

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 220- 228	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)

ANALISIS PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan, 01 – 12

PEMANFAATAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PLAFON ETERNIT

Dian Angga Prasetyo, Sutikno, 13 – 24

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT BAMBU PADA PLAFON GIPSUM DENGAN PEREKAT POLISTER

Tiang Eko Sukoko, Sutikno, 25 – 33

PENERAPAN SAMBUNGAN MEKANIS (METODE PEMBAUTAN) PADA BALOK DENGAN PERLETAKAN SAMBUNGAN $\frac{1}{2}$ PANJANG BALOK DITINJAU DARI KUAT LENTUR BALOK

Hehen Suhendi, Sutikno, 34 – 38

STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN FINANSIAL RENCANA PELEBARAN JALAN TOL WARU-SIDOARJO

Reynaldo B. Theodorus Tampang Allo, Mas Suryanto HS, 39 – 48

PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA KUALITAS GENTENG BETON

Mohamad Ari Permadi, Sutikno, 49 – 55

PENGARUH PENAMBAHAN *SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA CAMPURAN PANAS (*HOT MIX*) ASPAL PORUS

Rifky Arif Laksono, Purwo Mahardi, 56 – 64

ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Taufan Gerri Noris, Purwo Mahardi, 65 – 70

ANALISIS PERSEDIAAN MATERIAL PADA PEMBANGUNAN PROYEK *MY TOWER HOTEL & APARTMENT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (MRP)

Tri Wahyuni, Arie Wardhono, 71 – 85

ANALISIS KECELAKAAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA

Great Florentino Miknyo Hendarich, Karyoto, 86 - 100

PEMANFAATAN *SLAG* BAJA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Arifin Kurniadi, Sutikno, 101 - 106

PENERAPAN *E-PROCUREMENT* PADA PROSES PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI UNIT LAYANAN PENGADAAN PEMERINTAH KABUPATEN GRESIK

Anastastia Ria Utami, Hendra Wahyu Cahyaka, 107 - 116

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Qurratul Ayun, Purwo Mahardi, 117 - 122

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER PADA PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL SURABAYA <i>Irwan Wahyu Wicaksana, Sutikno,</i>	123 - 128
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI <i>Rizky Putra Ramadhan, Purwo Mahardi,</i>	129 - 135
PENGARUH TREATMENT LUMPUR LAPINDO TERHADAP MUTU BATU BATA BAHAN LUMPUR LAPINDO BERDASARKAN SNI 15-2094-2000 <i>Ah. Yazidun Ni'am, Arie Wardhono,</i>	136 - 143
ANALISIS PRODUKTIVITAS TOWER CRANE PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TUNJUNGAN PLAZA 6 SURABAYA <i>Sofia Dewi Amalia, Didiek Purwadi,</i>	144 - 155
ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Machfud Ridwan, Falaq Karunia Jaya,</i>	156 - 166
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN DINDING BATA RINGAN DI PROYEK PERUMAHAN <i>Loga Geocahya Pratama, Sutikno,</i>	167 - 181
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN GENTENG ATAP METAL DI PROYEK PERUMAHAN <i>Siti Komariyah, Hasan Dani,</i>	182 - 191
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Nur Fauzan, Nur Andajani,</i>	192 - 200

PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH *POZZOLAN* LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN
DENGAN AGREGAT *PUMICE* PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN

Dwi Kurniawan, Arie Wardhono, 201 - 211

PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN DASAR PENGANTI PASIR PADA
PEMBUATAN *PAVING BLOCK GEOPOLYMER*

Feminia Heri Cahyanti, Arie Wardhono, 212 - 219

ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA

Siswo Hadi Murdoko, Karyoto, 220 - 228



ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA

Siswo Hadi Murdoko, Karyoto

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: siswoh2@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi syarat teknis ditinjau dari segi keamanan serta rencana penggunaannya merupakan suatu hal yang sangat penting untuk diupayakan. Agar struktur jembatan yang dihasilkan dapat layak digunakan dan memberikan rasa aman bagi penggunanya. Pada penelitian ini peneliti bermaksud untuk menganalisa perencanaan suatu konstruksi jembatan dengan menggunakan busur rangka baja. Jembatan direncanakan sepanjang 60,00, lebar 9,00 m, dengan jalan 2 lajur selebar 6,00 m. Peraturan pembebanan yang dipakai untuk merencanakan jembatan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, dan Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992. Dengan perencanaan struktur atas jembatan mengacu pada peraturan AISC – LRFD. Perencanaan tahap awal adalah perhitungan lantai kendaraan. kemudian dilakukan perencanaan gelagar memanjang dan melintang, serta perhitungan shear connector. Selanjutnya dilakukan perhitungan pada program SAP untuk menghitung gaya-gaya yang bekerja pada jembatan untuk menghitung ikatan angin, penggantung, dan busur rangka yang digunakan dalam jembatan. perencanaan dan perhitungan dengan metode LRFD didapatkan penampang untuk Busur Rangka Baja yaitu profil WF 350.350.12.19, penggantung menggunakan profil WF 350.350.12.19, gelagar melintang menggunakan profil WF 500.300.11.18, dan gelagar memanjang menggunakan profil WF 350.350.12.19.

