

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 180 - 192	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 PENGOPTIMASIASI 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

PENGARUH PANJANG LEWATAN (*ld*) DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS PERSEGI ENAM TERHADAP KUAT TARIK BAJA TULANGAN

Sandi Andika Surya Putra, Andang Wijaya,..... 130 – 137

STUDI PENGGUNAAN *CATALYST*, *MONOMER*, DAN KAPUR SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER

*Muhammad Fadhlurrahman Hazim, Krisna Dwi Handayani, Yogie Risdianto,.....*138 – 149

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN *OPENFRAME* TANPA *RIGID FLOOR* DIAFRAGMA DAN *OPENFRAME* DENGAN *RIGID FLOOR* DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2002 DAN SNI 2847:2013

*Devi Arsyana, Sutikno, Yogie Risdianto,.....*150 – 161

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN *OPENFRAME* TANPA *RIGID FLOOR* DIAFRAGMA DAN *OPENFRAME* DENGAN *RIGID FLOOR* DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

*Lina Andriyani, Sutikno, Yogie Risdianto,.....*162 – 171

STUDI PENGGUNAAN *CATALYST*, *MONOMER*, DAN *FLY ASH* SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULAR

*Gatot Setyo Utomo, Krisna Dwi Handayani, Yogie Risdianto,.....*172 – 179

PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT NON-PRISMATIS JEMBATAN *UNDERPASS* KERETA API PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL SURABAYA-MOJOKERTO JAWA TIMUR

*Febri Junaidi, Karyoto,.....*180 – 192

**PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT NON-PRISMATIS JEMBATAN UNDERPASS
KERETA API PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL SURABAYA-MOJOKERTO
JAWA TIMUR**

Febri Junaidi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ajund_1993@yahoo.co.id

Drs. Ir. Karyoto, M.S.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Kota Surabaya merupakan kota metropolitan yang sangat menjanjikan untuk memperoleh pendapatan yang tinggi. Dengan adanya hal tersebut maka alternatif yang dibutuhkan adalah menambah ruas jalan untuk akses keluar masuk kota Surabaya. Salah satu struktur jalan adalah jembatan. Kualitas suatu jembatan dapat dilihat dari segi kekuatan, arsitektur, dan biaya yang ekonomis. Jembatan harus mampu menahan beban mati dan beban lalu lintas di atasnya, 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 42 m dan lebar total 19,25 m, dapat didesain memiliki 5 jalur kendaraan tanpa median. Profil baja WF 912.302.18.34 dapat digunakan, dengan syarat utama momen maksimal kurang dari momen nominal gelagar yang terjadi.

Kata Kunci: jembatan komposit, non-prismatis.

Abstract

Surabaya city is a metropolitan city, that is very promising for high revenues. With this it, the alternative is needed to increase the road to access in and out of Surabaya. One of the structure of the street is a bridge. 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 42 m and total width 19,25 m, could be designed has 5 vehicle traffic lanes with no median. Steel profile WF 912.302.18.34 able to use by condition of girder moment strength is less than nominal moment of girder that occurred.

Keywords: composite bridge, non-prismatic.

PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan kota metropolitan yang sangat menjanjikan untuk memperoleh pendapatan yang tinggi. Dengan kemajuan pertumbuhan ekonomi, secara tidak langsung akan berdampak pada kepadatan arus lalu lintas. Dengan adanya hal tersebut maka alternatif yang dibutuhkan adalah menambah ruas jalan untuk akses keluar masuk kota Surabaya khususnya dari arah Kota Surabaya menuju Kota Mojokerto ataupun sebaliknya, salah satu alternatifnya adalah membangun jalan Tol Surabaya – Mojokerto.

Tujuan utama proyek pembangunan Jalan Tol SUMO ini adalah dalam rangka mendukung pengembangan sistem Jalan Tol Trans Java guna meningkatkan aksesibilitas antar wilayah. Panjang Jalan Tol Surabaya – Mojokerto adalah 36,27 km dimulai dari Surabaya *junction* di daerah waru pada perpotongan dengan Jalan Tol Surabaya Gempol dan berakhir di Mojokerto *bypass*.

Pada Proyek jalan tol SUMO ini terdapat bagian struktur yaitu jembatan, dimana jembatan ini mempunya bentang yang cukup panjang yaitu 42 meter. Jembatan sendiri merupakan suatu struktur yang melintaskan alur jalan melewati rintangan yang ada dibawahnya tanpa

menutupi rintangan tersebut. Alur jalan disini diperuntukkan untuk lalu lintas jalan kereta api, pejalan kaki dan jalan desa. Menurut pengertian tersebut, maka dapat dikatakan bahwa fungsi jembatan sangat penting khususnya sebagai salah satu infrastruktur jaringan transportasi.

Dewasa ini penggunaan balok penampang non-prismatis untuk konstruksi beton bertulang terutama untuk bangunan atas jembatan (*Superstructure*) telah mulai diterapkan. Tetapi biasanya dalam pembangunan sebuah jembatan kita lebih sering melihat balok prismatis daripada balok non-prismatis yang digunakan sebagai pemikulnya. Padahal banyak sekali keuntungan-keuntungan penting yang terdapat pada penerapannya. Diantaranya karena penyesuaian ukuran dimensi dan bahannya terhadap momen-momen dan gaya-gaya geser. Maka dapat diperoleh penghematan dari beton dan baja tulangnya. Hal ini dapat menyebabkan pengurangan pada beban, yang dapat memberikan penghematan lebih lanjut dari bahan-bahan. Jadi dalam dua segi dapat diperoleh penghematan dibanding dengan balok berpenampang prismatis.

Dengan penerapan balok-balok berpenampang non-prismatis maka akan didapat peralihan beban secara bertahap di titik-titik simpul sehingga akan menguntungkan bila ditinjau dari beberapa titik tegangan.. Selain itu suatu keuntungan yang tidak kalah penting, dari segi konstruksinya balok non-prismatis memiliki nilai keindahan (estetika).

Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti bermaksud untuk menganalisa perencanaan suatu konstruksi jembatan komposit yang menggunakan struktur balok non-prismatis.

