

ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN TIPE CAMEL BACK TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD

Dion Falerio Lilu¹, Sudirman Indra², Agus Santosa³
^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : dionliem308@gmail.com¹

ABSTRACT

Camel Back Truss type steel frame bridge is one type of bridge that was built for the benefit of highway traffic. The advantage of steel bridge selection is that all steel rod elements can withstand axial compressive forces or axial tensile forces, construction is much lighter, bridge spans are much longer, implementation in the field is easier. The main parts of the truss are made of components that are not too large, so transportation to the bridge location is much easier. The structure of the building of the Steel Frame Bridge consists of several main truss forming parts namely the main girder rod, transverse girder rod, elongated girder rod, upper wind bonding rods, lower wind bonding rods, stiffener ties and vehicle floor systems that form a rigid construction so as to form a safe and comfortable traffic lane. The purpose of this Thesis is to designing the Camel Back Truss Type Steel Frame Bridge using STAAD PRO program or software and refer to the Indonesian National Standard (SNI) codes. Steel profiles used in the planning of this bridge are WF steel profiles for longitudinal girder, transverse girder, master girder, and LD profile for upper wind and lower wind ties.

Kata kunci : *Bridge, Camel Back Truss, Truss.*

ABSTRAK

Jembatan Rangka Baja tipe *Camel Back Truss* merupakan salah satu tipe Jembatan yang banyak dibangun untuk kepentingan lalu lintas jalan raya. Keuntungan pemilihan jembatan baja adalah seluruh elemen batang baja dapat menahan gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan dilapangan lebih mudah. Bagian-bagian utama rangka batang dibuat dari komponen-komponen yang tidak terlalu besar maka pengangkutannya ke lokasi jembatan menjadi jauh lebih mudah. Struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja terdiri atas beberapa bagian batang utama pembentuk rangka yaitu batang gelagar induk, batang gelagar melintang, batang gelagar memanjang, batang-batang ikatan angin atas, batang-batang ikatan angin bawah, ikatan-ikatan pengaku dan sistem lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga membentuk jalur lalu lintas yang aman dan nyaman. Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan Jembatan Rangka Baja Tipe *Camel Back Truss* dengan menggunakan program atau software bantu *STAAD PRO* dan mengacu pada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI). Profil baja yang digunakan pada perencanaan Jembatan ini adalah profil baja WF untuk gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, dan profil LD untuk ikatan angin atas dan ikatan angin bawah.

Kata kunci : *Jembatan, Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss, Rangka.*

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan sarana alat transportasi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Seiring berkembangnya teknologi dan perekonomian, pembangunan jembatan dengan bentang yang panjang dan kuat akan sangat dibutuhkan mengingat fungsi jembatan sebagai penghubung antar satu daerah dengan daerah yang lain. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan. Oleh karena itu, diperlukannya penguasaan teknologi jembatan baik

dari aspek perencanaan, peralatan dan material. Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, dari bentuk sederhana sampai yang paling kompleks, demikian juga bahan-bahan yang digunakan mulai dari bambu, kayu, beton, dan baja. Penggunaan bahan baja untuk saat ini maupun di masa mendatang, khususnya struktur jembatan akan memberikan keuntungan yang berlebih terhadap perkembangan serta kelancaran sarana transportasi di seluruh daerah yang ada di Indonesia. Wilayah Kota Atambua sendiri sudah banyak melakukan pembangunan proyek jembatan yang berguna untuk melancarkan transportasi yang ada, salah satunya

adalah jembatan Weutu yang berada di antara tiga Desa, yaitu : Desa Umaklaran, Desa Sadi, dan Desa Sarabau. Di wilayah ini terdapat banyak aliran sungai yang menyebabkan terganggunya transportasi darat pada khususnya. Melihat permasalahan yang ada, maka pemerintah membangun jembatan untuk mengatasi masalah tersebut. Jembatan weutu sendiri sebelumnya sudah dibangun menggunakan material beton pracetak. Melihat kondisi tanahnya yang berpasir kasar, berkerikil, dan berbatu-batu. maka apabila konstruksi jembatan weutu menggunakan material beton pracetak akan menimbulkan permasalahan seperti retakan pada struktur jembatan tersebut. Melalui skripsi ini penulis mencoba untuk merencanakan ulang jembatan Weutu Kota Atambua menggunakan struktur jembatan rangka baja tipe Camel Back Truss, yang sebelumnya merupakan jembatan Beton Pracetak.

2. DASAR TEORI

Penyebaran beban “D” pada arah melintang jembatan.

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban arah melintang harus sama.

Faktor Beban “D”

Beban “D” mempunyai intensitas (q Kpa) dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut :

Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa

Jika $L > 30$ m : $q = 9,0 (0.5 + \frac{15}{L})$ kPa

Keterangan :

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa).

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (m).

Tabel 1. Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan batas layan (γ^S_{TD})	Keadaan batas ultimit (γ^U_{TD})
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks girder baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan Hal.39)

Faktor Beban “T”

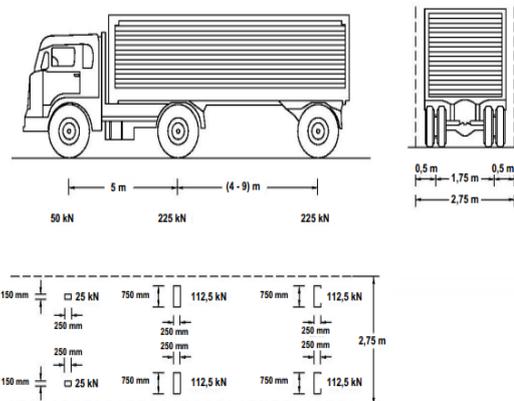
Beban “T” adalah beban suatu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana.

