

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG PIPA BAJA DENGAN METODE DESAIN DENGAN METODE
DESAIN FAKTOR BEBAN KETAHANAN (DFBK) PADA JEMBATAN PASOPATI
KOTA MADIUN**

Nuki Tri Susanto¹, A. Agus Santosa², Muhammad Erfan²
^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : nukitrisusanto@gmail.com¹

ABSTRACT

Arch Bridge is a bridge structure whose structural elements are curved along the span of the bridge. Arch-type bridges are good for bridges with medium spans because the short element length reduces the risk of buckling in the frame. Through this thesis the author tries to plan an alternative structural design for a steel arch bridge on the Bengawan river bridge in Madiun City. In this case the planning uses the DFBK (Load and Endurance Factor Design) method and for the modeling it uses the help of the SAP 2000 V19 program.

Arch-type bridge superstructure consists of several main parts, namely longitudinal girders, transverse girders, main girders, upper wind ties, lower wind ties, stiffening girders, sidewalks, vehicle floors and elastomeric placement which form a rigid unit so that it is safe and comfortable in traffic on the bridge. As for the results of the planning and analysis obtained, the structure of the superstructure of the bridge uses a profile of WF 350 x 175 x 7 x 11 (longitudinal girder), WF 700 x 300 x 15 x 28 (transverse girder), WF 400 x 400 x 13 x 21 (main girder), 0.6 m pipe (curved), 0.3 m pipe (wind ties).

Keywords : Superstructure, Bridge, Arch Bridge, Steel Pipe Arch, SAP 2000

ABSTRAK

Jembatan Pelengkung merupakan suatu struktur jembatan yang elemen strukturnya melengkung sepanjang bentang jembatan. Jembatan tipe Pelengkung baik untuk jembatan dengan bentang sedang karena panjang elemen yang pendek mengakibatkan pengurangan resiko tekuk pada rangka.

Melalui skripsi ini penulis mencoba untuk merencanakan suatu alternatif perencanaan struktur atas jembatan baja tipe Pelengkung pada jembatan sungai bengawan Kota Madiun. Dalam hal ini perencanaan menggunakan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) dan untuk pemodelannya menggunakan bantuan program bantu SAP 2000 V19.

Struktur bangunan atas jembatan tipe Pelengkung terdiri atas beberapa bagian utama yaitu gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, ikatan angin atas, ikatan angin bawah, gelagar pengaku, trotoir, lantai kendaraan dan perletakan elastomer yang membentuk satu kesatuan yang kaku sehingga aman dan nyaman dalam berlalulintas diatas jembatan. Adapun hasil dari perencanaan dan analisa yang diperoleh, struktur bangunan atas jembatan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11 (gelagar memanjang), WF 700 x 300 x 15 x 28 (gelagar melintang), WF 400 x 400 x 13 x 21 (gelagar induk), Pipa Ø0,6 m (pelengkung), Pipa Ø0,3 m (ikatan angin).

Kata Kunci : Struktur Atas, Jembatan, Jembatan Pelengkung, Pelengkung Pipa Baja, SAP 2000

1. PENDAHULUAN

Jembatan Pasopati kota Madiun yang terletak diatas Kali Bengawan Madiun merupakan jembatan baja tipe *Through Pratt Truss* yang memiliki umur sudah lama dengan aktivitas kepadatan lalu lintas kendaraan yang tinggi yang menghubungkan Kec. Taman Kota Madiun dengan Kec. Takeran Magetan. Jembatan ini termasuk kedalam kategori jembatan bentang panjang yaitu 220 meter dan memiliki lebar jembatan sebesar 3 meter sehingga tidak dapat di lalui kendaraan roda 4.

Dari permasalahan diatas maka di perlukan *redesign* menggunakan struktur jembatan baja tipe pelengkung pipa baja. Penggunaan tipe pelengkung pipa baja bertujuan untuk mempermudah waktu pelaksanaan, memiliki nilai estetika untuk daerah tersebut serta dinilai cocok untuk tipe jembatan bentang Panjang.

Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini untuk :

1. Mengetahui tebal plat lantai dan jumlah tulangan yang digunakan untuk plat lantai kendaraan dan trottoir.
2. Mengetahui dimensi baja WF untuk gelagar memanjang, gelagar melintang dan gelagar induk yang digunakan.
3. Mengetahui dimensi baja untuk profil ikatan angin.
4. Mengetahui jumlah baut sambungan.
5. Mengetahui dimensi perletakan bantalan Elastomer.
6. Mengetahui gambar perencanaan jembatan.

Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan waktu, perencanaan struktur atas jembatan baja mengambil beberapa batasan :

1. Gelagar induk menggunakan tipe Pelengkung Pipa Baja.
2. Metode pembebanan yang digunakan adalah Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK).
3. Menggunakan program bantu SAP 2000 V19 untuk perhitungan analisa statika.
4. Panduan perencanaan Tugas Akhir ini mengacu pada :
 - a) SNI 1725-2016 tentang standar pembebanan untuk jembatan.
 - b) SNI 2833:2008 tentang standar perencanaan tahan gempa untuk jembatan.
 - c) SNI 3967-2008 tentang spesifikasi bantalan elastomer untuk jembatan.

2. LANDASAN TEORI

Jembatan Lengkung

Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang lengkung dan gelagar pengaku. Jembatan ini biasa digunakan pada bentang 30-40 meter.



