

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG

Studi Kasus : Jembatan Seacorm Kabupaten Jembrana- Bali

Jimmy Fernando Ghello¹, Sudirman Indra², Agus Santosa³
¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : jimyghello@gmail.com¹

ABSTRACT

The bridge is a vital infrastructure in the transportation system that is as a medium for river crossings, as well as connecting between cliffs. Bridges have various shapes, one of which is a curved bridge with cables. The curved bridge is suitable for Seacorm bridges because it has a fairly long span. Through the preparation of this thesis, the writer tries to plan an alternative building on an existing bridge with a curved type. Preliminary planning data includes the length of the existing bridge 100 m wide by 7 m. The planning method used is LRFD (Load Resistance Factor Design) and using the Staad Pro v8i SS program. In this planning the authors plan floor plates, longitudinal girder, transverse girder, master girder, wind ties, cables, connections and elastomers. From the analysis results obtained the structure of the bridge for the floor plate using D16-200 principal reinforcement and reinforcement for D13-250, steel longitudinal girder profile WF 350 x 350 x 14 x 22, cross steel girder profile WF 700 x 400 x 14 x 32, steel main girder profile WF 800 x 400 x 40 x 40, double wind profile steel bond L 250 x 250 x 35, for the dimensions of the Dyform 6 cable, for laying using elastomers of length 110 cm, width 110 cm, height 32 cm.

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

ABSTRAK

Jembatan merupakan infrastruktur vital dalam sistem transportasi yaitu sebagai media penyeberangan sungai, maupun penghubung antar tebing. Jembatan mempunyai macam-macam bentuk, salah satunya yaitu jembatan pelengkung dengan kabel. Jembatan pelengkung cocok digunakan untuk jembatan Seacorm karena mempunyai bentang yang lumayan panjang. Melalui penyusunan skripsi ini penulis mencoba merencanakan alternatif bangunan atas jembatan yang sudah ada dengan tipe pelengkung. Data awal perencanaan meliputi panjang jembatan yang sudah ada 100 m lebar 7 m. Metode perencanaan yang digunakan yaitu LRFD (Load Resistance Factor Design) dan menggunakan program bantu Staad Pro v8i SS. 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 D16-200 dan tulangan bagi D13-250, gelagar memanjang baja profil WF 350 x 350 x 14 x 22, gelagar melintang baja profil WF 700 x 400 x 14 x 32, gelagar induk baja profil WF 800 x 400 x 40 x 40, ikatan angin baja profil dobel L 250 x 250 x 35, untuk Dimensi kabel penggantung dyform 6, untuk peletakan menggunakan elastomer ukuran panjang 110 cm, lebar 110 cm, tinggi 32 cm.

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

1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan 2 bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan – rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi dan pembuangan. Konstruksi jembatan harus direncanakan sesuai dengan tuntutan transportasi, baik dari segi kecepatan, kenyamanan, maupun keamanan.

Dengan semakin meningkatnya volume lalu lintas kendaraan dan jenis kendaraan yang akan melewati jembatan tersebut maka perlu adanya peningkatan kelas jembatan yang awalnya jembatan tergolong kelas III dinaikkan menjadi kelas I. Penulis merencanakan alternatif struktur atas jembatan menggunakan rangka baja dengan tipe pelengkung.

Pada perencanaannya, Jembatan ini terdiri dari satu bentang rangka baja dengan bentang 100 meter. Dipilihnya Jembatan Rangka Baja dengan tipe pelengkung pada jembatan ini karena untuk bentang 80-500 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Pelengkung Baja. Adapun pemberian bentuk pelengkung itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel. Selain itu dari segi arsitektural, jembatan pelengkung memiliki nilai lebih dan dapat memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan di Indonesia termasuk di Kabupaten Jember yang menggunakan rangka pelengkung.

Dengan adanya desain baru konstruksi Jembatan Seacorm diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural, baik terhadap beban gempa dan beban dinamis jembatan.

