

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA A-60 M DI KABUPATEN SUPIORI PROVINSI PAPUA

Andi Syamsudin¹⁾, Eko Darma²⁾, Aminudin Azis³⁾

¹⁾ Alumni Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi

^{2,3)} Dosen Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi

Jl. Cut Meutia No. 83 Bekasi Telp. 021-88344436

Email: andi.syamsudin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Isolasi yang disebabkan oleh kekurangan sarana transportasi adalah kendala utama pembangunan sosial ekonomi di sebagian besar daerah. Beberapa daerah luas dan berpenduduk tidak terjangkau oleh jalan dan hasil bumi biasanya diangkut dengan tenaga manusia. Kekurangan sarana komunikasi menjadi penghalang penyebaran gagasan dan teknologi baru, membatasi akses ke pasar dan sektor pelayanan umum, menghambat produksi serta meningkatkan kesulitan memperoleh masukan untuk produksi dan kebutuhan sehari-hari dengan harga wajar. Disisi lain tingkat kebutuhan akan jembatan dengan struktur terbuat dari baja telah sejak jaman dahulu digunakan sebagai bangunan infrastruktur bahkan dalam dekade akhir masih digunakan. Sehingga penilaian kapasitas jembatan dalam menerima beban lalu lintas modern menjadi sangat penting.

Dalam perencanaan jembatan tahapan yang dimulai dari penentuan beban yang bekerja, standar desain utama yang akan digunakan dan struktur rangka/gelagar yang akan digunakan berikut perkerasan pada lantai jembatan adalah untuk mencapai desain jembatan yang efisien sesuai dengan peruntukannya. Metode perencanaan menggunakan Program SAP 2000 V.11.

Jembatan dirancang untuk umur rencana 50 tahun dengan kemampuan menahan beban gandar sebesar 225 kN, mampu menahan beban mati sebesar 1562,58 kN dan mampu menahan beban hidup sebesar 811,89 kN. Sistem jembatan dibuat *knock down* dan terbuat dari rangka baja solusi jitu mengingat keterbatasan sumber daya alam yang ada dan jembatan rangka baja ini mudah dalam perawatannya.

Key words : Perencanaan, Rangka Baja, Struktur, Jembatan, Program.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Supiori merupakan salah satu kabupaten baru dan merupakan pemekaran dari Kabupaten Biak Numfor, sesuai dengan Undang-Undang Nomor 35 tahun 2003. Kondisi lahan di wilayah Kabupaten Supiori terutama meliputi wilayah dataran rendah (sepanjang pesisir pantai) sampai dengan wilayah ketinggian 2000 m dpl. Yang terdiri atas wilayah dengan ketinggian 0 m – 100 m dari permukaan laut (dpl) yang mengelilingi wilayah Kabupaten Supiori, kemudian 100 m – 500 m dpl yang meliputi sebagian besar wilayah, 500 m – 1000 m dpl dan wilayah puncak dari P. Supiori dengan ketinggian 1000 m –

2000 m dpl yang merupakan wilayah luasan terkecil. Kondisi kelerengan lahan di kabupaten Supiori terdiri atas wilayah dengan kelerengan < 2% yang terletak di pesisir pantai dengan luasan wilayah terkecil, wilayah dengan kelerengan 16 – 25% dan 26 – 40 yang dominan dan wilayah dengan kelerengan 41-65% yang berada di bagian tengah Kabupaten Supiori. Sebagai kabupaten baru yang tentu merupakan tugas yang tidak ringan bagi Pemerintah Daerah untuk membangun wilayah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya, sehingga dalam pembangunan perlu dibuat skala keutamaan atau prioritas agar dapat diperoleh hasil yang optimal. Seperti diketahui, sebagian besar wilayah kabupaten Supiori merupakan kawasan hutan lindung, sehingga dalam penanganan pembangunan aspek kelestarian lingkungan hidup merupakan pertimbangan utama. Perekonomian daerah Supiori sampai dengan saat ini belum dapat dieksploitasi secara maksimal salah satu penyebab karena adanya hambatan infrastruktur terutama jalan dan jembatan. Salah satu Program peningkatan kualitas hidup dan pendidikan masyarakat akan dilaksanakan melalui pembangunan sarana air bersih dan pemenuhan energi listrik bersumber dari pengolahan potensi energi terbarukan yang ada di wilayah Supiori.

Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang maka perumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan suatu konstruksi jembatan yang mampu menampung beban kelas jalan provinsi.
2. Tipe dan bentuk jembatan manakah yang cocok untuk kondisi tersebut diatas.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merencanakan struktur jembatan sebagaimana tersebut diatas dengan material baja.
2. Perencanaan struktur jembatan dirancang untuk jangka waktu 50 tahun

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengaplikasikan antara pengetahuan teoritis dengan aplikasi di lapangan.
2. Menambah khazanah pengetahuan perencanaan struktur khususnya untuk struktur jembatan.

