

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA

Eko Aryanto¹ (ekoaryanto215@gmail.com)

ABSTRAK

Laporan penelitian ini menampilkan perencanaan struktur atas jembatan rangka baja yang terletak di Kecamatan Cihampelas, Kabupaten Bandung Barat. Perencanaan Jembatan ini mempunyai panjang bentang 150 meter dan lebar perkerasan jalan 10,10 meter. Tahap awal perencanaan yaitu desain awal, mencakup penetapan data perencanaan seperti panjang dan lebar jembatan, dimensi balok gelagar, dimensi balok melintang, serta dimensi rangka. Tahap perencanaan selanjutnya seorang perencana menentukan dan menghitung tebal pelat lantai, gelagar memanjang, gelagar melintang, serta rangka jembatan. Proses selanjutnya menghitung dan analisis beban kerja menggunakan program SAP2000. Dari hasil perhitungan dan perencanaan diperoleh tebal pelat lantai kendaraan dengan ketebalan 20 cm menggunakan tulangan utama D13-150, profil gelagar memanjang yang akan digunakan baja IWF 350 x 175 x 7 x 11, profil gelagar melintang yang akan digunakan baja IWF 700 x 300 x 13 x 24, rangka baja lengkung, rangka lengkung diagonal, rangka tiang baja menggunakan profil baja IWF 900 x 300 x 16 x 28, dan rangka baja diagonal menggunakan profil baja IWF 300 x 300 x 10 x 15 dengan kuat baja $f_y = 290$ MPa, tegangan putus minimum $f_u = 500$ MPa dan kuat tekan beton bertulang $f_c' = 29,04$ MPa. Dari hasil analisa elemen struktur pada program SAP2000 dapat disimpulkan bahwa perencanaan struktur atas jembatan rangka baja yang berada di wilayah Cipatik, Kecamatan Cihampelas Kabupaten Bandung Barat dengan panjang bentang 150 meter dapat dibangun dan aman untuk lalu lintas.

Kata Kunci: Perencanaan, Struktur, Jembatan, Rangka Baja

ABSTRACT

This research report presents the superstructure design for a steel truss bridge located in Cihampelas District, West Bandung Regency. The bridge design features a span length of 150 meters and a roadway pavement width of 10.10 meters. The initial planning phase involved preliminary design, including the establishment of design parameters such as bridge length and width, as well as the dimensions for longitudinal girders, transverse girders, and truss members. Subsequent planning stages involved determining and calculating the dimensions for the deck slab, longitudinal girders, transverse girders, and the bridge truss itself. The following process entailed load analysis and calculations using the SAP2000 software. The design results specify a 20 cm thick vehicle deck slab with D13-150 main reinforcement; IWF 350 x 175 x 7 x 11 steel profiles for longitudinal girders; IWF 700 x 300 x 13 x 24 steel profiles for transverse girders; IWF 900 x 300 x 16 x 28 steel profiles for the curved truss, diagonal curved truss, and vertical truss members; and IWF 300 x 300 x 10 x 15 steel profiles for diagonal truss members. The specified material properties are a steel yield strength (f_y) of 290 MPa, a minimum ultimate tensile strength (f_u) of 500 MPa, and a reinforced concrete compressive strength (f_c') of 29.04 MPa. Based on the structural element analysis performed using SAP2000, it is concluded that the designed steel truss bridge superstructure—located in the Cipatik area of Cihampelas District, West Bandung Regency, with a span of 150 meters—is feasible to construct and safe for traffic.

Keywords: Planning, Structure, Bridge, and Steel Truss

¹ Universitas Tama Jagaskara- Jakarta (Penulis Korespondensi).

PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu bangunan struktur yang dibangun untuk melintasi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api, atau jalan raya. Tujuan dari jembatan ini adalah untuk melintasi pejalan kaki, kendaraan atau kereta api melewati rintangan. Jembatan merupakan bagian dari prasarana transportasi darat yang sangat vital dalam arus lalu lintas (*Traffic Flows*). Jembatan seringkali menjadi komponen penting pada suatu ruas jalan, karena menentukan beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Jembatan mengalami perkembangan dari waktu ke waktu, dari bentuk yang sederhana yaitu jembatan balok, hingga yang lebih modern seperti jembatan *cable-stayed*, jembatan gantung, dan jembatan rangka baja. Dengan kemajuan material seiring dengan kemajuan teknologi, jembatan yang terbuat dari kayu telah tergantikan oleh jembatan yang terbuat dari beton dan baja.

Material baja kini menjadi pilihan untuk berbagai jenis konstruksi struktur jembatan seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi jembatan. Penggunaan baja juga memberikan keuntungan yaitu lebih hemat biaya, memiliki kekuatan lebih tinggi, bentuk lebih beragam, serta biaya pemasangan dan pelaksanaan lebih rendah.

Jembatan lengkung rangka baja (*Arch Bridge*) yang terbuat dari rangka baja terbuat dari batang yang disambung dengan paku keling, baut, pelat buhul, atau las. Rangka jembatan dapat menahan gaya-gaya berbentuk tekan ataupun tarik aksial, Liliu (2019).

