

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 88 - 93	SURABAYA 2016	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 3 Nomer 3/rekat/16 (2016)	
PENGARUH PENAMBAHAN <i>SILICA FUME</i> PADA <i>POROUS CONCRETE BLOCK</i> TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS	
<i>Eko Febrianto, Arie Wardhono,</i>	01 – 08
PEMANFAATAN ABU TERBANG LIMBAH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN TINGKAT POROSITAS <i>PAVING STONE</i> BERPORI	
<i>Firman Ganda Saputra, Arie Wardhono,</i>	09 – 12
PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN <i>ADMIXTURE</i> SIKACIM TERHADAP PENGUATAN KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS <i>PERMEACONCRETE PAVING STONE</i>	
<i>Kukuh Ainnurdin, Arie Wardhono,</i>	13 – 22
PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI PENEMPATAN <i>SPLLWAY</i> DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO	
<i>Binti Hidayatul Ma'rifah, Kusnan,</i>	23 – 34
ANALISIS HUBUNGAN TEMPERATUR DAN KUAT TEKAN BETON PADA PEKERJAAN BETON MASSA (<i>MASS CONCRETE</i>) DENGAN METODE <i>PORTLAND CEMENT ASSOCIATION</i> (PCA) DAN <i>U.S. BUREAU OF RECLAMATION</i>	
<i>Sandy Sahrawani, Mochamad Firmansyah S,</i>	35 – 44
ANALISA KAPASITAS SALURAN SEBAGAI PENGENDALI BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS PADA DRAINASE SUB DAS GULOMANTUNG KECAMATAN KEBOMAS, KABUPATEN GRESIK	
<i>Ahmad Rifky Saputra, Nurhayati Aritonang,</i>	45 – 54

ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA WAKTU
PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DI WILAYAH SURABAYA

Hendrita Abraham Angga Purnomo, Mas Suryanto H.S, 55 – 63

PENGARUH PEMILIHAN JARAK PANDANG DALAM MENENTUKAN PANJANG
LENGKUNG VERTIKAL CEMBUNG TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN JALAN BARU

Arthur Diaz Mickael Devisi, Ari Widayanti, Anita Susanti, 64 – 70

PENGEMBANGAN DISTIBUSI AIR BERSIH SUMBER DLUNDUNG DESA TRAWAS
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO

Mochammad Zainal Abidin, Djoni Irianto, 71 – 79

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA TERHADAP KAPASITAS LENTUR BALOK
BETON BERTULANG

Mohamad Mesranto, Bambang Sabariman, 80 – 87

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE *CAMEL*
BACK TRUSS

Ria Dewi Sugiyono, Sutikno, 88 – 93



ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE CAMEL BACK TRUSS

Ria Dewi Sugiyono

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
riadewi.sugiyono@yahoo.com

Abstrak

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan dua alur transportasi yang terputus karena adanya rintangan. Dalam penyusunan penelitian ini direncanakan struktur atas jembatan rangka tipe camel back truss dengan bentang 80 meter. Dipilih jembatan tipe ini untuk mendapatkan hasil jembatan yang ekonomis, layak dan aman serta mempunyai nilai arsitektur yang tinggi. Peraturan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, dan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 10/SE/M/2015. Perhitungan dimulai dari lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, perhitungan ikatan angin atas dan bawah serta rangka, dengan menghitung beban-beban yang bekerja, dan kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan program SAP2000. Selanjutnya dilakukan perhitungan sambungan dan dimensi bantalan elastomer.

Kata kunci: Jembatan rangka, Baja, Gelagar

Abstract

Bridge is a structure of the building that serves to connect two furrows transportation disconnected because the obstacles. In the preparation of research is planning the substructure of camel back truss bridge with landscapes of 80 meters. Chosen type of bridge to get economically, safe, decent and high architecture bridge. The Imposition regulation used in bridge planning is based on Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-03-2005, T-12-2004, dan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 10/SE/M/2015. Calculation started from the floor vehicle, stringer, floor beam, top dan bottom bracing and chord/truss, by counting worked load, and then analysis with sap2000 program. The next calculation is connection and dimension of bearing elastomers.

