

DESAIN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MENGGUNAKAN SISTEM JEMBATAN PELENGKUNG BAJA TIPE TIED ARCH BRIDGE

Agussalim Arrad Ban¹, Suharyatma²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: ar.argon@yahoo.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 865110201@Staf.uui.ac.id

Abstract : *In general, the Arch Bridge is a bridge that has a semi-circular structure that rests on the abutments on both sides of the bridge. The working principle of the arch bridge, the vertical load that works is transferred into a horizontal reaction to the curved structure. In the preparation of this thesis, Kali Elo Magelang Bridge is designed using a type of steel arch bridge with a long span of 80 meters. The arch structure of this bridge is chosen because it is more effective for bridges with a span of 60-500 meters. Bridge loading uses SNI 1725-2016 and for steel structure planning RSNI-T-03-2005 is used. Analysis of bridge structures using SAP 2000 v.20 and Ms. Excel 2016. The depiction of the results of planning using the 2017 AutoCAD program. From the results of the analysis and design that has been done, it was concluded that the profile and dimensions of the components used for the structure of the steel arch bridge are elongated girder using WF 300.200.9.14. The transverse girder uses WF 900.300.18.34. Beam Tie Beam uses steel box 1200,600.40.40. Curved Beams using steel Bosk 1300,600.40.40. The Stiffener Beam uses WF 350,350.12.19. Vehicle floor plates in bridge design use reinforced concrete slabs with 200 mm thick reinforced concrete slabs. Reinforcement Installed transverse direction D16-100 and displaying direction D13-100. Vehicle floor hangers use products from the Macalloy 520 Bar System with the M76 type with a diameter of 072 mm. Minimum breaking load = 2520 kN > Nu = 1407.06 EN. The type of connection uses the type of fulcrum and the quality of the connecting plate BJ 37.*

Keywords: *Steel Curved Bridge, SNI 1725-2016, SAP 2000, Box Profile*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di kawasan Asia Tenggara. Pembangunan di bidang infrastruktur menjadi fokus pemerintah dalam meningkatkan segala aspek kesejahteraan

Jembatan merupakan bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung antara dua bagian ruas jalan yang dipisahkan oleh suatu rintangan, berupa sungai ataupun rintangan lain dengan elevasi tidak sebidang. Pembangunan jembatan harus sesuai dengan standar yang berlaku, mulai dari perancangan, pelaksanaan, hingga perawatan.

Jembatan Kali Elo Magelang saat ini sudah terbangun jembatan yang menggunakan struktur gelagar lurus beton prategang di atas Kali Elo. Pada bentang tengah jembatan

tersebut terdapat satu pilar sebagai penopangnya yang terletak di tengah sungai. Penempatan pilar di tengah-tengah bentang sungai sangat beresiko jika terjadi gerusan di pondasi, terutama jika debit aliran sungai tiba-tiba naik saat musim hujan.

Jembatan tipe lengkung mempunyai kelebihan dari segi estetika yang lebih indah dan dapat menjadi icon atau landmark Kabupaten Magelang. Kelebihan dari jembatan tipe pelengkung adalah tidak menggunakan pilar tengah sehingga mengurangi kemungkinan tergerusnya bagian pilar oleh aliran air sungai dan dapat diterapkan pada bentang yang panjang.

Jembatan Kali Elo Magelang menghubungkan ruas Jalan Banar dan Rambeanak, Kabupaten Magelang. Lokasi perencanaan jembatan terletak di Kali Elo yang melintasi Kabupaten

Magelang, dimana lebar sungai di lokasi perencanaan mencapai ± 70 meter dan sungai tersebut bukan merupakan jalur aliran lahar dingin Gunung Merapi. Bentang Jembatan Kali Elo 80 m dan lebar 9 m dengan lebar lalu lintas 7 m.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan merencanakan pembuatan Jembatan Kali Elo menggunakan sistem struktur pelengkung baja dengan tipe *tied arch bridge*. Sistem struktur pelengkung pada jembatan ini dipilih karena lebih efektif untuk jembatan dengan bentang 60-500 meter.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan Pelengkung Baja

Era jembatan baja sejalan dengan adanya Revolusi Industri. Untuk pertama kali jembatan baja dibangun mengikuti konstruksi jembatan batu. Jembatan baja yang pertama kali dibangun adalah Jembatan Coalbrookdale yang melintasi Sungai Severn, Inggris tahun 1776 yang dibangun dengan bagian yang berbeda yang berbentuk setengah lingkaran (arch).