Kata Kunci: Jembatan Busur Rangka Baja, LRFD, SAP

Abstract

Planning the structure of the bridge economically and safety is important thing to be pursued, in order for the produced bridge can be fit for use and provide security for its users. In this study, researchers intend to analyze the planning of an arch bridge construction using steel. The bridge planned 60,00m long, 9.00 m wide, with 6,00 m for two-lane road. Regulations for bridge loading refers to the Indonesian National Standard (SNI) T-02-2005, 03-2005-T, T-12-2004, and Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992. With the planning structure of the bridge based on AISC - LRFD. The early stage planning is the calculation of the vehicle floor, then the planning of longitudinal girders and cross girders. Furthermore using SAP program to calculate the working forces on the bridge to calculate wind bonding, hanger, and the arch used in bridges. Planning and calculation with LRFD method obtained profiles for truss arch sections using WF 350.350.12.19, hanger using WF 350.350.12.19, cross girder using WF 500.300.11.18, and a longitudinal girder using WF 350.350.12.19.

Keywords: truss arch bridge, LRFD, SAP

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan merupakan struktur konstruksi yang menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau. Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai pada konstruksi yang mutakhir. Salah satu tipe jembatan berdasarkan tipe strukturnya adalah Jembatan busur rangka baja. Penggunaan jembatan busur rangka baja dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien. Selain itu

jembatan busur rangka baja memiliki nilai arsitektur lebih dari jenis jembatan dengan jenis struktur yang lain.

Perencanaan struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi syarat teknis ditinjau dari segi keamanan serta rencana penggunaannya merupakan suatu hal yang sangat penting untuk diupayakan. Agar struktur jembatan yang dihasilkan dapat layak digunakan dan memberikan rasa aman bagi penggunanya.

Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti bermaksud untuk menganalisa perencanaan suatu konstruksi jembatan dengan menggunakan busur rangka baja.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan diadakan penelitian ini adalah: merencanakan dan memberikan penjelasan bagaimana menghitung konstruksi jembatan busur rangka baja

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan konstruksi jembatan busur rangka baja menurut SNI?
2. Jenis profil apa saja yang digunakan dalam perencanaan jembatan busur rangka baja?

D. Rumusan Masalah

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif desain konstruksi jembatan.
2. Untuk menerapkan ilmu yang berkaitan dengan teori yang diperoleh selama perkuliahan dalam bidang perencanaan konstruksi jembatan.
3. Dapat membantu perorangan atau instansi sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya

E. Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan bentang jembatan adalah 60m, dengan tipe jembatan busur rangka baja.
2. Lebar total jembatan 9m.
3. Tipe penggantung yang digunakan merupakan Wf, sling/ kawat baja.
4. Perencanaan jembatan hanya menghitung struktur atas, dan busur rangka jembatan.
5. Perencanaan menggunakan pembebanan sesuai SNI, dan metode LRFD.

METODE

Peneliti menggunakan metode penelitian kualitatif, yaitu penelitian tentang riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis.

A. Sumber Data dan Data Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari fenomena-fenomena yang ada disekitar dalam bidang ketekniksipilan tentang perancangan suatu konstruksi.

Data penelitian yang digunakan berupa data primer, yaitu data yang dikumpulkan sendiri oleh perorangan atau suatu organisasi secara langsung dari objek yang diteliti, seperti rencana *preliminary* desain jembatan yang akan digunakan.

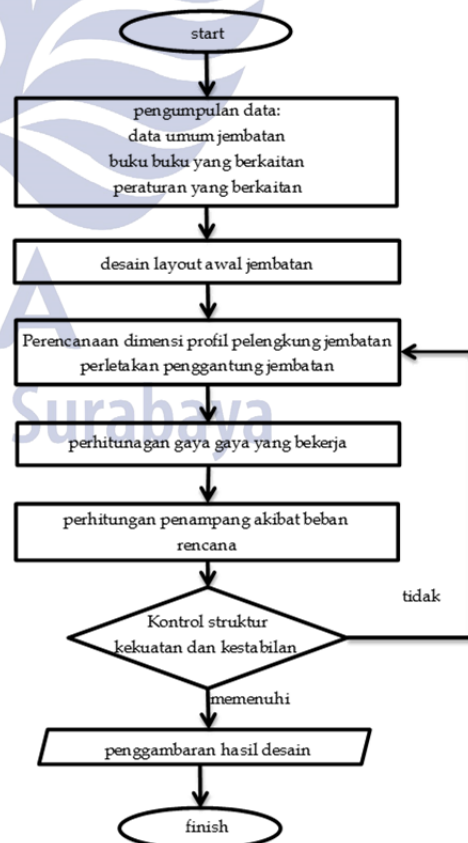
B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi kepustakaan, yaitu dilakukan dengan cara mencari literatur atau referensi yang menunjang dan berkaitan dengan penelitian

C. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini yaitu dengan cara:

1. Mulai penelitian.
2. Menentukan jenis jembatan yang akan dilakukan perencanaan. Jembatan yang akan direncanakan adalah dua jalur empat lajur dengan asumsi dibawah ini:
 Tipe Jembatan = Busur Rangka Baja
 Kelas Jembatan = II
 Panjang bentang jembatan = 60,00 m
 Tebal slab lantai jembatan = 0,20 m
 Tebal lapis aspal+overlay = 0,10 m
 Jarak antar gelagar baja = 1,50 m
 Lebar trotoar = 1,50 m
 Lebar lajur = 3,00 m
 Lebar total jembatan = 9,00 m
 Tinggi lengkung Jembatan = 12,00m
3. Menentukan dimensi profil jembatan dan data pembebanan jembatan
4. Perhitungan pembebanan untuk jembatan dengan mengacu pada RSNI T-02-2005
5. Perhitungan perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan dengan mengacu pada SNI 2833:2008.
6. Melakukan analisis struktur dengan *software* SAP 2000.
7. Penelitian selesai.



