

PERENCANAAN JEMBATAN BAJA *TYPE TRUSS* DI JEMBATAN MELAWI II, KECAMATAN NANGA PINOH, KABUPATEN MELAWI

Pedro Agus Radot Silaban¹⁾, Faisal²⁾, Erwin Sutandar³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2,3)} Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : pedrosilaban@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Prasarana transportasi darat tidak lepas dari peranan jalan dan jembatan. Keduanya memiliki hubungan penting sebagai sarana untuk menghubungkan jalan yang dipisahkan oleh jurang, sungai, rel kereta api, dan median lainnya. Adanya bangunan jembatan akan menghasilkan jarak atau arah tujuan yang lebih pendek dan hemat biaya ke tempat tujuan daripada mengambil jalan memutar lebih jauh untuk menghindari hambatan tersebut. Khususnya di Kalimantan Barat, banyak ruas jalan yang harus melintasi sungai – sungai besar dan kecil. Untuk mencapai tujuan ini Pemerintah Kabupaten Melawi membangun jembatan yaitu jembatan rangka baja. Pada kesempatan kali ini penulis akan merancang ulang struktur bangunan atas pada jembatan rangka baja dengan tipe truss. Jembatan ini merupakan alternatif baru yang akan berfungsi sebagai sarana penghubung antar Kota Nanga Pinoh – Kecamatan Nanga Pinoh Utara, Kabupaten Melawi. Secara struktural, pemilihan jembatan rangka baja dikarenakan lebar sungai mencapai kurang lebih 240 m yang akan terbagi menjadi 3 bentang. Peraturan pembebanan yang digunakan untuk merancang ulang jembatan rangka baja ini menggunakan peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005, SNI 1725:2016, SNI 2833:2016 merupakan pedoman peraturan untuk merancang sebuah jembatan. Tahap awal perancangan jembatan rangka adalah analisis lantai kendaraan, analisis gelagar memanjang, analisis gelagar melintang, analisis struktur rangka utama, sambungan dan perletakan jembatan. Dari hasil analisis perancangan struktur atas jembatan rangka tipe truss diperoleh tebal dari pelat lantai kendaraan 20 cm. Dimensi profil yang digunakan pada gelagar memanjang WF 450.200.9.12, profil gelagar melintang WF 900.300.16.28 dan profil rangka utama WF 496.432.45.70.

Kata Kunci: Jembatan Rangka, Rangka Baja, Struktur Atas Jembatan.

ABSTRACT

Infrastructure transportation land is not free from role roads and bridges. They have links that mean liaison separate path consequence existence river, ravine, rail train fire and separator other. The existence of building the bridge will make route goals shorter and more cost economical compared to making streets rotate to avoid an obstacle. In West Kalimantan in particular, many segments the way to go past rivers big nor small. To reach the destination the Government Regency Melawi builds a bridge that is bridge reinforced concrete. On occasion, this writer wants to design a repeating structure on the bridge with a frame steel-type truss. Bridge this as alternative that works as a means liaison between Nanga Pinoh City – North Nanga Pinoh Subdistrict, Melawi Regency. by structural, election bridge with frame steel because wide river reaches not enough over 240 m which is divided into 3 spans. Regulation of the load used for plan bridge this referring to Standard National Indonesia (SNI) T-03-2005, SNI 1725:2016, SNI 2833:2016. which is guidelines regulation for planning a bridge. Stage beginning is calculation floor vehicle, girder lengthwise and transversely continued with analysis structure frame main and placement bridge. From the resulting planning, the upper structure on the bridge steel type warren truss obtained a thick plate floor vehicle by 20 cm. The profile used for girder length WF 450.200.9.12, profile girder transverse WF 900.300.16.28 and profile the main frame WF 496.432.45.70.

Key Words: Truss Bridge, Frame Steel, Upper Structure Bridge.

I PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan suatu daerah pada umumnya bergantung pada perkembangan

ekonomi, teknologi, dan tuntutan sarana transportasi yang ada. Sarana transportasi yang baik akan membuat kelancaran suatu daerah yang ada untuk

lebih berkembang. Hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan perpindahan barang yang dituntut lebih cepat dan aman. Agar kelancaran lalu lintas dapat terjadi dan tidak terhambat maka, kondisi prasarana tersebut harus selalu dijaga dan dirawat.

Kalimantan Barat pada umumnya dan daerah lain di Indonesia, banyak terdapat sungai-sungai besar maupun kecil. Seiring dengan hal tersebut, maka untuk memudahkan menjangkau suatu wilayah ke wilayah lain, maka dibangun jembatan yang dapat menghubungkan atau menjangkau wilayah satu dengan yang lainnya untuk memudahkan kegiatan masyarakat sehari-hari.

Jembatan merupakan salah satu prasarana jalan yang dapat dilalui oleh pejalan kaki atau kendaraan untuk melintasi daerah yang sulit dilewati seperti sungai, danau, jalan raya, jalan kereta api, dan sebagainya. Jembatan juga mempunyai peran penting dalam perkembangan dan kemajuan suatu daerah dari segala bidang, baik bidang ekonomi, sosial, budaya, maupun pertahanan dan keamanan.

Salah satu kegiatan peningkatan sarana transportasi jembatan yang akan dilakukan adalah pembangunan pada jembatan Melawi II yang berada pada Kabupaten Melawi, Kecamatan Nanga Pinoh. Jembatan Melawi II. Adapun tujuan perencanaan jembatan Melawi II ini berfungsi sebagai penghubung di Nanga Pinoh Kota – Kecamatan Nanga Pinoh Utara dan melengkapi kebutuhan sarana dan prasarana transportasi yang memadai sebagai pendukung pembangunan wilayah, sehingga dapat lebih dikembangkan potensi wilayah Nanga Pinoh Utara.