Gambar 1. Jembatan Lengkung

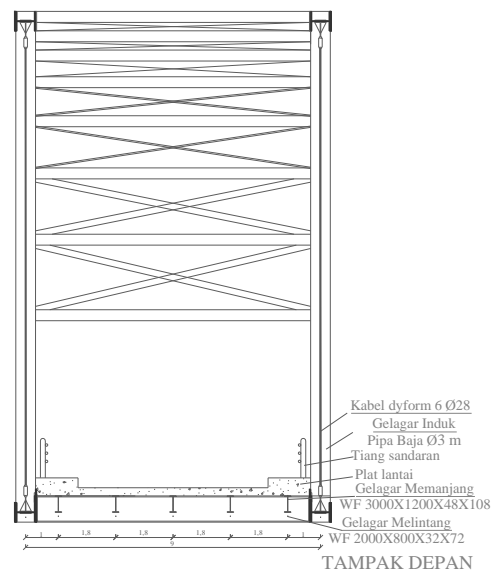
Baja Pelengkung (Steel Arch)

Baja pelengkung merupakan gelagar yang di pasang melengkung diatas dua tumpuan. Untuk memperoleh bentuk yang baik dimana lantai kendaraan berada dibawah busur maka ketinggian busur pertama diambil 1/5 sampai 1/8 dari panjang bentang, dan ketinggian busur kedua terhadap busur pertama diambil sebesar 1/25 sampai 1/40 bentang.

Bagian Struktur Atas Jembatan Tipe Pelengkung (Steel Arch)

Bagian struktur atas jembatan rangka terdiri dari :

1. Pipa sandaran
Berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan.
2. Rangka Jembatan
Rangka jembatan terbuat dari baja profil (Wide Flange, Steel Pipe, Kanal C, Profil L dan I Beam).
3. Trotoar
Pada tepi trotoar dipasang kerb dan baja siku untuk memperkuat trotoar dari pengaruh gesekan roda kendaraan.
4. Lantai kendaraan
5. Gelagar melintang
Berfungsi menerima beban lantai kendaraan, trotoar dan beban lainnya dan menyalurkannya ke rangka utama.
6. Gelagar memanjang
Berfungsi mendukung beban yang bekerja diatasnya dan mendistribusikan beban-beban ke perletakan.
7. Ikatan angin atas/ bawah dan ikatan rem
Berfungsi untuk menahan/ melawan gaya yang diakibatkan oleh beban angin agar jembatan dalam keadaan stabil.
8. Perletakan elastomer
Elastomer merupakan bantalan berlapis yang memikul beban-beban vertical maupun horizontal dari gelagar jembatan dan sebagai penyerap getaran.



Gambar 2. Bagian Struktur Atas Jembatan Rangka Baja

Teori DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)

Metode DFBK adalah metode perencanaan struktur baja dengan mengasumsikan kondisi batas suatu struktur pada kondisi limit/ limit states design. Desain struktur harus

mempunyai cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menahan beban apabila kelebihan beban/ overload.

Struktur baja dikategorikan aman apabila memenuhi persyaratan berikut : (SNI 1729-2015)

Dimana : $\phi R_n \geq R_u$
 $R_n =$ Kekuatan nominal

$R_u =$ Kekuatan perlu
 $\phi =$ faktor tahanan
 $\phi R_n =$ Kekuatan desain

Kondisi batas kekuatan yang umum digunakan sebagai berikut :

1. Terjadi leleh baja sampai terbentuknya sendi plastis dan mekanisme plastisnya
2. Tekuk torsi lateral, tekuk lokal
3. Fraktur tarik/ kemungkinan retak
4. Ketidakstabilan elemen/ struktur
5. Deformasi yang berlebihan

Beban-beban bekerja pada Jembatan Rangka Baja

Beban-beban yang bekerja harus ditinjau dalam perhitungan gelagar induk adalah

1. Beban mati
 Terdiri dari berat sendiri profil gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angin, plat lantai kendaraan, trotoar dan pipa sandaran.
2. Beban hidup
 Terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T"
3. Gaya rem
4. Beban akibat angin

Kontrol Pada Jembatan Rangka Baja

Beberapa control yang harus diperhatikan pada perhitungan struktur atas jembatan rangka baja sebagai berikut :

1. Kontrol kelangsingan profil
 Terdiri dari kontrol tekuk flens dan tekuk lokal badan harus memenuhi persyaratan berikut :
 $\lambda f \leq \lambda p$

2. Kontrol Kekuatan Penampang
 Harus memenuhi persyaratan berikut :

Ya < tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton

3. Kontrol kekuatan penampang
 Harus memenuhi persyaratan berikut :

$M_r \geq M_u$

Dimana : $M_r =$ Kuat lentur rencana

$M_u =$ Momen ultimit

4. Kontrol Lendutan
 Harus memenuhi persyaratan yang diatur pada SNI-03-1729-2002 berikut :

$f_{ada} \leq f_{izin}$

Dimana : $f_{ada} =$ Lendutan perlu
 $f_{izin} =$ Lendutan maksimum

5. Kontrol kekuatan geser
 Harus memenuhi persyaratan berikut :

$V_r \leq V_u$

Dimana : $V_r =$ Kuat geser rencana
 $V_u =$ Kuat geser ultimate

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Pengumpulan Data dan Literatur

Data – data perencanaan diperoleh dari hasil pengamatan lapangan/eksisting dan perencanaan. Jembatan Pasopati Madiun didesain ulang menggunakan baja pelengkung (*Steel Arch*). Adapun data – data yang digunakan dalam perencanaan ini sebagai berikut :

a. Data Struktur Jembatan

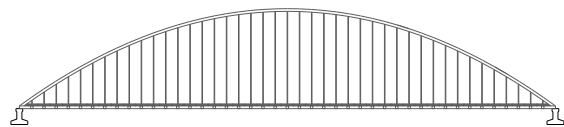
1. Kelas jembatan : I (satu)
2. Panjang jembatan : 110 m
3. Lebar lantai kendaraan : 7 m
4. Lebar trotoar : 2 x 1 m
5. Tipe jembatan : Arch
6. Jarak antar gelagar melintang : 2,5 m
7. Jarak anatar gelagar Memanjang : 1,75 m

b. Data Meterial

1. Mutu beton (fc') : 30 MPa
2. Mutu baja tulangan (fy) : 490 MPa
3. Tegangan putus (fu) : 550 MPa(BJ-55)
4. Tegangan leleh (fy) : 410 MPa
5. Jenis *steel deck* : Union new floor deck W-100

Preliminary Desain

Dalam perencanaan ini menggunakan tipe baja pelengkung (*steel arch*) menggunakan pipa baja pada gelagar induk.



