

PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN LENGKUNG RANGKA BAJA KRUENG SAKUI KECAMATAN SUNGAI MAS KABUPATEN ACEH BARAT

Aulia Azra¹, Faisal Rizal², Syukri³

- 1) Mahasiswa, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: aulia.azra@ymail.com
- 2) Dosen, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: keumire@yahoo.com
- 3) Dosen, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: sukriskr@yahoo.com

ABSTRAK

Jembatan merupakan satu struktur yang melintaskan alur jalan melewati rintangan yang ada tanpa menutupnya. Jembatan dapat digunakan untuk melintasi sungai, jalan, atau bahkan untuk menghubungkan antar pulau. Jembatan ini merupakan penghubung antar Desa Gampong Tanoh Mirah dengan Desa Gampong Gleng. Tujuan penulisan ini adalah untuk menghitung dan merencanakan jembatan rangka busur dengan desain lantai kendaraan berada di bawah. Perencanaan ini mengikuti peraturan RSNI T-02-2005 dan RSNI T 03-2005. Jembatan didesain dengan bentang 60 meter dan lebar 9,4 m (termasuk trotoar 1 m pada kedua sisin). Tahap awal perencanaan adalah perhitungan sandaran, trotoar dan lantai kendaraan. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan gelegar memanjang dan melintang sekaligus perhitungan *shearconnector*. Memasuki tahap konstruksi pemikul utama dilakukan perhitungan beban yang bekerja, kemudian dianalisa dengan menggunakan program SAP 2000 versi 14. Dari perhitungan didapatkan gelegar memanjang menggunakan profil H 450x200x9x14, gelegar melintang H 700x300x13x24, ikatan angin busur atas batang vertikal direncanakan dengan profil H 200x200x8x12 dan batang diagonal L 175x175x15, ikatan angin busur tengah batang vertikal direncanakan dengan profil L 200x200x20 dan batang diagonal L 175x175x15, ikatan angin bawah batang vertikal direncanakan dengan profil H 250x200x10x16 dan batang diagonal L200x200x20. Untuk gelegar utama busur atas dan bawah menggunakan profil H 400x400x400x13x21 dan untuk batang vertikal, penggantung, dan diagonal direncanakan menggunakan profil H 400x200x8x13.

Kata kunci: jembatan, *through-arch*, rangka baja, SAP

I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir ini hasil perkebunan yang terdapat di daerah Gp. Gleng, Kec. Sungai Mas, Kab. Aceh Barat semakin meningkat. Hal ini menyebabkan banyak kendaraan yang melewati daerah tersebut untuk mengangkut hasil perkebunannya. Sehingga diperlukan akses jalan yang baik agar hasil perkebunan dapat diangkut dengan mudah dan cepat. Melihat kebutuhan untuk akses yang lebih mudah maka diperlukan pembangunan jembatan didaerah tersebut. Jembatan lengkung rangka baja yang akan dibangun untuk melewati KruengSakui berlokasi di Gp. Tanoh Mirah Kecamatan Sungai Mas, Kabupaten Aceh Barat. Jembatan rangka baja ini direncanakan dengan bentuk jembatan lengkung (*arch bridge*).

Dalam hal ini penulis ingin mengaplikasikan kreativitas dan inovasi baru berhubung belum ada jembatan yang berbentuk jembatan lengkung (*arch bridge*) rangka baja di Kabupaten Aceh Barat. Panjang bentang jembatan ini direncanakan 60 m dengan lebar lantai kendaraan 7 m dan lebar trotoar 2x1 m. Rumusan masalah yang timbul pada perencanaan jembatan ini adalah tinggi busur yang direncanakan untuk jembatan tersebut dan ukuran profil yang aman digunakan untuk jembatan tersebut.