Sejumlah proyek jembatan telah dibangun di kawasan Bandung Barat dengan tujuan untuk memudahkan mobilitas kendaraan. Jembatan di kawasan Cipatik di Kecamatan Cihampelas, Kabupaten Bandung Barat, salah satunya. Jembatan dengan bentang sepanjang 150 meter ini awalnya ditopang oleh balok penopang *Precast Concrete* (PC-I).

METODE

Pendahuluan

Bab ini menjelaskan langkah-langkah atau tahapan yang diambil dalam perencanaan struktur atas jembatan rangka baja. Pada Bagian tahap pertama adalah *preliminary design*, seorang perencana harus menentukan desain awal jembatan dan data spesifikasi teknis yang akan digunakan. Tahapan kedua yaitu perancangan atau perhitungan bangunan atas yang meliputi pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka tiang baja, dan rangka lengkung.

Preliminary Design

Preliminary Design merupakan tahap awal dalam proses perancangan jembatan yang mencakup pemikiran konseptual dan analisis awal sebelum melakukan perencanaan rinci, seperti jenis bahan, kualitas bahan, dan dimensi bahan yang akan digunakan untuk suatu perencanaan struktur jembatan. Tujuannya untuk menetapkan kerangka kerja dasar untuk desain jembatan yang akan dibangun, serta memastikan bahwa konsep tersebut layak secara teknis, ekonomis, dan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Spesifikasi material struktur pada perencanaan awal bukanlah spesifikasi yang dilakukan di lapangan, melainkan spesifikasi struktur yang akan dimodelkan dengan software SAP2000 untuk diuji atau dicoba dengan beban yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Struktur Bangunan Atas Jembatan

Struktur bangunan atas jembatan merupakan elemen penting utama yang mendukung beban lalu lintas dan distribusi beban ke struktur pendukung di bawahnya. Struktur bangunan atas jembatan, juga dikenal sebagai *superstruktur*, terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan fungsi jembatan. Dalam perencanaan jembatan lengkung

rangka baja ini, komponen struktur yang diperhitungkan mencakup pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka baja.

Perencanaan Pelat Lantai Jembatan

Pelat lantai jembatan salah satu aspek penting dalam desain struktur jembatan, karena pelat lantai berfungsi sebagai elemen penahan langsung beban lalu lintas dan mendistribusikan beban tersebut ke elemen-elemen struktural di bawahnya, seperti gelagar utama dan gelagar melintang. Desain yang tepat dari pelat lantai harus mempertimbangkan berbagai jenis beban yang bekerja serta kekuatan material yang digunakan.

Perencanaan Gelagar Memanjang dan Melintang

Pada proses perencanaan gelagar memanjang dan melintang meliputi serangkaian langkah yang spesifik, yaitu:

1. Memasukan data perencanaan yang akan digunakan untuk menghitung perencanaan gelagar memanjang dan melintang, seperti tebal pelat jembatan, tebal lapis perkerasan, tinggi trotoar, tinggi sandaran, jarak antar gelagar, berat isi beton bertulang, dan berat isi aspal.
2. Menghitung dan menentukan momen lentur gelagar tepi dan gelagar tengah memanjang jembatan.
3. Menghitung dan menentukan beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gelagar memanjang dengan ketentuan SNI 1725:2016.

4. Menghitung dan menentukan beban mati total dengan menggunakan persamaan:

$$qDL = qD_1 + qE + qD_3$$

di mana:

$q(DL)$ = Beban mati total (kg/m).

$q(D1)$ = Beban mati akibat plat lantai dan trotoar (kg/m).

$q(E)$ = Beban mati ekivalen (kg/m).

$q(D3)$ = Berat sendiri gelagar (kg/m).

5. Menghitung dan menentukan gaya geser maksimum akibat beban mati dengan menggunakan persamaan:

$$V_{DL_{max}} = 1/2 \times qDL \times L$$

di mana:

$V_{DL_{max}}$ = Gaya geser maksimum akibat beban mati (kg).

L = Bentang gelagar (m).

6. Menghitung dan menentukan momen maksimum akibat beban mati dengan menggunakan persamaan:

$$M_{DL_{max}} = 1/2 \times qDL \times L$$

di mana:

$M_{DL_{max}}$ = Momen geser maksimum akibat beban mati (kgm).

7. Menghitung dan menentukan beban hidup yang bekerja pada gelagar memanjang yang terdiri dari beban terbagi rata "q", beban lajur "D" dan beban garis "P".

8. Menghitung dan menentukan gaya geser maksimum akibat beban hidup dengan persamaan:

$$V_{LL_{max}} = 1/2 \times p' + 1/2 \times q_{tot} \times L$$

di mana:

V_{LLmax} = Gaya geser maksimum akibat beban hidup (kg).

p' = Beban garis pada gelagar (kg).

q_{tot} = Beban hidup terbagi rata pada gelagar (kg/m).

