

ANALISIS STRUKTUR TIPE WARREN UNTUK RANGKA ATAS JEMBATAN (STUDI KASUS: JEMBATAN KOTO ILALANG, BASO)

RIDHA SARI, SUTRIA DESMAN, HANIFAH ASNUR

Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh

ridhasaridjanihar@gmail.com, ris.abak44@gmail.com, hanifasya76@gmail.com

Abstract: *The bridge structure calculation should be carried out in detail and thoroughly. Like any other civil buildings, bridges involve the livelihood of many people. So that a small mistake in planning can be fatal. The Air Koto Ilalang Bridge, which is located on the border of Payakumbuh – Baso, has an important role in connecting Bukittinggi, Limapuluh Kota and Payakumbuh as well as being part of the main connecting route between West Sumatra Province and Riau. Built in 1980, this bridge took a reconstruction in 2020. In this study, an analysis was carried out on the superstructure of the Koto Ilalang bridge with warren type of structure ; loading analysis, calculation of reinforcement for floor plates and the sidewalks, calculating the profile of the transverse girder and the main girder of the bridge. The results show that the bridge floor plate thickness is 30 cm. And the dimensions of the reinforcement on the floor slab are reinforcement 16 – 200 mm at the pedestal and the field. For stringers and transverse girders, steel structure profiles are used IWF 582.300.12.17 as stringers, IWF 900.300.16.28 as transverse girders, IWF 428.407.20.35 as main girders. Meanwhile, the deflection control obtained a value of 1.1224 cm, where this figure is still within the safe limit because the allowable deflection limit is 9 cm.*

Keywords: *Steel, Bridge, Warren Truss, Stringer*

Abstrak: Perhitungan struktur jembatan semestinya dilakukan secara terperinci serta menyeluruh. Karena sebagaimana bangunan sipil lainnya, jembatan menyangkut hajat hidup masyarakat banyak. Sehingga kesalahan kecil pada perencanaan dapat berakibat fatal. Jembatan Koto Ilalang, yang terdapat di perbatasan Kota Payakumbuh – Baso, memiliki peran penting dalam menghubungkan Bukittinggi, Limapuluh Kota dan Payakumbuh serta menjadi bagian dari jalur penghubung utama Provinsi Sumatera Barat dengan Riau. Dibangun pada 1980, jembatan ini mendapatkan pembangunan ulang di tahun 2020. Pada penelitian ini dilakukan analisa pada struktur atas jembatan Koto Ilalang dengan struktur tipe warren; yaitu analisa pembebanan, perhitungan penulangan pelat lantai dan trotoar, menghitung profil gelagar melintang, gelagar utama jembatan. Dari hasil perhitungan didapatkan tebal plat lantai jembatan adalah 30 cm. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan dimensi tulangan pada pelat lantai yaitu tulangan Ø16 – 200 mm pada tumpuan dan lapangan. Untuk stringer dan gelagar melintang menggunakan profil baja struktur profil baja IWF 582.300.12.17 sebagai stringer, IWF 900.300.16.28 sebagai gelagar melintang, IWF 428.407.20.35 sebagai gelagar utama. Sedangkan dari control lendutan mendapatkan nilai sebesar 1,1224 cm, dimana angka ini masih dalam batas aman dikarenakan batas lendutan yang diijinkan adalah 9 cm.

Kata Kunci: Jembatan, tipe Warren, Stringer.

A. Pendahuluan

Pada sebuah jembatan, struktur bagian atas memiliki peran yang sangat vital. Sebagai bagian yang menerima langsung beban-beban yang diakibatkan oleh lalu lintas, struktur atas akan menyalurkan semua beban yang diterimanya ke struktur bagian bawah jembatan. Struktur bagian atas yang terdiri dari pelat lantai dan gelagar induk harus direncanakan secara detail dan menyeluruh agar jembatan dapat bekerja sesuai fungsi dan umur layannya.

Jalan penghubung antara Bukittinggi, Kabupaten Limapuluh Kota dan Payakumbuh merupakan jalan nasional. Selain menjadi penghubung ketiga Daerah Tingkat II tersebut di atas, jalan ini juga jalan utama yang menghubungkan Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi

Riau. Pada jalan ini terdapat beberapa jembatan yang menghubungkan jalan-jalan yang dipisahkan oleh sungai, salah satunya adalah jembatan Koto Ilalang. Terletak di perbatasan Kota Payakumbuh – Baso, berdekatan dengan PLTA Baso, jembatan ini mengalami pembenahan ulang pada tahun 2020 lalu karena dianggap tidak lagi beroperasi dengan baik.