Tabel 2. Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan batas layan (γ^S_{TT})	Keadaan batas ultimit (γ^U_{TT})
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks girder baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan Hal.41)

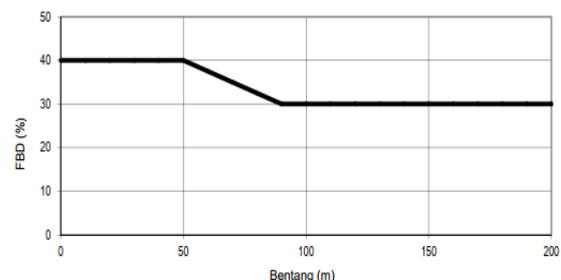
Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 4. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 4. Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Posisi dan penyebaran pembebanan truk “T” dalam arah melintang jembatan

Untuk pembebanan truk "T", FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada di bawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja-tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 5. Faktor Beban Dinamis Untuk Beban “T” Untuk Pembebanan Lajur “D”

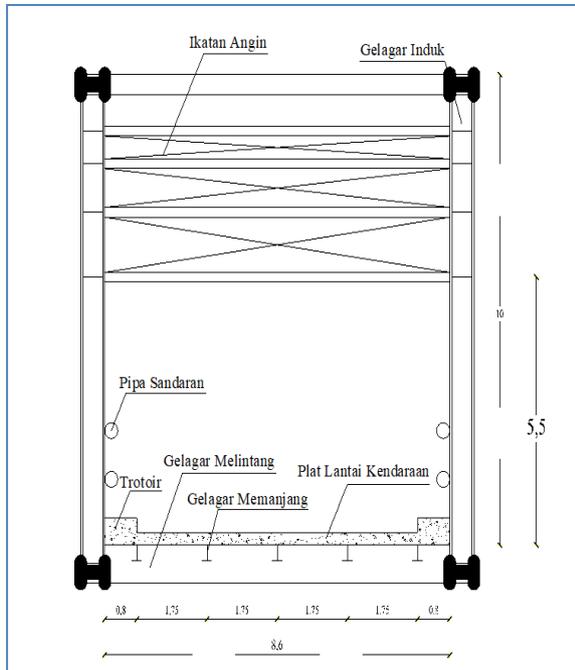
3. METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan penelitian maka dibuat langkah – langkah pelaksanaan alur kegiatan penelitian agar dapat berjalan sistematis dan tepat sasaran tercapainya tujuan penelitian. Langkah awal yang perlu dilakukan adalah studi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan perencanaan.

PENGUMPULAN DATA

Jembatan weutu berlokasi di Desa Kabuna Kec. Kakuluk Mesak, Kota Atambua, Kab. Belu, Provinsi NTT. Data awal yang diperoleh dari survey geometri struktur maupun pemohon data jembatan Weutu adalah sebagai berikut :

Kelas Jembatan : I (Satu) Panjang Jembatan : 120 meter (3 Section)
 Lebar Lantai Kendaraan : 7 m
 Lebar Trotoir : 2 x 0,8 m
 Tipe Jembatan : Beton Pracetak



Gambar 1. Potongan Melintang

Perencanaan Jembatan Camel Back Truss

Data perencanaan ulang jembatan Weutu adalah sebagai berikut :

Kelas Jembatan : I (Satu)
 Panjang Jembatan : 120 meter (2 Section)
 Lebar Lantai Kendaraan : 7 meter
 Lebar Trotoir : 2 x 0,8 meter
 Tipe Jembatan : Camel Back Truss
 Jarak Antar Gelagar Melintang : 4 meter
 Jarak Antar Gelagar Memanjang : 1,75 m
 Mutu Baja Tulangan Ulir (fy) : 390 MPa
 Mutu Beton (fc') : 35 MPa
 Mutu Baja Profil : BJ 55

Mutu Baut : A 490 Kuat Tarik Baut 1035

Data pembebanan jembatan weutu adalah sebagai berikut :

Lapisan Aspal Lantai Kendaraan :

- Tebal Lapisan Aspal : 0,06 meter
- Berat Jenis Aspal : 2200 Kg/m³ (SNI 1725-2016,hal 13)

Plat Beton Trotoir :

- Tebal Plat Beton : 0,55 meter
- Tegel : 0,05 meter
- Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 Kg/m³ (SNI 1725-2016,hal 13)

Plat Beton Lantai Kendaraan :

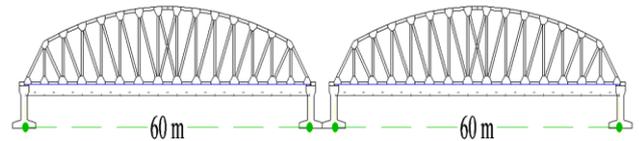
- Tebal Plat Beton Lantai Kendaraan : 0,25 m
- Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 Kg/m³ (SNI 1725-2016,hal 13)

Air Hujan :

- Tinggi Air Hujan : 0,05 meter
- Berat Air Hujan : 1000 Kg/m³ (SNI 1725-2016,hal 11)

Steel Deck :

