

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 155- 167	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:

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
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:

Jurus Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....i

DAFTAR ISI.....ii

- Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)

ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK

Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, 01 – 08

ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013

Ferry Sandrian, Sutikno, 09 – 16

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013

Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., 17 – 26

ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012

Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, 27 – 32

ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR

Andik Setiawan, Purwo Mahardi, 33 – 38

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN SLUDGE INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN CONPLAST WP 421 DAN MONOMER PADA PEMBUATAN BATAKO

Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, 39 – 46

ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN *MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)

Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, 47 – 55

ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIJ-JAMBANGAN

Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi, 56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M

Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono, 63 – 69

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M

Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono, 70 – 76

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M

Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono, 77 – 83

ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI

Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS., 84 – 90

IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA

Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS., 91 – 98

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER DENGAN MOLARITAS TINGGI

Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono., 99 – 104

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU (*BAGASSE ASH*) PADA KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR STRUKTUR BALOK

Aris Widodo, Sutikno, 105 – 111

EFISIENSI BIAYA PEMBESIAN BERDASARKAN BESTAT PADA PEKERJAAN PIER JEMBATAN TOL *SUMO MAIN ROAD STA 12+266.746* DI PT WIJAYA KARYA (Persero) Tbk.

Widhitya Haryoko, Bambang Sabariman, 112 – 118

“PENERAPAN STATISTICAL PROCESS CONTROL UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”

<i>Dwi Sagti Nur Yunita, Hasan Dani,</i>	119 – 130
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO	
<i>Dian Rokhmatika Siregar, Nur Andajani,</i>	131 – 137
SUDI KELAYAKAN ASPEK FINANSIAL PEMBANGUNAN PASAR SAYUR BARU DI KABUPATEN MAGETAN	
<i>Syahrul Rizal Nur Afan,Mas Suryanto H.s,</i>	138 – 144
STUDI KELAYAKAN INVESTASI HUNIAN RUMAH SUSUN DI DESA MOJOSARIKEO KEC. DRIYOREJO KAB. GRESIK DITINJAU DARI ASPEK FINANSIAL	
<i>Nurlaili Khasanatus Salis,Mas Suryanto H.s,</i>	145 – 154
“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN TROUGH PRATT TRUSS TIGA TUMPUAN”	
<i>Reissa Rachmania, Sutikno,</i>	155 – 167

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

“Perencanaan Struktur Atas Jembatan Trough Pratt Truss Tiga Tumpuan”

Reissa Rachmania

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

Abstrak

Jembatan adalah salah satu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Dalam penyusunan Skripsi ini di rencanakan struktur atas jembatan rangka tipe *Trough Pratt Truss* dengan bentang 80 meter. Dipilih jembatan tipe ini untuk mendapatkan suatu hasil perencanaan jembatan yang ekonomis, dan memiliki struktur yang kuat karena anggota batang berbentuk silang yang dapat menahan dan meminimalisir adanya gaya lentur.

Peraturan pembebaran 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. Peraturan pembebaran dimaksudkan untuk memberikan saran dalam perencanaan jembatan di Indonesia yang dapat menjamin tingkat keamanan dan penghematan yang dapat diterima struktur jembatan. Sedangkan perencanaan struktur atas jembatan mengacu pada peraturan AISC-LRFD.

Tahap awal dilakukan perhitungan lantai kendaraan, dilanjutkan perencanaan gelagar memanjang dan gelagar melintang komposit. Selanjutnya perhitungan ikatan angin atas dan bawah serta konstruksi pemikul utama rangka, dengan menghitung beban-beban yang bekerja, dan kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan program SAP2000. Setelah didapatkan gaya aksial dilakukan perhitungan kontrol tegangan dan selanjutnya perhitungan sambungan. Memasuki tahap akhir dari perencanaan struktur atas jembatan *Trough Pratt Truss*, dilakukan perhitungan dimensi bantalan elastomer.

Kata kunci: Jembatan rangka, Baja, Gelagar

Abstract

*The bridge is one of the structural constructs that allows connecting a transport route separated by obstacles such as rivers, valleys, irrigation and even interdepartments that are far apart apart. In the preparation of this thesis is planned the structure of the bridge frame *Trough Pratt Truss* type with a span of 80 meters. This type of bridge is selected to produce an economical bridge planning result, and has a strong structure because the crosslinked members can resist and minimize flexural forces.*

The loading regulations used in this bridge planning of Indonesian National Standard (SNI) T-02-2005, T-03-2005, T-12-2004, and Circular of Minister of Public Works and People's Housing Number: 10 / SE / M / 2015 The loading regulations appear to provide advice in bridge planning in Indonesia that can ensure the acceptable level of safety and saving of the bridge structure. While planning the bridge over the AISC-LRFD rules.

Initial stage is calculated, elongated girder planning path and composite transverse girder. Next calculation. And by using SAP2000 process. Once it happens. Entering the final stage of structural planning of the bridge Through Pratt Truss, the elastomer bearing dimension calculation is performed.

Keywords: Bridge skeleton, Steel, girder

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jembatan adalah salah satu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Jembatan menjadi alat perhubungan antar suatu daerah untuk menunjang dan mempercepat pelaksanaan pembangunan di segala bidang, baik bidang ekonomi, sosial budaya maupun pertahanan dan keamanan.

Jembatan baja (*truss brige*) adalah tersusun dari batang-batang yang dihubungkan sama lain dengan pelat buihul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. *Pratt truss* merupakan anggota batang berbentuk vertikal dan diagonal yang melandai turun ke arah tengah, kebalikan dari *truss howe*. Model ini dapat dibagi lagi dengan menciptakan pola yang berbentuk Y dan K. Jembatan *trough pratt truss* memiliki bentuk yang sederhana, memiliki anggota batang berbentuk vertikal dan diagonal yang melandai turun ke arah tengah dengan batang yang berada di tengah berbentuk silang yang dapat menahan dan meminimalisir adanya gaya lentur.

Dalam penelitian ini dilakukan perencanaan struktur jembatan sesuai dengan peraturan-peraturan yang terkait dengan 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 Disign Manual Brige Management System* (BMS) 1992 yang merupakan pedoman peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan perencanaan dan gambar detail struktur jembatan *trough pratt truss* sesuai dengan peraturan RSNI 2005, dan hanya mengkaji tentang perhitungan strukur tas hembatan perhitungan gaya dalam struktur menggunakan program bantuan computer SAP2000

METODE

Dalam penelitian ini adapun proses pengolahan data yang sudah direncanakan, sebagai berikut:

- Menentukan jenis dan desain awal jembatan yang akan dilakukan perencanaan. Jenis jembatan yang akan direncanakan adalah jenis jembatan rangka tipe *pratt trough truss*, dengan asumsi detail sebagai berikut:

Kelas jembatan	=Kelas I
Panjang jembatan (L)	=80,00m
Tebal slab lantai jembatan (h)	=0,20 m
Tebal lapisan aspal+overlay(ta)	=0,10 m
Jarak antar gelagar baja melintang(s)	=1,75 m
Lebar trotoar gelagar baja memanjang(λ)	=5,00 m
Lebar jalur lalu lintas (b1)	=7,00 m
Lebar trotoar (b2)	=2,00 m
Lebar total jebatan	= 9,00 m

- Menentukan demensi profil jembatan dan data pembebanan jembatan, yaitu:

- Data slab lantai jembatan
Tebal slab je,batan, tebal lapisan aspal dan overlay, tebal genangan air hijan, lebar jalur lalu linbtas, lebar trotoare, lebar median, labar total jembatan, dan panjang bentang jembatan.