Gambar 3. Alternatif perencanaan jembatan tipe pelengkung

Pembebanan Pada Struktur Utama Jembatan

Pembebanan yang diterapkan mengacu kepada muatan atau aksi lain yang timbul pada suatu jembatan berdasarkan acuan SNI 1725-2016. Beban – beban yang bekerja antara lain sebagai berikut :

- a. Berat sendiri (MS)
- b. Beban mati tambahan (MA)
- c. Beban lalu lintas
 - Beban lajur "D" sesuai dengan yang terdefiniskan dalam SNI 1725-2016 pasal 8.3 terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT).
- d. Gaya rem (TB)
- e. Beban angin (EW)
- f. Beban gempa

Faktor Kombinasi Pembebanan

Pada perencanaan jembatan prategang ini menggunakan factor beban pada kondisi beban layan dengan analisis elastis dengan acuan pada SNI 7833-2012 pasal 6.10.

Perhitungan Gaya Prategang Awal

- Tegangan ijin beton saat pemberian gaya prategang awal :
 - Tegangan tekan : $\sigma_{ci} = 0,8f'_c$
- Tegangan ijin beton segera sesudah penyaluran gaya prategang
 - Tegangan tekan : $\sigma_{ci} = 0,6f'_c$ (SNI 7833-2013 Ps.6.4.1(a)).
 - Tegangan tarik : $\sigma_{ti} = 0,25\sqrt{f'_c}$ (SNI 7833-2013 Ps.6.4.1(c)).
- Tegangan ijin beton saat beban layan dan setelah kehilangan gaya prategang
 - Tegangan tekan : $\sigma_{ci} = 0,45f'_c$ (SNI 7833-2013 Ps.6.4.2(a)).
 - Tegangan tarik : $\sigma_{ti} = 0,50\sqrt{f'_c}$ (SNI 7833-2013 Ps.6.4.1(c)).
- Besar tegangan gaya prategang
 - Tegangan: $f_{a,b} = -\frac{F_o}{A} \pm \frac{F_o \cdot e \cdot y}{I_g} \pm \frac{M_G \cdot y}{I_g}$

Kehilangan Gaya Prategang

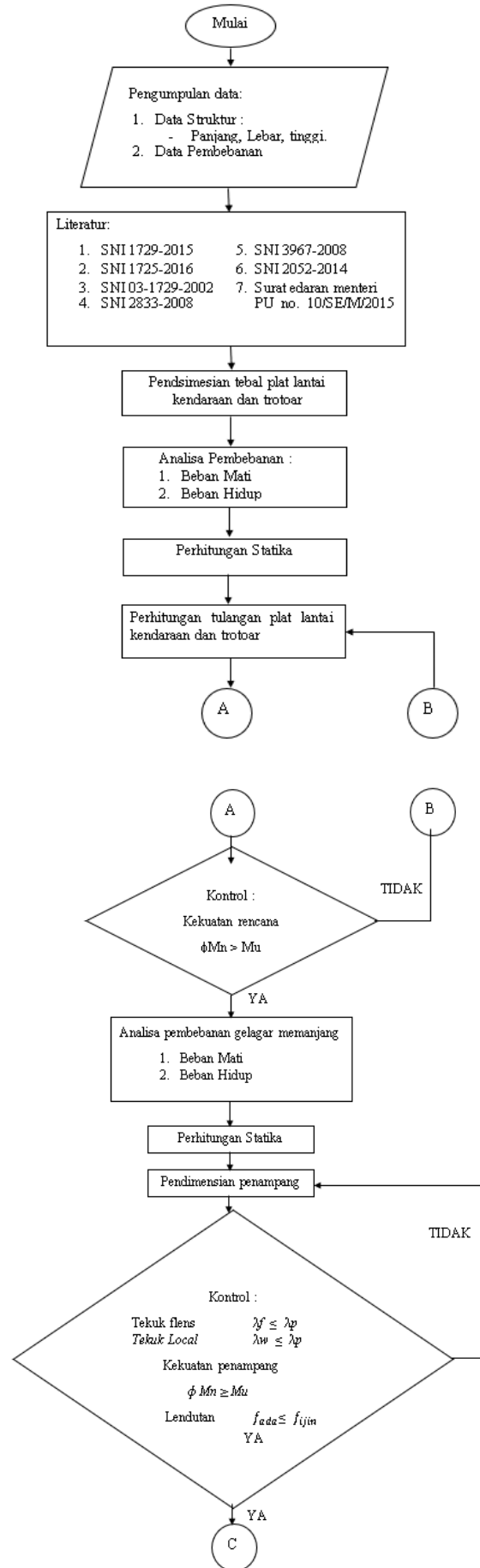
Secara umum kehilangan gaya prategang dapat digolongkan menjadi 2 yaitu :

