

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 121 - 129	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 Ainnuridin, 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

PENGARUH PENGOPTIMASISASI PEMASANGAN LETAK BAUT DENGAN JARAK TEPI
PADA SAMBUNGAN PELAT TARIK

Donna Monika Fembrianto, Arie Wardhono, 94 – 101

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA DENGAN LETAK DI ATAS GARIS NETRAL
TERHADAP KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG

Siswo, Bambang Sabariman, 102 – 111

ANALISIS KEHILANGAN TINGGI TEKAN PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR
BERSIH PDAM KECAMATAN DRIYOREJO, KABUPATEN GRESIK

Amilina Kartika Permatasari, Nurhayati Aritonang, 112 – 120

ANALISIS DESAIN JEMBATAN KOMPOSIT GELAGAR BAJA MENGGUNAKAN
STRUKTUR NON-PRISMATIK

Anneke Jayanti Anggraini, Karyoto,.....121 – 129



ANALISIS DESAIN JEMBATAN KOMPOSIT GELAGAR BAJA MENGUNAKAN STRUKTUR NON-PRISMATIK

Anneke Jayanti Anggraini

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
anneanggraini01@gmail.com

Drs. Ir. Karyoto, M.S.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Perkembangan transportasi di Indonesia yang sangat pesat menuntut adanya peningkatan sarana prasarana perhubungan, salah satunya adalah konstruksi jembatan. Kualitas suatu jembatan dapat dilihat dari segi kekuatan, arsitektur, dan biaya yang ekonomis. Jembatan harus mampu menahan beban mati dan beban lalu lintas diatasnya, memiliki bentuk konstruksi yang tidak biasa seperti halnya penggabungan antara komposit (baja-beton) dengan penampang profil yang memiliki ukuran berbeda-beda (non-prismatik). Reduksi berat sekitar 20-30% dapat diperoleh dengan memanfaatkan perilaku sistem komposit penuh. Berkurangnya tinggi profil baja yang dipakai akan mengakibatkan berkurangnya tinggi bangunan secara keseluruhan, sehingga dapat menghemat material bangunan. Anggapan ini harus dibuktikan secara ilmiah dalam perhitungan perencanaan konstruksi jembatan sesuai peraturan-peraturan yang berlaku dalam Standar Nasional Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk konstruksi jembatan komposit dengan bentang 60 m dan lebar total 9 m, dapat didesain memiliki 2 jalur kendaraan tanpa median. Profil baja WF 912.302.18.34 dapat digunakan, dengan syarat kuat geser gelagar kurang dari momen geser yang terjadi. Gaya geser antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser agar tidak terjadi slip.

Kata Kunci: jembatan komposit, non-prismatik.

Abstract

Indonesian transportation development is now rapidly demand increase in the infrastructure, that is bridge construction. The quality of bridge could be seen by it's strength, architecture, and economical cost. Bridge should be able to restrain both dead load and traffic load on it, has an unusual construction such as combining between composite (steel-concrete) with some different sections of profile (non-prismatic). The weight could be reduced about 20-30% by making full composite system. Reduced high of steel profile will effected to reducing overall construction heigh, so it's able to saving the materials. This opinion should be proven scientifically in the calculations of the bridge consruction design according to obtain regulations in Indonesia National Standart. The result of this research showed that composite bridge with length 60 m and total width 9 m, could be designed has 2 vehicle traffic lanes with no median. Steel profile WF 912.302.18.34 able to use by condition of girder shear strength is less than shear moment that occurred. Shear force between concrete plate and steel profile should be endured by amount of shear connector in order to keep the slip.

Keywords: composite bridge, non-prismatic.

PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi di Indonesia saat ini semakin pesat diimbangi dengan laju perkembangan teknologi dan industri. Hal tersebut mendorong pula adanya peningkatan sarana dan prasarana perhubungan darat, laut, dan udara untuk kegiatan ekonomi, sosial, dan budaya. Salah satu komponen infrastruktur yang menunjang adalah dengan adanya konstruksi jembatan. Jembatan menurut ilmu sipil merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti

sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau. Terdapat berbagai macam jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, konstruksi, dan tipe struktur yang saat ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi. Mulai dari yang sederhana sampai konstruksi yang paling kompleks. Sebagai contoh, semenjak tahun 1979 yang lalu, aksi komposit selalu dimanfaatkan pada bangunan gedung terutama jembatan, dimana baja dan beton saling melekat dengan bantuan penghubung/konektor. Tidak hanya itu, jembatan kini telah didesain dengan berbagai bentuk yang artistik sehingga menambah daya tarik

masyarakat bahkan dapat dijadikan sebagai ikon suatu daerah/kota.

