



**EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG
DENGAN METODE SNI 1725-2016
(STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA
KABUPATEN KEPULAUAN ARU)**

Suryani Maharani Saleh
Universitas Hasyim Asy'ari
Meriana Wahyu Nugroho
Universitas Hasyim Asy'ari

Alamat: Tebuireng, Jl. Irian Jaya No.55, Cukir, Kec. Diwek, Kabupaten Jombang,
Jawa Timur 61471

Korespondensi penulis: suryanisaleh67@gmail.com

Abstract. *The Aru Islands Regency, located in Maluku Province, covers an area of 6,426.77 km² and has a population of 102,237. One of the infrastructure initiatives being carried out by the local government is the construction of the Marbali Bridge. This study focuses on the use of reinforced concrete as the primary construction material for the bridge. It includes calculations of various technical aspects, such as loading according to SNI 1725-2016, with a moment capacity (M_u) control of $\geq p$ (BGT intensity), reinforcement and T-beam dimensions with an R_n control of $< R_{max}$, and evaluation of deflection in the T-beam with a load combination control of $\delta \leq \delta_{Max}$. The results indicate that the ultimate moment (M_u) in the beam is 4,273 kN/m, and the ultimate shear force is 729.91 kN. The flexural reinforcement consists of 12 bars of D32 mm, while the shear reinforcement uses 2 bars of D12 mm for D13-100 mm stirrups. Accordingly, the calculation results conform to the established standards and the technical requirements needed for the construction of this bridge.*

Keywords: *Ultimit moment, T-Beam, SNI 1725-2016.*

Abstrak. Kabupaten Kepulauan Aru, yang merupakan salah satu kota yang sedang berkembang di Provinsi Maluku, memiliki luas wilayah 6.426,77 km² dan jumlah penduduk sebanyak 102.237 jiwa. Salah satu program infrastruktur yang sedang dikembangkan oleh pemerintah setempat adalah pembangunan Jembatan Marbali. Penelitian ini dilakukan dengan fokus menggunakan Beton Bertulang sebagai bahan konstruksi utama jembatan tersebut. Penelitian ini memfokuskan pada perhitungan berbagai aspek teknis, seperti pembebanan sesuai dengan SNI 1725-2016 dengan kontrol $M_u \geq p$ (intensitas BGT), penulangan dan dimensi balok-T dengan kontrol $R_n < R_{max}$, serta evaluasi lendutan pada balok-T dengan kontrol δ kombinasi beban $\leq \delta_{Max}$. Hasil perhitungan menunjukkan momen ultimit (M_u) pada balok sebesar 4.273 kN/m dan gaya geser ultimit sebesar 729,91 kN. Penulangan yang digunakan pada balok tulangan lentur adalah 12 batang D 32 mm, sedangkan tulangan geser menggunakan 2 batang D 12 mm tulangan bagi D13-100 mm. Dengan demikian, hasil perhitungan memenuhi standar yang ditetapkan dan syarat teknis yang dibutuhkan untuk pembangunan jembatan ini.

Kata kunci: Momen Ultimit, Balok-T, SNI 1725-2016.

Received Februari, 2025; Revised Februari, 2025; April, 2025

*Corresponding author, e-mail address

LATAR BELAKANG

Kabupaten Kepulauan Aru merupakan salah satu kota yang sedang berkembang di Provinsi Maluku, dengan luas wilayah 6.426,77 Km² dan 102.237 jumlah penduduk (Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepulauan Aru, 2022). Pertumbuhan ekonomi yang pesat meningkatkan pergerakan orang, barang, dan kepemilikan kendaraan, sehingga volume lalu lintas pun meningkat (Silvana, 2000). Dalam konteks ini, pembangunan sarana transportasi menjadi krusial karena dapat mempermudah pengembangan ekonomi, terutama di kawasan dengan potensi ekonomi tinggi (Safri, 2017)

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan, perlu adanya fasilitas transportasi yang memadai, seperti pembangunan jembatan penghubung (Anjani, 2023). Infrastruktur transportasi yang memadai mendukung efisiensi dan efektivitas kegiatan ekonomi di area tersebut (Silondae, 2016). Salah satu inisiatif strategis pemerintah untuk memperkuat perekonomian regional adalah melalui pembangunan jembatan. Jembatan berfungsi sebagai elemen kunci dalam infrastruktur yang mendukung kelancaran pergerakan dan konektivitas antar wilayah di seluruh Indonesia (Silitonga, 2023).