- Tebal Steel Deck : 1,2 mm
- Berat Steel Deck : 13,50 Kg/m²



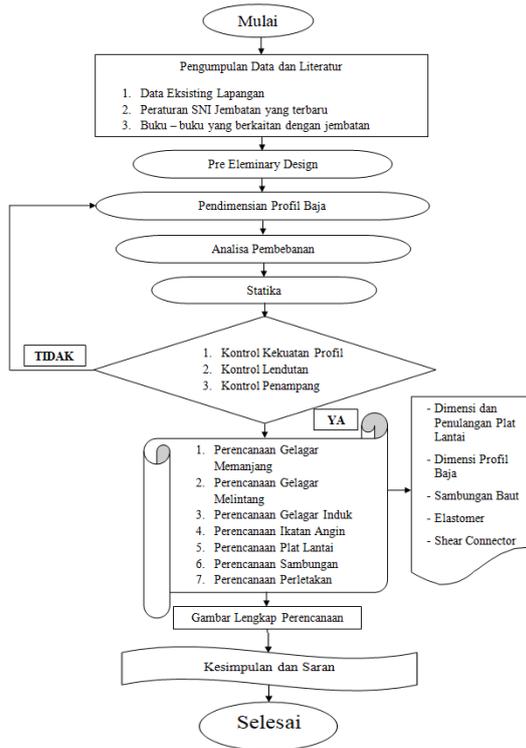
Gambar 2. Potongan Memanjang

Perencanaan Jembatan Camel Back Truss

STANDAR PERENCANAAN

- SNI 1725-2016, Pembebanan Untuk Jembatan.
- SNI 3967-2008, Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos Dan Tipe Berlapis Pada Jembatan.
- SNI 1729-2015, Tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- SNI 2833-2016, Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk jembatan.
- Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, No. 10/SE/M/2015; Tentang Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan.
- Analisa Struktur Jembatan rangka baja Tipe Camel Back Truss Dalam Perhitungan 3-D Menggunakan program STAAD PRO.

BAGAN ALIR METODOLOGI



Gambar 3. Bagan Alir Perencanaan

4. PEMBAHASAN

Perhitungan Pembebanan Lantai Kendaraan dan Trotoir Plat Lantai Kendaraan (Diambil Per 1 Meter)

Beban Mati (qd1)

Berat Sendiri Lantai Kendaraan : $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780,00 \text{ Kg/m}$.
 Berat Aspal : $0,06 \times 1 \times 2200 \times 1,3 = 171,600 \text{ Kg/m}$.
 Berat Air Hujan : $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2 = 100 \text{ Kg/m}$.
 Berat Steel Deck (1,00 mm) : $13,50 \times 1 \times 1,1 = 14,83 \text{ Kg/m}$.
 $Qd1 = 1066,428 \text{ Kg/m}$

Beban Hidup (qL1)

Muatan "T" yang bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = $500 \text{ KN} = 50000 \text{ Kg}$, atau tekanan roda = $112,5 \text{ KN} = 11250 \text{ Kg}$. (SNI 1725 – 2016, hal 41).
 Faktor beban = 2 (SNI 1725 – 2016, hal 41)
 Maka P = $2 \times 11250 = 22500 \text{ Kg}$.

Plat Trotoir

Beban Mati (qd2)

Berat Sendiri Lantai Trotoir : $0,55 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716,000 \text{ Kg/m}$.
 Berat Air Hujan : $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2 = 100 \text{ Kg/m}$.

Berat Steel Deck (1,00 mm) : $13,50 \times 1 \times 1,1 = 14,83 \text{ Kg/m}$.
 $Qd2 = 1830,828 \text{ Kg/m}$

Beban Hidup (qL2)

Beban hidup trotoir : (Faktor beban : 1,8 (SNI 1725-2016, hal 46).
 Beban hidup trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar :
 $Q = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ Kg/m}^2$ (SNI 1725-2016, hal 46)
 $Ql2 = 500 \times 1 \times 1,8 = 900 \text{ Kg/m}^2$
 Beban terfaktor trotoir :
 $Qu_{tr} = qd2 + ql2 = 1830,828 + 900 = 2730,828 \text{ Kg/m}$.

Beban Kerb

Sepanjang bagian lantai trotoir harus diperhitungkan terhadap beban yang bekerja secara horizontal = $15 \text{ KN/m} = 1500 \text{ Kg/m}$. (RSNI T-02-2005, Hal 55).

Tabel 3. Kondisi Pembebanan Pada Momen Maksimum

No.	Tumpuan	Lapangan	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Kondisi	Momen Ekstrem		Maksimum
			1	2	3	4	Positif	Negatif	
1	A		-1511,866	-1511,866	-1511,865	-1511,865	.	-1511,865	-1511,866
2	B		-6208,014	-6177,647	-6723,839	-2055,036	.	-6723,839	-6723,839
3	C		-4701,162	-4212,770	-2577,809	-6715,371	.	-6715,371	-6715,371
4	D		-6208,014	-6177,646	589,086	-2069,497	589,086	-6208,014	-6208,014
5	E		-1511,866	-1511,866	-1511,865	-1511,865	.	-1511,865	-1511,866
6	A-A'		0	0	0	0	0	0	0
7	A-B		6335,803	6315,962	6077,907	-1375,208	6335,803	-1375,208	6335,803
8	B-C		4741,156	4412,955	5544,936	5810,556	5810,556	.	5810,556
9	C-D		4741,158	4412,956	-586,119	5803,328	5803,328	.	5803,328
10	D-E		6335,801	6315,962	-53,147	-1382,438	6335,801	-1382,438	6335,801
11	E-E'		0	0	0	0	0	0	0

Setelah dihitung dengan menggunakan Program Bantu STAADPRO V8i, momen max yang digunakan pada perhitungan plat lantai kendaraan didapat pada Kondisi 3 untuk Tumpuan, dan Kondisi 1 untuk Lapangan.
 Untuk Tumpuan = $6723,839 \text{ Kg.m}$
 Untuk Lapangan = $6335,803 \text{ Kg.m}$

Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir Untuk kontrol pada momen max tumpuan didapat dari program bantu STAAD PRO.