Perencanaan struktur jembatan tidaklah mudah, mengingat di Indonesia memiliki keadaan topografi dan mobilisasi yang berbeda-beda. Tentunya desain jembatan yang akan dibangun harus menyesuaikan dengan lokasinya. Jembatan harus didesain secara ekonomis dan memenuhi syarat teknis ditinjau dari segi keamanan serta rencana penggunaannya. Agar struktur jembatan yang dihasilkan dapat layak digunakan dan memberikan rasa aman bagi penggunaannya.

Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti bermaksud untuk membuat perencanaan suatu konstruksi jembatan komposit dengan struktur balok non-prismatik.

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini yaitu: untuk merencanakan dan memberikan penjelasan mengenai tata cara perhitungan konstruksi jembatan komposit.

Struktur Komposit

Struktur komposit adalah sebuah konstruksi yang bahan-bahannya merupakan perpaduan dari dua jenis material yang berbeda sifat, yang disatukan sedemikian rupa, sehingga bekerja sama dalam memikul beban. Konstruksi seperti ini ditemukan pada struktur jembatan, yaitu gabungan antara pelat lantai dari bahan beton dan gelagar dari bahan baja. Gabungan kedua elemen struktur ini dapat memikul beban lentur (momen) secara bersama-sama. Dalam bentuk lain adalah struktur tiang/kolom dimana lapis luar tiang/kolom digunakan besi hollow dari baja, dan didalamnya diisi dengan material beton. (Nasution, 2012:1)

Konstruksi komposit bisa merupakan perpaduan antara baja dengan beton, kayu dengan beton, dan lain-lain. Konstruksi komposit dibuat sedemikian rupa dengan memanfaatkan keunggulan dari masing-masing bahan, dari kedua jenis bahan yang berbeda tadi, terutama dalam kemampuannya memikul gaya tarik dan gaya tekan. Hal ini pada umumnya dijumpai pada baja dan beton.

Material baja adalah bahan yang kuat terhadap gaya tarik dan kuat juga terhadap gaya tekan, tetapi gaya tekan yang dapat dipikul sangat erat kaitannya dengan kelangsingan profil. Sebaliknya, beton sangat kuat memikul gaya tekan dan sangat lemah terhadap gaya tarik.

Keuntungan jembatan komposit adalah sebagai berikut:

- Profil baja dapat dihemat menjadi 20-30 % dibanding dengan sistem balok non komposit.
- Penampang/tinggi profil lebih rendah.
- Kekakuan lantai beton semakin tinggi karena komposit menyatu dengan gelagar baja memanjang

sehingga pelendutan plat lantai/komposit semakin kecil.

- Panjang bentang untuk bentang tertentu semakin besar, artinya dengan sistem komposit baja dan beton untuk penampang yang sama dapat memberikan momen pikul yang lebih besar.
- Kapasitas daya pikul beban bertambah dibandingkan dengan plat beton yang bebas diatas gelagar baja.

Reduksi berat sekitar 20-30% dapat diperoleh dengan memanfaatkan perilaku sistem komposit penuh. Dengan adanya reduksi berat ini maka secara langsung juga dapat mengurangi tinggi profil baja yang dipakai. Berkurangnya tinggi profil baja yang dipakai akan mengakibatkan berkurangnya tinggi bangunan secara keseluruhan, dan membawa dampak pula berupa penghematan material bangunan.

Kekakuan dari pelat lantai komposit pada dasarnya lebih besar daripada kekakuan pelat beton dan balok baja yang beraksi non komposit. Secara normal pelat beton berperilaku sebagai pelat satu arah yang membentang di antara balok-balok penopang. Dalam desain komposit, momen inersia balok akan bertambah sehingga kekakuan pelat lantai akan meningkat. Meningkatnya kekakuan ini akan memberikan beberapa keuntungan dalam pelaksanaan konstruksi, antara lain lendutan akibat beban hidup akan berkurang, dan penggunaan perancah selama proses konstruksi struktur komposit akan mampu mengurangi lendutan akibat beban mati. Disamping itu dengan menggunakan asumsi desain komposit, maka kapasitas penampang dalam menahan beban akan jauh lebih besar daripada kapasitas pelat beton atau profil baja yang bekerja sendiri-sendiri. Namun dalam daerah momen negatif, kekakuan dari sistem komposit harus dihitung kembali karena dalam daerah ini beton (yang mengalami tarik) harus diabaikan. Dalam daerah momen negatif biasanya harus disediakan tulangan tekan pada pelat beton. (Setiawan, 2008:282)

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif untuk perhitungan desain. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- Mulai penelitian.
- Menentukan data teknis perencanaan jembatan.
Tebal slab lantai jembatan (h) = 0,200 m
Tebal lapisan aspal (t_a) = 0,050 m
Tebal genangan air hujan (t_h) = 0,050 m
Jarak antara girder baja (s) = 1,400 m
Lebar jalur lalu lintas (b_1) = 7,000 m
Lebar trotoar (b_2) = 1,000 m
Lebar total jembatan (b) = 9,000 m
Panjang bentang jembatan (L) = 60,000 m