Penelitian ini memiliki judul ‘Analisa Struktur Atas Jembatan Rangka Tipe *Warren* (Studi Kasus: Jembatan Air Titi, Cs)’ dan berfokus kepada perencanaan struktur dari gelagar melintang, gelagar utama dan sambungan pada struktur atas dari jembatan Koto Ilalang.

B. Metodologi Penelitian

Jembatan Koto Ilalang bertempat di Perbatasan Kota Payakumbuh-Baso, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1. Peta Lokasi Jembatan

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari data perencanaan ulang jembatan. Berikut data-data teknis jembatan ini:

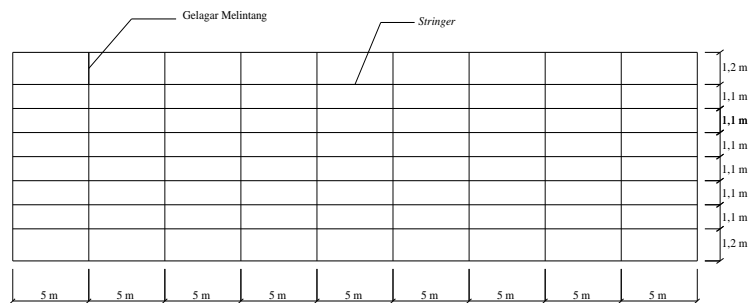
- a. Jenis jembatan: rangka
- b. Panjang jembatan: 45 meter
- c. Lebar jembatan: 9 meter
Lebar jalan: 7 meter
Lebar trotoar: (2 x 1) meter
- d. Tinggi jembatan: 6,3 meter
- e. Tebal lantai beton: 0,30 meter
- f. Tebal aspal: 0,05 meter
- g. Tebal trotoar: 0,25 meter

Metode penelitian ini diuraikan sebagaimana berikut ini: 1) Studi literature, dengan mengumpulkan sumber-sumber literature yang berkaitan dengan penelitian ini, baik berupa peraturan-peraturan, standar perhitungan, serta jurnal dan atau buku yang berkaitan; 2) Pengumpulan data, mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan jembatan; 3) Analisa data dan pembebanan; 4) Perhitungan pelat lantai dan trotoar; 5) Perhitungan gelagar memanjang dan gelagar melintang; 6) Perhitungan gelagar utama; 7) Kontrol elemen struktur atas; dan 8) Menarik kesimpulan dan saran.

C.Hasil dan Pembahasan

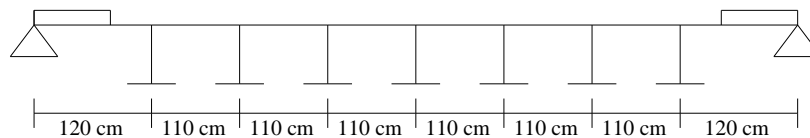
1.Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan

Berikut ini gambar struktur lantai jembatan yang direncanakan.



Gambar 2. Denah lantai jembatan

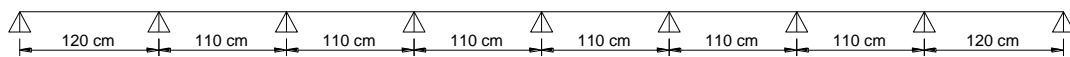
Pada gambar 4 disajikan denah potongan melintang dari lantai jembatan.



Gambar 3. Potongan melintang pelat lantai kendaraan

2.Pembebanan Lantai Kendaraan

Untuk perhitungan pembebanan lantai kendaraan, pelat lantai disumsikan sebagaimana balok pada gambar 4.



Gambar 4. Perletakan sendi untuk perhitungan pelat lantai

Dengan bantuan aplikasi SAP 2000 v14.2.2 , dilakukan analisa struktur pelat lantai jembatan. Dan didapatkan momen maksimum pada tumpuan dan lapangan :

		KUAT 1	KUAT 2	EKSTRIM 1
Momen	Tumpuan	-3723,91 kgm	-2921,75 kgm	-1116,91 kgm
Maks	Lapangan	3723,91 kgm	2921,75 kgm	1116,91 kgm

Tabel 1. Momen tiap-tiap batang

3.Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

Perhitungan penulangan dilakukan berdasarkan kepada kondisi ultimit.

