lendutan total yang terjadi

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_e + \delta_g < \frac{Lx}{240}$$

$$\frac{Lx}{240} = \frac{1500}{240} = 6,250$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times Q \times Lx^4 + \frac{1}{48} \times P \times Lx^3$$

$$= \frac{5}{384} \times 7,69 \times 1500^4$$

$$+ \frac{1}{48} \times P \times Lx^3$$

$$= 21409,518 \times 615782776$$

$$+ 21409,518 \times 615782776$$

$$= 0,818 \text{ mm}$$

Lendutan total pada plat lantai jembatan

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_e + \delta_g = 0,870 + 0,051 = 0,921 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{tot}} < \frac{Lx}{240}$$

$$0,921 < 6,25$$

Dari hasil perhitngan diatas,besarnya lendutan yang terjadi sebesar 0,921 mm dan tidak melebihi lendutan yang diizinkan yaitu

sebesar 6250 mm.

4. Kontrol Tegangan Geser

Faktor beban dinamis (FBD)

$$FBD = 0,3$$

Gaya geser terfaktor (V_u)

$$V_u = LF \times (1 + FBD) \times TT$$

$$= 1,8 \times (1 + 0,3) \times 112,5 = 263,25 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal pelat (V_n)

$$V_n = (0,17 + \frac{0,33}{\beta_c})(f_c^{0,5}) \times U \times d_e$$

$$= (0,17 + \frac{0,33}{2,228501229})(20,75^{0,5})$$

$$\times 2628 \times 157$$

$$= 278314,22 \text{ Kn}$$

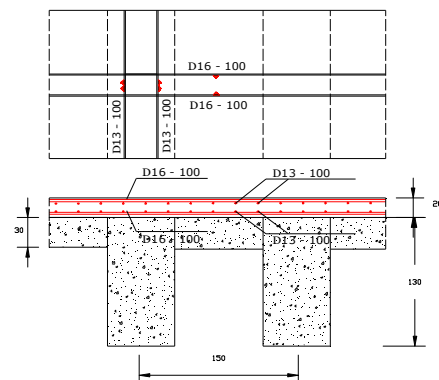
Syarat geser nominal pelat (V_n)

$$V_n = (0,33 \times \sqrt{f_c}) \times U \times d_e$$

$$= (0,33 \times \sqrt{20,75}) \times 2628 \times 157$$

$$= 2825251,11$$

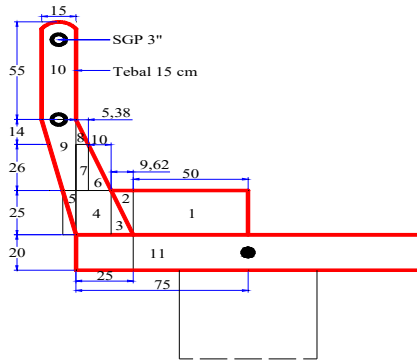
Maka nilai geser pelat yang digunakan (V_n) sebesar 2825251,11 kN. Kontrol kuat geser yang bekerja V_u sebesar 263,25 dan nilai v_r sebesar 208735,66 kN, sehingga tegangan geser yang bekerja memenuhi syarat.



Gambar 4 Pembesian slab

G. Perencanaan Trotoar dan Tiang Sandaran

1. Berat Sendiri Trotoar



Gambar 5 Pembagian trotoar

Total berat sendiri slab trotoar dan railing,
 $W_{total} = 21,509 \text{ Kn}$

Sehingga berat per meter panjangnya

$$PMS = \frac{W_{total}}{2} = 21,509 = 10,754 \text{ kN/m}$$

Momen akibat berat sendiri trotoar dan railing, $M_{total} = 10,079$

Sehingga berat per panjang bentangnya

$$MMS = \frac{W_{total}}{2} = \frac{10,079}{2} = 5,039 \text{ kN/m}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh berat sendiri trotoar per meter (P_{MS}) sebesar 10,754 kN/m dan momen terhadap titik gelagar tepi (M_{MS}) sebesar 5,039 kN/m.

2. Beban Hidup Trotoar

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

Tabel 5. Momen Akibat Beban Hidup Pada Pedestrian

Jenis Beban	Gaya (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
Horizontal pada railing	0,75	1,2	0,9
Horizontal pada kerb	1,5	0,35	0,53
Vertikal terpusat	20	0,298	5,96
Vertikal merata	2,98	0,298	0,89
Momen akibat beban hidup pada pedestrian		M_{tp}	8,28

3. Momen Ultimit Rencana Slab Trotoar

Faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedestrian, $KMS = 1,30$

Faktor beban ultimit untuk beban hidup pedestrian, $KTP = 2,00$

Momen akibat berat sendiri pedestrian,

$$MMS = 5,04 \text{ kNm}$$

Momen akibat beban hidup pedestrian,

$$MTP = 8,28 \text{ kNm}$$

Momen ultimit rencana slab trotoar,

$$Mu = KMS \times MMS + KTP \times MTP$$

$$Mu = 1,3 \times 5,04 + 2 \times 8,28$$

$$Mu = 23,10 \text{ kNm}$$

Jadi, momen ultimit rencana (Mu) pada slab trotoar adalah 23,10 kNm.