Batasan Masalah

Agar penelitian ini fokus dan tidak melebar maka perlu diberi batasan masalah. Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain jembatan dibatasi hanya pada bagian *upper structure*.
2. Standar yang digunakan mengacu pada SNI T-03 baja jembatan tahun 2005.
3. Standar pembebanan mengacu pada BMS 1992 dan SNI T-02 beban jembatan tahun 2005.
4. Perencanaan beban gempa mengacu pada SNI beban gempa untuk jembatan.

3. METODE PERENCANAAN

Perencanaan struktur atas jembatan rangka baja ini tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Pembebanan pada jembatan
2. Perencanaan rangka dan gelagar
3. Perencanaan perkerasan

Sedangkan untuk peraturan-peraturan (codes) yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini adalah :

Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Tahun 1992 (BMS-92).

- a) Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya : DPU 1983.
- b) Peraturan Muatan Jembatan (SK-SNI-T-02-2004)
- c) American Institute of Steel Construction - Load and Resistance Factor Design (AISC- LRFD-2004).
- d) AASHTO 1983 “*Standard Specification for Highway Bridge*”

Pembebanan

Beban yang direncanakan pada perencanaan struktur jembatan ini adalah :

1. Beban primer
Beban primer terdiri dari:
 - a) Beban Mati
 - b) Beban Hidup yang dikenal dengan muatan – D untuk gelagar dan muatan – T untuk lantai kendaraan
 - c) Beban Kejut untuk faktor pengali muatan garis – P
 - d) Gaya akibat tekanan tanah
2. Beban sekunder
Beban sekunder yang direncanakan adalah sebagai berikut:
 - a) Beban Angin
 - b) Beban akibat perubahan suhu
 - c) Beban rem dan traksi
 - d) Beban akibat muai dan susut
 - e) Beban akibat gaya gesekan pada tumpuan bergerak
 - f) Beban gempa bumi (d disesuaikan dengan Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya 1986)
3. Beban khusus
Beban khusus yang direncanakan adalah :
 - a) Beban akibat tabrakan benda hanyut di sungai
 - b) Beban gaya sentrifugal kendaraan di tikungan
 - c) Gaya Tumbukan kendaraan pada pilar jembatan
 - d) Gaya dan beban selama pelaksanaan konstruksi
 - e) Gaya lainnya, seperti gaya angkat.

Setelah beban-beban diatas dihitung maka sebagai perhitungan perencanaan jembatan beban-beban diatas harus dikombinasikan untuk mendapatkan hasil yang optimal:

Besarnya kombinasi pembebanan untuk perencanaan jembatan adalah sebagaimana Tabel.1 dibawah ini:

Tabel 1. Kombinasi pembebanan pada perencanaan jembatan

Kombinasi pembebanan dan gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis
I. $M + (11 + K) + Ta + Tu$	100%
II. $M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm$	125%
III. Kombinasi (1) + $Rm + Gg + A + SR + Tm + S$	140%
IV. $M + Gh + Tag + Gg + Ahg + Tu$	
V. $M + PI$	150%
VI. $M + (H+K) + Ta + S + Tb$	130%
	150%

Keterangan:

- A = beban angin
- Ah = gaya akibat aliran dan hanyutan
- Ahg = gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa
- Gg = gaya gesek pada tumpuan bergerak
- Gh = gaya horizontal ekuivalen akibat gempa bumi
- (H+K) = beban hidup dengan kejut
- M = beban mati
- PI = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
- Rm = gaya rem
- S = gaya sentrifugal
- SR = gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkak)
- Ta = gaya tekanan tanah
- Tag = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
- Tb = gaya tumbuk
- Tu = gaya angkat

Perhitungan perencanaan

Perhitungan perencanaan struktur jembatan untuk bagian *upper structure* tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan perkerasan

Pada bagian ini lantai kendaraan direncanakan dari pelat beton bertulang.

Pelat beton bertulang direncanakan sebagai pelat menerus di atas balok-balok memanjang yang merupakan hubungan geser, sehingga digunakan perencanaan gelagar komposit.

Pada desain perkerasan jikalau acuan yang digunakan adalah dek gelombang metal sebagai acuan tetap maka acuan itu harus dirancang dapat memikul berat sendiri pelat beton bertulang ($\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$) dan berat sendiri dek gelombang.

2. Perencanaan rangka

Perencanaan rangka pada struktur ini terdiri dari perencanaan truss (*varkwerk*) dan perencanaan gelagar.

Pada perencanaan truss rangka baja terdiri dari batang tekan dan batang tarik sedangkan pada perencanaan gelagar momen positif berada di daerah tengah bentang

dan momen negatif di daerah pinggir bentang.

3. Perencanaan sambungan

Sambungan yang digunakan dalam perencanaan struktur jembatan ini adalah sambungan baut dan las.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan desain jembatan dengan menggunakan metode LRFD dengan mengacu pada peraturan-peraturan yang ditetapkan.

