

**ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE HALF THROUGH
ARCH PADA JEMBATAN TRISULA BLITAR**

Vincentius Ivan Gandhi¹, Ester Priskasari², Deviany Kartika³, Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi⁴

¹²³⁴⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

The bridge is an important infrastructure in the transportation system, namely as a means of crossing the river, as well as connecting between cliffs. The bridge has various shapes, one of which is a curved bridge with cables. Arch bridge is suitable for the trident bridge because it has a long span. Through this thesis, the author tries to plan an alternative building over an existing bridge with a curve type. Preliminary planning data includes the total length of the existing bridge 150 m wide by 9 m. The planning method used is LRFD (Load Resistance Factor Design) and uses the Staad Pro v8i assist program. In this planning, the author planned floor plates, elongated girders, transverse girders, parent girders, wind bonds, cables, joints and elastomers. From the results of the analysis obtained the structure of the building over the bridge for floor plates using the principal bones D10-200 and reinforcements for D13-200, the elongated steel gelagar profile WF 500 x 200 x 10 x 16, the steel transverse gelagar profile WF 800 x 350 x 16 x 36, the parent steel gelagar profile WF 700 x 300 x 13 x 24, steel steel bond double profile L250 x 250 x 35, for the dimensions of dyform cable D38, for laying using elastomer size 120 cm long, width 120 cm, height 26 cm

Keywords: *Bridge, Upper Structure, Steel Frame Bridge, Arch Type Frame Bridge.*

ABSTRAK

Jembatan merupakan infrastruktur yang penting dalam sistem transportasi yaitu sebagai sarana penyeberangan sungai, maupun penghubung antar tebing. Jembatan mempunyai macam-macam bentuk, salah satunya yaitu jembatan pelengkung dengan kabel. Jembatan pelengkung cocok digunakan untuk jembatan Trisula karena mempunyai bentang yang cukup panjang. Melalui penyusunan skripsi ini penulis mencoba merencanakan alternatif bangunan atas jembatan yang sudah ada dengan tipe pelengkung. Data awal perencanaan meliputi panjang total jembatan yang sudah ada 150 m lebar 9 m. Metode perencanaan yang digunakan yaitu LRFD (*Load Resistance Faktor Design*) dan menggunakan program bantu Staad Pro v8i. Dalam perencanaan ini penulis merencanakan plat lantai, gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, ikatan angin, kabel, sambungan dan elastomer. Dari hasil analisa diperoleh struktur bangunan atas jembatan untuk plat lantai menggunakan tulangan pokok D10-200 dan tulangan bagi D13-200, gelagar memanjang baja profil WF 500 x 200 x 10 x 16, gelagar melintang baja profil WF 800 x 350 x 16 x 36, gelagar induk baja profil WF 700 x 300 x 13 x 24, ikatan angin baja profil dobel Dobel L250 x 250 x 35, untuk Dimensi kabel penggantung dyform D38, untuk peletakan menggunakan elastomer ukuran panjang 120 cm, lebar 120 cm, tinggi 26 cm

Kata Kunci : *Jembatan, Struktur Atas, Jembatan Rangka Baja, jembatan Rangka Type Pelengkung.*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan Trisula merupakan salah satu jembatan yang terletak di kecamatan Kademangan, Kabupaten Blitar. Jembatan yang didirikan tahun 1980 dengan panjang 150 meter dan lebar 9 meter terbagi 4 segmen dan tipe rangka baja *Warren-Truss* ini akan dicoba dengan desain alternatif tipe Half Through Arch tanpa segmen. Pada perencanaan ini menggunakan metode LRFD.

Adapun Rumusan masalah pada perencanaan ulang jembatan Trisula ini adalah menghitung dimensi dan jumlah tulangan tulangan plat beton yang diperlukan dalam perencanaan jembatan, Berapa dimensi profil baja gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk yang digunakan pada jembatan, dimensi gelagar ikatan angin, dimensi kabel yang digunakan, jumlah baut sambungan, perletakan bantalan elastomer pada jembatan.

1.2 Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini penulis membatasi perhitungan pada struktur atas jembatan Trisula kota Blitar yang meliputi perencanaan:

Dalam perencanaan struktur atas jembatan, penulis menerapkan metode LRFD dengan berpedoman pada peraturan – peraturan yang ada di Indonesia, yang diantaranya :

1. SNI – 1725 – 2016, Tentang Pembebanan pada Jembatan.
2. SNI – 1729 - 2015, Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung
3. SNI – 3967 – 2008, Tentang Spesifikasi Bantalan Elastomer.

Program bantu STAAD PRO, untuk perhitungan statika pada jembatan rangka baja.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan satu dengan yang lainnya. Beban dan muatan yang dipikul oleh struktur ini akan diuraikan dan disalurkan pada batangbatang baja tersebut, sebagai gaya-gaya tekan dan tarik melalui titik-titik pertemuan batang (titik buhul). Garis netral tiap-tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling

berpotongan pada satu titik saja untuk menghindari timbulnya momen sekunder. (Asiyanto,2008).

Perencanaan struktur atas dimulai dengan perencanaan plat lantai jembatan sebagai struktur komposit dengan gelagar melintang serta perencanaan struktur utama busur tipe *half through arch*.

Standar acuan yang dipakai pada perhitungan konstruksi ini adalah RSNI-T-02-2005, SNI 1725-2016, SNI 3967-2008, beban yang berkerja pada konstruksi ini adalah beban primer, beban sekunder, dan beban khusus.