4. Pembesian Slab Trotoar

Tulangan longitudinal diambil 30 % tulangan pokok:

$$As_{min} = 30\% \times As = 30\% \times 708,75 = 212,63 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan dengan diameter 13 mm, sehingga jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{As}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times \frac{1000}{212,63} = 624,26 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 200 mm.

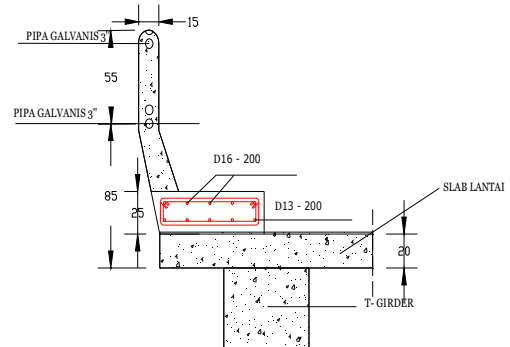
Sehingga digunakan tulangan D13 - 200 dengan luas tulangan yang dipakai :

$$As = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times \frac{1000}{200}$$

$$= 663,661 \text{ mm}^2$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (As) sebesar 708,75 mm². Nilai tersebut lebih besar dari tulangan yang diperlukan (As_{min}) yaitu sebesar 212,63 mm², sehingga dengan jarak tulangan 200 mm aman digunakan.



Gambar 6 Pembesian trotoar

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

tulangan utama yaitu D16 - 200 mm dan tulangan bagi/susut D13 - 200 mm.

5. Beban Tiang Railing

- 1) Jarak antara tiang *railing*, $L = 2$ m
- 2) Beban horisontal pada *railing*, $H_1 = 0,75$ kN/m
- 3) Gaya horisontal pada tiang *railing*,
 $H_{TP} = H_1 \times L = 0,75 \times 2 = 1,5$ kN
- 4) Lengan terhadap sisi bawah tiang *railing*,
 $y = 0,8$ m
- 5) Momen pada tiang *railing*,
 $M_{TP} = H_{TP} \times y = 1,2$ kNm
- 6) Faktor beban ultimit, $K_{TP} = 2,0$
- 7) Momen ultimit rencana,
 $M_u = K_{TP} \times M_{TP} = 2,0 \times 1,2 = 2,4$ kNm
- 8) Gaya geser ultimit rencana,
 $V_u = K_{TP} \times H_{TP} = 2 \times 1,5 = 3$ kN

6. Pembesian Tiang Railing

1) Tulangan Lentur

Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur pada tiang *railing* dijabarkan sebagai berikut :

1. Momen rencana lapangan
(M_u) = 2,400 kNm
2. Mutu beton digunakan K - 250
Mutu baja tulangan digunakan U - 24
Tegangan leleh baja (f_y) = 240 Mpa
Kuat tekan beton (f_c')
 $= 0,83 \times \frac{K}{10} = 20,75$ MPa
Modulus elastis baja (E_s) = 200000 Mpa
Tebal selimut beton (t_{sc}) = 30 mm
Diameter tulangan utama yang digunakan (ϕ) = 13 mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')
 $= t_{sc} + \frac{1}{2} \times D = 36$
3. Oleh karena kuat tekan beton kurang dari 30 MPa, maka faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85
4. Tebal tiang *railing* (h) = 150 mm dan Lebar tiang *railing* (b) = 150 mm
5. Perhitungan kekuatan struktur

$$pb = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 20,75 \times 0,85}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,045$$

$$R_{max} = 0,75 \times pb \times f_y$$

$$\times \left(-\frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times pb \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,045 \times 24$$

$$\times \left(-\frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,045 \times 240}{0,85 \times 20,75} \right)$$

6. Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,9

7. Tebal efektif pelat (d)

$$d = h - d' = 150 - 36 = 114 \text{ mm}$$

8. Lebar tiang *railing* (b) = 150 mm

9. Momen nominal rencana (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,400}{0,9} = 2,7 \text{ kNm}$$

10. Faktor tahanan momen (R_n)

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2,7}{150 \times 114^2} = 1,380$$

Dengan lebar efektif beton (b) ditinjau selebar 1 m.

$$R_n < R_{max}$$

$$1,380 < 6,203 \quad \text{OK!!!}$$

11. Rasio tulangan yang diperlukan (p)

$$p = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times * 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} +$$

$$= \frac{0,85 \times 20,75}{240} \times * 1 - \sqrt{1 -$$

$$- \frac{2 \times 1,380}{0,85 \times 20,75} +$$

$$= \frac{0,85 \times 20,75}{240} \times * 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,380}{0,85 \times 20,75} +$$

$$= 0,006$$

Rasio tulangan minimum (p_{min})

$$p_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006$$

Rasio tulangan yang digunakan, p pakai = 0,006

12. Luas tulangan yang diperlukan (A_s)

$$A_s = p \times b \times d = 0,006 \times 150 \times 114 = 102,058 \text{ mm}^2$$

13. Diameter tulangan yang digunakan $\phi 13$ mm

14. Jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = A_s \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 102,058 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 0.769 \text{ batang}$$

Diambil jumlah tulangan 2 batang. Sehingga digunakan tulangan $2\phi 13$.