Tulangan Lapangan (tulangan lentur positif)	
Momen rencana (Mu)	3723,91 kgm
Tebal plat (h)	30 cm
Tebal selimut beton (d')	30 mm
B	1000 mm
Fy	420 MPa
fc'	30 MPa

Dipakai tulangan Ø16 – 200 mm
 Dipakai Ø12 – 250 mm (tulangan bagi)

Tulangan Tumpuan (tulangan lentur negatif)	
Momen rencana (Mu)	3723,91 kgm
Tebal plat (h)	30 cm

Tebal selimut beton (d')	30 mm
B	1000 mm
Fy	420 MPa
fc'	30 MPa

Dipakai tulangan $\varnothing 16 - 200$ mm
 Dipakai $\varnothing 12 - 250$ mm (tulangan bagi)

4. Penulangan Trotoar

Persyaratan penulangan satu arah:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{5}{1} = 5 > 2$$

Ditinjau untuk bentang 1 m ($b = 1000$ mm)

Momen rencana (M_u) 1,0815 kNm

Tebal plat (h) 25 cm

Tebal selimut beton (d') 25 mm

Fy 420 MPa

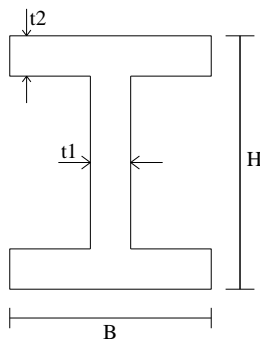
fc' 30 MPa

Dipakai tulangan $\varnothing 12 - 125$ mm

Dipakai $\varnothing 10 - 200$ mm (tulangan bagi)

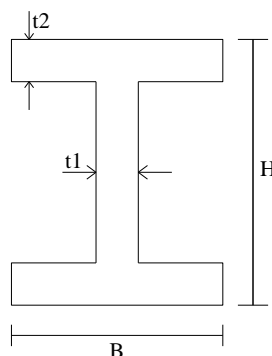
5. Perencanaan Gelagar

Stringer. Untuk dasar pembebanan digunakan total kombinasi momen ultimit 195,4131 kNm dan kombinasi gaya geser ultimit 156,3305 kNm. Maka dicoba profil dengan detail berikut:



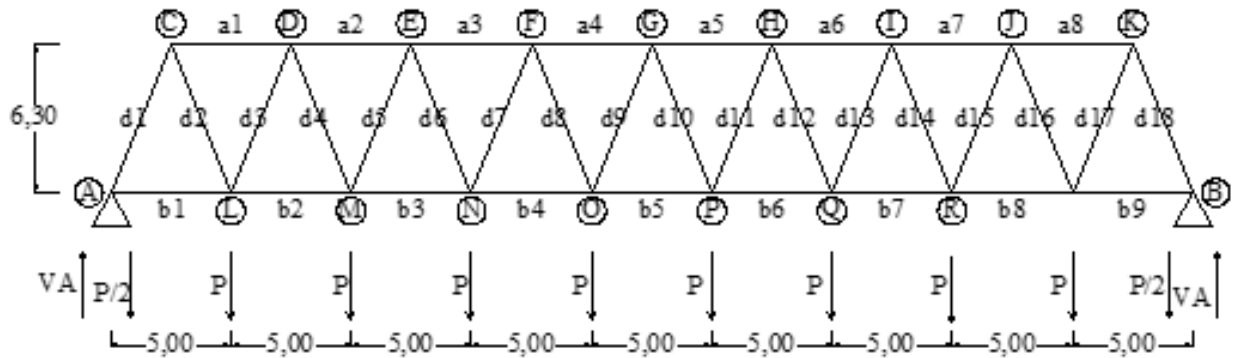
H = 582 mm	G = 137 kg/m
B = 300 mm	Ix = 103000 cm ⁴
t1 = 12 mm	Iy = 7670 cm ⁴
t2 = 17 mm	Wx = 3530 cm ³
A = 174,5 cm ²	Wy = 511 cm ³

Gelagar Melintang. Dari perhitungan pembebanan didapatkan kombinasi momen ultimit sebesar 1465,7041 kNm dan kombinasi gaya geser ultimit 576,5568 kNm. Maka digunakan profil dengan dimensi berikut:



H = 900 mm	G = 243 kg/m
B = 300 mm	Ix = 411000 cm ⁴
t1 = 16 mm	Iy = 12600 cm ⁴
t2 = 28 mm	Wx = 9140 cm ³
A = 309,8 cm ²	Wy = 843 cm ³