2. DASAR TEORI

Jembatan rangka busur / pelengkung adalah suatu tipe jembatan dengan kepala jembatan berbentuk kurva melengkung yang menggunakan prinsip kestabilan dimana gaya - gaya yang bekerja di atas jembatan ditransformasikan ke bagian akhir lengkung atau *abutment*. Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini yaitu metode LRFD. Dalam metode ini faktor - faktor untuk kelebihan beban merupakan variabel yang tergantung pada tipe beban, dan kombinasi - kombinasi beban yang difaktorkan, harus diperhitungkan (Salmon-johnson, 1992). Dimana beban kerja rencana dikalikan dengan faktor beban dan

struktur direncanakan untuk menahan beban terfaktor tersebut pada kapasitas batasnya.

Sifat mekanis baja merupakan yang sangat penting dalam desain konstruksi. Sifat ini di peroleh dari uji tarik baja, uji melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersama ini dilakukan pembebanan dan panjangnya sehingga diperoleh tegangan dan regangannya.

Kondisi batas kekuatan yang umum digunakan adalah sebagai berikut :

- Terjadinya leleh baja samapai terbentuknya sendi plastis, dan mekanisme plastisnya, ketidak-stabilan elemen dan struktur.
- Tekuk torsi lateral, tekuk lokal.
- Fraktur tarik atau adanya kemungkinan retak akibat fatig.
- Ketidakstabilan elemen atau struktur.
- Deformasi yang berlebihan.

Secara umum, suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad \dots\dots 1$$

Keterangan :

$\sum$	: Penjumlahan
I	: menunjukkan berbagai kondisi yang ditinjau
γ_i	: faktor beban terkait beban Q_i yang ditinjau
Q_i	: pengaruh beban nominal
$\gamma_i Q_i$	: kuat perlu, dari kondisi batas yang paling ekstrim
ϕ	: faktor tahanan sesuai jenis struktur yang ditinjau
R_n	: kuat nominal, kekuatan elemen yang dihasilkan
ϕR_n	: kuat rencana, kekuatan struktur yang direncanakan

Mengacu pada AISC 2010 atau adopsi penuh versi Indonesia : RSNI 103-1729.1-201X, terdapat dua ketentuan perencanaan struktur baja yang dapat dipilih yaitu LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dan ASD (*Allowable Strength Design*). Ketentuan LRFD dianggap memenuhi syarat apabila kuat perlu, R_u lebih kecil dari kuat rencana, ϕR_n dengan ϕ adalah faktor tahanan yang nilainya bervariasi tergantung perilaku aksi komponen yang ditinjau.

$R_u \leq \phi R_n$. Pembebanan pada jembatan dibutuhkan untuk menganalisa kebutuhan dimensi dari struktur jembatan. Massa setiap bagian bangunan harus di

hitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Besarnya pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _s	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,0	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,0	1,0	-
Daya Jarak I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Jarak II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Jarak III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Jarak IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Faktor (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - γ_p dapat berupa γ_p , γ_{TC} , γ_{ES} , γ_{TC} , γ_{ES} tergantung beban yang ditinjau
- γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Konstruksi perletakan harus mengalihkan gaya-gaya tegak dan mendatar yang bekerja pada jembatan kepada pangkal jembatan dan pondasi. Untuk mengatasi kedua macam gaya tersebut dapat dipasang perletakan dengan bantalan elastomer. Bantalan elastomer merupakan suatu elemen jembatan yang terbuat dari karet alam atau karet sintetis yang berfungsi untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah (SNI 3967-2008)

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD adalah (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid 1, 1992 : 95)

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad \dots\dots 2$$

Keterangan :

ϕ_t = faktor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang Tarik

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 penelitian kemudian dikaji dalam kajian pustaka dan berbagai teori dasar.

PENGUMPULAN DATA

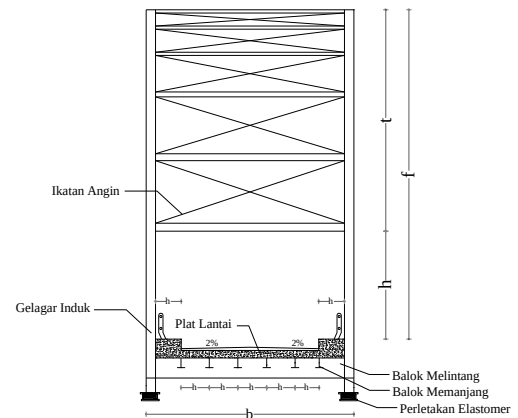
Jembatan Seacorm berlokasi di Desa Perancak Kab. Jembrana, Bali.