2.2 Pembebanan Pada Jembatan

Pada analisis jembatan rangka baja ini, pembebanan yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan "Peraturan Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016)"

1. Beban Mati

a. Berat Sendiri (MS)

Berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap

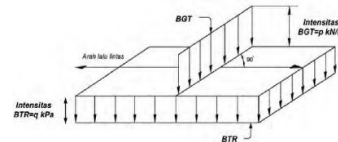
b. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban Mati Tambahan adalah berat seluruh bahan yang tidak termasuk elemen struktural.

2. Beban Hidup

a. Beban lajur "D"

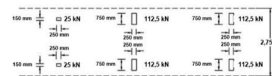
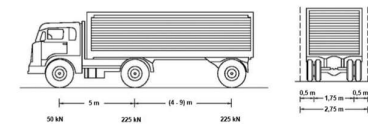
Beban lajur "D" terdiri dari Beban Terbagi Rata dan Beban Garis.



Gambar 1. Beban Lajur "D"

b. Beban Truk "T"

Beban terdiri dari kendaraan semi trailer dengan susunan dan berat as seperti pada gambar



Gambar 2. Beban Truk "T"

3. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan.

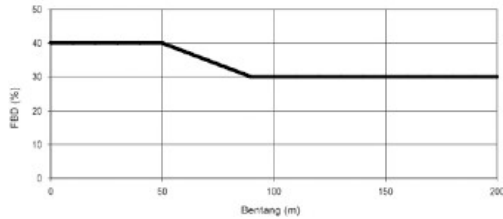
Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus :

$$LE = \sqrt{Lev Lmax} \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

Lev = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

Lmax = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.
 Untuk pembebanan truk "T" : DLA diambil sebesar 0,3.



4. Gaya Rem

Penempatan gaya rem diletakkan disemua lajur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau,
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm

5. Beban Angin

a. Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin.

b. Angin Pada Struktur (EWs)

Besar beban angin yang terjadi pada stuktur atas jembatan di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

c.Beban Angin Pada Kendaraan (EWi)

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan.

III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Data Perencanaan Jembatan

- a. Kelas Jembatan : I (satu)

- b. Panjang Jembatan : 150 meter
 c. Lebar Lantai Kendaraan: 7 meter
 d. Lebar Trotoir : 2 x 1 meter
 e. Tipe Jembatan : Pelengkung Rangka Baja
 f. Jarak antar Gelagar Melintang : 5 meter
 g. Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,75 meter
 h. Tebal Plat Beton: 0,20 meter
 i. Mutu Beton (fc') : 25 Mpa
 j. Mutu Baja Tulangan (fy): 300 Mpa
 k. Mutu Baja Profil : BJ 55
 a. Tegangan ultimate : 4100 kg/cm³
 b. Tegangan leleh : 2400 kg/cm²
 l. Mutu Baut : A490

3.2 Data Pembebanan

1. Plat Beton Lantai Kendaraan

- a. Tebal plat beton lantai kendaraan : 0,25 meter
 b. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
 (SNI 1725-2016, hal 13)

2. Plat Lantai Trotoir

- a. Tebal plat beton trotoir: 0,55 meter
 b. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³

3. Lapisan Aspal Lantai Kendaraan

- a. Tebal lapisan aspal : 0,05 meter
 b. Berat jenis aspal : 2245 kg/m³

(SNI 1725-2016, hal 13)

4. Air Hujan

- a. Tinggi air hujan : 0,05 meter
 b. Berat air hujan : 1000 kg/m³

(SNI 1725-2016, hal 11)

3.3 Gambar Perencanaan

Gelagar Stell Arch dengan gelagar induk ditengah busur dihitung dengan menggunakan rumus :

$$f = \frac{1}{5} \cdot L \text{ sampai } \frac{1}{8} \cdot L$$

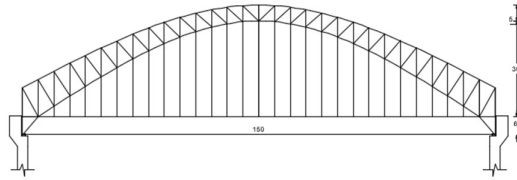
$$\text{Digunakan } f = \frac{1}{5} \cdot 150 = 30 \text{ meter}$$

$$b = \frac{1}{25} \cdot L \text{ sampai } \frac{1}{45} \cdot L$$

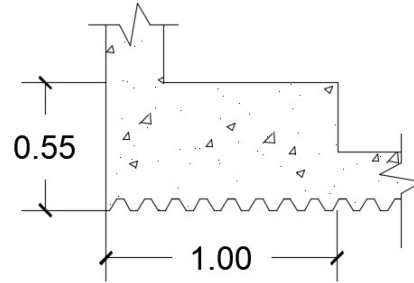
$$\text{Digunakan } b = \frac{1}{30} \cdot 150 = 5 \text{ meter}$$

$$H = \frac{1}{25} \cdot L$$

$$\text{Digunakan } H = \frac{1}{25} \cdot 150 = 6 \text{ meter}$$



Gambar 3. Gambar Rencana Jembatan

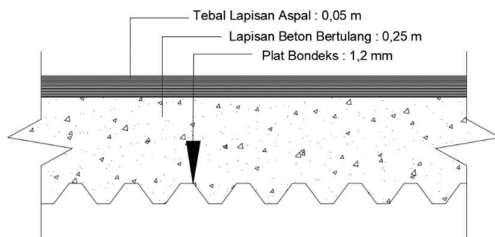


Gambar 5 Detail Plat Trotoar

IV PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

1. Beban Mati (qd)



Gambar 4. Detail Plat Lantai Kendaraan

Berat Aspal : $0,05 \times 2245 \times 1 \times 1,3 = 145,925 \text{ Kg/m}$

Berat sendiri Aspal: $0,25 \times 2400 \times 1 \times 1,3 = 780 \text{ Kg/m}$

Berat Plat Bondeks: $11,1810 \times 1 \times 1,1 = 12,991 \text{ Kg/m}$

Berat air hujan : $0,05 \times 1000 \times 1 \times 2 = 100 \text{ Kg/m}$

$$q_{ult} = 1038,916 \text{ Kg/m}$$

2. Beban Hidup (qL 1)

Muatan "T" ya bekerja pada lantai kendaraan adalah tekanan gandar = $225 \text{ KN} = 22500 \text{ Kg}$, atau tekanan roda = $112,5 \text{ KN} = 11250 \text{ Kg}$. (SNI 1725-2016, Hal 41)