Gelagar Utama. Perhitungan pembebanan mengacu kepada gambar berikut

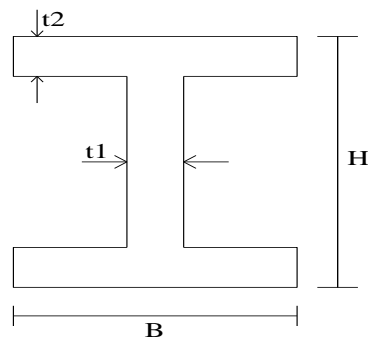


Gambar 5. Penamaan dan tata letak batang

Tabel 6. Rekap beban pada gelagar utama

Batang	Berat Sendiri	Berat Tambahan	Beban Lajur D	Beban Angin
Batang Atas				
a1=a8	(-)27472,1731	(-)9999,9821	(-)70733,2000	(-)10476,1905
a2=a7	(-)48076,3030	(-)17499,9687	(-)123783,1000	(-)18333,3333
a3=a6	(-)61812,3896	(-)22499,9598	(-)159149,6900	(-)23571,4286
a4=a5	(-)68680,4330	(-)24999,9554	(-)176832,9800	(-)26190,4762
Batang Bawah				
b1=b9	(+)13736,0866	(+)4999,9911	(+)35366,6000	(+)5238,0952
b2=b8	(+)37774,2381	(+)13749,9755	(+)97258,1500	(+)14404,7619
b3=b7	(+)54944,3463	(+)19999,9644	(+)141466,4000	(+)20952,3810
b4=b6	(+)65246,4113	(+)23749,9577	(+)167991,3400	(+)24880,9524
b5	(+)68680,4329	(+)24999,9555	(+)176832,9900	(+)26190,4762
Batang Diagonal				
d1=d18	(-)37240,8150	(-)13555,8073	(-)95884,7700	(-)14201,3254
d2=d17	(+)37240,8150	(+)13555,8073	(+)95884,7700	(+)14201,3254
d3=d16	(-)27930,6113	(-)10166,8555	(-)71913,55	(-)10650,9940
d4=d15	(+)27930,6113	(+)10166,8555	(+)71913,55	(+)10650,9940
d5=d14	(-)18620,4076	(-)6777,9037	(-)47942,36	(-)7100,6627
d6=d13	(+)18620,4076	(+)6777,9037	(+)47942,36	(+)7100,6627
d7=d12	(-)9310,2039	(-)3388,9519	(-)23971,17	(-)3550,3313
d8=d11	(+)9310,2039	(+)3388,9519	(+)23971,17	(+)3550,3313
d9=d10	(-)0,0002	(-)0,0001	(-)0,0020	0,0000

Profil yang digunakan untuk batang atas, batang bawah dan batang diagonal :

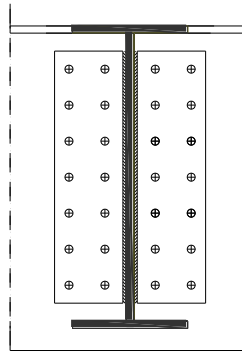


H	= 428 mm	G	= 283 kg/m
B	= 407 mm	ix	= 18,2 cm
t1	= 20 mm	iy	= 10,4 cm
t2	= 35 mm	A	= 360,7 cm ²

6. Perhitungan Sambungan

Sambungan Gelagar Melintang dengan Gelagar Utama

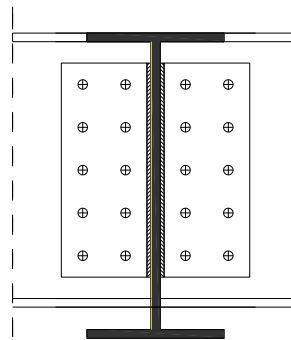
Jenis baut	: A325
f_u^b	: 725 MPa
D	: 3,2 cm
a	: 10 cm
nx	: 4 buah
ny	: 7 baris
ϕ_t	: 0,75
ϕ_f	: 0,75
Pelat sambung	: Profil siku 200.200.15
t	: 15 mm
f_y	: 240 MPa
f_u^p	: 370 MPa
H	: 700 mm
b	: $(200 \times 2) + 16 = 416$ mm



Gambar 6. Susunan baut pada pelat sambung

Sambungan Gelagar Melintang dengan Stringer

Jenis baut	: A325
f_u^b	: 725 MPa
D	: 2,9 cm
a	: 10 cm
nx	: 4 buah
ny	: 5 baris
ϕ_t	: 0,75
ϕ_f	: 0,75
Pelat sambung	: Profil siku 200.200.15
t	: 15 mm
f_y	: 240 MPa
f_u^p	: 370 MPa
H	: 500 mm
b	: $(200 \times 2) + 12 = 412$ mm



Gambar 7. Susunan baut pada pelat sambung gelagar melintang dengan *stringer*

Perhitungan Sambungan Gelagar Utama

Jenis baut	: A325
d	: 25 cm
σ	: 725 MPa
Ab	: 4,9087 cm ²
tp	: 15 mm
r1	: 0,4
ϕf	: 0,75