Gambar 1 Jembatan Coolbrookdale, Inggris

(sumber: <https://en.wikipedia.org>)

Jembatan pelengkung baja adalah struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisinya yang struktur utamanya menggunakan material baja. Desain pelengkung (parabolic) akan menyalurkan beban yang di terima lantai kendaraan jembatan menuju abutmen dan pondasi yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping.

Karena bentuk struktur utamanya yang melengkung maka diperlukan lantai kerja atau pelat lantai yang membentang sebagai sarana lalu lintas dan dapat dilalui baik ditempatkan di atas, di bawah, atau di antara struktur utamanya. Untuk struktur pelengkung yang dikakukan oleh lantai kerjanya (Deck Stiffened-Arch) atau jembatan pelengkung yang struktur utamanya di atas lantai kerja, seperti pada jembatan Sydney Harbour, Australia, pelat lantai tersebut harus lebih tebal dari pelengkungnya karena lantai kerja harus dapat mengatasi dari kemungkinan melentur atau menekuk selama pelengkung menerima gaya tekan.

III. LANDASAN TEORI

3.1 Struktur Jembatan

Struktur jembatan adalah kesatuan di antara elemen-elemen konstruksi yang dirancang dari bahan-bahan konstruksi yang bertujuan serta mempunyai fungsi menerima beban-beban di atasnya baik berupa beban primer, sekunder, khusus dan lain-lain. Kemudian diteruskan atau dilimpahkan hingga ke tanah dasar. Secara umum, konstruksi jembatan dibagi menjadi struktur atas dan struktur bawah (Zainuddin dalam Dhaneswara, 2015). Jembatan pelengkung baja merupakan jembatan dengan struktur setengah lingkaran dimana pada kedua ujungnya bertumpu pada abutmen jembatan. Sistem struktur pelengkung rangka baja pada dasarnya sama seperti rangka baja biasa, perbedaannya ada pada bentuk susunan elemen baja secara global yang membentuk lengkung atau busur.

3.2 Pembebanan

Pertumbuhan jumlah kendaraan dari tahun ke tahun semakin meningkat, kondisi ini mengakibatkan standar pembebanan jembatan yang berlaku harus diperbaharui. Pada tahun 2005 hingga 2016 standar pembebanan yang digunakan masih mengacu pada RSNI-02-2005. Pembaharuan terkait standar pembebanan ini terus dilakukan mengingat volume kendaraan serta kondisi lingkungan yang mengalami perubahan tiap tahunnya, pada tahun 2016 lalu SNI 1725-2016 resmi digunakan sebagai dasar perencanaan pembebanan

jembatan. Terdapat beberapa perbedaan antara kedua peraturan tersebut, beberapa di antaranya yaitu pada kombinasi pembebanan dan faktor beban. Dalam perancangan ini digunakan kombinasi pembebanan pada Tabel 1 pada SNI 1725-2016 Pasal 6.1

3.3 Perencanaan Komponen Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan dalam penelitian ini menggunakan struktur pelengkung rangka baja tipe *tied arch bridge*, menggunakan metode *LFRD* dan dianalisis dengan bantuan program SAP 2000 V.14. Perencanaan struktur atas jembatan meliputi perencanaan *deck* jembatan, *hanger* atau elemen penggantung jembatan dan sistem struktur utama yang berupa rangka pelengkung. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan manual untuk kontrol hasil analisis dan desain program SAP 2000 V.14. Perhitungan manual mengacu pada RSNi T 03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.

3.3.1 Perencanaan Desain Awal (*Preliminary Design*)

1. Menentukan tinggi konstruksi lengkungan jembatan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (A.Hool& W.S Kinne, 1943),

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

dengan:

L = panjang jembatan, dan

f = tinggi lengkung jembatan.

2. Menentukan panjang penggantung menggunakan persamaan *parabolic* (A.Hool&W.S Kinne, 1943):

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x}{l^2} (L - x) \quad (2)$$

dengan:

Y_n = panjang kabel penggantung,

x = bentang jembatan yang ditinjau,

f = tinggi lengkungan jembatan, dan

L = bentang jembatan.