Dalam memulai suatu pekerjaan konstruksi yang pertama dilakukan adalah memperhitungkan desain yang cukup kuat dan tidak mudah rusak, karena apabila terjadi kerusakan pada jembatan dapat menimbulkan kerugian yang besar. Hal utama yang mendasari perhitungan struktur jembatan adalah aturan yang digunakan dalam merencanakan jembatan. Untuk merencanakan jembatan agar konstruksi jembatan tersebut layak untuk digunakan, Indonesia sudah menetapkan standarisasi guna memenuhi pemahaman yang sama tentang perhitungan.

Meskipun kemungkinan kegagalan struktur yang disebabkan oleh gempa di Kalimantan Barat ini masih tergolong rendah, namun tetap berpotensi menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu tetap harus diwaspadai dan diperhitungkan sesuai dengan persyaratan gempa yang berlaku.

Struktur atas bangunan jembatan rangka baja standar sesuai bentang ekonomis 40 m s/d 100 m. Berdasarkan acuan tersebut desain perencanaan bentang jembatan berubah dari 60 meter menjadi 80 meter, dengan tujuan menjadi alternatif lain bagi

konstruksi jembatan rangka baja eksisting dengan mengurangi pemakaian pilar.

II TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan Secara Umum

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari struktur bagian atas atau *upperstructure* dan struktur bagian bawah atau *substructure*. Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas. Struktur bagian atas dari jembatan itu sendiri meliputi:

- Pelat lantai kendaraan,
- Trotoar pejalan kaki dan pipa sandaran
- Gelagar memanjang dan gelagar melintang
- Rangka utama
- Ikatan angin
- Perletakan

Pembebanan Jembatan

Pada perancangan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada jembatan dihitung berdasarkan : Peraturan Pembebanan untuk jembatan (SNI – 1725 – 2016).

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan dan Faktor Beban (sumber : SNI-1725-2016)

Kondansi Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _N	TG	ES	Gunakan salah satu			
										EQ	TC	TV	
Kuat I	Yp	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Kuat II	Yp	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Kuat III	Yp	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Kuat IV	Yp	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-
Kuat V	Yp	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Ekstrem I	Yp	Y _{Eq}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
Ekstrem II	Yp	0,5	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00
Daya Layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Daya Layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-	-
Daya Layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	Yrg	Yes	-	-	-	-
Daya Layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-	-

Beban Permanen

Beban permanen adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perancangan jembatan. Beban primer terdiri dari :

A. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat dari komponen konstruksi dan elemen struktur lain yang dipikulnya. Termasuk berat elemen nonstruktural dan bagian dari jembatan yang merupakan bagian elemen struktur yang diasumsikan tetap.

B. Beban Mati Tambahan atau Utilitas (MA)

Beban mati tambahan atau utilitas adalah berat dari seluruh bahan yang membentuk beban di jembatan yang terdiri dari elemen nonstruktural dan besarnya berubah selama umur jembatan.

Beban Transien

A. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas digunakan untuk perancangan jembatan meliputi beban lajur “D”

maupun beban truk "T". Pada umumnya, beban "D" dapat menjadi beban yang dominan dalam perancangan jembatan yang memiliki bentang menengah hingga panjang, sebaliknya beban "T" akan digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

a) Beban Lajur "D" (TD)

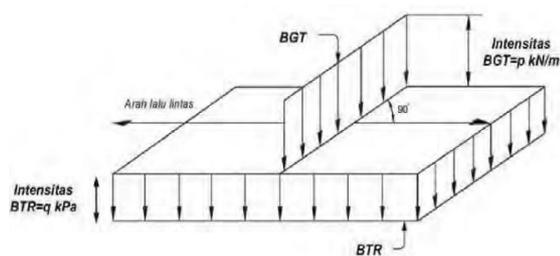
Beban ini akan bekerja di semua lebar pada jalur kendaraan dan mempengaruhi pada jembatan yang setara. Jumlah dari beban lajur "TD" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban lajur "TD" terdiri dari dua beban yaitu beban terbagi rata "BTR" yang ditambah dengan beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) memiliki besaran nilai "q" kPa, dimana besarnya nilai "q" bergantung pada panjang satu bentang L yang akan dibebani seperti berikut ini :

$$\text{Kondisi } L \leq 30 \text{ m, maka nilai } q = 9 \text{ kPa} \quad (1)$$

$$\text{Kondisi } L > 30 \text{ m, maka nilai } q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2)$$

Dimana : 1 kPa = 100 kg/m²

Beban garis (BGT) mempunyai nilai "P" kN/m yang harus ditempatkan secara tegak lurus dengan arah lalu lintas di jembatan. Dan besarnya nilai "P" = 49,0 kN/m. Beban "D" harus didistribusikan pada arah melintang sehingga menghasilkan momen maksimum. Pendistribusian komponen beban "BTR" dan beban "BGT" dari beban "D" dapat dilihat seperti pada gambar berikut :