- Bahan struktur jembatan

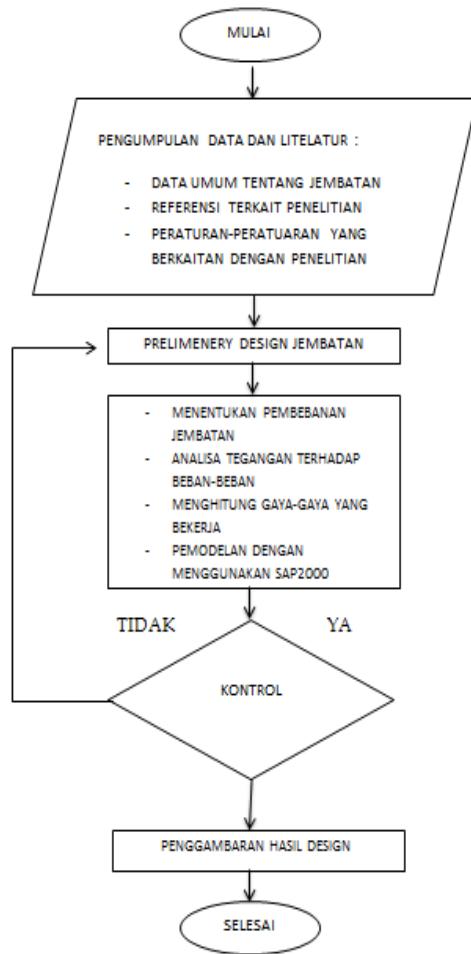
Mutu beton, mutu baja dan *specific gravity*

- Perhitungan struktur untuk jembatan dengan mengacu pada RSNI T-02-2005 dan RSNI T-03-2005, diantaranya:

- Perhitungan pelat lantai kendaraan
- Perhitungan gelagar memanjang
- Perhitungan gelagar melintang
- Perhitungan ikatan angin
- Perhitungan rangka baja jembatan
- Perhitungan sambungan

- Perhitungan analisis struktur dengan menggunakan *software SAP 2000*

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir

PEMBAHASAN

Desain Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan Direncanakan:
Tebal aspal : 5 cm

vaspal : 22 KN/m³

Berdasarkan SNI T-12-2004 ps. 5.5.2 tentang tebal minimum pelat lantai kendaraan jembatan. Syarat:

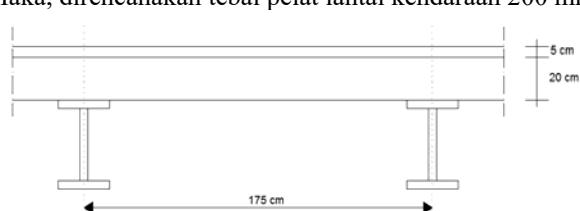
$$d \geq 200 \text{ mm}$$

$$d \geq 100 + 0,04 b$$

$$d \geq 100 + 0,04 \cdot 1600$$

$$d \geq 164 \text{ mm}$$

Maka, direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 200 mm.



Gambar 2. Pelat Lantai Kendaraan

Beban mati

Pelat lantai komposit = $0,20 \times 1 \times 1,75 \times 2,5 = 0,875$

Perkerasan (aspal) = $0,05 \times 1 \times 1,75 \times 2,2 = 0,1925$

$$\text{Air huja} = 0,05 \times 1 \times 1,75 \times 1 = 0,0875+ \\ W_D(\text{berat total}) = 1,155 \text{ t/m}^2$$

Beban hidup

Menurut SNI T-02-2005 ps.6.4.1 tentang besarnya beban truk "T", beban T ditentukan sebesar $112,5 \text{ kN} = 11,25 \text{ ton}$.

Faktor beban ultimate untuk beban $T = 1,8$. Maka total beban $T = 1,8 \times 11,25 \times (1+0,3) = 26,325 \text{ ton}$.

Perhitungan Momen Pada Pelat Lantai Kendaraan
Adapun perhitungan momen pelat kendaraan sebagai berikut:

Momen akibat beban mati:

$$M_D = \frac{1}{10} \cdot q_D \cdot b^2 \\ = \frac{1}{10} \cdot 1,155 \cdot 1,75^2 = 0,354 \text{ tm}$$

Momen akibat beban hidup:

$$M_L = 0,8 \cdot \frac{(5+0,6)T_n}{10} \\ = 0,8 \cdot \frac{(1,75+0,6) \cdot 26,325}{10} = 4,9491 \text{ tm}$$

$$M_u = M_D + M_L \\ = 0,354 + 4,9491 = 5,3031 \text{ tm}$$

Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$\text{Ø lentur} = 16 \text{ mm (arah x)}$$

$$8 \text{ mm (arah y)}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$dx = t - \text{decking} - \frac{\text{Ø lentur } x}{2} \\ = 200 - 40 - \frac{16}{2} = 152 \text{ mm}$$

$$dy = t - \text{decking} - \frac{\text{Ø lentur } x}{2} - \frac{\text{Ø lentur } y}{2} \\ = 200 - 40 - 16 - \frac{8}{2} = 140 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Arah Melintang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_a} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11,470$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_a \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \dots \text{SNI 03-2847-2002}$$

ps 10.4.3

Menurut SNI T-12-2004 untuk beton dengan f_c lebih dari 30 Mpa adalah:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f_c - 30) \\ = 0,85 - 0,008 \cdot (40 - 30) = 0,77$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,77}{390} \cdot \left(\frac{600}{600+390} \right) = 0,040$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots \text{SNI 03-2847-2002 ps 12.3.3}$$

$$= 0,75 \cdot 0,0361 = 0,0305$$

$$Mu = 5,3031 \text{ tm} = 5,3031 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{5,3031 \cdot 10^7}{0,8} = 6,629 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{6,629 \cdot 10^7}{1000 \cdot 152^2} = 2,869$$

$$\rho = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,470} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,470 \cdot 2,869}{390}} \right) = 0,0077$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0077 \cdot 1000 \cdot 152 = 1169,81 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D16- 150

Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan $f_y = 400 \text{ Mpa}$ sebesar 0,0018.:.

$$As = 0,0018 \cdot b \cdot d$$

$$As = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 138 = 248,4 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan D12 – 200 (As = 565,5 mm^2)

Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons

Kekuatan geser pelat lantai kendaraan didapat dengan menggunakan rumus:

Karena $M_v^* = 0$ sehingga $V_n = V_{no}$SNI T-12-2004 ps 5.6.1

Maka, digunakan rumus:

$$V_n = u \cdot d \cdot (f_{cv} + 0,3 f_{pe}) \dots \text{SNI T-12-2004 ps 5.6-2}$$

Dimana:

$$V_n = \text{kuat geser nominal}$$

$$u = \text{panjang efektif dari keliling geser kritis (mm)}$$

$$u = 2 \cdot (b_o + d_o)$$

$$b_o = 500 + 200 = 700 \text{ mm}$$

$$d_o = 200 + 200 = 400 \text{ mm}$$

$$\text{maka } u = 2 \cdot (700 + 400) = 2200 \text{ mm}$$

$$d = \text{jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik}$$

$$d = d_4 - \text{decking} - \frac{\text{Ø}}{2}$$

$$d = 200 - 40 - \frac{16}{2} = 152$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \cdot \sqrt{f_c} \leq 0,34 \cdot \sqrt{f_c} \dots \text{SNI T-12-2004 ps. 5.6-4}$$

β_h = rasio sisi panjang dan sisi pendek beban terpusat

$$\beta_h = \frac{600}{200} = 2,5$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \cdot \left(1 + \frac{2}{2,5} \right) \cdot \sqrt{40} \leq 0,34 \cdot \sqrt{40}$$

$$f_{cv} = 1,89 \text{ Mpa} < 2,15 \text{ Mpa} \dots \text{(OK)}$$

f_{pe} = tegangan tekan dalam beton akibat gaya pratekan = 0 Mpa.

Maka,

$$V_n = 2200 \cdot 152 \cdot (1,89 + 0)$$

$$V_n = 634479 \text{ N} = 634,479 \text{ kN}$$

Kekuatan geser efektif = $\rho \cdot V_n$

Dimana:

$$\rho = \text{faktor reduksi kekuatan geser}$$

$$\textcircled{1} = 0,7 \dots \dots \dots \text{SNI T-12-2004 ps}$$

4.5.2

Maka,

$$\textcircled{1} \cdot V_n = 0,7 \cdot 634,479 = 444,136 \text{ kN}$$

V_u = gaya geser yang terjadi

$$V_u = 112,5 \text{ kN} < \textcircled{1} \cdot V_n = 444,136 \text{ kN}$$

Pelat mampun menahan gaya geser yang terjadi.