Struktur Komposit

Konstruksi jembatan komposit merupakan sebuah konstruksi jembatan yang bahan dasarnya terdiri atas dua jenis material yang bahannya berbeda sifatnya, yang dibangun sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan yang kuat.

Keuntungan jembatan komposit :

- 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.

Komposit sendiri didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri atas 2 komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda, yang dicampur menjadi 1 bentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik (Sulistijono.2012:1).

Aksi komposit terjadi apabila dua bagian/batang struktur pemikul beban, misalnya konstruksi beton dan balok profil baja dihubungkan secara komposit menjadi satu, sehingga dapat memikul beban secara menyatu. Aksi komposit dapat terjadi apabila anggapan-anggapan berikut ini dapat dipenuhi atau mendekati keadaan sebenarnya, yaitu:

- Lantai beton dengan tulangan besi dihubungkan dengan penghubung geser (*Shear Connector*) secara tepat pada seluruh tulangan.
- Distribusi tegangan linear di setiap penampang.
- Lantai beton dan balok baja tidak akan terpisah secara vertikal dibagian manapun disepanjang bentang.

Penampang Komposit

Penampang komposit adalah penampang yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban tekan dan lentur. Batang yang memikul lentur umumnya disebut dengan balok komposit sedangkan batang yang memikul beban tekan dan lentur umumnya disebut kolom komposit. Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar.

Apabila untuk mendapatkan aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai.

Balok adalah salah satu diantara elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini akan menyebabkan balok melentur (Spiegel dan Limbrunner,1998).

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)	= 0,250 m
Tebal lapisan aspal (ta)	= 0,050 m
Tebal genangan air hujan (th)	= 0,050 m
Jarak antara girder baja (s)	= 1,750 m
Lebar jalur lalu lintas (b1)	= 18,250 m
Lebar total jembatan (b)	= 19,250 m
Panjang bentang jembatan (L)	= 42,000 m

MUTU BAJA BJ-41

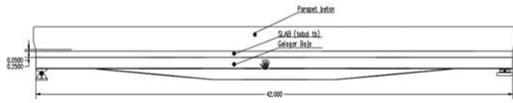
Tegangan lelah baja (fy)	= 250 MPa
Tegangan ultimate (fu)	= 410 MPa
Modulus elastic baja (Es)	= 2,1x10 ⁶ kg/cm ²

MUTU BETON K-350

Kuat tekan beton (fc')	= 35MPa
Modulus elastis beton (Ec=4700√fc')	= 21019,04 MPa

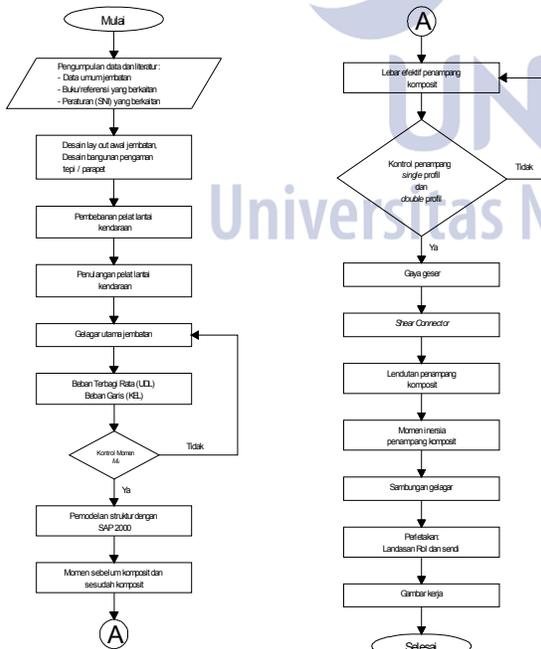
SPEKIFIK GRAFITI

- Berat baja (ws) = 77,00 kN/m³
- Berat beton bertulang (wc) = 25,00 kN/m³
- Berat lapisan aspal (wa) = 22,00 kN/m³
- Berat air hujan (wh) = 9,80 kN/m³



Gambar 1. Rencana potongan memanjang

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 2. 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:

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

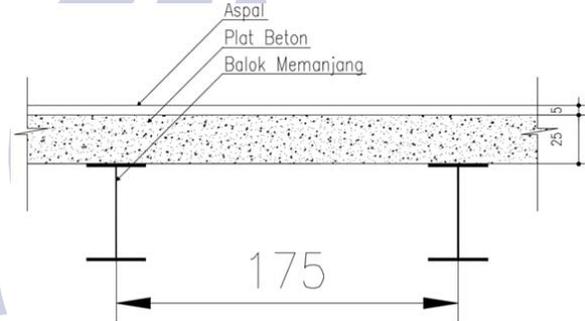
$$t_s \geq (100 + 0,04 \times 1750) \text{ mm}$$

$$\geq 175 \text{ mm}$$

Dimana;

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

Maka, direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 250 mm, sebagai berikut:



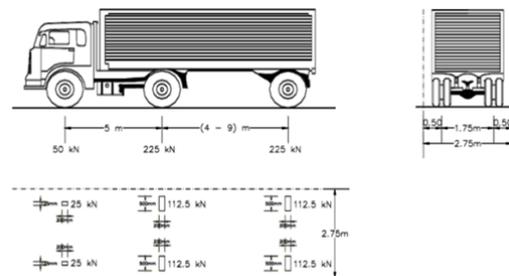
Gambar 3. Pelat Lantai Kendaraan

2. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = $0,25 \times 1 \times 1,75 \times 2,5 = 1,093 \text{ ton/m}$
- Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 1,75 \times 2,2 = 0,187 \text{ ton/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1,75 \times 1 = 0,085 \text{ ton/m}$
- Maka beban mati pelat lantai = 1,3657 ton/m

Beban Kendaraan "T"



Gambar 4. 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 x 11,25 x (1+0,3) = 26,325 ton

Perhitungan Momen pada Pelat Lantai Kendaraan



Gambar 5. Skema pembebanan roda kendaraan

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:

$$M_u = 1,3 DL + 1,8 LL = 633191 \text{ ton}$$

Jadi, momen ultimit untuk beban mati dan beban hidup kendaraan adalah: $M_u = 633191 \text{ ton.m}$

3. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

• Perhitungan Tulangan Arah Melintang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{250}{0,85 \times 35} = 8,474$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{250}$$

$$= 0,0056 \quad (\text{SNI} - 03 - 2847 - 2002 \text{ ps } 12.5.1)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

(SNI - 03 - 2847 - 2002 ps 10.4.3)

Menurut SNI-T-12-2004 nilai β_1 untuk beton dengan $f'c$ lebih dari 30 Mpa adalah :

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 \times (f'c - 30) = 0,85 - 0,008 \times (35 - 30) = 0,81$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] = \frac{0,85 \times 35 \times 0,81}{250} \times \left[\frac{600}{600 + 250} \right] = 0,68335$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b \quad (\text{SNI} - 03 - 2847 - 2002 \text{ ps } 12.3.3)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,68335 = 0,5125$$

$$M_u = 6,33191 \text{ ton.m} = 6,33191 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{6,33191 \times 10^7}{0,8}$$

$$= 7,9148 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d \times d} = \frac{7,9148 \times 10^7}{1000 \times 202^2} = 1,9397$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{8,474} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,474 \times 1,9397}{250}} \right) = 0,008032$$

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

$$As = \rho \times b \times d = 0,008032 \times 1000 \times 202 = 1622,464 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D 16 - 100** (dengan As pasang 2011 mm²)

4.2.6 Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

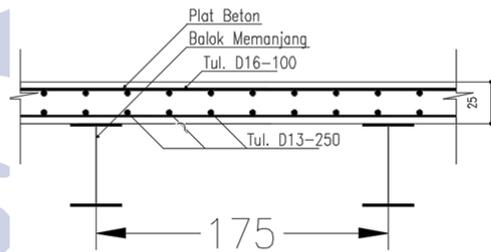
Untuk tulangan arah memanjang dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan $f_y = 400 \text{ Mpa}$ sebesar 0,0018 (SNI 03-2847-2002 ps.9.12.2). Sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

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

$$As = 0,0018 \times 1000 \times 187,5 = 337,5 \text{ mm}^2$$

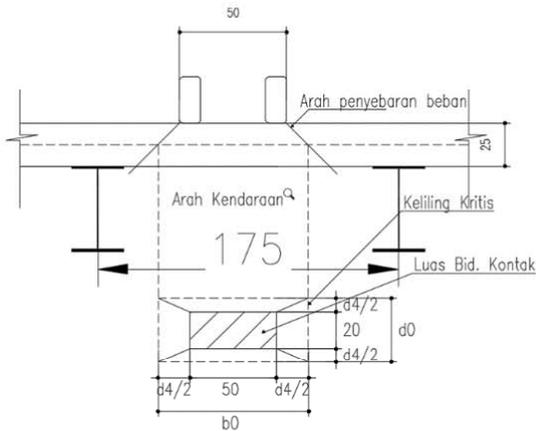
Dipasang tulangan **D 13 - 250** (dengan As pasang 530.929 mm²)

Jadi dapat disimpulkan untuk plat tulangan melintang menggunakan **D 16 - 100** dan **D 13 - 250** dipasang untuk tulangan arah memanjang.



Gambar 6. Penulangan Pelat Lantai

• Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons



Gambar 7. 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 Plat
 u = Panjang efektif dari keliling geser kritis, mm

$$= 2 \times (b_o + d_o)$$

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

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

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

dengan d = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik.

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

$$= 250 - 40 - \frac{16}{2}$$

$$= 202 \text{ mm}$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta h} \right) \times \sqrt{f'c} \leq 0.34 \times \sqrt{f'c}$$

(SNI - T - 12 - 2004 ps 5.6-4)

Dengan βh = Rasio sisi panjang dan sisi pendek beban terpusat, yakni :

$$= \frac{500}{200} = 2.5$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{2.5} \right) \times \sqrt{35} \leq 0.34 \times \sqrt{35}$$

$$= 1.77 \text{ Mpa} < 2.01$$

Mpa.....Memenuhi syarat

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

maka,

$$V_n = 2400 \times 202 \times (1.77 + 0)$$

$$= 858096 \text{ N}$$

$$= 858.096 \text{ kN}$$

Kekuatan geser efektif = $\Phi \times V_n$

Dimana,

Φ = Faktor reduksi kekuatan geser

$$= 0.7 \dots \dots (\text{SNI - T - 12 - 2004 ps 4.5.2})$$

$$\Phi V_n = 0.7 \times 858.096 \text{ kN}$$

$$= 600.6672 \text{ kN}$$

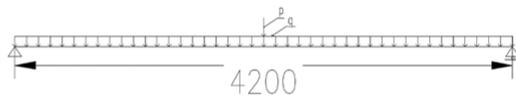
V_u = Gaya Geser yang terjadi

$$= 112.5 \text{ kN} < \Phi V_n = 600.6672 \text{ kN} \dots$$

Karena Gaya geser yang terjadi lebih kecil dari gaya geser yang diijinkan ehingga plat mampu menahan gaya geser yang terjadi.

4. Perencanaan Gelagar Utama Jembatan

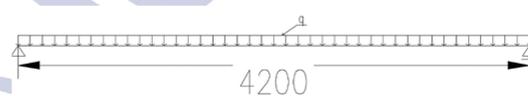
- **Beban Mati**
Sebelum Komposit



Gambar 8. Pembebanan Gelagar Tengah

- Berat Plat beton
 $= 0,25 \text{ m} \times 2400 \times 1,75 \times 1,1 = 1155 \text{ kg.m}$
 - Berat Gelagar memanjang
 $= 286 \text{ kg/m} \times 1,1 = 314 \text{ kg.m}$
 - Berat bekisting
 $= 7 \text{ kg/m} \times 1,75 \times 1,4 = 17,5 \text{ kg.m}$
- 1486,15 kg.m
- Q_{D1} Ultimate = 1486,15
 - Beban Hidup orang = 100 kg
- Momen ultimit yang terjadi :
 $M_{Q1} = 336127,62 \text{ kg.m}$