2) Tulangan Geser

Langkah-langkah perhitungan tulangan geser pada tiang railing dijabarkan sebagai berikut :

1. Gaya geser ultimit rencana (V_u) = 3 Kn = 3000 N
2. Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75
3. Menghitung kemampuan balok beton menahan geser dengan rumus:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{20,75} \times 150 \times 115$$

$$= 12925,42 \text{ N}$$

$$\Phi \cdot V_c = 9694,070 \text{ N}$$

$$V_u < \Phi \cdot V_c$$

3000 < 9694,071 (Secara teoritis tidak perlu sengkang)

4. Walaupun secara teoritis tidak perlu sengkang tetapi untuk kesetabilan struktur, peraturan mensyaratkan dipasang tulangan minum dengan spasi maksimum.

$$S_{max} = \frac{d}{2} + \frac{115}{2}$$

$$= 57, \text{ mm} \text{ atau } S_{max} = 600 \text{ mm (ambil terkecil)}$$

5. Digunakan $S_{max} = 57,5 \text{ mm}$ dengan luas tulangan minimum: min =

$$A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times s}{f_y}$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \times \sqrt{20,75} \times 150 \times 57,}{240}$$

$$= 53,856 \text{ mm}^2$$

6. Digunakan sengkang berpenampang $\phi 8$ mm, dengan luas tulangan geser:

$$A_v = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times 2 = \frac{\pi}{4} \times 8^2 \times 2$$

$$= 100,531 \text{ mm}^2$$

$$A_v > A_{vmin}$$

$$100,531 > 53,856 \text{ mm}^2 \text{ OK!!!}$$

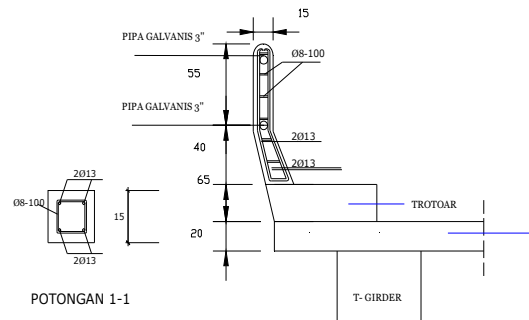
7. Jarak tulangan geser yang diperlukan :

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b}$$

$$= \frac{100,531 \times 240}{\frac{1}{3} \times \sqrt{20,75} \times 150}$$

$$= 89,53 \text{ mm}$$

8. Digunakan sengkang $\phi 8 - 100 \text{ mm}$



Gambar 7 Pembesian Tiang Railing

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk tiang railing dengan nilai momen yaitu 2,4 kNm dan nilai gaya geser yaitu 3 kN, menggunakan dimensi tebal 150 mm dengan mutu beton K - 250, dimensi tulangan lentur yaitu $2\phi 12$ mm dan sengkang $\phi 8 - 100 \text{ mm}$ seperti terlihat pada Gambar 7.

H. Perencanaan Plat Injak

1. Pembesian Plat Injak Arah Melintang Jembatan

Luas tulangan yang diperlukan (A_s)

$$A_s = p \times b \times d = 0,003 \times 1000 \times 162 = 540,00 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{540,00}$$

$$= 372,34 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 200 mm. Sehingga digunakan tulangan D16 - 200 mm dengan luas tulangan yang dipakai :

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{200}$$

$$= 1005,31 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar $1005,31 \text{ mm}^2$. Nilai tersebut lebih besar dari nilai luas tulangan yang diperlukan ($A_{s \text{ perlu}}$) yaitu sebesar $708,00 \text{ mm}^2$, sehingga dengan jarak tulangan 200 mm aman digunakan.

2. *Pembesian Plat Injak Arah Memanjang Jembatan*

Luas tulangan yang digunakan D16 mm
 $A_s = p \times b \times d = 0,004 \times 1000 \times 162 = 708,75 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan D16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{708,75}$$

$$= 283,69 \text{ mm}$$

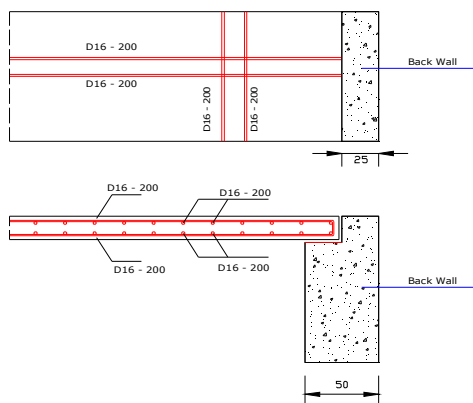
Diambil jarak tulangan 200 mm sehingga digunakan tulangan D16 – 200 mm dengan luas tulangan yang dipakai :

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{100}$$

$$= 1005,31 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar $1005,31 \text{ mm}^2$. Nilai tersebut lebih besar dari nilai luas tulangan yang diperlukan ($A_{s \text{ perlu}}$) yaitu sebesar $708,75 \text{ mm}^2$, sehingga dengan jarak tulangan 200 mm aman digunakan.