Perhitungan beban

1. Beban mati

Beban mati yang bekerja terdiri dari:

Aspal	: 0,05 x 2200 x 1,65 x 1,3	= 235,95 kg/m
Lapisan aspal	: 0,03 x 2200 x 1,65 x 2	= 217,80 kg/m
Pelat lantai	: 0,27 x 2400 x 1,65 x 1,3	= 1389,6 kg/m
Berat sendiri gelagar	: 71,121 x 1,1	= 78,23 kg/m
Dek baja gelombang	: 20 x 1,1	= 22,0 kg/m

Total = 1943,58 kg/m

2. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja terdiri dari

BTR	: 675 x 1.65 x 1.8	= 2,004.75 kg/m
BGT	: 4900 x 1.4 x 1.65x 1.8	= 20,374.20 kg/ m
T-Truck	: 11250 x 1.3 x 1.8	= 26,325.00 kg/ m

Total = 48703 kg/ m

Momen Ultimate pada Penampang

Akibat *Dead Load* (DL)

$$\begin{aligned} \text{Mu-DL} &= 6,074.82 \text{ kg.m} \\ &= 607,482.22 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Akibat *Live Load* (LL)

$$\begin{aligned} \text{Mu-LL1} &= 31,732.59 \text{ kg.m (BTR dan BGT)} \\ \text{Mu-LL2} &= 32,906.25 \text{ kg.m (T-TRUCK)} \\ \text{Mu-Llmax} &= 32,906.25 \text{ kg.m} \\ &= 3,290,625.00 \text{ kg.cm} \\ \text{Mu-(DL + LL)} &= 3,898,107.22 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Pengecekan Penampang

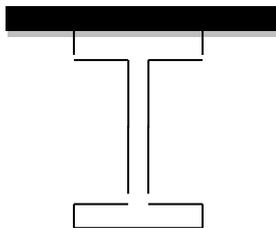
Pada saat beton dituang - aksi non komposite

Momen nominal Penampang, $\phi M = \phi M_p = \phi Z_x \cdot F_y$, $\phi = 0,85$

$\phi M = 4,413,119.25 \text{ kg.cm} \gg \text{Mu-DL}$ aksi non komposite OK!!

Pada saat beban lalu lintas bekerja - aksi komposite

tebal pelat beton	=	27 cm
tinggi <i>steel deck</i>	=	10 cm
efektif tinggi pelat	=	17 cm
Lebar efektif pelat beton		
1. $L/5$	=	100 cm (seperlima bentang balok <i>stringer</i> menentukan)
2. S	=	165 cm (jarak spasi antar <i>stringer</i>)
3. 12 t	=	204 cm (12 kali tebal pelat)



Total gaya tarik pada WF
 $T = A_s \cdot f_y = 312,570.00 \text{ kg}$

Total gaya tekan pada beton
 $C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 312,570.00 \text{ kg}$
 sehingga didapat tinggi blok tekan,
 $a = 14.77 \text{ cm} < t\text{-slab} = 17 \text{ cm}$
 karena tinggi blok tekan $a < t\text{-slab} = 17 \text{ cm}$, plastic neutral axis terletak pada slab.

Momen nominal Penampang, $\phi M = \phi M_p = \phi Z_x \cdot F_y$

$$\phi M = C (t\text{-slab} - a/2) + A_s \cdot f_y \cdot h/2$$

t-slab = 17cm
 a = 14.77 cm
 h = 45cm

$$\phi M = 8,532,690.26 \text{ kg.cm} \gg M_u\text{-(DL + LL)} = 3,898,107.22 \text{ kg.cm}$$

Aksi komposite OK!! $\phi M/M_u\text{-(DL+LL)} = 2.19$

Perencanaan Shear Connector

Stud grade, f_y	=	345 Mpa
Minimum, f_u	=	490 MPa (minimum tensile strength)
Stud diameter, d	=	19 mm

Besarnya gaya geser yang harus ditahan oleh shear connector dari posisi momen maksimum sampai titik perletakan adalah yang terkecil antara:

1, C	=	$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$
2, T	=	$A_s \cdot f_y$
C	=	359,805.00 kg
T	=	312,570.00 kg (menentukan)

Besarnya Gaya per stud adalah

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times (f'_c \cdot E_c)^{0,5} \leq A_{sc} \cdot F_u$$

$$A_{sc} = \text{luas stud} \\ = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$E_c = \text{modulus elastisitas beton} \\ = 23,452,95 \text{ Mpa} \\ = 234,529,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_n = 10,827,93 \text{ kg} \leq 13885,87 \text{ kg}$$