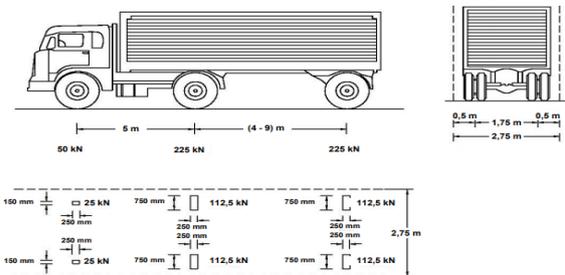


Gambar 1. Beban lajur "D"
(sumber : SNI-1725-2016)

b) Beban Truk (TT)

Beban ini merupakan berat satu kendaraan truk dengan 3 roda yang terletak di posisi berbeda dalam lajur lalu lintas yang direncanakan. Setiap gandar mencakup dua area kontak beban yang disebut sebagai simulasi efek dari roda kendaraan berat. Namun hanya satu truk "TT" yang diterapkan per lajur lalu lintas yang direncanakan. Selain beban "TD", ada beban lalu lintas lain yaitu beban truk "TT". Beban truk "TT" tidak dapat digunakan pada perhitungan bersamaan dengan beban "TD". Beban

truk dapat digunakan untuk menganalisis struktur lantai. Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai berat gandar dan susunannya. Berat dari setiap gandar dibagi menjadi dua beban merata yang sama besar yang merupakan bidang kontak antar roda dan permukaan lantai. Selain itu jarak antara kedua gandar tersebut dapat bervariasi antara 4 meter sampai dengan 9 meter untuk mencapai pengaruh yang lebih besar pada arah memanjang di jembatan.



Gambar 2. Beban Truk
(sumber : SNI-1725-2016)

c) Faktor Beban Dinamis "FBD"

Faktor beban dinamis "FBD" adalah hasil dari interaksi antar kendaraan yang akan bergerak di atas jembatan. Besarnya nilai beban "BGT" dari pembebanan lajur "TD" dan beban roda yang didapat dari pembebanan truk "TT" harus memadai untuk memungkinkan interaksi kendaraan yang bergerak di jembatan. Besarnya nilai tambah ini dinyatakan dalam sebagai bagian kecil dari beban statis. Faktor beban dinamis ini diterapkan pada kondisi keadaan batas daya layan dan keadaan beban utimit. BTR dari lajur "D" tidak dikalikan dengan FBD.

d) Gaya Rem (TB)

Distribusi gaya rem terjadi pada semua lajur rencana yang akan dilalui kendaraan. Kemudian gaya rem harus mengambil lebih besar dari nilai-nilai berikut :

- 25% dari berat roda gandar truk desain,
- 5% dari berat truk yang direncanakan kemudian ditambah dengan beban lajur terbagi rata.

Gaya dari beban rem ini harus diasumsikan untuk terjadi secara tegak lurus pada jarak 1800 mm dari atas permukaan jalan lalu lintas pada setiap arah memanjang dan dipilih nilai yang paling lebih besar. Perhitungan gaya rem tergantung pada faktor dari kepadatan lajur yang ditentukan, jika jembatan menggunakan jalur satu arah maka seluruh lajur yang

direncanakan harus dibebani secara bersamaan pada saat menganalisis besarnya gaya rem.

e) **Beban Pejalan Kaki**

Beban pejalan kaki yaitu semua komponen elemen trotoar dengan lebar lebih dari 600 mm wajib dirancang untuk menahan beban pejalan kaki dengan besar nilai beban 5 kPa dan juga diharapkan bekerja bersamaan dengan beban kendaraan di setiap lajur. Jika kemungkinan trotoar akan berubah fungsi di kemudian hari menjadi jalur kendaraan, maka pada beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari bagian tepi dalam parapet untuk perancangan komponen jembatan lainnya.

B. Beban Angin

a) **Tekanan Angin Horizontal**

Beban dari tekanan angin horizontal ini diasumsikan oleh angin rencana yang didapat dari kecepatan dasar (V_B). Menganalisis beban angin harus diasumsikan beban terdistribusi merata di atas permukaan yang terkena oleh angin. Luasan area yang dianalisis adalah luas dari semua area komponen, termasuk sistem lantai dan *railing* yang diambil tegak lurus dari arah angin. Bagian jembatan yang memiliki elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah maupun permukaan air, kecepatan angin rencana, " V_{DZ} ", harus dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (3)$$

Dengan keterangan parameter yang diambil dari peraturan SNI-1725:2016 :

Tabel 2. Nilai V_0 Dan Nilai Z_0 Untuk Berbagai Variasi Kondisi
(sumber : SNI-1725-2016)

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (km/jam)	70	1000	2500

b) **Beban Angin Pada Struktur (EWS)**

Arah dari angin rencana harus dianggap horizontal, kecuali bila ditentukan tanpa adanya data yang lebih akurat, nilai tekanan angin rencana dalam satuan MPa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (4)$$

Dimana :

P_B : Tekanan angin dasar

Tabel 3. Tekanan Angin Dasar
(sumber : SNI-1725-2016)

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

C. Beban Gempa

Beban gempa diambil dari gaya horizontal yang didapat berdasarkan perkalian antar koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat total struktur, kemudian dimodifikasi menggunakan faktor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut :

$$EQ = C_{sm}/R_d \times W_t \quad (5)$$

Desain Struktur Baja

Komponen Batang Tarik

Material baja pada konstruksi jembatan difungsikan untuk memikul gaya tarik maupun gaya tekan. Untuk elemen struktur yang mempunyai dimensi langsing dan mutu bahan yang tinggi, pemakaian material tersebut hanya efisien terhadap tarik. Adanya elemen struktur baja yang langsing dibandingkan elemen lainnya, maka akan berperan sebagai komponen batang tarik.