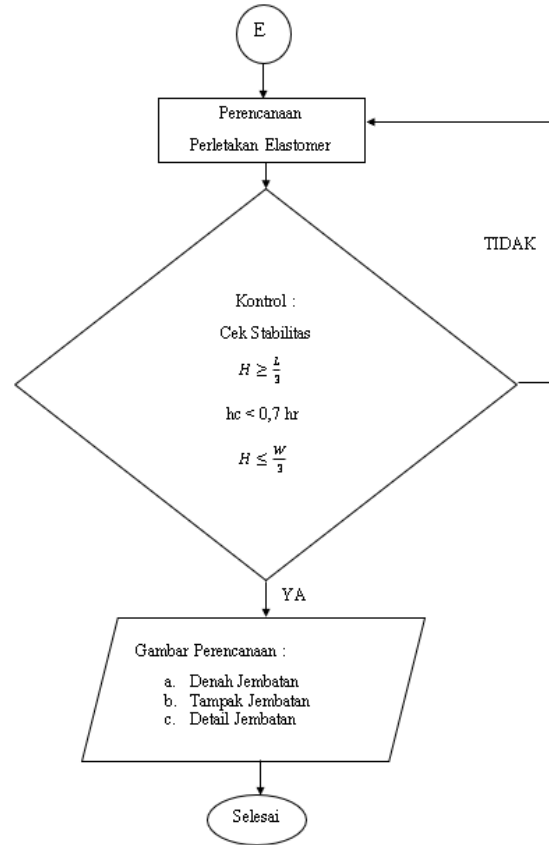
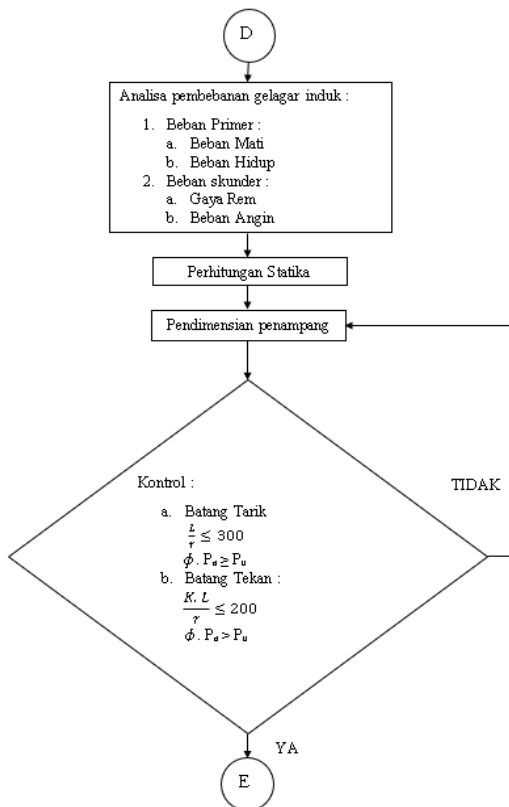
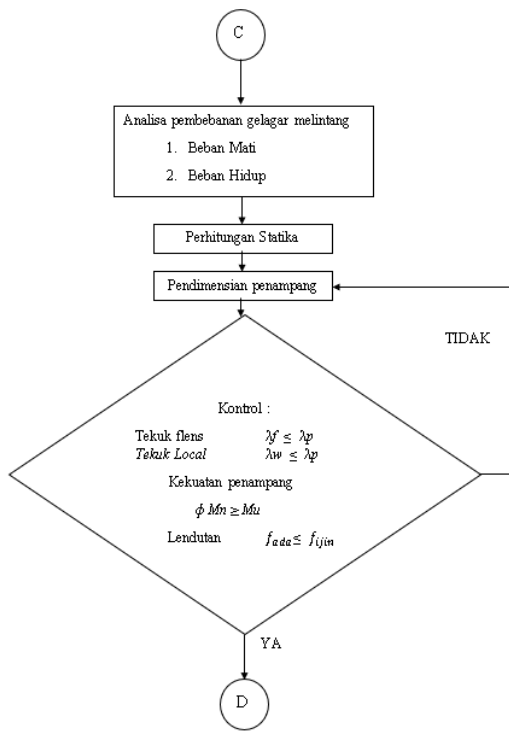
- A. Kehilangan gaya prategang langsung (*immediate*)
 - Perpendekan elastis beton (ES)
 - Friksi/Gesekan tendon (FR)
 - Pergeseran ankur (ANC)
- B. Kehilangan gaya prategang berdasarkan waktu (*time dependent losses*)
 - Rangkak beton (CR)
 - Susut beton (SH)
 - Relasi baja prategang (RE)

Perencanaan Struktur Sekunder

Stuktur sekunder pada perencanaan ini berupa pembatas jalan atau parapet jalan.

Diagram Alir





Gambar 4. Diagram Alir
 Sumber : (Hasil Perencanaan)

4. ANALISA STRUKTUR UTAMA

Perhitungan Pembebanan

Kesimpulan perhitungan pembebanan :
 $Q_{ult} = 1091,827 \text{ kg/m}$ $P_u = 1500 \text{ kg/m}$
 $Q_{tr} = 2730,828 \text{ kg/m}$
 $T_u = 22500 \text{ kg}$
 Keterangan :
 q_{ult} : Beban plat lantai kendaraan
 q_{tr} : Beban lantai trotoir
 T_u : Beban Truk
 P_u : Beban kerb

Perhitungan Statika

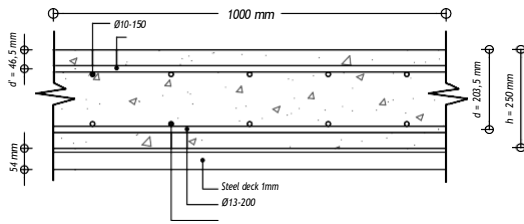
Tabel 2. Hasil Kondisi Pembebanan Statika