Jadi

$$Q_n = 10,827,93 \text{ kg}$$

Jumlah *shear connector* yang harus dipasang adalah =

$$n = T/Q_n = 28,86702248 \text{ bh} \\ = 30 \text{ bh}$$

$$\text{dipasang 2 D19 - 150} = 16,667 \text{ cm}$$

Pengecekan Lendutan

Lendutan dicek terhadap beban *Live load*

$$\delta \text{ ijin} = L/800 = 0,625 \text{ cm}$$

menentukan momen inersia penampang komposite

$$n = E_s/E_c = 9$$

$$b\text{-eff-c} = 11,11 \text{ cm}$$

$$t\text{-slab} = 22 \text{ cm}$$

$$A_{c\text{-comp}} = 244,44 \text{ cm}^2$$

$$y_b = 46,94 \text{ cm}$$

$$I_{\text{comp}} = 113,510,15 \text{ cm}^4$$

Lendutan akibat beban merata dan beban garis

$$BTR = 1113,75 \text{ kg/m} = 11,1375 \text{ kg/cm}$$

$$BTG = 11319 \text{ kg}$$

$$\delta\text{-btr} = 0,04 \text{ cm}$$

$$\delta\text{-btg} = 0,12 \text{ cm}$$

$$\text{total} = 0,16 \text{ cm} \ll \delta \text{ ijin} = 0,625 \text{ cm} \quad \text{OK!!}$$

$$T\text{-Truck} = 14625 \text{ kg}$$

$$5\text{-truck} = 0,16 \text{ cm} \ll \delta \text{ ijin} = 0,625 \text{ cm} \quad \text{OK!!}$$

Perhitungan Gelagar (Stringer) SG 2

$$\text{Tipe jembatan} = \text{A-60}$$

$$\text{Jarak stringer} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Jarak cross girder} = 5 \text{ m}$$

Perilaku struktural *stringer*

1. Pada saat beton dituang = berperilaku non komposite dengan kekangan pada bagian sayap dari *steel deck* yang dilas, $L_b = 0$
2. Pada saat beban kendaraan bekerja = berperilaku komposite dengan kekangan pada bagian sayap dari lantai beton, $L_b = 0$

Profil Stringer

WF	=	380 x 180 x 10 X 12
f_y	=	345 Mpa
G	=	62.172 kg/m
A	=	79.2 cm ²
I_x	=	16989.6 cm ⁴
W_x	=	894 cm ³
Z_x	=	1054.8 cm ³
Mutu Beton, f_c	=	249 kg/cm (K-350)

Beban yang bekerja*Dead load*

<i>Slab</i>	=	$0.52 \times 2400 \times 1 \times 1.3$	=	1,622.40 kg/m
<i>Self-weight</i>	=	62.172×1.1	=	68.39 kg/m
<i>Steel deck</i>	=	20×1.1	=	<u>22.00 kg/m +</u>
			=	1,712.79 kg/m

Live Load

<i>Pedestrian</i>	=	$500 \times 1 \times 1.8$	=	900.00 kg/m
-------------------	---	---------------------------	---	-------------

Momen Ultimate pada Penampang*Akibat Dead Load*

Mu-DL	=	5,352.47 kg.m
	=	535,246.63 kg.cm

Akibat Live Load

Mu-LL1	=	2,812.50 kg.m (Pedestrian)
Mu-LLmax	=	2,812.50 kg.m
	=	281,250.00 kg.cm

$$\text{Mu-(DL + LL) = 816,496.63 kg.cm}$$

Pengecekan Penampang

Pada saat beton dituang - aksi non komposite

Momen nominal Penampang, $\phi M = \phi M_p = \phi Z_x \cdot F_y$, $\phi = 0,85$

$$\phi M = 3,093,201.00 \text{ kg.cm} \gg \text{Mu-DL aksi non komposite}$$

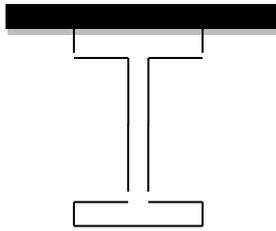
OK!!

Pada saat beban lalulintas bekerja - aksi komposite

tebal pelat beton	=	27 cm
tinggi <i>steel deck</i>	=	5 cm
efektif tinggi pelat	=	22 cm

Lebar efektif pelat beton

L/5	=	100 cm	(1/5 bentang balok stringer-menentukan)
S	=	100 cm	(jarak spasi antar stringer)
12 t	=	264 cm	(12 kali tebal pelat)



Total gaya tarik pada WF

$$T = A_s \cdot f_y = 273,240.00 \text{ kg}$$

Total gaya tekan pada beton

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 273,240.00 \text{ kg}$$

sehingga didapat tinggi blok tekan, $a =$

$$a = 12.91 \text{ cm} < t\text{-slab} = 22 \text{ cm}$$

karena tinggi blok tekan $a < t\text{-slab} = 22 \text{ cm}$, plastic neutral axis terletak pada slab.