Tabel 7. Rekapitulasi jumlah baut pada gelagar utama

BATANG	Gaya batang	Ps	Jumlah Baut	Jumlah Baut
Batang Atas				
a1 = a8	70733.2000	10676.423	6.6252	8
a2 = a7	123783.1000	10676.423	11.5941	12
a3 = a6	159149.6900	10676.423	14.9066	16
a4 = a5	176832.9800	10676.423	16.5629	18
Batang Bawah				
b1 = b9	35366.6000	10676.423	3.3126	8
b2 = b8	97258.1500	10676.423	9.1096	10
b3 = b7	141466.4000	10676.423	13.2504	16
b4 = b6	167991.3400	10676.423	15.7348	16
b5	176832.9900	10676.423	16.5629	18
Batang Diagonal				
d1 = d18	95884.7700	10676.423	8.9810	10
d2 = d17	95884.7700	10676.423	8.9810	10
d3 = d16	71913.55	10676.423	6.7357	8
d4 = d15	71913.5500	10676.423	6.7357	8
d5 = d14	47942.36	10676.423	4.4905	8
d6 = d13	47942.3600	10676.423	4.4905	8
d7 = d12	23971.17	10676.423	2.2452	8
d8 = d11	23971.1700	10676.423	2.2452	8
d9 = d10	0.0020	10676.423	0.0000	8

D.Penutup

Dari keseluruhan penelitian ini dapat diambil kesimpulan yang diuraikan sebagai berikut:

1. Dengan mengacu kepada standar pembebanan SNI 1725:201, didapatkan momen maksimum :

Kuat I: 3723,91 kgm

Kuat II: 2921,75 kgm

Extrem I: 1116,91 kgm

Dengan perhitungan selanjutnya diambil momen maksimum pada kombinasi pembebanan Kuat 1 dikarenakan nilai yang dihasilkannya adalah yang terbesar.

2. Dari perhitungan didapatkan penulangan :

Untuk pelat lantai

Tinggi pelat : 300 mm

Tulangan lapangan (lentur): D16-200

Tulangan lapangan (bagi): D12-250

Tulangan tumpuan (lentur): D16-200

Tulangan tumpuan (bagi): D12-250

Untuk trotoar

Tulangan trotoar: D12-125

Tulangan bagi: D10-200

3. Profil gelagar dan penghubung geser dari hasil analisa:

Profil gelagar

Stringer: IWF 582.300.12.17

Gelagar melintang: IWF 900.300.16.28

Gelagar Utama: IWF 428.407.20.35

Dengan control lendutan yang terjadi adalah 1,1224 cm, atau masih dalam batas aman (< 9 cm).

Penghubung geser

Tipe digunakan: Stud

Diameter: Ø 20 mm

Tinggi : 100 mm

Jumlah : 2 buah dalam arah tegak lurus

4. Sambungan yang digunakan :

Antara gelagar melintang dengan gelagar utama

Baut :

Jenis baut: Baut mutu tinggi A325

Diameter baut: 3,2 cm

Jumlah baut dalam 1 baris: 4 buah

Jumlah baris: 7 baris

Pelat sambung : Profil siku 200.200.15

Antara *sring* – gelagar melintang

Baut :

Jenis baut: Baut mutu tinggi A325

Diameter baut: 2,9 cm

Jumlah baut dalam 1 baris: 4 buah

Jumlah baris: 5 baris

Pelat sambung : Profil siku 200.200.15

Gelagar utama :

Baut :

Jenis baut: Baut mutu tinggi A325

Diameter baut: 2,5 cm

Jumlah baut

Batang Atas

a1 = a8 8 buah

a2 = a7 12 buah

a3 = a6 16 buah

a4 = a5 18 buah

Batang Bawah

b1 = b9	8 buah
b2 = b8	10 buah
b3 = b7	16 buah
b4 = b6	16 buah
b5	18 buah

Batang Diagonal

d1 = d18	10 buah
d2 = d17	10 buah
d3 = d16	8 buah
d4 = d15	8 buah
d5 = d14	8 buah
d6 = d13	8 buah
d7 = d12	8 buah
d8 = d11	8 buah
d9 = d10	8 buah

Pelat sambung : pelat baja tebal 15 mm

Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I – 2*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia*. 1984. Cetakan ke-II, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Standar Nasional Indonesia (SNI). *Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725: 2016)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sunggono, 1984. *Buku Teknik Sipil*. Bangung: Nova