Kontrol :

Mr > Mu

$85,7464 \text{ KNm} > 67,23839 \text{ KNm}$.

Jadi, dipakai tulangan rangkap D13 – 200 mm dan Steel Deck dengan tebal 1,20 mm.

Direncanakan menggunakan tulangan bagi Ø10 mm.

$$A_{S_{bagi}} = 20\% \times A_{S_{perlu}} = 0,2 \times 663,929 = 132,786 \text{ mm}^2.$$

$$A_{S_{ada}} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 = 78,571$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n) :

$$n = \frac{A_{S_{bagi}}}{A_{S_{ada}}} = \frac{132,786}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2} = 1,690 \sim 4 \text{ Tulangan.}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm.}$$

Dipakai tulangan bagi : Ø10 - 250 mm.

Jadi, tulangan yang digunakan untuk perencanaan plat lantai kendaraan adalah :

Tulangan utama D13 – 200 mm untuk tulangan tarik, dan D13 – 200 mm untuk tulangan tekan.

Tulangan bagi D10 – 250 mm.

Untuk kontrol pada momen max Lapangan didapat dari program bantu STAAD PRO.

Kontrol :

Mr > Mu

85,7464 KNm > 63,35803 KNm.

Jadi, dipakai tulangan rangkap D13 – 200 mm dan Steel Deck dengan tebal 1,20 mm.

Direncanakan menggunakan tulangan bagi Ø10 mm.

$$A_{S_{bagi}} = 20\% \times A_{S_{perlu}} = 0,2 \times 663,929 = 132,786 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{ada}} = 0,25 \times 3,14 \times 10^2 = 78,571$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n) :

$$n = \frac{A_{S_{bagi}}}{A_{S_{ada}}} = \frac{132,786}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2} = 1,690 \sim 4 \text{ Tulangan.}$$

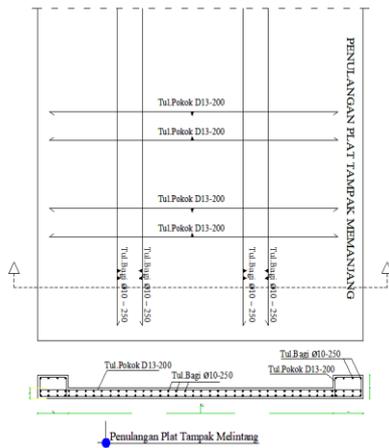
$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm.}$$

Dipakai tulangan bagi : Ø10 - 250 mm.

Jadi, tulangan yang digunakan untuk perencanaan plat lantai kendaraan adalah :

Tulangan utama D13 – 200 mm untuk tulangan tarik, dan D13 – 200 mm untuk tulangan tekan.

Tulangan bagi D10 – 250 mm.



Gambar 6. Penulangan Plat Lantai dan Trotoir

Perhitungan Gelagar Memanjang

Perhitungan Pembebanan

Beban Mati

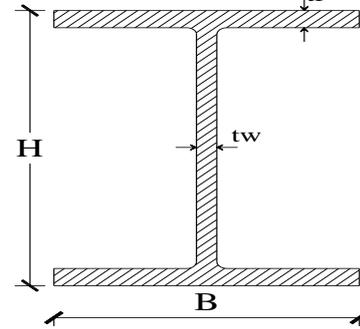
Data yang diketahui :

$$Q_{ult} = 1066,428 \text{ Kg/m}$$

$$Q_{utr} = 2730,828 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Jarak antar gelagar memanjang} = 1,75 \text{ meter}$$

$$\text{Jarak antar gelagar melintang} = 4 \text{ meter}$$



Gambar 7. Dimensi Gelagar Memanjang

Tabel 4. Kesimpulan Pembebanan Gelagar memanjang

Beban Mati			
Gelagar Tepi	q_{dl1}	=	1865,264 kg/m
Gelagar Tengah	q_{dl2}	=	1167,190 kg/m
Beban hidup BTR (Beban tersebar merata)			
Gelagar Tepi	q_{tr1}	=	268,646 kg/m
Gelagar tengah	q_{tr2}	=	537,293 kg/m
Beban hidup BGT (Beban garis)			
Gelagar tepi	p_{gl1}	=	2691,240 kg/m
Gelagar tengah	p_{gl2}	=	5382,480 kg/m

Perhitungan Statika

Dari perhitungan dipakai momen yang terbesar untuk perhitungan dimensi gelagar memanjang yaitu : $M_{u2} = 8791,445 \text{ Kgm}$.

Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

Data Perencanaan :

$$M_u = 8791,455 \text{ Kgm}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja} = \text{BJ 55}$$

$$f_y = 4100 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/m}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L \text{ (Panjang Gelagar)} = 4 \text{ m} \sim 400 \text{ cm}$$

$$B_o = 1,75 \text{ m} \sim 175 \text{ cm}$$

$$h \text{ Beton} = 0,25 \text{ m} \sim 25 \text{ cm}$$

Dicoba menggunakan dimensi profil WF.300 x 300 x 10 x 15

$$W = 94 \text{ Kg/m}$$

$$A = 119,8 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 20,4 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 6,75 \text{ cm}^4$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ cm}$$

Perhitungan Gelagar Melintang

Perhitungan Pembebanan

Beban Mati

Data yang diketahui :