Gambar 1, Diagram Alir Penelitian

PERHITUNGAN KONSTRUKSI

A. Perhitungan Lantai Kendaraan

Data Lantai Kendaraan

tebal slab lantai jembatan	ts=h= 20 cm
tebal lapis aspal overlay	ta= 10 cm
tebal genangan air hujan	th= 5 cm
jarak antar gelagar baja	S= 150 cm
lebar jalur lalu lintas	b1= 600 cm
lebar trotoar	b2= 150 cm
lebar total jembatan	bt= 900 cm

Pembebanan lantai kendaraan ditinjau lantai selebar 1,00 meter pada arah memanjang jembatan meliputi:

Berat Sendiri (MS)

Beban Mati Tambahan (MA)

Beban Truk "T" (TT)

Faktor Beban Angin (EW)

Pengaruh Temperatur (ET)

Kemudian dilakukan perhitungan momen mengacu pada kombinasi momen dalam RSNI T-02-2005

Tabel 1, Kombinasi Momen RSNI T-02-2005

A K S I	LAYAN						ULTIMIT					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut/rangak												
Pratekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pengaruh temperatur	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aliran/hanyutan/batang kayu dan hidrostatik/apung	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0
Beban angin			0	0	X	0	0		0	X	0	0
Aksi Khusus												
Gempa											X	
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan					X							X

1. Tulangan Lapangan

Momen rencana, $M_u=109,416 \text{ kN.m'}$

a. Tulangan Lentur.

Tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 5,0237 \text{ N/mm}^2$$

Tahanan momen maksimum.

$$\rho_b = \beta_1 \frac{f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = 0,0233$$

$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,017473048$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) = 5,4981 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}} \right) = 0,01556$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,01560 \cdot 1000 \cdot 165 = 2566,929 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Bagi

Tulangan bagi yang dipasang arah memanjang jembatan

$$A_s' = 50\% A_s = 1288,113636 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan Tumpuan

Momen rencana, $M_u=106,9844 \text{ kN.m'}$

a. Tulangan Lentur.

Tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 4,912 \text{ N/mm}^2$$

Tahanan momen maksimum.

$$\rho_b = \beta_1 \frac{f_{c'}}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = 0,0233$$

$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,017473048$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \right) = 5,4981 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_{c'}}} \right) = 0,01512$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,01512 \cdot 1000 \cdot 165 = 2495,43 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Bagi

Tulangan bagi yang dipasang arah memanjang jembatan

$$A_s' = 50\% A_s = 1288,113 \text{ mm}^2$$

B. Perhitungan Gelagar Memanjang

Perencanaan gelagar memanjang jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41, dengan jarak gelagar memanjang 1,50 m. Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil dengan dimensi 350.350.12.19.

1. Pembebanan

a. Beban Mati

Sebelum Komposit

$$q_{D1} = 1300,1 \text{ kg/m}$$

$$M_{D1} = \frac{1}{8} \cdot 1300,1 \cdot 6^2 = 5850,45 \text{ kgm}$$

Setelah Komposit

$$q_{D2} = 214,50 \text{ kg/m}$$

$$M_{D2} = \frac{1}{8} \cdot 214,50 \cdot 6^2 = 965,25 \text{ kgm}$$

b. Beban hidup

Beban terbagi rata (UDL)

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

$$q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$q = 6,75 \text{ kPa} = 675,00 \text{ kg/m}^2$$

Beban yang bekerja:

$$qL = 675 \cdot 1,5 \cdot 1,8 = 1822,5 \text{ kg/m} = 18,23 \text{ kN/m}$$

Beban garis (KEL)

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

Untuk $50 < L < 90 \text{ m}$, maka

$$DLA = 0,4 - 0,0025 \cdot (L-50) = 0,325$$

$$P_1 = (1+DLA) \cdot P \cdot b_1 \cdot K_{TD}^u = 18045,4 \text{ kg}$$

$$M_{L1} = \left(\frac{1}{8} \cdot q_L \cdot L^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot P_L \cdot L\right) = 27068,1 \text{ kgm}$$

2. Momen akibat beban truk "T"

beban truk "T" sebesar 112,5 kN.

$$M_{L2} = T \cdot (1 + DLA) \cdot \frac{1}{4} \cdot L \cdot K_{TD}^u$$

$$= 402,469 \text{ kNm} = 40246,9 \text{ kgm}$$

Karena $M_{L1} < M_{L2}$, maka dipakai momen akibat beban truk "T" yaitu $M_{L2} = 40246,9 \text{ kgm}$