Persyaratan kuat tarik dan kuat tarik rencana

Komponen elemen struktur yang mengalami gaya tarik aksial terfaktor (N_u) harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n \quad (6)$$

Dengan N_n merupakan nilai kuat tarik nominal yang diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini :

a. Kuat tarik nominal dari kelelahan pada penampang bruto :

$$N_n = A_g f_y \quad (7)$$

b. Kuat tarik nominal dari fraktur pada penampang efektif :

$$N_n = A_e f_u \quad (8)$$

c. Kuat tarik nominal dari perancangan ruptur pada penampang :

1. Kuat geser ruptur nominal :

$$N_n = 0,6 A_{ev} f_u \quad (9)$$

Kuat tarik ruptur nominal :

$$N_n = 0,6 A_{ev} f_u \quad (10)$$

2. Kuat tarik dan geser ruptur nominal :

a) Untuk $A_{et} f_u \geq 0,6 A_{ev} f_u$ (11)

$$N_n = 0,6A_{gv}f_y + A_{ev}f_u \quad (12)$$

$$b) \text{ Untuk } 0,6A_{ev}f_u \geq A_{et}f_u \quad (13)$$

$$N_n = 0,6A_{nv}f_u + A_{gt}f_y \quad (14)$$

Komponen Batang Tekan

Batang tekan merupakan komponen struktur yang terkena beban tekan sentris yang terletak tepat di titik berat penampang atau kolom, dengan gaya aksial saja. Parameter yang lain yaitu konfigurasi bentuk fisik atau geometri yang terdiri dari luas penampang, pengaruh bentuk penampang terhadap kekuatan lentur dan panjang batang serta kondisi tahanan atau tumpuan.

A. Perancangan akibat gaya tekan

Komponen elemen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris karena beban terfaktor (N_u) harus memenuhi persyaratan berikut ini :

$$1. N_u \leq \phi N_n \quad (15)$$

Dimana :

ϕ : faktor reduksi aksial tekan 0,85

N_n : kuat tekan nominal (N).

2. Perbandingan kelangsingan :

- Kelangsingan elemen penampang $< \lambda_r$
- Kelangsingan elemen struktur tekan

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \leq 140 \quad (16)$$

3. Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar nilai λ harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

B. Kuat tekan nominal akibat kondisi tekuk lentur

Kuat tekan nominal yang diakibatkan tekuk-lentur, N_n , dari komponen struktur dalam tekan dengan elemen penampangnya memiliki perbandingan lebar-ketebalan (λr) lebih kecil dari yang ditentukan sebagai berikut :

- Untuk $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y \quad (17)$$

- Untuk $\lambda_c > 1,5$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} A_g f_y \quad (18)$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (19)$$

$$L_k = k_c L \quad (20)$$

Dimana :

A_g : luas penampang bruto (mm^2)

f_y : tegangan leleh (MPa)

λ_c : parameter kelangsingan

- kc : faktor panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka
L : panjang teoritis kolom (mm)
E : modulus elastisitas bahan baja (MPa)

Komponen Batang Lentur

Penempatan beban secara tegak lurus akan mengakibatkan batang jadi melengkung, hal itu disebut mekanisme lentur. Apabila batang yang diberikan beban akan kembali pada kondisi yang semula, maka perilaku itu disebut elastis.

Suatu komponen elemen struktur yang dianalisis menggunakan metode plastis harus memenuhi persyaratan berikut :

- Berpenampang kompak
- Memenuhi $L \leq L_p$, dimana L adalah panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan
- Memenuhi kuat tekuk lentur dari pelat badan
- Memenuhi persyaratan berikut ini :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (21)$$

Dimana :

M_u : momen lentur ultimate (Nmm)

M_n : kuat lentur nominal (Nmm).

Perancangan Sambungan Baut

Sambungan dalam suatu struktur merupakan komponen yang tidak dapat diabaikan, karena kegagalan yang terdapat pada sambungan yang terputus dapat menyebabkan kegagalan struktur secara keseluruhan.

Syarat-syarat sambungan :

1. Harus aman, kuat dan hemat.
2. Ditempat yang mudah dilihat, harus dibuat seindah mungkin.
3. Mudah dilakukan pemasangan di lapangan.
4. Pada satu titik sambungan, lebih baik dihindari penggunaan alat penyambung yang berbeda-beda.

Klasifikasi sambungan

1. Sambungan kaku

Pada struktur rangka kaku, sambungan dianggap memiliki kekakuan untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung. Deformasi pelat penyambung harus sedemikian rupa agar tidak berpengaruh terhadap distribusi gaya maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.

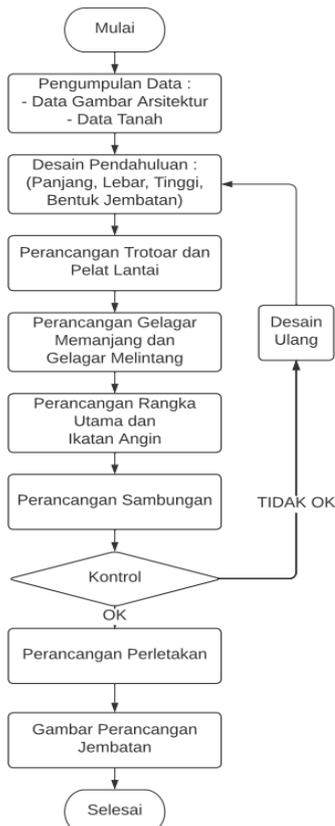
2. Sambungan tidak kaku

Dalam struktur sederhana, sambungan pada ujung bagian komponen struktur dianggap tidak memiliki momen. Sambungan dapat berubah bentuk untuk memberikan rotasi yang dibutuhkan pada sambungan dan sambungan

tidak boleh menyebabkan momen lentur untuk komponen struktur yang akan disambung.