Momen nominal Penampang, $\phi M = \phi M_p = \phi Z_x \cdot F_y$

$$\phi M = C (t\text{-slab} - a/2) + A_s \cdot f_y \cdot h/2$$

$$t\text{-slab} = 22 \text{ cm}$$

$$a = 12.91 \text{ cm}$$

$$h = 52 \text{ cm}$$

$$\phi M = 9,648,993.25 \text{ kg.cm} \gg \mu_u\text{-(DL + LL)} = 816,496.63 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Aksi komposite OK!!} \quad \phi M / \mu_u\text{-(DL+LL)} = 11.82$$

Perencanaan *Shear Connector*

$$\text{Stud grade, } f_y = 345 \text{ Mpa}$$

$$\text{Minimum, } f_u = 490 \text{ MPa (minimum tensile strength)}$$

$$\text{Stud diameter, } d = 19 \text{ mm}$$

Besarnya gaya geser yang harus ditahan oleh shear connector dari posisi momen maksimum sampai titik perletakan adalah yang terkecil antara :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$C = 465,630.00 \text{ kg}$$

$$T = 273,240.00 \text{ kg (menentukan)}$$

Besarnya Gaya per stud adalah

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times (f'_c \cdot E_c)^{0,5} \leq A_{sc} \cdot F_u$$

$$A_{sc} = \text{luas stud}$$

$$= 2.83 \text{ cm}^2$$

$$E_c = \text{modulus elastisitas beton}$$

$$= 23,452.95 \text{ Mpa}$$

$$= 234,529.53 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_n = 10,827.93 \text{ kg} \leq 13885.87 \text{ kg (menentukan)}$$

jadi

$$Q_n = 10,827.93 \text{ kg}$$

Jumlah shear connector yang harus dipasang adalah =

$$n = T / Q_n = 25.23474813 \text{ bh}$$

$$= 26 \text{ bh}$$

$$\text{dipasang } 2 \text{ D19 -175} = 19.23076923 \text{ cm} \quad 2 \text{ D19-175}$$

Pengecekan Lendutan

Lendutan dicek terhadap beban *Live load*

$$\delta \text{ ijin} = L/800 = 0.625 \text{ cm}$$

menentukan momen inersia penampang komposite

$$n = E_s/E_c = 9$$

$$b\text{-eff-c} = 11.11 \text{ cm}$$

$$t\text{-slab} = 22 \text{ cm}$$

$$A_c\text{-comp} = 244.44 \text{ cm}^2$$

$$y_b = 53.95 \text{ cm}$$

$$I\text{-comp} = 108,740.70 \text{ cm}^4$$

Lendutan akibat beban merata dan beban garis

$$\text{Pedestrian} = 500 \text{ kg/m} = 5 \text{ kg/cm}$$

$$\delta\text{-pds} = 0.02 \text{ cm}$$

$$\text{total} = 0.02 \text{ cm} \ll \delta \text{ ijin} = 0.625 \text{ cm} \quad \text{OK!!}$$

Perencanaan *upper structure* Analisa Struktur (SAP 2000) dan desain kekuatan elemen

Material

Baja Profil	= SM490
Plate gusset	= SM490
Bracing Profil	= SS400
Baut	= ASTM A325
Beton	= K-350

Peraturan Rujukan

1. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Tahun 1992 (BMS-92)
2. Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya: DPU 1983
3. Peraturan Muatan Jembatan (SK-SNI-T-02-2004)
4. AISC – LRFD – 2004
5. AASHTO 1983 “*Standard Specification for Highway Bridge*”

Perhitungan Pembebanan Jembatan

Beban Mati

Beban Pelat Beton

Pelat Beton pada lajur jalan

Pelat Beton dengan $t = 27 \text{ cm}$ dan kemiringan 2% ke arah lajur tengah

$$\begin{aligned} q\text{-pl-end} &= t\text{-eq} \times L\text{-c} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.22 \times 24 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 26.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q\text{-pl-mid} &= t\text{-eq} \times L\text{-c} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.27 \times 24 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 32.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Pelat Beton pada lajur Pejalan Kaki

Pelat Beton dengan $t = 52$ cm di atas pelat beton lajur jalan, kemiringan 2% ke arah luar

$$\begin{aligned} q\text{-tr} &= t\text{-eq} \times L\text{-c} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.51 \times 24 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 61.2 \text{ kN/m} \\ q\text{-tr2} &= t\text{-eq} \times L\text{-c} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.52 \times 24 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 62.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Aspal

Aspal dengan $t = 5$ cm dan $t = 3$ cm untuk *overlay*

$$\begin{aligned} q\text{-asp} &= t \times L\text{-aspal} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.05 \times 22 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 5.5 \text{ kN/m} \\ q\text{-ovl} &= t \times L\text{-aspal} \times 5 \text{ m}^2 \\ &= 0.03 \times 22 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 3.3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Steel Deck

Corrugated steel deck dengan tebal = 3,5 mm

$$\begin{aligned} \text{Berat per m}^2 &= 0.2 \text{ kN/m}^2 \\ q\text{-st} &= 0.2 \times 5 \text{ kN/m} \\ &= 1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Lajur Lalu Lintas Rencana

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

$$\begin{aligned} q &= 9 \times (0.5 + 15/60) \times 5 \text{ m} \\ &= 33.75 \text{ kN/m (kondisi 100%)} \\ &= 16.875 \text{ kN/m (kondisi 50%)} \end{aligned}$$

b. Beban Garis (BGT)

$$\begin{aligned} p &= 49 \text{ kN/m} \\ \text{FBD} &= 38 \% \\ p + \text{FBD} &= 67.62 \text{ kN/m (kondisi 100%)} \\ &= 33.81 \text{ kN/m (kondisi 50%)} \end{aligned}$$

