

PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN LENGKUNG RANGKA BAJA DUA TUMPUAN BENTANG 120 METER

Razi Faisal¹⁾ Bambang Soewarto²⁾ M. Yusuf²⁾

Abstrak

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menyatukan jalan yang terputus oleh rintangan, misalnya sungai, rawa, dll. Dalam penyusunan Tugas akhir ini di rencanakan jembatan rangka busur dengan bentang 120 meter.

Peraturan pembebanan yang dipakai untuk merencanakan jembatan ini mengacu pada RSNI 2005 yang merupakan pedoman peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan. Adanya peraturan pembebanan dimaksudkan untuk memberikan saran dalam perencanaan jembatan di Indonesia yang dapat menjamin tingkat keamanan, dan tingkat penghematan yang dapat diterima struktur jembatan. Sedangkan perencanaan struktur atas jembatan mengacu pada peraturan AISC – LRFD.

Tahap awal perencanaan adalah perhitungan lantai kendaraan dan trotoar. Kemudian dilakukan perencanaan gelagar memanjang dan melintang, sekaligus perhitungan shear connector. Memasuki tahap konstruksi pemikul utama, dilakukan perhitungan beban – beban yang bekerja, kemudian dianalisa dengan menggunakan program SAP 2000. Setelah didapatkan gaya – gaya dalam yang bekerja dilakukan perhitungan kontrol tegangan dan perhitungan sambungan. Bersamaan dilakukan perhitungan konstruksi pemikul utama juga dilakukan perhitungan konstruksi sekunder yang meliputi ikatan angin atas, bawah, dan portal akhir. Kemudian memasuki tahap akhir dari perencanaan struktur atas dilakukan perhitungan dimensi perletakan.

Kata kunci : Jembatan rangka, Baja, Gelegar, Sambungan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan alat perhubungan antar daerah yang sangat penting sekali dalam penyelenggaraan pemerintahan serta untuk menunjang dan mempercepat pelaksanaan pembangunan di segala bidang, baik bidang ekonomi, sosial, budaya, maupun pertahanan dan keamanan. Oleh karena itu maka pelaksanaan pembangunan khususnya di sektor perhubungan sangat perlu diperhatikan.

1.2 Permasalahan

Dalam penulisan proposal tugas akhir ini akan dipilih perhitungan struktur jembatan busur. Konstruksi jembatan ini menggunakan penampang rangka yang memiliki nilai lebih pada kemudahan pelaksanaan karena baja bisa dibuat terlebih dahulu melalui proses pabrikasi tanpa harus dibuat langsung di lapangan.

1.3 Pembatasan Masalah

Mengingat permasalahan yang cukup luas, maka perlu adanya pembatasan masalah, antara lain :

1. Analisa struktur jembatan menggunakan metode Perencanaan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT) atau *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*
2. Menganalisa sistem lantai kendaraan, rangka baja, sambungan dan perletakan.
3. Perhitungan gaya dalam struktur menggunakan program bantu komputer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jembatan

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang saluran air, lembah, atau menyilang jalan lainnya yang tidak sama tinggi permukaannya dan lalu-lintas jalan itu tidak terputus karenanya (Imam Subarkah, 1979).

2.2 Pembebanan Pada Jembatan

Standar acuan yang dipakai pada perencanaan adalah RSNI T-02-2005 Pembebanan Jembatan, beban dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan – tegangan dalam konstruksi adalah beban primer, beban sekunder dan beban khusus.

2.2.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari dua jenis beban, yaitu :

a. Berat Sendiri

Berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

b. Beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load*)

Beban Mati Tambahan adalah berat seluruh bahan, yang merupakan elemen non struktural dan merupakan beban pada jembatan, seperti :

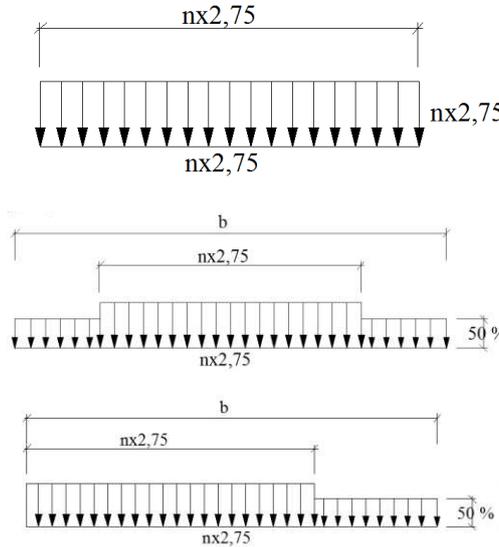
- i. Beban aspal
- ii. Beban air hujan

2.2.2 Beban Hidup

Yang dimaksud dengan beban hidup dalam hal ini adalah beban lalu lintas. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari beban "D" dan beban truk "T".

a. Beban lajur "D"

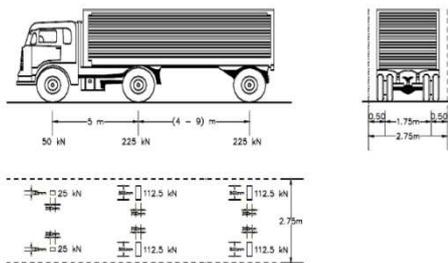
Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata *Uniformly Distributed Load* (UDL) yang digabung dengan beban garis *Knife Edge Load* (KEL).



Gambar 2.1 Beban Lajur "D"

b. Pembebanan Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.2 Beban Truk "T"

2.2.3 Beban Kejut

Faktor Beban Dinamis merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan.

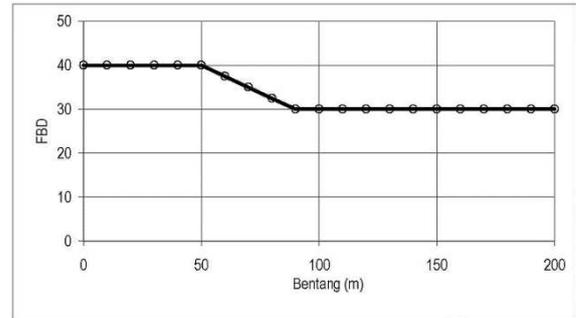
Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E diberikan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{L_{ev} L_{max}} \quad (2.1)$$

Dengan :

L_{ev} = panjang bentang rata-rata

L_{max} = panjang bentang maksimum



Gambar 2.3 Faktor Beban Dinamis untuk KEL pada Beban Lajur D

2.2.4 Beban Angin

Gaya angin nominal ultimit pada jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{ew} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A b \quad (\text{kN}) \quad (2.2)$$

Dimana :

V_w = kecepatan angin rencana (m/det)

C_w = koefisien seret

$A b$ = luas ekuivalen bagian samping jembatan (m^2)

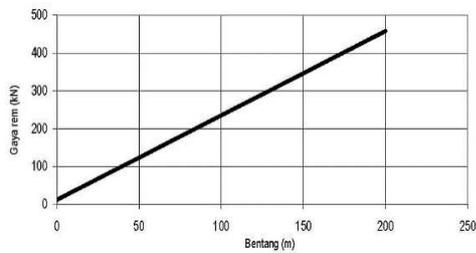
$$T_{ew} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \quad (\text{kN}) \quad (2.3)$$

Dengan : $C_w = 1,2$

2.2.5 Gaya Rem

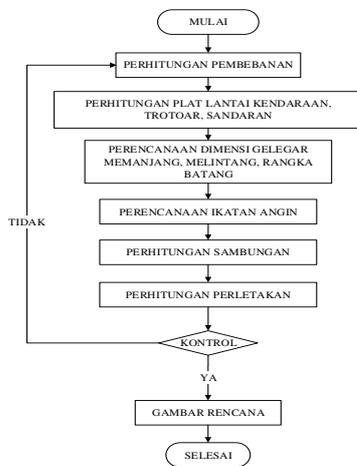
Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan

sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan.



Gambar 2.4 Gaya Rem

2.3 Metode Perencanaan



Gambar 2.5 Diagram Alir Perencanaan Struktur Jembatan

3. PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

3.1 Data Struktur

1. Kelas jalan = Kelas I
2. Panjang total jembatan = 120 m
3. Lebar total jembatan = 9 m
4. Lebar lantai kendaraan = 2 x 3,5 m
5. Lebar trotoar = 2 x 1 m
6. Tipe jembatan = Jembatan Pelengkung Rangka Baja
7. Tinggi rangka jembatan = 20 meter
8. Jarak antar g. memanjang = 1,75 m
9. Jarak antar g. melintang = 5 m

3.2 Perhitungan Lantai Kendaraan, Pipa Sandaran, dan Trotoar

3.2.1 Perhitungan Lantai Kendaraan

a. Momen akibat beban mati dan beban mati tambahan

Nilai momen total akibat beban mati dan beban mati tambahan adalah sebagai berikut :

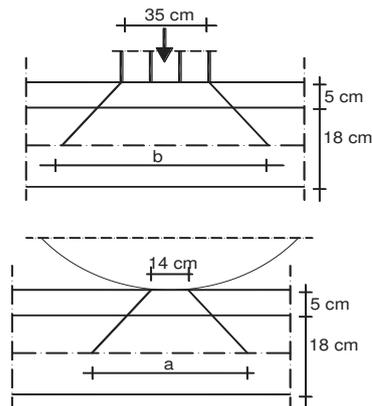
$$M_{lx} = 614499,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = 1512244,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{tx} = - 765723,61 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} = - 1512244,13 \text{ Nmm}$$

b. Momen akibat beban hidup (Truk)



Gambar 3.1 Lebar bidang kontak antara kendaraan dengan lantai kendaraan

$$M_{lx} = \frac{M_{0l}}{S_a} = \frac{94440937,5}{0,753} = 125419571,71 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = \frac{M_{lx}}{1 + \frac{4a}{3l_x}} = \frac{125419571,71}{1 + \frac{4 \times 0,42}{3 \times 1,75}} = 95014827,06 \text{ Nmm}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{OT}}{S_b} = \frac{-23610234,38}{0,42}$$

$$= -56214843,75 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} = -0,1 \frac{M_{OT}}{S_a} = \frac{-23610234,38}{0,42}$$

$$= -3135489,29 \text{ Nmm}$$

c. Momen akibat beban angin

Momen dihitung dengan menggunakan program komputer didapatkan 2134834,8 Nmm

$$M_{lx} = 677219,2 + 125419571,71 + 2134834,8 = 128168905,71 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = 1666594,13 + 95014827,06 = 96527071,18 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} = -843979,61 + (-56214843,75)$$

$$= -56980567,36 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} = -1666594,13 + (-4802083,42)$$

$$= -4647733,42 \text{ Nmm}$$

d. Penulangan Plat Lantai Kendaraan

Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 128168905,71 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{128168905,71}{0,8} =$$

$$160211132,14 \text{ Nmm}$$

Jarak antar tulangan = $1000 / 13 = 76,92 \approx 75$ mm. Jadi tulangan yang dipakai adalah Ø18 – 75

Penulangan tumpuan arah x

Jarak antar tulangan = $1000 / 7 = 142,857 \approx 140$ mm. Jadi tulangan yang dipakai adalah Ø16 – 140

Penulangan lapangan arah y

Jarak antar tulangan = $1000 / 9 = 111,111 \approx 110$ mm. Jadi tulangan yang dipakai adalah Ø18 – 110

Penulangan tumpuan arah y

Jarak antar tulangan = $1000 / 4 = 250$ mm. Jadi tulangan yang dipakai adalah Ø10 – 250

3.2.2 Perhitungan Pipa Sandaran dan Trotoar

Perhitungan pipa sandaran dan trotoar harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga mampu memikul beban – beban yang bekerja terutama beban akibat lalu lintas dari pejalan kaki serta akibat beban sendiri trotoar.

a. Perhitungan Pipa Sandaran

Data pipa sandaran :

$$M = 3437426,51 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 3472290 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M \rightarrow \text{Pipa sandaran aman}$$

Kontrol lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{5000 \text{ mm}}{500} = 10 \text{ mm}$$

$$f = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{(4,283 \times 10^{-6})^2 + (4,59 \times 10^{-6})^2} = 6,283 \times 10^{-6} \text{ mm} < \bar{f} = 10 \text{ mm}$$

OK

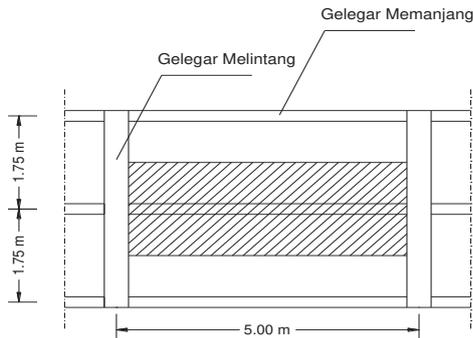
b. Perhitungan Trotoar

$$M_u = 2077000 \text{ Nmm}$$

Penulangan trotoar

Jarak antar tulangan = $1000 / 10 = 100$ mm. Jadi tulangan yang dipakai adalah Ø13 – 100

3.3 Perhitungan Gelegar Memanjang



Gambar 3.2 Jarak gelegar memanjang dan gelegar melintang

3.3.1 Data Gelegar Memanjang

Jarak antara g. memanjang (l_x) = 1,75 m

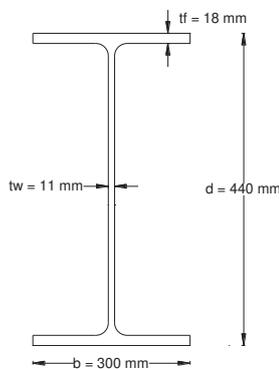
Jarak antara g. melintang (l_y) = 5,00 m

Mutu baja Konstruksi BJ 55 (f_y) = 410 MPa

Modulus elastisitas baja (E) = 200000 MPa

3.3.2 Perhitungan Profil Gelegar Memanjang

Untuk perencanaan gelegar memanjang dicoba menggunakan profil WF dengan dimensi 440 × 300. Data profil WF 440 × 300 adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Penampang profil WF 440 × 300

3.3.2.1 Perhitungan Momen Nominal

a. Menghitung momen nominal penampang komposit

$$M_n = 1545,799 \text{ kNm}$$

$$\phi_b M_n > M_u$$

$$M_u = 36,159 + 10,872 + 329,0625 + 6,427 + 64,625 = 447,146 \text{ kNm}$$

$$0,9 \times 1545,799 \text{ kNm} > 447,146 \text{ kNm}$$

1391,219 kNm > 447,146 kNm Profil Aman

3.3.2.2 Lendutan Gelegar Memanjang

$$\Delta = \frac{L}{1000} = \frac{5000 \text{ mm}}{1000} = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta = 4,205 \text{ mm}$$

$$4,205 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \rightarrow \text{Profil Aman}$$

3.3.2.3 Perencanaan Penghubung Geser (Shear Connector)

Diperlukan 33 buah *stud* untuk setengah bentang, pada satu posisi digunakan dua buah *stud* sehingga untuk setengah bentang memerlukan $33/2 = 16,5 \approx 17$

3.4 Perhitungan Gelegar Melintang

3.4.1 Data Gelegar Melintang

Jarak antara gelegar memanjang

$$(l_x) = 1,75 \text{ m}$$

Jarak antara gelegar melintang

$$(l_y) = 5,00 \text{ m}$$

Mutu baja Konstruksi BJ 55

$$(f_y) = 410 \text{ MPa}$$

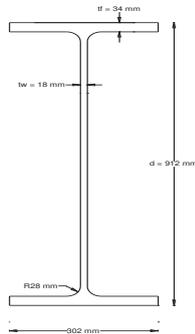
Modulus elastisitas baja

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

3.4.2 Perhitungan Profil Gelegar Melintang

Untuk perencanaan gelegar memanjang dicoba menggunakan

profil WF dengan dimensi 900×300 .
Data profil WF 900×300 adalah
sebagai berikut :



3.4.2.1 Perhitungan Momen Nominal

Momen total

$$M = 1875,313 \text{ kNm}$$

a. Menghitung momen nominal penampang

$$Z_x = 300 \times 34(912 - 34) + \frac{1}{4} \times 18(912 - 2 \times 34)^2 = 12220816 \text{ mm}^3$$

$$M_n = Z_x f_y = 12220816 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ MPa} = 5,0105 \times 10^9 \text{ Nmm} = 5010,5 \text{ kNm}$$

$$\phi_b M_n > M_u$$

$$0,9 \times 5010,5 \text{ kNm} > 1875,313 \text{ kNm}$$

$$4509,48 \text{ kNm} > 1875,313 \text{ kNm} \rightarrow \text{Profil aman}$$

3.4.2.2 Lendutan Gelegar Melintang

$$\Delta = \frac{L}{1000} = \frac{9000 \text{ mm}}{1000} = 9 \text{ mm}$$

Lendutan total yang terjadi pada gelegar melintang :

$$\Delta = 0,2406 + 0,227 + 0,548 + 0,675 + 0,548 + 0,227 + 1,235 + 1,796 + 1,235 + 1,796$$

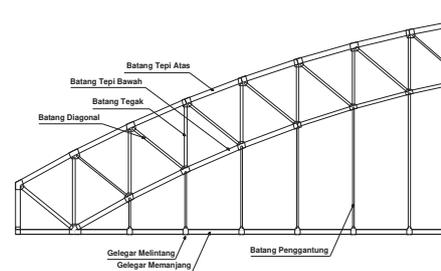
$$\Delta = 8,528 \text{ mm} < 9 \text{ mm} \rightarrow \text{Profil aman}$$

3.5 Perhitungan Konstruksi Rangka Jembatan

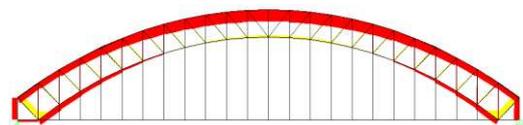
3.5.1 Gaya Aksial Pada Konstruksi Rangka Baja

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Gaya Aksial

Tarik/ Tekan	Posisi	Aksial (kN)
Tarik	Angin Bawah	421,479
	Angin Tepi Atas	213,475
	Angin Tepi Bawah	175,708
	Diagonal	6013,601
	Penggantung	474,663
	Tegak	424,7
	Tepi Bawah	2050
Tekan	Angin Bawah	191,783
	Angin Tepi Atas	344,991
	Angin Tepi Bawah	158,443
	Tegak	6340,616
	Tepi Atas	11017,754
	Tepi Bawah	5613,389



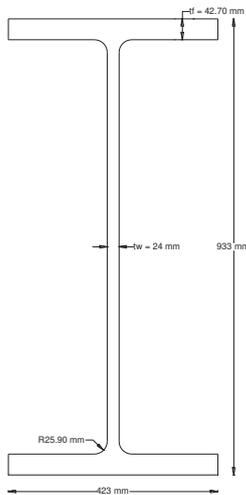
Gambar 3.4 Rangka Jembatan



Gambar 3.5 Diagram gaya aksial dari hasil SAP 2000

Perencanaan Batang Tepi Atas

Tekan



Dari hasil analisa program komputer SAP 2000 didapat gaya aksial tekan terbesar yaitu pada batang S 137, $N_u = 11017,754 \text{ kN}$

Dimensi batang dicoba menggunakan profil 36' WF 36 × 16½

$$\begin{aligned} A_g &= 588,8 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 844600 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 46730 \text{ cm}^4 \\ i_x &= 38,53 \text{ cm} \\ i_y &= 9,47 \text{ cm} \\ S_x &= 18112,6 \text{ cm}^3 \\ S_y &= 2410,9 \text{ cm}^3 \\ f_y &= 410 \text{ MPa} \\ f_u &= 550 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka :

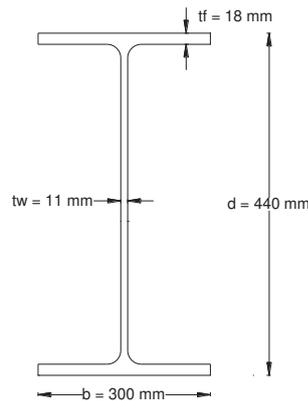
$$\phi N_n = 0,85 \times 23792,62 \text{ kN} = 20223,72 \text{ kN}$$

$$N_u \leq \phi N_n$$

$11017,754 \text{ kN} \leq 20223,72 \text{ kN}$ Profil aman

3.5.2 Perencanaan Batang Tepi Bawah

Tarik



Dari hasil analisa program komputer SAP 2000 didapat gaya aksial tarik terbesar yaitu pada batang S 102, $N_u = 2050 \text{ kN}$

Dimensi batang dicoba menggunakan profil WF 440 × 300

$$\begin{aligned} A_g &= 157,4 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 56100 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 8110 \text{ cm}^4 \\ i_x &= 18,88 \text{ cm} \\ i_y &= 7,18 \text{ cm} \\ S_x &= 2440 \text{ cm}^3 \\ S_y &= 541 \text{ cm}^3 \\ f_y &= 410 \text{ MPa} \\ f_u &= 550 \text{ MPa} \end{aligned}$$

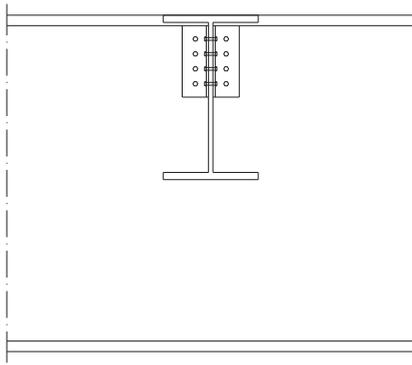
Dipakai nilai ϕN_n yang terkecil, maka $\phi N_n = 5495,985 \text{ kN}$

$$N_u \leq \phi N_n$$

$2050 \text{ kN} \leq 5495,985 \text{ kN} \rightarrow$ Profil aman.

4. PERHITUNGAN SAMBUNGAN

4.1 Sambungan Memanjang Dengan Melintang Gelegar Dengan Gelegar



Besarnya gaya lintang yang bekerja pada gelegar memanjang adalah :

$$66,032 \text{ kN} + 263,25 \text{ kN} = 329,281 \text{ kN}$$

Diambil nilai ϕR_n terkecil yaitu 42,724 kN.

1. Menghitung Jumlah Baut

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

$$\text{Maka : } n = \frac{329,281 \text{ kN}}{42,724 \text{ kN}} = 7,707 \approx 8$$

buah

5. PERHITUNGAN PERLETAKAN

5.1 Perhitungan Perletakan

- Beban – beban yang bekerja :

$$R_v = 6356,861 \text{ kN}$$

$$R_d = 2551,89 \text{ kN}$$

$$H_{agn} = 5/4 \times 3,00 \text{ kN/m} \times 120 \text{ m} = 450 \text{ kN}$$

$$H_{rem} = 16,738 \text{ kN}$$

$$H_{gsk} = 0,01 R_d = 0,01 \times 2551,89 \text{ kN} = 25,519 \text{ kN}$$

- Data-data bantalan karet :

$$\text{Tegangan tekan } (\sigma_b) = 7,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Regangan tekan} = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus geser } (G) = 0,8 \text{ MPa}$$

Penurunan yang diizinkan = 15% tebal landasan

Pergeseran horizontal yang diizinkan = 50% tebal landasan

- Dimensi bantalan

Luas perlu :

$$A = \frac{R_v}{\sigma_b} = \frac{6356,861 \text{ kN}}{7,0 \text{ MPa}} = 908123 \text{ mm}^2$$

Lebar bantalan (b) = 900 mm

Panjang bantalan (L) =

$$\frac{A}{b} = \frac{908123 \text{ mm}^2}{900 \text{ mm}} = 1009,026 \text{ mm}$$

digunakan $L = 1100 \text{ mm}$

Tebal bantalan = 3,0 cm

Luas Aktual = $L b = 1100 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} = 990000 \text{ mm}^2 > A_{perlu} \rightarrow \text{Aman}$.

5.2 Perhitungan Baut Angkur Pada Perletakan

Data-data perencanaan :

Mutu baut yang digunakan adalah

Diameter baut 24 mm

$$H_{ldn} = 42,257 \text{ kN}$$

$$H_{ltr} = 720 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (24)^2 = 452,571 \text{ mm}^2$$

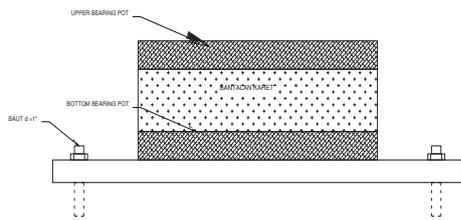
Diambil nilai ϕR_n terkecil yaitu 145,615 kN.

1. Menghitung Jumlah Baut

$$n = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

Jumlah baut

$$n = \frac{721,239 \text{ kN}}{145,615 \text{ kN}} = 4,953 \approx 8 \text{ baut}$$



Gambar 5.1 Elastomeric bearing

6. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan berupa konstruksi busur rangka dengan bentang 120 m dan fokus tertinggi 20 m
2. Dimensi melintang lantai kendaraan dengan trotoar adalah 9 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Lantai kendaraan berupa pelat beton bertulang dengan tebal 180 mm
3. Berdasarkan program SAP 2000, total berat rangka jembatan adalah sebesar 2303,948 kN atau 234,857 ton
4. Berdasarkan program SAP 2000, total lendutan rangka jembatan adalah sebesar 0,525 m
5. Dimensi profil untuk geagar melintang berupa WF 900 × 300 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
6. Struktur utama rangka baja batang tepi atas dengan profil WF 900 × 300 dan 36' WF 36 16 ½ dengan menggunakan mutu baja BJ 55
7. Struktur utama rangka baja berupa batang tepi bawah dengan profil WF 440 × 300 dan 36' WF 36 16 ½ dengan menggunakan mutu baja BJ 55
8. Struktur utama rangka baja berupa batang tegak dengan profil WF 250 × 250, WF 200 × 200 dan WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
9. Struktur utama rangka baja berupa batang diagonal dengan profil WF

900 × 300, WF 200 × 200 dan WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55

10. Struktur utama rangka baja berupa batang penggantung dengan profil WF 200 × 200 dan WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
11. Struktur sekunder rangka baja berupa ikatan angin tepi atas dengan profil WF 200 × 200 dan WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
12. Struktur sekunder rangka baja berupa ikatan angin tepi bawah dengan profil WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
13. Struktur sekunder rangka baja berupa ikatan angin bawah dengan profil WF 150 × 150 dengan menggunakan mutu baja BJ 55
14. Perletakan yang digunakan adalah *Elastomeric Bearing* dengan dimensi 110 cm × 900 cm × 3 cm

Daftar Pustaka

- . 2005. *Pembebanan untuk Jembatan, RSNI T-02-2005*. Badan Standardisasi Nasional.
- . 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, RSNI T-03-2005*. Badan Standardisasi Nasional.
- . 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton, SNI 03-2847-2002*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Aristadi, Dien. 2006. *Analisis Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja*.
- Chen, Ed. Wai-Fah, dan Lian Dan. 2000. "http://freeit.free.fr/Bridge20Engineering20HandBook/." Diakses 26 Juli 2013.

- Gunawan, Rudy. 1983. *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Hadihardaja, Joetata. 1997. *Rekayasa Pondasi II Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Learning, I.T. 2009. *19 Aplikasi Rekayasa Konstruksi 2D dengan SAP 2000*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Learning, I.T. 2008. *Belajar Sendiri SAP 2000 Versi 10*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- McCormac, Jack C. 2000. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Salmon, Charles G., dan John E. Johnson. 1997. *STRUKTUR BAJA. Desain dan Perilaku. Edisi Kedua. Jilid 1*. Jakarta: PENERBIT ERLANGGA.
- Subarkah, Imam. 1979. *Jembatan Baja*. Bandung: Idea Dharma.
- Supriyadi, Bambang, dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- T., Gunawan, dan Margaret S. 2007. *Diktat Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja II Jilid 1*. Jakarta: Delta Teknik Group.