Perhitungan Gelagar Memanjang

Perencanaan gelagar memanjang jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41

Tegangan leleh : $f_y = 250 \text{ Mpa}$

Tegangan ultimate : $f_u = 410 \text{ Mpa}$

Modulus elastisitas : $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Jarak gelagar memanjang : 1,75 m

Direncanakan gelagar menjang menggunakan baja profil WF 400.300.9.14 dengan data profil sebagai berikut:

$$h = 386 \text{ mm} \quad I_x = 33700 \text{ cm}^4$$

$$b = 299 \text{ mm} \quad I_y = 6240 \text{ cm}^4$$

$$F = 120,1 \text{ cm}^2 \quad i_x = 16,7 \text{ cm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm} \quad i_y = 7,21 \text{ cm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm} \quad W_x = 1740 \text{ cm}^3$$

$$r = 22 \text{ mm} \quad W_y = 418 \text{ cm}^3$$

$$g = 94,3 \text{ cm}^2$$

Pembebanan

Beban Mati

Sebelum Komposit

$$\text{Berat gelagar memanjang} = 94,3 \cdot 1,1 = 103,73$$

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \cdot 1,75 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 250,25$$

$$\text{Berat pelat beton} = 0,20 \cdot 1,75 \cdot 2400 \cdot 1,3 = 1092$$

$$\text{Berat bekisting} = 50 \cdot 1,75 \cdot 1,4 = 122,5 +$$

$$q_{D1} = 1568,48 \text{ kg/m}$$

$$M_{D1} = \frac{1}{3} \cdot 1568,48 \cdot 5^2 = 4901,5 \text{ kNm}$$

Setelah Komposit

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \cdot 1,75 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 250,25 \text{ kg/m}$$

$$\text{Maka } q_{D2} = 250,25 \text{ kg/m}$$

$$M_{D2} = \frac{1}{3} \cdot 250,25 \cdot 5^2 = 782,03 \text{ kNm}$$

Beban hidup

Beban terbagi rata (UDL)

Sesuai dengan ketentuan SNI T-02-2005 ps.6.3.1 (2)

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

Dengan $L = 80 \text{ m}$, maka

$$q = 9,0 (0,5 + \frac{15}{80}) \text{ kPa}$$

$$q = 6,1875 \text{ kPa} = 618,75 \text{ kg/m}^2$$

Beban yang bekerja:

$$qL = 618,75 \cdot 1,75 \cdot 1,8 = 1949 \text{ kg/m} = 19,49 \text{ kN/m}$$

Beban garis (KEL)

Sesuai dengan ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.3.1 (3)

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

Sedangkan, harga DLA menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.6 (4)

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

$$\begin{aligned} DLA &= 0,4 - 0,0025 \cdot (L-50) \\ &= 0,4 - 0,0025 \cdot (80-50) = 0,325 \end{aligned}$$

$$P_1 = (1+DLA) \cdot P \cdot b_1 \cdot K_{TD}$$

$$P_1 = (1+0,325) \cdot 49 \cdot 1,75 \cdot 1,8$$

$$= 204,514 \text{ kN} = 20451,4 \text{ kg}$$

Berikut merupakan gambar momen akibat pembebanan UDL dan KEL:

$$M_{L1} = (\frac{1}{3} \cdot q_L \cdot L^2) + (\frac{1}{4} \cdot P_L \cdot L)$$

$$= (\frac{1}{3} \cdot 1949 \cdot 5^2) + (\frac{1}{4} \cdot 20451,4 \cdot 5) = 31654,88$$

kNm

Momen akibat beban truk "T"

Menurut SNI T-02-2005, besar beban truk "T" adalah sebesar 112,5 kN. Berikut merupakan gambar momen akibat pembebanan beban truk:

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

$$= 112,5 \cdot (1 + 0,325) \cdot \frac{1}{4} \cdot 5 \cdot 1,8$$

$$= 335,391 \text{ kNm} = 33539,1 \text{ kNm}$$

$M_{L1} < M_{L2}$, maka dipakai momen akibat beban truk "T" yaitu $M_{L2} = 33539,1 \text{ kNm}$

1. Lebar Efektif Pelat Beton

Sesuai dengan SNI T-03-2005 ps 8.2.1 lebar efektif pelat beton adalah:

$$be_1 \leq S$$

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

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

$$\leq \frac{500}{5} = 120 \text{ cm}$$

Dimana:

S = jarak antar gelagar memanjang

L = panjang gelagar memanjang

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil be_2 yaitu 120 cm.

2. Kontrol Kekuatan Lentur

Akibat tekuk lokal:

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 386 - 2(14 + 22) = 314 \text{ mm}$$

Badan:

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

$$\frac{314}{8,14} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$34,89 \leq 106,25$$

(OK)

Sayap:

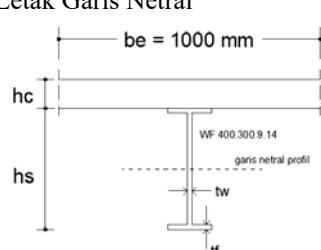
$$\frac{bf}{2,47} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$\frac{2,49}{2,49} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$10,67 \leq 10,75$$

(OK)

Letak Garis Netral



Gambar 3 Gelagar Penampang Komposit

Luas beton

$$A_c = b \cdot h_c = 1000 \cdot 200 = 200000 \text{ mm}^2 \\ = 2000 \text{ cm}^2$$

Luas baja

$$C_1 = A_s \cdot f_y = 12010 \cdot 250 = 3002500 \text{ N}$$

$$C_2 = 0,85 \cdot f_c \cdot A_c = 0,85 \cdot 35 \cdot 200000 \\ = 5950000 \text{ N}$$

Maka nilai C diambil yang terkecil = 3002500 N dan dapat disimpulkan bahwa letak dari garis netral plastis berada pada pelat beton.

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f_y \cdot b} = \frac{3002500}{0,85 \cdot 250 \cdot 1000} = 100,92 \text{ mm}$$

$$y = \frac{d}{2} + t + \frac{a}{2} = \frac{386}{2} + 200 + \frac{100,92}{2} = 443,46 \text{ mm}$$

Kuat lentur nominal

$$M_n = C \cdot y = 3002500 \cdot 443,46 = 1331488650 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 0,85 \cdot 1331488650 = 1131765353 \text{ Nmm}$$

3. Kontrol Gaya Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan, dan gambar garis pengaruh yang terjadi seperti gambar di bawah ini.

Untuk beban hidup (UDL+KEL) menentukan:

$$V_{\max} = (P_1 \cdot \frac{h}{t_w} \cdot l) + (q_{l1} \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda) \\ = (113,62 \cdot 1,8 \cdot 1) + (10,82 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5) \\ = 258,616 \text{ kN}$$

$$= 25861,6 \text{ kg}$$

Untuk beban T menentukan:

$$V_{\max} = T \cdot (1+0,3) \cdot l \cdot 1,8 \\ = 112,5 \cdot (1+0,325) \cdot 1 \cdot 1,8 \\ = 268,31 \text{ kN} = 26831 \text{ kg}$$

Maka, V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban truk "T" sebesar 26831 kg.

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{314}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\ 34,89 \leq 69,57 \quad (\text{OK})$$

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

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

Dimana:

$$A_w = d \cdot tb$$

Sehingga:

$$26831 \text{ kg} \leq 0,6 \cdot 2500 \cdot 40 \cdot 0,9$$

$$26831 \text{ kg} \leq 54000 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk lendutan per bentang memanjang $L = 5 \text{ m}$.