Faktor beban = 2 (SNI 1725-2016, Hal 41)

Maka, $T_u = 2 \times 11250$

$T_u = 22500 \text{ Kg}$

Perhitungan Beban Trotoar

Beban Mati (qutr)

Berat Sendiri Trotoir: $0,55 \times 2400 \times 1 \times 1,3 = 1716 \text{ Kg/m}$

Berat Tegel: $0,05 \times 2400 \times 1 \times 1,3 = 156 \text{ Kg/m}$

Berat Plat Bondeks : $11,81 \times 1 \times 1,1 = 12,991 \text{ Kg/m}$

Berat air hujan : $0,05 \times 1000 \times 1 \times 2 = 100 \text{ Kg/m}$

$$Q_{utr} = 1984,991 \text{ Kg/m}$$

Beban Hidup (qL Tr)

Beban hidup yang bekerja pada trotoar adalah beban hidup pejalan kaki dengan ketentuan lebar trotoar lebih dari 600 mm harus dapat memikul beban pejalan kaki sebesar 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

$$Q = 5 \text{ Kpa}$$

$$= 500 \text{ kg./ m}^2 \text{ (SNI 1725-2016, hal 46)}$$

Faktor beban= 1,8 (SNI 1725-2016 Tabel 13, hal 41)

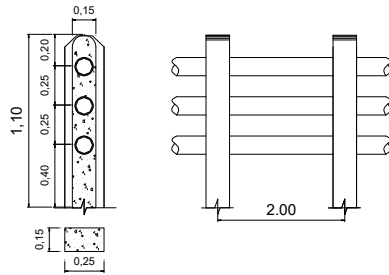
$$Q_l = 500 \times 1,8$$

$$= 900 \text{ Kg}$$

Perhitungan Beban Pagar Trotoar

Tiang sandaran jembatan harus dapat menahan beban horizontal 100 kg/m yang bekerja 0,9 m di atas trotoir. Berikut adalah perhitungan beban Pagar Trotoar :

Data Perencanaan :



Gambar 6. Detail Pagar Trotoar

Jarak antar pagar =	2 m
b =	0,25 m
h =	0,15 m
t (tinggi pagar) =	1,1 m
Ø pipa baja =	Ø 3" : 76,3 mm
q pipa baja =	6,81 kg (PT. Sukses Baja Semesta)

Jarak antar sumbu :

$$Y_o = \frac{h}{2} = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ m}$$

$$X_o = \frac{b}{2} = \frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ m}$$

Berat Kolom beton: $0,15 \times 0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3$
= 128,7 kg/m

Berat Besi Sandaran : $6,81 \times 3 \times 2 \times 1,1$
= 44,95 kg/m

Total Beban P1 = 173,65 kg/m

Perhitungan Beban Kerb

Sepanjang bagian atas lantai trotoar harus dipasang kerb dan diperhitungkan untuk bisa menahan beban rencana ultimit yang bekerja sepanjang bagian atas kerb sebesar $15 \text{ kN} = 1500 \text{ Kg/m}$ menurut SNI 1725-2016.

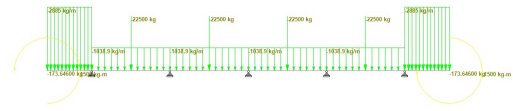
$$P_u = 1500 \text{ kg/m}$$

Kesimpulan perhitungan pembebanan :

q ult	= 1038,916 kg/m
q Tr	= 2884,991 kg/m
Tu	= 22500 kg
Pu	= 1500 kg/m
P1	= 173,65 kg/m

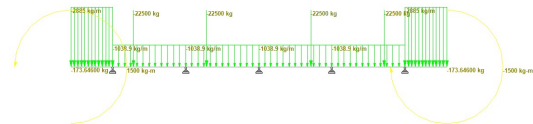
Perhitungan Statika

1. Kondisi Pembebanan 1



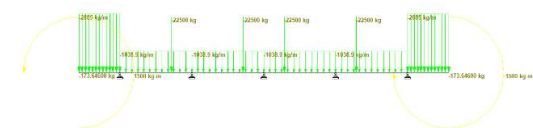
Gambar 7 Input Beban Kondisi 1 Staad Pro Vi8

2. Kondisi Pembebanan 2



Gambar 8 Input Beban Kondisi 2 Staad Pro Vi8

3. Kondisi Pembebanan 3



Gambar 9 Input Beban Kondisi 3 Staad Pro Vi8

4. Kondisi Pembebanan 4



Gambar 10 Input Beban Kondisi 4 Staad Pro Vi8

5. Kesimpulan

Hasil momen maksimum menggunakan bantuan aplikasi Staad Pro V8i dari semua kondisi pembebanana , nilai momen maksimum untuk daerah tumpuan sebesar **5747,6 Kg/m**, dan untuk daerah Lapangan sebesar **5979,3 Kg/m**

Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir kontrol didapat dari progam bantu STAAD PRO.