9. Menghitung dan menentukan momen maksimum akibat beban hidup dengan persamaan:

$$M_{LLmax} = 1/8 \times q_{tot} \times L^2 + 1/4 \times p' \times L$$

di mana:

M_{LLmax} = Momen Maksimum akibat dari beban hidup (kgm)

1. Menghitung dan menentukan gaya geser total pada gelagar tepi dan gelagar tengah dengan menjumlahkan gaya geser akibat dari beban mati dan gaya geser akibat dari beban hidup.
2. Menghitung dan menentukan momen total pada gelagar tepi dan gelagar tengah dengan menjumlahkan momen maksimum akibat dari beban mati dan momen maksimum akibat dari beban hidup.
3. Menghitung dan menentukan dimensi pada profil gelagar tepi dan gelagar tengah.
4. Menghitung dan menentukan lendutan ijin yang di syatkan dengan menggunakan persamaan:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{500}$$

di mana:

δ = Lendutan yang diijinkan (cm).

L = Panjang gelagar (m).

1. Mengkontrol pada profil baja terhadap lendutan (δ) dengan menggunakan persamaan:

$$\delta_{max} = \frac{5 \times (qDL + q_{tot}) \times L^4}{48 E I_x} + \frac{p \times L^2}{48 E I_x} < \delta_{ijin}$$

di mana :

I_x = Momen inersia profil baja (cm⁴).

p = Beban gandar (kg).

E = Modulus elastisitas baja (kg/cm²).

5. Mengkontrol terhadap tegangan lentur pada penampang dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{M_{tot}}{Momen \text{ lawan } x} < \bar{\sigma}$$

di mana:

M_{tot} = Momen total pada gelagar (kgm).

σ = Tegangan lentur pada penampang profil baja (kg/cm²).

$\bar{\sigma}$ = Tegangan ijin baja (kg/cm²).

6. Mengkontrol terhadap tegangan geser pada penampang (τ) dengan persamaan:

$$\tau = \frac{V_{max}}{A_{web}} < \bar{\tau}$$

di mana:

V_{max} = Gaya geser maksimum (kg).

A_{web} = Luas area bagian badan (cm²).

$\bar{\tau}$ = Tegangan geser ijin (kg/cm²).

7. Menghitung dan menentukan beban mati pada kondisi sebelum dibebani atau pre komposit yang bekerja pada gelagar melintang sesuai dengan ketentuan SNI 1725:2016.
8. Menghitung dan menentukan reaksi perletakkan dengan menggunakan persamaan:

$$R_A = R_B = \frac{(P_4) + (2 \times (P_1 + P_2 + P_3)) + (qE + L)}{2}$$

di mana:

R_{A-B} = Reaksi perletakkan pada gelagar (kg).

P = Beban terpusat (kg).

L = Panjang penampang (m).

9. Menghitung dan menentukan momen maksimum akibat beban mati dengan menggunakan persamaan:

$$M_{max} = (R_{AV} \times L) - ((P_1 + P_2 + P_3) \times L) - (P_4 \times L) - (qE \times L \times \frac{1}{2}L)$$

di mana:

M_{max} = Momen maksimum akibat beban mati (kgm).

10. Menghitung dan menentukan gaya geser pada gelagar dengan persamaan:

$$M_{max} = (R_{AV} \times L) - ((P_1 + P_2 + P_3) \times L) - (P_4 \times L) - (qE \times L \times \frac{1}{2}L)$$

di mana:

V_P = Gaya geser pada gelagar (kg).

q = Berat sendiri gelagar (kg/m)

L = Bentang jembatan (m).

11. Menghitung dan menentukan momen pada gelagar dengan menggunakan persamaan:

$$M_p = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

Di mana:

M_P = Gaya momen pada gelagar (kg).

12. Menghitung dan menentukan gaya geser pada kondisi pra-komposit dengan persamaan:

$$V_{PRA} = R_{AV} + V_p$$

di mana:

V_{PRA} = Gaya geser yang terjadi pada kondisi pra-komposit (kg)

13. Menghitung dan menentukan gaya momen yang bekerja pada kondisi pra komposit dengan persamaan:

$$M_{PRA} = M_{MAX} + M_p$$

di mana:

M_{PRA} = Gaya momen yang bekerja setelah kondisi pra-komposit (kgm).

14. Menghitung dan menentukan dimensi gelagar melintang sama seperti gelagar memanjang.

15. Mengontrol lendutan yang terjadi akibat dari beban terpusat di tepi, di tengah, dan akibat berat sendiri gelagar melintang.

16. Menghitung dan menentukan lendutan total pada kondisi pra-komposit dengan menjumlahkan hasil dari lendutan akibat beban terpusat di tepi, ditengah, dan akibat berat sendiri pada gelagar melintang.

17. Menghitung dan menentukan lendutan ijin pada gelagar melintang sama seperti menghitung lendutan ijin pada gelagar memanjang.

18. Menghitung dan menentukan tegangan geser yang bekerja pada penampang dengan menggunakan persamaan:

$$\tau = \frac{VPRA \times S_x}{b \times l_x} < \bar{\tau}$$

di mana:

b = Tebal badan penampang baja (mm).

S_x = Kekuatan pada sambungan (cm³).