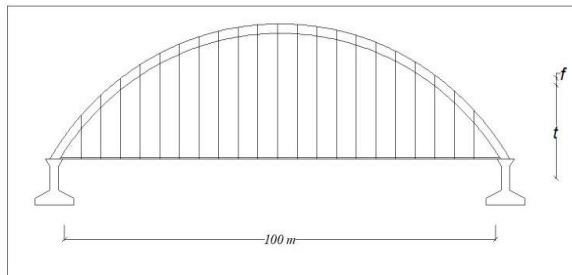
Gambar 1. Peta Lokasi

Data awal yang diperoleh dari survey geometri struktur jembatan seacorm adalah sebagai berikut :

- Kelas Jembatan : I (satu)
- Panjang Jembatan : 100 meter
- Lebar Lantai Kendaraan : 7 meter
- Lebar Trotoir : 2 x 1 meter
- Tipe Jembatan : Pelengkung Rangka Baja
- Jarak antar Gelagar Melintang : 4 meter
- Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,75 meter
- Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- F_y Tulangan Ulir : 490 Mpa
- Mutu Baja : BJ 55
- Tegangan Leleh Baja : 5500 kg/cm³
- Tegangan dasar : 4100 kg/cm²
- Mutu Baut : ASTM A490



Gambar 2. Potongan Melintang Jembatan Pre Elemniary Alternatif Design

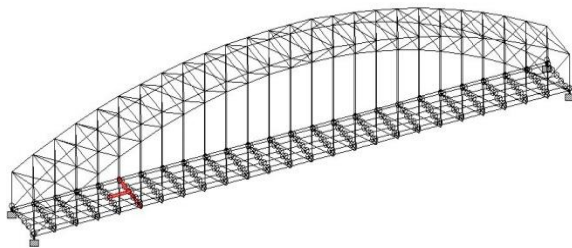


Gambar 3. Potongan Memaanjaang Jembatan Pre Elemniary Alternatif Design

4. PEMBAHASAN

Pemodelan

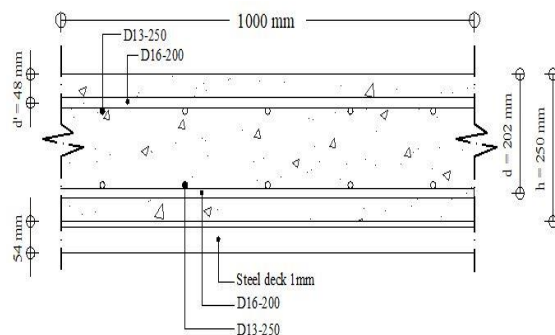
Pemodelan dilakukan dengan menggunakan Program Bantu Staad Pro V8i S6. Pada Pemodelan ini digunakan data geometri sesuai dengan data yang direncanakan, sedangkan data untuk materialnya digunakan data standar jembatan rangka baja tipe pelengkung menggunakann metode LRFD.



Gambar 4. Pemodelan Menggunakan Staad Pro V8i S6

Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

Pada Perhitungan Plat Lantai Kendaraan didapatkan tulangan rangkap D16-250 mm (untuk tulangan tarik) D16-250 (untuk tulangan tekan) dan D 13-250 mm untuk tulangan bagi.



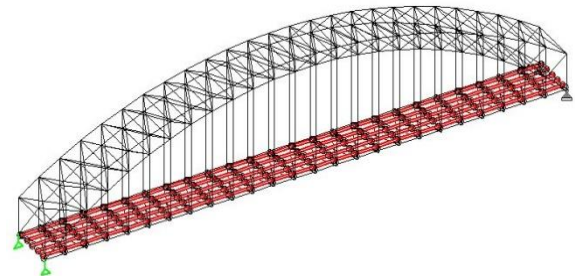
Gambar 5. Penulangan Plat Lantai Kendaraan

Perencanaan Gelagar Memanjang

Tabel 2. Hasil pembebanan Gelagar Memanjang

Beban mati				
Akibat berat lantai trotoar	qdtr	=	3311,380	Kg/m
Akibat berat lantai kendaraan	qdlr	=	1211.150	Kg/m
Akibat Profil Gelagar Memanjang	P1	=	699.600	Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tepi	P2	=	18451,581	Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tengah	P3	=	17773,471	Kg
Beban Hidup "D"				
Beban terbagi rata (BTR)	qltr	=	1372,800	Kg/m
Beban garis (BGT)	Pglt	=	12740,000	Kg
Beban Hidup "T"				
Beban Truck (T)	Tu	=	22500.000	Kg

Dimensi gelagar memanjang menggunakan profil WF 350 x 350 x 14 x 32, Stud connector yang digunakan diameter 16 mm x 400 mm dengan jumlah stud 72 buah dan jarak antar stud 30 mm.