Keywords: Truss, Steel, Girder

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian alur transportasi yang terputus karena adanya rintangan-rintangan. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, danau, saluran irigasi, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya. Sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman.

Dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi peleburan besi dan baja maka material baja termasuk salah satu alternatif yang dipilih dalam variasi bentuk pembangunan struktur jembatan. Selain baja mempunyai kekuatan yang tinggi, tahan terhadap cuaca, pelaksanaan yang lebih cepat karena melalui pabrikasi tanpa harus dibuat di lapangan, mudah dalam pemesanan dan dapat mengikuti bentuk-bentuk yang lebih bervariasi.

Jembatan rangka baja (*truss bridge*) tersusun dari batang-batang yang dihubungkan dengan pelat buhul, pengikat paku keling, baut atau las. Pada batang-batang

jembatan rangka memikul gaya dalam aksial tekan atau tarik. Jembatan rangka ini dapat digunakan pada jembatan bentang panjang dengan bentuk yang bervariasi dan telah menjadi kekuatan yang efektif dan efisien lebih dari 150 tahun. Salah satu tipe jembatan rangka adalah tipe *camel back truss*, dimana tipe struktur berbentuk lengkung sesuai dengan estetika, kondisi beban/lalu lintas dan bentang jembatan yang akan direncanakan. Penggunaan *camel back truss* dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien. Selain itu jembatan ini memiliki nilai arsitektur lebih.

Sebagai penanganan jembatan untuk mendukung pergerakan lalu lintas dan pengembangan kawasan serta peningkatan perekonomian suatu daerah perlu adanya pelaksanaan pembangunan di sektor perhubungan seperti jembatan. Perencanaan Jembatan harus dilakukan dengan tepat dan sesuai dengan peraturan-peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, dan Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS) 1992 yang merupakan pedoman

peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan. Dengan peraturan pembebanan dimaksudkan untuk memberikan saran dalam perencanaan jembatan yang dapat menjamin tingkat keamanan, dan tingkat penghematan yang dapat diterima struktur jembatan.

Untuk mendapatkan suatu hasil perencanaan jembatan yang ekonomis, layak dan aman serta mempunyai nilai arsitektur yang tinggi, peneliti bermaksud untuk menganalisa perencanaan suatu konstruksi jembatan dengan menggunakan tipe *camel back truss*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah perencanaan struktur jembatan *camel back truss* yang efisien dan sesuai dengan peraturan-peraturan jembatan yang berlaku.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil perhitungan perencanaan struktur atas jembatan rangka baja tipe *camel back truss* yang efisien dan sesuai dengan peraturan-peraturan jembatan yang berlaku?
2. Bagaimana hasil gambar detail struktur atas jembatan rangka baja tipe *camel back truss* yang efisien dan sesuai dengan peraturan-peraturan jembatan yang berlaku?

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

1. Perencanaan jembatan rangka dengan tipe *camel back truss* dengan bentang 80 m.
 2. Hanya memperhitungkan struktur atas dan rangka batang dari jembatan
 3. Perencanaan yang dilakukan tidak membahas metode pelaksanaan pembangunan jembatan
 4. Perencanaan menggunakan pembebanan sesuai dengan SNI.
 5. Analisa struktur jembatan menggunakan *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*.
 6. Perhitungan struktur jembatan menggunakan program bantu komputer SAP2000.
- Manfaat dari penelitian ini adalah:
1. Bagi mahasiswa
Dapat mengaplikasikan teori yang pernah didapatkan kedalam perencanaan jembatan rangka baja.
 2. Bagi bidang keilmuan
Dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam merencanakan suatu jembatan dengan menggunakan struktur jembatan rangka baja.

METODE

Metode penelitian yang akan digunakan dalam mengkaji penelitian ini adalah metode kuantitatif, yaitu memperoleh hasil penelitian dengan menekankan analisisnya pada data-data numeric (angka).

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari peraturan-peraturan tentang perencanaan jembatan, buku atau referensi jembatan seperti RSNI T-02-2005, RSNI T-03-2005, Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 10/SE/M/2015 tentang

Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan.