Kontrol:

$$M_r > M_u$$

$$94,08941397 > 59,793$$

Jadi, dipakai tulangan :

Maka, Tulangan yang dipakai pada perencanaan penulangan plat lantai kendaraan pada daerah tumpuan yaitu :

- a) Tulangan Pokok

- D10 - 100 mm (Untuk tulangan Tarik)
 D10 - 100 mm (Untuk tulangan Tekan)
 b) Tulangan Bagi
 D13 - 200 mm (Untuk tulangan Bagi)

Maka, Tulangan yang dipakai pada perencanaan penulangan plat lantai kendaraan pada daerah lapangan yaitu :

- a) Tulangan Utama
 D10 - 100 mm (Untuk tulangan Tarik)
 D10 - 100 mm (Untuk tulangan Tekan)
 b) Tulangan Utama
 D13 - 200 mm (Untuk tulangan Bagi)

4.2 Perhitungan gelagar memanjang

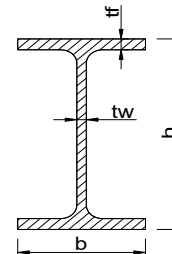
Perhitungan Pembebanan

Diketahui data sebagai berikut :
 Jarak antar gelagar memanjang = 1,75 m
 Jarak antar gelagar melintang = 5 m
 q Plat Lantai Trotoir = 2884,991 kg/m
 q Plat Lantai Kendaraan = 1038,916 kg/m
 Kesimpulan Pembebanan pada Gelagar Memanjang:

KESIMPULAN PEMBEBANAN PADA GELAGAR MEMANJANG	
BEBAN MATI	
<i>kg/m</i>	
Gelagar Tepi (qd 1)	= 3390,070
Gelagar Tengah (qd2)	= 1733,258
BEBAN HIDUP BTR	
<i>kg/m</i>	
Gelagar Tepi (qltr 1)	= 1022,4
Gelagar Tengah (qltr 2)	= 2044,8
BEBAN HIDUP BGT	
<i>kg/m</i>	
Gelagar Tepi (plgt 1)	= 12060,533
Gelagar Tengah (plgt2)	= 11417,305

Perhitungan Statika

Dari semua hasil perhitungan statika diatas, diambil momen terbesar untuk gelagar memanjang yaitu
Mu1 = 2864,64 kg/m



Perhitungan Pendimensian Gelagar Memanjang

Dicoba dengan Baja profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan data :

$$W = 89,7 \text{ kg/m}$$

$$R = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$A = 114,2 \text{ cm}^2 = 11420 \text{ mm}^2$$

$$B = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$H = 500 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$tw = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$tf = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

4.3 Perencanaan Gelagar Melintang

Diketahui data sebagai berikut :
 Jarak antar gelagar memanjang = 1,75 m
 Jarak antar gelagar melintang = 5 m
 Panjang gelagar melintang = 9 m
 q Plat Lantai Trotoir = 2884,991 kg/m
 q Plat Lantai Kendaraan = 1038,916kg/m

Kesimpulan Pembebanan Gelagar Memanjang

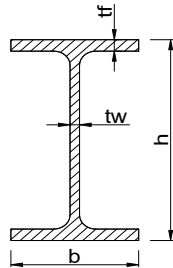
KESIMPULAN PEMBEBANAN PADA GELAGAR MELINTANG				
No	BEBAN MATI	Ket	BESAR GAYA	
1	Akibat berat lantai trotoar	q _{ut}	5771,3	Kg
2	Akibat berat lantai kendaraan	r _q	15333	/m
3	Akibat berat sendiri gelagar memanjang	q _{ul}	2078,2	Kg
4	Akibat RA Gelagar memanjang Tepi	t _P	77867	/m
5	Akibat RA Gelagar memanjang Tengah	P ₁	363,0	Kg
		P ₂	17332,	
		P ₃	543	Kg
			15621,	
			643	Kg
BEBAN HIDUP				
7	Beban terbagi rata (BTR)	q _l	521,66	Kg
		tr	4	/m
8	Beban garis terpusat (BGT)	Pl	4632,7	Kg
		gt	27	/m

Perhitungan Statika

Dari semua hasil perhitungan statika diatas, diambil momen terbesar untuk gelagar memanjang yaitu

$$Mu1 = 2864,64 \text{ kg/m}$$

Pendimensian Gelagar Melintang



Dalam perencanaan dimensi gelagar melintang, dicoba dengan ukuran baja profil WF 800 x 350 x 16 x 36 dengan data :

$$W = 291,47 \text{ kg/m}$$

$$R = 28 \text{ mm} = 2,8 \text{ cm}$$

$$A = 371,30 \text{ cm}^2 = 37130 \text{ mm}^2$$

$$B = 350 \text{ mm} = 35 \text{ cm}$$

$$I_x = 1190 \text{ cm}^4$$

$$H = 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}$$

$$I_y = 25800 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$t_f = 36 \text{ mm} = 3,6 \text{ cm}$$

4.4 Perencanaan Gelagar Induk

Perhitungan Pembebanan

1. Beban Primer

a) Beban Mati dan Beban Hidup

Dalam perencanaan struktur atas jembatan Trisula Blitar Jawa Timur, penulis menggunakan perhitungan 3D dengan bantuan program bantu StaadPro v8i. Perhitungan dimulai dari pembebanan kombinasi untuk perhitungan plat, perencanaan pembebanan gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, kabel penggantung, ikatan angin dan pengaku melintang. Dalam perhitungan berat sendiri penulis menggunakan bantuan program bantu StaadPro v8i.