Beban Pejalan Kaki

$$\begin{aligned} q &= \text{Intensitas Beban} \times 5 \text{ m} \\ &= 4.4 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} \\ &= 22 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Gaya Rem

$$\begin{aligned} P &= (\text{ gaya rem lajur } 2.75) / ((L/5)+1) / 2 \\ &= 150 \text{ kN} / ((60/5) + 1) / 2 \\ P &= 5.77 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Akibat Lingkungan

a. Efek Temperatur

$$T = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

b. Beban Angin

$$\begin{aligned} &= 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b \\ &= 0.0006 \times 1.2 \times (35 \text{ m/s})^2 \times 107.502 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$= 94.82 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} T_{vw} &= 0.0012 C_w (V_w)^2 \\ &= 0.0012 \times 1.2 \times (35 \text{ m/s})^2 \\ &= 1.764 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban yang terjadi terhadap :

$$\begin{aligned} \text{Gelagar Atas} &= T_{ws} / \text{Total Joint} \\ &= 94.82 \text{ kN} / 25 \\ &= 3.793 \text{ kN} \\ \text{Gelagar Bawah} &= ((T_{vw} \times L) / \text{Joint Bawah} + \text{Gelagar Atas}) \\ &= ((1.764 \times 60) / 13) + 3.793 \\ &= 11.935 \text{ kN} \end{aligned}$$

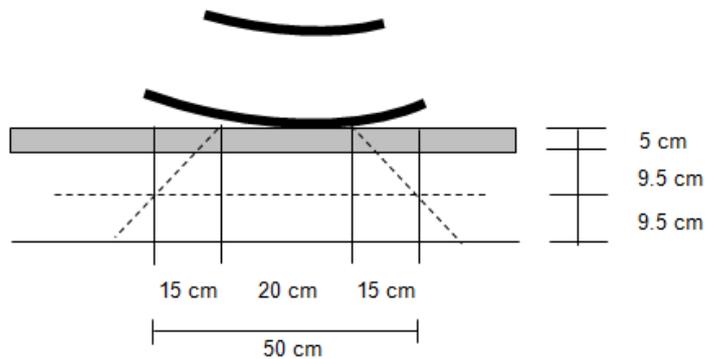
Perhitungan beban gempa

$$\begin{aligned} P &= C.S.I W_t \\ W_t (\text{berat sendiri}) &= 888.71 \text{ kN} \\ W_t (\text{brt str bwh}) &= 3674.23 \text{ kN} \\ P (\text{semua joint}) &= (0.23 \times 1.2 \times 1.2 \times 888.71) / 50 \\ &= 5.89 \text{ kN} \\ P (\text{bag. Bawah}) &= ((0.23 \times 1.2 \times 1.2 \times 3674.23) / 26) + 5.89 \\ &= 52.69 \text{ kN} \end{aligned}$$

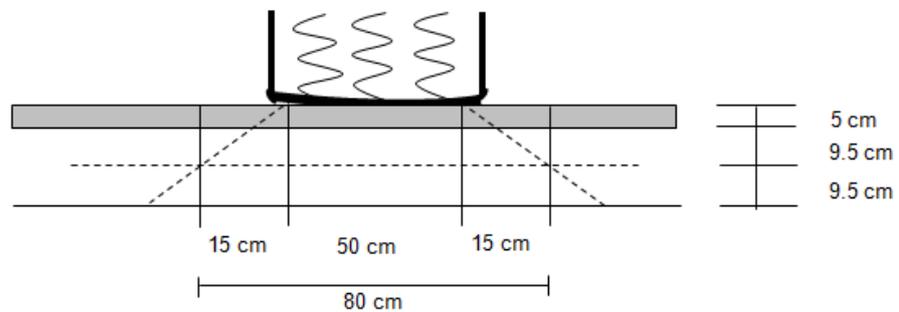
Perencanaan Lantai Jembatan

Dalam penentuan beban rencana untuk lantai jembatan yang digunakan sebagai rencana beban adalah beban "T" *Load*

Untuk distribusi Tegangan Kontak Roda pada Slab beton tebal slab efektif diambil (22cm - tinggi *bridgedeck*) = 190 mm



Distribusi Tegangan Roda arah pendek pada slab beton



Distribusi Tegangan Roda arah panjang pada slab beton

Gambar 1. Distribusi tegangan roda pada *rigid pavement*

Berdasarkan distribusi tegangan kontak diperoleh sebagai berikut Untuk $\mu = 0$ dengan bantuan tabel bares dihitung max/min momen slab.