Lendutan ijin

$$\delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot \lambda = \frac{1}{800} \cdot 500 = 0,625 \dots \text{SNI T-03-2005 ps.4.7.2}$$

Lendutan akibat beban hidup (UDL+KEL)

$$\delta_{(UDL+KEL)} = \frac{5}{884} \cdot \frac{q_{l1} \cdot l^4}{E \cdot I_w} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_1 \cdot l^3}{E \cdot I_w} \\ = \frac{5}{884} \cdot \frac{10,82 \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 33700} + \frac{1}{48} \cdot \frac{113,62 \cdot 500^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 33700} \\ = 0,1244 + 0,4181 = 0,5425 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban truk

$$\delta_T = \frac{1}{48} \cdot \frac{P_1 \cdot l^3}{E \cdot I_w} \\ \delta_T = \frac{1}{48} \cdot \frac{113,62 \cdot 500^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 33700} = 0,4140 \text{ cm}$$

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

$$\delta_{UDL+KEL} \leq \delta_{ijin} \\ 0,5425 \text{ cm} \leq 0,625 \quad (\text{OK})$$

Perhitungan Gelagar Melintang

Perencanaan gelagar memanjang jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tegangan leleh : $f_y = 250 \text{ Mpa}$

Tegangan ultimate : $f_u = 410 \text{ Mpa}$

Modulus elastisitas : $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Jarak gelagar melintang : 5 m

Perencanaan Penampang Gelagar Melintang

Untuk perencanaan awal gelagar melintang dipilih profil WF dengan dimensi 800.300.16.30

Data profil:

$$h = 808 \text{ mm} \quad I_x = 339000 \text{ cm}^4$$

$$b = 302 \text{ mm} \quad I_y = 13800 \text{ cm}^4$$

$$F = 307,6 \text{ cm}^2 \quad ix = 33,2 \text{ cm}$$

$$t_1 = 16 \text{ mm} \quad iy = 6,70 \text{ cm}$$

$$t_2 = 30 \text{ mm} \quad Wx = 8400 \text{ cm}^3$$

$$g = 241 \text{ kg/m} \quad Wy = 915 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm}$$

Beban Mati

Sebelum komposit

$$\text{Berat gelagar memanjang } 94,3 \cdot \frac{5}{1,75} = 269,43$$

$$\text{Berat gelagar melintang } 241 \cdot 1,1 = 265,1$$

$$\text{Berat pelat beton} = 0,2 \cdot 5 \cdot 2500 \cdot 1,3 = 3250$$

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \cdot 5 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 715$$

$$\text{Berat bekisting} = 50 \cdot 5 \cdot 1,3 = 350 +$$

$$q_D = 4840,53 \text{ kg/m}$$

$$q_{D1(u)} = q_{D1} = 4840,53 \text{ kg/m}$$

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

$$R_{q1} = \frac{1}{2} \cdot q_{D1} \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 4840,53 \cdot 9 = 21782,39 \text{ kg}$$

Sesudah komposit

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \cdot 5 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 715 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat trotoar} = 0,25 \cdot 1 \cdot 22 \cdot 5 \cdot 1,3 = 3575 \text{ kg/m} +$$

$$qd2 = 4290 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{(3575 \cdot 1 \cdot 8,5) + (715 \cdot 7 \cdot 4,5) + (3575 \cdot 1 \cdot 0,5)}{9} \\ R_A = 6077,5 \text{ kg}$$

$$M_{Q2} = (6077,5 \cdot 5) - (3575 \cdot 1 \cdot 4,5) - (715 \cdot 3,5 \cdot 1,75) \\ = 9920,625 \text{ kgm}$$

Beban Hidup

Beban merata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps.6.3.1 (2) untuk

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

$$\text{Dengan } L = 80 \text{ m, maka } q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{80} \right) \text{kPa}$$

$$q = 6,1875 \text{ kPa} = 618,75 \text{ kg/m}^2$$

Beban yang bekerja:

$$q_{UDL} = 618,75 \cdot 5 \cdot 1,8 = 5568,75 \text{ kg/m}$$

Beban garis (KEL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.3.1 (3)

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

Sedangkan, harga DLA menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.6 (4)

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

$$\text{DLA} = 0,4 - 0,0025 \cdot (L-50)$$

$$= 0,4 - 0,0025 \cdot (80-50) = 0,325$$

$$P_{KEL} = (1+DLA) \cdot P \cdot K_{TD}^u$$

$$P_{KEL} = (1+0,325) \cdot 49 \cdot 1,8 = 116,865 \text{ kN} = 11686,5 \text{ kg}$$

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

$$= 5568,75 + 11686,5 = 17255,25 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \cdot 17255,25 = 17255,25 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \cdot 17255,25 = 8627,625 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A =$$

$$\frac{(8627,625 \cdot 0,75 \cdot 7,625) + (17255,25 \cdot 5,5 \cdot 4,5) + (8627,625 \cdot 0,75 \cdot 1,375)}{9}$$

$$R_A = 53922,66 \text{ kg}$$

$$M_{maxL1} = R_A \cdot 4,5 - q_2 \cdot 0,75 \cdot 3,125 - q_1 \cdot 2,75 \cdot 1,375$$

$$= 53922,66 \cdot 4,5 - 8627,625 \cdot 0,75 \cdot 3,125 - 17255,25 \cdot$$

$$2,75 \cdot 1,375$$

$$= 242651,97 - 20221 - 65246,41$$

$$= 157184,56 \text{ kgm}$$

Beban Truk "T"

$$\sum M_B = 0$$

$$\frac{(149,06 \cdot 6,75 \cdot 1,8) + (149,06 \cdot 5,1,8) + (149,06 \cdot 4,1,8) + (149,06 \cdot 2,25 \cdot 1,8)}{9}$$

$$R_A = \frac{4829,544}{9}$$

$$R_A = 536,62 \text{ kN} = 53662 \text{ kg}$$

$$M_{maxL2a} = R_A \cdot 4,5 - P_1 \cdot 1,8 \cdot 2,25 - P_2 \cdot 1,8 \cdot 0,5$$

$$= 53662 \cdot 4,5 - 14906 \cdot 1,8 \cdot 2,25 - 14906 \cdot 1,8 \cdot 0,5$$

$$= 167694,3 \text{ kgm}$$

Akibat Beban Truk (kondisi b)

$$\sum M_B = 0$$

$$\frac{(149,06 \cdot 5,375 \cdot 1,8) + (149,06 \cdot 3,625 \cdot 1,8)}{9}$$

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

$$M_{maxL2a} = R_A \cdot 4,5 - P_1 \cdot 1,8 \cdot 0,875$$

$$= 26831 \cdot 4,5 - 14906 \cdot 1,8 \cdot 0,875$$

$$= 97262,55 \text{ kgm}$$

Digunakan momen beban truk kondisi a sebesar 167694,3 kgm. Karena pada beban truk kondisi a, memberikan M_{max} terbesar.

Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Menurut SNI T-03-2005 ps 8.2.1 lebar efektif pelat beton adalah:

$$be_1 \leq S$$

$\leq 500 \text{ cm}$

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

$$\leq \frac{900}{5} = 180 \text{ cm}$$

Dimana:

S = jarak antar gelagar melintang

L = lebar jembatan

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

Kontrol Kekuatan Lentur

Akibat tekuk lokal:

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 808 - 2(30 + 28) = 692 \text{ mm}$$

Badan:

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

$$\frac{692}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$43,25 \leq 106,25 \text{ (OK)}$$

Sayap:

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{302}{230} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$5,03 \leq 10,752 \text{ (OK)}$$

Menentukan letak garis netral plastis

Luas beton

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

Luas baja

$$C1 = As \cdot fy = 30760 \cdot 250 = 7690000 \text{ N}$$

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

Maka nilai C diambil yang terkecil = 7690000 N dan dapat disimpulkan bahwa letak dari garis netral plastis berada pada pelat beton.