Analisis data menjadi bagian penting dalam sebuah penelitian, analisis data digunakan peneliti untuk mengolah data yang telah didapat menjadi sebuah laporan. Adapun proses dari pengolahan data untuk penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menentukan jenis dan desain awal jembatan yang akan dilakukan perencanaan. Jembatan yang akan direncanakan adalah jenis jembatan rangka baja tipe *camel back truss*, dengan asumsi detail seperti dibawah ini:
 - Kelas Jalan = Arteri, Kelas I
 - Panjang bentang jembatan (L) = 80,00 m
 - Tebal slab lantai jembatan ($t_s = h$) = 0,20 m
 - Tebal lapis aspal+overlay (t_a) = 0,05 m
 - Jarak antar gelagar baja melintang (S) = 1,75 m
 - Jarak antar gelagar baja memanjang (λ) = 5,00 m
 - Lebar trotoar (b_2) = 2 x 1,00 m
 - Lebar jalur lalu lintas (b_1) = 2 x 3,50 m
 - Lebar total jembatan (b_t) = 9,00 m
 - Konstruksi Atas:
 - Trotoar : beton bertulang, tebal 25 cm
 - Slab lantai : beton bertulang, tebal 20 cm
2. Perhitungan struktur untuk jembatan dengan mengacu pada RSNI T-02-2005 dan RSNI T-03-2005, diantaranya:
 - a. Perhitungan pelat lantai kendaraan
 - b. Perhitungan gelagar memanjang
 - c. Perhitungan gelagar melintang
 - d. Perhitungan ikatan angin
 - e. Perhitungan rangka baja jembatan
 - f. Perhitungan sambungan
3. Perhitungan struktur bantalan elastomer yang mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 10/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer untuk Perletakan Jembatan.
4. Membuat gambar kerja jembatan sesuai dengan hasil perhitungan dimana sebagai acuan dan pedoman untuk masuk ketahapan konstruksi agar didapatkan suatu bangunan fisik yang sesuai dengan perencanaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Lantai Kendaraan

1. Momen akibat beban mati primer dan beban mati tambahan
Dari hasil analisis SAP2000 (beban mati primer):
Momen tumpuan maksimum = 4,18 kNm
Momen lapangan maksimum = 1,80 kNm

Dari hasil analisis SAP2000 (beban mati tambahan):
Momen tumpuan maksimum = 3,40 kNm
Momen lapangan maksimum = 1,43 kNm

2. Momen akibat beban hidup (beban T dan D)
Dari hasil analisis SAP2000 (beban T):
Momen tumpuan maksimum = 72,48 kNm
Momen lapangan maksimum = 65,46 kNm

Dari hasil analisis SAP2000 (beban D):
Momen tumpuan maksimum = 33,29 kNm
Momen lapangan maksimum = 63,95 kNm

Dari perbandingan analisis momen beban hidup (beban T dan beban D) yang digunakan adalah beban T karena menghasilkan momen yang lebih besar:
Momen tumpuan maksimum = 72,48 kNm
Momen lapangan maksimum = 65,46 kNm

3. Momen Ultimate

Maka dapat didapatkan momen ultimate:

Momen tumpuan ultimate
= 4,18+3,40+72,48 = 80,06 kNm

Momen lapangan ultimate
= 1,80+1,43+65,46 = 68,69 kNm

4. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

Tulangan Lapangan

Digunakan tulangan lentur D16-100 ($A_s = 2010,6 \text{ mm}^2$) dan tulangan bagi D12-100 ($A_s = 1131,0 \text{ mm}^2$).

Tulangan Tumpuan

Digunakan tulangan lentur D16-100 ($A_s = 2010,6 \text{ mm}^2$) dan tulangan bagi D12-100 ($A_s = 1131,0 \text{ mm}^2$).