19. Mengontrol tegangan ijin di tengah bentang dengan persamaan:

$$\tau_i = \sqrt{a^2 + (3 \times r^2)} < \bar{\sigma}$$

di mana:

τ_i = Tegangan ijin di tengah bentang (kg/cm²).

Menghitung dan menentukan kondisi gelagar setelah dibebani atau post komposit.

20. Menghitung dan menentukan beban mati dan beban hidup pada gelagar melintang sama seperti pada gelagar memanjang.

21. Menghitung dan menentukan momen yang bekerja pada gelagar melintang pada kondisi post komposit dengan menjumlahkan momen pada kondisi pra komposit dan semua momen yang terjadi pada kondisi post komposit.

22. Menghitung dan menentukan gaya geser yang bekerja pada gelagar melintang pada kondisi post komposit dengan menghitung gaya geser pada kondisi pra-komposit dan semua gaya geser yang terjadi pada saat kondisi post komposit.

23. Menperhitungkan lebar efektif pada gelagar komposit dengan syarat:

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \text{ bentang}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \text{jarak antar gelagar}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 12 \times \text{tebal pelat}$$

24. Memperhitungkan luas baja gelagar komposit dengan menjumlahkan luas baja ekivalen dan luas penampang profil baja.

25. Mengontrol terhadap tegangan lentur pada bagian atas dan bawah pelat beton dengan persamaan:

$$\bar{\sigma}_c = \frac{M_{\text{post}} \times (h+t-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c$$

$$\bar{\sigma}_c = \frac{M_{\text{post}} \times (h-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c$$

di mana:

σ_c = Tegangan lentur (kg/cm²).

σ̄_c = Tegangan lentur ijin (kg/cm²).

M_{post} = Jumlah momen yang bekerja (kgm).

H = Tinggi badan profil baja (cm).

t = Tebal plat (cm).

n = Angka ekivalensi

I_k = Momen inersia penampang komposit (cm⁴).

26. Mengontrol terhadap tegangan lentur sayap atas dan bawah profil baja dengan menggunakan persamaan:

$$\bar{\sigma}_{\text{BS}} = \frac{M_{\text{tot}} \times \frac{(h)}{2}}{I_x} + \frac{M_2 + M_3 \times (h-y)}{I_k} < \bar{\sigma}_c$$

$$\bar{\sigma}_{\text{BS}} = \frac{M_{\text{tot}} \times \frac{(h)}{2}}{I_x} + \frac{M_2 + M_3 \times y}{I_k} < \bar{\sigma}_c$$

di mana:

σ_{BS} = Tegangan lentur pada sayap atas profil baja (kg/cm²).

27. Mengontrol terhadap tegangan geser yang bekerja pada gelagar

$$\tau = \frac{V_{post} \times (S_{x1} + S_{x2})}{t_1 \times I_x} < \bar{\tau}$$

di mana:

V_{post} = Jumlah gaya geser yang bekerja pada gelagar (kg).

S_x = Statis momen terhadap garis netral komposit (cm³).

t_1 = Tebal badan profil baja (cm).

28. Mengontrol terhadap lendutan akibat beban mati (δ_1) dan akibat beban hidup (δ_2) dengan menggunakan persamaan:

$$\delta_1 = \left(\frac{5 \times q \times L^4}{384 \times EI_x} \right) + \sum \left(\frac{P_1 \times a}{24 \times EI_x} \times (3L^4 - 4a^2) \right) + \left(\frac{P_2 \times L^3}{48 \times EI_x} \right)$$

$$\delta_2 = \frac{5 \times q_{ekivalen} \times L^4}{384 \times EI_k} = \frac{5 \times 6864,4 \times 1010^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 549590,698}$$

di mana:

q = Beban merata (kg/m).

L = Panjang beban (cm).

a = Lebar beban (cm).

29. Menghitung dan menentukan lendutan total dengan menjumlahkan lendutan akibat beban mati dan akibat beban hidup.

30. Menghitung dan menentukan *shear connector* dengan persamaan:

$$Q = 0,0005 \times A_s \times \sqrt{f'c \times E_c}$$

di mana:

Q = Kekuatan stud (kg).

E_c = Modulus elastisitas beton (kg/cm²).

31. Menghitung dan menentukan sambungan las untuk gelagar melintang dan memanjang dengan menggunakan persamaan:

$$P = 0,58 \times \sigma \times F$$

di mana:

P = Kekuatan las (kg).

F = Luas bidang las (cm²).

32. Menghitung dan menentukan sambungan baut untuk gelagar melintang dan memanjang dengan menggunakan persamaan:

$$n = \frac{P}{\tau \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)}$$

di mana:

n = Jumlah Sambungan Baut.