MUTU BAJA BJ-41

Tegangan leleh baja (f_y) = 250 MPa
Tegangan ultimate (f_u) = 410 MPa

Modulus elastic baja (E_s) = $2,1 \times 10^6$ kg/cm²
MUTU BETON K-350

Kuat tekan beton (f_c') = 35

Modulus elastis beton ($E_c = 4700\sqrt{f_c'}$)
 = 21019,04 MPa

SPESIFIC GRAFITY

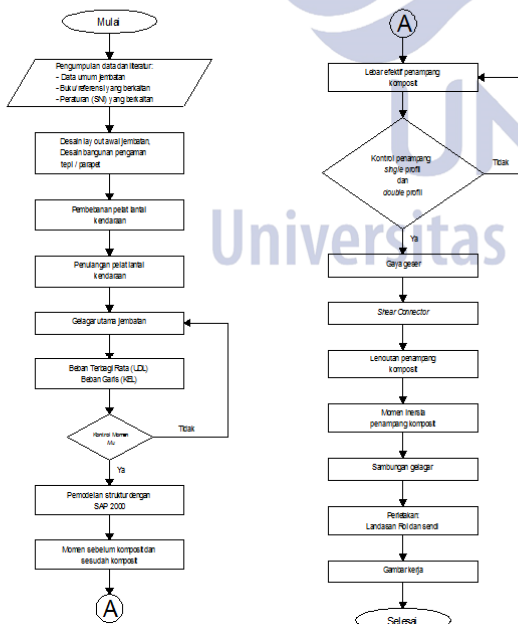
Berat baja (w_s) = 77,00 kN/m³

Berat beton bertulang (w_c) = 25,00 kN/m³

Berat lapisan aspal (w_a) = 22,00 kN/m³

Berat air hujan (w_h) = 9,80 kN/m³

3. Menghitung pembebanan pelat lantai kendaraan.
4. Menghitung penulangan pelat lantai kendaraan.
5. Menghitung gelagar utama jembatan dan kontrol gaya-gaya yang terjadi.
6. Menghitung beban terbagi rata (UDL) dan beban garis (KEL).
7. Menghitung momen yang terjadi sebelum komposit dan sesudah komposit.
8. Menghitung lebar efektif penampang komposit.
9. Menghitung kontrol penampang *single* profil dan *double* profil.
10. Menghitung gaya geser.
11. Menghitung penghubung geser (*shear connector*).
12. Menghitung lendutan pada penampang komposit.
13. Menghitung momen inersia pada penampang komposit.
14. Menghitung sambungan pada gelagar jembatan.
15. Menghitung desain perlekatan, yaitu: landasan rol dan sendi.
16. Membuat gambar kerja.
17. Penelitian selesai.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

Berdasarkan SNI T-12-2004 ps. 5.5.2, pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s memenuhi dua ketentuan:

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

$$t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm}$$

Sehingga:

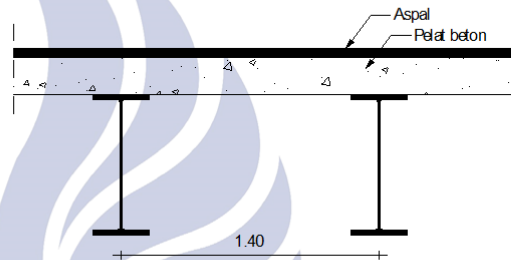
$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 0,04 \times 1400) \text{ mm} \\ \geq 156 \text{ mm}$$

Dimana;

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter)

Maka, direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 200 mm, sebagai berikut:



Gambar 2. Pelat Lantai Kendaraan

2. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Beban Mati

Berat sendiri pelat

$$= 0,20 \times 1 \times 1,4 \times 2,5 = 0,7 \text{ ton/m}$$

Berat aspal

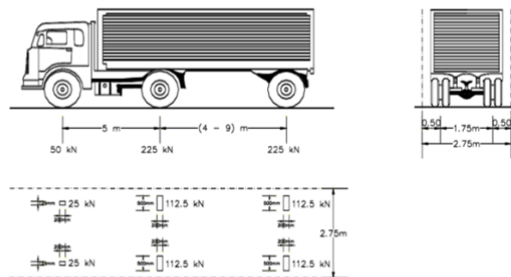
$$= 0,05 \times 1 \times 1,7 \times 2,2 = 0,2 \text{ ton/m}$$

Berat air hujan

$$= 0,05 \times 1 \times 1,7 \times 1 = 0,1 \text{ ton/m}$$

Maka beban mati pelat lantai = 1,0 ton/m

Beban Kendaraan "T"



Gambar 3. Distribusi Beban Kendaraan "T"

(RSNI T-02-2005 ps. 6.4.1)

- Menurut SNI T-02-2005 ps. 6.4.1 tentang beban truk "T", ditentukan sebesar 112,5 KN = 11,25 ton
- Faktor ultimit untuk beban T = 1,8. Maka total beban T = $1,8 \times 11,25 \times (1+0,3) = 26,325$ ton

Perhitungan Momen pada Pelat Lantai Kendaraan

Dari hasil SAP diperoleh Mu kondisi 1 = 2,93970 ton.m dan Mu kondisi 2 = 2,62468 ton.m.

