

PERENCANAAN JEMBATAN RANGKA PANDHAWA TIPE ARCH

Selo Adiyana Sunu¹, Effy Hidayaty², Bambang Tri Guno²

¹Mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Sipil, STT Sapta Taruna,
seloadiyansunuterus@gmail.com

²Dosen Tetap Program Studi S-1 Teknik Sipil STT Sapta Taruna

ABSTRACT

Bridges are important infrastructure in the transportation system, namely as a medium for crossing rivers, as well as connecting cliffs. This bridge is an arch bridge with cables. The arch bridge is suitable for the Pandhawa bridge because it has a fairly long span. Through the preparation of this thesis, the author tries to plan an alternative building on an existing bridge with an arch type. Initial planning data includes the length of the existing bridge 100 m wide 9 m. The planning method used is LRFD (Load Resistance Factor Design) and uses the SAP2000 program. In this plan the author plans floor slabs, longitudinal girders, transverse girders, main girders, wind ties, cables, connections and elastomers. From the results of the analysis, the structure of the bridge superstructure for the floor slab uses the main reinforcement D16-150 and the reinforcement for D13-200, the longitudinal steel profile girder WF 350 x 350 x 14 x 22, the transverse girder steel profile WF 700 x 400 x 14 x 32, WF 800 x 400 x 40 x 40 profile steel main girder, double L profile steel wind ties 250 x 250 x 35, for dyform 6 hanging cable dimensions, for laying using elastomer length 110 cm, width 110 cm, height 32 cm.

Keywords: *Design, Bridge, Truss, Arch, SAP2000*

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu fasilitas fundamental bagi kegiatan manusia untuk sampai pada tempat yang dituju dengan jarak lebih cepat, seperti halnya antara dua daerah yang terpisah sungai, lembah, perbukitan, danau, rawa maupun oleh adanya jalan raya.

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 ditingkatkan menjadi kelas I, yang secara otomatis juga akan meningkatkan beban lalu lintas yang harus dipikulnya. Untuk itu perlu direncanakan alternatif struktur atas jembatan dengan desain ekonomis, tapi tanpa mengurangi fungsi dan nilai artistiknyanya. Salah satu solusinya adalah menggunakan rangka baja dengan tipe pelengkung Jembatan Rangka Baja dipilih dengan dengan tipe pelengkung pada jembatan ini karena untuk bentang 80-500 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Pelengkung Baja. Adapun pemilihan bentuk pelengkung itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan, sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar paralel. Selain itu dari segi arsitektural, jembatan pelengkung memiliki nilai lebih dan dapat memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan jenis ini di Indonesia.

Jembatan Pandhawa berlokasi di Desa Perancak Kab. Jembrana, Bali. Pada perencanaannya, jembatan ini terdiri dari satu bentang rangka baja dengan bentang 100 meter dan direncanakan ulang struktur atasnya Dengan adanya desain baru konstruksi Jembatan Pandhawa diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat dan stabil secara struktural, baik terhadap beban gempa dan beban dinamis jembatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

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. Pada 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 :

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

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

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (1)$$

dimana :

- \sum : penjumlahan
 i : menunjukkan berbagai kondisi yang ditinjau
 γ_i : faktor beban terkait beban Q_i yang ditinjau

- Qi : pengaruh beban nominal
- γ_i Qi : kuat perlu, dari kondisi batas yang paling ekstrim
- ϕ : faktor tahanan sesuai jenis struktur yang ditinjau
- Rn : kuat nominal, kekuatan elemen yang dihasilkan
- ϕRn : kuat rencana, kekuatan struktur yang direncanakan