II. METODOLOGI

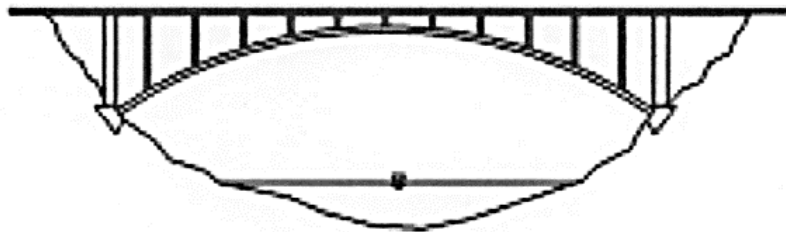
A. Bagian-Bagian Dari Jembatan Rangka Baja Lengkung

1. Deck Girder

Menurut Faizal (2009;2) Deckgirder atau lantai kendaraan jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas. Bagian ini menerima langsung beban lalu lintas dan melindungi terhadap keausan. Untuk konstruksi jembatan biasanya *deck* menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja. Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk yang umum dipakai, yaitu:

a. Deck Arch

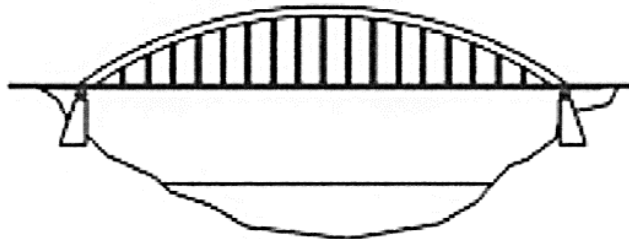
Jenis ini merupakan salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada pada bagian paling atas busur. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Jembatan rangka baja pelengkung bentuk *deck arch*

b. Through Arch

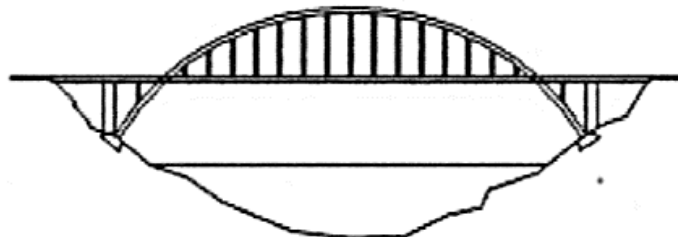
Jenis ini merupakan salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di *springline* busurnya. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Jembatan rangka baja pelengkung bentuk *through arch*

c. A Half-Through Arch

Jenis ini merupakan salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantai kendaraannya berada diantara *springline* dan bagian busur jembatan atau berada ditengah – tengah. Sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Jembatan rangka baja pelengkung bentuk *a half-through arch*

2. Batang Lengkung

Hilmy dan Djoko (2013;2) dalam jurnalnya menyatakan “Batang busur merupakan bagian struktur yang penting sekali karena seluruh beban di sepanjang jembatan dipikul olehnya. Dan bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal/tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Dengan kelebihan utama dari jembatan rangka baja lengkung yaitu adanya gaya tekan yang mendominasi gaya pada jembatan rangka baja lengkung dan dengan adanya teknologi beton, baja, maupun komposit yang semakin maju, pada penggunaan material tersebut dapat mengurangi bobot jembatan dan meningkatkan panjang lantai jembatan. Selain harus memiliki kekuatan yang cukup, rangka batang juga harus memiliki tinggi lengkung yang cukup dan ideal. Sehingga kekuatan rangka baja lengkung dan optimum. Tinggi lengkung busur tergantung pada panjang bentang jembatan. Perbandingan tinggi muka tampang busur dengan panjang bentang jembatan adalah berkisar 1:11,5 s/d 1:4,6. Untuk tinggi tampang busur jembatan rangka batang adalah sekitar $\frac{1}{40}$ hingga $\frac{1}{25}$.

Lebar jembatan rangka batang agar busur kaku, maka harus direncanakan memiliki perbandingan lebar dan panjang lebih kurang sama dengan 1:20”.

Untuk syarat tinggi busur :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk syarat tinggi tampang busur :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan ketentuan:

f = tinggi lengkung

t = tinggi tampang busur

L = panjang busur/jembatan

B. Pembebanan Pada Jembatan

1. Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.
2. Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat lalu lintas yang bekerja pada jembatan. Beban hidup untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”.
 - a. Beban lajur “D”

Menurut RSNI T 02 2005 beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iringan kendaraan yang sebenarnya. Lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2.75 m. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri
 - b. Pembebanan Truk “T”

Berdasarkan RSNI T 02 2005 pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing – masing as

disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

3. Beban sekunder adalah muatan sederhana pada jembatan yang dipergunakan untuk perhitungan tegangan jembatan. Umumnya beban ini mengakibatkan tegangan yang relatif lebih kecil dari tegangan primer.