3. Menentukan panjang tiap segmen elemen struktur lengkung dengan persamaan sebagai berikut (A.Hool& W.S Kinne,1943) :

$$S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + x^2} \quad (3)$$

dengan:

S_n = panjang tiap segmen elemen busur

ΔY = beda tinggi anatar kordinat Y pada tiap segmen

4. Menentukan tinggi tampang konstruksi lengkungan jembatan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (A.Hool& W.S Kinne, 1943):

$$\frac{1}{70} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{60} \quad (4)$$

dengan:

L = Panjang jembatan, dan

t =tinggi tampang kontruksi lengkung jembatan.

IV. METODOE PERENCANAAN

4.1 Umum

Dalam penelitian ini memerlukan data-data penting di lokasi jembatan yang berpengaruh pada desain jembatan. Data tersebut berupa data topografi atau peta situasi yang berpengaruh pada panjang jembatan dan desain alinyemen jembatan.

4.2 Lokasi Jembatan

Jembatan Kali Elo menghubungkan ruas Jalan Banar dan Rambeanak, Kabupaten Magelang. Lokasi perencanaan jembatan terletak di Kali Elo yang melintasi Kabupaten Magelang dengan lebar sungai di lokasi perencanaan mencapai ± 70 meter dan sungai tersebut bukan merupakan jalur aliran lahar dingin Gunung Merapi. Lokasi perencanaan jembatan Kali Elo Magelang, dapat di lihat pada Gambar 2.



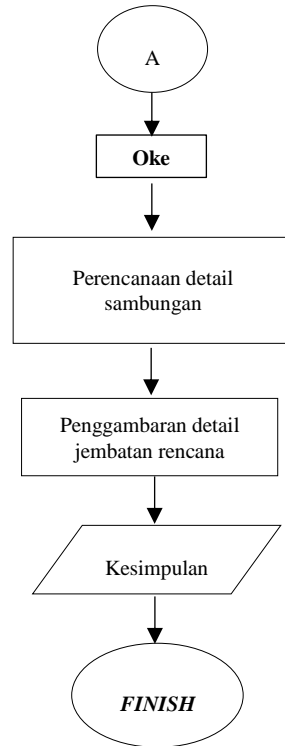
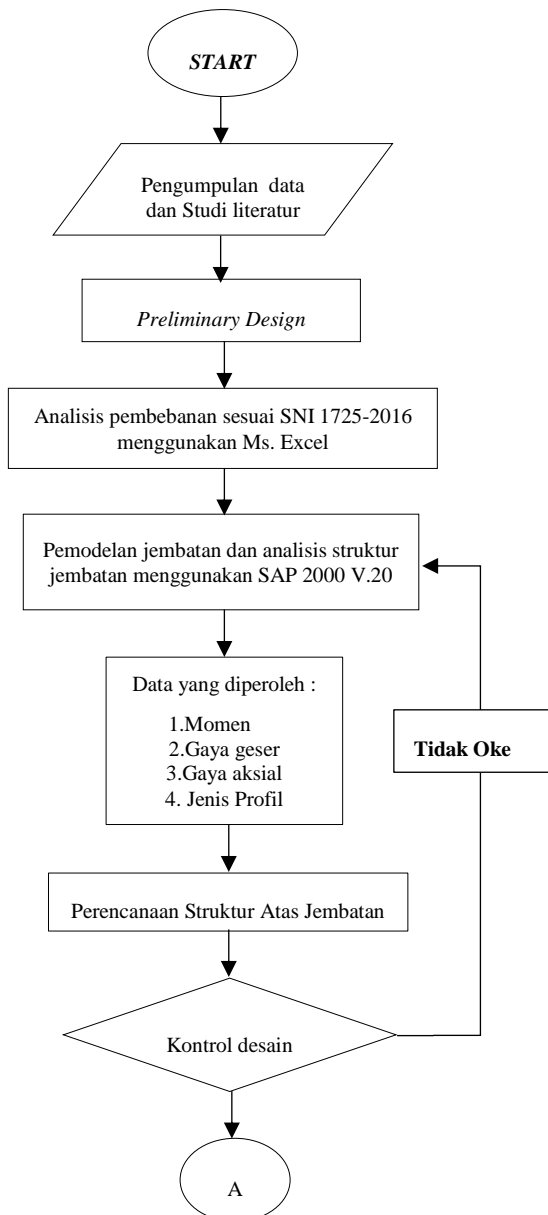
Gambar 2 Lokasi Perencanaan Jembatan Kali Elo (*sumber:maps.google.com*)