Gambar 8 Pembesian plat injak

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk plat injak menggunakan dimensi tebal

200 mm dengan mutu beton K - 250, dimensi tulangan arah memanjang dan melintang menggunakan D 16 – 200 mm .

1. *Analisa Beban Perencanaan T-Girder Beton Bertulang*

Analisa pembebanan pada balok girder mengacu pada [8].

1. *Berat Sendiri (MS)*

Dari hasil perhitungan diperoleh berat sendiri girder yang ditinjau selebar $1,5 \text{ m}$ sebesar $27,608 \text{ kN/m}$.

Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat berat sendiri (MS) adalah sebagai berikut :

$$\text{Gaya geser : } V_{MS} = \frac{1}{2} \times Q_{MS} L$$

$$= \frac{1}{2} \times 27,608 \times 20$$

$$= 276,075 \text{ kN}$$

$$\text{Momen : } M_{MS} = \frac{1}{8} \times Q_{MS} \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 27,608 \times 20^2$$

$$= 1380,375 \text{ kNm}$$

2. *Beban Mati Tambahan (MA)*

Dari hasil perhitungan diperoleh beban mati tambahan girder yang ditinjau selebar $1,5 \text{ m}$ sebesar $4,04 \text{ kN/m}$. Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat beban mati tambahan (MA) adalah sebagai berikut :

$$\text{Gaya geser : } V_{MA} = \frac{1}{2} \times Q_{MA} \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 4,04 \times 20$$

$$= 40,35 \text{ kN}$$

$$\text{Momen : } M_{MA} = \frac{1}{8} \times Q_{MA} \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 4,04 \times 20$$

$$= 201,75 \text{ kNm}$$

3. *Beban Lalu Lintas*

Beban lalu lintas terdiri dari beban lajur “D” (TD), Beban Truk, dan Gaya Rem. Beban truk tersebut dihitung dengan menggunakan garis pengaruh untuk memperoleh gaya geser dan nilai momen terbesar arah memanjang jembatan.

Tabel 6. Kombinasi Beban Ultimit

Jenis Beban	Faktor Beban	Gaya Geser Ultimit	Momen Ultimit
Beban sendiri	K_{MS}	276,75	1383,75

Beban mati tambahan	K_{MA}	40,35	201,75
Beban lajur "D"	K_{TT}	186,45	1189,50
Gaya rem	K_{TB}	6,63	66,25

Kombinasi beban ultimit pada pembebanan balok mengacu kepada SNI 1725-2016 yang diberikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Faktor Beban

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Beban mati tambahan	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Beban lajur "D"	1,8	1,4			
Gaya rem	1,8	1,4			

Perhitungan gaya geser ultimit adalah dari nilai gaya geser Tabel 6 dikalikan dengan nilai faktor beban Tabel 7, kemudian hasil kombinasi gaya geser ultimit disajikan pada Tabel 8. Hasil Tabel 8. Kombinasi Gaya Geser Ultimit

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	359,78	359,78	359,78	359,78	359,78
Beban mati tambahan	80,7	80,7	80,7	80,7	80,7
Beban lajur "D"	335,61	261,03			
Gaya rem	11,93	9,28			
Total	788,01	710,78	440,48	440,48	440,48

Sama halnya dengan perhitungan gaya geser ultimit, perhitungan momen ultimit diambil dari nilai momen Tabel 4.6 dikalikan dengan nilai faktor beban Tabel 4.7, kemudian hasil kombinasi momen ultimit disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kombinasi Momen Ultimit

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	1798,9	1798,88	1798,88	1798,88	1798,88
Beban mati tambahan	553,5	553,5	553,5	553,5	553,5
Beban lajur "D"	72,6	56,5			
Gaya rem	335,6	261			
Total	2760,62	2669,90	2352,38	2352,38	2352,38

Kombinasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan gaya geser ultimit dan momen ultimit balok girder. Kombinasi pembebanan ini mengacu kepada [4].

Dari hasil kombinasi pembebanan pada

Tabel 8 dan Tabel 9 diambil nilai gaya geser ultimit maksimum dan momen ultimit maksimum. Dimana untuk nilai V_u maksimum pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 788,01kN dan untuk M_u maksimum juga terdapat pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 2760,62 kNm.

Berbeda hasil perhitungan yang dilakukan [8] 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 [9] yaitu menggunakan SNI-T-12-2005 sedang dalam perencanaan ini menggunakan SNI 1725-2016.

4. Pembesian Girder

Pembesian balok girder dapat dilakukan dengan menghitung tulangan lentur sebagai berikut: v

a. Tulangan Lentur

Luas tulangan yang diperlukan (A_s)

$$A_s = p \times b \times d = 0,004 \times 1500 \times 1432 = 9398 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D32 mm, sehingga dengan luas tulangan yang dipakai :

$$A_{s1} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 = 804,248 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan (n)

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}} = \frac{9398}{804,248} = 11,68$$

Digunakan jumlah tulangan 18 batang dengan diameter 32 mm, sehingga dengan luas tulangan yang dipakai :

$$A_s = A_{s1} \times n = 804,248 \times 18 = 14476,46 \text{ mm}^2$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai luas tulangan terpasang (A_s) sebesar 14476,46 mm^2 . Nilai tersebut lebih besar dari nilai luas tulangan yang diperlukan ($A_{s \text{ perlu}}$) yaitu sebesar 9397,500 mm^2 , sehingga dengan jumlah tulangan 18 batang aman dan stabil digunakan berdasarkan peraturan, tetapi berbeda dengan hasil dari perencanaan [7].