$Q_{ult} = 1066,428 \text{ Kg/m}$

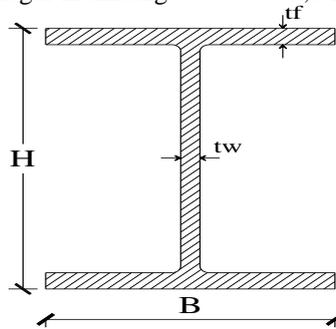
$Q_{utr} = 1830,828 \text{ Kg/m}$

Jarak antar gelagar memanjang = 1,75 meter

Jarak antar gelagar melintang = 4 meter

Panjang gelagar memanjang = 4 meter

Panjang gelagar melintang = 8,6 meter



Gambar 8. Dimensi Gelagar Melintang

Tabel 5. Kesimpulan Pembebanan Gelagar Melintang

Beban mati			
Akibat berat lantai kendaraan	q_{dlr}	=	908,888 kg/m
Akibat berat trotoar	q_{dtr}	=	1952,883 kg/m
Akibat berat profil gelagar memanjang	$P1$	=	413,600 kg
Akibat Ra gelagar memanjang tepi	$P2$	=	5613,440 kg
Akibat Ra gelagar memanjang tengah	$P3$	=	6100,205 kg
Beban hidup D			
Beban tersebar merata BTR	q_{tr}	=	418,388 kg/m
Beban garis BGT	P_{gt}	=	4917,818 kg/m
Beban hidup lantai kendaraan			
Beban T	T_u	=	22500,00 kg/m

Perhitungan Statika

Dari hasil perhitungan statika diambil nilai Momen dan Reaksi yang terbesar yaitu :

$M_u = 175798,55 \text{ Kgm}$.

$R_V = 65541,4896 \text{ Kg}$.

Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

Data Perencanaan :

$M_u = 175798,55 \text{ Kgm}$

$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Mutu baja = BJ 55

$f_y = 4100 \text{ Kg/m}^2$

$f_u = 5500 \text{ Kg/m}^2$

$E = 200000 \text{ MPa}$

L (Panjang Gelagar) = 8,6 m ~ 860 cm

$B_o = 1,75 \text{ m} \sim 175 \text{ cm}$

h Beton = 0,25 m ~ 25 cm

Dicoba menggunakan dimensi profil WF.700 x 300 x 16 x 28

$W = 215 \text{ Kg/m}$

$A = 273,6 \text{ cm}^2$

$I_x = 237 \text{ cm}^4$

$I_y = 12,9 \text{ cm}^4$

$B = 300 \text{ mm}$

$h = 700 \text{ mm}$

$tw = 16 \text{ mm}$

$tf = 28 \text{ mm}$

$r = 28 \text{ cm}$

Perhitungan Gelagar Induk

Perhitungan Pembebanan

Beban Primer

- Beban mati dan Beban hidup

Dalam perencanaan struktur atas jembatan. Penulis menggunakan perhitungan melalui program bantu STAAD PRO. Perhitungan dimulai dari pembebanan kombinasi untuk perhitungan plat, perencanaan pembebanan gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, ikatan angin, dan pangaku melintang. Dalam perhitungan berat sendiri (SELFWEIGHT) penulis tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan dari program STAAD PRO.

Beban Sekunder

- Beban gaya rem

Gaya rem akan diambil yang paling terbesar menurut : (SNI-1725-2016, halaman 46) dari :

25 % Dari Berat Gandar Truck ($T = 11250 \text{ Kg}$)

5% Dari Beban Truck Rencana + Beban Lajur BTR (Beban truck rencana = 50000 Kg, BTR = 675 Kg/m²).

Perhitungan :

$$Pr 1 = 25 \% \times T \times 2$$

$$= 25 \% \times 11250 \times 2$$

$$= 5625 \text{ Kg}$$

$$Pr 2 = (5 \% \times 50000) + 675$$

$$= 2533,75 \text{ Kg}$$

Diambil beban yang paling terbesar yaitu

= 5625 Kg

Besar momen rem pada lantai = $1,8 \times 5625 = 10125 \text{ Kgm}$.

Besar gaya rem per gelagar memanjang = $\frac{\text{Momen rem}}{\text{Panjang gelagar memanjang}}$

$$= \frac{10125}{4}$$

$$= 2531,250 \text{ Kg}$$

Beban Angin

- Beban angin terhadap kendaraan

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin kendaraan. Beban angin sudut serang 0⁰ (Derajat) bekerja tegak lurus bidang kendaraan sebagai berikut :

$$\text{Beban angin} = 1,46 \text{ N/mm} = 146 \text{ Kg/m}$$

(Tabel 2.9)

Ketinggian bidang kerja angin = 1800 mm

SNI-1725-2016, halaman 57).

$$P1 = 146 \times 1,8 \times 100 \%$$

$$= 262,8 \text{ Kg}$$

Jadi, beban angin yang bekerja pada kendaraan disalurkan ke gelagar adalah sebesar = 262,8 Kg. Bekerja menerus sepanjang gelagar memanjang.

- Beban angin terhadap struktur rangka jembatan

Beban angin pada struktur rangka jembatan bekerja secara tegak lurus terhadap struktur rangka jembatan dengan beban angin sudut serang 0^0 (Derajat).