III METODOLOGI PERENCANAAN

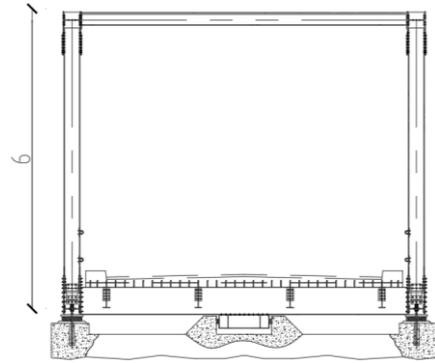
Dalam sebuah perencanaan atau desain analisis struktur diperlukan untuk mengetahui struktur-struktur tersebut harus mampu menahan beban yang bekerja pada komponen struktur tersebut seperti beban mati, beban hidup, beban lalu lintas, beban angin maupun beban gempa. Perhitungan ini menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti SNI 1725-2016 untuk peraturan pembebanan pada jembatan, tahapan analisis perhitungan yang akan dijelaskan berikut.



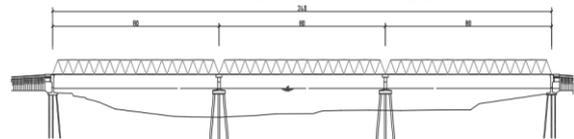
Gambar 3. Diagram alir perencanaan

IV PRELIMINARY DESIGN

Pada *Preliminary design* ini merupakan suatu langkah analisis untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal secara manual yang selanjutnya dimensi tersebut dapat digunakan pada perhitungan selanjutnya. Dimensi-dimensi yang akan dilakukan preliminary desain pada proposal akhir ini antara lain yaitu pelat lantai kendaraan dan tulangan, gelagar memanjang, dan gelagar melintang, dimana preliminary desain dilakukan mengacu pada peraturan-peraturan maupun SNI yang ada.



Gambar 4. Penampang melintang jembatan



Gambar 5. Penampang memanjang jembatan

V PERANCANGAN GELAGAR

Perancangan Gelagar Memanjang

Data perancangan gelagar memanjang :

- Jarak gelagar memanjang = 1,75 m
- Panjang gelagar memanjang = 5 m
- Panjang bentang jembatan = 80 m
- Tebal Pelat = 200 mm
- Tebal trotoar = 250 mm
- Lebar Trotoar = 1000 mm
- Tebal Aspal = 50 mm
- Berat jenis dari beton = 24 kN/m³
- Berat jenis dari aspal = 22 kN/m³
- Profil gelagar memanjang = IWF 450.200.9.14

1. Perancangan gelagar sebelum komposit
 - a. Analisa penampang dengan menggunakan analisa plastis
 $M_u = 36,737 \text{ kN.m}$
 - b. Lendutan yang terjadi
 $\Delta_x \leq \Delta_{izin} = 1,112 \text{ mm} \leq 6,25 \text{ mm}$
 - c. Klasifikasi penampang.
 $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$; profil tergolong kompak
 - d. Menghitung parameter keadaan batas (Momen kapasitas)
Momen kondisi leleh
 $M_p = Z_x \cdot f_y = 470,231 \text{ kN.m}$
Momen kondisi tekuk torsi lateral
 $M_n = M_p = 203,141 \text{ kN.m}$
 - e. Kontrol penampang
 $M_u \leq \phi M_n = 36,737 \text{ kNm} \leq 182,83 \text{ kNm}$
2. Perancangan gelagar setelah komposit
 - a. Lebar efektif sayap beton = 100 cm
 - b. Kekuatan tekanan yang terdapat pada pelat lantai C = 2725,42 kN

- c. $a = 93 \text{ mm} \leq t_p \rightarrow$ garis netral berada di pelat
- d. Kuat lentur nominal gelagar komposit
 $M_n = 411,122 \text{ kNm}$
- e. Kontrol penampang
 $M_u \leq \phi M_n$
 $289,28 \text{ kNm} \leq 370,01 \text{ kNm}$

Perancangan Gelagar Melintang

Data perancangan gelagar melintang :

- Jarak gelagar memanjang = 1,75 m
- Panjang gelagar memanjang = 5 m
- Jarak gelagar melintang = 5 m
- Panjang gelagar melintang = 9 m
- Profil gelagar melintang =
IWF 900.300.16.28

1. Perancangan gelagar sebelum komposit
 - a. Analisa penampang dengan menggunakan analisa plastis
 $M_u = 383,666 \text{ kNm}$
 - b. Lendutan yang terjadi
 $\Delta_x \leq \Delta_{izin} = 5,324 \text{ mm} \leq 11,25 \text{ mm}$
 - c. Klasifikasi penampang.
 $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$; profil tergolong kompak
 - d. Menghitung parameter keadaan batas (Momen kapasitas)
Momen kondisi leleh
 $M_p = Z_x \cdot f_y = 2950,501 \text{ kN.m}$
Momen kondisi tekuk torsi lateral
 $M_n = 1245,604 \text{ kN.m}$
 - e. Kontrol penampang
 $M_u \leq \phi M_n = 383,666 \text{ kN.m} \leq 1121 \text{ kN.m}$