4.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan perencanaan penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur jembatan,
2. Menghitung beban yang bekerja pada jembatan sesuai dengan SNI-1725-2016,
3. Menganalisis dan mendesain struktur jembatan dengan program SAP 2000 V.20 dan program Microsoft Excel 2016,
4. Melakukan kontrol hasil analisis dan desain dari program SAP 2000 V.20 menggunakan perhitungan manual,
5. Pembahasan dan
6. Menyimpulkan hasil.

Langkah-langkah penyelesaian tugas akhir ini digambarkan dalam bentuk *flow chart* pada Gambar 3.



Gambar 3 Flowchart Penyusunan Tugas Akhir

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Desain ulang struktur atas jembatan Kali Elo dengan menggunakan konstruksi baja pelengkung tipe *tiéd arch bridge*. Analisis struktur menggunakan program Ms.Excel 2016 dan SAP 2000 v.20.

5.2 Perencanaan awal Struktur lengkung

Untuk menentukan tinggi lengkungan jembatan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Syarat : } \frac{1}{5} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{4}$$

$$f = \frac{1}{5} \times L = \frac{1}{4} \times 80 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

direncanakan $f = 20 \text{ m}$

dengan: $f =$ tinggi pelengkung jembatan

$L =$ panjang bentang jembatan

5.3 Perencanaan Awal Dimensi Struktur Utama

5.3.1 Menentukan Tinggi Tampang Struktur Utama

1. Tinggi tampang (t)

$$\text{Syarat : } \frac{1}{70} \leq \frac{h}{L} \leq \frac{1}{60}$$

$$t = \frac{1}{60} \times L = \frac{1}{60} \times 80 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$$

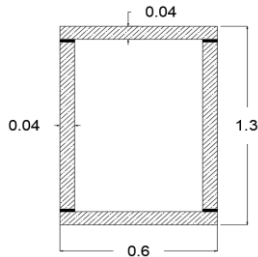
Direncanakan $t = 1.3 \text{ m}$

Direncanakan $h = 1.3$ m

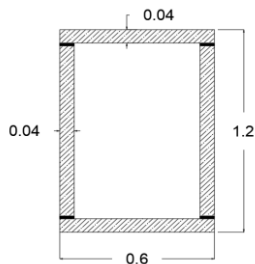
$$b = \frac{1}{2} \times h$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.3 = 0.6 \text{ m}$$

$$b = 0.6 \text{ m}$$



Gambar 4 Dimensi Boks Pelengkung

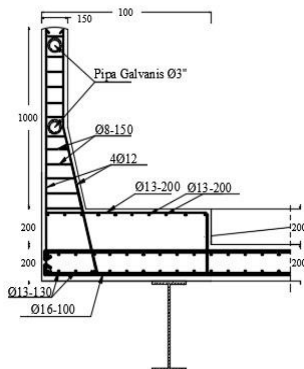


Gambar 5 Dimensi Boks Tie Beam

Diasumsikan profil Boks hasil desain sudah difabrikasi jadi tidak mengitung kebutuhan las pada penampang profil.

5.4 Perencanaan Trotoar

Trotoar merupakan lantai yang menahan beban hidup maupun beban sendiri dari pejalan kaki. Berikut merupakan hasil perhitungan tulangan perencanaan trotoar pada gambar 6.