Kondisi Pembebanan	Momen Max (kgm) Lantai kendaraan		Momen Max (kgm) Trotoar	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Pembebanan 1	4942,86	4491,78	1712,76	-
Pembebanan 2	5255,26	5682,77	1712,76	-
Pembebanan 3	6184,09	6467,32	1712,76	-
Maksimum	6184,09	6467,32	1712,76	-

(Sumber : SAP 2000 V19)

Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

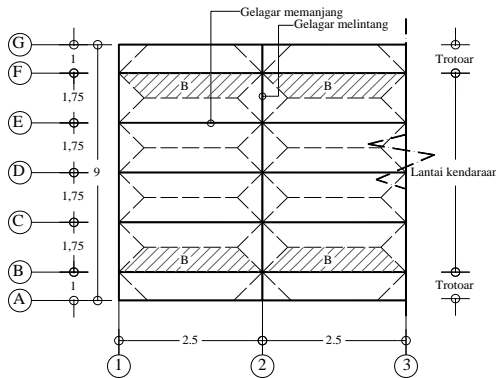
Pada Perhitungan Plat Lantai Kendaraan didapatkan tulangan pokok D16-200 mm (untuk tulangan tarik) D16-200 (untuk tulangan tekan) dan D13-250 mm untuk tulangan bagi.



Gambar 5. Penulangan Plat Lantai

Perencanaan Gelagar Memanjang

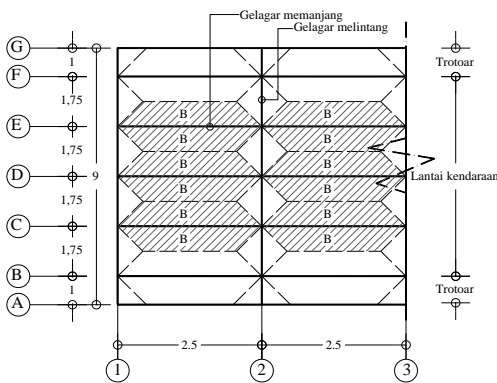
1. Beban Mati



Gambar 6. Perataan Beban Gelagar Tepi Untuk Beban Mati

Perataan Beban Gelagar Tepi Untuk Beban Mati (Qd_{u1})

$$Qd_{u1} = (\text{Perataan Beban} \times q_{ult}) = 2277,521 \text{ kg/m}$$



Gambar 7. Perataan Beban Gelagar Tengah Untuk Beban Mati

Perataan Beban Gelagar Tengah Untuk Beban Mati (Qd_{u2})

$$Qd_{u2} = (\text{Perataan Beban Gelagar Tengah} \times q_{ult}) = 1798,225 \text{ kg/m}$$

2. Beban Lalu Lintas

a. Beban Lajur "D" (TD)

- Beban terbagi rata (BTR), untuk bentang (L) 100 m

$$q = 900 \times (0,5 + \frac{15}{L}) = 5,727 \text{ Kp} = 572,727 \text{ kg/m}^2$$

Perataan beban gelagar tepi (ql_{tr1})

$$Ql_{tr1} = \frac{q}{2,75} \times \text{perataan beban} \times \text{factor beban} = 943,274 \text{ kg/m}$$

Perataan beban gelagar memanjang tengah (ql_{tr2})

$$Ql_{tr2} = \frac{q}{2,75} \times \text{perataan beban} \times \text{factor beban}$$

$$= 1886,549 \text{ kg/m}$$

- Beban garis terpusat (BGT)
 Besar intensitas BGT (p) = 49 kN/m (SNI 1725-2016 Ps.8.3.1) dan Faktor beban dinamis (FBD) = 30% untuk 210 m (SNI 1725-2016 Ps.8.6)
 $P = 49 \text{ kN} = 4900 \text{ kg}$
 Faktor beban = 2
 $P_u = 4900 \times 2 = 9800 \text{ kg}$
 $FBD = 1 + DLA = 1 + 0,30 = 1,3$
 Perataan beban gelagar tepi (Pgt_1)
 $Pgt_1 = \frac{P_u}{2,75} \times \text{perataan beban} \times \text{factor beban} = 22295 \text{ kg/m}$
 Perataan beban gelagar memanjang tengah (Pgt_2)
 $Pgt_2 = \frac{P_u}{2,75} \times \text{perataan beban} \times \text{factor beban} = 20982,616 \text{ kg/m}$

Tabel 3. Hasil Pembebanan Gelagar Memanjang

Beban mati			
Gelagar Tepi	qdu1	= 3397,654	Kg/m
Gelagar tengah	qdu2	= 1788,790	Kg/m
Beban Hidup "D" (BTR)			
Gelagar Tepi	qtr1	= 1581,749	Kg/m
Gelagar tengah	qtr2	= 1688,986	Kg/m
Beban Hidup "D" (BGT)			
Gelagar Tepi	Pgt1	= 10032,750	Kg
Gelagar tengah	Pgt2	= 20065,500	Kg

Dimensi gelagar memanjang menggunakan profil WF 800 x 300 x 14 x 26, Stud connector yang digunakan diameter 16 mm x 150 mm dengan jumlah stud 26 buah dan jarak antar stud 195 mm.