Untuk menjamin agar girder bersifat daktail, maka tulangan tekan diambil 30% tulangan tarik, sehingga :

$$As' = 30\% \times As = 30\% \times 14476,46 = 4342,94 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan tekan yang diperlukan (n')

$$n = \frac{As}{As1} = \frac{4342,94}{804,25} = 5,4$$

Digunakan tulangan tekan dengan jumlah 5 batang dengan diameter 32 mm.

b. Kontrol jarak Antar Tulangan

Diameter tulangan yang digunakan D 32 mm

Jarak tulangan menurut pasal 7.6 SNI – 2847-2002 yaitu $s = 25$ mm

Sehingga dengan tulangan D32 – 25 mm diperoleh luas tulangan yaitu :

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{D}{S} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 \times \frac{1000}{25} \\ &= 32169,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan jarak tulangan hasil perencanaan diperoleh $s = 77$ mm

Sehingga dengan tulangan D32 – 77 mm diperoleh luas tulangan yaitu :

$$\begin{aligned} As' &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{D}{S} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 \times \frac{1000}{77} \\ &= 10444,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diperoleh jarak antar tulangan hasil perencanaan yaitu 77 mm. Jarak tersebut lebih besar dari jarak minimal peraturan SNI yaitu 25 mm, sehingga dengan jarak antar tulangan 77 mm aman digunakan untuk dipakai pada penulangan balok girder.

c. Kontrol Kapasitas Momen Ultimit

Momen nominal,

$$Mn = 0,85 \times fc' \times a \times beff \times (d - a/2) + As' \times fs' \times (d - d_1')$$

$$\begin{aligned} &= (0,85 \times 20,75 \times 122,57 \times 1500 \times \\ &\quad (1365 - 122,57/2) + 4342,94 \times \\ &\quad 317,86 \times (1365,33 - 68)) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$Mn = 5927,56 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen ultimit ,

$$\phi \times Mn = 0,9 \times 5927,56 = 5334,81 \text{ kNm} >$$

$$Mu = 2760,615 \text{ kNm}$$

Hasil perhitungan diperoleh nilai kapasitas momen ultimit ($\phi \times Mn$) sebesar 5334,81 kNm Nilai tersebut lebih besar dari nilai momen rencana ultimit (Mu) yaitu sebesar 2760,615 kNm, sehingga aman digunakan.

d. Tulangan Geser

Jarak tulangan geser yang diperlukan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{Av - fy \times d}{Vs} \\ &= \frac{226,19 \times 320 \times 1365}{428,741} \\ &= 231 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang Ø13 – 100 mm.

Pada badan girder dipasang tulangan susut minimal dengan rasio tulangan : $psh = 0,001$

$$Ash = psh \times b \times d = 0,001 \times 600 \times 1365 = 819,20 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan Ø 13, dengan jumlah tulangan susut yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= Ash / (1/4 \times \pi \times \phi^2) = 819,20 / 1/4 \\ &\quad \times \pi \times 13^2 \approx 7,243 \approx 8 \text{ batang} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan badan pada girder 8 Ø13 . Dari hasil hitungan maka diperoleh tulangan samping atau tulangan badan yang digunakan pada girder yaitu 8 Ø13 mm.

J. Lentutan Balok (Girder)

Adapun perhitungan lentutan akibat jenis – jenis beban yang terjadi pada girder adalah sebagai berikut :

1. Lentutan akibat berat sendiri (MS)

Beban akibat sendiri, (QMS) = 27,68 Kn/m

$$\begin{aligned} \delta_{MS} &= \frac{\frac{5}{384} \times QMS \times L^4}{Ec \times Ie} \\ &= \frac{\frac{5}{384} \times 27,68 \times 20^4}{25332 \times 0,18} \\ &= 0,7742 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Lentutan akibat beban mati tambahan (MA)

Beban akibat beban mati tambahan, (QMA) = 4,04 kNm

$$\delta_{MA} = \frac{5}{384} \times QMA \times L^4$$

$$= \frac{5}{384} \times 4,04 \times 20^4$$

$$= \frac{25332 \times 0,18}{25332 \times 0,18}$$

$$= 0,1129 \text{ m}$$

3. Lendutan akibat beban lajur “D” (TD)
Beban lajur “D” :

Beban terpusat, (P_{TD}) = 102,90 kN

Beban merata, (Q_{TD}) = 13,50 kN/m

$$\delta_{TD} = \frac{1}{48} \times PTD \times L^4 = \frac{5}{384} \times QTD \times L^4$$