P = Gaya Batang (Kg)

d = Diameter baut (cm)

Perencanaan Pada Rangka Pelengkung Bangunan Atas Jembatan

Rangka pelengkung salah satu jenis struktur bangunan atas jembatan yang menggunakan elemen melengkung sebagai penahan beban utama. Jembatan pelengkung memberikan kekuatan yang tinggi dengan menggunakan gaya tekan untuk mendistribusikan beban ke tumpuan. Pada perencanaan pelengkung rangka bangunan atas atau rangka utama, akan menggunakan langkah-langkah perhitungan meliputi:

1. Memasukkan data-data perencanaan untuk menghitung rangka utama, antara lain yaitu tebal pelat lantai, tebal perkerasan, tebal trotoar, lebar trotoar, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan berat jenis beton.
2. Menghitung beban dan gaya-gaya yang bekerja pada rangka menggunakan program SAP2000.
3. Menghitung beban mati, beban hidup, gaya rem dan beban angin yang bekerja sesuai dengan ketentuan SNI 1725:2016.
4. Menentukan beban gempa dengan menggunakan data respon spectrum.
5. Menghitung dan menentukan dimensi rangka pelengkung, rangka diagonal pelengkung, rangka tiang baja, rangka diagonal tiang baja dengan memasukkan data profil baja yang sesuai dan dapat digunakan dalam perencanaan.
6. Menghitung stabilitas masing-masing terhadap bahaya tekuk yang terjadi pada batang tekan di setiap rangka menggunakan persamaan:

$$\frac{P \times \omega}{F} < \bar{\sigma}$$

di mana:

P = Gaya tekan pada batang tersebut (kg)

F = Luas penampang (cm²).

ω = Faktor tekuk baja.

$\bar{\sigma}$ = Tegangan ijin baja (kg/cm²).

7. Memeriksa tegangan yang bekerja pada batang di setiap rangka dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma}$$

di mana:

σ = Tegangan (kg/cm²).

P = Gaya batang (kg)

A = Luas profil baja (cm²).

8. Memeriksa nilai rasio batang tekan di setiap rangka dengan menggunakan persamaan:

$$n = \frac{\sigma}{\delta} < 1,00$$

dimana:

n = Nilai rasio batang tekan.

9. Memeriksa kelangsingan penampang baja (λ) batang tekan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Sayap} = \frac{b}{2 \times t_2} < \lambda_r$$

$$\text{Badan} = \frac{h}{t_1} < \lambda_r$$

di mana:

h = Tinggi Dimensi pada badan profil baja (mm).

b = Lebar Dimensi pada sayap profil baja (mm).

t₁ = Tebal badan pada profil baja (mm).

t₂ = Tebal sayap pada profil baja (mm).

10. Menghitung dan menentukan daya dukung nominal batang dengan menggunakan persamaan:

$$N_a = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

di mana:

N_n = Daya dukung nominal batang (t).

A_g = Luas penampang batang tekan (cm²).

11. Menghitung gaya tarik yang terjadi pada batang di setiap rangka.

12. Memeriksa tegangan yang terjadi pada batang tarik dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma}$$

di mana:

P = gaya batang (kg).

F_{nt} = tegangan tarik nominal (cm²)

PEMBAHASAN

Preliminary Design

Sebelum memasuki tahap pada perhitungan struktur bangunan atas jembatan rangka baja, diperlukan data spesifikasi perencanaan untuk jembatan pelengkung rangka baja dan desain dari penampang jembatan seperti pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.

Data Perencanaan Jembatan

Direncanakan jembatan seperti pada data berikut:

Bentang Jembatan = 150 m

Lebar Jembatan = 10,10 m

Lebar Lajur Kendaraan = (2 x 3,75) m

Mutu Beton = K350 = 29,05 MPa = 2962 ton/m²

Berat Jenis Beton = 2,4 ton/m³

Mutu Baja = BJ 50 ($f_u' = 500$ MPa dan $f_y' = 290$ MPa)