Kinerja jembatan dalam melayani lalu lintas sangat dipengaruhi oleh desain dan dimensi strukturnya (Bakhtiar Aziz, 2021). Desain jembatan harus dirancang sedemikian rupa untuk memastikan efisiensi dan keamanan dalam melayani arus lalu lintas, yang erat kaitannya dengan bentuk dan ukuran jembatan tersebut (Qosim, 2016). Mengingat pentingnya fungsi jembatan, struktur harus memenuhi standar keamanan dan kenyamanan untuk memastikan pelayanan yang optimal bagi pengguna (Zaeni, 2022).

Perencanaan struktur jembatan harus memperhatikan berbagai aspek teknis seperti kekuatan, kekakuan, dan daktilitas. Ketiga faktor ini penting untuk menghindari masalah struktural seperti defleksi atau lendutan yang bisa terjadi akibat beban vertikal (Budiarto, 2020). Penggunaan teknologi struktur yang sesuai dan perhitungan pembebanan yang akurat merupakan hal krusial untuk memastikan jembatan mampu menahan beban dengan baik. Hal ini perlu dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku, seperti (SNI 1725-2016) yang memberikan panduan komprehensif dalam perencanaan teknis jembatan, terutama terkait dengan aspek pembebanan (Budiarto, 2020)

Lebih dari sekadar pertimbangan struktural, perencanaan jembatan harus mencakup aspek ekonomi dan estetika. Beton bertulang, sebagai material utama dalam konstruksi jembatan, dirancang dengan memperhatikan interaksi antara beton dan tulangan untuk memikul gaya-gaya yang bekerja (Mayendra, 2018). Evaluasi yang mendalam, seperti pada proyek penggantian jembatan Marbali, sangat penting untuk memastikan bahwa lendutan yang terjadi dapat dikendalikan dan bahwa kekuatan struktur jembatan tetap terjaga (Rizki, 2021). Semua aspek ini harus dipertimbangkan secara menyeluruh untuk memastikan bahwa jembatan yang dirancang tidak hanya memenuhi standar teknis dan keselamatan tetapi juga memberikan layanan yang aman, nyaman, dan ekonomis sesuai dengan kondisi lapangan (Qosim, 2016).

Berdasarkan uraian di atas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: bagaimana perhitungan pembebanan pada struktur atas jembatan beton bertulang dengan metode SNI 1725-2016, bagaimana perhitungan struktur balok-T pada jembatan beton bertulang, dan bagaimana perhitungan lendutan yang dialami oleh balok-T pada jembatan beton bertulang. Tujuan dari penelitian untuk mengevaluasi pembebanan pada struktur atas Jembatan Marbali berdasarkan metode SNI 1725-2016, mengevaluasi

kebutuhan tulangan yang digunakan pada balok-T, serta mengevaluasi besar lendutan yang dialami oleh balok-T pada jembatan tersebut.

KAJIAN TEORITIS

Jembatan beton bertulang adalah salah satu struktur penting dalam infrastruktur yang digunakan untuk menyalurkan beban lalu lintas dengan aman. Pada evaluasi struktur jembatan, salah satu hal yang penting adalah menghitung beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban ini meliputi beban mati (berat sendiri jembatan), beban hidup (kendaraan yang melintas), dan beban lingkungan seperti angin atau gempa. Dalam perhitungan pembebanan jembatan, SNI 1725-2016 menjadi acuan utama yang mengatur cara menghitung beban-beban tersebut untuk memastikan jembatan dapat berfungsi dengan baik.

Selanjutnya, struktur balok-T pada jembatan beton bertulang juga perlu diperhitungkan dengan cermat. Balok-T adalah elemen yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari bagian atas jembatan ke pilar penopang. Perhitungan balok-T melibatkan analisis terhadap kekuatan beton dan baja tulangan yang digunakan, serta momen lentur yang terjadi akibat beban. Dalam SNI 1725-2016, terdapat rumus yang digunakan untuk menentukan seberapa kuat balok-T dalam menahan beban yang bekerja, serta kebutuhan tulangan yang diperlukan untuk mendukung struktur tersebut.

Selain itu, lendutan atau defleksi juga perlu dihitung untuk memastikan bahwa balok-T tidak mengalami penurunan bentuk yang berlebihan akibat beban. Lendutan yang melebihi batas yang diizinkan dapat mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Oleh karena itu, perhitungan lendutan dilakukan dengan menggunakan rumus yang mempertimbangkan panjang balok dan beban yang bekerja.