Beban tetap pada lantai jembatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Lantai beton cor } 22\text{cm} \times 24.5 \times \text{jarak } \textit{stringer} \text{ 1.65} &= 5.39 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Superimposed Dead Load Max. Aspal 88 mm} \times 1.65 &= 1.98 \text{ kN/m}^2 + \end{aligned}$$

$$q_{DL} = 7.37 \text{ kN/m}^2$$

$$a_1 = 0.5, b_1 = 0.8, a = 1.65, b = 60, b/a = 36.36 \text{ (kategori } \gg 2 \text{)}$$

$$\text{Untuk } \lambda = b_1/a = 0.485 \text{ dan } a_1/a = 0.303$$

$$\text{Tegangan kontak } q = (250/2) \times DLA / (a_1 \times b_1) = 406.25 \text{ kN/m}^2$$

Akibat Live Load :

$$M_{xs} L = 0.179 q \cdot a_1 \cdot b_1 = 29087.5 \text{ N.m}$$

$$M_{ys} L = 0.098 q \cdot a_1 \cdot b_1 = 15925 \text{ N.m}$$

Akibat Dead load : $q_{DL} = 7.37 \text{ kN/m}^2$

$$M_{xs} D = 0.100 q_{DL} \cdot a^2 = 2006.48 \text{ N.m}$$

$$M_{ys} D = 0.033 M_{xs} = 668.83 \text{ N.m}$$

$$\text{ULS Faktor } DL = 1.3, LL = 2$$

$$M_{xu} = 1.3 M_{xs} D + 2 M_{xs} L = 49.148 \text{ N.m}$$

$$M_y = 1.3 M_{ys} D + 2 M_{ys} L = 26.349 \text{ N.m}$$

Arah pendek dan memanjang dipilih tulangan D16

Mutu besi tulangan $f_y = 390$ Mpa, Mutu beton $f_c = 30$ Mpa (K 350)

Tebal slab beton $h = 220$ mm,

$d_{\text{perlu}} = h - (30+16/2) = 172$ mm, ρ_{perlu} untuk tiap lebar arah pendek $b = 1000$ mm

$\emptyset = 0.8$ sehingga

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1 - \left((1 - 2.353 f_y / f_c') \times (M_{Xu} / \emptyset \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y) \right)^{1/2}}{1.77 \times f_y / f_c'}$$

$$= 0.0037$$

$\rho_{\text{min}} = 1/4 / f_y = 0.0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0.0037$ (menentukan)

As perlu $= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 636.40$ mm²

Untuk besi tulangan D16, Ad $= 200.96$ mm²

Jarak tulangan untuk D16, S $= 1000 Ad / As = 315.77$ mm

Check, S max $= 3 \cdot d_{\text{perlu}} = 516$ mm $> S_{\text{perlu}} = 315.77$ mm (OK)

* Untuk alasan praktis tulangan arah pendek dan memanjang bagian bawah dan bagian atas dipilih D16 – 100 dengan harapan bisa mengakomodir faktor-faktor lain.

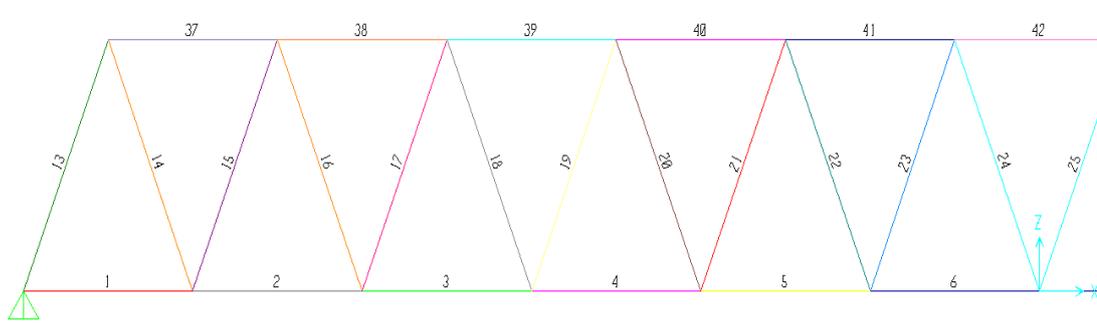
Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan yang direncanakan adalah menggunakan sambungan baut, baut yang digunakan adalah baut mutu tinggi yang diperuntukkan untuk *heavy structure*.

Perhitungan Jumlah Kebutuhan Baut

Lokasi Jembatan	= Supiori - Papua
Kelas Jembatan	= A
Bentang Jembatan	= 60 meter
Mutu Baut	= ASTM A-325
Tipe Sambungan	= Geser
Kombinasi Beban	= Beban Layan
Diameter Baut, D	= 24 mm
Luas Nominal Baut	= 353 mm ²
Gaya Tarik Minimum, Ti pada saat pemasangan baut)	= 270 kN (Gaya tarik minimum yang diberikan)
Koefisien Geser, μ	= 0.3
Jumlah Bidang Geser, n	= 2
Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ	= 0.7
Gaya Ijin Geser per Baut	= $\mu \times T_i \times n \times \phi$ = 113.4 kN
Jumlah Bidang Geser, n	= 1
Gaya Ijin Geser per Baut	= $\mu \times T_i \times n$ = 81 kN

Untuk lebih lengkapnya hasil perhitungan sambungan dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Gambar 2 merupakan penomoran batang untuk perencanaan sambungan.