Lebar Efektif Pelat Beton

$$be_1 \leq S$$

$$\leq 150 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq \frac{L}{5}$$

$$\leq \frac{600}{5} = 120 \text{ cm}$$

3. Kontrol Kekuatan Lentur

Akibat tekuk lokal:

$$h = d - 2 \cdot (tf + r) = 272 \text{ mm}$$

Badan:

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$22,67 \leq 106,25 \text{ (OK)}$$

Sayap:

$$\frac{bf}{2 \cdot tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$9,21 \leq 10,75 \text{ (OK)}$$

4. Letak Garis Netral

Luas beton

$$Ac = be \cdot hc = 3000 \text{ cm}^2$$

Luas baja

$$C1 = As \cdot fy = 4347500 \text{ N}$$

$$C2 = 0,85 \cdot fc \cdot Ac = 8925000 \text{ N}$$

nilai C diambil yang terkecil 4347500 N

$$a = \frac{c}{0,85 \cdot fc \cdot b} = 97,42 \text{ mm}$$

$$y = \frac{d}{2} + t + \frac{a}{2} = 423,71 \text{ mm}$$

Kuat lentur nominal

$$Mn = C \cdot y = 1842079225 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 1565767341 \text{ Nmm}$$

5. Kontrol Gaya Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup (UDL+KEL) menentukan:

$$V_{amax} = (P_1 \cdot K_{TD}^u \cdot l) + (q_{L1} \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda)$$

$$= 437,79 \text{ kN} = 43779 \text{ kg}$$

b. Untuk beban T menentukan:

$$V_{amax} = T \cdot (1+0,3) \cdot l \cdot 1,8$$

$$= 268,31 \text{ kN} = 26831 \text{ kg}$$

Maka, V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban hidup (UDL+KEL) sebesar 43779 kg.

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$19,63 \leq 69,57 \text{ (OK)}$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

$$V_u \leq 0,6 \cdot fy \cdot A_w$$

$$43779 \text{ kg} \leq 97440 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang maka harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi Vn} \leq 1,375$$

$$0,54 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

7. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin

$$\delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot \lambda = 0,750$$

Lendutan akibat beban hidup (UDL+KEL)

$$\delta_{(UDL+KEL)} = \frac{5}{384} \cdot \frac{qL \cdot \lambda^4}{EIx} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P1 \cdot \lambda^3}{EIx} = 0,68 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban truk

$$\delta_T = \frac{1}{48} \cdot \frac{P_T \cdot \lambda^3}{EIx} = 0,31 \text{ cm}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban UDL+KEL = 0,68 cm

$$\delta_{UDL+KEL} \leq \delta_{ijin}$$

$$0,68 \text{ cm} \leq 0,750 \text{ (OK)}$$

C. Perhitungan Gelagar Melintang

Perencanaan gelagar memanjang jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41, dengan jarak gelagar memanjang 1,50 m. Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil dengan dimensi 500.300.11.18.

1. Pembebanan

a. Beban Mati

Sebelum komposit

$$q_D = 5863 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 26383,50 \text{ kg}$$

$$M_{Q1} = 52767 \text{ kgm}$$

Sesudah komposit

$$q_{D2} = 7293 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 11368,6 \text{ kg}$$

$$M_{Q2} = 30244,5 \text{ kgm}$$

b. Beban Hidup

Beban merata (UDL)

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

$$q = 4,75 \text{ kPa} = 475 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{UDL} = 5130 \text{ kg/m}$$

Beban garis (KEL)

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

Untuk $50 < L < 90 \text{ m}$, maka

$$DLA = 0,4 - 0,0025 \cdot (L-50) = 0,325$$

$$P_{KEL} = (1+DLA) \cdot P \cdot K_{TD}^u = 11686,5 \text{ kg}$$

$$\text{Beban "D"} = \text{beban UDL} + \text{beban KEL}$$

$$= 16816,5 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \cdot 16816,5 = 16816,5 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \cdot 16816,5 = 8408,25 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 44143,31 \text{ kg}$$

$$M_{maxL1} = 70944,6 \text{ kgm}$$

Beban Truk "T"

Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi a)

$$R_A = 434,53 \text{ kN} = 43453 \text{ kg}$$

$$M_{maxL2a} = 74671,5 \text{ kgm}$$

Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi b)

$$R_A = 202,5 \text{ kN} = 20250 \text{ kg}$$

$$M_{maxL2a} = 43031,25 \text{ kgm}$$

Digunakan momen beban truk kondisi a sebesar 74671,5 kgm. Karena pada beban truk kondisi a, memberikan M_{max} terbesar.

2. Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

lebar efektif pelat beton adalah:

$$\begin{aligned} be_1 &\leq S \\ &\leq 600 \text{ cm} \\ be_2 &\leq \frac{L}{5} \\ &\leq \frac{900}{5} = 180 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana:

S = jarak antar gelagar melintang

L = lebar jembatan

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil be_2 yaitu 180 cm.