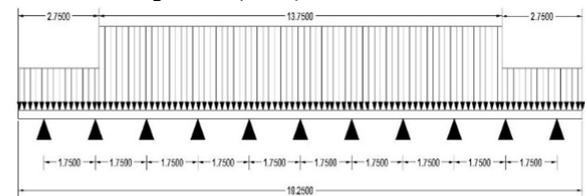
Sesudah Komposit



Gambar 9. Pembebanan Gelagar Tengah

- Berat aspal
 $= 0,05 \times 2200 \times 1,75 \times 1,3 = 250,25 \text{ kg/m}$
- Momen ultimit yang terjadi:
 $M_{Q2} = 62561,67 \text{ kg.m}$

- **Beban Lalu Lintas**
Beban Terbagi Rata (UDL)



Gambar 10. Beban UDL

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

$$L \geq 30 \text{ m} \quad ; \quad q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ Kpa}$$

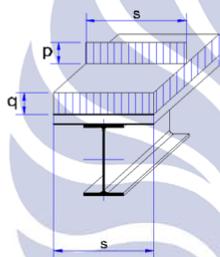
$$L \geq 30 \text{ m} \quad ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{42}\right) \text{ Kpa}$$

$$q = 7,714 \text{ Kpa}$$

$$= 771,4 \text{ Kg/m}^2$$

Pada Jembatan ini digunakan balok baja sebanyak 11 buah, tentunya dalam perencanaan digunakan balok yang paling berat, yaitu balok tengah, maka beban "D" yang digunakan akan sebesar 771,4 Kg/m² karena dalam wilayah balok tersebut persebaran balok "D" masih 100%

- **Beban garis (KEL)**
 Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut :
 - DLA = 0,4 untuk $L \leq 50 \text{ m}$
 - DLA = $0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$ untuk $50 < L < 90 \text{ m}$
 - DLA = 0,3 untuk $L \geq 90 \text{ m}$



Gambar 11. Beban KEL

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

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

$$= 4900 \text{ Kg/m, DLA} = 0,4$$

$$P_1 = (1 + \text{DLA}) \times P \times b_1$$

$$P_1 = (1 + 0,4) \times 49 \times 1,75$$

$$= 120,05 \text{ kN}$$

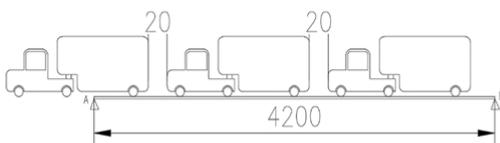
$$= 12005 \text{ Kg/m}$$

Jadi beban garis yang terjadi sebesar $P_1 = 12005 \text{ Kg/m}$

Momen ultimit Beban UDL dan KEL :

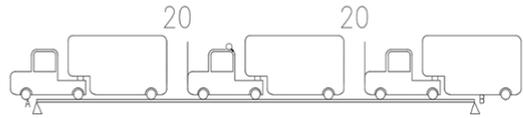
$$M_{Q3} = 303527,74 \text{ kg.m}$$

- **Beban Truk "T"**



Gambar 12. Beban Truk Kondisi 1

Momen ultimit yang terjadi akibat beban truk kondisi 1: $M_{Q4} = 848459,3 \text{ kg.m}$



Gambar 13. Beban Truk Kondisi 2
 Momen ultimit yang terjadi akibat beban truk kondisi 2: $M_{Q5} = 854083,38 \text{ kg.m}$

5. Kontrol Penampang

- **Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton**

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

$$be_1 \leq S$$

$$\leq 175 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq \frac{L}{5} = \frac{42000}{5} = 8400 \text{ cm}$$

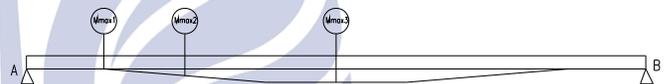
Dimana:

S = jarak antar gelagar

L = lebar jembatan

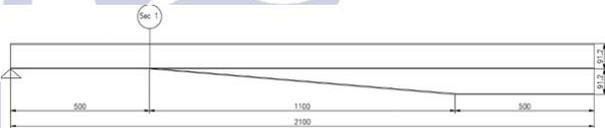
Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 175 cm.

- **Gambar penampang**



Gambar 14. Perletakan rencana Mmax di beberapa bentang non prismatic

- 1. **Section 1**



Gambar 15. Section 1



Gambar 16. Profil Section 1

- a. **Badan :**

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

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

$$= 844 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots \dots \dots (\text{LRFD Ps1 7.6.4}$$

tabel 7.5.1 ©)

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

$$46,89 \leq 106,25252938 \dots \dots (\text{OK})$$

- b. **Sayap :**

$$\frac{b}{2tr} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (\text{LRFD Psl 7.6.4})$$

tabel 7.5.1 ©)

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

$$4,441176 \leq 10,751744 \dots\dots (\text{OK})$$

Jadi, Penampang kompak

Menentukan letak garis netral

- Luas Beton :

$$\begin{aligned} A_c &= b_{\text{eff}} \times t_b \\ &= 1750 \times 250 = 437500 \text{ mm}^2 \\ &= 4375 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas Baja :

$$\begin{aligned} A_s &= 364 \text{ cm}^2 \dots (\text{Tabel Baja}) \\ T &= A_s \times f_y \\ &= 36400 \times 250 \\ &= 0,91 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

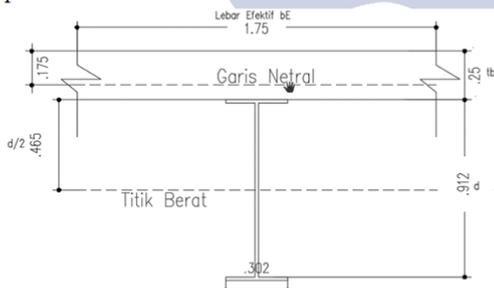
$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times f'_c \times A_c \\ &= 0,85 \times 35 \times 437500 \\ &= 1,3016 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0,85 \times f'_c \times b \times e} \\ a &= \frac{0,91 \times 10^7}{0,85 \times 35 \times 1750} \\ &= 174,789 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A \leq t_b = 174,789 \leq 250$$

Maka dapat disimpulkan bahwa garis netral berada pada beton.