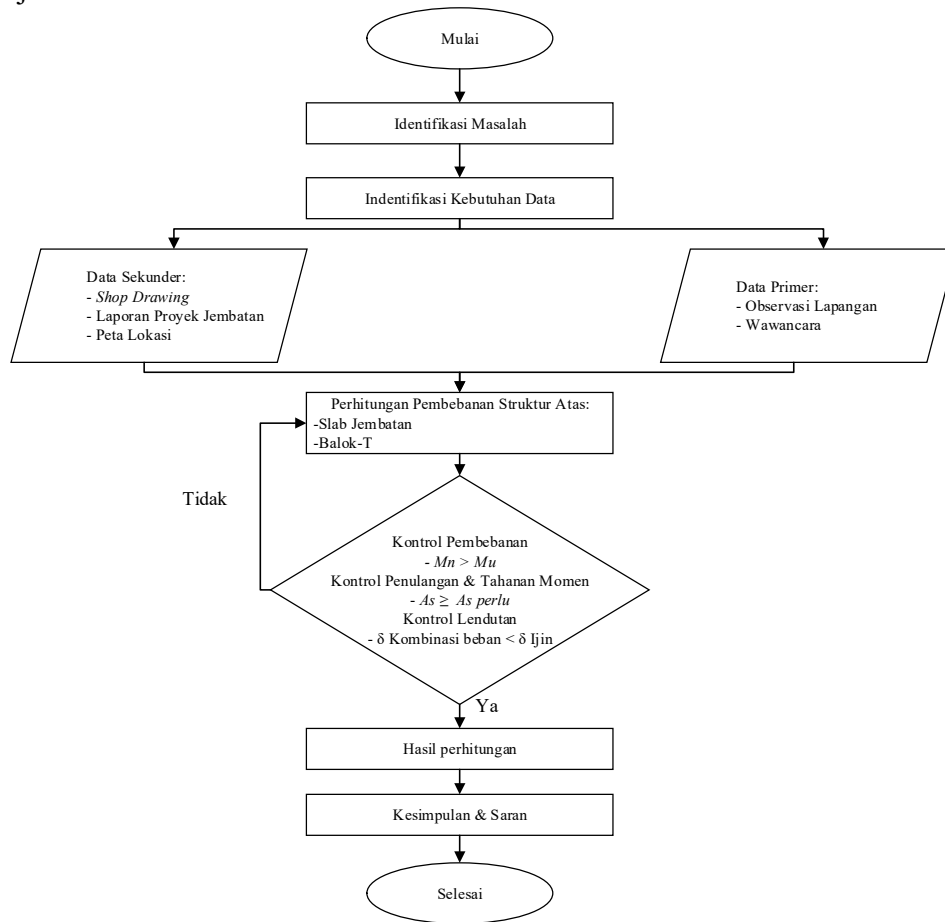
Evaluasi pada Jembatan Marbali di Kabupaten Kepulauan Aru akan dilakukan dengan mengaplikasikan perhitungan pembebanan, analisis struktur balok-T, dan penghitungan lendutan berdasarkan pedoman SNI 1725-2016. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah jembatan masih aman dan memenuhi standar keselamatan yang berlaku, serta untuk menentukan apakah diperlukan perbaikan atau penguatan pada struktur jembatan tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data, yang meliputi data primer dan sekunder. Dalam pengumpulan data primer, penulis melaksanakan survei dan wawancara di lokasi penelitian, serta memperoleh data lapangan dan hasil observasi dengan bekerja sama dengan instansi terkait proyek perencanaan jembatan Marbali. Penelitian dimulai dengan perhitungan struktur atas jembatan, meliputi elemen-elemen seperti slab, trotoar, dinding sandaran, balok-T, dan diafragma. Untuk memastikan kekuatan dan stabilitasnya sesuai standar, Tahap pertama adalah menghitung penulangan setiap elemen dengan memastikan rasio penulangan memenuhi ketentuan minimum ($\rho_{min} \geq \rho_{max}$) dan membandingkan tahanan momen struktur dengan momen maksimum yang diizinkan ($R_n > R_{max}$) untuk menjamin keamanan. Selain itu jumlah penulangan dihitung dan dibandingkan dengan penulangan yang tersedia ($A_s \geq A_{sperlu}$) untuk menghindari kekurangan. Penelitian juga mencakup kontrol lendutan, dengan menghitung lendutan ijin yang dimana ($\delta_{max} = L/240$), dimana L adalah Panjang bentang jembatan. Control ini penting agar lendutan tidak melebihi batas yang dapat memengaruhi kinerja jembatan dalam jangka panjang. Dengan ini diharapkan penelitian memberikan analisis yang valid mengenai kekuatan dan kestabilan

EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN METODE SNI 1725-2016 (STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA KABUPATEN KEPULAUAN ARU)

struktur jembatan sesuai standar.