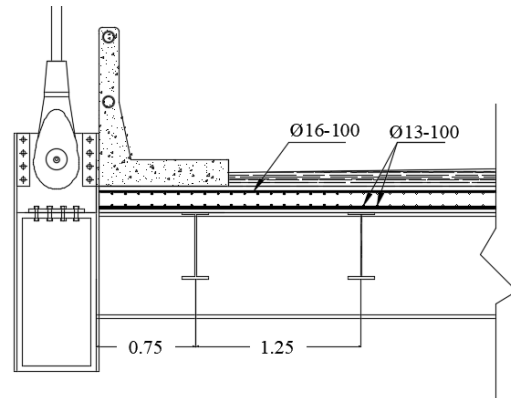


Gambar 6 Penulangan Trotoar

5.5 Perencanaan Pelat Lantai

Perhitungan lantai jembatan meliputi analisis beban lantai jembatan yang meliputi aksi

tetap, aksi sementara dan aksi lingkungan serta perhitungan tulangan memanjang dan tulangan susut. Aksi tetap merupakan berat sendiri struktur dan beban mati tambahan, aksi sementara merupakan beban truk "T", sedangkan aksi lingkungan merupakan gaya angin. Berikut adalah hasil perencanaan penulangan slab jembatan pada gambar 7.

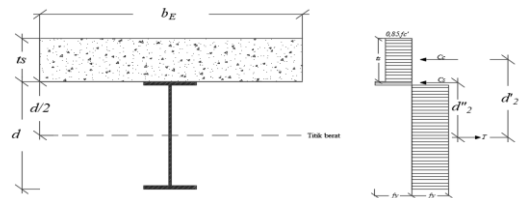


Gambar 7 Penulangan Slab Lantai jembatan

5.6 Desain Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang akan didesain sebagai struktur komposit antara gelagar memanjang dengan pelat lantai. Dari hasil analisis SAP 2000 v.20 didapat momen maksimum pada gelagar memanjang sebesar 111,749 kNm dan gaya geser maksimum sebesar 105,758 kN.

1. Parameter penampang komposit



Gambar 8 Distribusi Tegangan Plastik Gelagar Komposit

$h = 300 \text{ mm}$	$I_x = 129700000 \text{ mm}^4$
$b = 200 \text{ mm}$	$I_y = 18683191 \text{ mm}^4$
$tw = 9 \text{ mm}$	$rx = 126,9474 \text{ mm}$
$tf = 14 \text{ mm}$	$ry = 48,1816 \text{ mm}$
$S_x = 864657 \text{ mm}^3$	$Z_x = 967264 \text{ mm}^3$
$S_y = 186831 \text{ mm}^3$	$Z_y = 285508 \text{ mm}^3$
$hw = 272 \text{ mm}$	$A = 8048 \text{ mm}^2$
$Aw = 2448 \text{ mm}^2$	

2. Tahanan momen lentur gelagar komposit
Menurut RSNI T-03-2005 Ps. 8.2.1 lebar efektif sayap beton:

$$\frac{1}{5} \times \text{panjang balok} = \frac{1}{5} \times 250 = 50 \text{ cm} \leq 500 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar balok} = 125 \text{ cm}$$

$$12 \times \text{tebal pelat} = 12 \times 20 = 240 \text{ cm}$$

Maka lebar efektif penampang komposit ditentukan berdasarkan nilai minimum dari persyaratan lebar efektif di atas, yaitu 50 cm. Diasumsikan sumbu netral jatuh pada pelat beton, sehingga kuat tekan pada pelat beton sebesar gaya tarik pada profil baja:

Besar kuat lentur nominal balok komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_s(H - \bar{y} + 0,5t_s) + C_s(H - \bar{y} - 0,5df) \\ &= 108710 (300 - 142,717 + 0,5 \times 200) + 108710 \\ &\quad (300 - 142,717 - 0,5 \times 1,874) \\ &= 561,534 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \times 561,534 \\ &= 505,380 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &\geq M_u \\ 505,380 \text{ kNm} &\geq 111,749 \text{ kNm (Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Kapasitas geser profil

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 290 \times 8048 \times 1 \\ &= 425,952 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser profil terhadap kuat geser ultimit:

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 425,952 \text{ kN} &\geq 105,758 \text{ kN} \\ 386,356 \text{ kN} &\geq 105,758 \text{ kN (Memenuhi)} \end{aligned}$$

4. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned} \Delta \text{Terjadi (SAP 200)} &< \Delta \text{Ijin} \\ 0,0014 \text{ m} &< 0,03 \text{ m (Memenuhi)} \end{aligned}$$

5.7 Desain Gelagar Melintang

Dari hasil analisis SAP 2000 v.20 didapat momen maksimum pada gelagar melintang sebesar 2363,789 kNm dan gaya geser maksimum sebesar 1168,751 kN.