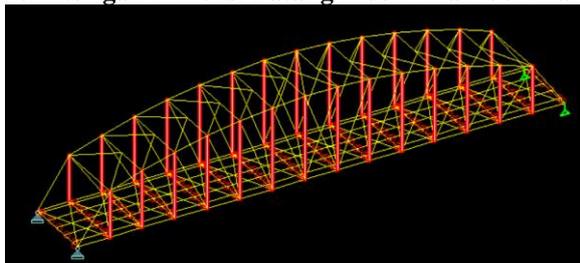
$$\begin{aligned} \text{Tekanan angin} &= 0,0036 \text{ MPa} \\ &= 360 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Pada perhitungan luasan dicari menggunakan program bantu AUTOCAD maka didapatkan pembebanan gaya angin sebagai berikut :

Tabel 6. Pembebanan Angin Pada Struktur Rangka Batang

Area	Luasan m ²	Gaya Angin 100% Kg	Gaya Angin 30% Kg	Gaya Angin 15% Kg
A	2,75	990	297	148,5
B	19,903	7165,08	2149,524	1074,762
C	27,104	9757,44	2927,232	1463,616
D	31,391	11300,76	3390,228	1695,114
E	34,776	12519,36	3755,808	1877,904
F	37,291	13424,76	4027,428	2013,714
G	38,97	14029,2	4208,76	2104,38
H	39,883	14357,88	4307,364	2153,682
I	39,883	14357,88	4307,364	2153,682
J	38,97	14029,2	4208,76	2104,38
K	37,291	13424,76	4027,428	2013,714
L	34,776	12519,36	3755,808	1877,904
M	31,391	11300,76	3390,228	1695,114
N	27,104	9757,44	2927,232	1463,616
O	19,903	7165,08	2149,524	1074,762
P	2,75	990	297	148,5

Perhitungan Dimensi Batang Induk Arah Vertikal



Gambar 9. Gelagar Induk Arah Vertikal

Tabel 7. Gaya Batang Pada Gelagar Induk Arah Vertikal

No. Batang	Panjang Batang	Gaya	Batang
16	5,500	50132,00	TARIK
18	6,805	-156641,00	TEKAN
20	7,876	-104034,00	TEKAN
23	8,721	-66398,00	TEKAN
24	9,349	-36264,00	TEKAN
26	9,765	-10116,00	TEKAN
28	10,000	8974,00	TARIK
30	10,000	16206,00	TARIK
32	9,765	3241,00	TARIK
34	9,349	-24907,00	TEKAN
36	8,721	-57560,00	TEKAN
38	7,876	-97604,00	TEKAN
40	6,805	-151321,00	TEKAN
42	5,500	50132,00	TARIK
77	5,500	50872,00	TARIK
79	6,805	-160142,00	TEKAN
82	7,876	-105595,00	TEKAN
84	8,721	-62697,00	TEKAN
86	9,349	-30176,00	TEKAN
88	9,765	-2077,00	TEKAN
90	10,000	15003,00	TARIK
92	10,000	14838,00	TARIK
94	9,765	2295,00	TARIK
96	9,349	-27611,00	TEKAN
98	8,721	-62353,00	TEKAN
100	7,876	-105084,00	TEKAN
102	6,805	-162677,00	TEKAN
104	5,500	55872,00	TARIK

Perhitungan Dimensi Batang Tarik No. 104

Data yang diketahui :

- Mutu baja = BJ 55
- Tegangan leleh (fy) = 410 MPa
- Tegangan putus (fu) = 550 MPa
- Elastisitas baja (E) = 200000 MPa
- Pu (Batang No. 104) = 55872,00 Kg
- Panjang batang (L) = 5,5 m
- Lebar lubang baut = 3,8 cm
- Profil baja dicoba = WF. 428 x 407 x 20 x 35

Dilihat dari tabel yang ada pada STAAD PRO didapatkan spesifikasi baja sebagai berikut :

- A = 360,7 cm²
- Ix = 11900 cm⁴
- Iy = 34900 cm⁴
- b = 407 mm
- h = 428 mm
- tw = 20 mm
- tf = 35 mm

Perhitungan radius girasi (r) :

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{11900}{360,7}} \\ &= 5,7438 \text{ cm} \\ r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{34900}{306,7}} \\ &= 9,8365 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, diambil radius girasi yang terkecil = 5,7438 cm.

Cek rasio kerampingan :

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$\frac{550}{5,7438} \leq 300$$

$$95,755 \leq 300 \quad \text{OKE}$$

Menghitung luas nominal :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times t_f) \\ &= 360,7 - (3,8 \times 3,5) \\ &= 347,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (luas efektif penampang) :

$$A_e = U \times A_n$$

Dimana :

U = Koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 85 %.

Maka :

$$\begin{aligned} A_e &= 0,85 \times 347,4 \\ &= 295,29 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan desain didasarkan pelelehan penampang bruto :

$$\begin{aligned} P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 360,7 \\ &= 1330983 \text{ Kg} \end{aligned}$$

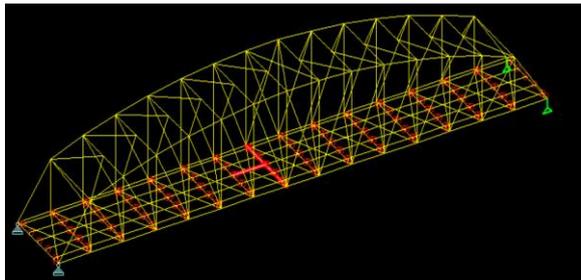
Kekuatan desain didasarkan pelelehan penampang bersih :

$$\begin{aligned} P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 295,29 \\ &= 1218071,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dari hasil Pn diatas diambil nilai terkecil yaitu :
 1218071,25 Kg
 Kontrol kekuatan :
 $P_n \geq P_u$
 1218071,25 Kg \geq 55872 Kg **OKE**