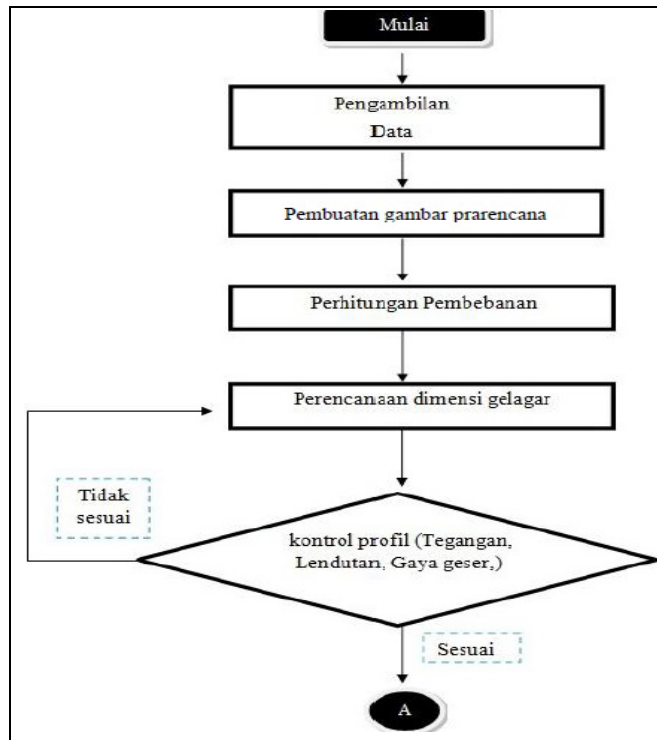
Mengacu pada AISC 2010 atau adopsi penuh versi Indonesia RSNI 103-1729.1-201X, terdapat dua ketentuan perencanaan struktur baja yang dapat dipilih yaitu LRFD (Load and Resistance Factor Design) dan ASD (*Allowable Strength Design*). Ketentuan LRFD dianggap memenuhi syarat apabila kuat perlu, R_u lebih kecil dari kuat rencana, ϕR_n dengan ϕ adalah faktor tahanan yang nilainya bervariasi tergantung perilaku aksi komponen yang ditinjau, sehingga konsep dasar ketentuan LRFD adalah $R_u \leq \phi R_n$. 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	EWS	EWL	BF	EUN	TG	ES	Gunakan salahsatu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_F	1,80	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_F	1,40	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_F	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_F	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_F	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_F	γ_{TC}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_F	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Diagram alir perencanaan jembatan pelengkung baja diuraikan pada gambar 1, dimana dimulai dari pengambilan data lalu lintas, pembuatan gambar pra rencana, perhitungan beban dan pendimesian serta terakhir pengecekan tegangan yang terjadi, seperti berikut :