1. Parameter penampang

$$\begin{aligned} h &= 900 \text{ mm} & I_x &= 4691000000 \text{ mm}^4 \\ b &= 300 \text{ mm} & I_y &= 153400000 \text{ mm}^4 \\ t_w &= 18 \text{ mm} & r_x &= 364,1342 \text{ mm} \\ t_f &= 34 \text{ mm} & r_y &= 65,8513 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_x = 10423636 \text{ mm}^3 \quad S_y = 1022695,7 \text{ mm}^3$$

$$h_o = 872 \text{ mm} \quad Z_x = 11948208 \text{ mm}^3$$

$$h_w = 844 \text{ mm} \quad Z_y = 1597392 \text{ mm}^3$$

$$A = 35376 \text{ mm}^2$$

$$A_w = 13504 \text{ mm}^2$$

2. Karakteristik penampang

Konstanta torsi:

$$\begin{aligned} J &= 2 \frac{1}{3} b t_f^3 + \frac{1}{3} (h - 2 t_f) t_w^3 \\ &= 9478208 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Konstanta warping:

$$\begin{aligned} I_w &= \frac{I_y h w^2}{4} \\ &= 2,65 \times 10^{13} \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

Modulus geser

$$G = 80000 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

Tegangan leleh baja

$$f_y = 290 \text{ Mpa}$$

Tegangan residual pada pelat sayap

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

3. Kuat nominal lentur berdasarkan pengaruh tekuk lateral

Panjang gelagar melintang $L = 9000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 74,9 \sqrt{\frac{200000}{290}} \\ &= 3461,869 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} = 15601,73 \text{ N/mm}^2$$

$$X_2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G \cdot J}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y} = 1,31 \times 10^{-4} \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} L_r &= r_y \cdot \left[\frac{X_1}{f_L}\right] \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_L^2}} \\ &= 65,851 \\ &\quad \cdot \left[\frac{15601,73}{220}\right] \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1,31 \times 10^{-4} \cdot 220^2}} \\ &= 8992,16 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $L > L_r$ maka tergolong (bentang panjang)

$$C_b = \frac{12,5 \text{ Max}}{2,5 \text{ Mmax} + 3 \text{ MA} + 4 \text{ MB} + 3 \text{ Mc}} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned} &= \frac{12,5 \times 2363,789}{(2,5 \times 2363,789) + (3 \times 1587,647) + (4 \times 2363,789) + (3 \times 1587,647)} \leq 2,3 \\ &= 1,19 \leq 2,3 \text{ (ok)} \end{aligned}$$

$$M_n = M_{cr} < M_p$$

$$M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w}$$

$$= 1,19.$$

$$\frac{\pi}{9000} \sqrt{200000.153400000.80000.9478208 + \left(\frac{\pi.200000}{9000}\right)^2 153400000.2,65 \times 10^{13}}$$

$$= 2718,72 \text{ kNm}$$

$$M_n = 2718,72 < 33464,980 \text{ kNm (Memenuhi)}$$

Kontrol kapasitas lentur profil:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 2718,72 \geq 2363,789 \text{ kNm}$$

$$2446,848 \text{ kNm} \geq 2363,789 \text{ kNm (Memenuhi)}$$

4. Cek terhadap gaya geser gelagar melintang

Nilai maksimum perbandingan tinggi terhadap tebal badan (h/t_w) adalah:

$$\frac{h_w/t_w}{18} = 844 / 18$$

$$= 46,222$$

Hitung koefisien tekuk geser pelat badan

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{n_w}\right)^2}$$

$$= 5 + \frac{5}{\left(\frac{9000}{844}\right)^2}$$

$$= 5,042$$

Batas perbandingan tinggi terhadap tebal ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{h_w/t_w}{18} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$46,222 \leq 1,10 \sqrt{\frac{5,042 \times 200000}{290}}$$

$$46,222 \leq 64,869 \text{ (Memenuhi)}$$

Didapat nilai $h_w/t_w < 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$, maka nilai kuat geser untuk gelagar memanjang sebesar:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 290 \times 14976 \times 1$$

$$= 2605,241 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser profil terhadap kuat geser ultimit

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 2605,241 \text{ kN} \geq 1168,751 \text{ kN}$$

$$2345,241 \text{ kN} \geq 1168,751 \text{ kN (Memenuhi)}$$

5.7 Desain Tie Beam

Dari hasil analisis SAP 2000 v.20 didapat gaya aksial tarik *tie beam* sebesar 11037,036 kN, momen maksimum pada *tie beam* sebesar

2708,906 kNm dan gaya geser maksimum sebesar 735.518 kN.