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{7690000}{0,85 \cdot 35 \cdot 1800} = 143,604 \text{ mm}$$

$$y = \frac{d}{2} + t + \frac{a}{2} = \frac{808}{2} + 200 + \frac{143,604}{2} = 675,802 \text{ mm}$$

Kuat lentur nominal

$$Mn = C \cdot y = 7690000 \cdot 675,802 = 5196917380 \text{ Nmm}$$

$$Mu = 0,85 \cdot 5196917380 = 4417379773 \text{ Nmm}$$

Gaya Geser

Geser Sebelum Komposit

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{4840,53 \cdot 9 \cdot 4,5}{9}$$

$$R_A = 21782,39 \text{ kg}$$

Gaya Geser Setelah Komposit

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{715 \cdot 1 \cdot 8,5 + 3575 \cdot 7,4,5 + 715 \cdot 1,0,5}{9}$$

$$R_A = 13227,5 \text{ kg}$$

Gaya Geser Akibat Beban Hidup

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A = \frac{17255,25 \cdot 5,5 \cdot 5,25 + 8627,625 \cdot 1,5 \cdot 1,75}{9}$$

$$R_A = 520892,86 \text{ kg}$$

Kontrol Kekuatan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= V_D + V_{UDL+KEL} \\ &= (217,82 + 132,28) + 520,89 = 870,99 \text{ kN} = 87099 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{692}{16} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

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

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 80,8 \cdot 1,6 \\ &= 193920 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka $V_u < V_n$ (OK)

Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk balok:

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

$$n = \frac{Eg}{Rn} = \frac{200000}{4700 \sqrt{25}} = 7,2$$

Lebar efektif setelah komposit:

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

Beban $q_{UDL} = 9 \cdot 5 = 45 \text{ kN/m}$

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

Total $q_{UDL+KEL} = 109,925 \text{ kN/m}$

Rumus yang dipakai untuk menghitung lendutan sebagai berikut:

$$\Delta_{max} = \frac{q \cdot b^3}{284 E I} (8L^3 - 4L \cdot b^2 + b^3)$$

Dimana:

$$q = 0,5 \cdot q_{UDL+KEL} = 54,96 \text{ kN/m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

$$a = 1 \text{ m}, b = 7 \text{ m} \text{ dan } a = 1,75 \text{ m}, b = 5,5 \text{ m}$$

$$E = \text{Modulus elastisitas baja} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Beban hidup truk $T = 112,5 \cdot 1,325 = 149,06 \text{ kN}$ yang bekerja pada gelagak melintang sebagai berikut:

Beban Truk

Rumus yang dipakai untuk menghitung lendutan sebagai berikut:

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

Kondisi a

$$\Delta 1 = \frac{14906,900^3}{6 \cdot 21,10^6 \cdot 477058,72} (3 \cdot 400/4 \cdot 900 - (400/900)^3) = 0,444 \text{ cm}$$

$$\Delta 2 = \frac{14906,900^3}{6 \cdot 21,10^6 \cdot 477058,72} (3 \cdot 225/4 \cdot 900 - (225/900)^3) = 0,311 \text{ cm}$$

$$\Delta T = \Delta 1 + \Delta 2 = 0,755 \text{ cm}$$

Kondisi b

$$\Delta = \frac{14906,900^3}{6 \cdot 21,10^6 \cdot 477058,72} (3 \cdot 362,5/4 \cdot 900 - (362,5/900)^3) = 0,428 \text{ cm}$$

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.

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

Perhitungan Ikatan Angin

Pada KRB; $T_{EW1} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ kN/m}^2$

Pada Kendaraan; $T_{EW2} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ kN/m}$

Dimana:

C_w = faktor beban angin, koefisien seret = 1,2

A_b = luas bidan ekivalen yang terkena angin 30% dari luas rangka yang dibatasi oleh batang-batang terluar

V_w = kecepatan angin untuk jembatan yang terletak > 5 km dari pantai = 30 m/s

$$h_a = 7 \text{ m},$$

$$A_{ba} = 30\% \cdot a \cdot h = 30\% \cdot 10 \cdot 7 = 21 \text{ m}^2$$

$$h_b = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{bb1} &= 2 \cdot (30\% \cdot 0,5 \text{ (sisi atas+bawah)} \cdot b) \\ &= 2 \cdot (30\% \cdot 0,5 \cdot (7+9) \cdot 10) = 48 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{bb2} &= 2 \cdot (30\% \cdot 0,5 \text{ (sisi atas+bawah)} \cdot b) \\ &= 2 \cdot (30\% \cdot 0,5 \cdot (8+9) \cdot 5) = 25,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$h_c = 9 \text{ m}$$

$$A_{bc} = 2 \cdot (30\% \cdot a \cdot h) = 2 \cdot (30\% \cdot 10 \cdot 9) = 54 \text{ m}^2$$

$$\text{Total } A_b = 21 + 48 + 25,5 + 54 = 148,5 \text{ m}^2$$

Beban angin:

$$\begin{aligned} T_{EW1} &= 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \\ &= 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30\%)^2 \cdot 148,5 = 96,228 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{EW2} &= 0,0012 C_w (V_w)^2 = 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (30\%)^2 = 1,296 \text{ kN/m} \\ \text{Ikatan angin atas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_a &= \frac{a}{a+b} \cdot T_{EW1} \cdot \frac{1}{jml \text{ lapis} a} \cdot LF \\ &= \frac{60}{60+80} \cdot 96,228 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,2 = 4,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ikatan angin bawah

$$W_{b1} = \frac{b}{a+b} \cdot T_{EW1} \cdot \frac{1}{jml \text{ lapis} a} \cdot LF$$

$$W_{b1} = \frac{80}{60+80} \cdot 96,228 \cdot \frac{1}{16} \cdot 1,2 = 4,12 \text{ kN}$$

$$W_{b2} = \lambda \cdot T_{EW2} \cdot LF = 5 \cdot 1,296 \cdot 1,2 = 7,776 \text{ kN}$$

$$W_b = 4,12 + 7,776 = 11,896 \text{ kN}$$

Ikatan Angin Atas

Beban-beban yang bekerja:

$$W_a = 4,12 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} W_a = \frac{1}{2} \cdot 4,12 = 2,06 \text{ kN}$$

Pendimensian batang cross beam pada 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 direncanakan menggunakan WF 250.250.8.13, sedangkan batang diagonal/top bracing 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 direncanakan menggunakan L 200.200.16.

Data profil:

Profil WF 250.250.8.13

$$h = 248 \text{ mm} \quad iy = 6,29 \text{ cm}$$

$$b = 249 \text{ mm} \quad ix = 10,8 \text{ cm}$$

$$tb = 8 \text{ mm} \quad Ix = 9930 \text{ cm}^4$$

$$tf = 13 \text{ mm} \quad Iy = 3350 \text{ cm}^4$$

$$r = 16 \text{ mm} \quad Wx = 801 \text{ cm}^3$$

$$g = 66,5 \text{ kg/m} \quad Wy = 269 \text{ cm}^3$$

$$A = 84,70 \text{ cm}^2$$

Data profil:

L 200.200.16

b = 200 mm

e = 5,52 cm

d = 16 mm

w = 14,1 cm

r = 18 mm

v = 7,80 cm

r₁ = 9 mm

I_x = I_y = 2340 cm⁴

A = 61,8 cm²

W_x = W_y = 162 cm³

g = 48,5 kg/m

i_x = i_y = 6,15 cm

k_x = k_y = 1,65

Berikut diperoleh gaya batang terbesar hasil dari perhitungan program SAP2000, seperti pada tabel di bawah ini:

Kontrol profil ikatan angin atas

Batang 7 (cross beam)

P_u = 17074,1 kg

Kontrol kelangsingan penampang:

$$Flens \quad \frac{b/2}{tf} \leq \frac{250}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{249/2}{13} \leq \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$9,56 \leq 15,811 \quad (\text{OK})$$

$$Web \quad \frac{h}{tw} \leq \frac{665}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{248}{8} \leq \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$31 \leq 42,06 \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, k = 1,2

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k_i I_x}{rw} = \frac{1.2.900}{10.8} = 100$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{100}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,10$$

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

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,10} = 1,66$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{fy}{\omega_x} = 84,7 \cdot \frac{2500}{1,66} = 127560,24 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Qc.Mn} = \frac{17074,1}{0,85 \cdot 127560,24} = 0,157 < 1$$

(OK)