Dipilih momen Mu yang terbesar yaitu 2,93970 ton.m.

Faktor beban ultimit untuk beban T = 1,8 (SNI T-02-2005 ps 6.4)

Didapatkan momen sebagai berikut:

$$M_u = 1,3 DL + 1,8 LL$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_u &= 1,3 DL + 1,8 LL \\ &= 1,3 \times 1 + 1,8 \times 2,93970 \\ &= 6,59146 \text{ ton.m} \\ &= 659146 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Jadi, momen ultimit untuk beban mati dan beban hidup kendaraan adalah: Mu = 659146 ton.m

3. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

• Perhitungan Tulangan Arah Melintang

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SNI-03-2847-2002 ps. 12.5.1)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1 \left[\frac{600}{600 + fy} \right]}{fy} \text{ (SNI-03-2847-2002 ps. 10.4.3)}$$

Dimana:

Nilai β_1 untuk beton dengan $f'c > 30$ MPa adalah:

$$8 \times (f'c - 30) = 0,85 - 0,008 \times (35 - 30) = 0,81$$

Maka;

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 35 \times 0,81 \left[\frac{600}{600 + 400} \right]}{400} = 0,0361$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0361 \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

(SNI-03-2847-2002 ps. 12.3.3)

$$M_u = 6,592 \text{ ton.m} = 6,592 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{6,592 \times 10^7}{0,8} \\ &= 8,24 \times 10^7 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times dx^2} \\ &= \frac{8,24 \times 10^7}{1000 \times 152^2} = 3,566 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(-\sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(-\sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,566}{400}} \right) \\ &= 0,00622 \end{aligned}$$

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

$$0,0035 < 0,00622 < 0,0271$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00622 \times 1000 \times 152 \end{aligned}$$

$$= 942,4 \text{ mm}^2$$

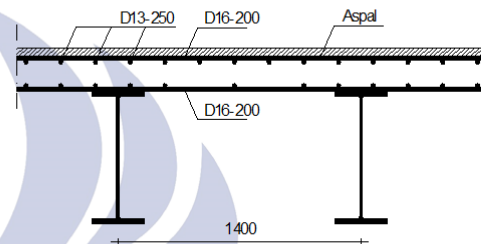
Dipasang tulangan D16-200 (As pasang = 1005,309 mm²)

• Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan fy = 400 MPa sebesar 0,0018. Sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan:

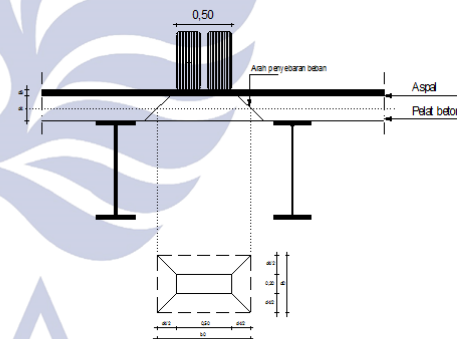
$$\begin{aligned} A_s &= 0,0018 \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 137,5 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13-250 (As pasang = 530,929 mm²)



Gambar 4. Penulangan Pelat Lantai

• Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons



Gambar 5. Bidang Geser Pons

Digunakan rumus:

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

Dimana;

V_n = kuat geser nominal pelat

u = panjang efektif dari keliling geser kritis

$$= 2 \times (b_0 + d_0)$$

$$b_0 = 500 + 250 = 750 \text{ mm}$$

$$d_0 = 200 + 250 = 450 \text{ mm}$$

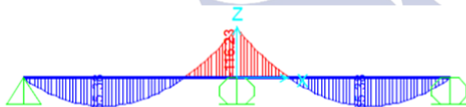
$$u = 2 \times (750 + 450) = 2400 \text{ mm}$$

d = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$$= d_4 - \frac{\phi}{2}$$