1. Parameter penampang

$h = 1200 \text{ mm}$	$I_x = 2550000000 \text{ mm}^4$
$b = 600 \text{ mm}$	$I_y = 8477000000 \text{ mm}^4$
$t_w = 40 \text{ mm}$	$r_x = 430.6548 \text{ mm}$
$t_f = 40 \text{ mm}$	$r_y = 248.1997 \text{ mm}$
$S_x = 42532978 \text{ mm}^3$	$S_y = 28255289 \text{ mm}^3$
$Z_x = 11948208 \text{ mm}^3$	$Z_y = 32288000 \text{ mm}^3$
$h_w = 1120 \text{ mm}$	
$A = 37600 \text{ mm}^2$	
$A_w = 4880 \text{ mm}^2$	

Kontrol kapasitas lentur profil:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 26533,353 \text{ kNm} \geq 2708,906 \text{ kNm}$$

$$23880,018 \text{ kNm} \geq 2708,906 \text{ kNm (Memenuhi)}$$

Kontrol kuat geser profil terhadap kuat geser ultimit

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 7795,2 \geq 878,906 \text{ kN}$$

$$7015,68 \text{ kN} \geq 878,906 \text{ kN (Memenuhi)}$$

Cek kuat tarik nominal terhadap kuat tarik ultimit:

$$\phi N_n \geq N_u$$

$$0,85 \times 39904 \geq 11748,407 \text{ kN}$$

$$33918,4 \text{ kN} \geq 11748,407 \text{ kN (Memenuhi)}$$

5.8 Desain Struktur Pelengkung

Dari hasil analisis SAP 2000 v.20 didapat gaya aksial tekan struktur pelengkung sebesar 17393,151 kN, momen maksimum pada *tie beam* sebesar 2709,296 kNm dan gaya geser maksimum sebesar 472,84 kN.

1. Parameter penampang

$h = 1300 \text{ mm}$	$I_x = 3116000000 \text{ mm}^4$
$b = 600 \text{ mm}$	$I_y = 9105000000 \text{ mm}^4$
$t_w = 40 \text{ mm}$	$r_x = 462.637 \text{ mm}$
$t_f = 40 \text{ mm}$	$r_y = 250.066 \text{ mm}$
$S_x = 47943467 \text{ mm}^3$	$S_y = 30349511 \text{ mm}^3$
$Z_x = 60008000 \text{ mm}^3$	$Z_y = 34528000 \text{ mm}^3$
$h_w = 844 \text{ mm}$	
$A = 145600 \text{ mm}^2$	
$A_w = 48800 \text{ mm}^2$	

Kontrol kapasitas tekan profil terhadap tekan ultimit:

$$\phi N_n \geq N_u$$

$$34280,508 \text{ kN} \geq 17393,151 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

5.9 Desain Balok Pengaku

Dari hasil analisis SAP 2000 v.20 didapat gaya aksial tarik sebesar 825,134 kN dan aksial tekan 655,366 kN pada balok pengaku horizontal, momen maksimum pada balok pengaku horizontal sebesar 271,469 kNm dan gaya geser maksimum 51,028 kN.