2. Perancangan gelagar setelah komposit
 - a. Lebar efektif sayap beton = 180 cm
 - b. Kekuatan tekanan yang terdapat pada pelat lantai C = 8788,16 kN
 - c. $a = 189,2 \text{ mm} \leq t_p \rightarrow$ garis netral berada di pelat
 - d. kuat lentur nominal gelagar komposit
 $M_n = 2785,187 \text{ kNm}$
 - e. Kontrol penampang
 $M_u \leq \phi M_n$
 $2281,156 \text{ kNm} \leq 2506,668 \text{ kNm}$

VI PERANCANGAN RANGKA UTAMA

Data profil perancangan rangka utama :

- Gelagar memanjang = IWF.450.200.9.14
- Gelagar melintang = IWF 900.300.16.28
- Rangka horizontal = IWF 496.432.45.70
- Rangka diagonal = IWF 496.432.45.70
- Ikatan angin = IWF 150.150.7.10

Pembebanan pada rangka utama :

- Beban mati pelat lantai = 9 kN/m

- Beban mati tambahan = 2,8 kN/m
- Beban mati trotoar = 6 kN/m
- Beban pejalan kaki = 5 kN/m
- Beban truk = 149,06 kN
- Beban lajur = 95,818 kN/m
- Beban angin tekan pada struktur = 18 kN
- Beban angin hisap pada struktur = 9,01 kN
- Beban angin pada kendaraan = 6,01 kN
- Beban gaya rem = 9,02 kN
- Beban pengaruh gempa = 34,83 kN

Kombinasi pembebanan

- Horizontal atas tekan = 14544,5 kN
- Horizontal bawah = 11629,28 kN
- Diagonal tekan = 4240,83 kN
- Diagonal tarik = 4238,157 kN
- Ikatan angin tekan = 114,186 kN
- Ikatan angin tarik = 382,955 kN

Perancangan Batang Tekan

- a. Kelangsingan elemen penampang.
 $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$; profil tergolong kompak
- b. Kelangsingan dari komponen struktur tekan
 $\lambda_x = 45,045 \leq 140$, $\lambda_y = 25,380 \leq 140$
Jadi $\lambda \leq 140$ kelangsingan penampang komponen struktur tekan memenuhi persyaratan
- c. Kuat tekan nominal
Arah sumbu kuat (sumbu y)
 $14541,82 \text{ kN} \leq 16773,0998 \text{ kN}$
Arah sumbu lemah (sumbu x)
 $14541,82 \text{ kN} \leq 18251,534 \text{ kN}$

Perancangan Batang Tarik

- a. Diameter baut yang digunakan 24 mm
- b. Jumlah baut yang digunakan 16 baut
- c. Jarak baut
Jarak antar baut : $60 \leq 125 \leq 225$
Jarak tepi baut : $30 \leq 75 \leq 180$
- d. Kontrol terhadap kuat tarik nominal :
Berdasarkan kelelahan pada penampang bruto:
 $4238,157 \text{ kN} \leq 20099,61 \text{ kN}$
Berdasarkan fraktur pada penampang efektif :
 $4238,157 \text{ kN} \leq 25727,625 \text{ kN}$
Berdasarkan perencanaan reptur pada penampang
 $4238,157 \text{ kN} \leq 7789,837 \text{ kN}$

Perancangan Ikatan Angin

1. Ikatan angin tekan
 - a. Kelangsingan elemen penampang
 $\lambda \leq \lambda_p \leq \lambda_r$; profil tergolong kompak
 - b. Kelangsingan dari komponen struktur tekan
 $\lambda_x = 137,99 \leq 140$, $\lambda_y = 80,98 \leq 140$

Jadi $\lambda \leq 140$ kelangsingan penampang komponen struktur tekan memenuhi persyaratan

- c. Kontrol kuat tekan nominal
 - Arah sumbu kuat (sumbu y)

$$114,168 \text{ kN} \leq 309,396 \text{ kN}$$
 - Arah sumbu lemah (sumbu x)

$$114,168 \text{ kN} \leq 662,568 \text{ kN}$$
2. Ikatan angin tarik
 - a. Diameter baut yang digunakan 16 mm
 - b. Jumlah baut yang digunakan 4 baut
 - c. Jarak baut
 - Jarak antar baut : $40 \leq 60 \leq 150$
 - Jarak tepi baut : $20 \leq 50 \leq 120$
- d. Kontrol terhadap kuat tarik nominal :
 - Berdasarkan kelelahan pada penampang bruto :

$$382,955 \text{ kN} \leq 1046,61 \text{ kN}$$
 - Berdasarkan fraktur pada penampang efektif :

$$382,955 \text{ kN} \leq 1171,125 \text{ kN}$$
 - Berdasarkan perencanaan reptur pada penampang

$$382,955 \text{ kN} \leq 828,75 \text{ kN}$$

VII PERANCANGAN PERLETAKAN

Untuk perelatakan jembatan menggunakan bearing elastomer dengan data sebagai berikut :

- Lebar elastomer $W = 500 \text{ mm}$
- Panjang Elastomer $L = 800 \text{ mm}$
- Ketebalan efektif karet $h_{ri} = 18 \text{ mm}$
- Tebal lapisan pelat baja $h_{cov} = 4 \text{ mm}$
- Tebal lapisan penutup $h_s = 3 \text{ mm}$
- Jumlah lapisan $n = 11$
- Tegangan leleh pelat baja $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Batas tegangan delamasi $\sigma_{maks} = 7 \text{ MPa}$