Gambar 2. Rangka baja pada struktur jembatan

Tabel.2 Hasil perhitungan jumlah sambungan baut. Besarnya Gaya Dalam pada Batang Diagonal

No.	ID SAP	ID Elemen	Gaya Dalam kN		Jumlah Baut	
					N-tot	
1	13	DG1	Max	-2229.150	19.66	22
			Min	-2219.609	19.57	
2	14	DG2	Max	2205.164	19.45	22
			Min	2198.583	19.38	
3	19	DG3	Max	-1027.962	9.06	18
			Min	-1019.360	8.99	
4	18	DG4	Max	1403.877	12.38	18
			Min	1398.047	12.33	
5	21	DG5	Max	-624.007	5.50	16
			Min	-616.674	5.44	
6	23	DG6	Max	-218.245	1.92	12
			Min	-213.167	1.88	
7	24	DG7	Max	191.844	1.69	12
			Min	185.233	1.63	
8	15	DG8	Max	-1827.032	16.11	18
			Min	-1818.430	16.04	
9	22	DG9	Max	600.110	5.29	8
			Min	594.250	5.24	
10	17	DG10	Max	-1430.348	12.61	16
			Min	-1421.746	12.54	
11	20	DG11	Max	995.531	8.78	12
			Min	990.877	8.74	

Catatan : Jumlah baut pada elemen DG dihitung berdasarkan jumlah bidang geser = 2 (ada dua bidang sayap)

N-tot = Jumlah baut pada masing-masing sayap, misal N-tot untuk DG-1 = 22, pada masing-masing sayap dipasang minimal 22 baut

Tabel 3. Besarnya Gaya Dalam pada Top Chord

No.	ID SAP	ID Elemen	Gaya Dalam		Jumlah Baut			
					N-tot	N-f	N-w	
1	37	TC1	Min	-1682.431	14.84	16	10	6
2	38	TC2	Min	-3063.600	27.02	28	22	6
3	39	TC3	Min	-4143.750	36.54	38	32	6
4	40	TC4	Min	-4915.583	43.35	44	38	6
5	41	TC5	Min	-5382.128	47.46	50	44	6
6	42	TC6	Min	-5536.084	48.82	50	44	6

Catatan: Jumlah baut pada elemen TC dihitung berdasarkan jumlah bidang geser = 2

N-f = Jumlah baut pada kedua sayap, misal N-f untuk TC-2 = 22, pada masing-masing sayap dipasang minimal 11 baut (pada sayap ada dua bidang sayap dengan masing-masing bidang 2 bidang geser)

N-w = Jumlah baut pada badan, misal N-w untuk TC-2 = 6 pada badan dipasang 6 baut

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Jembatan Rangka Baja Supiori A-60 mampu menahan Beban Mati sebesar 1562,58 KN
2. Jembatan Rangka Baja Supiori A-60 mampu menahan Beban Hidup sebesar 811,89 KN
3. Jembatan Rangka Baja Supiori A-60 mampu menahan Kendaraan Truk dengan Beban Gandar sebesar 225 KN
4. Umur rencana jembatan 50 tahun sesuai dengan persyaratan yang tertuang dalam RSNI T-03-2005 yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional
5. Pemilihan struktur jembatan dari baja yang sesuai dengan wilayah yang mempunyai keterbatasan sumber daya
6. Jembatan rangka baja mudah dalam pelaksanaan karena bersifat *knock down*
7. Jembatan rangka baja mudah dalam perawatan karena setiap komponen yang mengalami kerusakan dapat diganti dengan komponen baru tanpa membangun kembali jembatan akibat kerusakan yang ada

Saran

1. Untuk penggunaan *software analysis* dapat menggunakan STAAD PRO, dengan fitur yang lebih lengkap kemudahan dalam menganalisa sambungan, perhitungan baut lebih mudah dan akurat
2. Untuk penggunaan *software working drawing* dapat menggunakan X-STEEL, dengan fitur yang lebih lengkap kemudahan dalam mendetailkan sambungan, *cutting plan*, volume pengecatan, panjang las dan berat dari struktur jembatan tersebut lebih mudah diperoleh dan akurat
3. Sebaiknya diperhatikan dalam pemilihan perencanaan menggunakan jembatan dari struktur baja karena faktor lingkungan, lokasi jembatan dan memerlukan pemeliharaan yang menerus selama umur rencana jembatan tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia, N.I.1971*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta
- Anonim, 1983, *Perencanaan Tahan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, SKBI 1.3.1987*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1992, *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS-92*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Program Jalan, Jakarta
- Anonim, 1999, *AISC-LRFD, American Institute Department*, Amerika
- Anonim, 2004, *Peraturan Muatan Jembatan, SK-SNI-T-02*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, *Perkuatan Struktur dan Lantai Jembatan Rangka Baja*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Gunawan, Rudy, 1987, *Tabel Profil*, Penerbit Kanisius
- Setiawan, Agus, 2008, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Subarkah, Imam, 1979, *Jembatan Baja*, Idea Dharma, Bandung
- Sunggono, V.Kh, 1995, *Buku Teknik Sipil*, Penerbit Nova