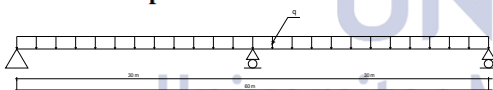
$$\begin{aligned}
 &= 200 - 40 - \frac{16}{2} \\
 &= 152 \text{ mm} \\
 f_{cv} &= \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \times \sqrt{f'c} \leq 0,34 \times \sqrt{f'c} \\
 (\text{SNI T-12-2004 ps. 5.6-4}) \\
 \text{Dimana;} \\
 \beta_h &= \text{rasio sisi panjang dan sisi pendek} \\
 \text{beban terpusat} &= \frac{500}{200} = 2,5 \\
 f_{cv} &= \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{2,5} \right) \times \sqrt{35} \leq 0,34 \times \sqrt{35} \\
 &= 1,77 \text{ MPa} < 2,01 \text{ MPa} \rightarrow \text{memenuhi} \\
 &\text{syarat} \\
 f_{pe} &= \text{tegangan tekan dalam beton akibat} \\
 &\text{gaya pratekan} = 0 \text{ MPa} \\
 \text{Maka;} \\
 V_n &= u \times d \times (f_{cv} + 0,3 f_{pe}) \\
 &= 2400 \times 152 \times (1,77 + 0) \\
 &= 645696 \text{ N} \\
 &= 645,696 \text{ kN} \\
 \text{Kekuatan geser efektif} &= \phi \times V_n \\
 \text{Dimana;} \\
 \phi &= \text{faktor reduksi kekuatan geser} = 0,7 \\
 (\text{SNI T-12-2004 ps. 4.5.2}) \\
 \phi V_n &= 0,7 \times 645,696 \text{ kN} \\
 &= 451,9872 \text{ kN} \\
 V_u &= \text{gaya geser yang terjadi} \\
 &= 112,5 \text{ kN} < \phi V_n = 451,9872 \text{ kN} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

4. Perencanaan Gelagar Utama Jembatan



Gambar 6. Bentuk Momen 1 ton/m

• Beban Mati Sebelum Komposit

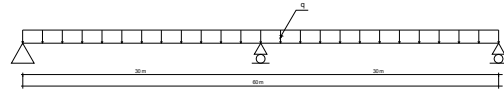


Gambar 7. Pembebanan Gelagar Tengah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat gelagar utama} &= 268 \text{ kg/m} \times 1,1 = 294,8 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0,2 \times 2400 \times 1,4 \times 1,1 = 739,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat floordeck} &= 7 \text{ kg/m} \times 1,4 \times 1,4 = 13,72 \text{ kg/m} \\
 Q_{D1} &= 1047,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{D1}(u) &= Q_{D1} = 1047,7 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban hidup orang} &= 100 \text{ kg} \\
 \text{Momen ultimit yang terjadi :} \\
 M_{Q1} &= 122158,89 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

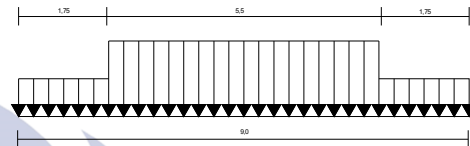
Sesudah Komposit



Gambar 8. Pembebanan Gelagar Tengah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal} &= 0,05 \times 2200 \times 1,4 \times 1,3 = 200,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Momen ultimit yang terjadi :} \\
 M_{Q2} &= 26280,86 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• Beban Lalu Lintas Beban Terbagi Rata (UDL)

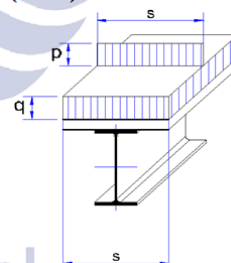


Gambar 9. Beban UDL

Menurut SNI T-02-2005 ps. 6.3.1. (2), beban terbagi rata mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L \leq 30 \text{ m} ; q &= 9,0 \text{ kPa} \\
 L > 30 \text{ m} ; q &= 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \\
 \text{Maka,} \\
 L &= 60 \text{ m} ; \\
 q &= 9,0 \times (0,5 + \frac{15}{60}) \text{ kPa} \\
 &= 67,5 \text{ kPa} \\
 &= 6750 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Garis (KEL)



Gambar 10. Beban KEL

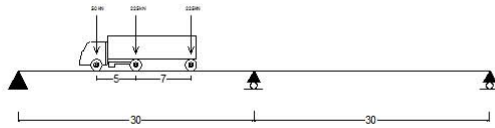
$$\begin{aligned}
 P &= 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m} ; DLA = 0,4 \\
 P_I &= (1+DLA) \times P \times b_I \\
 &= (1+0,4) \times 49 \times 1,4 \\
 &= 123,48 \text{ kN} = 12348 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Dicoba Trial-Error SAP2000 Beban Garis (KEL) pada Penampang Non-Prismatis

Letak Beban P	Momen Maks Lapangan	Momen Maks Tumpuan
5 m	48586 kg.m	17186 kg.m
10 m	71875 kg.m	31337 kg.m
15 m	72902 kg.m	39417 kg.m
20 m	56726 kg.m	38391 kg.m
25 m	30330 kg.m	25344 kg.m
30 m	14120 kg.m	14120 kg.m