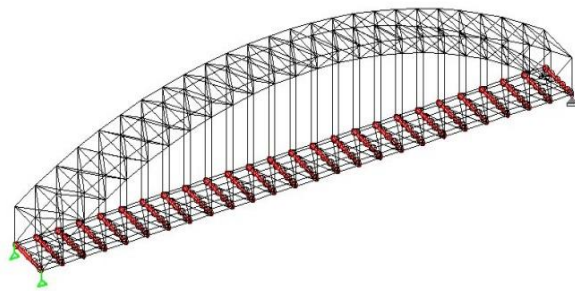
Gambar 6. gelagar memanjang pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

Perencanaan Gelagar Melintang

Tabel 3. Hasil pembebanan gelagar melintang

Beban mati				
Gelagar tepi	qdtr	=	2688,553	kg/m
Gelagar tengah	qdlr	=	1714.1068	kg/m
beban hidup (BTR)				
Gelagar tepi	qltr	=	963,487	kg/m
Gelagar tengah	qllt	=	1926,975	kg/m
beban hidup (BTR)				
Gelagar tepi	Pgtr	=	22295	kg/m
Gelagar tengah	Pglr	=	20982,616	kg/m

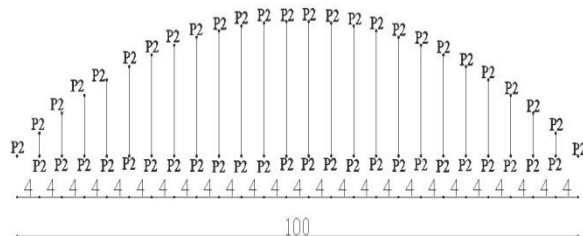
Dimensi yang digunakan untuk gelagar melintang yaitu profil WF 700 x 300 x 14 x 32, Stud connector menggunakan stud diameter 16 mm x 400 mm. Jumlah Stud 132 buah dengan jarak antar Stud 50 mm.



Gambar 7. gelagar melintang pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

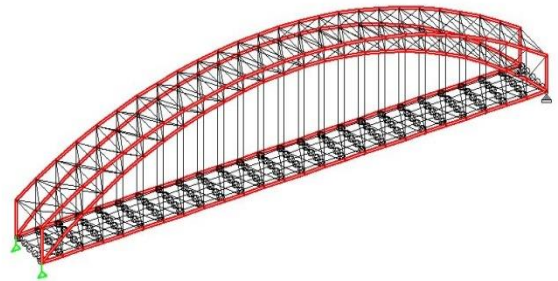
Perencanaan Gelagar Induk

Beban Rem per Gelagar memanjang didapatkan 115113,25 kgm, untuk beban angin yang bekerja pada kendaraan yang disalurkan ke gelagar sebesar 262,800 kg/m.