Analisis Perancangan Elastomer

1. Luas area elastomer yang diperlukan
 - Ketebalan total karet elastomer (h_{rt})

$$\begin{aligned} h_{rt} &= 2 \cdot h_{cov} + n \cdot h_{ri} \\ &= 2 \cdot 4 \text{ mm} + 7 \cdot 18 \\ &= 134 \text{ mm} \end{aligned}$$
 - Tinggi total elastomer (H)

$$\begin{aligned} H &= h_{rt} + (n + 1) \cdot h_s \\ &= 134 \text{ mm} + (7 + 1) \cdot 3 \text{ mm} \\ &= 158 \text{ mm} \end{aligned}$$
 - Luas elastomer perlu (A_{perlu})

$$\begin{aligned} A_{perlu} &= \frac{D_{layan}}{\sigma_{maks}} \\ &= \frac{2554 \text{ kN}}{7 \text{ MPa}} \\ &= 363428,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
 - Luas elastomer pakai (A)

$$\begin{aligned} A &= W \cdot L \\ &= 500 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \\ &= 400000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas elastomer

$$\begin{aligned} A_{perlu} &\leq A \\ 363428,57 \text{ mm}^2 &\leq 400000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Faktor bentuk elastomer
 - Keliling elastomer (I_p)

$$\begin{aligned} I_p &= 2 \cdot (L + W) \\ &= 2 \cdot (800 + 500) \\ &= 2600 \text{ mm} \end{aligned}$$
 - Faktor bentuk elastomer (S)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A}{I_p \cdot h_{ri}} \\ &= \frac{400000 \text{ mm}^2}{2600 \text{ mm} \cdot 18 \text{ mm}} \\ &= 8,547 \end{aligned}$$

Kontrol dari faktor bentuk elastomer

$$\begin{aligned} 4 \leq A &\leq 12 \\ 4 \leq 8,547 &\leq 12 \end{aligned}$$

3. Tegangan pada elastomer
 - Tegangan yang terjadi

Tegangan akibat beban kombinasi (σ_{DS})

$$\begin{aligned} \sigma_{DS} &= \frac{D_{layan}}{A} \\ &= \frac{2544 \text{ kN}}{400000 \text{ mm}^2} \\ &= 6,360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan akibat beban hidup (σ_{DL})

$$\begin{aligned} \sigma_{DL} &= \frac{D_{LL}}{A} \\ &= \frac{359 \text{ kN}}{400000 \text{ mm}^2} \\ &= 0,8975 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dipakai nilai tegangan sebesar 6,360 MPa

- Tegangan maksimum dengan deformasi geser (σ_{maks})

Tidak dikekang :

$$\text{Kondisi 1 } \sigma_{maks} = 7 \text{ MPa}$$

$$\text{Kondisi 2 } \sigma_{maks} = G \cdot S = 7,69 \text{ MPa}$$

Dikekang :

$$\text{Kondisi 1 } \sigma_{maks} = 1,1 \cdot \sigma_{maks} = 7,70 \text{ MPa}$$

$$\text{Kondisi 2 } \sigma_{maks} = 1,1 \cdot \sigma_{maks} = 8,46 \text{ MPa}$$

Dipakai nilai tegangan maksimum yang terkecil 7 MPa

Kontrol tegangan pada elastomer

$$\begin{aligned} \sigma_{DS} &\leq \sigma_{maks} \\ 6,360 \text{ MPa} &\leq 7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Perpindahan pada elastomer akibat deformasi
 - Deformasi yang terjadi pada elastomer (Δ)

$$\begin{aligned} \Delta &= 2 \cdot \Delta_s \\ &= 2 \cdot 60 \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$
 - Ketebalan seluruh total elastomer (h_{rt})

$$h_{rt} = 204 \text{ mm}$$
- Kontrol perpindahan pada elastomer akibat deformasi
- $$\begin{aligned} \Delta &\leq h_{rt} \\ 120 \text{ mm} &\leq 204 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Perpindahan pada elastomer akibat rotasi
- Tegangan maksimum diakibatkan oleh rotasi terhadap sumbu memanjang

$$\begin{aligned}\sigma_{r-x} &= 0,5 \cdot G \cdot S \cdot \left(\frac{L}{h_{ri}}\right)^2 \cdot \frac{\theta}{n} \\ &= 0,5 \cdot 0,9 \cdot 8,547 \cdot \left(\frac{800}{18}\right)^2 \cdot \frac{0,006}{11} \\ &= 4,144 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Tegangan maksimum diakibatkan oleh rotasi terhadap sumbu melintang

$$\begin{aligned}\sigma_{y-x} &= 0,5 \cdot G \cdot S \cdot \left(\frac{W}{h_{ri}}\right)^2 \cdot \frac{\theta}{n} \\ &= 0,5 \cdot 0,9 \cdot 8,547 \cdot \left(\frac{500}{18}\right)^2 \cdot \frac{0,006}{11} \\ &= 1,619 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dipakai nilai tegangan maksimum 4,144 MPa
Kontrol perpindahan pada elastomer akibat rotasi

$$\begin{aligned}\sigma_{y-x} &\leq \sigma_s \\ 4,144 \text{ MPa} &\leq 6,360 \text{ MPa}\end{aligned}$$