Gambar 1. Flowchart penelitian (*Analisis Peneliti, 2024*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Pembebanan Slab Jembatan

1. Berat Sendiri.

Berat sendiri (self weight) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri slab lantai jembatan dihitung dengan tabel dibawah sebagai berikut: elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri slab lantai jembatan dihitung dengan tabel dibawah sebagai berikut:

No.	Jenis	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m)
		a	b	c	d=a.b.c
1	Plat lantai	1.20	0.25	25.00	6.25
2	Girder	0.50	1.20	25.00	15.00
3	Diafragma			Qd =	0.29
				Q _{MS} =	21.54

Gambar 2. Tabel perhitungan beban sendiri (*Analisis peneliti 2024*)

Dari hasil perhitungan pada tabel, didapatkan beban sebesar 21.54 kN/m. Perhitungan ini memberikan pengaruh dimensi dan berat material terhadap beban yang harus ditanggung oleh balok, sehingga dapat digunakan dalam analisis dan perancangan struktur secara akurat. Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat berat sendiri (M_S):

$$\begin{aligned} \text{Momen } (M_{MS}) &= \frac{1}{8} \cdot Q_{MS} \cdot L^2 \\ &= 1077 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser } (V_{MS}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{MS} \cdot L \\ &= 215 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Beban Mati Tambahan (M_A)

Beban mati tambahan (superimposed dead load) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Jembatan direncanakan harus mampu memikul beban tambahan seperti :

- Penambahan lapisan aspal (*overlay*) dikemudian hari.
- Genangan air hujan jika system drainase tidak bekerja dengan baik.

Dijelaskan pada gambar dibawah sebagai berikut:

No.	Jenis	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat (kN/m ³)	Beban (kN/m)
		a	b	c	d=a.b.c
1	Lap.Aspal+overlay	1.20	0.10	22.00	2.64
2	Air hujan	1.20	0.05	9.80	0.59
Σ Beban mati tambahan :				Q _{MA} =	3.23

Gambar 3. Tabel beban mati tambahan pada slab (*Analisis Peneliti 2024*)

Dari hasil perhitungan ini, didapatkan nilai beban sebesar 3.23 kN/m. Hasil ini digunakan untuk memastikan bahwa balok mampu menahan beban sesuai dengan spesifikasi perancangan struktur yang telah ditetapkan.

Gaya geser dan momen pada balok-T akibat beban mati tambahan (M_A) :

$$\begin{aligned} \text{Momen } M_{MA} &= \frac{1}{8} \cdot Q_{MS} \cdot L^2 \\ &= 161,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser } V_{MA} &= \frac{1}{2} \cdot Q_{MS} \cdot L \\ &= 32,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban Lalu Lintas

- Beban lajur "D" (TD)

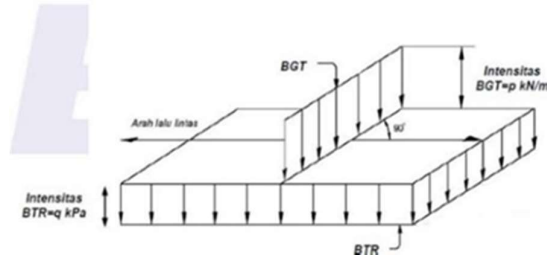
Beban kendaraan mencakup beban lajur "D" mencakup beban garis terpusat, serta beban terbagi rata yang mempunyai intensitas q (kPa)

EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN METODE SNI 1725-2016 (STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA KABUPATEN KEPULAUAN ARU)

yang bergantung terhadap panjangnya bentang yang dijelaskan pada rumusan berupa:

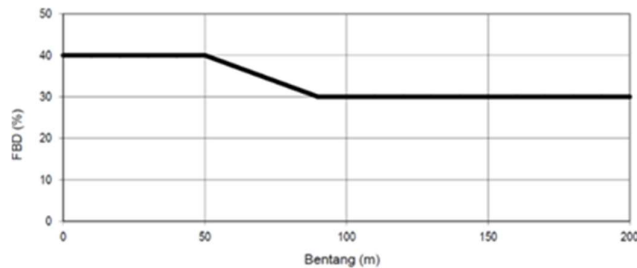
$$q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{guna } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \cdot (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \quad \text{guna } L \geq 30 \text{ m}$$



Gambar 4. Beban lajur “D” (Sumber SNI 1725-2016)

Faktor beban ultimit (KTD): 2,00
 Panjang bentang (L): 20,00 m
 Faktor beban dinamis (FBD) $L < 30 \text{ m}$: 0,40
 Intensitas BGT (p) : 44.00 kN/m
 Jarak antar balok (s): 1,20 m