Perencanaan Gelagar Melintang

1. Beban Mati

Perataan Beban Akibat Berat Trotoar (q_{dtr})

$$q_{dtr} = (\text{Perataan Beban D} \times q_{utr}) \times 2 = 3051,380 \text{ kg/m}$$

Perataan Beban Akibat Berat Lantai Kendaraan (q_{dlt})

$$q_{dlt} = (\text{Perataan Beban D} \times q_{ult}) \times 2 = 1281,078 \text{ kg/m}$$

2. Beban sendiri Profil gelagar memanjang

Dimensi profil baja WF = 800 x 300 x 14 x 26

Faktor beban baja = 1,1

W profil baja = 210 kg/m

- P1 = W profil baja x L. Gelagar Memanjang x Faktor Beban = 1155 kg
- P2 = Beban akibat RA Gelagar Memanjang Tepi = 19975,973 kg
- P3 = Beban akibat RA Gelagar Memanjang Tengah = 19703,242 kg

3. Beban Hidup

a. Beban Lajur "D" (TD)

- Beban terbagi rata (BTR) untuk bentang (L) 100 m

$$q = 900 \times (0,5 + \frac{15}{L}) = 5,727 \text{ Kp} = 572,727 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{tr} = \frac{q}{2,75} \times \text{perataan beban} \times 2 \times \text{factor beban} = 1344 \text{ kg/m}$$

- Beban garis terpusat (BGT)

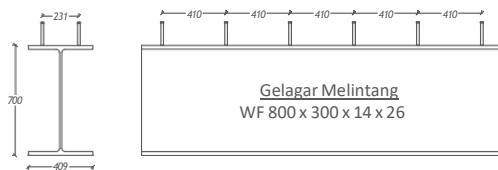
Besar intensitas BGT (p) = 49 kN/m (SNI

1725-2016 Ps.8.3.1) dan Faktor beban dinamis (*FBD*) = 30% untuk 100 m (SNI 1725-2016 Ps.8.6)
 $P = 49 \text{ kN} = 4900 \text{ kg}$
 $P_u = 4900 \times 2 = 9800 \text{ kg}$
 $FBD = 1 + DLA = 1 + 0,30 = 1,30$
 $P_{gt} = \frac{P_u}{2,75} \times \text{perataan beban} \times 2 \times k = 12740 \text{ kg/m}$

Tabel 4. Hasil Pembebanan Gelagar Melintang

Beban mati			
Akibat berat lantai kendaraan	qult	=	1273,798 Kg/m
Akibat berat lantai trotoar	qutr	=	3641,104 Kg/m
Akibat berat sendiri profil gelagar memanjang	P1	=	136,290 Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tepi	P2	=	11240,629 Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tengah	P3	=	14379,971 Kg
Beban Hidup "D"			
Beban terbagi rata (BTR)	qtr	=	436,364 Kg/m
Beban garis (BGT)	Pgt	=	4632,727 Kg

Dimensi gelagar memanjang menggunakan profil WF 900 x 400 x 19 x 37, Stud connector yang digunakan diameter 16 mm x 150 mm dengan jumlah stud 22 buah dan jarak antar stud 410 mm.



Gambar 8. Penampang Profi WF 800x300x14x26

Perencanaan Gelagar Induk

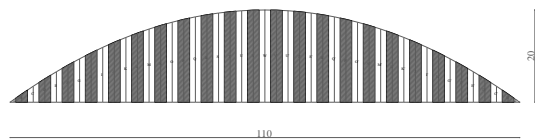
1. Beban Rem

- Beban gandar = 25% x Tu x jumlah lajur = 25% x 11250 x 2 = 5625 kg
 - Beban Truck = 5% x berat truk rencana x BTR (gelagar memanjang) = 5% x 50000 + 511,45 = 25511 kg
- Gaya rem (*TB*) harus diambil yang terbesar = 25511 kg (SNI 1725-2016 Ps.8.7)
 Beban momen rem pada lantai = 1,8 x gaya rem (*TB*) = 45920,455 Kgm

Beban gaya rem per gelagar melintang = $\frac{\text{Momen rem}}{\text{Panjang gelagar}} = 9184,091 \text{ Kg}$

2. Beban Angin (EW)

- Beban Angin pada Kendaraan (EW1)
 Beban angin = 1,46 N/mm = 146 Kg/m
 Ketinggian bidang kerja angin = 1,8 m
 $q_1 = 146 \times 1,8 \times 100\% = 262,8 \text{ Kg/m}$
- Beban Angin pada Kabel (EWc)
 Tekangan angin = 0,0036 Mpa = 360 Kg/m²
 $p_2 = 360 \times 0,28 \times 100\% = 100,8 \text{ Kg/m}$



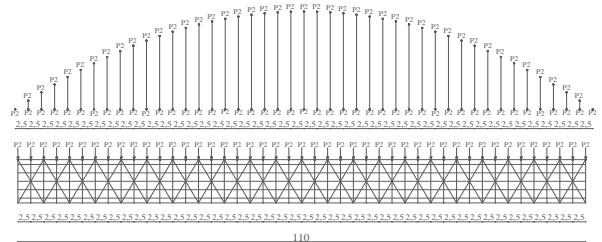
Gambar 9. Skema pembebanan angin pada kabel

Tabel 5. Gaya angin terhadap Kabel

No	Nama	Luas (m ²)	Gaya angin (kg)	
1	A	A'	0.5553	199.908
2	B	B'	4.4166	1589.976
3	C	C'	8.6519	3114.684
4	D	D'	12.6816	4565.376
5	E	E'	16.5041	5941.476
6	F	F'	20.1191	7242.876
7	G	G'	23.5269	8469.684
8	H	H'	26.7294	9622.584
9	I	I'	29.7266	10701.576
10	J	J'	32.5166	11705.976
11	K	K'	35.0991	12635.676
12	L	L'	37.4744	13490.784
13	M	M'	39.6441	14271.876
14	N	N'	41.6066	14978.376
15	O	O'	43.3619	15610.284
16	P	P'	44.9116	16168.176
17	Q	Q'	46.2544	16651.584
18	R	R'	47.3916	17060.976
19	S	S'	48.3216	17395.776
20	T	T'	49.0444	17655.984
21	U	U'	49.5616	17842.176
22	V	V'	49.8972	17962.992
23	W		49.9872	17995.392

c. Beban Angin pada Struktur (EWs)