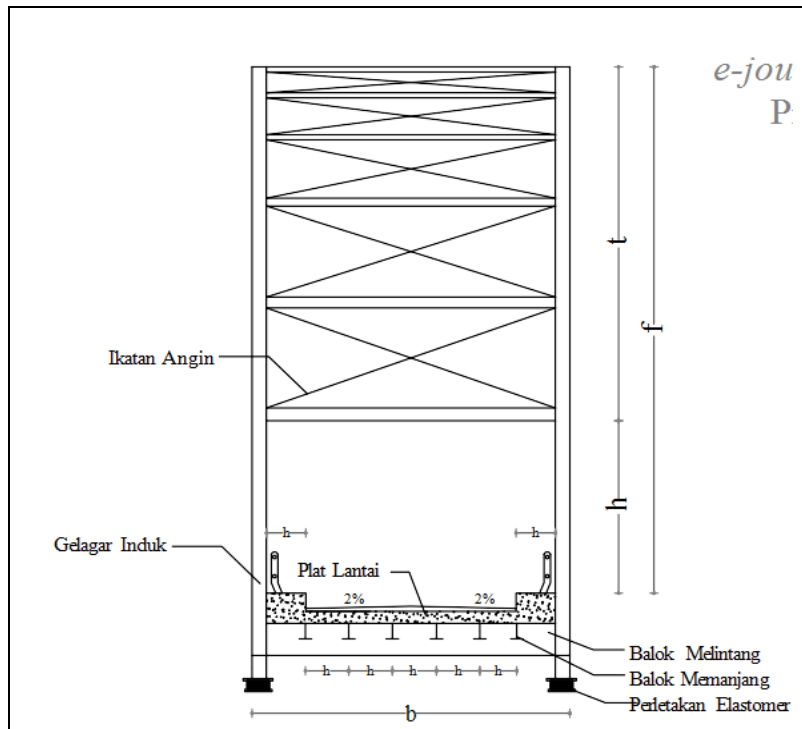


Gambar 1 : Diagram Alir Perencanaan

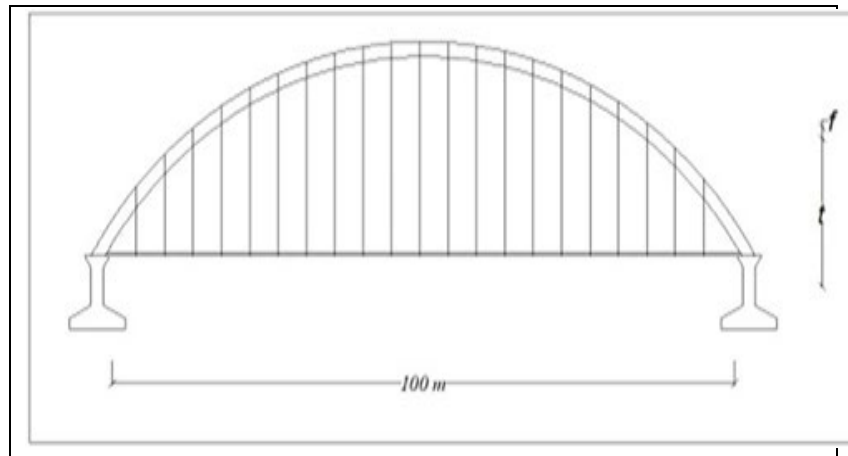
Kriteria Desain Jembatan :

- a. Kelas Jembatan : I (satu)
- b. Panjang Jembatan : 100 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 : 4 meter
- g. Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,75 meter

- h. Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
- i. F_y Tulangan Ulir : 490 MPa
- j. Mutu Baja : BJ 55
- k. Tegangan Leleh Baja : 5500 kg/cm³
- l. Tegangan dasar : 4100 kg/cm²
- m. Mutu Baut : ASTM A490



Gambar 2 : Potongan Melintang Jembatan

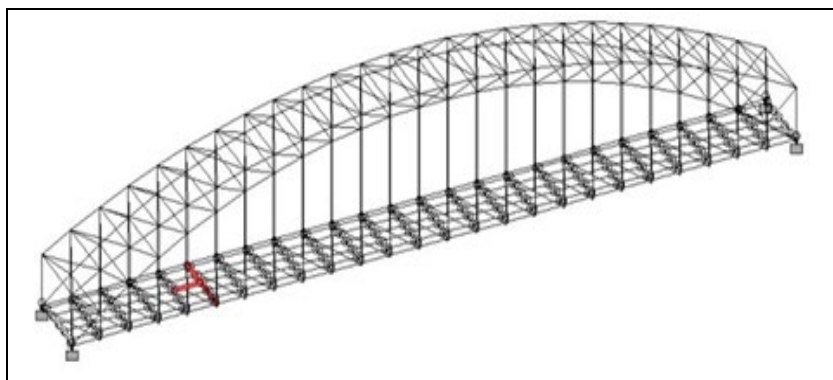


Gambar 3 : Preliminary Design Jembatan

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan

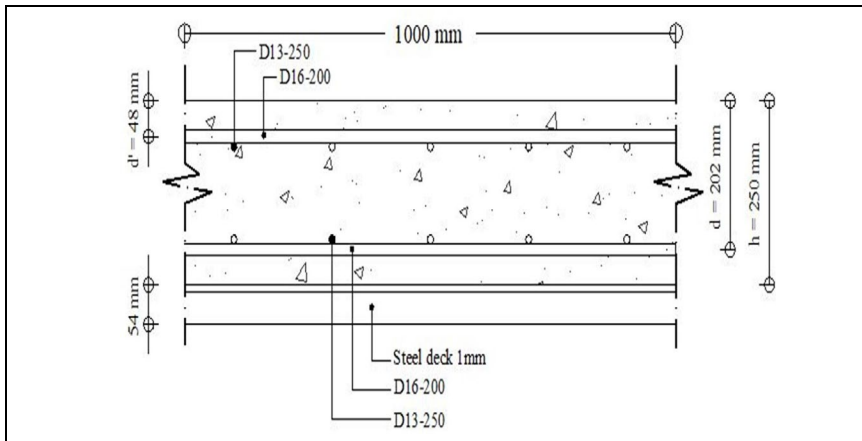
Pemodelan dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000. Pada Pemodelan ini digunakan data geometri sesuai dengan data yang direncanakan, sedangkan data untuk materialnya digunakan data standar jembatan rangka baja tipe pelengkung menggunakan metode LRFD.



Gambar 4 : Model Jembatan

4.2 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

Pada perhitungan plat lantai kendaraan didapatkan tulangan rangkap D16-150 mm (untuk tulangan tarik) D16-150 (untuk tulangan tekan) dan D 13-200 mm untuk tulangan bagi.



Gambar 5 : Penulangan Plat Lantai Kendaraan

4.3 Perencanaan Gelagar Memanjang

Tabel 2. Hasil Pembebanan Gelagar Memanjang :

Beban mati			
Akibat berat lantai trotoar	qtr	=	3211,487 Kg/m
Akibat berat lantai kendaraan	qdl	=	1231,054 Kg/m
Akibat Profil Gelagar Memanjang	P1	=	679,604 Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tepi	P2	=	18351,551 Kg
Beban akibat RA gelagar memanjang Tengah	P3	=	16773,427 Kg
Beban Hidup "D"			
Beban terbagi rata (BTR)	qltr	=	1472,857 Kg/m
Beban garis (BGT)	Pgl	=	12440,590 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.

4.4 Perencanaan Gelagar Melintang

Hasil perhitungan beban pada gelagar melintang sebagai berikut:

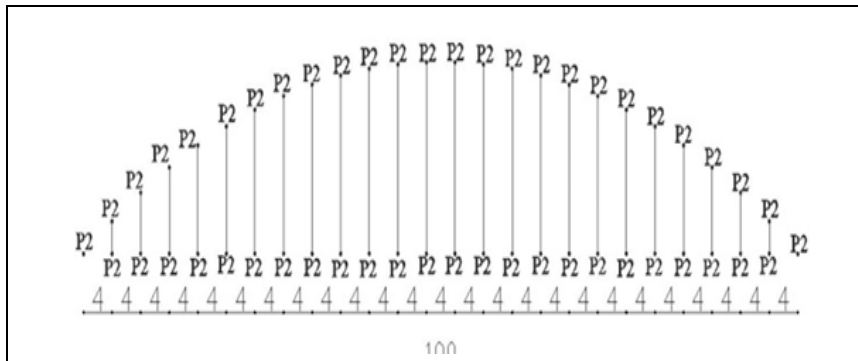
Tabel 3. Hasil pembebanan gelagar melintang :

Beban mati				
Gelagar tepi	qdtr	=	2687,538	kg/m
Gelagar tengah	qdlr	=	2714,1098	kg/m
beban hidup (BTR)				
Gelagar tepi	qltr	=	973,487	kg/m
Gelagar tengah	qlrt	=	1026,975	kg/m
beban hidup (BTR)				
Gelagar tepi	Pgtr	=	21272	kg/m
Gelagar tengah	Pglt	=	21783,626	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.

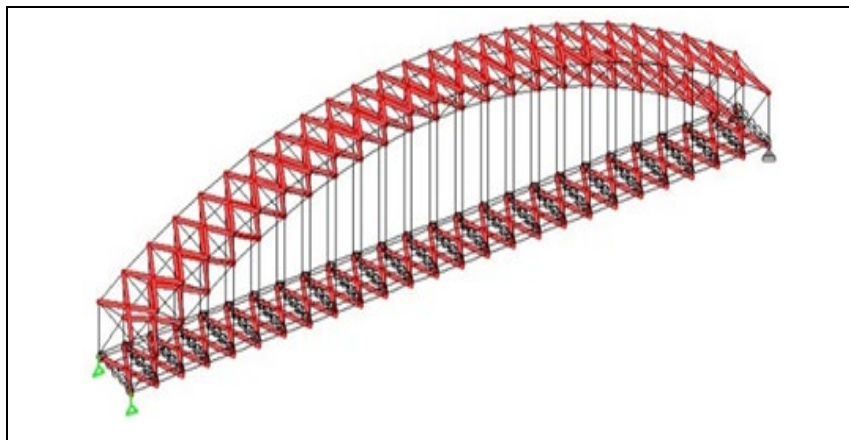
4.5 Perencanaan Gelagar Induk

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 7 : Skema Pembebanan Angin pada Kabel

Beban angin yang bekerja pada Kabel sebesar 303 kg bekerja menerus sepanjang kabel dengan diameter kabel sebesar 84 mm. Beban Gempa didapatkan sebesar 293102 kg/m. Pendimensian 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 8 : Ikatan Angin Jembatan

4.6 Perencanaan Sambungan

Sambungan Gelagar Melintang dan Memanjang

Sambungan terletak pada balok memanjang 233 dan pada balok melintang 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