1. Parameter penampang

$h = 350 \text{ mm}$	$I_x = 4691000000 \text{ mm}^4$
$b = 350 \text{ mm}$	$I_y = 1534000000 \text{ mm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$r_x = 364.1342 \text{ mm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$r_y = 65.8513 \text{ mm}$
$S_x = 10423636 \text{ mm}^3$	$S_y = 1022695.7 \text{ mm}^3$
$h_o = 872 \text{ mm}$	$Z_x = 11948208 \text{ mm}^3$
$h_w = 844 \text{ mm}$	$Z_y = 1597392 \text{ mm}^3$
$A = 35376 \text{ mm}^2$	
$A_w = 13504 \text{ mm}^2$	

Cek kuat tarik nominal terhadap kuat tarik ultimit:

$$\phi N_n \geq N_u$$

$$4448,484 \text{ kN} \geq 825,134 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

5.10 Desain Kabel Penggantung

Perencanaan kabel penggantung jembatan menggunakan *tention roads* Macalloy 520 (M76).

$$f_y = 520 \text{ MPa}$$

$$f_u = 660 \text{ MPa}$$

$$\text{Ø kabel} = 72 \text{ mm}$$

Berat kabel penggantung = 32 kg/m

Minimum breaking load = 2520 kN

Kontrol kelangsingan kabel penggantung:

$$L/d \leq 500 \text{ mm}$$

$$20000/72 \leq 500 \text{ mm}$$

$$277,777 \text{ mm} \leq 500 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan batang penggantung

$$N_n \leq N_u$$

$$2520 \text{ kN} \leq 1407,06 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

5.11 Desain Sambungan Baut

5.11.1 Sambungan Gelagar Memanjang Dengan Gelagar melintang

Dengan nilai tahanan geser dan tarik baut nominal terfaktor sebesar:

$$\phi V_n = 0,75 \times 189,44$$

$$= 142,08 \text{ kN}$$

Jumlah baut yang digunakan:

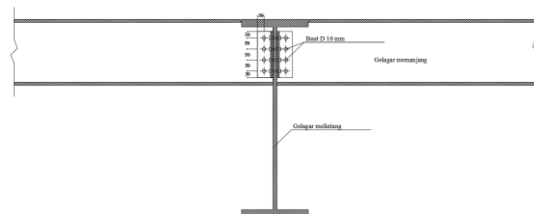
Untuk badan gelagar memanjang

$$V_u = 105.758$$

$$n = V_u / \phi V_n$$

$$= 105.758 / 142,08 = 1.488 \text{ baut} = 4 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan sebanyak 4 buah untuk menahan kapasitas gaya terbesar yang bekerja pada komponen struktur gelagar memanjang.



Gambar 9 Sambungan Antar Gelagar Memanjang dengan Gelagar Melintang

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan desain yang telah dilakukan, disimpulkan hasil sebagai berikut ini:

- Profil dan dimensi komponen yang digunakan untuk struktur atas jembatan pelengkung baja adalah sebagai berikut:
 - Gelagar memanjang menggunakan WF 300.200.9.14.
 - Gelagar melintang menggunakan WF 900.300.18.34
 - Balok Tie Beam menggunakan Boks baja 1200.600.40.40.
 - Balok Pelengkung menggunakan Boks baja 1300.600.40.40.
 - Balok Pengaku menggunakan WF 350.350.12.19.
- Pelat lantai kendaraan dalam perancangan jembatan menggunakan pelat beton bertulang dengan tebal plat beton bertulang 200 mm. Tulangan Terpasang arah melintang D16-100 dan arah memanjang D-13-100.
- Penggantung lantai kendaraan menggunakan produk dari Macalloy 520 Bar System dengan tipe M76 berdiameter Ø72 mm. Minimum breaking load = 2520 kN > Nu = 1407,06 kN
- Tipe sambungan menggunakan tipe tumpu dan mutu pelat penyambung BJ 37

6.2 Saran

Dari hasil analisis dan desain yang telah dilakukan, penulis mencantumkan beberapa saran yaitu bahwa:

1. Dalam penelitian ini hanya mendesain struktur atas jembatan, sehingga untuk penelitian selanjutnya untuk mendesain struktur bawah jembatan.
2. Dalam penelitian ini tidak mencakup perhitungan biaya, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk memperhitungkan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

A Hool, George, S. B dan W. S. Kinne, B S, (1943), Moveable Long-Span Steel Bridges, New York dan London, McGraw-Hill Book Company, Inc

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. 2016. SNI 2725-2016, Standar Pembebanan Untuk Jembatan, Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI T 03-2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. BSN. Jakarta.

Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. 2005. RSNI T-02-2005, Standar Pembebanan Untuk Jembatan, Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Struyk, H.J., Veen dan V.D KHCW. 1995. Jembatan, Terjemahan oleh Soemargono. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.