2. Beban Sekunder

a) Gaya Rem

Gaya rem diambil dari hasil perhitungan terbesar

- 25 % dari beban gandar
- 5% dari beban truk rencana ditambah beban lajur BTR

Perhitungan :

- 25% x beban truk x 2
 $= 25\% \times 11250 \times 2$
 $= 5625 \text{ kg}$
- 5% x Asumsi Beban Truk + BTR (Gelagar Memanjang)
 $= 5\% \times 50000 + 585$
 $= 3085 \text{ kg}$

Jadi, dalam menentukan beban rem diambil beban yang terbesar yaitu : **5625 kg**

b) Gaya Angin

1. Beban angin pada Kendaraan

Jembatan harus direncanakan dapat menerima beban angin kendaraan, beban angin sudut 0° bekerja tegak lurus bidang kendaraan (SNI 1725-2016 hal 57), diasumsikan sebagai berikut :

$$\text{Beban angin} = 1,46 \text{ Nmm} = 146 \text{ kg/m}$$

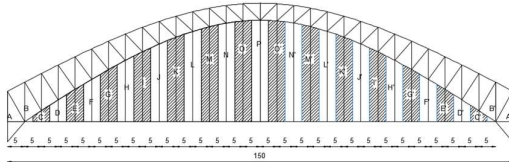
$$\text{Ketinggian bidang kerja angin} = 1800 \text{ mm} = 1.80 \text{ m}$$

$$q_1 = 146 \times 1.80 \times 100\% \\ = 262,8 \text{ kg/m}$$

Jadi, beban angin yang bekerja pada kendaraan sebesar = 262,8 kg/m bekerja menerus sepanjang gelagar induk horizontal

1. Beban angin Baja penggantung

Beban angin yang bekerja pada baja penggantung secara horizontal lurus pada bidang baja penggantung.



Gambar 11 Beban angin pada Baja Penggantung

$$\text{Tekanan angin} = 0,0036 \text{ Mpa} \\ = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hisap (P)} = \frac{360 \times \text{Luasan} \times 15\%}{2}$$

$$\text{Tekan (P)} = \frac{360 \times \text{Luasan} \times 30\%}{2}$$

(Catatan : Dibagi "2" karena tinjauan kabel ada 2 di sambungn atas dan bawah)

No	Nama	Luas (m ²)	Gaya angin (kg)
3	C	16,02	1730,16
4	D	31,88	3443,04
5	E	47,41	5120,28
6	F	62,45	6744,6
7	G	76,84	8298,72
8	H	90,4	9763,2
9	I	102,98	11121,84
10	J	114,41	12356,28
11	K	124,53	13449,24
12	L	133,18	14383,44
13	M	140,3	15152,4
14	N	145,14	15675,12
15	O	148,61	16049,88
16	P	149,72	16169,76

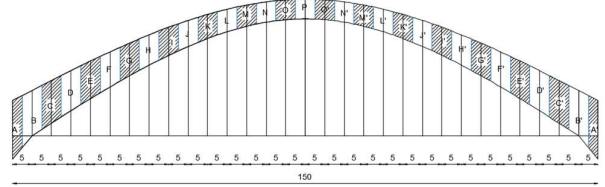
1. Beban angin terhadap struktur pelengkung rangka atas jembatan
 Beban angin yang bekerja pada struktur rangka atas secara horizontal pada bidang struktur rangka atas.

Perhitungan :

$$\text{Tekanan angin} = 0,0024 \text{ Mpa} \\ = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hisap (P)} = \frac{240 \times \text{Luasan} \times 15\%}{2}$$

$$\text{Tekan (P)} = \frac{240 \times \text{Luasan} \times 30\%}{2}$$



Gambar 12 Beban angin pada Struktur Pelengkung Atas

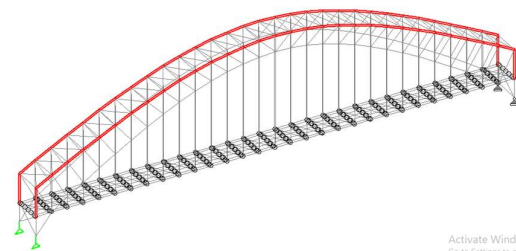
No	Nama	Luas (m ²)	Gaya angin (kg)
1	A	35,37	3819,96
2	B	59,71	6448,68
3	C	54,79	5917,32
4	D	51,55	5567,4
5	E	48,29	5215,32
6	F	45,07	4867,56
7	G	41,92	4527,36
8	H	38,89	4200,12
9	I	36,04	3892,32
10	J	33,42	3609,36
11	K	31,06	3354,48
12	L	29,03	3135,24
13	M	27,37	2955,96
14	N	26,12	2820,96
15	O	25,34	2736,72
16	P	25,07	2707,56

Perhitungan Statika

Perhitungan statika dihitung menggunakan program bantu StaadPro V8i.

Perhitungan Pendimensian Gelagar Induk

Batang pelengkung atas



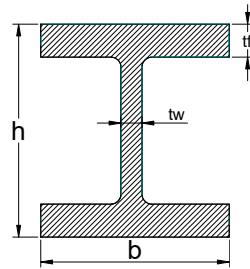
Gambar 13 Gelagar Induk Pelengkung Atas

Didapatkan nilai Pu terbesar adalah :

$$P_u \text{ Batang 528} = 408716,4 \text{ kg} \quad (\text{Tekan})$$

➤ Pendimensian Batang Tekan
 Batang 528

Data : $P_u = 408716,4 \text{ kg}$
 $L = 6,62 \text{ m}$



Dicoba dimensi WF 700 x 300 x 13 x 24 :