Gambar 17. Garis Netral Section 1

$$\begin{aligned} d1 &= t_b - \frac{a}{2} = 250 - \frac{174,789}{2} \\ &= 162,6055 \text{ mm} \end{aligned}$$

d2 = 0.. Karena Baja tidak mengalami tekan

$$\begin{aligned} d3 &= \frac{D}{2} \\ &= \frac{912}{2} = 456 \text{ mm} \end{aligned}$$

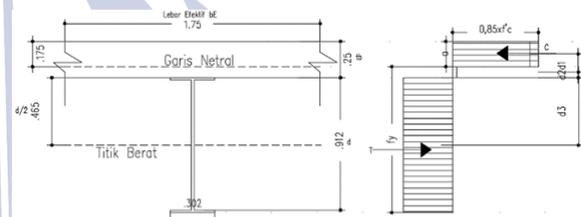
- Perhitungan momen

$$\begin{aligned} M_n &= T \times d \\ T &= A_s \times f_y \\ &= 36400 \times 250 \\ &= 0,91 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \times d1 + T \times d3 \\ &= 0,91 \times 10^7 \times (162,6055) + 0,91 \times 10^7 \times (456) \\ &= 5,62931005 \times 10^9 \text{ N.mm} \\ &= 5,62931005 \times 10^5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

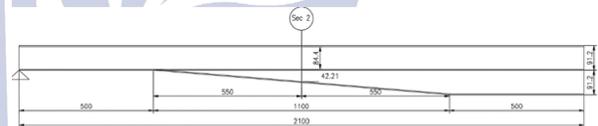
$$\begin{aligned} \mu_{u1} &= \Phi \times M_n \\ &= 0,85 \times 5,7401799 \times 10^9 \\ &= 4,784913543 \times 10^9 \text{ N.mm} \\ &= 478491,3543 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Jadi Momen nominal berdasarkan distribusi tegangan plastis adalah $\mu_{u1} = 478491,3543 \text{ kg.m} \geq M_{\text{max section 1}} = 365953,84 \text{ Kg.m}$, sehingga profil baja dapat dipakai.



Gambar 18. Tegangan Komposit Section 1

2. Section 2



Gambar 19. Section 2



Gambar 20. Rencana penampang Section 2

a. Badan :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(t_f + r) \\ &= 912 - 2 \times (34 + 0) + (456,1 - 34) \\ &= 1266,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (\text{LRFD Psl 7.6.4})$$

tabel 7.5.1 ©)

$$\frac{1266,1}{18} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$70,3389 \leq 106,25252938 \dots\dots (\text{OK})$$

b. Sayap :

$$\frac{b}{2tr} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (\text{LRFD Psl 7.6.4})$$

tabel 7.5.1 ©)

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

$$4,441176 \leq 10,751744 \dots\dots (\text{OK})$$

Jadi, Penampang kompak

Menentukan letak garis netral

- Luas Beton :

$$\begin{aligned} A_c &= b_{\text{eff}} \times t_b \\ &= 1750 \times 250 = 437500 \text{ mm}^2 \\ &= 4375 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas Baja :

$$\begin{aligned} A_s &= 364 \text{ cm}^2 + (1,8 \times 42,21) + (3,4 \times 30,2) \dots \\ (\text{Tabel Baja}) \\ &= 542,658 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 54265,8 \times 250 \\ &= 1,355645 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times f'_c \times A_c \\ &= 0,85 \times 35 \times 437500 \\ &= 1,3016 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai C diambil yang terkecil yaitu: $1,3016 \times 10^7 \text{ N}$
Maka dapat disimpulkan letak garis netral berada pada gelagar baja.

- Menentukan jarak jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_e} \\ a &= \frac{1,355645 \times 10^7}{0,85 \times 35 \times 1750} \\ &= 260,388 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $a = 260,388 \text{ mm} > t_b = 250 \text{ mm}$, maka plat beton tidak dapat mengimbangi gaya tarik $A_s \times F_y$ yang timbul pada baja, sehingga garis netral jatuh pada profil baja.

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times b_e \times t_b \\ &= 0,85 \times 35 \times 1750 \times 250 \\ &= 1,3015 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{A_s \times F_y - 0,85 \times f'_c \times b_e \times t_b}{2} \\ &= \frac{1,355645 \times 10^7 - 0,85 \times 35 \times 1750 \times 250}{2} \\ &= 5,408 \times 10^5 \text{ N} \end{aligned}$$

Tinggi blok tekan pada profil sayap profil baja dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d_f &= \frac{C_s}{b_f \times f_y} \\ &= \frac{5,408 \times 10^5 \text{ N}}{302 \times 250} \end{aligned}$$

$$= 5,92 \text{ mm} < t_f = 34 \text{ mm}$$

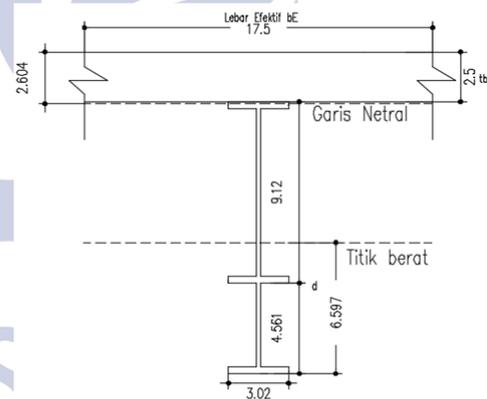
Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja diukur dari serat bawah profil :

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{542,658 \times 68,405 - 0,592 \times 35 \times 130,89}{542,658 - 0,592 \times 35} \\ &= 65,9712 \text{ cm} \end{aligned}$$

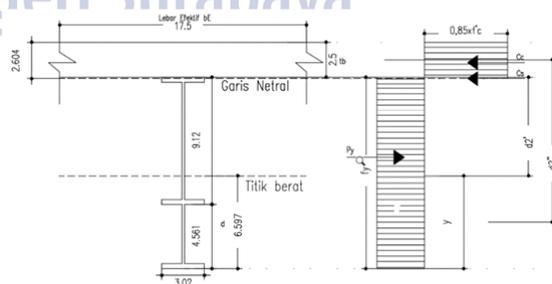
Kuat lentur nominal :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times d'_2 + C_s \times d_2'' \\ &= 1,3015 \times 10^7 \times \left(\frac{250}{2} + (1368,1 - 659,712) \right) + 1,224 \times 10^6 \times ((1368,1 - 659,712) - 0,592) \\ &= 1,084654482 \times 10^{10} + 8,66342304 \times 10^8 \\ &= 1,171288712 \times 10^{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{u2} &= \Phi \times M_n \\ &= 0,85 \times 1,171288712 \times 10^{10} \\ &= 9,955954055 \times 10^9 \text{ N.mm} \\ &= 995595 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 21. Garis Netral dan titik berat Section 3