$$= \frac{1}{48} \times 102,90 \times 20^4$$

$$= \frac{25332 \times 0,18}{25332 \times 0,18}$$

$$= \frac{5}{384} \times 13,50 \times 20^4$$

$$= \frac{25332 \times 0,18}{25332 \times 0,18}$$

$$= 0,0072 \text{ m}$$

4. Lendutan akibat gaya rem (TB)

Momen akibat gaya rem, (M_{TB}) = 132,5 kNm

$$\delta_{TB} = \frac{0,0642 \times MTB \times L^4}{Ec \times Ie}$$

$$= \frac{0,0642 \times 132,5 \times 20^4}{25332 \times 0,18}$$

$$= 0,0457 \text{ m}$$

5. Kontrol Lendutan Balok

Lendutan maksimum

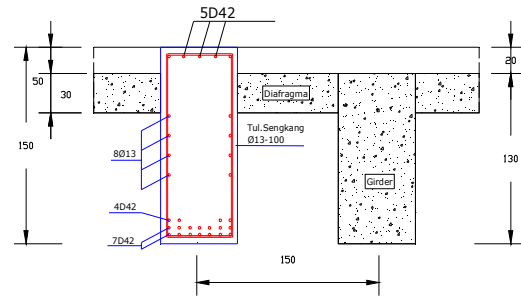
$$\delta_{max} = \frac{l}{240} = \frac{20}{240} = 0,083 \text{ m}$$

Tabel 10. Kontrol Lendutan Balok Girder

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	0,7742	0,7742	0,7742	0,7742	0,774
Beban mati tambahan	0,1129	0,1129	0,1129	0,1129	0,113
Beban lajur "D"	0,0072	0,0072			
Gaya rem	0,0457	0,0457			
	< L/240	< L/240	< L/240	< L/240	< L/240
	OK	OK	OK	OK	OK

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
δ (m)	δ (m)	δ (m)	δ (m)	δ (m)	δ (m)

0,7742	0,7742	0,7742	0,7742	0,774	0,7742
0,1129	0,1129	0,1129	0,1129	0,113	0,1129
0,0072	0,0072	0,0072	0,0072	0,007	
0,0457	0,0457	0,0457	0,0457	0,046	
0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,887
< L/240	< L/240	< L/240	< L/240	< L/240	< L/240
OK	OK	OK	OK	OK	OK



Gambar 9 Pembesiran balok girder

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk balok girder menggunakan dimensi lebar 600 mm dan tinggi 1300 mm dengan mutu beton K – 250, dimensi tulangan tarik yaitu 18D32 mm, tulangan tekan 5D32 mm, tulangan badan 8 tulangan badan 8Ø13 mm serta tulangan geser Ø13 - 100 mm,

K. Perencanaan Balok Diafragma

1. Beban Pada Balok Diafragma

Balok diafragma yang direncanakan yaitu dengan ukuran lebar 0,30 m dan tinggi = 0,50 m dan Panjang bentang balok diafragma s = 1,50 m, berat sendiri balok diafragma yang ditinjau selebar 1,5 m sebesar 9,75 kN/m dengan , gaya geser (V_{MS}) adalah sebesar 7,31 kN dan momen (M_{MS}) adalah sebesar 1,83 kNm.

Beban mati tambahan balok diafragma yang ditinjau selebar 1,5 m sebesar 4,04 kN/m dengan gaya geser (V_{MA}) adalah sebesar 3,03 kN dan momen (M_{MA}) adalah sebesar 0,76 kNm. Dan Beban hidup pada lantai jembatan berupa roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya, (T) = 43,4 kN dengan gaya geser (V_{TT}) adalah sebesar 73,13 kN dan momen (M_{TT}) adalah sebesar 27,42 kNm.

2. Kombinasi Beban Ultimit

Tabel 11. Hasil Kombinasi Gaya Geser Ultimit

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	9,51	9,51	9,51	9,51	9,51
Beban mati tambahan	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05
Beban lajur "D"	131,6	102,38			
Total	147,2	117,93	15,56	15,56	15,56

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
9,51	9,51	7,31	7,31	7,31	7,31
6,05	6,05	3,03	3,03	3,03	3,03
21,94	36,56	73,13	95,06	58,5	
37,5	52,12	83,46	105,4	68,84	10,34

Tabel 12. Hasil Perhitungan Kombinasi Momen Ultimit

Jenis Beban	Kuat I	Kuat II	Kuat III	Kuat IV	Kuat V
Beban sendiri	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Beban mati tambahan	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Beban lajur "D"	49,4	38,4			
Total	53,25	42,28	3,89	3,89	3,89

Ekstrem I	Ekstrem II	Layan I	Layan II	Layan III	Layan IV
2,4	2,4	1,8	1,8	1,8	1,8
1,5	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8
8,2	13,7	27,4	35,6	21,9	
12,12	17,6	30,01	38,23	24,52	2,58

Dari hasil kombinasi pembebanan pada Tabel 11 dan Tabel 12 diambil nilai gaya geser ultimit maksimum dan momen ultimit maksimum. Dimana untuk nilai V_u maksimum pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 147,18 kN dan untuk M_u maksimum juga terdapat pada kombinasi "Kuat I" yaitu sebesar 53,25 kNm.