Gambar 5. Faktor Beban Dinamis (FBD) (Sumber SNI 1725-2016)

Beban lajur terhadap balok (Q_{TD})

$$Q_{TD} = q \cdot s = 10,80 \text{ kN/m}$$

Beban terporos terhadap balok (P_{TD})

$$P_{TD} = (1 + F_{BD}) \cdot p \cdot s = 73,92 \text{ kN}$$

Gaya geser yang terjadi terhadap balok-t sebab beban D:

$$V_{TD} = \frac{1}{2} \cdot (Q_{TD} \cdot L + P_{TD}) = 144,96 \text{ kN/m}$$

Momen yang terjadi pada balok (M_{TD})

$$M_{TD} = \frac{1}{8} \cdot Q_{TD} \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_{TD} \cdot L = 909,6 \text{ kNm}$$

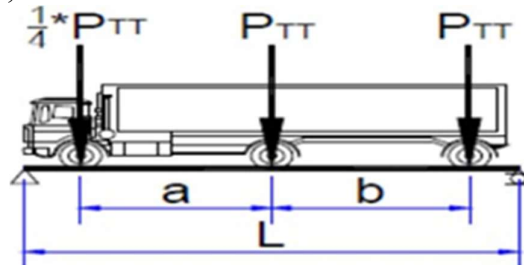
- Beban Truk “T” TT
 Faktor beban ultimit (K_{TT}): 1,80

Selaras dengan kebijakan RSNI T;02;2005 “beban hidup pada lantai Jembatan berupa beban roda ganda oleh truk sebesar (T) 112,5 kN”. Melainkan beban truk dipilih (FBD) 40% = 0,40.

Beban truk T (TT) : (1+FBD). T

Beban truk T (TT) : (1+0,40). 112,5 kN

$$P_{TT} = 96,14 \text{ kN}$$



Gambar 6. Akibat beban truk (Sumber: RSNI 02-2005)

Jarak antar roda a dan b : 5,00 m

$$V_{TT} = \frac{\left(\frac{9}{8}L - \frac{1}{4} \cdot a + b\right)}{L \cdot P_{TT}} = 0,0136 \text{ kN}$$

Gaya momen serta gaya geser terhadap balok-T sebab beban truk.

$$M_{TT} = V_{TT} \cdot \frac{1}{2} - P_{TT} \cdot b = 480,693 \text{ kNm}$$

- Gaya Rem (TB)

Gaya rem (HTB) : 250 kN

Gaya rem guna $L_t \leq 30 \text{ m}$ ($T_{TB} = H_{TB}/n_{girder}$): 31,25 kN

Gaya rem $T_{TB} = 5\%$ beban lajur “D” tanpa faktor dinamis:

$$Q_{TD} = 10,80 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = 52,80 \text{ kN}$$

$$T_{TB} = 13,44 \text{ kN/ 50 kN}$$

Gaya rem diambil (T_{TB}) 50 kN

Lengan terhadap titik berat balok: 2,63 m

Beban momen sebab gaya rem: 131,25 kNm

Gaya momen serta gaya geser terbesar terhadap balok sebab gaya rem

$$V_{TB} = \frac{M}{L} = 6,56 \text{ kN}$$

$$M_{TB} = \frac{1}{2} \cdot M = 65,63 \text{ kNm}$$

- a. Beban Angin (EW)

Hal ini mengarah terhadap dasar lantai jembatan sebab beban angin yang meniup kendaraan pada atas lantai jembatan, dikalkulasikan dengan rumus berikut:

Faktor beban ultimit (K_{EW}) : 1,20

$$T_{EW} = 0,0012 \cdot CW \cdot (VW)^2$$

Pada ketentuan sebagai berikut :

$$CW : 1,2$$

EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN METODE SNI 1725-2016 (STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA KABUPATEN KEPULAUAN ARU)

VW : 35 m/detik (cepatnya angin)

Tingkatan beban angin yang menghembus sektor samping kendaraan.

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0012 \cdot CW \cdot (VW)^2 \\ &= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (35)^2 \\ &= 1,764 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

sektor vertikal yang dihembuskan angin berupa sektor samping secara tinggi (h) 2,00 m diatas lantai jembatan serta jarak (x) 1,75 m. dikalkulasikan berupa:

$$\begin{aligned} Q_{EW} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{x} \cdot T_{EW} \\ &= 1,008 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 7. Gaya angin tambahan horizontal di permukaan lantai jembatan. (Sumber: RSNI 02-2005)

Bentang Panjang balok: 20,00 m

Gaya momen serta gaya geser terhadap balok sebab beban angin (EW)

$$\begin{aligned} V_{EW} &= \frac{1}{2} \cdot Q_{EW} \cdot L \\ &= 10,080 \text{ kN} \\ V_{EW} &= \frac{1}{8} \cdot Q_{EW} \cdot L^2 \\ &= 50,400 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Kombinasi Beban Ultimate

Hal ini biasa dipakai terhadap pembebanan balok yang diuraikan dalam gambar berikut.