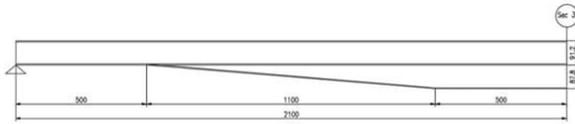


Gambar 22. Tegangan Komposit Section 3

Jadi Momen nominal berdasarkan distribusi tegangan plastis adalah $\mu_{u2} = 995595 \text{ kg.m} \geq M_{\text{max}}$

section 2 = 642917,02 Kg.m Kg.m, sehingga profil baja dapat dipakai.

3. Section 3



Gambar 23. Section 3



Gambar 24. Penampang Section 3

a. Badan :

$$h = d - 2(t_f + r) = 912 - 2 \times (34 + 0) + (84478 - 34) = 1688 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots \dots \dots (\text{LRFD Psl 7.6.4 tabel 7.5.1 } \textcircled{c})$$

$$\frac{1688}{18} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$93,78 \leq 106,25252938 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

b. Sayap :

$$\frac{b}{2tr} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \dots \dots \dots (\text{LRFD Psl 7.6.4 tabel 7.5.1 } \textcircled{c})$$

$$\frac{302}{2 \times 34} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$4,441176 \leq 10,751744 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Jadi, Penampang kompak

Menentukan letak garis netral

• Luas Beton :

$$Ac = b_{\text{eff}} \times tb = 1750 \times 250 = 437500 \text{ mm}^2 = 4375 \text{ cm}^2$$

• Luas Baja :

$$As = 364 \text{ cm}^2 + (1,8 \times 84,4) + (3,4 \times 30,2) \dots (\text{Tabel Baja}) = 618,6 \text{ cm}^2$$

$$T = As \times fy = 61860 \times 250 = 1,5465 \times 10^7 \text{ N}$$

$$C = 0,85 \times f'c \times Ac = 0,85 \times 35 \times 437500 = 1,3016 \times 10^7 \text{ N}$$

Nilai C diambil yang terkecil $C = 1.3016 \times 10^7 \text{ N}$ maka dapat juga disimpulkan letak garis netral berada pada gelagar baja.

• Menentukan jarak jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times be} = \frac{1,5465 \times 10^7}{0,85 \times 35 \times 1750} = 297,04 \text{ mm}$$

Karena $a = 297,04 \text{ mm} > tb = 250 \text{ mm}$, maka plat beton tidak dapat mengimbangi gaya tarik $As \times Fy$ yang timbul pada baja, sehingga garis netral jatuh pada profil baja.

$$Cc = 0,85 \times f'c \times be \times tb = 0,85 \times 35 \times 1750 \times 250 = 1,3015 \times 10^7 \text{ N}$$

$$Cs = \frac{As \times Fy - 0,85 \times f'c \times be \times tb}{2} = \frac{1,5465 \times 10^7 \text{ N} - 0,85 \times 35 \times 1750 \times 250}{2} = 1,224 \times 10^6 \text{ N}$$

Tinggi blok tekan pada profil sayap profil baja dihitung sebagai berikut :

$$d_f = \frac{Cs}{bf \times fy} = \frac{1,224 \times 10^6 \text{ N}}{302 \times 250} = 16,22 \text{ mm} < tf = 34 \text{ mm}$$

Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja diukur dari serat bawah profil :

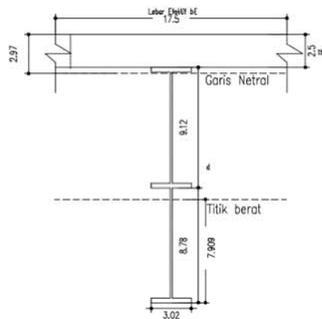
$$\bar{y} = \frac{618,6 \times 87,8 - 1,622 \times 35 \times 173,978}{618,6 - 1,622 \times 35} = 79,092 \text{ cm}$$

Kuat lentur nominal :

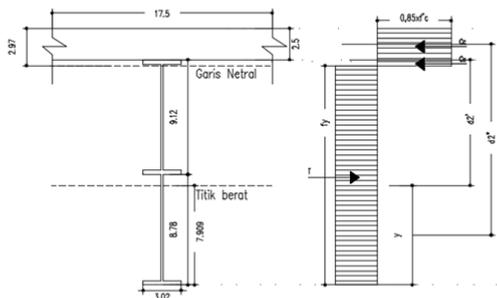
$$Mn = Cc \times d'_2 + Cs \times d_2'' = 1,3015 \times 10^7 \times \left(\left(\frac{250}{2} + (1756 - 790,92) \right) + 1,224 \times 10^6 \times ((1756 - 790,92) - 16,22) \right) = 1,41873912 \times 10^{10} + 1,1614046 \times 10^9 = 1,534879584 \times 10^{10}$$

$$Mu_3 = \Phi \times Mn = 0,85 \times 1,534879584 \times 10^{10} = 1,304647646 \times 10^{10} \text{ N.mm}$$

= 1304647,646 Kg.m



Gambar 25. Garis Netral dan titik berat Section 3



Gambar 26. Tegangan Komposit Section 3

Jadi Momen nominal berdasarkan distribusi tegangan plastis adalah $M_{u3} = 1304647,646 \text{ kg.m} \geq M_{max} \text{ section 1} = 854083,38 \text{ Kg.m}$, sehingga profil baja dapat dipakai.