Perhitungan Gelagar Memanjang

1. Perencanaan Gelagar Memanjang

Direncanakan profil WF 400.300.9.14 dan data profilnya sebagai berikut:

$h = 386 \text{ mm}$

$I_x = 33700 \text{ cm}^4$

$b = 299 \text{ mm}$

$I_y = 6240 \text{ cm}^4$

$F = 120,1 \text{ cm}^2$

$i_x = 16,7 \text{ cm}$

$t_w = 9 \text{ mm}$

$i_y = 7,21 \text{ cm}$

$t_f = 14 \text{ mm}$

$W_x = 1740 \text{ cm}^3$

$g = 94,3 \text{ kg/m}$

$W_y = 418 \text{ cm}^3$

$r = 22 \text{ mm}$

2. Perhitungan Momen

Beban mati sebelum komposit

$$M_{D1} = \frac{1}{8} \cdot 1568,48 \cdot 5^2 = 4901,5 \text{ kgm}$$

Beban mati sesudah komposit

$$M_{D2} = \frac{1}{8} \cdot 250,25 \cdot 5^2 = 782,03 \text{ kgm}$$

Beban hidup

Digunakan momen terbesar akibat beban truk "T" yaitu $M_{L2} = 33539,1 \text{ kgm}$

3. Kontrol Lendutan

$$\delta_{q_{lm}} = \frac{1}{800} \cdot L^4 = \frac{1}{800} \cdot 300^4 = 0,625$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban UDL+KEL = 0,5425 cm

$$\delta_{UDL+KEL} \leq \delta_{q_{lm}}$$

$$0,5425 \text{ cm} \leq 0,625 \text{ (profil memenuhi syarat)}$$

Perhitungan Gelagar Melintang

1. Perencanaan Gelagar Melintang

Direncanakan profil WF 800.300.16.30 dan di bawah merupakan data profil:

$h = 808 \text{ mm}$

$I_x = 339000 \text{ cm}^4$

$b = 302 \text{ mm}$

$I_y = 13800 \text{ cm}^4$

$F = 307,6 \text{ cm}^2$

$i_x = 33,2 \text{ cm}$

$t_1 = 16 \text{ mm}$

$i_y = 6,70 \text{ cm}$

$t_2 = 30 \text{ mm}$

$W_x = 8400 \text{ cm}^3$

$g = 241 \text{ kg/m}$

$W_y = 915 \text{ cm}^3$

$r = 28 \text{ mm}$

2. Momen

Momen beban mati sebelum komposit

$$M_{q1} = \frac{1}{8} \cdot q_{D1} \cdot b^2 = \frac{1}{8} \cdot 4840,53 \cdot 9^2 = 49010,37 \text{ kgm}$$

Momen beban mati sesudah komposit

$$M_{q2} = 9920,625 \text{ kgm}$$

Momen beban hidup

Digunakan momen beban truk kondisi a sebesar 167694,3 kgm.

3. Kontrol Lendutan

Lendutan akibat beban truk "T" dipilih pada kondisi b sebesar 0,755 cm sedangkan lendutan akibat beban hidup 0,733 cm. Maka dipilih lendutan maksimal yaitu akibat beban "T" sebesar 0,755 cm.

$\Delta_{max} = 0,755 \text{ cm} < \text{lendutan ijin} = 1,125 \text{ cm}$ (profil memenuhi syarat)

Perhitungan Ikatan Angin

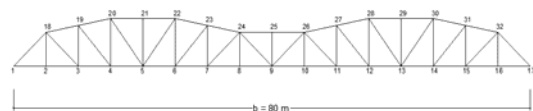
1. Ikatan Angin Atas

Dihasilkan batang *cross beam* profil WF 250.250.8.13 dan *top bracing* L 200.200.16.

2. Ikatan Angin Bawah

Dihasilkan batang *top bracing* L 200.200.16.

Perhitungan Rangka



Gambar 1. Struktur Rangka Induk

Direncanakan profil rangka WF 400.400.45.70.

1. Pembebanan

Beban mati (P) pada sebuah titik simpul:

Beban struktur nominal = 22146,1

Profil rangka = 9577,206

Ikatan angin = 3128,595 +

= 34851,9 kg

Beban Hidup

Beban D

P total untuk satu rangka = 30196,69 kg

Beban T

$P_T = 26831 \text{ kg}$

2. Gaya Axial Rangka

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Gaya Axial Rangka

Batang	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Kondisi 7
1	225085,52	224796,92	224523,85	224289,80	224108,92	224081,17	224514,53
2	226710,29	226418,75	226142,90	225906,47	225723,75	225695,71	226133,48
3	327072,50	326564,65	326084,13	325672,26	325353,97	325305,12	326067,73
4	344813,57	344135,98	343494,85	342945,33	342520,66	342455,48	343472,95
5	266161,99	265036,92	263972,40	263059,97	262354,82	262246,55	263935,66
6	150386,08	148871,69	147438,81	146210,72	145261,74	145116,53	147392,86
7	-78348,81	-80369,75	-82282,10	-83921,61	-85189,37	-85386,83	-82370,48
8	-83190,91	-85221,59	-87143,31	-88791,24	-90066,18	-90267,30	-87255,27
9	-80523,45	-79886,63	-79141,03	-78120,51	-76728,53	-74277,36	-68834,89
10	-75646,76	-74965,59	-74176,17	-73111,76	-71680,29	-69193,03	-63865,50
11	155110,50	158320,24	161613,28	165099,25	168871,49	173167,85	161529,17
12	272463,02	277640,35	282869,37	288311,79	293608,54	283189,13	274392,69
13	355273,03	365080,06	374749,59	368197,96	361418,23	355059,26	349774,07
14	341192,77	354606,07	349686,98	344555,19	339524,21	334750,87	330790,76
15	245319,78	242676,75	239696,98	236752,88	233857,30	231118,25	228844,73
16	243692,84	240901,30	237942,08	235025,96	232160,64	229449,03	227198,46
17	-333795,29	-333278,97	-332790,44	-332371,70	-332048,10	-331998,44	-332773,76
18	-351559,39	-350870,41	-350218,50	-349659,74	-349227,92	-349161,65	-350196,24
19	-335787,15	-334887,99	-334037,22	-333308,01	-332744,48	-332658,01	-334008,25
20	-335214,09	-334311,65	-333457,78	-332725,91	-332160,32	-332073,54	-333428,75
21	-270536,14	-269386,13	-268298,01	-267365,36	-266644,58	-266533,93	-268260,46
22	-152357,42	-150808,03	-149342,03	-148085,54	-147114,58	-146965,82	-149294,72
23	399464,12	401752,85	403917,32	405769,88	407196,84	407396,91	403837,74
24	399444,55	401713,71	403858,59	405691,74	407099,22	407276,14	403640,94
25	-157159,70	-160412,46	-163749,36	-167291,03	-171137,64	-175635,89	-163791,61
26	-276943,32	-282201,23	-287516,61	-293016,04	-298532,15	-287935,36	-278944,18
27	-343576,79	-351032,67	-358566,74	-366014,02	-373777,31	-348853,58	-341822,91
28	-344180,61	-351667,64	-359254,00	-366596,02	-373853,43	-349379,16	-342371,31
29	-362244,53	-372272,70	-382106,67	-375310,90	-368446,87	-361976,96	-356603,48
30	-348286,02	-361945,37	-356810,82	-351575,04	-346453,81	-341601,79	-337575,51
31	-387984,95	-387489,57	-387020,85	-386619,10	-386308,63	-386260,98	-387004,85
32	65255,00	65256,98	65258,84	65260,45	65261,68	65261,87	61539,25
33	173538,42	173172,18	172825,65	172528,63	172299,09	172263,87	172813,82
34	-71746,99	-71452,02	-71172,92	-70933,69	-70748,82	-70720,45	-71163,38
35	35209,25	34897,27	34602,07	34349,05	34153,51	34123,50	34591,97
36	42206,90	42468,47	42715,95	42928,08	43092,01	43117,15	42724,31
37	-20611,71	-21065,30	-21494,48	-21862,33	-22146,60	-22190,21	-21508,99
38	-39673,67	-39676,94	-39680,04	-39682,70	-39684,76	-39685,12	-39680,33
39	143732,35	144186,55	144616,32	144984,70	145269,42	145313,26	144632,01
40	-115776,00	-116387,00	-116965,12	-117460,60	-117843,47	-117901,98	-116983,91
41	215855,99	216574,05	217253,41	217835,59	218285,31	218353,48	217270,25
42	-244965,14	-245650,06	-246298,23	-246854,05	-247284,03	-247352,32	-246331,30
43	389920,10	390774,45	391583,12	392276,95	392814,41	392901,73	391652,88
44	59768,33	59755,25	59742,11	59728,99	59715,07	59703,19	59594,37
45	-546425,99	-546874,97	-547297,70	-547654,97	-547922,28	-547925,26	-547040,07
46	-57065,62	-57142,52	-57219,12	-57293,19	-57362,94	-57477,60	-57614,64
47	-550971,93	-555966,90	-560935,37	-565840,02	-570649,91	-575193,27	-578301,69
48	59737,80	59694,30	59650,12	59609,41	59523,27	59700,52	88654,35
49	393340,43	397614,82	401845,45	405948,21	409894,57	413376,11	384388,36
50	-247717,27	-251155,14	-254551,94	-257880,74	-260784,58	-263482,62	-239955,98
51	218754,44	222372,57	225941,38	229487,54	232756,67	205228,62	210464,07
52	-118208,93	-121246,36	-124286,88	-127031,43	-130074,62	-106607,72	-111314,99
53	147952,06	152617,65	157318,67	161516,31	132926,20	136825,17	140425,19
54	-39639,70	-39602,41	-39676,75	-39159,57	-39681,82	-39611,54	-39648,29
55	-24824,20	-29556,78	-33839,93	-5332,42	-9445,39	-13759,57	-17288,90
56	47863,92	53755,23	59805,61	33352,95	35766,92	38255,44	40289,88
57	28434,07	21791,47	49086,74	46011,79	42849,61	39927,39	37493,00
58	-65267,90	-58417,65	-84628,98	-81924,15	-78975,12	-76207,26	-73906,34
59	166111,49	193547,29	189835,79	186143,04	182518,48	179075,65	176219,88
60	94450,71	65328,84	65127,72	65189,35	65206,14	65225,20	65240,51
61	-419897,13	-415161,46	-410049,45	-405047,09	-400129,42	-395474,88	-391611,79