3. Kontrol Kekuatan Lentur

Akibat tekuk lokal:

$$h = d - 2(t_f + r) = 400 \text{ mm}$$

Badan:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$36,36 \leq 106,25 \text{ (OK)}$$

Sayap:

$$\frac{b_f}{2.t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$8,33 \leq 10,752 \text{ (OK)}$$

4. Menentukan letak garis netral plastis

$$Ac = be \cdot hc = 1800 \cdot 200 = 360000 \text{ mm}^2 = 3600 \text{ cm}^2$$

Luas baja

$$C1 = As \cdot f_y = 16350 \cdot 250 = 4087500 \text{ N}$$

$$C2 = 0,85 \cdot f_c \cdot Ac = 0,85 \cdot 35 \cdot 360000 = 10710000 \text{ N}$$

nilai C diambil yang terkecil = 4087500 N

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = 76,33 \text{ mm}$$

$$y = \frac{d}{2} + t + \frac{a}{2} = 482,17 \text{ mm}$$

Kuat lentur nominal

$$Mn = C \cdot y = 1970849438 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 0,85 \cdot 1970849438 = 1675222022 \text{ Nmm}$$

5. Kontrol Gaya Geser

a. Gaya Geser Sebelum Komposit

$$R_A = 30434,63 \text{ kg}$$

b. Gaya Geser Setelah Komposit

$$R_A = 12226,5 \text{ kg}$$

c. Gaya Geser Akibat Beban Hidup

Gaya geser maksimum diperoleh jika UDL + KEL tidak simetris.

$$R_A = 48872,95 \text{ kg}$$

6. Kontrol Kekuatan Geser

$$V_u = V_D + V_{UDL+KEL} = 91549 \text{ kg}$$

$$43,25 \leq 69,57 \text{ (plastis)}$$

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

$$= 193920 \text{ kg}$$

$$\text{Maka } V_u < V_n \text{ (OK)}$$

7. Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang maka harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi Vn} \leq 1,375$$

$$0,75 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

8. Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk balok:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{900}{800} = 1,125 \text{ cm}$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{200000}{4700 \sqrt{35}} = 7,2$$

Lendutan Akibat UDL dan KEL

Lebar efektif setelah komposit:

$$\frac{b_E}{n} = \frac{180}{7,2} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Beban } q_{UDL} = 9 \cdot 6 = 54 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{KEL} = 49 \cdot (1+0,325) = 64,925 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total } q_{UDL+KEL} = 118,925 \text{ kN/m}$$

$$\Delta_{max} = \frac{q \cdot b}{384 E I} (8L^3 - 4L \cdot b^2 + b^3)$$

momen inersia terhadap sumbu netral (I_{tr}) adalah 434407,04 cm⁴

$$\Delta_1 = \frac{59,46 \cdot 600}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 434407,04} (8 \cdot 600^3 - 4 \cdot 600 \cdot 600^2 + 600^3)$$

$$= 0,110 \text{ cm}$$

$$\Delta_2 = \frac{54,96 \cdot 450}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 434407,04} (8 \cdot 600^3 - 4 \cdot 600 \cdot 450^2 + 450^3)$$

$$= 0,176 \text{ cm}$$

$$\Delta_{UDL+KEL} = 0,286 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban truk

$$\text{Beban hidup truk } T = 112,5 \cdot 1,325 = 149,06 \text{ kN}$$

yang bekerja pada gelagar melintang sebagai berikut:

Rumus yang dipakai untuk menghitung lendutan sebagai berikut:

$$\Delta_{max} = \frac{T \cdot L^3}{6 E I} (3a/4L - (a/L)^3)$$

Kondisi a 0,588

$$\Delta_1 = \frac{14906 \cdot 600^3}{6 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 434407,04} (3 \cdot 225/4 \cdot 600 - (225/600)^3)$$

$$= 0,134 \text{ cm}$$

$$\Delta_2 = \frac{14906 \cdot 600^3}{6 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 434407,04} (3 \cdot 75/4 \cdot 600 - (75/600)^3)$$

$$= 0,004 \text{ cm}$$

$$\Delta T = \Delta_1 + \Delta_2 = 0,138 \text{ cm}$$

Kondisi b

$$\Delta = \frac{14906 \cdot 600^3}{6 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 434407,04} (3 \cdot 212,5/4 \cdot 600 - (212,5/600)^3)$$

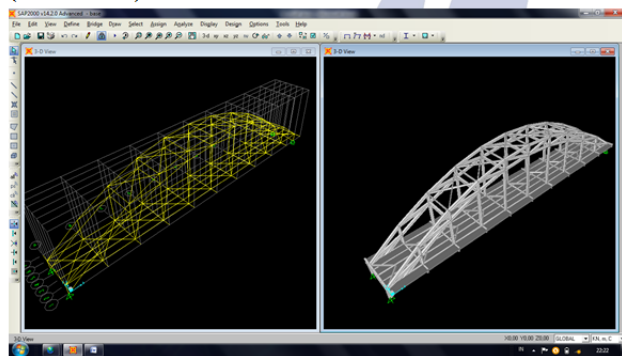
$$= 0,130 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban truk "T" dipilih pada kondisi a sebesar 0,138 cm sedangkan lendutan akibat beban hidup 0,286 cm. Maka dipilih lendutan maksimal yaitu akibat hidup sebesar 0,286 cm.