- a. Gaya rem

Menurut RSNI T 02 2005, gaya-gaya yang bekerja di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D dan dianggap pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan faktor beban dinamis dalam satu jurusan. Gaya rem dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1.8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Bila panjang bentang melebihi 30 m, gunakan $q = 9$ kPa. Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.

- b. Beban angin

Menurut RSNI T-02-2005, Pengaruh beban angin rencana TEW, dihitung dengan persamaan:

$$TEW = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \text{ [kN]} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

V_w = Kecepatan angin rencana (m/dtk)

C_w = Koefisien seret

A_b = Luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

4. Beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan. Beban yang termasuk dalam beban khusus adalah Beban gempa. Beban rencana gempa minimum diperoleh dengan persamaan berikut:

$$T'EQ = K_h \cdot I \cdot W_t \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

$$K_h = C \times S$$

Keterangan:

$T'EQ$ = gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h = koefisien beban gempa horisontal

C = koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai

I = faktor kepentingan

S = faktor tipe bangunan

WT = berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

Waktu dasar getaran untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana:

$$T = 2. \pi \sqrt{\frac{wtp}{g \cdot kp}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

T = waktu getar (detik)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

W_{tp} = berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat pilar (kN)

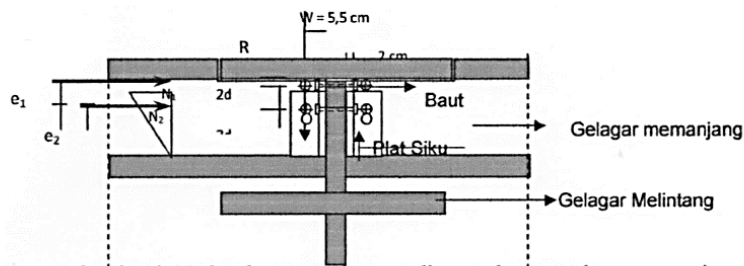
K_p = kekakuan gabungan sebagai gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar (kN/m)

C. Perencanaan Sambungan Pada Jembatan

Menurut Setiawan (2008), besarnya tekanan baut didasarkan pada perhitungan tampang satu dan tampang dua. Pada perhitungan gelagar cenderung menggunakan perhitungan tampang satu yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Sambungan gelagar melintang dengan gelagar memanjang

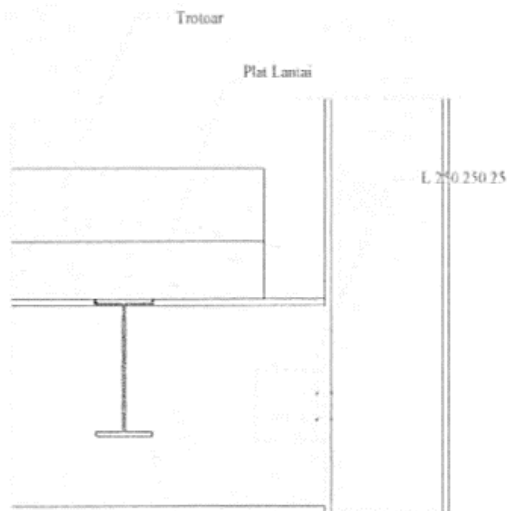
Sambungan gelagar memanjang dengan gelagar melintang diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Sambungan gelagar melintang dengan gelagar memanjang