3. Pemesian Balok Diafragma

Jumlah tulangan lentur yang diperlukan (n) yaitu:

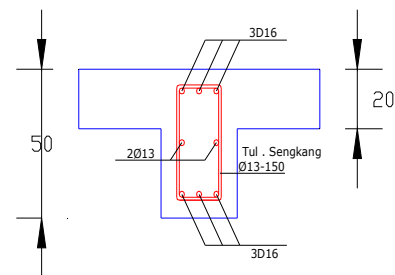
$$n = \frac{A_s}{A_s'} = \frac{563,06}{201,06} = 2,80$$

Digunakan tulangan lentur sebanyak 3 batang dengan diameter 16 mm.

Diameter tulangan yang digunakan $\varnothing 13$, dengan jumlah tulangan susut yang diperlukan :

$$\begin{aligned} N &= A_{sh} / (1/4 \times \pi \times \varnothing^2) \\ &= 128,70 / 1/4 \times \pi \times 13^2 \\ &= 0,97 \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan badan pada diafragma 2 $\varnothing 13$. Dari hasil hitungan maka diperoleh tulangan samping atau tulangan badan yang digunakan pada diafragma yaitu 2 $\varnothing 13$ mm.



Gambar 10 Pemesian balok diafragma

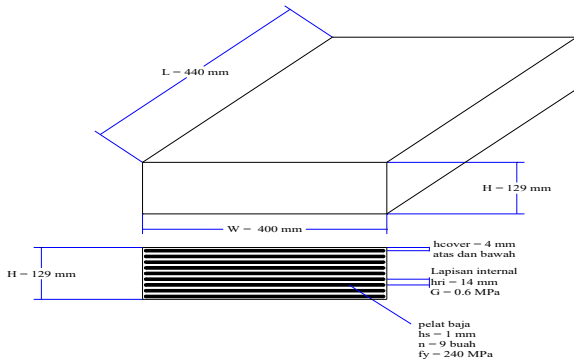
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk balok diafragma menggunakan dimensi lebar 300 mm dan tinggi 500 mm dengan mutu beton K-350, dimensi tulangan tarik dan tekan yang sama yaitu 3D16 dan tulangan badan 2 $\varnothing 13$ serta tulangan geser $\varnothing 13 - 150$ mm.

L. Perencanaan Perletakan Pada Jembatan

Menurut [6] perletakan direncanakan berdasarkan beban vertical yang bekerja. Perencanaan perletakan pada jembatan mengacu kepada [10]. Adapun hasil yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Perancangan Elastomer

Sifat fisik :	
Mutu pelat baja (f_y)	= 240 Mpa
Mutu geser elastomer (G)	= 0,6 Mpa
Geometri :	
Dimensi bantalan L x W x H	= 440 mm x 400 mm x 129 mm
Tebal cover atas	= 4 mm
Tebal cover bawah	= 4 mm
Tebal lapisan internal	= 14 mm
Jumlah lapisan	= 8 buah
Tebal plat baja	= 1 mm
Jumlah lapisan plat	= 9 buah



Gambar 10 Rancangan bantalan karet

M. Perhitungan Bar Bending Schedule (BBS)

Tabel 14. Hasil Penulangan Baja Ulir

Rekapitulasi Penulangan (Baja Ulir)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
13	308	1445,5	-192,34
16	522	4623,28	317,92
42	230	15450,02	1974,81
Total		21518,8	2100,39

Tabel 15. Hasil Penulangan Baja Polos

Rekapitulasi Penulangan (Baja Polos)			
Diameter	Jumlah batang	Berat (Kg)	
		Terpakai	Sisa
8	8	1,52	0,48
13	752	3277,29	669,23
Total		3278,81	669,71

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dalam perencanaan jembatan ini membutuhkan baja tulangan U 24 polos dan baja tulangan U 32 ulir. Untuk baja tulangan U 24 polos berat terpakai yang digunakan sebesar 3278,81 Kg dan sisanya sebesar 669,71 Kg. Sementara itu untuk baja tulangan U 32 ulir berat terpakai sebesar 21518,80 Kg dan sisanya sebesar 2100,39 Kg.

N. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Adapun data yang digunakan dalam perhitungan volume pekerjaan struktur $f'c$ 29,05 adalah sebagai berikut:

Panjang jembatan, $P = 20$ m
 Lebar jembatan, $L = 7,5$ m

Tebal slab jembatan, $t = 0,20$ m

Perhitungan volume beton struktur $f'c$ 20,75 Mpa menggunakan rumus sebagai berikut:

Volume beton struktur $f'c$ 20,75 Mpa
 $= P \times L \times t$
 $= 20 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$
 $= 30 \text{ m}^3$

Volume pekerjaan yang diperoleh yaitu sebesar 30 m^3 . Dan analisa harga satuan pekerjaan beton struktur $f'c$ 20,75 MPa dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini. Dan jumlah harga pekerjaan struktur beton $f'c$ 20,75 MPa dihitung dengan rumus dibawah ini:

Jumlah harga pekerjaan
 $= \text{Volume} \times \text{Harga satuan}$
 $= \text{Rp. } 79.985.334,63$

Diperoleh jumlah harga pekerjaan untuk struktur beton FC 20,75Mpa sebesar Rp. 79.985.334,63. Kemudian nilai tersebut ditotalkan dengan jumlah harga pekerjaan di divisi 7 sehingga diperoleh total jumlah harga pada divisi 7 yang akan dimasukkan ke rekapitulasi.