KOMBINASI MOMEN ULTIMATE				Komb-1	Komb-2	Komb-3
No.	Jenis Beban	Faktor Beban	M (kNm)	Mu (kNm)	Mu (kNm)	Mu (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1.80	1077	1939	1939	1939
2	Beban mati tambahan (MA)	2.00	161	323	323	323
3	Beban lajur "D" (TD/TT)	2.00	910	1819	1819	1819
4	Gaya rem (TB)	2.00	66	131	131	
5	Beban angin (EW)	1.20	50	60		
				4273	4212	4081

Gambar 8. Tabel perhitungan kombinasi momen ultimit (Analisis peneliti 2024)

Berdasarkan analisis kombinasi momen ultimate pada tabel di atas, dihasilkan dari berbagai jenis beban menunjukkan variasi yang signifikan. Kombinasi momen ultimate tertinggi tercatat pada Kombinasi 1 dengan nilai total 4273 kNm, diikuti oleh Kombinasi 2 dengan 4212 kNm dan Kombinasi 3 dengan 4081 kNm. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor beban, termasuk berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban lajur, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap momen ultimate struktur.

KOMBINASI GAYA GESER ULTIMATE				Komb-1	Komb-2	Komb-3	
No.	Jenis Beban	Faktor Beban	V (kN)	Vu (kN)	Vu (kN)	Vu (kN)	
1	Berat sendiri (MS)	1.80	215	388	388	388	
2	Beban mati tambahan (MA)	2.00	32	65	65	65	
3	Beban lajur "D" (TD/TT)	2.00	207	413	413	413	
4	Gaya rem (TB)	2.00	7	13	13		
5	Beban angin (EW)	1.20	10	12			
				891	879	866	

Gambar 9. Tabel perhitungan kombinasi gaya geser ultimate

(Analisis peneliti 2024)

Analisis gaya geser ultimate pada tabel di atas menunjukkan bahwa Kombinasi 1 menghasilkan gaya geser total tertinggi sebesar 891 kN, diikuti oleh Kombinasi 2 sebesar 879 kN, dan Kombinasi 3 sebesar 866 kN. Beban berat sendiri dan beban lajur "D" memberikan kontribusi terbesar pada setiap kombinasi. Sementara itu, beban angin dan gaya rem hanya berpengaruh pada Kombinasi 1 dan 2. Dari hasil perhitungan kombinasi yang didapat maka momen ultimate rencana balok diambil sebesar (M_u) 4,273 kNm, untuk gaya geser ultimate rencana pada balok (V_u) diambil sebesar 891 kN.

B. Evaluasi Perhitungan Balok-T Beton Bertulang

Pembesian balok dapat dilakukan dengan menghitung tulangan lentur seperti dibawah ini:

1. Tulangan lentur

Proses pengkalkulasian pada balok diuraikan berupa:

- Momen rencana ultimit balok (M_u) = 4273 kNm
- Mutu baja tulangan digunakan U-32

Kuat taik leleh $f_y = U \cdot 10 = 160$ Mpa

Direncanakan lebar badan balok 500 mm dan tinggi balok 600 mm, pada kualitas beton yang dipakai K- 360 dan jarak antar as tulangan pada cakupan luar beton (d') 150 mm.

Kuat tekan beton $f_c = 0,83 \cdot \frac{K}{10} = 29,88$ Mpa

- Faktor wujud sebaran tegangan beton (β_1) = 0,85
- Perhitungan ketangguhan struktur

$$\rho_b = \frac{f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 +} \right)$$

$$= 0,017$$

$$\rho_{max} = \rho_b \left(\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right)$$

EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN METODE SNI 1725-2016 (STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA KABUPATEN KEPULAUAN ARU)

$$\begin{aligned}
 &= 0,475 \cdot \rho_b \\
 &= 0,050 \\
 R_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_v \cdot 1 - \left(\frac{0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) \\
 &= 9,75
 \end{aligned}$$

- Faktor reduksi ketangguhan lentur (ϕ) = 0,80

- Tinggi efektif balok-T (d)

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' \\
 &= 1300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Momen nominal rencana (M_n)

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 5341 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Faktor ketahanan momen

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n \cdot 10^6}{b_{eff} \cdot d^2} \\
 &= 2,6
 \end{aligned}$$

Lebar beton efektif (b_{eff}) dihitung $R_n 2,6 < R_{max} 9,57$ maka dari hasil perhitungan dimana $R_n < R_{max}$ telah memenuhi syarat.