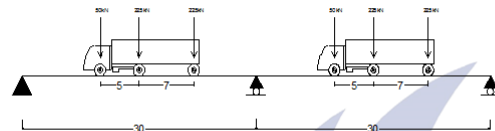
Berdasarkan tabel diatas, maka momen beban garis (KEL) diambil yang terbesar yaitu: 72902 kg.m. Momen ultimit yang terjadi akibat beban UDL dan KEL: $M_{Q3} = 797635,10 \text{ kg.m}$

• **Beban Truk "T"**



Gambar 11. Beban Truk Kondisi 1

Momen ultimit yang terjadi akibat beban truk kondisi 1: $M_{Q4} = 224154,38 \text{ kg.m}$



Gambar 12. Beban Truk Kondisi 2

Momen ultimit yang terjadi akibat beban truk kondisi 2: $M_{Q5} = 259192,45 \text{ kg.m}$

5. **Kontrol Penampang**

• **Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton**

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

$$be_1 \leq S$$

$$\leq 500 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq \frac{L}{5} = \frac{900}{5} = 180 \text{ cm}$$

Dimana:

S = jarak antar gelagar

L = lebar jembatan

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

Cek Kriteria Penampang

WF 912.302.18.34



Gambar 13. Penampang Profil

Badan :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(t_f + r) \\ &= 912 - 2(34 + 0) \\ &= 844 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

(LRFD ps. 7.6.4 tabel 7.5.1)

$$\frac{844}{18} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$70,3389 \leq 106,25 \rightarrow \text{OK}$$

Sayap:

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

(LRFD ps. 7.6.4 tabel 7.5.1)

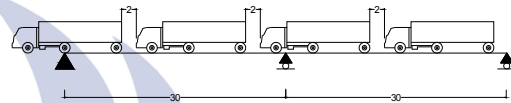
$$\frac{302}{2 \times 34} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$4,441 \leq 10,752 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Tabel 2. Rekapitulasi M.Max dan Momen Nominal

No.	Section	M _{max}	M _{Nominal}
1.	Section 1	573000 kg.m	72902 kg.m
2.	Section 2	729596 kg.m	72902 kg.m
3.	Section 3	878859 kg.m	39417 kg.m

• **Gaya Geser**



Gambar 14. Beban P Dekat Perletakan

$$T_1 = (1 + 0,4) \times 112,5 \times 1,8 = 283,25 \text{ kN} = 28325 \text{ kg}$$

$$T_2 = (1 + 0,4) \times 25 \times 1,8 = 63 \text{ kN} = 6300 \text{ kg}$$

$$V_u = 81891,66 \text{ kg}$$

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

$$= 912 - 2(34 + 0) \text{ m}$$

$$= 844 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow (\text{LRFD Psl 8.8.2.a})$$

$$\frac{844}{18} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$46,89 \leq 69,570 \rightarrow \text{OK}$$

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow (\text{LRFD Psl 8.8.3.a})$$

$$81891,66 \text{ kg} \leq \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w$$

Dimana:

$$A_w = h \times t_w$$

$$81891,66 \text{ kg} \leq \phi \times 0,6 \times f_y \times h \times t_w$$

$$81891,66 \text{ kg} \leq 0,85 \times 0,6 \times 250 \times 912 \times 18$$

$$81891,66 \text{ kg} \leq 246240 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

6. **Perhitungan Penghubung Geser (Shear Connector)**

• **Kekuatan Stud Connector**

Gaya geser horizontal terjadi V_h akibat aksi komposit penuh adalah:

$$V_h = C = 1,355645 \times 10^7 \text{ N}$$

Digunakan stud *connector* diameter 32 mm, luas penampang melintang satu buah stud *connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \times 32^2}{4} = 803,84 \text{ mm}^2$$

Modulus elastis beton:

$$E_c = 4700\sqrt{35} = 27805 \text{ MPa}$$

Kuat geser satu stud *connector*:

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \times E_c} = 0,5 \times 803,84 \times \sqrt{35 \times 27805}$$

$$Q_n = 396493 \text{ N}$$

$$A_{sc} \times f_u = 803,84 \times 410 = 442112 \text{ N}$$

$$\text{Maka } Q_n = 396493 \text{ N}$$

Jumlah stud yang diperlukan:

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1,355645 \times 10^7}{396493} = 34 \text{ buah}$$

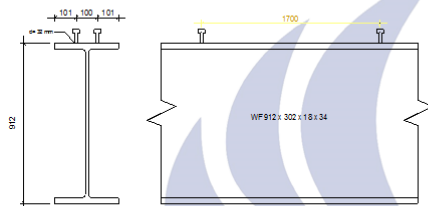
Digunakan minimum 34 stud untuk setengah bentang balok, atau 68 buah untuk keseluruhan bentang.