Rekapitulasi perkiraan harga pekerjaan merupakan hasil perjumlahan dari jumlah harga pekerjaan di setiap divisi pada BOQ sebagai berikut:

Jumlah harga pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan),

(A) = Jumlah harga pekerjaan umum +
 perkerasan aspal + struktur
 $= \text{Rp. } 1.304.840.000,00$

Pajak pertambahan nilai (PPN),
 (B) = $10\% \times (A)$
 $= \text{Rp. } 118.622.290,95$

Jumlah total harga pekerjaan,
 (C) = (A) + (B)
 $= \text{Rp. } 1.304.840.000,00$

Sehingga jumlah total harga pekerjaan dibulatkan menjadi sebesar Rp. 1.304.840.000,00 (Satu Milyar Tiga Ratus empat Juta Delapan Ratus Empat Puluh Ribu Rupiah).

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan perencanaan jembatan tersebut didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu: (1) Tebal plat lantai jembatan yang digunakan adalah 200 mm. Nilai Mu maksimum pada daerah tumpuan terdapat pada kombinasi “Kuat I” yaitu sebesar 56,432 kNm. (2) Balok girder digunakan dimensi lebar 600 mm dan tinggi 1300 mm Sedangkan nilai Mu dan Vu pada girder, diperoleh nilai kombinasi momen ultimit dan gaya geser ultimit terbesar di “Kuat I” sebesar 56,432 kNm dan 4294,99 kN. (3) Balok diafragma digunakan dimensi lebar 300 mm dan tinggi 500 mm Sedangkan Nilai Mu dan Vu pada diafragma, dapat diperoleh kombinasi momen ultimit dan gaya geser ultimit terbesar di “Kuat I” Sebesar 53,25 kNm dan 147,18 kN. (4) *Elastomer bearing* menggunakan peraturan PUPR nomor : SE/10/M/2010 dengan dimensi 440 mm × 400 × 129 mm. (5) Didapat biaya yang digunakan untuk pekerjaan struktur atas jembatan Sungai Dua Kelemantan yaitu Rp. 1.304.840.000,00.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih diucapkan kepada rekan-rekan yang turut serta membantu sehingga karya tulis dengan judul Perencanaan Struktur atas Jembatan T-Girder Sungai Dua Kelemantan Berdasarkan SNI 1725-2016 ini terselesaikan. Ucapan terimakasih juga kepada *Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA)* yang memberikan kesempatan untuk karya tulis ini dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Muhamad R and I. Puluhalawa, “Desain Jembatan T-Girder Pada Sungai Jalan Antara Menggunakan Sni 1725 2016,” *J. TeKLA*, vol. 1, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.35314/tekla.v1i1.1226.
- [2] S. N. R. INDONESIA, “Undang undang no 34 tahun 2004 tentang TNI,” no. 1, pp. 1–42, 2004, [Online]. Available: http://www.dpr.go.id/dokblog/dokumen/F_20150616_4760.PDF
- [3] Y. D. Setiyarto, “Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016,” *Load. Stand. Bridg. Accord. to SNI 1725 2016*, no. 9, p. 8, 2017, [Online]. Available: <https://repository.unikom.ac.id/54571/1/vii-10-y.djoko-setiyarto-standar-pembebanan-pada-jembatan.pdf>
- [4] Badan Standardisasi Nasional, “Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan,” pp. 1–140, 2005.
- [5] L. Hasyiyati and H. Widyastuti, “Studi Kelayakan pembangunan Fly Over Jalan Akses Pelabuhan Teluk Lamong Ditinjau Dari Segi Lalu Lintas Dan Ekonomi Jalan Raya,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, p. 132, 2015.
- [6] I. P. Al Ikhsan, Juli Ardita Pribadi, “Desain Jembatan Sungai Meskom Menggunakan Girder Prategang,” vol. 1, no. 1, 2019.
- [7] I. Puluhalawa, N. Aspaliza, and A. Armada, “Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupert,” *J. Gradasi Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 1–9, 2018, doi: 10.31961/gradasi.v2i2.588.
- [8] J. Mayendra, Alamsyah, and J. A. Pribadi, “Evaluasi dan Desain Ulang Jembatan Beton Bertulang T-Girder Menggunakan SNI 1725-2016 (Studi Kasus: Jembatan Tj.Kapal-Batu Panjang Kec.Rupert),” *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, vol. 8, pp. 293–328, 2018.
- [9] I. P. Fahrul Ahmadi, “Desain Jembatan Jalan Datuk Laksamana Dengan T-Girder menggunakan SNI 1725-2016,” vol. 2, no. 2, 2020.
- [10] I. P. Ardi Muhamad R, “Desain Jembatan T-Girder Pada Sungai Jalan Antara Menggunakan Sni 1725 2016,” vol. 1, no. 1, 2019.