Tekanan angin = 0,0036 Mpa = 360 kg/m²



Gambar 10. Skema pembebanan angin pada kabel

Perencanaan Gelagar Induk

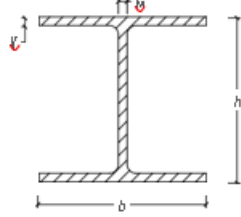
Tabel Analisa gaya batang pelengkung atas

No	Batang	Axial	Critical	No	Batang	Axial	Critical
1	94	-117442,016	Tekan	1	179	-118086,506	Tekan
2	95	-115652,51	Tekan	2	180	-116287,06	Tekan
3	96	-112774,12	Tekan	3	181	-113374,986	Tekan
4	97	-108970,641	Tekan	4	182	-109498,421	Tekan
5	98	-106817,697	Tekan	5	183	-107337,121	Tekan
6	99	-104808,346	Tekan	6	184	-105320,295	Tekan
7	100	-102647,896	Tekan	7	185	-103153,086	Tekan
8	101	-100788,265	Tekan	8	186	-101291,678	Tekan
9	102	-99304,598	Tekan	9	187	-99789,999	Tekan
10	103	-97641,506	Tekan	10	188	-98122,966	Tekan

(Sumber : Analisa *StaadPro*)

Didapatkan nilai Pu terbesar adalah :
 Pu Batang 137 = 117845,261 kg (Tekan)

Analisa Pendimensionan Gelagar Induk



Gambar 11. . Penampang Baja WF

- A = 1905,95 cm²
- I_x = 94251285,44 cm⁴
- I_y = 614906,811 cm⁴
- d = 400 mm
- bf = 408 mm
- tw = 21 mm
- tf = 21 mm
- Mutu baja = BJ-55
- f_y = 410 Mpa
- f_u = 550 Mpa
- E = 200000 Mpa
- P_u max = 8445874,46 Kg (SAP2000)
- L = 9,0 m (SAP2000)

• Perhitungan Radius Giras

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = 222,377 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = 222,377 \text{ cm}$$

• Perhitungan Parameter Kerampingan

Cek Rasio Kerampingan :

$$h_c = \frac{L}{r} \leq 300 = 50,106 \leq 300 \text{ cm Memenuhi}$$

• Maka, P_n

$$P_n = \phi \times A_g \times A = 7032844,8 \text{ kg}$$

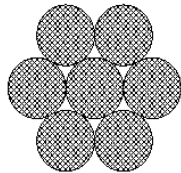
• Kontrol

$$P_n > P_u$$

$$7032844,8 > 844587,46 \longrightarrow \text{OK}$$

Perencanaan Kabel

- Batang No = S445
- P_u = 207533,15 N = 208 kN
- Diameter = 26 mm
- Type = Dyform 6 rope grade 2160
- P_n = 212 kN (Bridon ropes. Hal 59)



Gambar 12. Kabel Penggantung Dyform 6 Rope Grade 2160 diam. 26 mm

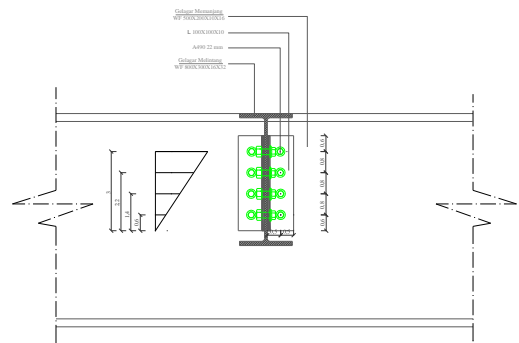
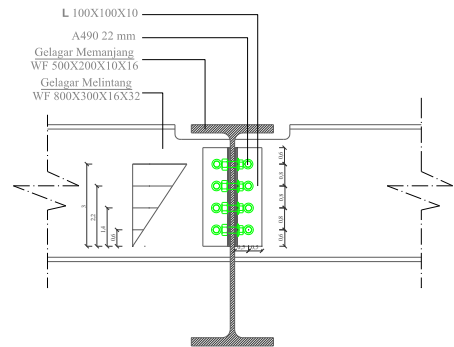
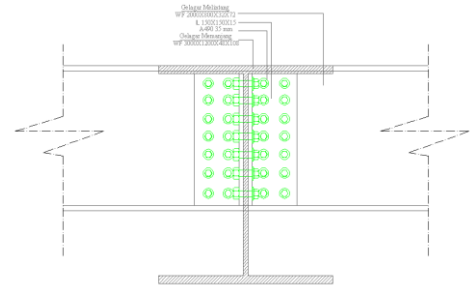
• Kontrol

$$P_n > P_u$$

$$212 \text{ kN} > 208 \text{ kN} \longrightarrow \text{OK}$$

Perencanaan Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

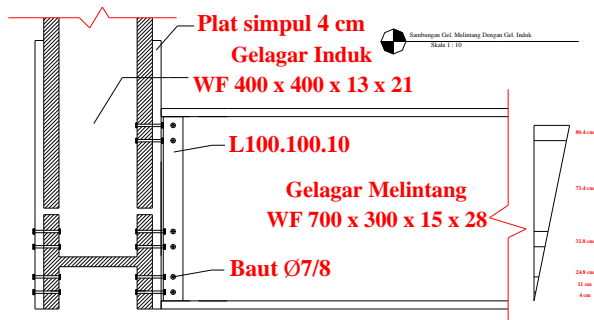


Gambar 13. . Detail sambungan gelagar memanjang dan gelagar melintang

Dari perhitungan sambungan gelagar memanjang dan gelagar melintang, didapatkan jumlah baut 28 buah dengan jarak baut ke tepi plat 8 cm dan jarak antar baut 150 cm diameter baut 35 mm. Pada Sambungan gelagar melintang dan gelagar memanjang digunakan plat penyambung L 150.150.15 mm