Perencanaan Sambungan
Perhitungan Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Sambungan gelagar memanjang dan gelagar melintang yang ditinjau terdapat pada Node. 102. Yaitu pada gelagar memanjang terdapat pada beam No. 155, dan pada gelagar melintang beam No. 75



Gambar 10. Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang Pada Node.102

Data-data yang diketahui :
 Dimensi gelagar memanjang = WF. 300 x 300 x 10 x 15
 b = 300 mm
 h = 300 mm
 tw = 10 mm
 tf = 15 mm
 Dimensi gelagar melintang = WF. 700 x 300 x 16 x 28
 b = 300 mm
 h = 700 mm
 tw = 16 mm
 tf = 28 mm
 Mutu baja = BJ 55
 $f_y = 410$ MPa
 $f_u = 550$ MPa
 Mutu baut = A490
 $f_u^b = 780$ MPa
 $= 7800$ Kg/cm²
 Diameter baut (db) = Ø 20 mm
 $= 2,0$ cm
 Diameter lubang (dl) = Ø 22 mm
 P_u gelagar memanjang = 5051 Kg (Dilihat Pada StaadPro)
 M_u gelagar memanjang = 2520,03 Kgm. (Dilihat Pada StaadPro)
 ➤ Luas baut :
 $A_b = 1/4 \times \pi \times d^2$
 $= 1/4 \times 3,14 \times 2^2$
 $= 3,143$ cm²
 ➤ Kuat tarik desain baut :
 $\phi R_{nt} = \phi \times (0,75 \times f_u^b) \times A_b$
 $= 0,75 \times (0,75 \times 7800) \times 3,143$
 $= 13789,286$ Kg

➤ Kuat geser desain baut :
 m (banyaknya bidang geser) = 2
 $\phi R_{nv} = \phi \times (0,6 \times f_u^b) \times A_b \times m$
 $= 0,75 \times (0,6 \times 7800) \times 3,143 \times 2$
 $= 22062,857$ Kg
 ➤ Kekuatan tumpu desain baut :
 $\phi R_n = \phi \times (2,4 \times d_l \times t_w \times f_u)$
 $= 0,75 \times (2,4 \times 2,2 \times 10 \times 5500 \times 550)$
 $= 49912500,00$ Kg

Dari perhitungan kekuatan baut diatas diambil nilai terkecil yaitu : 13789,286 Kg (Kuat Tarik)

➤ Luas nominal :
 $A_g = t_w (h - 2 \times t_f)$
 $= 10 (30 - 2 \times 1,5)$
 $= 270,00$ cm²
 ➤ Kekuatan nominal plat :
 Nilai ϕ
 $= 0,9$ Faktor Resistensi Batang Tarik Pada Keadaan Batas Leleh.
 $= 0,75$ Faktor Resistensi Batang Tarik Pada Keadaan Batas Retakan.
 $P_n = \phi \times f_y \times A_g$
 $= 0,9 \times 4100 \times 270,00$
 $= 996300$ Kg
 $P_n = \phi \times f_u \times A_g$
 $= 0,75 \times 4100 \times 270,00$
 $= 830250$ Kg

Dari perhitungan nilai Pn diatas diambil nilai terkecil yaitu : 830250 Kg

➤ Kontrol kekuatan nominal :
 $P_n \geq P_u$
 830250 Kg \geq 5051 Kg **OKE**

➤ Jarak baut yang digunakan :
 • Jarak baut ke tepi plat (1,5 d sampai 3 d)
 $1,5 d_l = 1,5 \times 22 = 33$ mm
 $3 d_l = 3 \times 22 = 66$ mm
 Jadi, diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 25 mm (Ditentukan Sendiri Liat Pada Syarat)
 • Jarak baut ke tepi plat (1,5 d sampai 3 d)
 $3 d_l = 3 \times 22 = 66$ mm
 $7 d_l = 7 \times 22 = 154$ mm
 Jadi, diambil jarak baut ke tepi plat sebesar = 60 mm (Ditentukan Sendiri Liat Pada Syarat)

➤ Menentukan jumlah baut :
 $n = \frac{P_u}{\phi R_n}$
 $= \frac{5051}{13789,29}$
 $= 0,37$ Buah, Dibulatkan Menjadi 3 Buah

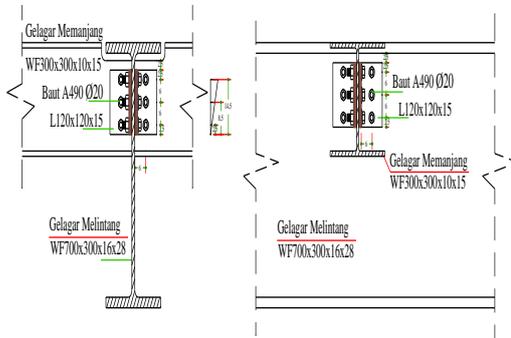
➤ Menentukan tebal plat simpul :
 $L =$ jarak baut ke tepi plat
 $t \geq \frac{P_u}{\phi \cdot f_u \cdot L}$

$$\geq \frac{5051}{3}$$

$$\geq \frac{0,75 \times 5500 \times 2,5}{}$$

$$\geq 0,16 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai tebal plat penyambung 2 cm
 Dicoba menggunakan profil L. 120 x 120 x 15 mm.



Gambar 11. Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang

Perencanaan Perletakan Bantalan Elastomer

Pada perencanaan perletakan bantalan elastomer, pedoman perhitungan yang dipakai yaitu : (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, No : 10/SE/M/2015, Tanggal 23 April 2015). Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan.