Tabel 1. Rekapitulasi Mmax dan Momen Nominal

No.	Section	Mmax	M Nominal
1.	Section 1	365953,84 Kg.m	478491,354 kg.m
2.	Section 2	642917,02 Kg.m	927052,387 Kg.m
3.	Section 3	854083,38 Kg.m	1304647,64 Kg.m

Gelagar baja dinyatakan aman karena control kuat lentur sudah melebihi momen yang terjadi.

• **Gaya Geser**



Gambar 27. Beban P Dekat Perletakan

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

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

$V_u = 89803.11 \text{ Kg}$

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

$= 912 - 2 \times (34 + 0) \text{ m}$
 $= 844 \text{ mm}$

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

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

$46,89 \leq 69,570 \dots\dots (\text{OK})$

• $V_u \leq \Phi V_n \dots\dots\dots (\text{LRFD Psl 8.8.3.a})$

$89803.11 \text{ Kg} \leq \Phi \times 0.6 \times f_y \times A_w$

Dimana:

$A_w = h \times t_w$

$89803.11 \text{ Kg} \leq \Phi \times 0.6 \times f_y \times h \times t_w$

$89803.11 \text{ Kg} \leq 0.85 \times 0.6 \times 250 \times 912 \times 18$

$89803.11 \text{ Kg} \leq 246240 \text{ Kg}$

Gelagar baja dinyatakan aman karena control kuat geser sudah melebihi momen geser yang terjadi.

6. Perhitungan Penghubung Geser (Shear Connector)

• **Kekuatan Stud Connector**

Gaya geser horizontal V_h akibat komposit penuh adalah :

$V_h \text{ max} = C \text{ ditengah bentang}$
 $= 1,5465 \times 10^7 \text{ N}$

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

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

Modulus elastisitas beton :

$E_c = 0,041 \omega^{1,5} \sqrt{f'c}$
 $= 0,041 (2400)^{1,5} \sqrt{35}$
 $= 28519,02944 \text{ Mpa}$

Kuat geser satu buah connector

$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'c \times E_c} = 0,5 \times 803,84 \times \sqrt{35 \times 28519,02944}$

$Q_n = 401551,2763 \text{ N}$

$A_{sc} \times f_u = 803,84 \times 410 = 329574,4 \text{ N}$

Maka Dipakai terbesar $Q_n = 401551,2763 \text{ N}$

Persyaratan jarak antar penghubung geser:

Jarak minimum longitudinal = $6d = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$

Jarak maksimum longitudinal = $8t = 8 \times 250 = 2000$ mm

Jarak maksimum transversal = $4d = 4 \times 32 = 128$ mm

Jumlah stud yang diperlukan:

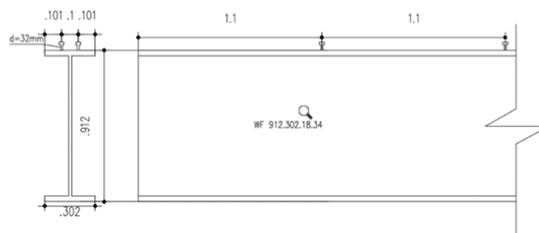
$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1,5465 \times 107}{401551,2763} = 38,5131 \approx 38 \text{ buah}$$

Digunakan minimum 38 stud untuk setengah bentang balok, atau 76 buah untuk keseluruhan bentang.

Jarak Pemasangan Shear Connector

$$S = \frac{42000}{76/2} = 1105,2631 \text{ mm} = 1,1 \text{ m}$$

Dipasang shear connector per jarak 1,1 m



Gambar 28. Pemasangan Shear Connector

7. Lendutan

Persyaratan untuk lendutan per bentang memanjang.

$L = 42$ m

Persyaratan untuk balok:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{42000}{800} = 52,5 \text{ mm} = 5,25 \text{ cm}$$



Gambar 29. SAP Lendutan Gelagar Non-Prismatis

Lendutan yang terjadi sebesar 1,0527563 cm lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 5,25 cm.

8. Perhitungan Sambungan

• **Sambungan Baut**

Bentang 42 m dari jembatan ini dibagi menjadi 3 segmen, dengan panjang profil baja WF yang digunakan 12 m. Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC-LRFD.

Perencanaan perletakan sambungan :

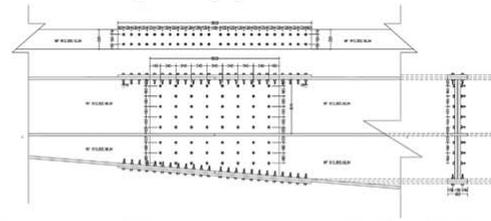


Gambar 30. Perencanaan perletakan sambungan

Sambungan 1

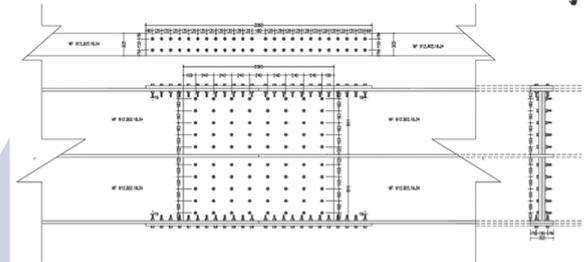
Sambungan untuk gelagar dengan bentang 12 meter dari kiri dan kanan menggunakan endplat dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 34 buah pada sayap atas, 40

buah pada badan atas, 24 buah pada badan bawah dan 34 buah pada sayap bawah.



Gambar 31. Rencana pemasangan baut sec 1 dan 3 **Sambungan 2**

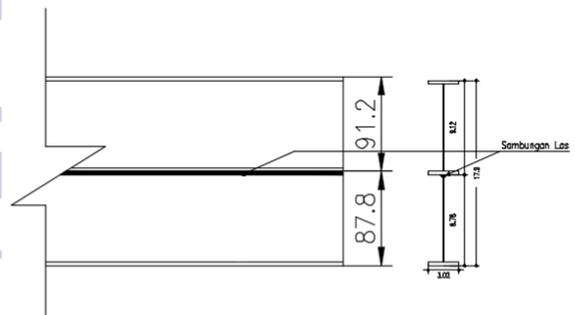
Sambungan untuk gelagar tengah dengan bentang 21 meter dari kiri atau kanan menggunakan endplat dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau 3/4" berjumlah 34 buah pada sayap atas, 40 buah pada badan atas, 40 buah pada badan bawah dan 34 buah pada sayap bawah



Gambar 32. Rencana pemasangan baut sec 2

• **Sambungan Las**

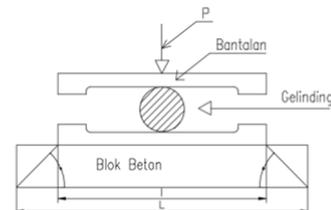
Las sudut yang digunakan hanya berupa las memanjang saja pada batang tarik datar, dengan ukuran 10 mm dan mutu las $f_{uw} = 490$ Mpa sepanjang 32 m dan diambil 2 sisi.