VIII PENUTUP

Perancangan dan analisa yang dilakukan di Jembatan Melawi II dari uraian perhitungan struktur atas jembatan yang sudah diperoleh pada bab-bab sebelumnya, maka penulis dapat membuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Jembatan Melawi II terletak di Kecamatan Nanga Pinoh, Kabupaten Melawi dengan data sebagai berikut :
 - a) Koordinat Lintang : - 0,33916595025082136
 - b) Koordinat Bujur : 111,76167047623638
 - c) Panjang satu bentang : 80 meter
 - d) Lebar jembatan : 9,0 meter (dengan lebar lantai kendaraan 7 meter 2 jalur 2 arah dan trotoar 1 meter)
 - e) Tinggi jembatan : 6,0 meter.
 - f) Lantai kendaraan : Pelat lantai kendaraan beton bertulang dengan tebal 200 mm dengan mutu $f'_c = 30 \text{ MPa}$
 - g) Lapisan aspal : Tebal 50 mm.
2. Dari analisis perancangan gelagar didapatkan hasil :
 - a) Untuk gelagar memanjang menggunakan baja dengan mutu BJ 50 dan profil IWF 450.200.9.14, lendutan yang terjadi didapat sebesar 1,36 cm dengan lendutan ijin 6,25 cm
 - b) Untuk gelagar melintang menggunakan baja dengan mutu BJ 50 dan profil IWF 900.300.16.28, lendutan yang terjadi didapat sebesar 3,18 cm dengan lendutan ijin 11,25 cm

3. Dari analisis perancangan rangka utama didapatkan hasil :

- a) Beban gempa pada rangka utama yang menggunakan zona gempa 1 dengan nilai spektra percepatan periode 1 detik (S_{d1}) sebesar 0,1175 dengan pengaruh beban gempa yang kecil akan dianalisa dalam kombinasi ekstrem 1
- b) Pada kombinasi pembebanan yang dihasilkan, terdapat satu kombinasi dengan gaya aksial maksimum pada semua batang rangka yaitu keadaan batas kombinasi kuat 1 yang dipengaruhi oleh faktor beban hidup yang terbesar diantar keadaan batas kombinasi beban yang lainnya. Maka keadaan batas kombinasi beban kuat 1 dipakai untuk perancangan dimensi rangka utama.
- c) Untuk profil batang rangka bawah, batang rangka atas, batang diagonal menggunakan baja dengan mutu BJ 50 dan profil IWF 496.432.45.70
- d) Untuk profil ikatan angin atas dan ikatan angin bawah menggunakan baja dengan mutu BJ 50 dan profil IWF 150.150.7.10
- e) Berat struktur jembatan baja yaitu sebesar 3416,927 kN, semakin panjang bentang jembatan maka berat struktur jembatan akan semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh pemilihan profil yang sangat berpengaruh terhadap berat struktur di tiap pemodelannya.

4. Dari analisis perancangan sambungan didapatkan hasil :

- a) Sambungan geagar memanjang terhadap geagar melintang menggunakan 8 baut $\phi 20$ mm dengan profil pelat penyambung L 80.80.12.
- b) Sambungan gelagar melintang terhadap rangka utama menggunakan 10 baut $\phi 24$ mm dengan profil pelat penyambung L 80.80.12.
- c) Sambungan pada pelat buhul menggunakan pelat dengan tebal 20 mm dengan baut $\phi 30$ mm pada batang rangka.
- d) Sambungan ikatan angin menggunakan sambungan baut $\phi 24$ mm, dengan pelat penyambung dengan tebal 10 mm.

5. Perletakan yang digunakan berupa elastomic bearing lebar 500 mm dan panjang 800 mm

Dalam perencanaan jembatan di Melawi II, Kecamatan Nanga Pinoh, Kabupaten Melawi, penulis ingin memberikan beberapa saran, yaitu :

1. Acuan pedoman standarisasi nasional yang akan digunakan sebaiknya menggunakan versi terbaru yang berlaku di Indonesia saat

- penulisan tugas akhir oleh para penulis selanjutnya.
2. Sebelum menganalisis perhitungan, penulis sudah memahami alur perhitungan atau susunan perancangan penulisan tugas akhir.
 3. Sebaiknya dalam menganalisis suatu struktur perencana terlebih dahulu bisa memahami jenis dan bentuk pembebanan pada struktur tersebut untuk memudahkan analisis.
 4. Pada saat memodelkan struktur jembatan pada program analisis struktur harus dilakukan secara teliti.
 5. Pengumpulan referensi baik jurnal, buku panduan serta literature lain sebaiknya dikumpulkan terlebih dahulu agar dapat dijadikan acuan penulis untuk menganalisis perhitungan tugas akhir.

2021. *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan*.
 William T. Segui. 2013. *Steel Design Fifth Edition*

REFERENSI

- American Association of State High Transportation Officials*. 2017. *LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition*.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2016. *Perencanaan Jembatan untuk Beban Gempa dengan revisi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 (SNI 2833:2016)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2013. *Spesifikasi & Metode Uji Bantalan Karet (Elastomer) untuk Perletakan Jembatan*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional*. 2008. *Spesifikasi Pilar & Kepala Jembatan Beton Sederhana*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2005. *RSNI T-03-2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional*. 2004. *RSNI T-12-2004. Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Jakarta
- Charles G. Salmon & John E. Johnson*. 1997. *Struktur Baja Disain Dan Perilaku*
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga*. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*
- Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan*. 2021. *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan*. Jakarta.
- Fiqri Nurhadi*. 2022. *Perancangan Struktur – Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Truss Desa Sungai Rengas Kabupaten Kubu Raya*.
- Kalbarsi Ton*. 2016. *Perencanaan Jembatan Pelengkung Type Through Arch Desa Korek, Kec. Ambawang, Kab. Kubu Raya. Pontianak*
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga*.