A	=	364	cm ²
I _x	=	237000	cm ⁴
I _y	=	12900	cm ⁴
d	=	700	mm
bf	=	300	mm
tw	=	13	mm
tf	=	24	mm

➤ Perhitungan Radius Girasi

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

$$\begin{aligned} R_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{237000}{364}} \\ &= \sqrt{\frac{12900}{364}} \\ &= \sqrt{35,516} = 5,953 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Parameter Kerampingan

Cek Rasio Kerampingan :

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K \cdot L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}} \\ \lambda_c &= \frac{1 \cdot 900}{5,953} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times 2000000}} \\ &= 151,1813942 \times 0,0144194 \\ &= 2,179945462 \text{ cm} < \lambda_c = 1,5 \end{aligned}$$

➤ Menghitung tegangan Kritis dengan Elemen Langsing

Untuk $\lambda_c > 1,5$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) f_y \\ &= \left(\frac{0,887}{4,752162218} \right) 4100 \\ &= 765,2726976 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 76,52726976 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

➤ Maka, $f P_n$

$$\begin{aligned} f P_n &= f \times F_{cr} \times A_g \\ &= 0,85 \times 561,0012335 \times 364 \end{aligned}$$

$$= 449249,7878 \text{ kg}$$

➤ Kontrol

$$f P_n > P_u$$

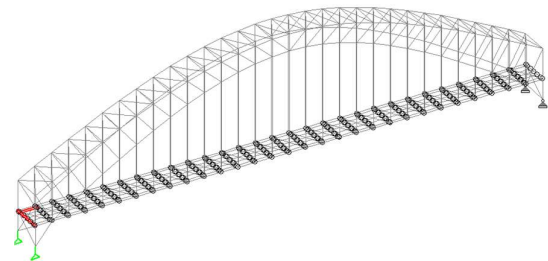
$$449249,7878 > 408716,4 \text{ OK}$$

➤ Rasio Kekuatan

$$\begin{aligned} &= \frac{P_u}{f P_n} = \frac{408716,4}{449249,7878} \\ &= \mathbf{0,910} \end{aligned}$$

4.5 Sambungan gelagar melintang dan memanjang

Sambungan baut gelagar memanjang dan melintang terletak pada memanjang Beam 161 melintang beam 225



Gambar 14 Sambungan gelagar memanjang dan melintang

Data yang diketahui untuk dijadikan data perencanaan :

Dimensi gelagar memanjang = WF500x200x10x16

Dimensi gelagar melintang = WF 800x350x16x 36

Mutu baja= 55

Fu = 550 MPa

Fy = 410 MPa

Mutu baut = A490

Fub = 1034,25 Mpa

Diameter baut = 22 mm

Diameter lubang = 22 + 2 = 24 mm

$P_u = 11251,01 \text{ Kg}$ (dari perhitungan staad prov8i)

$M_u = 14064 \text{ Kg}$ (dari perhitungan staad prov8i)

- Luas Baut

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,2^2 \\ &= 3,7994 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan plat penyambung L 100.100.10 untuk irisan tunggal dan Ganda

- Kekuatan tarik desain baut :

$$\begin{aligned} \Phi R_{nt} &= \Phi \times (0,75 \times f_u^b) \times A_b \\ &= 0,75 \times (0,75 \times 10345) \times 3,7994 \\ &= 22119,618 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain baut :

m (bidang geser) = 2

$$\begin{aligned}\Phi R_{nv} &= \Phi (r \times f_u^b) \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times (0,4 \times 1035) \times 2 \times 3,799 \\ &= 23594,274 \text{ Kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan desain tumpu baut :

$$\begin{aligned}\Phi R_n &= \Phi \times (2,4 \times d \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 2,3 \times 2 \times 5500) \\ &= 21780 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Dari perhitungan kuat tarik, kuaat geser dan kuat tumpu diambil nilai yang terkecil yaitu :

$$= 21780 \text{ Kg} \quad (\text{kuat tumpu})$$

- Menentukan jumlah baut (n) :

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{\Phi R_n} \\ &= \frac{11251,01}{21780} \\ &= 0,516 \text{ bh} = 4 \text{ bh}\end{aligned}$$

- Syarat penyusunan baut :

jarak tepi baut, $L = 1,5 d < L < 3 (4t_p + 100)$ atau 200 mm

jarak antar baut, $L = 3 d < L < 15t_p$ atau 200

- a. Syarat jarak baut ke tepi plat :

$$\begin{aligned}1,5 \times d &= 1,5 \times 22 \\ &= 33 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$4t_p + 10 = 4 \times 10 + 10 = 140 \text{ mm}$$

Diambil jarak tepi baut = 50 mm

- b. Syarat jarak antar baut :

$$3 \times d = 3 \times 22 = 66 \text{ mm}$$

$$15t_p + 10 = 15 \times 1 + 10 = 250 \text{ mm}$$

Diambil jarak antar baut = 80 mm

- Menentukan ketebalan plat simpul :

$$\begin{aligned}L &= \text{Jarak baut ke tepi plat} \\ t &\geq \frac{P_u / n}{\Phi \times f_u \times L} \\ &\geq \frac{11251,01 / 4}{0,75 \times 5500 \times 5} \\ &\geq 0,1363\end{aligned}$$

Maka dipakai plat penyambung L100x100x10, dengan tebal $t = 1 \text{ cm}$

- Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan penyambung

$$d1 = 50 \text{ mm}$$

$$d2 = 130 \text{ mm}$$

$$d3 = 210 \text{ mm}$$

$$d4 = 290 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}dt &= d1 + d2 + d3 + d4 \\ &= 50 + 130 + 210 + 290 \\ &= 680 \text{ mm} \\ &= 68 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tarik baut