- Rasio tulangan yang dibutuhkan Nilai ρ dipakai maksimum adalah = 0,017

- Kuat perlu atau gaya dalam akibat beban kerja (R_u)

Kuat rencana \geq Kuat perlu

$$\begin{aligned}
 (\phi \cdot R_n) &\geq (R_u) \\
 (0,8 \cdot 2,6) &\geq (0,107) \\
 (2,08) &\geq (0,107) \text{ OK}
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_{Sperlu} &= \rho \cdot b_{eff} \cdot d \\
 &= 0,017 \cdot 1200 \cdot 1300 \\
 &= 2716 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter yang dipakai ϕ 32 mm Luas tulangan yang digunakan dihitung menggunakan :

$$\begin{aligned}
 A_{S1} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \\
 &= 804,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Total tulangan yang dipakai

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_S}{A_{S1}} \\
 &= 33,78 \approx 34 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 34 D 32. Dengan luas tulangan yang digunakan:

$$\begin{aligned}
 A_S &= A_{S1} \cdot n \\
 &= 804,25 \cdot 33,78 \\
 &= 27,167 > A_{Sperlu} 26,831 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

- Jarak bersih antar tulangan

$$x = \frac{b - nt \cdot D - 2 \cdot td \cdot ds}{nt - 1}$$

$$= 44,8 \text{ mm} > 35 \text{ mm}$$

Memastikan agar balok daktil, maka dipilih 30% tulangan Tarik maka:

$$A_s' = 30\% \cdot A_s$$

$$= 8.150 \text{ mm}^2$$

Dengan digunakan tulangan:

$$n' = \frac{A_s}{A_s'}$$

$$= 10,13 \approx 11 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan tulangan lentur menunjukkan tinggi balok efektif 1000 mm, rasio tulangan 0,017, dan kebutuhan tulangan 33,78 mm². Diperoleh 34 batang tulangan berdiameter 32 mm dengan jarak bersih antar tulangan 45 mm. Karena jarak ini memenuhi syarat, maka dinyatakan aman.

C. Lendutan

Lendutan atau lentur adalah perubahan bentuk balok pada sumbu y karena gaya vertikal yang diberikan pada balok.

- Inersia bruto penampang balok

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= 0,127 \text{ m}^4$$

- Modulus runtuh lentur beton pada balok

$$f_r = 0,7 \cdot (f'_c \cdot 10^3)^{0,5}$$

$$= 3826,38 \text{ kPa}$$

- Nilai perbedaan modulus elastis

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= 7,8$$

$$= n \cdot A_s$$

$$= 7,8 \cdot 0,027$$

$$= 0,211 \text{ m}^2$$

- Jarak garis netral pada cakupan atas beton

$$C = n \cdot A_s / b$$

$$= 7,8 \cdot 0,027 / 0,50$$

$$= 0,423 \text{ m}$$

- Inersia penampang retak yang digabungkan kepada beton dikalkulasikan dengan persamaan berupa:

$$y_t = \frac{h}{2}$$

$$= 0,73 \text{ m}$$

- Momen retak yang dialami bias dikalkulasikan secara kesamaan berupa:

$$M_{Cr} = f_r \cdot I_g / y_t$$

$$= 3826,38 \cdot 0,127 / 0,73$$

$$= 670,4 \text{ Nmm}$$

- Momen sebab beban hidup serta beban mati ($M_D + M_L$) diuraikan dalam gambar tabel berikut.

EVALUASI STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN METODE SNI 1725-2016 (STUDI KASUS JEMBATAN MARBALI JL.TUGU DOBO-DURJELA KABUPATEN KEPULAUAN ARU)

No.	Jenis Beban	Momen (kNm)
1	Berat sendiri (MS)	1077.13
2	Beban mati tambahan (MA)	161.40
3	Beban lalu lintas (TD/TT)	909.60
4	Gaya rem (TB)	65.63
	MD+ML=	2213,75 kNm

Gambar 10. Momen sebab beban hidup serta beban mati
(Analisis peneliti 2024)