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa rekapitulasi hasil gaya batang rangka terbesar pada kondisi 1.

3. Kontrol Profil

Batang diagonal dan tegak

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

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{f_{Lx}}{r_{Lx}} = \frac{1.000.000}{19.7} = 52,40$$

$$\lambda_{cx} = \frac{A_g}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{770,1}{\pi} \sqrt{\frac{250}{210.000}} = 0,58$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,47}{1,4 - 0,07 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,47}{1,4 - 0,07 \cdot 0,58} = 1,1805$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{F_y}{\omega_x} = 770,1 \cdot \frac{250}{1,1805} = 1630876,75 \text{ kg}$$

$$\frac{F_y}{\omega_x} = \frac{250}{1,1805} = 0,40 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{f_{Ly}}{r_{Ly}} = \frac{1.000.000}{11,4} = 93$$

$$\lambda_{cy} = \frac{A_g}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{77}{\pi} \sqrt{\frac{250}{210.000}} = 1,022$$

$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2, \text{ maka } \omega_y = \frac{1,47}{1,4 - 0,07 \cdot \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,47}{1,4 - 0,07 \cdot 1,022} = 1,56$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{F_y}{\omega_y} = 770,1 \cdot \frac{250}{1,56} = 1234134,62 \text{ kg}$$

$$\frac{F_y}{\omega_y} = \frac{250}{1,56} = 0,53 < 1 \quad (\text{OK})$$

Batang bawah/bottom chord

Dipakai sambungan baut:

Baut db = 24 mm, A325 (f_y = 825 Mpa)

Pelat tp = 28 mm, BJ 37 (f_u = 370 Mpa)

$$A_b = 0,25 \pi (24)^2 = 452,16 \text{ mm}^2$$

Kekuatan geser baut:

$$V_d = \phi \cdot f_y \cdot A_b = 0,75 \cdot 825 \cdot 452,39 = 27991,63 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot f_u = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370 = 44755,2 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{101445,98}{27991,63} = 12,91 \text{ baut} = 15 \text{ baut}$$

Periksa syarat kelangsingan batang tarik:

$$\lambda_{min} = \frac{L}{r_{min}} = \frac{800}{11,4} = 45,05 < 240 \quad (\text{OK})$$

Kontrol kekuatan batang tarik:

Batas leleh

$$Pr = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2500 \cdot 770,1 = 1732725 \text{ kg}$$