• Jarak Pemasangan Shear Connector

$$S = \frac{60000}{68/2}$$

$$= 1764,7 \text{ mm}$$

Dipasang *shear connector* per jarak 1764,7 mm = 1,7 m



Gambar 15. Pemasangan Shear Connector

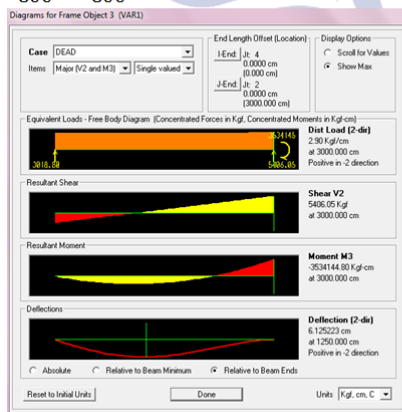
7. Lendutan

Persyaratan untuk lendutan per bentang memanjang.

$$L = 60 \text{ m}$$

Persyaratan untuk balok:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{60000}{800} = 75 \text{ mm} = 7,50 \text{ cm}$$



Gambar 16. SAP Lendutan Gelagar Non-Prismatis

Lendutan yang terjadi sebesar 6,125 cm lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 7,50 cm.

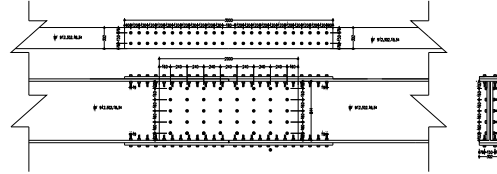
8. Perhitungan Sambungan

• Sambungan Baut

Bentang 60 m dari jembatan ini dibagi menjadi 5 segmen, dengan panjang profil baja WF yang digunakan 12 m. Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC-LRFD.

Sambungan 1

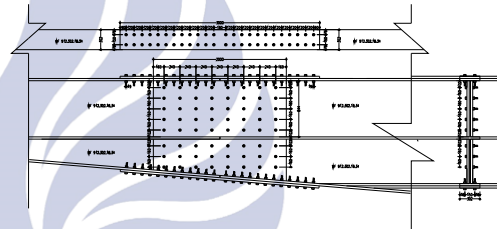
Untuk gelagar bentang 12 m dari kiri ke kanan menggunakan *endplat* dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 40 baut untuk sambungan pada flens dan 40 baut untuk sambungan badan gelagar.



Gambar 17. Detail Sambungan 1

Sambungan 2

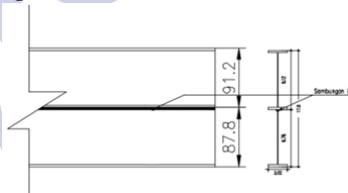
Untuk gelagar tengah dengan bentang 12 m dari kiri ke kanan menggunakan *endplat* dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 20 baut untuk sambungan pada flens dan 40 baut untuk sambungan badan.



Gambar 18. Detail Sambungan 2

• Sambungan Las

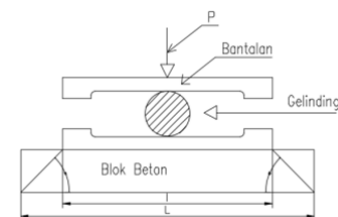
Las sudut yang digunakan hanya berupa las memanjang saja pada batang tarik datar, dengan ukuran 10 mm dan mutu las $f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$ sepanjang 32 m dan diambil 2 sisi.



Gambar 19. Rencana Sambungan Las

9. Perhitungan Landasan

• Landasan Rol



Gambar 20. Landasan Rol

$$\sigma_{\text{beton}} = 60 \text{ Kg cm}^2$$

$$\text{Ambil : } b = \text{lebar gelagar utama} = 30,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar bantalan} &= 2 \times 30,2 \\ &= 60,4 \approx 60 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$P_{\max} = 150 \text{ ton}$$

F yang dibutuhkan blok beton

$$F = \frac{P}{6b} = \frac{150000}{60} = 2500 \text{ cm}^2$$

Panjang Kursi

$$= \ell = \frac{F}{b} = \frac{2500}{60} = 41,67 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Tebal kursi = tebal bantalan

$$= b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times P}{b \times \sigma}}$$

Dimana:

$$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (baja cor)}$$

$$b = 8,38 \approx 10 \text{ cm}$$

Perhitungan Dimensi Balok Beton

$$\sigma \text{ tembok} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 60 + 2 T$$