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k_i I_y}{ry} = \frac{1.2.900}{6,29} = 171,7$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{171,7}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,89$$

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

$$\omega_y = 1,25 \cdot 1,89^2 = 4,47$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{fy}{\omega_y} = 84,7 \cdot \frac{2500}{4,47} = 47371,40 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Qc.Mn} = \frac{17074,1}{0,85 \cdot 47371,40} = 0,424 < 1$$

(OK)

Batang 44 dan 55 (top bracing)

P_u = 15487,3 kg

Kontrol kelangsingan penampang:

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

$$\frac{200}{16} \leq \frac{250}{\sqrt{250}}$$

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

Kondisi tumpuan sendi-rol, k = 1,2

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k_i I_x}{rw} = \frac{1.2.1029,563}{10,8} = 114,40$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{114,40}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,26$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2, \text{ maka } \omega_x = 1,25 \cdot \lambda_{cx}^2$$

$$\omega_x = 1,25 \cdot 1,26^2 = 1,985$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{fy}{\omega_x} = 84,7 \cdot \frac{2500}{1,985} = 106675,06 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Qc.Mn} = \frac{15487,3}{0,85 \cdot 106675,06} = 0,171 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k_i I_y}{ry} = \frac{1.2.1029,563}{6,29} = 196,42$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{196,42}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 2,16$$

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

$$\omega_y = 1,25 \cdot 2,16^2 = 5,832$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{fy}{\omega_y} = 84,7 \cdot \frac{2500}{5,832} = 36308,30 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Qc.Mn} = \frac{15487,3}{0,85 \cdot 36308,30} = 0,502 < 1 \quad (\text{OK})$$

Ikatan Angin Bawah

W_b = 11,896 kN

$$\frac{1}{2} W_b = \frac{1}{2} \cdot 11,896 = 5,948 \text{ kN}$$

Data profil:

L 200.200.16

b = 200 mm

e = 5,52 cm

d = 16 mm

w = 14,1 cm

r = 18 mm

v = 7,80 cm

r₁ = 9 mm

I_x = I_y = 2340 cm⁴

A = 61,8 cm²

W_x = W_y = 162 cm³

g = 48,5 kg/m

i_x = i_y = 6,15 cm

k_x = k_y = 1,65

Berikut diperoleh gaya batang terbesar hasil dari perhitungan program SAP2000, seperti pada tabel di bawah ini:

Kontrol profil ikatan angin bawah

Batang 58 dan 73 (bottom bracing)

P_u = 21740,8 kg

Kontrol kelangsingan penampang:

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

$$\frac{200}{16} \leq \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$12,5 \leq 15,81$$

(OK)

Kondisi tumpuan sendi-rol, k = 1,2

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k_i I_x}{rw} = \frac{1.2.1029,563}{10,8} = 114,40$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{114,40}{\pi} \sqrt{\frac{2500}{2100000}} = 1,26$$

$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2$, maka $\omega_x = 1,25 \cdot \lambda_{cx}^2$

$$\omega_x = 1,25 \cdot 1,26^2 = 1,985$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 84,7 \cdot \frac{2500}{1,985} = 106675,06 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc \cdot Nn} = \frac{21740,8}{0,85 \cdot 106675,06} = 0,240 < 1$$

(OK)

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k_y}{r_y} = \frac{12.1029,563}{6,29} = 196,42$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{196,42}{\pi \sqrt{\frac{2500}{210000}}} = 2,16$$

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

$$\omega_y = 1,25 \cdot 2,16^2 = 5,832$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 84,7 \cdot \frac{2500}{5,832} = 36308,30 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc \cdot Nn} = \frac{21740,8}{0,85 \cdot 36308,30} = 0,704 < 1 \quad (\text{OK})$$

Perhitungan Konstruksi Rangka

Data perencanaan

$$\text{Tebal pelat} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal perkerasan} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar lantai kendaraan} = 900 \text{ m}$$

$$\text{Lebar trotoir} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal trotoir} = 25 \text{ cm}$$

$$G \text{ memanjang} = WF 400.300.9.14$$

$$G \text{ melintang} = WF 800.300.16.30$$

$$\text{Ikatan angin atas} = WF 250.250.8.13$$

$$\text{Ikatan angin bawah} = L 200.200.16$$

$$\text{Sandaran} = \text{Pipa D } 76,3 (g = 7,13 \text{ kg/m})$$

$$\text{Rangka Utama} = WF 400.400.45.70$$

Pembebaan

Asumsi beban antara rangka induk ditahan masing-masing $\frac{1}{2}$ nya oleh rangka induk. Dimensi rangka diasumsikan sama untuk semua rangka.

Beban mati

$$\text{Berat aspal} = 0,05 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 2200 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{2} = 2502,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = 0,20 \cdot 9 \cdot 5 \cdot 2500 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{2} = 14625 \text{ kg}$$

$$\text{Berat trotoar} = 0,25 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 2200 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{2} = 1787,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sandaran} = 2 \cdot 80 \cdot 7,13 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{2} = 741,52 \text{ kg}$$

$$\text{Berat memanjang/m} = 94,3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{2} = 1296,63 \text{ kg}$$

$$\text{Berat melintang/m} = 241 \cdot 9 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{2} = 1192,95 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah} = 22146,1 \text{ kg}$$

Berat profil rangka:

Buhul 1 dan 17

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 8,6023 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 605)\} \cdot 1,1 \\ = 4526,17 \text{ kg}$$

Buhul 18 dan 32

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 (8,6023 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 5,099 \cdot 605)\}$$

$$\cdot 1,1 = 9750,77 \text{ kg}$$

Buhul 19,23,27 dan 31

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 9,434 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5,099 \cdot 605))\}$$

$$\cdot 1,1 = 9194,548 \text{ kg}$$

Buhul 20,22,28 dan 30

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 10,2956 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot [5,099 \cdot 605] + (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 9781,05 \text{ kg}$$

Buhul 21 dan 29

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 6322,25 \text{ kg}$$

Buhul 24 dan 26

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 (8,6023 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot [5,099 \cdot 605] + (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 10682,33 \text{ kg}$$

Buhul 2,8,10,16 dan 25

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 5656,75 \text{ kg}$$

Buhul 3,7,11 dan 15

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot (8,6023 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 8851,92 \text{ kg}$$

Buhul 4,6,12 dan 14

$$= \{(\frac{1}{2} \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot (9,434 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 9461,41 \text{ kg}$$

Buhul 5 dan 13

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 (10,2956 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 13173,97 \text{ kg}$$

Buhul 9

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ diagonal}) + (\frac{1}{2} \text{ tegak}) + (\frac{1}{2} \cdot 2 \text{ horisontal})\} \cdot LF$$

$$= \{(\frac{1}{2} \cdot 2 (8,6023 \cdot 605)) + (\frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 605) + (\frac{1}{2} \cdot 2 (5 \cdot 605))\} \cdot 1,1 = 8370,88 \text{ kg}$$

Penambahan beban sebesar 10% sebagai asumsi berat pelat buhul beserta bautnya.