Batas putus

$$Pr = \phi \cdot f_u \cdot A_n \cdot u$$

$$b/h = 432/498 = 0,87 > 2/3 = 0,67, \text{ maka } u = 0,9$$

satu penampang terdapat 15 lubang baut (lubang baut = 24+2 = 26 mm), maka

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - (n \cdot d \cdot t_b) \\
 &= 770,1 - (15 \cdot 2,6 \cdot 2,8) \\
 &= 660,9 \text{ cm}^2 \\
 P_r &= 0,75 \cdot 5500 \cdot 660,9 \cdot 0,9 \\
 &= 2453591,25 \text{ kg} > 355273,03 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Batang atas/top chord

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

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{K \cdot L_x}{r_x} = \frac{1,2 \cdot 10000}{19,7} = 31,06$$

$$\lambda_{cx} = \frac{K \cdot L_x}{r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1,2 \cdot 10000}{19,7} \sqrt{\frac{250}{210000}} = 0,34$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,4 - 0,005 \cdot \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,4 - 0,005 \cdot 0,34} = 1,042$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 770,1 \cdot \frac{250}{1,042} = 1847648,75 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} = \frac{399464,15}{0,9 \cdot 1847648,75} = 0,254 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{K \cdot L_y}{r_y} = \frac{1,2 \cdot 10000}{11,4} = 55,125$$

$$\lambda_{cy} = \frac{K \cdot L_y}{r_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1,2 \cdot 10000}{11,4} \sqrt{\frac{250}{210000}} = 0,61$$

$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2, \text{ maka } \omega_y = \frac{1,43}{1,4 - 0,005 \cdot \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,4 - 0,005 \cdot 0,61} = 1,2$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 770,1 \cdot \frac{250}{1,2} = 1604375 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} = \frac{399464,15}{0,9 \cdot 1604375} = 0,293 < 1 \quad (\text{OK})$$

Perhitungan Sambungan

1. Sambungan Gelagar Memanjang

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

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

Kekuatan ijin 1 baut:

Kekuatan geser baut:

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (20)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

$$V_d = \phi \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 825 \cdot 314 = 19428,75 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$\begin{aligned}
 R_d &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370 \\
 &= 26640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang bekerja:

$$\text{Beban mati} = \frac{1}{2} \cdot (1568,48 + 782,03) \cdot 5 = 1175,26 \text{ kg}$$

$$\text{Beban merata} = \frac{1}{2} \cdot 1949 \cdot 5 = 974,75 \text{ kg}$$

$$\text{Beban garis} = \frac{1}{2} \cdot 20451,4 = 10225,7 \text{ kg}+$$

$$\text{Total P} = 12375,71 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{12375,71}{19428,75} = 0,7 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

2. Sambungan Gelagar Melintang

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{12375,71}{19428,75} = 2,2 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

3. Sambungan Ikatan Angin

Ikatan Angin Atas (*cross beam*)

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{399464,15}{19428,75} = 0,16 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

Ikatan Angin Atas (*cross beam*)

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{399464,15}{19428,75} = 0,41 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

Ikatan Angin Bawah

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{14680,41}{19428,75} = 0,76 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

4. Sambungan Rangka

Rangka batang bawah/*bottom chord*

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{188253,08}{15794,68} = 12,69 \text{ baut} \approx 15 \text{ baut}$$

Rangka batang atas/*top chord*

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{188253,08}{15794,68} = 14,27 \text{ baut} \approx 15 \text{ baut}$$

Rangka batang diagonal

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{188253,08}{15794,68} = 14,05 \text{ baut} \approx 15 \text{ baut}$$

Rangka batang tegak

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

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

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{maks}}{V_d} = \frac{34479,71}{15794,68} = 3 \text{ baut} \approx 15 \text{ baut}$$

Perhitungan Bantalan Elastomer

Asumsi dimensi-dimensi dalam perletakan elastomer berdasarkan luas diatas:

Lebar (W) = 725 mm (d disesuaikan dengan lebar yang tersedia)

Panjang (L) = 750 mm

Tebal = 100 mm

Tebal lapisan (h_{ri}) = 16 mm

Tebal lapisan penutup (h_{cover}) = 4 mm

Jumlah lapisan (n) = 12 buah
 F_y pelat = 240 MPa
 F_{TH} = 31 MPa

Shape factor:

Bantalan tipe berlapis:

$$4 < S \leq 12$$

$$4 < 11,52 \leq 12 \quad (\text{OK})$$

Cek tegangan ijin:

Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang:

$$\sigma_s \leq 7 \text{ Mpa} \rightarrow 6,90 \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \leq 1,0 \text{ GS} \rightarrow 6,90 \text{ Mpa} \leq 1 \cdot (0,6 \cdot 11,52)$$

$$6,90 \text{ Mpa} \leq 6,91 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang:

$$\sigma_s \leq 7 \text{ Mpa} \rightarrow 6,90 \text{ Mpa} \leq 7 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \leq 1,1 \text{ GS} \rightarrow 6,90 \text{ Mpa} \leq 1,1 \cdot (0,6 \cdot 11,52)$$

$$6,90 \text{ Mpa} \leq 7,603 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

Cek deformasi geser:

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

Cek rotasi:

$$\sigma_s \geq 0,5 \text{ GS} \left(\frac{h}{h_{rt}} \right)^2 \cdot \frac{E_{sx}}{n}$$

$$6,90 \text{ Mpa} \geq 6,33 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_s \geq 0,5 \text{ GS} \left(\frac{h}{h_{rt}} \right)^2 \cdot \frac{E_{sx}}{n}$$

$$6,90 \text{ Mpa} \geq 5,91 \text{ Mpa} \quad (\text{OK})$$

Cek stabilitas:

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

$$= 239 \text{ mm}$$

$$L/3 = 250 \text{ mm} \geq 239 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

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

Menentukan tebal pelat:

Kondisi layan

$$h_s = \frac{E_{st} \cdot \Delta s}{f_y} = \frac{200.000 \cdot 0,001}{240} = 1,38 \text{ mm}$$

$$h_s = \frac{E_{st} \cdot \Delta s}{f_{TH}} = \frac{200.000 \cdot 0,001}{31} = 2,17 \text{ mm}$$

tebal pelat yang digunakan 3 mm.

Maka dimensi bantalan elastomer 750x725x239 dapat digunakan.

$$0,4140 \text{ cm (Truk)}. 0,5425 \text{ cm (UDL+KEL)} \leq 0,625 \text{ cm (Batas)}$$

4. Gelagar melintang WF 800.300.16.30 dengan BJ 41, lendutan 0,733 cm (UDL+KEL) dan lendutan 0,755 cm (Truk). $0,755 \text{ (Truk)} \leq 1,125 \text{ cm (Batas)}$.
5. Ikatan angin atas menggunakan WF 250.250.8.13 (batang cross beam) dan L 200.200.16 (top bracing).
6. Ikatan angin bawah menggunakan L 200.200.16 (bottom bracing).
7. Struktur utama rangka berupa profil WF 400.400.45.70 dengan mutu baja 41.

Perletakan yang digunakan adalah perletakan bantalan elastomer dengan dimensi 750.725.239.

Saran

Berikut beberapa saran terkait hasil dari perencanaan jembatan camel back truss:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dihitung semua struktur yang ada baik struktur atas dan struktur bawah, serta anggaran biaya.
2. Perlunya pembandingan jembatan eksisting agar didapatkan pilihan jembatan yang efisien dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, RSNI T-12-2004. Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2005. *Pembebanan untuk Jembatan*, RSNI T-02-2005. Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, RSNI T-03-2005. Badan Standarisasi Nasional.
- _____. 2015. *Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konstruksi jembatan rangka camel back truss dengan bentang 80 m, lebar dengan trotoar 9 m untuk 2 jalur 2 arah dan tinggi fokus adalah 7 m, 8 m dan 9m.
2. Lantai kendaraan dengan tebal 200 mm. Tulangan terpasang arah tulangan lapangan D16-100 dengan tulangan bagi D12-100 sedangkan tulangan tumpuan D16-100 dengan tulangan bagi D12-100 .
3. Gelagar memanjang WF 400.300.9.14 dengan BJ 41, lendutan 0,5425 cm (UDL+KEL) dan lendutan