Data acuan perencanaan sebagai berikut :

Pu = 273860 Kg (Node 1 STAAD PRO)
 = 2738600 N

Node	L/C	Horizontal Fx kg	Vertical Fy kg	Horizontal Fz kg
4	BM. AKIBA	2888	38422	-941
5	BH. "D" AKI	892	11860	-291
6	BH. "D" BG	10890	139422	-3416
7	BEBAN HID	27000	348178	-8915
8	BEBAN "RE	0	0	0
9	BEBAN AN	1	0	-235
10	BEBAN A	-55367	31733	-18305
11	BEBAN A	55424	-31698	18283
12	BEBAN M	5218	84120	-1458
13	KOMBINA	19535	273860	-6362
14	KOMBINA	35174	470756	-11571

Gambar 12. Hasil Staad Pro Yang Ditinjau

5. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa dari data dan perencanaan yang penulis lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

a. Dimensi plat dan tulangan yang dipakai pada lantai kendaraan dan trotoir pada perencanaan jembatan tipe Camel Back Truss ini adalah :

- Plat lantai kendaraan :
- Panjang lantai kendaraan (L) = 60 m
 - Lebar lantai kendaraan (b) = 7 m
 - Dipakai plat beton (h) = 25 cm

- Dipakai tulangan pokok = D13 – 200 mm
- Dipakai tulangan bagi = D10 – 250 mm

Plat lantai trotoar :

- Panjang lantai kendaraan (L) = 60 m
- Lebar lantai kendaraan (b) = 0,8 m
- Jumlah trotoir rencana = 2
- Dipakai tulangan pokok = D13 – 200 mm
- Dipakai tulangan bagi = D10 – 250 mm

b. Dimensi profil baja (WF) yang dipakai dalam perencanaan gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk adalah sebagai berikut :

Dimensi Gelagar Memanjang :

- Dipakai profil baja (WF) dengan dimensi = 300 x 300 x 10 x 15

Dimensi Gelagar Melintang :

- Dipakai profil baja (WF) dengan dimensi = 700 x 300 x 16 x 28

Dimensi Gelagar Induk :

- Dipakai profil baja (WF) dengan dimensi = 428 x 407 x 20 x 35

c. Dalam perencanaan profil ikatan angin pada jembatan tipe Camel Back Truss menggunakan profil baja LD.

Profil baja LD yang dipakai untuk ikatan angin atas, dan ikatan angin bawah yaitu :

Ikatan Angin Atas :

- Dipakai profil LD dengan dimensi = 250 x 250 x 25

Ikatan Angin Bawah :

- Dipakai profil LD dengan dimensi = 200 x 200 x 15

d. Dimensi baut yang dipakai dalam perencanaan sambungan yaitu :

Sambungan antara gelagar memanjang dan gelagar melintang :

- Dipakai baut dengan dimensi = Ø 20 mm
- Tebal plat simpul = 25 mm

Sambungan antara gelagar melintang dan gelagar induk :

- Dipakai baut dengan dimensi = Ø 27 mm
- Tebal plat simpul = 3 mm

Sambungan antara gelagar induk :

- Dipakai baut dengan dimensi = Ø 27 mm
- Tebal plat simpul = 25 mm

Sambungan antara ikatan angin :

Ikatan angin atas

Dipakai baut dengan dimensi = \varnothing 27 mm

Ikatan angin bawah

Dipakai baut dengan dimensi = \varnothing 27 mm

- e. Dimensi perletakan elastomer menggunakan panjang 720 mm, lebar 720 mm, dan tinggi 196 mm, dengan susunan cover baja atas dan bawah setebal 8 mm, 10 buah lapisan internal setebal 18 mm, dan 11 lapisan plat baja setebal 1 mm.

SARAN

- Perencanaan jembatan weutu Kab.Belu, Kota Atambua, Provinsi NTT ini di desain ulang menggunakan rangka baja tipe Camel Back Truss dimana dapat memberikan hasil perencanaan yang lebih ekonomis dan kuat.
- Harus mempertimbangkan bahan – bahan yang digunakan ada dipasaran, contohnya profil baja dan ukuran baut.
- Perencanaan pembangunan jembatan selalu mengacu pada peraturan, landasan atau pun standar terbaru yang dikeluarkan pihak yang berwenang sehingga dalam pelaksanaannya hendaknya didasari oleh peraturan dan standar – standar yang berlaku dan standar yang terbaru.
- Untuk perencanaan sambungan pada jembatan sebaiknya menggunakan metode yang lebih modern dan pada perencanaan jembatan ini penulis memilih metode LRFD (Load Resistance and Factor Design Load Resistance and Factor Design). Dengan alasan metode ini adalah yang sering dipakai karena memiliki kelebihan (struktur lebih aman dan ekonomis) dibandingkan metode yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016, *Pembebanan Untuk Jembatan SNI T-1725-2016* Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2015, *Tata Cara Perencanaan Baja Untuk Gedung SNI T- 1729-2015* Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2008, *Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos Dan Tipe Berlapis Untuk Perletakan Jembatan*, SNI 3967-2008 Jakarta : Badan Standar Nasional.
- Anonim. 2000, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD*, Institut Teknologi Bandung, Pusat Penelitian Antar Universitas Bidang Ilmu Rekayasa.
- Dewabroto, Wiryanto 2016. “*Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain AISC 2010 Edisi ke-2*”. Tangerang, Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. *Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), Jakarta, Penerbit Erlangga.

Setiawan, Agus. 2013. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi ke-2* (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), Jakarta, Penerbit Erlangga.

Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. *Jembatan Terjemahan Soemargono*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Sunggono kh, V, Ir, 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung : Penerbit Nova