Sambungan Gelagar Induk ke Melintang

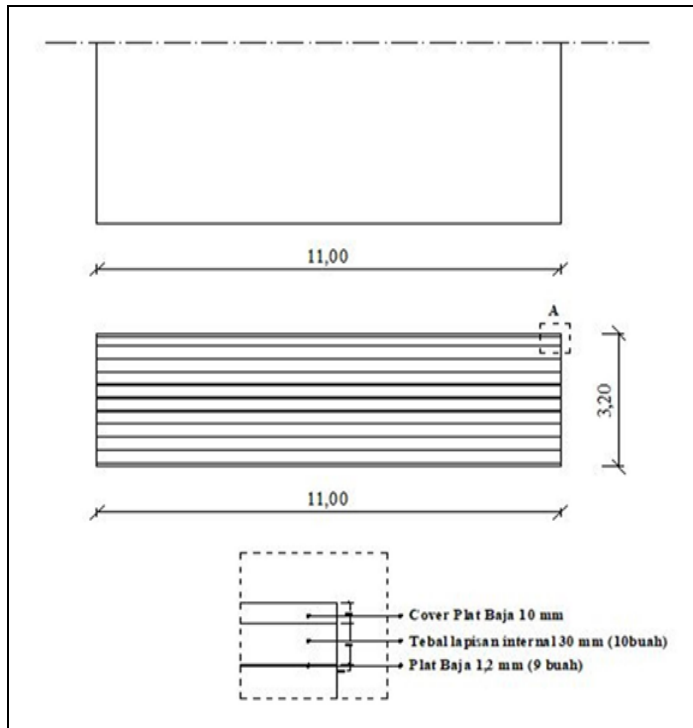
Sambungan gelagar induk kegelagar melintang terletak pada beam 73 untuk gelagar melintang dan untuk gelagar induk pada beam 32 33, didapatkan jumlah baut 6 buah, jarak baut ke tepi plat 4 cm dan jarak antar baut 8 cm, diameter baut 22 mm, tebal plat simpul 4,5 cm.

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.

4.7 Perencanaan Perletakan

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 9 : Detail Bantalan Elastomer

5. KESIMPULAN

Proses perencanaan ulang Jembatan dengan bantuan program SAP2000 menjadi lebih mudah dan cepat. Karena kemudahan serta lebih singkatnya waktu yang diperlukan maka perencanaan dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

Pada perencanaan plat lantai kendaraan dan trotoar diperoleh tebal plat lantai kendaraan 250 mm, tebal plat lantai trotoar 550 mm, tulangan pokok D16 – 150 mm, tulangan bagi D13 – 200 mm

Pada perencanaan gelagar memanjang dipakai profil WF 350 x 350 x 14 x 22, dan perencanaan gelagar melintang dipakai profil WF 700 x 300 x 14 x 32 dan perencanaan gelagar induk dipakai profil WF 800 x 400 x 40 x 40 dan profil WF 800 x 400 x 12 x 20.

Pada perencanaan ikatan angin jembatan dipakai profil Double L250x250x35

Pada dimensi kabel dipakai diameter kabel penggantung dyform 6 D-28 mm, Pada perencanaan sambungan dipakai diameter baut $\Phi 22$, tebal plat simpul 2,5 cm. Pada perhitungan perletakan jembatan, diperoleh panjang 110 cm, lebar 110 cm, tinggi 32 cm

6. SARAN

Sebelum melakukan sebuah perencanaan harus dibekali dengan pemahaman yang baik mengenai seluruh materi dan ilmu yang berkaitan tentang perencanaan tersebut.

Diharapkan akan ada banyak perencanaan ulang seperti ini lagi, supaya semakin banyak pula alternatif desain bagi pemerintah untuk pembangunan jembatan baru. dan pemerintah dapat membandingkan desain manakah yang paling efektif, efisien, dan layak untuk direalisasikan menjadi Jembatan Pandhawa yang baru di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Gimsing, Niels J. 2012. *Cable Supported Bridges, Concept and Design*.

Irvine, Max. 1992. *Cable Structures*. Dover Publications New York.

Reynold, Monang S. dan Vaza, Herry. 2006. *Optimalisasi Desain Kabel Jembatan Cable-Stayed*

RSNI T-02- 2005, *Pembebanan Beban Angin pada Jembatan*

RSNI-T-12-2004, *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*

SNI-0076:2008, *Tali Kawat Baja*

SNI-1725:2016, *Standar Pembebanan untuk Jembatan*

SNI-2833:2016, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*

Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga No. 05/SE/Db/2017, *Kriteria Desain Jembatan*

Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 08/SE/M/2015, *Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel*.

Suryadi, Bambang dan Muntohar, Agus Setyo. 2007. *Jembatan*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Beta Offset.