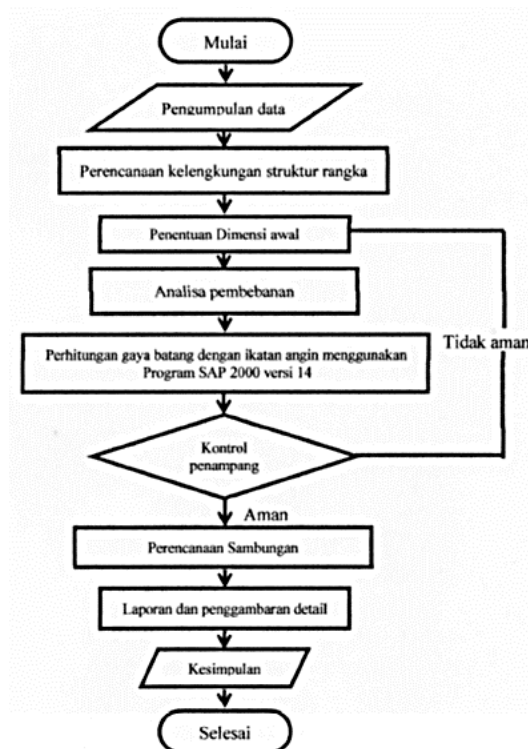
2. Sambungan gelagar utama dengan gelagar melintang

Sambungan gelagar utama dengan gelagar melintang diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Sambungan gelagar melintang dengan gelagar utama

Urutan serta tahapan perencanaan jembatan lengkung rangka baja Gp. Krueng Sakui Kecamatan Sungai Mas Kabupaten Aceh Barat adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram alir perencanaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perencanaan ini direncanakan dua macam gelagar, yaitu gelagar dalam arah memanjang dan gelagar dalam arah melintang. Dan jembatan ini direncanakan rangka utamanya dengan sistem rangka baja pelengkung (*arch bridge*).

Gelagar memanjang direncanakan menggunakan profil H 450x200x9x14 dengan mutu baja fu 500 MPa yang mempunyai tegangan leleh (f_y) 290 MPa. Panjang bentang gelagar memanjang 5.00 meter dan jarak melintang 2 meter. Gelagar memanjang direncanakan sanggup memikul momen 21,386 tm dan gaya geser adalah 11,500 ton.

Gelagar melintang direncanakan menggunakan profil H 700x300x13x24 dengan mutu baja fu 500 MPa yang mempunyai tegangan leleh (f_y) 290 MPa. Panjang bentang gelagar melintang 9.40 meter dan jarak melintang 5 meter. Gelagar melintang direncanakan sanggup memikul momen sebesar 139,034 ton.m. dan gaya geser adalah 61,659 ton.

Dalam perencanaan ikatan angin, maka ikatan angin yang direncanakan adalah ikatan angin busur atas, busur tengah dan batang bawah.

Tabel 1. Hasil rangka batang ikatan angin atas setelah di analisis menggunakan SAP 2000

Nomor	Posisi	Gaya Batang (ton)	
		Tarik (+)	Tekan (-)
Batang 25	BVTar	1,471	
24	BVTek		5,040
49	BDTar	3,451	
37	BDTck		3,455

Gaya yang bekerja pada ikatan angin atas pada titik buhul tengah sebesar (P) 0,43 t dan gaya yang bekerja pada titik buhul tepi (P/2) adalah sebesar 0,21 t. Jumlah batang yang digunakan adalah 13 batang dengan panjang 9,4 meter sebagai batang vertikal digunakan profil H 200.200.8.12, dan 24 batang diagonal dengan panjang 6,86 m digunakan profil L 175.175.15. untuk gaya batang yang bekerja pada ikatan angin atas sesuai Tabel 1.

Gaya yang bekerja pada ikatan angin busur tengah pada titik buhul tengah sebesar (P) 0,64 t dan gaya yang bekerja pada titik buhul tepi (P/2) adalah sebesar 0,32 t. Jumlah batang yang digunakan adalah 9 batang dengan panjang 9,4 meter sebagai batang vertikal digunakan profil L 200.200.20, dan 16 batang diagonal dengan panjang 9,68 m digunakan profil L 175.175.15. untuk gaya batang yang bekerja pada ikatan angin atas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Rangka batang ikatan angin busur tengah menggunakan SAP 2000

Nomor	Posisi	Gaya Batang	
		Tarik (+)	Tekan (-)
27	BV	0,480	
26	BV		2,560
51	BD	1,674	
39	BD		1,675