Gambar 19. Rencana Sambungan Las

9. Perhitungan Landasan

• **Landasan Rol**



Gambar 20. Landasan Rol

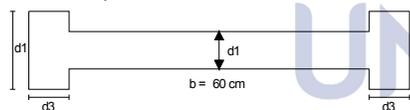
□ beton = 60 Kg cm²
 Ambil : b = lebar gelagar utama
 = 30,2 cm
 Lebar bantalan = 2 x 30,2
 = 60,4 ≈ 60 cm
 Pmax = 150 ton
 F yang dibutuhkan blok beton
 $F = \frac{P}{6b} = \frac{150000}{60} = 2500 \text{ cm}^2$
 Panjang Kursi
 $= \ell = \frac{F}{b} = \frac{2500}{60} = 41,67 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$
 Tebal kursi = tebal bantalan
 $= b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times P}{b \times \sigma}}$
 Dimana:
 □ = 1600 kg/cm² (baja cor)
 $b = 8,38 \approx 10 \text{ cm}$

Perhitungan Dimensi Balok Beton

□ tembok = 10 kg/cm²
 $L = 60 + 2 T$
 $B = 60 + 2 T$
 $P / (\square \text{ tembok}) = F = L \times B$
 $= (60 + 2T)^2 = 3600 + 4 T^2 + 240 T$
 $P = 150000 \text{ kg} = 10 (3600 + T^2 + 240 T)$
 $= 40 T^2 + 2400 T + 36000$
 atau
 $= 40 T^2 + 2400 T - 114000 = 0$
 $T^2 + 60 T - 1900 = 0$
 $T = 31,666 \approx 35 \text{ cm}$
 $L = 60 + 2 \times 31,666 = 1,23 = B$

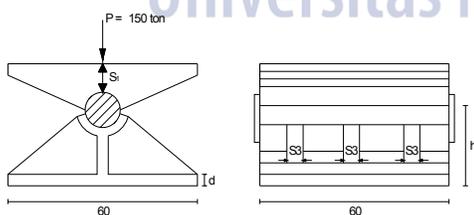
Mencari Ø Gelinding

d1 = 25 cm
 d2 = d1 + 2 x 2,5 = 30 cm
 d3 = diambil 2,5 cm



Gambar 21. Balok Beton

• **Landasan Sendi**



Gambar 22. Landasan Sendi

Tebal bantalan = S1 = 10 cm
 $M = (P/2) \times (1/4 \times l) = 1125000 \text{ kg.m}$
 Bahan = besi cor ; □ = 1600 kg/m²
 $\omega = M / \square = 703,125 \text{ cm}^3$
 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:
 $d = 2 \times (0,8 \cdot P / \square \cdot b) = 2,5$
 Praktis diambil:
 $d = \text{min} = 7 \text{ cm}$
 $d1 = 7 + 2 \times 2,5 = 12 \text{ cm} ; d2 = 1/4 d = 2,5 \text{ cm}$

**PENTUP
Simpulan**

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bentang jembatan 42 m, dengan lebar bersih 18,25 m untuk 5 jalur kendaraan tanpa median.
2. Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm. Tulangan terpasang arah melintang D16-100 dan arah memanjang D13-250.
3. Gelagar utama profil WF 912.302.18.34 dengan BJ 41, momen yang terjadi 303527,74 kg.m (UDL + KEL) dan 854083,38 kg.m ("T" kondisi 2).
4. Menggunakan baja *single* profil dan *double* profil untuk penampang non-prismatis yang dibagi menjadi 3 section, yaitu:
 - a. Section 1 $M_{\text{nominal}} 478491,35 \text{ kg.m} \geq M_{\text{max}} 365953,84 \text{ kg.m}$
 - b. Section 2 $M_{\text{nominal}} 927052,387 \text{ kg.m} \geq M_{\text{max}} 642917,02 \text{ kg.m}$
 - c. Section 3 $M_{\text{nominal}} 1304647,64 \text{ kg.m} \geq M_{\text{max}} 854083,38 \text{ kg.m}$
5. Gelagar baja dinyatakan aman karena kontrol kuat geser gelagar baja $246240 \text{ kg} \geq 89803,11 \text{ kg}$ momen geser yang terjadi. Penghubung geser (*Shear Connector*) digunakan minimum 38 stud untuk setengah bentang balok, atau 76 buah untuk keseluruhan bentang. Dipasang per jarak 1,1 m.
6. Lendutan yang terjadi pada gelagar baja non-prismatis sebesar 1,052 cm lebih kecil

- dari lendutan yang diijinkan sebesar 5,25 cm.
7. Sambungan 1 untuk gelagar bentang 12 m dari kiri ke kanan menggunakan *endplat* dengan tebal 34 mm dan baut diameter 19,05 mm atau $\frac{3}{4}$ " berjumlah 34 baut untuk sambungan pada flens dan 74 baut untuk sambungan badan gelagar.
 8. 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 $\frac{3}{4}$ " berjumlah 20 baut untuk sambungan pada flens dan 80 baut untuk sambungan badan.
 9. Perletakan jembatan menggunakan landasan rol dan sendi.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dihitung perencanaan bangunan bawah jembatan, meliputi perencanaan abutmen, pilar, dan pondasi.
2. Pembebanan lalu lintas menggunakan sistem beban berjalan.
3. Data lalu lintas (LHR) dapat disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya.
4. Perlu diperhatikan untuk perhitungan gaya lintang pada jembatan. Dengan memberikan pengaku pada badan gelagar.
5. 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.