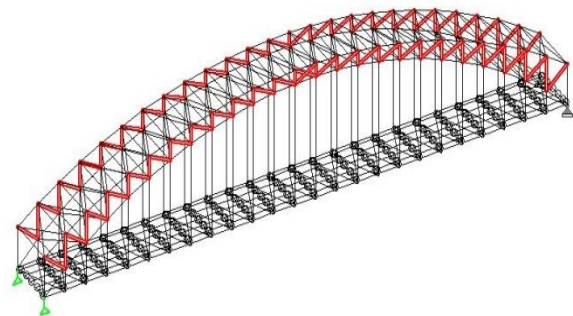


Gambar 8. Skema Pembebanan Angin pada Kabel

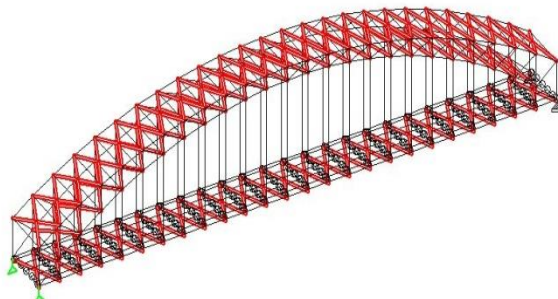
Jadi Beban angin yang bekerja pada Kabel sebesar 303 kg bekerja menerus sepanjang kabel dengan diameter kabel sebesar 84 mm. Beban Gempa didapatkan sebesar 293102 kgm. Pendimensionan Gelagar Induk untuk batang tepi menggunakan profil WF 800 x 400 x 40 x 40, dan untuk batang vertikal dan diagonal menggunakan profil WF 800 x 400 x 12 x 20 dan untuk ikatan angin menggunakan profil 2L 250 x 250 x 35.



Gambar 9. gelagar induk tepi pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

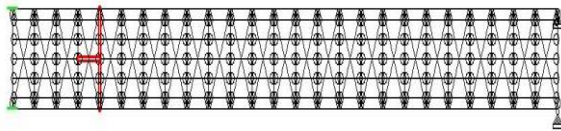


Gambar 10. gelagar induk vertical dan diagonal pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6



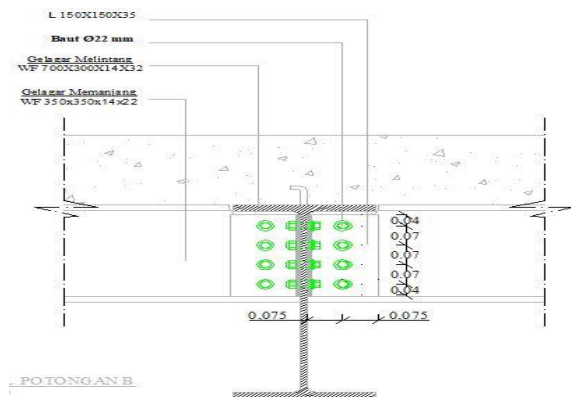
Gambar 11. Ikatan Angin pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

Perencanaan Sambungan Sambungan Gelagar melintang dan Memanjang



Gambar 12. Gelagar melintang dan gelagar memanjang pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

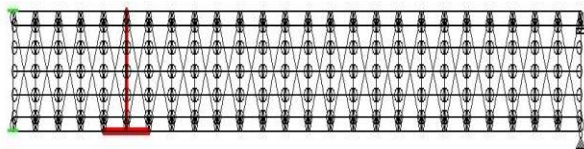
Sambungan terletak pada memanjang beam 233 dan pada mekintang beam 74, didapatkan jumlah baut 4 buah dengan jarak baut ke tepi plat 4 cm dan jarak antar baut 7 cm diameter baut 22 mm. Pada Sambungan gelagar melintang dan gelagar memanjang digunakan plat penyambung L 150 x 150 x 35



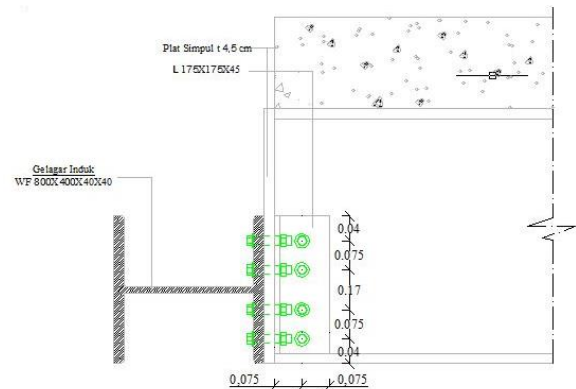
Gambar 13. Detail Sambungan Gelagar Melintang dan Memanjang

Sambungan Gelagar Induk ke Melintang

Sambungan gelagar induk ke melintang terletak pada beam 73 untuk gelagar melintang dan untuk gelagar induk pada beam 32 33, didapatkan jumlah baut 6 buah jarak baut ke tepi plat 4 cm dan jarak antar baut 8 cm diameter baut 22 mm tebal plat simpul 4,5 cm.



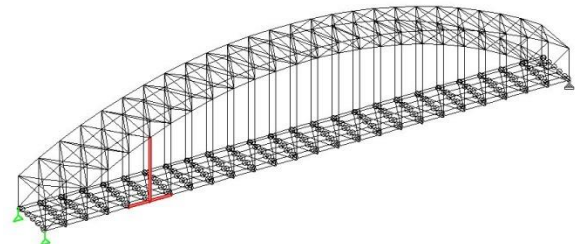
Gambar 14. Gelagar melintang dan gelagar memanjang pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6



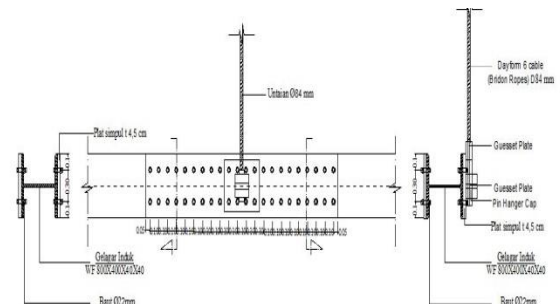
Gambar 15. Detail Sambungan gelagar melintang dan gelagar Induk

Sambungan Kabel pada Gelagar Induk

Sambungan Kabel Pada Gelagar Induk terletak pada beam 32 33 gelagar induk dan beam 448 pada kabel. Dengan Diameter Kabel 84 mm Dyform 6 cable (Bridon Ropes). Jarak antar baut ke tepi plat 5 cm dan jarak antar baut 10 cm diameter baut 22 mm. Tebal plat simpul 4,5 cm.



Gambar 16. Sambungan Kabel dan Gelagar induk pada pemodelan Program Staad Pro V8i S6

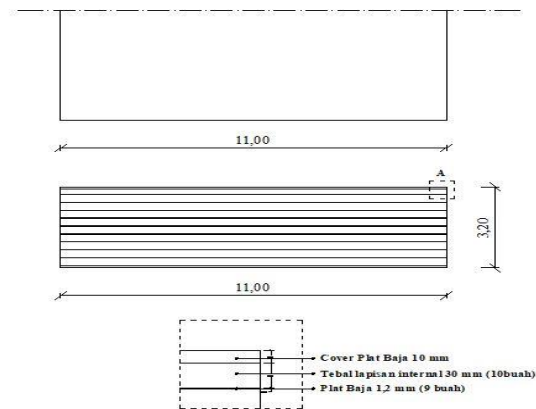


Gambar 17. Detail sambungan Kabel dan gelagar induk

PERENCANAAN PERLETAKAN

Perletakan Elastomer

Lebar Penampang baja 500 mm, Hardness 55 shore A, direncanakan lebar 1100 mm panjang 1100 mm, tebal lapisan hri 30 mm tebal lapisan penutup 10 mm dan jumlah lapisan sebanyak 10 buah didapatkan ketebalan total elastomer 320 mm



Gambar 18. Detail bantalan Elastomer

5. PENUTUP

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 : D16 – 200 mm
 - Dipakai tulangan bagi : D13 – 250 mm
2. Pada perencanaan gelagar memanjang :
 - Dipakai profil : WF 350 x 350 x 14 x 22
3. Pada perencanaan gelagar melintang :
 - Dipakai profil : WF 700 x 300 x 14 x 32
4. Pada perencanaan gelagar induk :
 - Dipakai profil : WF 800 x 400 x 40 x 40
 - Dipakai profil : WF 800 x 400 x 12 x 20
5. Pada perencanaan ikatan angin jembatan :
 - Dipakai profil : Dobel L250x250x35

6. Pada dimensi kabel :
 - Dipakai diameter kabel : Penampang kabel penggantung dyform 6 D28 mm
7. Pada perencanaan sambungan :
 - Dipakai diameter baut : $\Phi 22$
 - Dicapai tebal plat simpul : 2,5 cm
8. Pada perhitungan perletakan jembatan :
 - Panjang : 110 cm
 - Lebar : 110 cm
 - Tinggi : 32 cm

SARAN

1. Lebih dipelajari dipembebanan karena pembebanan sangat penting dalam perencanaan sebuah jembatan.
2. Menggunakan Program bantu Staad pro berlisensi.

DAFTAR PUSTAKA

- 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, 2005, *Perencanaan struktur baja untuk jembatan RSNI-T-03-2005*