$$B = 60 + 2 T$$

$$P / (\sigma \text{ tembok}) = F = L \times B$$

$$= (60 + 2T)^2 = 3600 + 4 T^2 + 240 T$$

$$P = 150000 \text{ kg} = 10 (3600 + T^2 + 240 T)$$

$$= 40 T^2 + 2400 T + 36000$$

$$\text{atau} = 40 T^2 + 2400 T - 114000 = 0$$

$$T^2 + 60 T - 1900 = 0$$

$$T = 31,666 \approx 35 \text{ cm}$$

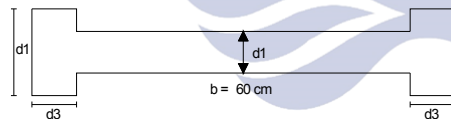
$$L = 60 + 2 \times 31,666 = 1,23 = B$$

Mencari Ø Gelinding

$$d1 = 25 \text{ cm}$$

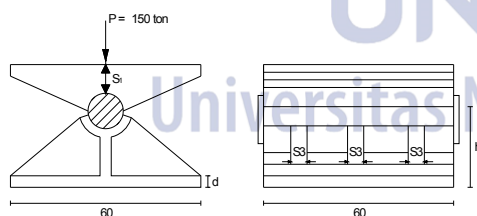
$$d2 = d1 + 2 \times 2,5 = 30 \text{ cm}$$

$$d3 = \text{diambil } 2,5 \text{ cm}$$



Gambar 21. Balok Beton

• Landasan Sendi



Gambar 22. Landasan Sendi

$$\text{Tebal bantalan} = S1 = 10 \text{ cm}$$

$$M = (P/2) \times (1/4 \times l) = 1125000 \text{ kg.m}$$

$$\text{Bahan} = \text{besi cor} ; \sigma = 1600 \text{ kg/m}^2$$

$$\omega = M / \sigma = 703,125 \text{ cm}^3$$

Digunakan daftar Muller Breslau, maka

$$h/d = 4 \rightarrow b / (h \cdot S_3) = 4,2 ; n = 3$$

$$S_3 = 5 \text{ cm}$$

$$\omega = 0,2251 \times n \times S_3 \times h^2$$

$$h^2 = 14,78987211 \approx 20 \text{ cm}$$

$$h/d = 4 \rightarrow d = 5 \text{ cm}$$

$$S_3 = 1/6 \times h = 3,5 \text{ cm}$$

$$S_4 = 1/9 \times h = 2,5 \text{ cm}$$

Mencari Ø Gelinding

Diameter engsel sendi:

$$d = 2 \times (0,8.P / \square.b) = 2,5$$

Praktis diambil:

$$d = \min = 7 \text{ cm}$$

$$d1 = 7 + 2 \times 2,5 = 12 \text{ cm} ; d2 = 1/4 d = 2,5 \text{ cm}$$

PENTUP

Simpulan

- Bentang jembatan 60 m, dengan lebar total 9 m untuk 2 jalur kendaraan tanpa median.
- Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal pelat beton bertulang 200 mm. Tulangan terpasang arah melintang D16-200 dan arah memanjang D13-250.
- Gelagar utama profil WF 912.302.18.34 dengan BJ 41, momen yang terjadi 797635,10 kg.m (UDL + KEL) dan 259192,45 kg.m ("T" kondisi 2).
- Menggunakan baja *single* profil dan *double* profil untuk penampang non-prismatis yang dibagi menjadi 3 section, yaitu:
 - Section 1 $M_{\max} 573000 \text{ kg.m} \geq M_{\text{nominal}} 72902 \text{ kg.m}$
 - Section 2 $M_{\max} 729596 \text{ kg.m} \geq M_{\text{nominal}} 72902 \text{ kg.m}$
 - Section 3 $M_{\max} 878859 \text{ kg.m} \geq M_{\text{nominal}} 39417 \text{ kg.m}$
- Gelagar baja dinyatakan aman karena kontrol kuat geser gelagar baja $246240 \text{ kg} \geq 81891,66 \text{ kg}$ momen geser yang terjadi.
- Penghubung geser (*Shear Connector*) digunakan minimum 34 stud untuk setengah bentang balok, atau 68 buah untuk keseluruhan bentang. Dipasang per jarak 1,7 m.
- Lendutan yang terjadi pada gelagar baja non-prismatis sebesar 6,125 cm lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 7,50 cm.
- Sambungan 1 untuk gelagar bentang 12 m dari kiri ke kanan menggunakan *endplat* dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 40 baut untuk sambungan pada flens dan 40 baut untuk sambungan badan gelagar.
- Sambungan 2 untuk gelagar tengah dengan bentang 12 m dari kiri ke kanan menggunakan *endplat* dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 20 baut untuk sambungan pada flens dan 40 baut untuk sambungan badan.
- Jembatan dengan 3 tumpuan menggunakan landasan Rol - Sendi - Rol.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya dapat dihitung perencanaan bangunan bawah jembatan, meliputi perencanaan abutmen, pilar, dan pondasi.
- Data lalu lintas (LHR) dapat disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya.
- Perlu diperhatikan untuk perhitungan gaya lintang pada jembatan.
- Sambungan dapat direncanakan ulang dengan memperhatikan letak-letak sambungan, karena dirasa cukup sulit untuk memasang baut pada profil yang miring.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. *RSNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. 2005. *RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. 2014. *SNI T-12-2014 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