Berat Jenis Baja = 7,85 t/m³ = 7850 kg/m³

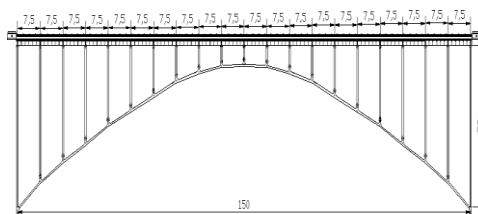
Lebar Trotoar = 2 x 1,3 m

Tinggi Rangka Pelengkung = 28 m

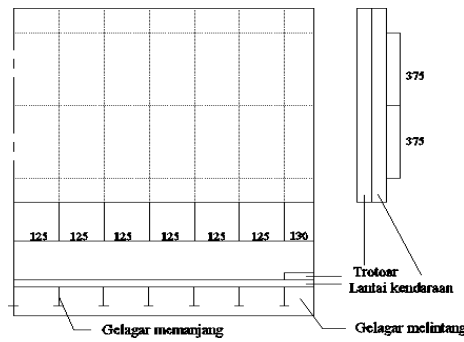
Tinggi Jembatan Rangka = 30 m

Jarak Antar Gelagar Memanjang = 1,25 m

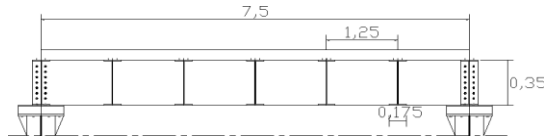
Ketebalan Pelat Lantai = 0,2 m



Gambar 4.1 Penampang Memanjang Jembatan



Gambar 4.2 Penampang Memanjang Jembatan



Gambar 4.3 Jarak Gelagar Memanjang

Perhitungan Pelat Lantai Jembatan

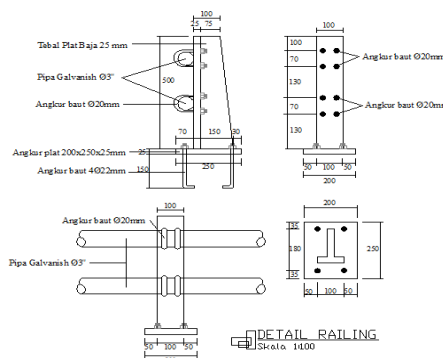
Perhitungan pelat lantai jembatan diawali dengan langkah menentukan dimensi pada sandaran dan menghitung tebal lantai untuk kendaraan, yaitu beban mati yang bekerja pada balok jembatan.

Perhitungan Dimensi Sandaran

Beban horizontal sebesar 100 kg/m² akan diterapkan pada ketinggian 0,9 m di atas trotoar memerlukan tiang-tiang sandaran pada setiap sisi jembatan untuk dirancang dan diperhitungkan dan mampu untuk menahannya. Gambar 4.4 menunjukkan tiang sandaran.

Berikut ini data-data perencanaan pada tiang sandaran :

- Tulangan pokok berdiameter (dp) = 0,013 m
- Kuat tarik besi tulangan (fy) = 240 MPa
- Kuat tekan beton (fc') = 29,05 MPa = 2962 t/m²
- Faktor distribusi tegangan Beton= 0,85 (β₁)

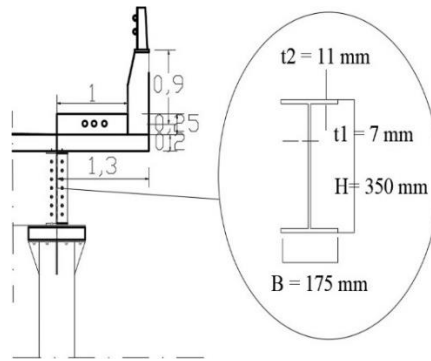


Gambar 4.4 Rencana Tiang Sandaran Jembatan

- Faktor distribusi tegangan lentur (θ) = 0,9
- Diameter pipa sandaran = 3 inchi = 7 cm

Perhitungan Tebal Pelat Lantai Jembatan Bagian Tepi

Rencana perletakan pelat lantai jembatan pada bagian tepi, dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Detail Plat Lantai Pada Bagian Tepi

Data yang digunakan untuk perencanaan pelat lantai kendaraan pada bagian tepi adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f_c')	= 29,05 MPa = 2962 t/m ²
Mutu tulangan (f_y)	= 290 MPa = 4180,84 kg/cm ²
Tebal pelat lantai (ditaksir)	= 0,20 m
Diameter tulangan rencana	= 0,013 m
Tebal selimut beton	= 0,025 m
Tebal perkerasan	= 0,05 m
Tebal trotoar	= 0,25 m
Berat jenis beton	= 24 kN/m ³ = 2400 kg/m ³

a. Pembebanan Pada Pelat Bagian Tepi:

-Berat Sendiri Pelat	= $d \times \gamma_c$	= 0,2 m x 2,4 ton/m ³	= 0,48 ton/m ²
-Beban Trotoar	= $d \times \gamma_{beton}$	= 0,25 m x 2,4 ton/m ³	= 0,6 ton/m ²
-Beban Sandaran	= $d \times \gamma_{beton}$	= 0,9 m x 2,4 ton/m ³	= 2,16 ton/m ²
-Beban Pejalan Kaki			= 0,5 ton/m ²

a. Perhitungan Momen Pada Plat Bagian Tepi:

$$M = \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) + (P \times L)$$

$$M = \left(\frac{1}{8} \times 1,08 \times 1,3^2\right) + (2,16 \times 1,3) + (0,5 \times 1,3)$$

$$= (0,2 + 2,808 + 0,65) \text{ ton.m}$$

$$= 3,678 \text{ ton.m}$$

b. Perhitungan Momen Tahanan:

$$W = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 1,3 \times 0,20^2$$

$$= 0,009 \text{ m}^3$$

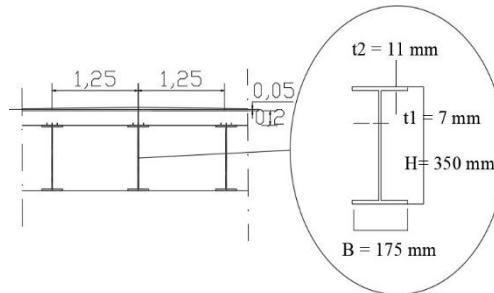
$$= \frac{3,678}{0,009}$$

$$= 408,7 \text{ ton/m}^2 < \sigma_{fc} = 2962 \text{ ton/m}^2$$

c. Tegangan Yang Timbul Pada Pelat Lantai Bagian Tepi Adalah:

Perhitungan Tebal Pelat Lantai Jembatan Bagian Tengah

Rencana perletakan pelat lantai jembatan pada bagian tengah dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Detail Plat Lantai Pada Bagian Tengah

Data spesifikasi pada perencanaan pelat lantai kendaraan pada bagian tengah yaitu sebagai berikut:

- Mutu Beton (f_c') = 29,05 MPa = 2962 t/m²
- Mutu Tulangan (f_y) = 290 MPa = 4180,84 kg/cm²
- Tebal Pelat Lantai (ditaksir) = 0,20 m
- Diameter Tulangan Rencana = 0,013 m
- Tebal Selimut Beton = 0,025 m
- Tebal Lapisan Aspal = 0,05 m
- Berat Air Hujan = 0,05 m
- Tebal Trotoar = 0,25 m
- Berat Jenis Beton = 24 kN/m³ = 2400 kg/m³

a. Pembebanan Pada Pelat Lantai Bagian Tengah:

$$\text{Berat aspal} = d \times \gamma_c = 0,05 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 0,12 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Berat sendiri pelat} = d \times \gamma_c = 0,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 0,48 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Berat air hujan} = d \times \gamma_{\text{air}} = 0,05 \text{ m} \times 1 \text{ ton/m}^3 = 0,05 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Jumlah beban} = 0,12 + 0,48 + 0,05 = 0,65 \text{ ton/m}^2$$

• Perhitungan plat lantai bagian tengah dengan beban kendaraan:

Beban kendaraan pada pelat lantai berupa beban lajur 'D' dan beban truk (beban "T").

-Perhitungan dengan beban lajur 'D'

Beban Terbagi Rata

Jika $L \leq 30 \text{ m}$ maka, $q = 9 \text{ kPa}$

Jika $L > 30 \text{ m}$ maka, $q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$

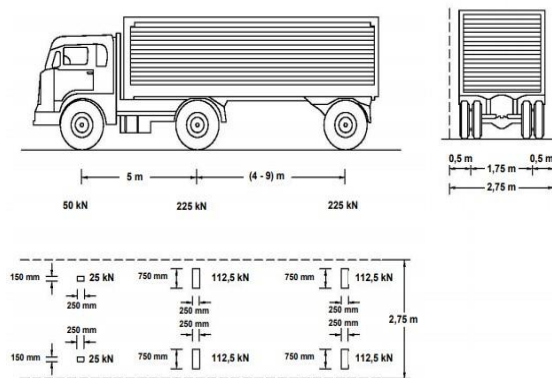
$L = 1,25 \text{ m} \leq 30 \text{ m}$,

maka $q = 9 \text{ kPa} = 0,9 \text{ ton/m}^2$

-Perhitungan dengan beban Truk "T"

Intensitas beban truk ‘T’ besarnya 500 kN dengan nilai faktor beban dinamis (FBD) 0%. Nilai FBD digunakan pada seluruh bagian Bangunan yang berada pada atas jembatan, Gambar beban pada truk ‘T’ dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Beban pada truk $TT = 500 (1 + 0.30) \text{ kN} = 650 \text{ kN} = 65 \text{ ton}$



Gambar 4.7 Beban Truk “T”
(Sumber : SNI 1725-2016)

- Perhitungan momen pada plat di bagian tengah:

$$\begin{aligned}
 M &= \left(\frac{1}{8} x (DL + D) x L^2\right) + \left(\frac{1}{2} x P x L/2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} x (0,8 + 0,9) x 1,25^2\right) + \left(\frac{1}{2} x 6,5 x 1,25/2\right) \\
 &= 0,303 + 20,313 \text{ ton/m} \\
 &= 20,616 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan pada momen tahanan:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{6} x b x h^2 \\
 &= \frac{1}{6} x 1,25 x 0,20^2 \\
 &= 0,0083 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Tegangan yang timbul pada pelat lantai di bagian tengah adalah:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{M}{W} \\
 &= \frac{20,616}{0,0083} = 2483,9 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < \sigma_{fc} = 2962 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tebal rencana plat 0,20 m yang akan dipergunakan.

Nilai ratio tulangan dipilih yang terkecil, sehingga nilai ratio tulangan yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0034$

- Menghitung luas tulangan pada pelat lantai:

$$As = \rho x b x d$$

$$p = \text{rasio tulangan} = 0,0034$$

$$b = \text{panjang penampang plat lantai} = 1250 \text{ mm} = 1,25 \text{ m}$$

$$d = \text{tebal sayap balok girder atau tebal plat lantai} = 0,0034 x 1250 x 200 = 850 \text{ mm}^2$$

$$As' (\text{Luas penampang D13}) = 0,25 x 3,14 x 132 = 132,7 \text{ mm}^2$$

tulangan Ø13 – 150 mm ($A_s = 885 \text{ mm}^2$)
 Periksa luas tulangan berdasarkan jarak
 tulangan yang dihitung:

$$A_s = \frac{A_s' \times b}{n} > A_s \text{ (yang di perlukan)}$$

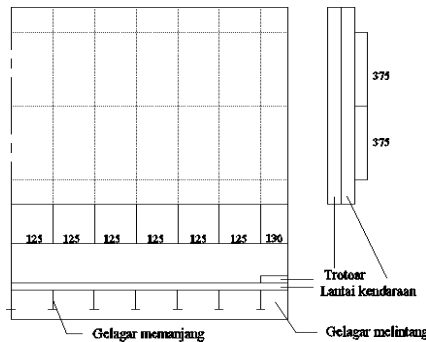
$$A_s = \frac{132,7 \times 1250}{150} > 850$$

$$= 1105,8 \text{ mm}^2 > 850 \text{ mm}^2$$

Jadi diameter pada tulangan menggunakan Ø13 pada panjang jarak 150 mm (Ø13-150 mm).

Perhitungan Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang pada jembatan memiliki fungsi utama sebagai elemen struktural yang menyalurkan beban dari pelat lantai ke struktur utama jembatan, seperti rangka atau gelagar melintang, dan akhirnya ke tumpuan. Pembebanan pada gelagar memanjang, yaitu: beban mati terdiri atas berat sendiri dan beban yang bekerja di atasnya. Beban hidup di gelagar memanjang adalah beban “D” yang terdiri atas beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”.



Gambar 4.8 Penampang Memanjang Jembatan

Data teknis perencanaan gelagar memanjang:

Tebal pada plat lantai kendaraan	= 0,20 m
Tebal pada lapisan perkerasan	= 0,05 m
Tinggi ketebalan trotoar	= 0,25 m
Tinggi pada tiang sandaran	= 0,9 m
Jarak pada gelagar melintang	= 3,75 m
Berat mutu beton bertulang	= 2400 kg/m ³

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perencanaan struktur jembatan atas yang berada di wilayah Cipatik Kecamatan Cihampelas dengan menggunakan sistem pelengkung rangka baja, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Profil dan dimensi komponen jembatan pelengkung baja yang digunakan pada :
 - a. Gelagar memanjang menggunakan profil baja IWF 350 x 175 x 7 x 11 dan gelagar melintang yang akan digunakan yaitu profil baja IWF 700 x 300 x 13 x 24.
 - b. Pelengkung Rangka Baja dan Rangka Diagonal yang akan digunakan adalah Profil Baja IWF 900 x 300 x 16 x 28.

- c. Pada Rangka Tiang profil baja yang akan digunakan adalah IWF 900 x 300 x 16 x 28 dan Rangka Diagonalnya akan menggunakan profil baja IWF 300 x 300 x 10 x 15.
 - d. Sambungan pada struktur menggunakan sambungan baut dengan Ø22 mm. Konfigurasi sambungan untuk beberapa titik buhul pada struktur.
2. Dari hasil analisa penerapan program SAP 2000, seluruh kapasitas profil komponen jembatan dengan kuat baja $f_y = 290$ Mpa dan tegangan putus minimum $f_u = 500$ Mpa, masih aman terhadap beban yang bekerja pada struktur jembatan yang mengacu pada SNI 1725-2016.

Daftar Pustaka

Akbar, D. J. M., & Wahyuni, E. (2019). Modifikasi Perencanaan Jembatan Sipait Pekalongan dengan Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.32360>

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. *Badan Standarisasi Nasional*.

Faisal, R., Soewarto, B., & Yusuf, M. (2014). Perhitungan Struktur Jembatan Lengkung Rangka Baja Dua Tumpuan Bentang 120 Meter. *Jurnal Universitas Tanjung Pura (UNTAN)*, 2(2).

Jembatan, D., Jenderal, D., & Marga, B. (t.t.). *PERENCANAAN JEMBATAN*.

Lilu, D. F. (2019). Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss Dengan Menggunakan Metode LRFD Di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu. Provinsi NTT. *e-journal Perencanaan Jembatan Rangka Baja*, 3(02).

Surat Edaran Menteri 07-SE-M-2015. (t.t.) *Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan PUPR 2015*. (t.t.).

Suhendra, F., Ananda, F., & Alamsyah, A. (2018). Perencanaan Jembatan Rangka Baja Pelengkung Sungai Liong. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2(2). <https://doi.org/10.31961/gradasi.v2i2.594>

Lampiran 1: Tabel Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (SNI 1725:2016)

Tipe Jembatan ⁽¹⁾	Lebar Bersih Jembatan (w) ⁽²⁾ (m)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Jalur	$3,00 \leq w < 5,25$	1
	$5,25 \leq w < 7,50$	2
Dua Arah, tanpa Median	$7,50 \leq w < 10,0$	3
	$10,0 \leq w < 12,5$	4
	$12,500 \leq w < 15,0$	5
	$w \geq 15,25$	6
	$5,50 \leq w \leq 8,00$	2
Dua Arah, dengan Median	$8,25 \leq w \leq 10,75$	3
	$11,00 \leq w \leq 13,50$	4
	$13,75 \leq w \leq 16,25$	5
	$w \geq 16,50$	6

Catatan ⁽¹⁾ : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.

Catatan ⁽²⁾ : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