Gaya tarik perlu (pada 2 baut dalam 1 baris)

$$Tu1 = \frac{\mu \times d1}{dt^2} = \frac{1406400 \times 5}{68^2} = 1520,761 \text{ kg}$$

$$Tu2 = \frac{\mu \times d2}{dt^2} = \frac{1406400 \times 13}{68^2} = 3953,979 \text{ kg}$$

$$Tu3 = \frac{\mu \times d3}{dt^2} = \frac{1406400 \times 21}{68^2} = 6387,197 \text{ kg}$$

$$Tu4 = \frac{\mu \times d4}{dt^2} = \frac{1406400 \times 29}{68^2} = 8820,415 \text{ kg}$$

Gaya tarik pada baut :

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \times F_{ub} \\ &= 3,7994 \times 10342,5 \\ &= 39295,295 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \times T_b \\ &= 0,75 \times 39295,2945 \\ &= 29471,471 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kontrol

$$Tu \leq T_d$$

$$Tu 1 = 1520,761 \text{ kg} \leq 29492,843 \text{ kg} \text{ Ok}$$

$$Tu 2 = 3953,979 \text{ kg} \leq 29492,843 \text{ kg} \text{ Ok}$$

$$Tu 3 = 6387,197 \text{ kg} \leq 29492,843 \text{ kg} \text{ Ok}$$

$$Tu 4 = 8820,415 \text{ kg} \leq 29492,843 \text{ kg} \text{ Ok}$$

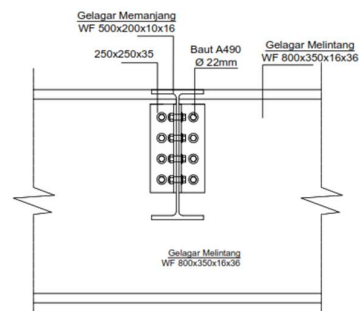
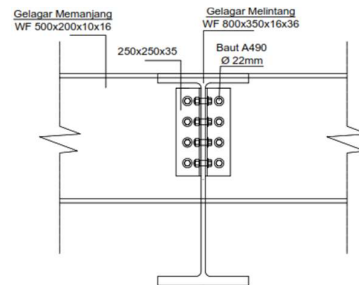
- Kontrol kekuatan geser baut :

$$\begin{aligned}R_{uv} &= \frac{P_u}{n} \\ &= \frac{1125}{4} \\ &= 2812,753 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol

$$\Phi R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$23594,274 \text{ kg} \geq 2812,753 \text{ kg} \text{ Aman}$$



Gambar 4.102 Sambungan Gelagar memanjang ke melintang

4.6 Perencanaan Bantalan Elastomer

Data acuan perencanaan sebagai berikut :

$$R_u = 465554,26 \text{ Kg (Node 90)}$$

$$= 465552,6 \text{ N}$$

Lebar penampang baja = 500 mm

Data fisik elastomer Hardness 65 Shore A

Modulus geser (G) = 0,80 Mpa (SE PUPR 2015)

Batasan tegangan delaminasi (d) = 7 Mpa (SE PUPR 2015)

$$A_{perlu} = \frac{P_u}{d} = \frac{465554,26 \text{ Kg}}{7} = 665077,51 \text{ mm}^2$$

Asumsi dimensi elastomer :

Lebar (W) = 1200 mm

Panjang (L) = 1200 mm

Tebal lapisan (Hri) = 50 mm

Tebal lapisan penutup (hcover) = 50 mm

jumlah lapisan (n) = 5 buah lapisan

Mutu plat (fy) = 410 Mpa

- Perhitungan faktor bentuk :

$$S = \frac{A}{l_p \times h_{ri}}$$

$$= \frac{1200 \times 1200}{2 \times 50 (1200 \times 1200)}$$

$$= 6$$

Kontrol :

$$4 < 6 < 12$$

- Kontrol tegangan ijin :

$$\sigma = \frac{P_u}{A}$$

$$= \frac{465554,26}{1200 \times 1200}$$

$$= 3,23 \text{ Mpa}$$

- Bantalan dengan deformasi geser yang tidak kekang :

$$\sigma \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa}$$

$$3,23 \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa}$$

$$\sigma \leq 1 \text{ G S}$$

$$3,23 \leq 1 \times 0,8 \times 6$$

$$3,23 \leq 4,8 \text{ Mpa} \quad \text{Aman}$$

- Bantalan dengan deformasi geser yang kekang

$$\sigma \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa}$$

$$3,23 \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa}$$

$$\sigma \leq 1,1 \text{ G S}$$

$$3,23 \leq 1,1 \times 0,8 \times 6$$

$$3,23 \leq 8 \text{ Mpa} \quad \text{Aman}$$

- Cek deformasi geser :

Total deformasi geser rencana $\Delta s = 100 \text{ mm}$

Deformasi ijin $= 2 \Delta s = 2 \times 100 = 200 \text{ mm}$

Ketebalan total elastomer (hri) = jumlah tebal internal + jumlah tebal cover

$$= 50 \times 5 + 2 \times 50$$

$$= 350 \text{ mm}$$

$$H_{ri} \geq 2 \Delta s$$

$$350 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \text{Aman}$$

Kontrol Rotasi :

$$\sigma \geq 0,5 \times G \times S \times \left(\frac{L}{h_{ri}}\right)^2 \times \frac{\theta \times s_x}{n}$$

$$3,23 \geq 0,5 \times 0,8 \times 10 \times \left(\frac{1200}{30}\right)^2 \times \frac{0,005 + 0,005}{12}$$

$$3,23 \text{ Mpa} \geq 2,675 \text{ Mpa} \quad \text{Aman}$$

- Menentukan tebal plat :