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada pokok pembahasan sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai momen ultimit (M_u) sebesar 66,00 kNm lebih besar (\geq) dari nilai ρ (Intensitas BGT) 44,00 kNm, sehingga telah memenuhi syarat kontrol dan sesuai dengan standar.
2. Nilai R_n (faktor tahanan momen) sebesar 0,02372 kN lebih kecil ($<$) dari R_{max} (faktor tahanan momen maksimum) sebesar 0,03225 kN ; dan nilai ρ (rasio tulangan yang diperhitungkan) sebesar 0,017 mm lebih besar (\geq) dari ρ_{min} (rasio tulangan yang dibutuhkan) sebesar 0,009 mm ; dan nilai A_S (luas tulangan yang digunakan) sebesar 27,167 mm² lebih besar ($>$) dari A_{sperlu} (luas tulangan yang dibutuhkan) 26,831 mm². Sehingga telah memenuhi syarat dan sesuai standar. 0,009 mm ; dan nilai A_S (luas tulangan yang digunakan) sebesar 27,167 mm² lebih besar ($>$) dari A_{sperlu} (luas tulangan yang dibutuhkan) 26,831 mm². Sehingga telah memenuhi syarat dan sesuai standar.
3. Lendutan terhadap balok-T yang dihasilkan yakni nilai δ kombinasi I sebesar 0,017 m lebih kecil (\leq) dari nilai δ_{max} sebesar 0,083 m, nilai δ kombinasi II sebesar 0,016 m lebih kecil (\leq) dari nilai δ_{max} sebesar 0,083 m dan nilai δ kombinasi III sebesar 0,016 m lebih kecil (\leq) dari nilai δ_{max} sebesar 0,083 m, sehingga telah memenuhi syarat dan sesuai dengan standar.

DAFTAR REFERENSI

- Anjani, A., Nugroho, M. W., Sundari, T., & Ramadhani, R. (2023). Analisis Proyek Pembangunan Jembatan Pelabuhan Patimban Menggunakan Metode Earned Value. *Jurnal Sipil Sains*, 13(2), 160–166. <https://doi.org/10.33387/sipilsains.v13i2.6488>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepulauan Aru. (2022). *STATISTIK DAERAH KABUPATEN KEPULAUAN ARU*.
- Bakhtiar Aziz, A. A. (2021). Perencanaan Jembatan Rangka Bentang Panjang Tipikal Pada Sungai Mahakam, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal JOS-MRK*, 2(1), 11–17. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.01.11-17>
- Budiarto, B. (2020). Perencanaan Balok T Konvensional Pada Super Struktur Jembatan (Conventional T Beam Design Study On Bridge Superstructure). *Jurnal Aplikasi*

- Teknik Dan Sains (JATS)*, 2(1), 1–12.
- Mayendra, J. (2018). Evaluasi dan Desain Ulang Jembatan Beton Bertulang T-Girder Menggunakan SNI 1725-2016 (Studi Kasus: Jembatan Tj.Kapal-Batu Panjang Kec.Rupat). *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT)*, 8, 293–328.
- Qosim, M. (2016). Perencanaan Struktur Atas Jembatan Jalan Raya dengan Konstruksi Lengkung di Sungai Disanah Desa Marparan Kecamatan Sreseh Kabupaten Sampang. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 1(1), 46–55.
- Rizki, L. K. (2021). Perancangan Struktur Atas Jembatan Sungai Mesim Menggunakan Rangka Baja Berdasarkan Sni 1725:2016. *Racic : Rab Construction Research*, 6(2), 112–128. <https://doi.org/10.36341/racic.v6i2.2130>
- Safri, M. (2017). Kelayakan dan Dampak Pembangunan Jembatan Muara Bulian Terhadap Pengembangan Ekonomi Wilayah Kabupaten Batang Hari. *Prosiding Simposium II, September*, 7.
- Silitonga, A. (2023). Analisa Struktur Atas Dan Struktur Bawah Jembatan Underpass Jalan Nasional STA 1-140 Proyek Jalan Tol Ruas Binjai - Langsa Seksi 1 Binjai - P. Brandan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1), 323–340.
- Silondae, Sutami; Muthalib, H. A. A. E. (2016). Keterkaitan Jalur Transportasi dan Interaksi Ekonomi Kabupaten Konawe Utara dengan Kabupaten Kota Sekitarnya. *Jurnal Progres Ekonomi Pembangunan*, 1(1), 49–64.
- Silvana, indah. (2000). *Proyek Peningkatan Jalan Dan Penggantian Jembatan Cileunyi-Nagreg Paket a-54 (Fly Over Nagrog)*.
- SNI. (n.d.). *Standar pembebanan untuk jembatan*.
- Zaeni, M. R. (2022). Analisis Nilai Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode Rating Factor (Jembatan Pelawi – Baturaja). *Jurnal Teknik Sipil*, 08(03), 154–164.