Gaya yang bekerja pada ikatan angin bawah pada titik buhul tengah sebesar (P) 1,98 t dan gaya yang bekerja pada titik buhul tepi (P/2) adalah sebesar 0,99 t. Jumlah batang yang digunakan adalah 13 batang dengan panjang 9,4 meter sebagai batang vertikal digunakan profil H 250.200.10,16 dan 24 batang diagonal dengan panjang 6,86 m digunakan profil L 200.200.20. untuk gaya batang yang bekerja pada ikatan angin atas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rangka batang ikatan angin bawah menggunakan SAP 2000

Nomor	Posisi	gaya batang	
		Tarik (+)	Tekan (-)
24	BV		11,880
25	BV	3,470	
37	BD		8,147
49	BD	8,132	

Dari hasil perhitungan pada lampiran P.6 maka didapatkan tinggi busur (f) = 10 m, tinggi tampang busur (b) = 2m, aman dengan persyaratan yang ditentukan. Lalu dihitung pembebanan yang dipikul oleh rangka utama. Setelah melakukan perhitungan pembebanan maka dilakukan penginputan beban ke rangka utama yang telah dimodelkan dan ditentukan material sebelumnya. Setelah melakukan penginputan beban menggunakan program SAP 2000 v.14 didapat hasil gaya batang yang bekerja pada rangka utama seperti pada Tabel 4.

Profil yang digunakan untuk busur atas dan busur bawah adalah profil H 400x400x13x21, sedangkan batang diagonal, vertikal dan juga penggantung direncanakan profil H 400x200x8x13, dengan panjang jembatan 60 m. Dalam perencanaan sambungan baut yang digunakan adalah diameter 25,4 mm, kuat geser perbaut tanpa ulir dengan bidang

geser satu buah adalah 157,721 kN. Sedangkan kuat tumpu pelat 553,50 kN, jadi kuat nominal satu baut yang digunakan adalah 157,721 Kn. Jarak antar baut ada;ah 80 mm dan jarak dengan tepi pelat buhul adalah 60 mm. Plat buhul yang digunakan dengan tebal 15mm.

Tabel 4. Hasil analisa rangka batang menggunakan SAP 2000

Nomor Batang	Posisi Batang	gaya batang	
		Tarik (+)	Tekan (-)
24	BV		11,880
25	BV	3,470	
37	BD		8,147
49	BD	8,132	

Pada perencanaan ikatan angin pemilihan profil sama halnya dengan merencanakan pada rangka utama, namun yang membedakan ikatan angin dan rangka utama adalah berfungsi atas dan bawah jembatan, sedangkan rangka utama merupakan pemikul utama keseluruhan beban jembatan yaitu beban mati dan beban bergerak.

Perencanaan ikatan angin tahap awal yang dilakukan yang dilakukan yaitu pemilihan profil dan pengecekan terhadap batang-batang yang bekerja, gaya batang yang terjadi adalah batang tekan dan batang tarik.

Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan. Bagian lengkung menerima gaya tekan, dan gaya tekan ini ditransfer ke abutmen dan ditahan oleh tegangan tanah dibawah lengkung. Tanpa gaya tarik yang diterima oleh lengkung memungkinkan jembatan lengkung bisa dibuat lebih panjang dari jembatan balok dan bisa menggunakan material yang tidak mampu menerima tarik dengan baik seperti beton. Beban yang bekerja pada rangka utama adalah berat sendiri trotoar, berat pejalan kaki, berat pelat lantai kendaraan, berat gelagar, berat aspal, berat rangka, beban hidup, beban gempa dan beban angin. Beban –beban yang dilimpahkan ke rangka utama direncanakan dengan program SAP 2000 versi 14. Perencanaan rangka utama tahap awal yang dilakukan yaitu pemilihan profil dan pengecekan terhadap batang-batang yang bekerja, gaya batang yang terjadi adalah batang tekan dan batang tarik. Pada rangka utama tahap perencanaannya adalah: pemodelan rangka utama dengan menentukan dimensi jembatan seperti, menentukan tinggi busur, tinggi tampang busur, jarak gelagar melintang, gelagar memanjang, dan lainnya yang berhubungan dengan perencanaan rangka utama, menghitung pembebanan yang dipikul oleh rangka utama meliputi, beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, pemodelan pada program SAP 2000 v.14 lalu menentukan material yang dipakai, menginput beban yang telah dihitung pada pont 2 lalu dilakukan pengecekan profil jika aman, maka profil dapat dipakai, jika tidak maka profil dapat diganti, lalu tahap selanjutnya ialah menghitung kembali profil yang dipakai dengan cara manual, tahap ini dilakukan untuk mengecek kembali secara manual profil yang dipakai aman atau tidak.