$$H_s \geq \frac{3 h_{max} \sigma}{f_y}$$

$$\geq \frac{3 \times 50 \times 3,23}{410}$$

$$\geq 1,149$$

Tebal plat yang digunakan adalah 1,5 mm

- Kontrol stabilitas :

$$H \leq \frac{L}{3}$$

$$350 + (2 \times (6 + 1)) \leq \frac{1200}{3}$$

$$363 \text{ mm} \leq 400 \quad \text{Aman}$$

- Menentukan tebal plat

$$d = \frac{0,5 \times 3 \times P_u \times p}{1 f_y}$$

$$= \frac{0,5 \times 3 \times 8465554,2 \times 1200}{1200 \times 410}$$

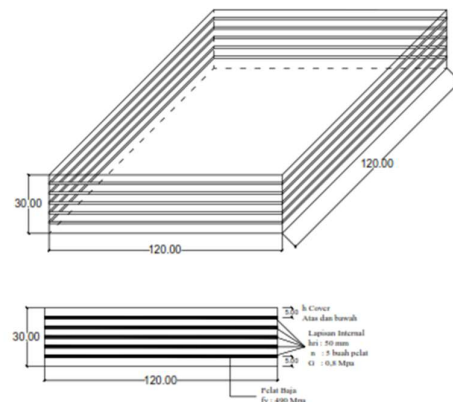
$$= 90,332 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$$

- Kesimpulan perencanaan perletakan elastomer :

Mutu baja (fy) = 410 MPa

Mutu elastomer (G) = 0,55 MPa

Dimensi Elastomer



Gambar 15 Detail lapisan elastomer

V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan plat lantai kendaraan dan trotoar :
 - Tebal plat lantai kendaraan: 250 mm
 - Tebal plat lantai trotoar: 550 mm
 - Dipakai tulangan pokok: D10 – 100 mm
 - Dipakai tulangan bagi : D13 – 200 mm
2. Pada perencanaan gelagar memanjang :
 - Dipakai profil : WF 500 x 200 x 10 x 16
- Pada perencanaan gelagar melintang :
 - Dipakai profil : WF 800 x 350 x 16 x 36
- Pada perencanaan gelagar induk :
 - Dipakai profil : WF 700 x 300 x 13 x 24
- Pada perencanaan gelagar melintang atas :
 - Dipakai profil : WF 300 x 300 x 10 x 15
3. Pada perencanaan ikatan angin jembatan :
 - Dipakai profil : Dobel L250 x 250 x 35
4. Pada dimensi kabel :
 - Dipakai diameter kabel : Penampang kabel penggantung dyform 6 x 7 IWRC Bridge Rope Φ 38 mm
5. Pada perencanaan sambungan :
 - Dipakai diameter baut : Φ 22
 - Dipakai tebal plat simpul : 2 cm
6. Pada perhitungan perletakan jembatan :
 - Panjang : 120 cm
 - Lebar : 120 cm
 - Tinggi : 26 cm

5.2 Saran

1. Merencanakan Struktur Jembatan harap menggunakan peraturan terbaru serta mempertimbangkan sisi efisiensi dan ekonomis terutama pada pendimensian gelagar, baik gelagar memanjang, melintang ataupun induk.
2. Pemodelan serta perhitungan struktur disarankan menggunakan progam bantu agar meminimalisir kesalahan dalam perhitungan.
3. Jembatan memiliki fungsi yang sangat penting, dan kekuatan jembatan berasal dari kekuatan konstruksinya maka dari itu dalam proses perencanaan harus sangat diperhatikan perhitungan konstruksinya. Terutama dalam perencanaan sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional 2005, “Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI-T-02-2005”.
- Badan Standar Nasional 2015, “Spesifikasi Tentang Bangunan Gedung Baja Struktural SNI-1729-2015”.
- Badan Standar Nasional 2015, “Spesifikasi Tentang Bangunan Gedung Baja Struktural SNI-1729-2015”.
- Badan Standar Nasional 2016, “Standar Perencanaan Pembebanan Pada Jembatan SNI 1725-2016”.
- Hadi, I Made Wisnu, 2019, *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Pelengkung Dengan Metode LRFD Pada Jembatan Tukad Yeh Ho, Meliling, Kabupaten Tabanan, Bali*. Institut Teknologi Nasional (ITN). Malang.
- Hans Anton Buchholdt, 1985, *An Introduction to Cable Roof Structures - Second Edition*, Thomas Telford Ltd.
- Hendriawan, Andi, 2020. *Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Struktur Atas Rangka Baja Tipe Pelengkung dan Warren Truss dengan Metode LRFD pada Jembatan Ngujeng 2 Kabupaten Tulungagung*. Institut Teknologi Nasional (ITN). Malang.
- Kurniawan, Wahyu, 2020, *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Soekarno-Hatta Kota Malang menggunakan Desain A Half Through Arch*. Institut Teknologi Nasional (ITN). Malang.
- R. B. A. Affandhie, Chomaedhi, E. Hardiyanto. 2018. *Modifikasi Desain dan Metode Pelaksanaan Duplikasi Jembatan Sembayat Rangka Baja*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil. 16(1).
- Salmon, C.G dan Johnson, J.E, 1992, *Struktur Baja I Desain dan Perilaku*, Edisi Ketiga, PT Gramedia, Jakarta.
- Salmon, C.G dan Johnson, J.E, 1992, *Struktur Baja II Desain dan Perilaku*, Edisi Ketiga, PT Gramedia, Jakarta.
- Setiawan Agus, 2013 “Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD”, edisi pertama Erlangga, Jakarta.