Buhul 1 dan 17

$$= 110\% \cdot 4526,165325 \text{ kg} = 4978,78 \text{ kg}$$

a) Buhul 18 dan 32

$= 110\% \cdot 9750,7729 \text{ kg} = 10725,85 \text{ kg}$
 Buhul 19,23,27 dan 31
 $= 110\% \cdot 9194,548 \text{ kg} = 10114,00 \text{ kg}$
 Buhul 20,22,28 dan 30
 $= 110\% \cdot 9781,05315 \text{ kg} = 10759,16 \text{ kg}$
 Buhul 21 dan 29
 $= 110\% \cdot 6322,25 \text{ kg} = 6954,48 \text{ kg}$
 Buhul 24 dan 26
 $= 110\% \cdot 10682,33375 \text{ kg} = 11750,57 \text{ kg}$
 Buhul Buhul 2,8,10, 16 dan 25
 $= 110\% \cdot 5656,75 \text{ kg} = 6222,43 \text{ kg}$
 Buhul 3,7,11 dan 15
 $= 110\% \cdot 8851,915325 \text{ kg} = 9737,11 \text{ kg}$
 Buhul 4,6, 12 dan 14
 $= 110\% \cdot 9461,4135 \text{ kg} = 10407,55 \text{ kg}$
 Buhul 5 dan 13
 $= 110\% \cdot 13173,9718 \text{ kg} = 14491,37 \text{ kg}$
 Buhul 9
 $= 110\% \cdot 8370,88065 \text{ kg} = 9207,97 \text{ kg}$

Berat ikatan angin atas:

$$\text{Cross beam} = \frac{1}{2} \cdot 66,5 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 1,1 = 329,175 \text{ kg}$$

$$\text{Top bracing} = \frac{1}{2} \cdot 61,8 \cdot 20,59 \cdot 2 \cdot 1,1 = 1399,71 \text{ kg}$$

Berat ikatan angin bawah:

$$\text{Bottom bracing} = \frac{1}{2} \cdot 61,8 \cdot 20,59 \cdot 2 \cdot 1,1 = 1399,71 \text{ kg} +$$

$$\text{Jumlah} = 3128,595 \text{ kg}$$

Total beban mati (P) pada sebuah titik simpul:

$$\text{Buhul 1 dan 17} \\ = 22146,1 + 4978,78 + 3128,595 = 30254,48 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 18 dan 32} \\ = 22146,1 + 10725,85 + 3128,595 = 36001,55 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 19,23,27 dan 31} \\ = 22146,1 + 10114,00 + 3128,595 = 35389,70 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 20,22,28 dan 30} \\ = 22146,1 + 10759,16 + 3128,595 = 36034,85 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 21 dan 29} \\ = 22146,1 + 6954,48 + 3128,595 = 32230,17 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 24 dan 26} \\ = 22146,1 + 11750,57 + 3128,595 = 37026,26 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul Buhul 2,8,10, 16 dan 25} \\ = 22146,1 + 6222,43 + 3128,595 = 31498,12 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 3,7,11 dan 15} \\ = 22146,1 + 9737,11 + 3128,595 = 35012,80 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 4,6, 12 dan 14} \\ = 22146,1 + 10407,55 + 3128,595 = 35683,25 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 5 dan 13} \\ = 22146,1 + 14491,37 + 3128,595 = 39767,06 \text{ kg}$$

$$\text{Buhul 9} \\ = 22146,1 + 9207,97 + 3128,595 = 34483,66 \text{ kg}$$

Beban hidup (UDL dan KEL)

Beban hidup harus diletakkan pada posisi a atau b seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.36, untuk mendapatkan beban terpusat paling besar dititik simpul pada salah satu konstruksi rangka.

Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps.6.3.1 (2) untuk

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

$$\text{Dengan } L = 80 \text{ m, maka } q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{80} \right) \text{kPa}$$

$$q = 6,1875 \text{ kPa} = 618,75 \text{ kg/m}^2$$

Beban yang bekerja:

$$q = 618,75 \cdot 5 \cdot 1,8 = 5568,75 \text{ kg/m} = 55,69 \text{ kN/m}$$

Beban P_{UDL} yang bekerja pada satu titik simpul:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$P_{UDL} \cdot 9 - (q_{UDL} \cdot 5,5 \cdot 5,25) - (q_{UDL} \cdot 1,5 \cdot 1,75) = 0$$

$$P_{UDL} = \frac{(5568,75 \cdot 5,5 \cdot 5,25) + (5568,75 \cdot 1,5 \cdot 1,75)}{9} = 19490,63 \text{ kg}$$

Beban terpusat (KEL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.3.1 (3)

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

Sedangkan, harga DLA menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps 6.6 (4)

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

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

$$= 0,4 - 0,0025 \cdot (80-50) = 0,325$$

$$P = 4900 \cdot (1+0,325) \cdot 1,8 = 11686,5 \text{ kg} = 116,87 \text{ kN}$$

Beban P_{KEL} yang bekerja pada satu titik simpul:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$P_{KEL} \cdot 9 - (P \cdot 5,5 \cdot 5,25) - (P \cdot 1,5 \cdot 1,75) = 0$$

$$P_{KEL} = \frac{(11686,5 \cdot 5,5 \cdot 5,25) + (11686,5 \cdot 1,5 \cdot 1,75)}{9} = 40902,75 \text{ kg}$$

Maka total beban hidup untuk satu rangka:

$$P = 0,5 \cdot (P_{UDL} + P_{KEL})$$

$$= 0,5 \cdot (19490,63 + 40902,75) = 30196,69 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 30196,69 = 15098,35 \text{ kg}$$

Kontrol Profil WF Rangka

Data profil:

WF 400x400x45x70

g	$= 605 \text{ kg/m}$	I_x	$= 298000 \text{ cm}^4$
h	$= 498 \text{ mm}$	I_y	$= 94400 \text{ cm}^4$
b	$= 432 \text{ mm}$	i_x	$= 19,7 \text{ cm}$
t_w	$= 45 \text{ mm}$	i_y	$= 11,1 \text{ cm}$
t_f	$= 70 \text{ mm}$	W_x	$= 12000 \text{ cm}^3$
r	$= 22 \text{ mm}$	W_y	$= 4370 \text{ cm}^3$
A	$= 770,1 \text{ cm}^2$		

Batang diagonal dan tegak (tekan)

$$P_{max} = 586126,10 \text{ kg (batang 45 dan 47)}$$

Kontrol kelangsungan penampang:

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

$$\frac{432/2}{70} \leq \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$3,09 \leq 15,811 \quad (\text{OK})$$

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

$$\frac{498}{45} \leq \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$11,07 \leq 42,06 \quad (\text{OK})$$

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

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k_i y}{r_x} = \frac{1.2860.2225}{19.7} = 52,40$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{52,40}{\pi \sqrt{\frac{2500}{2100000}}} = 0,58$$

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

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6-0,67.0,58} = 1,1805$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 770,1 \cdot \frac{2500}{1,1805} = 1630876,75 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc.Mn} = \frac{586126,10}{0,85.1630876,75} = 0,423 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k_i y}{r_y} = \frac{1.2860.2225}{11,1} = 93$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{93}{\pi \sqrt{\frac{2500}{2100000}}} = 1,022$$

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

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67.1,022} = 1,56$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 770,1 \cdot \frac{2500}{1,56} = 1234134,62 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc.Mn} = \frac{586126,10}{0,85.1234134,62} = 0,559 < 1 \quad (\text{OK})$$

Batang bawah/bottom chord (tarik)

Pmax = 361442,08 kg (batang 4 dan 13)

Dipakai sambungan baut:

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

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

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

Kekuatan geser baut:

$$Vd = 0 \cdot f_{uy} \cdot Ab \\ = 0,75 \cdot 825 \cdot 452,39 = 279774 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$Rd = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370 \\ = 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{max}}{Vd} = \frac{361442,08}{279774} = 1,29 \text{ baut} = 3 \text{ baut}$$

Periksa syarat kelangsungan batang tarik:

$$\lambda_{min} = \frac{L}{r_{min}} = \frac{500}{11,1} = 45,05 < 240 \quad (\text{OK})$$

Kontrol kekuatan batang tarik:

Batas leleh

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

Batas putus

$$Pr = 0 \cdot f_u \cdot A_n \cdot u$$

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

satu penampang terdapat 3 lubang baut (lubang baut = 24+2 = 26 mm), maka

$$An = Ag - (n \cdot d \cdot tb) \\ = 770,1 - (3 \cdot 2,6 \cdot 2,8) = 748,26 \text{ cm}^2$$

$$Pr = 0,75 \cdot 5500 \cdot 748,26 \cdot 0,9$$

= 2777915,25 kg > 361442,08 kg (OK)

Batang atas/top chord (tekan)

Pmax = 368865,77 kg (batang 18 dan 29)