$$\Delta_{max} = 0,286 \text{ cm} < \text{lendutan ijin} = 1,125 \text{ cm (OK)}$$

D. Perhitungan SAP

Analisis struktur jembatan dilakukan dengan software SAP2000 yang berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yang meliputi berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban lalu-lintas kendaraan yg berupa beban lajur "D" (TD), gaya rem (TB), beban pedestrian (TP), dan beban pengaruh lingkungan yang meliputi pengaruh temperatur (ET), beban angin (EW), beban gempa (EQ) dengan pemodelan struktur 3-D (Gambar 2.25). Metode analisis yang digunakan adalah analisis linier metode matriks kekakuan langsung (*direct stiffness matriks*) dengan deformasi struktur kecil dan material isotropic. Analisis struktur terhadap beban gempa selain digunakan cara statik ekuivalen juga dilakukan analisis dinamik *Response Spectrum*. Struktur jembatan dirancang mampu menahan gempa rencana sesuai peraturan yang berlaku yaitu Peraturan Perencanaan Teknis Jembatan, 1992 (BMS-1992).



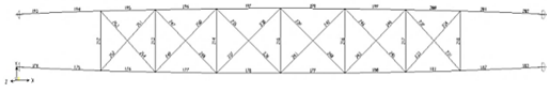
Gambar 2, Pemodelan 3D jembatan

E. Perhitungan Ikatan Angin

Bentuk Ikatan Angin

Pada jembatan rangka batang tertutup, beban angin bekerja pada bidang konstruksi rangka batang dan bidang kendaraan yang berada di atas jembatan. Beban angin tersebut didistribusikan ke konstruksi ikatan angin atas dan ikatan angin bawah, sedangkan beban angin pada kendaraan diterima konstruksi ikatan angin bawah saja.

1. Ikatan Angin Atas



Gambar 3, Ikatan Angin Atas

Kontrol profil ikatan angin atas

cross beam

Profil WF 200.200.8.12

$P_u = 28878,09 \text{ kg}$

Kontrol kelangsingan penampang:

$$\text{Flens } \frac{b/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}} \\ 8,33 \leq 15,811 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Web } \frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$25 \leq 42,06 \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, $k = 1,2$

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k L_x}{r_x} = 83,53$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,91$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = 1,44$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 109989,10 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = 0,309 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k L_y}{r_y} = 143,43$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,58$$

$$\lambda_{cy} > 1,2, \text{ maka } \omega_y = 1,25 \cdot \lambda_{cy}^2$$

$$\omega_y = 3,12$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 50897,30 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = 0,668 < 1 \quad (\text{OK})$$

top bracing

Profil WF 200.200.8.12

$P_u = 38077,26 \text{ kg}$

Kontrol kelangsingan penampang:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$12,5 \leq 15,81 \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, $k = 1,2$

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k L_x}{r_x} = 61,39$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,674$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = 1,25$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 127060 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = 0,353 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k L_y}{r_y} = 105,42$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,16$$

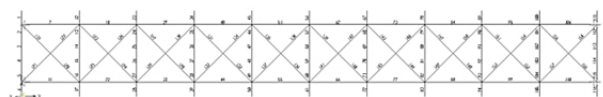
$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2, \text{ maka } \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = 0,96$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 165442,708 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = 0,271 < 1 \quad (\text{OK})$$

2. Ikatan Angin Bawah



Gambar 4, Ikatan Angin Bawah

L 200.200.16

$P_u = 40241,28 \text{ kg}$

Kontrol profil ikatan angin bawah
bottom bracing

Kontrol kelangsingan penampang:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$12,5 \leq 15,81 \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, $k = 1,2$

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k \cdot l_x}{r_x} = 82,73$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,91$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cy}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,91} = 1,46$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 105820 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = 0,45 < 1$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k \cdot l_y}{r_y} = \frac{1,2 \cdot 441}{6,29} = 84,13$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{84,13}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{21000000}} = 0,924$$

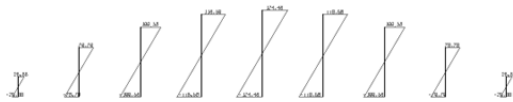
$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2, \text{ maka } \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = 1,46$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 105820 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = 0,45 < 1 \quad (\text{OK})$$

F. Perhitungan Penggantung



Gambar 5, Gaya Aksial Pada Penggantung Jembatan

$P_{max} = 132711,96 \text{ kg}$

Direncanakan menggunakan profil WF 350.350.12.19

Kontrol kelangsingan penampang:

$$\text{Flens } \frac{b/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$9,38 \leq 15,811 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Web } \frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$39 \leq 42,06 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k \cdot l_x}{r_x} = 78,95$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,87$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,84} = 1,41$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 308333 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = 0,506 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k \cdot l_y}{r_y} = \frac{1,2 \cdot 1200}{7,28} = 135,75$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,49$$

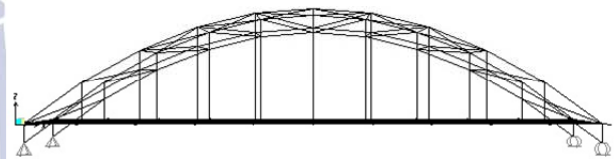
$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,69} = 2,8$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 173900 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = 0,898 < 1 \quad (\text{OK})$$

G. Perhitungan Busur Rangka Baja



Gambar 6, grafik gaya aksial dari program SAP

Dari perhitungan menggunakan program SAP didapatkan gaya-gaya sebesar:

$P_{max} = 157013,86 \text{ kg}$

Direncanakan dengan menggunakan profil WF 350.350.12.19

Kontrol Profil WF:

Kontrol kelangsingan penampang:

$$\text{Flens } (b/2)/t_f \leq 250/\sqrt{f_y}$$

$$8,33 \leq 15,811 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Web } h/t_w \leq 665/\sqrt{f_y}$$

$$25 \leq 42,06 \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, $k = 1,2$

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = (k \cdot l_x)/r_x = 78,95$$

$$\lambda_{cx} = \lambda_x/\pi \sqrt{(f_y/E)} = 0,87$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = 1,43/(1,6 - 0,67 \cdot [\lambda]_{cx})$$

$$\omega_x = 1,41$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot f_y/\omega_x = 308333 \text{ kg}$$

$$N_u/(\phi_c \cdot N_n) = 0,599 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = (k \cdot l_y)/r_y = 135,75$$

$$\lambda_{cy} = \lambda_y/\pi \sqrt{(f_y/E)} = 1,49$$

$$\lambda_{cy} > 1,2, \text{ maka } \omega_y = 1,25 \cdot \lambda_{cy}^2$$

$$\omega_y = 2,8$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot f_y/\omega_y = 173900 \text{ kg}$$

$$N_u/(\phi_c \cdot N_n) = 0,062 < 1 \quad (\text{OK})$$

H. Perhitungan Sambungan

1. Sambungan Gelagar Melintang - Gelagar Memanjang

- a. Sambungan Gelagar Memanjang

Baut $d_b = 20 \text{ mm}$, A325 ($f_{uy} = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 20 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

Kekuatan geser baut $V_d = \phi \cdot f_{uy} \cdot A_b$

$$\begin{aligned} &= 194287,5 \text{ kg} \\ \text{Kekuatan tumpu bautRd} &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 266400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 281734 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{281743}{194287,5} = 1,45 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut}$$

b. Sambungan Gelagar Melintang

Baut $d_b = 20 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 20 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 194287,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tumpu bautRd} &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 266400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 456494 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{456494}{194287,5} = 2,35 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut}$$

2. Sambungan Ikatan Angin

a. Ikatan Angin Atas

Cross beam

$$P_{\max} = 26656 \text{ kg}$$

Baut $d_b = 20 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 20 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 194287,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tumpu bautRd} &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 266400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{26656}{194287,5} = 0,137 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

Top bracing

$$P_{\max} = 45093 \text{ kg}$$

Dipakai sambungan:

Baut $d_b = 20 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 20 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 194287,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tumpu bautRd} &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 266400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{45093}{194287,5} = 0,232 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

b. Ikatan Angin Bawah

$$P_{\max} = 26253 \text{ kg}$$

Baut $d_b = 20 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 20 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 194287,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tumpu bautRd} &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 266400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{26253}{194287,5} = 0,135 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

3. Sambungan Konstruksi pelengkung

$$P_{\max} = 435022 \text{ kg}$$

Baut $d_b = 24 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 28 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 279774 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Kekuatan tumpu baut } R_d = \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{435022}{279774} = 1,55 \text{ baut} \approx 8 \text{ baut}$$

4. Sambungan penggantung

$$P_{\max} = 83540 \text{ kg}$$

Baut $d_b = 24 \text{ mm}$, A325 ($f_u = 825 \text{ Mpa}$)

Pelat $t_p = 28 \text{ mm}$, BJ 37 ($f_u = 370 \text{ Mpa}$)

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan geser baut } V_d &= \emptyset \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 279774 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan tumpu baut } R_d &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 447552 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{83540}{279774} = 0,3 \text{ baut} \approx 8 \text{ baut}$$

I. Perhitungan Bantalan Elastomer

$$\text{Beban hidup (LL)} = 990 \text{ kN}$$

$$\text{Beban mati (DL)} = 2995 \text{ kN}$$

Luas area elastomer yang diperlukan:

$$A_{\text{perlu}} = \frac{3985 \cdot 1000}{7} = 569286 \text{ mm}^2$$

Asumsikan dimensi-dimensi dalam perletakan elastomer berdasarkan luasan:

$$\text{Lebar (W)} = 725 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang (L)} = 790 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal lapisan (h}_{ri}) = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal lapisan penutup (h}_{cover}) = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah lapisan (n)} = 12 \text{ buah}$$

$$F_y \text{ pelat} = 240 \text{ Mpa}$$

$$F_{TH} = 31 \text{ MPa}$$

Shape factor/faktor bentuk:

$$S = \frac{A}{2 \cdot l_p \cdot h_{ri}}$$

$$L_p = 2(L+W)$$

$$S = \frac{(3985)}{2(725+790) \cdot 16} = 11,74$$

Bantalan tipe berlapis:

$$4 < S \leq 12$$

$$4 < 11,74 \leq 12 \quad (\text{OK})$$

Cek tegangan ijin:

$$\sigma_s = \frac{P_{DL} + P_{LL}}{A} = 6,96 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A} = 1,73 \text{ Mpa}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang:

$$\sigma_s \leq 7 \text{ Mpa} \rightarrow 6,96 \text{ MPa} \leq 7 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \leq 1,0 \text{ GS} \rightarrow 6,96 \text{ MPa} \leq 1 \cdot (0,6 \cdot 11,74)$$

$$6,96 \text{ MPa} \leq 7,05 \text{ Mpa} (\text{OK})$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang:

$$\sigma_s \leq 7 \text{ Mpa} \rightarrow 6,96 \text{ MPa} \leq 7 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \leq 1,1 \text{ GS} \rightarrow 6,96 \text{ MPa} \leq 1,1 \cdot (0,6 \cdot 11,74)$$

$$6,96 \text{ MPa} \leq 7,76 \text{ Mpa} (\text{OK})$$

Cek deformasi geser:

$$h_{rt} = (16 \text{ mm} \cdot 12) + (2 \cdot 4 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

$$h_{rt} \geq 2\Delta s \rightarrow 200 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Cek rotasi:

$$\sigma_s \geq 0,5 G S \left(\frac{L}{h_{ri}} \right)^2 \cdot \frac{\theta_{sx}}{n}$$

$$6,96 \text{ MPa} \geq 7,16 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \geq 0,5 G S \left(\frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \cdot \frac{\theta_{sx}}{n}$$

$$6,96 \text{ MPa} \geq 6,03 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Cek stabilitas:

Ketebalan total bantalan tidak boleh melebihi:

$$L/3 = 790/3 = 263,33 \text{ mm}$$

$$W/3 = 725/3 = 241,67 \text{ mm}$$

$$\text{Ketebalan total bantalan} = h_{rt} + 3(n+1) = 200 + 3(12+1) = 239 \text{ mm}$$

$$L/3 = 263,33 \text{ mm} \geq 239 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$W/3 = 241,67 \text{ mm} \geq 239 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Menentukan tebal pelat:

Kondisi layan

$$h_s = \frac{3h_{rmax} \cdot \sigma_s}{f_y} = \frac{3 \cdot 16 \cdot 6,96}{240} = 1,39 \text{ mm}$$

$$h_s = \frac{2h_{rmax} \cdot \sigma_L}{f_{TH}} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 1,73}{31} = 1,79 \text{ mm}$$

tebal pelat yang digunakan 3 mm.

Maka dimensi bantalan elastomer 790x725x239 dapat digunakan

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 9 m untuk jalan 2 jalur 2arah. Tinggi busur adalah 12 m.
2. Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal pelat beton bertulang 200 mm. Tulangan lentur D19-110 dan tulangan bagi D12-90.
3. Gelagar memanjang WF 350.350.12.19 melintang WF 500.300.11.18 dengan BJ 41.
4. Struktur utama busur rangka baja berupa profil WF 350.350.12.19 sementara untuk penggantung digunakan profil WF 350.350.12.19
5. Struktur sekunder berupa ikatan angin atas dengan profil WF 200.200.8.12 (*cross beam*), double WF 200.200.8.12 (*top bracing*), ikatan angin pada lantai kendaraan menggunakan profil L 200.200.16 (*bottom bracing*)
6. Perletakan dengan bantalan elastomer 790x725x239..

Saran

Perencanaan struktur suatu jembatan terutama struktur jembatan busur rangka baja memiliki banyak aspek dan variabel yang harus dijadikan pertimbangan dalam perhitungannya. Oleh karena itu perencana diharapkan untuk lebih cermat dan teliti dalam merencanakan struktur ini.

Jembatan yang direncanakan dengan struktur baja harus mempertimbangkan faktor perawatan, dikarenakan material baja sangat rentan terhadap bahaya korosi sehingga mempengaruhi kekuatan struktur jembatan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Supriyadi, Bambang dan Muntohar, Agus Setyo. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tied-arch Bridge, (Online) (http://www.steelconstruction.info/Tied-arch_bridges, diakses 7 Februari 2016)
- Departemen Pekerjaan Umum. 2003. *Laporan Akhir Pengkajian Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Tristanto, Lanneke dan Irawan Redrik. 2010. *Kajian Dasar Perencanaan dan Pelaksanaan Jembatan Pelengkung Beton*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Karyoto, 2014. *Konstruksi Baja LRFD*. Surabaya
- Wanarno, Adhyta Narendra. 2013. *Perencanaan Jembatan Leho Kawasan Pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau, dengan Struktur Jembatan Pelengkung (Arch Bridge)*. Tugas Akhir .Semarang:UNDIP.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Departemen Pekerjaan Umum 2005. *Rancangan Standar Nasional Indonesia R.SN1 T-02-2005 Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1992. *Bridge Management System*, 1992 (BMS 1992)
- Departemen Pekerjaan Umum. 2003. *Tata Cara Pembebanan Jalan Raya*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Departemen Pekerjaan Umum. 2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan Jalan Raya*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Aldiamar, Fahdi. 2012. *Kajian Peta Gempa Dengan Level Hazard Untuk Konstruksi Jembatan*. Bandung: Penerbit Informatika