IV. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil perhitungan adalah kelengkungan jembatan direncanakan dengan tinggi busur (f) = 10 m, dan tinggi tampang busur (t) = 2 m, sudah sesuai dengan persyaratan yang terdapat pada rumus 2.1 pada bab II halaman 9. Untuk menentukan dimensi profil yang aman dipakai sebelumnya dicek dengan perhitungan yang terdapat pada lampiran perhitungan.

Dimensi profil gelagar melintang direncanakan profil H 450x200x9x14, dengan hasil momen nominal $M_n = 30,19$ tm lebih besar dari momen desain $M_u = 21,386$ tm dan mutu baja

yang dipakai yaitu BJ 50, dengan tegangan leleh (F_y) 290 MPa aman digunakan untuk gelagar memanjang. Dimensi profil gelagar melintang direncanakan profil H 700x300x13x24. Diperoleh hasil momen nominal $M_n = 264,465$ tm lebih besar dari momen desain $M_u = 139,0343$ tm dan mutu baja yang digunakan adalah BJ 50, dengan tegangan leleh (F_y) 290 MPa aman dipakai untuk gelagar melintang. Dimensi profil ikatan angin busur atas batang vertikal direncanakan dengan profil H 200x200x8x12 dan batang diagonal L 175 x 175 x 15. Untuk profil ikatan angin busur tengah batang vertikal direncanakan dengan profil L 200x200x20. Untuk profil ikatan angin batang bawah vertikal direncanakan dengan profil H 250x200x10x16 dan batang diagonal L200 x 200 x 20 aman digunakan untuk masing-masing ikatan angin.

Perhitungan gelagar utama direncanakan busur atas dan bawah menggunakan profil H 400x400x13x21 dan untuk batang vertikal, penggantung, dan diagonal direncanakan menggunakan profil H 400 x 200 x 8 x 13 aman digunakan setelah dicek menggunakan program SAP 2000 v.14 dan juga pengecekan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto.2005.Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja, Jakarta : Universitas Indonesia – Press
- Badan Litbang Pekerjaan Umum Departemen Pekerjaan Umum. 2005. RSNI T – 02 – 2005. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional, RSNI\$ Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembata. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional, RSNI T – 03 – 2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Dhaneswara Arista. 2015. Perancangan Struktur Jembatan Sistem Rangka Baja Pelengkung (*Arch Bridge*) pada Jembatan Musi VI Palembang – Sumatra Selatan. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Fikri Havis. Perencanaan Jembatan Gedang Ruas Jl.Punggul – Jl. Munjungan Kabupaten Trenggalek dengan Bangunan atas Rangka Batang Berbentuk Busur. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Gugo Hilmy, Irawan Djoko. 2013. Desain Jembatan Baru Pengganti Jembatan Kutai Kartanegara Dengan Sistem Busur. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- L. Schodek Daniel. 1999. Struktur. Jakarta : Erlangga
- Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI – 1.3.28.1987. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Setiawan Agus. 2008 Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI. 03 – 1729 – 2002). Jakarta : Erlangga
- Setyawan oky Faizal. 2009. Perencanaan Jembatan Malangsari Menggunakan Struktur Jembatan Busur Rangka Tipe Through – Arch. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Supriyadi, Munthohar. 2000 Jembatan. Yogyakarta : Beta Offset.
- Wahana. 2003. Analisis dan Perhitungan Struktur dengan SAP 2000. Jakarta : Salemba infotek