b. Perencanaan Sambungan Gelagar Melintang ke Gelagar Induk

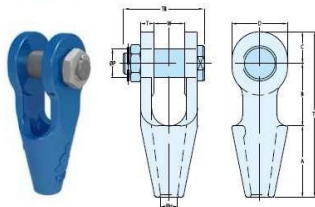
Dari Perhitungan Sambungan gelagar melintang dan gelagar induk didapatkan jumlah baut 12 buah jarak baut ke tepi plat 15 cm dan jarak antar baut 8 cm diameter baut 35 mm. Dengan menggunakan plat penyambung L 100.100.10



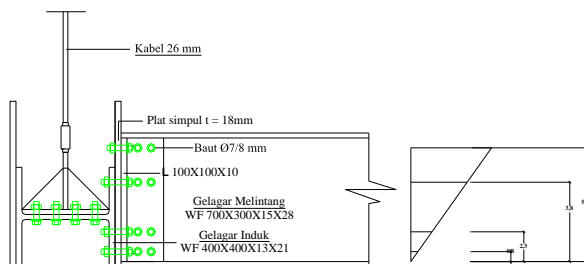
Gambar 14. Detail sambungan gelagar melintang dan gelagar induk

c. Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Kabel

Open Spelter Sockets with bolt and nut
 Quenched and tempered cast steel

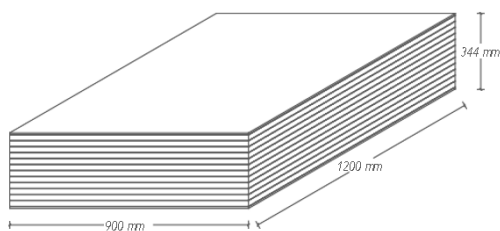


Gambar 15. Detail sambungan Socket



Gambar 16. Detail sambungan gelagar induk dan kabel

Perencanaan Elastomer



Gambar 17. Dimensi perletakan elastomer

Dimensi perletakan elastomer menggunakan panjang 1200 mm, lebar 900 mm, dan tinggi 344 mm, dengan susunan cover plat baja atas dan bawah setebal 10 mm, 10 lapisan internal setebal 60 mm dan 10 lapisan plat baja setebal 4 mm

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perencanaan Penulangan Plat Lantai yang digunakan :

- a) Lantai Kendaraan
 - Tulangan Utama D16 – 200 mm untuk tulangan tarik dan tekan
 - Tulangan Bagi D13 – 500 mm

b) Lantai Trotoir

- Tulangan Bagi D13 – 500 mm

2. Perencanaan Pendimensian Gelagar yang digunakan pada struktur jembatan :

- a. Dimensi Profil WF Gelagar Memanjang : WF 350 x 175 x 7 x 11 (mm)
- b. Dimensi Profil WF Gelagar Melintang : WF 700 x 300 x 15 x 28 (mm)
- c. Dimensi Profil Gelagar Induk : WF 400 x 400 x 13 x 21
- d. Dimensi baja pipa pelengkung : \varnothing 0,6 m

3. Perencanaan Pendimensian Ikatan Angin (Bracing) yang digunakan:

- a) Dimensi Ikatan Angin (atas) : pipa baja \varnothing 0,3 m

4. Dimensi perletakan elastomer menggunakan panjang 1200 mm, lebar 900 mm, dan tinggi 344 mm, dengan susunan cover plat baja atas dan bawah setebal 10 mm, 10 lapisan internal setebal 60 mm dan 10 lapisan plat baja setebal 4 mm

Saran

1. Perencanaan jembatan di kali bengawan madiun bisa direncanakan menggunakan alternatif lain berupa jembatan *cable stayed* dengan alasan bahwa jembatan tipe ini dapat memberikan hasil perencanaan yang ekonomis, kuat, dan indah estetikanya.

2. Pemodelan struktur jembatan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 V19 sangat tepat dalam menganalisa suatu struktur jembatan Pelengkung karena waktu yang diperlukan akan lebih singkat dan kesalahan relative kecil dibandingkan dengan perhitungan struktur secara manual.

3. Ada baiknya apabila ingin menggunakan program bantu SAP 2000 V19 untuk pemodelan jembatan rangka baja dianjurkan untuk memakai program yang orisinal agar terjadinya *error, warning* dan lain sebagainya tidak terlalu besar.

4. Dalam merencanakan suatu struktur jembatan pelengkung harus diperhatikan lagi tentang pembebanannya dengan mengacu pada peraturan terbaru yang sudah ada.

5. Mengingat begitu pentingnya fungsi jembatan, maka dalam setiap perencanaan konstruksi jembatan ada banyak hal yang harus diperhatikan dalam merencanakannya, terutama pada perencanaan sambungan sangat riskan sekali dalam kegagalan struktur, karena pada dasarnya

kekuatan jembatan sangat ditentukan oleh kekuatan konstruksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, *Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNi-T-02-2005*.
- Anonim, 2016, *Standar Perencanaan Pembebanan Pada Jembatan SNI 1725-2016*.
- Anonim, 2015, *Spesifikasi Tentang Bangunan Gedung Baja Struktural SNI-1729-2015*.
- Anonim, 2002, *Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung SNI 03 – 1729 – 2002*.
- Anonim, 2015, *Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk perletakan jembatan*, Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10/SE/M/2015.
- Anonim, 2014, *Baja tulangan beton SNI 2052-2014*.
- Anonim, 2008, *Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan SNI 3967-2008*.