Kontrol kelangsungan penampang:

$$\begin{aligned} Flens \quad \frac{b/2}{tf} &\leq \frac{250}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{432/2}{70} &\leq \frac{250}{\sqrt{250}} \\ 3,09 &\leq 15,811 \end{aligned} \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} Web \quad \frac{h}{tw} &\leq \frac{665}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{498}{45} &\leq \frac{665}{\sqrt{250}} \\ 11,07 &\leq 42,06 \end{aligned} \quad (\text{OK})$$

Kondisi tumpuan sendi-rol, k = 1,2

Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k_i y}{r_x} = \frac{1.2509.902}{19.7} = 31,06$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{31,06}{\pi \sqrt{\frac{2500}{2100000}}} = 0,34$$

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

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6-0,67.0,34} = 1,042$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 770,1 \cdot \frac{2500}{1,042} = 1847648,75 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc.Mn} = \frac{368865,77}{0,85.1847648,75} = 0,235 < 1 \quad (\text{OK})$$

Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k_i y}{r_y} = \frac{1.2509.902}{11,1} = 55,125$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi \sqrt{\frac{f_y}{E}}} = \frac{55,125}{\pi \sqrt{\frac{2500}{2100000}}} = 0,61$$

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

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67.0,61} = 1,2$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_y} = 770,1 \cdot \frac{2500}{1,2} = 1604375 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{Gc.Mn} = \frac{368865,77}{0,85.1604375} = 0,2705 < 1 \quad (\text{OK})$$

Perhitungan Sambungan

Sambungan Gelagar Melintang - Gelagar Memanjang

Sambungan Gelagar Memanjang

Baut db = 20 mm, A325 (fuy = 825 Mpa)

Pelat tp = 20 mm, BJ 37 (fu = 370 Mpa)

Kekuatan ijin 1 baut:

Kekuatan geser baut:

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

$$Vd = 0 \cdot f_{uy} \cdot Ab \\ = 0,75 \cdot 825 \cdot 314 = 194287,5 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$Rd = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370 = 266400 \text{ kg}$$

Beban yang bekerja:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban mati} &= \frac{1}{2} \cdot (1568,48 + 782,03) \cdot 5 \\
 &= 1175,26 \text{ kg} \\
 \text{Beban merata} &= \frac{1}{2} \cdot 1949 \cdot 5 = 974,75 \text{ kg} \\
 \text{Beban garis} &= \frac{1}{2} \cdot 20451,4 = 10225,7 \text{ kg} \\
 \text{Total P} &= 12375,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{12375,71}{194287,5} = 0,06 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

Sambungan Gelagar Melintang

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

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

Kekuatan ijin 1 baut:

Kekuatan geser baut:

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

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 825 \cdot 314 = 194287,5 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370 = 266400 \text{ kg}$$

Beban yang bekerja:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban mati} &= \frac{1}{2} \cdot (4840,53 + 4290) \cdot 5 = 22826,33 \text{ kg} \\
 \text{Beban merata} &= \frac{1}{2} \cdot 5568,75 \cdot 5 = 13921,88 \text{ kg} \\
 \text{Beban garis} &= \frac{1}{2} \cdot 11686,5 = 5843,25 \text{ kg} \\
 \text{Total P} &= 42591,46 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{42591,46}{194287,5} = 0,22 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

Sambungan Ikatan Angin

Angin Atas

Cross beam

$P_{\max} = 3014,59 \text{ kg}$ (batang 6)

Dipakai sambungan:

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

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

$$A_b = 0,25 \pi \cdot (20)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 825 \cdot 314$$

$$= 194287,5 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370$$

$$= 266400 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{3014,59}{194287,5} = 0,016 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

Top bracing

$P_{\max} = 7964,91 \text{ kg}$ (batang 57)

Dipakai sambungan:

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

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

$$A_b = 0,25 \pi \cdot (20)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 825 \cdot 314 = 194287,5 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370 = 266400 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{7964,91}{194287,5} = 0,041 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

a. Ikatan Angin Bawah

$P_{\max} = 14680,41 \text{ kg}$ (batang 56)

Dipakai sambungan:

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

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

$$A_b = 0,25 \pi \cdot (20)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b = 0,75 \cdot 825 \cdot 314 = 194287,5 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 370$$

$$= 266400 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{14680,41}{194287,5} = 0,076 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

Sambungan Konstruksi Rangka

Batang bawah/*bottom chord*

$P_{\max} = 385397,14 \text{ kg}$ (batang 4 dan 13)

Dipakai sambungan:

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

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

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

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b = 0,75 \cdot 825 \cdot 452,16 = 279774 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370$$

$$= 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{385397,14}{279774} = 1,38 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut}$$

Batang atas/*top chord*

$P_{\max} = 442922,40 \text{ kg}$

Dipakai sambungan:

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

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

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

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0 \cdot fuy \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 825 \cdot 452,16$$

$$= 279774 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370$$

$$= 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{442922,40}{279774} = 1,58 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut}$$

Batang diagonal

$$P_{\max} = 436175,97 \text{ kg}$$

Dipakai sambungan:

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

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

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

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0,75 \cdot fuy \cdot A_b = 0,75 \cdot 825 \cdot 452,16 = 279774 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370 = 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{436175,97}{279774} = 1,56 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut}$$

Batang tegak

$$P_{\max} = 71912,10 \text{ kg}$$

Dipakai sambungan:

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

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

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

Kekuatan geser baut:

$$V_d = 0,75 \cdot fuy \cdot A_b = 0,75 \cdot 825 \cdot 452,16 = 279774 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut:

$$R_d = 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 370 = 447552 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{\max}}{V_d} = \frac{71912,10}{279774} = 0,30 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konstruksi jembatan rangka trough pratt truss dengan bentang 80 m, lebar dengan trotoar 9 m untuk 2 jalur 2 arah dan tinggi fokus adalah 6 m.
2. Lantai kendaraan dengan tebal 200 mm. Tulangan terpasang arah melintang D16-100 dan arah memanjang D12-200.
3. Gelagar memanjang WF 400.300.9.14 dengan BJ 41, lendutan 0,521 cm (UDL+KEL) dan lendutan 0,36 cm (Truk). $0,521 \text{ cm}(\text{UDL+KEL}) \leq 0,625 (\delta_{\text{lim}})$.
4. Gelagar melintang WF 800.300.16.30 dengan BJ 41, lendutan 0,912 cm (UDL+KEL) dan lendutan 0,755 cm (Truk). $0,912 (\text{UDL+KEL}) \leq 1,125 (\delta_{\text{lim}})$.
5. Ikatan angin atas menggunakan WF 150.150.7.10 (batang cross beam) dan L 200.200.25 (top bracing).
6. Ikatan angin bawah menggunakan L 200.200.25 (bottom bracing).

7. Struktur utama rangka berupa profil WF 400.400.45.70 dengan mutu baja 41.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dihitung semua struktur yang ada baik struktur atas dan struktur bawah, serta anggaran biaya.
2. Perlunya pembanding 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.
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta , Bandung.
- _____. 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan , RSNI T-02-2005*. Badan Standarisasi Nasional.
- Supriadi, Bambang dan Mutohar, Agus Setyo. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Nasution Tamrin. 2012. *Modul Kuliah "Struktur Baja II"*. Jakarta
- Doloksaribu, Hiram M dan Oktaga, Andreas Tigor. 2008. *Perencanaan Jembatan Rangka Baja Sungai Ampel Kabupaten Pekalongan*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Prasetyo, Wahyu. 2013. *Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Brantas Pada Jalan Tol Kertosono-Mojokerto Dengan Metode Cable Stayed*. Jember: Universitas Jember.
- Nasution, Ir. Thamrin. 2012. *Struktur Baja II, Perencanaan Lantai Kendaraan*. FTSP ITM.
- Nasution, Ir. Thamrin. 2012. *Struktur Baja II, Struktur Jembatan Komposit*. FTSP ITM.
- Riduan, Sanda Praja. *Modifikasi Perencanaan Struktur Jembatan Jalan Ir. H Juanda Kecamatan Sukmajaya Kota Depok Dengan Busur Rangka Baja Lantai Kendaraan Di Atas*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga