

JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

P-ISSN NO. 2598-9758 E-ISSN NO. 2598-8581

VOL. 2, NO. 2, DESEMBER 2018



Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Banjarmasin
bekerjasama dengan
Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Banjarmasin

JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN

Jurnal Gradasi Teknik Sipil diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Banjarmasin. Ruang lingkup makalah meliputi Bidang Teknik dan Manajemen dengan konsentrasi Bidang Transportasi, Geoteknik, Struktur, Keairan dan Manajemen Konstruksi. Isi makalah dapat berupa penyajian isu aktual di bidang Teknik Sipil, review terhadap perkembangan penelitian, pemaparan hasil penelitian, dan pengembangan metode, aplikasi, dan prosedur di bidang Teknik Sipil. Makalah ditulis mengikuti panduan penulisan.

Penanggung Jawab

Nurmahaludin, ST, MT.

Dewan Redaksi

Ketua : Dr. Fitriani Hayati, ST, M.Si.
Anggota : Riska Hawinuti, ST, MT.
Nurfitriah, S.Pd, MA.
Ir. Rusliansyah, M.Sc.

Reviewer

Dr. Ir. Yanuar Jarwadi Purwanto, MS. (Institut Pertanian Bogor)
Dr. Ir. Achmad Rusdiansyah, MT. (Universitas Lambung Mangkurat)
Dr. Ir. M. Azhar, M. Sc. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)
Dr. Ir. Endang Widjajanti, MT. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)
Joni Irawan, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)
Yusti Yudiawati, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)

Editing dan Tata Bahasa

Nurfitriah, S.Pd., MA.

Desain dan Tata Letak

Abdul Hafizh Ihsani

Alamat Redaksi

Jurusan Gradasi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri 70123
Banjarmasin Telp/Fax 0511-3307757; Email: gradasi.tekniksipil@poliban.ac.id

JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

DAFTAR ISI

Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupert ... (1 - 9)

Nur Aspaliza, Indriyani Puluhulawa, Armada

Perencanaan Jembatan Rangka Baja Pelengkung Sungai Liong ... (10 - 21)

Febry Suhendra, Faisal Ananda, Alamsyah

Pengaruh Agregat Setempat Terhadap Nilai Indeks dan Biaya pada Analisa Satuan Pekerjaan Beton f'c 20 MPa ... (22 – 29)

Muhammad Humaidi, Khairil Yanuar, Aunur Rafik

Pengaruh Posisi, Jumlah Layer Dan Mutu Kayu Terhadap Balok Laminasi Kayu Mahang Dan Kayu Meranti ... (30 - 35)

Indriyani Puluhulawa

Pengaruh Supeltas Terhadap Tingkat Pelayanan Simpang Jalan Trans Kalimantan-Komplek Griya Permata ... (36 – 44)

Riska Hawinuti

Perancangan Lapis Pondasi Agregat Tanpa Penutup Aspal Gradasi Batas Tengah Menggunakan *Claystone* ... (45 - 54)

Ahmad Norhadi, H. Muhammad Fauzi, Akhmad Marzuki, Zuraida

Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupal

Nur Aspaliza¹, Indriyani Puluhulawa², Armada³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

e-mail: *¹nuraspaliza7@gmail.com (corresponding author), ²indriyani@polbeng.ac.id, ³armada@polbeng.ac.id

Abstrak

Jembatan Desa Darul Aman pada awalnya merupakan jembatan struktur kayu yang menghubungkan pemukiman masyarakat dengan pelabuhan dan juga perkebunan milik warga setempat. Kondisi jembatan tersebut saat ini sudah tidak layak dilewati karena struktur kayu pada jembatan sudah mengalami pelapukan yang parah, sehingga sangat beresiko jika dipaksakan untuk dilewati kendaraan terus menerus dan akan menimbulkan kerusakan yang semakin parah. Untuk itu direncanakanlah jembatan baru dengan menggunakan struktur komposit antara gelagar baja dan slab beton. Perencanaan ini mengacu pada SNI T-02-2005 untuk pembebanan jembatan dan SNI T-03-2005 untuk perencanaan struktur baja. Adapun yang direncanakan adalah meliputi slab jembatan, gelagar, diafragma dan perletakan elastomer jembatan.

Dari hasil perencanaan diperoleh profil gelagar baja yang digunakan Baja WF 800.300.14.26 mm dengan jarak antar girder 1,125 m. Digunakan diafragma baja profil siku 70x70x7 mm dengan jarak antar diafragma 4 m, diameter perletakan elastomeric adalah 175 x 300 x 12mm.

Kata kunci— Jembatan komposit, Perencanaan, Struktur atas.

Abstract

The Darul Aman Village Bridge was originally a wooden bridge connecting community settlements with harbor and plantation areas. The current condition of the bridge is not worth crossing because the wooden structure on the bridge has severe weathering, so it is very risky if it forced to be passed through by vehicles continuously and will cause further damage. For this purpose, a new bridge is planned using a composite structure between steel girder and concrete slab. This plan refers to SNI T-02-2005 for loading bridge and SNI T-03-2005 for steel structure planning. The planning includes bridge slab, girders, diaphragms and bridge elastomeric placement.

From the result of the planning, the steel girder profile is using WF 800.300.14.26, with a gap between 1,125 m. The steel angles profile diaphragm is 70.70.7 mm with a 4 m diaphragm gap, the elastomeric placement diameter is 175.300.12 mm.

Keywords— composite bridge, planning, upper structure

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Definisi jembatan menurut Supriyadi 1997 adalah bangunan yang memungkinkan jalan untuk menghubungkan atau menyilangkan sungai/saluran air lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum bentuk dan bagian suatu struktur jembatan dapat dikelompokkan menjadi 4 empat bagian utama

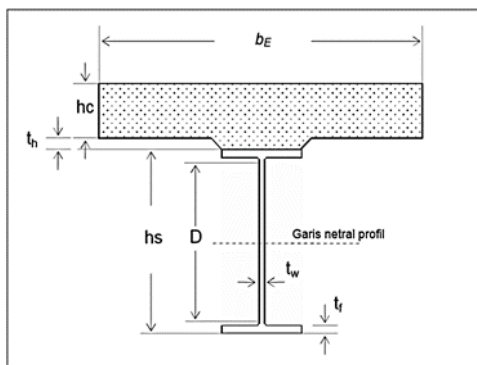
yang meliputi struktur bagian atas dan struktur bagian bawah bangunan pelengkap pengaman jembatan serta trotoar. Struktur atas jembatan yang dimaksud adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan ke perletakan arah horisontal. Lantai jembatan merupakan bagian dari jembatan yang langsung menerima beban lalu lintas kendaraan, pejalan kaki dan beban yang membebaninya secara langsung.

Kondisi jembatan Desa Darul Aman saat ini sudah rusak dengan material kayu yang sudah lapuk dan berlubang serta lantai jembatan agak miring. Hal ini kemungkinan bisa menyebabkan runtuhnya jembatan yang akan membahayakan pengguna jembatan tersebut. Rusaknya jembatan biasanya disebabkan oleh faktor beban lalu lintas yang melewati jembatan seperti mobil pengangkut kelapa sawit ataupun faktor lingkungan lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan struktur jembatan baru yang dapat melayani kebutuhan lalu lintas masyarakat setempat yang dalam hal ini direncanakan jembatan struktur komposit.

Adapun tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mendapatkan hasil perencanaan pembebanan dan analisa struktur atas jembatan, mendapatkan dimensi gelagar baja yang mampu memikul beban pada jembatan tersebut serta gambar hasil desain struktur atas jembatan tersebut. For this purpose

b. Komposit

Konstruksi komposit merupakan sebuah konstruksi yang materialnya terdiri dari perpaduan dua jenis material yang tidak sama atau berbeda sifatnya (Thamrin 2012). Kedua jenis material tersebut digabungkan sedemikian rupa supaya bisa bekerja sama dalam memikul beban. Konstruksi seperti ini umumnya ditemukan pada struktur jembatan berupa gabungan pada pelat lantai yang terdiri dari material beton dan gelagar dari material baja.



Gambar 1 Penampang komposit (Sumber:Thamrin, N, 2012)

Perencanaan komposit mengasumsi bahwa baja dan beton bekerja sama dalam memikul beban yang bekerja, sehingga akan menghasilkan desain

profil/elemen yang lebih ekonomis. Selain itu struktur komposit juga mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya adalah lebih kuat (*stronger*) dan lebih kaku (*stiffer*) dari pada struktur non-komposit.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian dalam penyusunan laporan ini adalah:

a. Observasi

Observasi merupakan kegiatan dengan cara survei ke lokasi jembatan selama satu hari untuk meninjau serta mengumpulkan data yang berkaitan untuk memperoleh panjang jembatan serta lebar lajur jalan yang dipakai serta pengamatan terhadap kondisi jembatan yang ditinjau.



Gambar 2 Kondisi jembatan Sungai Nipah (Sumber: Dokumentasi kondisi jembatan saat ini)

b. Metode Perencanaan

Untuk mendapatkan hasil desain yang sesuai dengan aturan yang ditetapkan, maka perencanaan ini dilakukan dengan mengacu pada SNI T-02-2005, SNI T-03-2005 dan SNI T-12-2004, serta beberapa literatur lain yang diperlukan dalam perencanaan jembatan komposit yang dapat berupa buku cetak, jurnal dan referensi lain yang dapat diakses dilaman internet.

c. Metode Perancangan

Adapun metode desain yang direncanakan adalah merencanakan struktur atas jembatan dan perletakkannya yang meliputi:

1. Analisa pembebanan pada struktur atas berdasarkan SNI T-02-2005.

2. Analisa struktur meliputi perencanaan struktur atas berdasarkan SNI T-12-2004.

3. Perencanaan tiang sandaran.

d. Tahapan perencanaan

Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Langkah awal dalam perencanaan adalah mendapatkan dimensi jembatan yang diperlukan sesuai kondisi lapangan. Untuk itu dilakukan observasi dengan cara melakukan pengukuran yang meliputi pengukuran potongan melintang sungai di lokasi jembatan.

2) Menghitung Analisa beban slab lantai jembatan berdasarkan SNI T-02-2005. Mutu beton yang digunakan adaah K-300 dengan kuat tekan beton 25 Mpa. Adapun analisa yang dihitung adalah Beban mati (berat sendiri, beban mati tambahan dan beban akibat aksi lingkungan (beban angin dan beban temperatur), kemudian menghitung momen pada slab jembatan dan kombinasi pembebanan pada slab jembatan tersebut. Setelah pembebanan didapat maka dilanjutkan dengan menghitung penulangan slab jembatan yang meliputi perhitungan tulangan lentur positif, tulangan lentur negatif, kontrol lendutan yang terjadi pada slab dan kontrol tegangan geser, selanjutnya menghitung pembebanan pada jembatan.

3) Selanjutnya adalah perhitungan kekuatan gelagar komposit. Kuat leleh baja (f_y) 390 mPa. Modulus elastisitas baja (E_s) 200000 mPa. Adapun perhitungannya adalah beban tetap, beban lalu lintas (beban Truk, beban lajur D dan beban titik), gaya rem, beban akibat pengaruh lingkungan (beban angin, beban temperatur, beban gempa), beban akibat susut dan rangkakan dan beban akibat gesekan perletakan serta kombinasi pembebanan pada jembatan. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung kekuatan gelagar komposit sesuai data profil baja yang digunakan, penentuan lebar efektif, penentuan rasio modular, perhitungan propertis potongan melintang gelagar baja dan struktur komposit pada tengah bentang jembatan,

perhitungan gelagar komposit dalam menahan lentur, perhitungan gelagar komposit dalam menahan gaya geser, pemeriksaan gelagar komposit dalam menahan gaya geser dan pemeriksaan gelagar komposit terhadap lendutan maksimum.

4) Merencanakan penghubung geser (Stud Connector).

5) Perencanaan diafragma rangka baja (batang atas, batang diagonal dan batang bawah)

6) Perencanaan dimensi perletakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil observasi

Adapun hasil dari observasi di lokasi yang akan dibangun didapat bahwa lebar sungai yang akan dilintasi adalah 17 meter, sehingga diperlukan jembatan dengan panjang bentang 20 m dan lebar jembatan 4.5 m.

B. Analisis Beban pada Slab Jembatan

1. Formasi pembebanan slab untuk mendapatkan hasil momen maksimum pada bentang menerus. Momen maksimum pada slab jembatan dihitung dengan beban yang telah dihitung sebelumnya dengan hasil sebagai berikut:

QMS = 4,50 kN/m untuk berat sendiri slab jembatan

QMA = 4,29 kN/m untuk beban mati tambahan

ΔT = 12,5°C untuk temperatur

PTT = 158 kN untuk beban truk.

2. Momen pada slab lantai jembatan

Tabel I

Hasil Momen pada Slab jembatan

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ulinmit	M_{tangan} (kNm)	M_{tangan} (kNm)
1.	Berat sendiri	K_{MS}	1,0	1,3	0,297	0,593
2.	Beban mati tambahan	K_{MA}	1,0	2,0	0,293	0,565
3.	Beban truk	K_{TT}	1,0	2,0	24,930	27,677
4.	Beban angin	K_{GW}	1,0	1,2	0,160	0,177
5.	Pengaruh temperatur	K_{GT}	1,0	1,2	0,011	0,002

3. Kombinasi beban pada slab jembatan

Tabel II

No	JenisBeban	Faktor Beban	Mumpuan (kNm)	Mipongan (kNm)	Mutumpuan (kNm)	Mutipongan (kNm)
1.	Berat sendiri	1	0,593	0,297	0,771	0,386
2.	Beban mati tambahan	2	0,565	0,293	1,130	0,586
3.	Beban truk	2	27,677	24,930	55,353	49,861
4.	Beban angin	1,0	0,177	0,160	0,177	0,160
5.	Pengaruh temperatur	1,0	0,002	0,011	0,002	0,011
Total momen ultimit kombinasi 1					57,434	51,004

No	JenisBeban	Faktor Beban	Mumpuan (kNm)	Mipongan (kNm)	Mutumpuan (kNm)	Mutipongan (kNm)
1.	Berat sendiri	1,3	0,593	0,297	0,771	0,386
2.	Beban mati tambahan	2	0,565	0,293	1,130	0,586
3.	Beban truk	1,0	27,677	24,930	27,677	24,930
4.	Beban angin	1,2	0,177	0,160	0,213	0,191
5.	Pengaruh temperatur	1,2	0,002	0,011	0,003	0,014
Totalmomenultimit kombinasi2					29,793	26,108

Hasil kombinasi 1 dan 2 beban pada slab jembatan

Dari hasil perhitungan kombinasi beban di atas maka diambil Mu maksimum pada daerah tumpuan adalah sebesar kNm dan untuk daerah lapangan sebesar 57,434 kNm.

4. Penulangan slab Tulangan Lentur Negatif

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right] = \frac{0,85 \times 25}{390} = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,637}{0,85 \times 25}} \right] = 0,007$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$(\rho_{min}) \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,004$$

Nilai ρ yang diambil adalah = 0,007. Luas tulangan yang diperlukan (2.25). $A_s = \rho \times b \times d = 0,009 \times 1000 \times 165 = 1.195 \text{ mm}^2$. Diameter tulangan yang digunakan D 16 mm. Jarak tulangan yang diperlukan dihitung menggunakan persamaan:

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{1.19} = 168,188 \text{ mm}$$

Diambil jarak tulangan 150 mm, sehingga digunakan tulangan D 16 – 150.

Tulangan Lentur Positif

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right] = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right] = 0,008$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,004$$

Nilai ρ yang diambil adalah nilai yang terbesar = 0,008

Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho \times b \times d = 0,008 \times 1000 \times 165 = 1.320 \text{ mm}^2$. Diameter tulangan yang digunakan D 16 mm. Jarak tulangan yang diperlukan dihitung menggunakan persamaan

$$S = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{A_s} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{1320} = 152,320 \text{ mm}^2$$

Diambil jarak tulangan 150mm, sehingga digunakan tulangan D 16 – 150 dengan luas tulangan yang dipakai:

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \times \frac{1000}{150} = 1340,413 \text{ mm}^2$$

5. Kontrol lendutan slab

Lendutan total pada lantai jembatan

$$\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g < L_x/240$$

$$L_x/240 = 1125/240 = 4,668 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g = 0,625 + 0,039 = 0,629 \text{ mm} < 4,668 \text{ aman}$$

5. Perhitungan pembebanan jembatan

1. Beban Tetap

Beban slab beton

Gaya geser

$$V_{MS1} = 56,25 \text{ kN. } M_{MS1} = 281,25 \text{ kNm}$$

Berat gelagar baja (Q_{MS2}) = 2,960 kN/m

Gaya geser

$$V_{MS2} = 29,598 \text{ kN Momen. } M_{MS2} = 147,989 \text{ kNm}$$

Beban Mati tambahan (Q_{MA}) = 4,29 kN/m]

Gaya geser

$$V_{MA} = 42,9 \text{ kN Momen. } M_{MA} = 214,5 \text{ kNm}$$

2. Beban Lalu Lintas
Beban Truk

$$M_{Max} = (P_1 \times y_1) + (P_2 \times y_2) + (P_3 \times y_3) = (25 \times 3) + (112,5 \times 5) + (112,5 \times 2,5) = 918,75 \text{ kNm}$$

Beban Lajur D dan beban titik P

Gaya geser maksimum akibat beban $V_{TT}=97,569$ kN. Momen maksimum akibat beban $M_{TT}=520,27$ kNm

3. Gaya Rem

Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat gaya rem:

$$M = T_{TB} \times y$$

$$V_{TB} = \frac{T_{TB} \times y}{L} = \frac{50 \times 2,23}{20} = 5,822 \text{ kN. } M_{TB} = \frac{1}{2} \times M = \frac{1}{2} \times 116,44 = 58,22 \text{ kNm}$$

6. Kombinasi Pembebanan

Tabel IV

Gaya-gaya geser serta momen ultimit dan faktor

Jenis Beban	Vu (kN)	Mu (kNm)	Faktor Beban	Vu Terfaktor (kN)	Mu Terfaktor (kNm)
Berat sendiri MS					
Slab beton MS1	56.250	281.250	1.3	73.125	365.625
Gelagar baja MS2	29.598	147.989	1.1	32.558	162.788
Mati tambahan MA	42.900	214.500	2	85.800	429.000
Susut dan rangkai SR	-	20.725	1	-	20.725
Lalu lintas TD	97.569	520.271	1.8	175.624	936.488
Rem BR	6.262	62.624	1.8	11.272	112.723
Gesekan perletakan FR	-	6.437	1.3	-	8.369
Temperatur ET	10.431	208.616	1.2	12.517	250.339
Angin EW	-	87.347	1.2	-	104.816
Gempa EQ	6.437	32.187	1	6.437	32.187

Tabel V

Kombinasi gaya geser rencana gelagar tengah

Aksi	Kelamaan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Slab beton MS1	56	56	56	56	56	56	73	73	73	73	73	73
Gelagar baja MS2	30	30	30	30	30	30	33	33	33	33	33	33
Mati tambahan MA	43	43	43	43	43	43	86	86	86	86	86	86
Susut dan rangkai SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lalu lintas TD	98	98	98	98	98	98	176	176	176	176	176	176
Rem BR	6	6	6	6	6	6	11	11	11	11	11	11
Gesekan perletakan FR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatur ET	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13
Angin EW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gempa EQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
Jumlah (kN)	243	240	240	235	235	232	391	367	367	367	374	380

$$V_u \text{ Rencana} = 386 \text{ kN}$$

Tabel VI
Kombinasi momen rencana

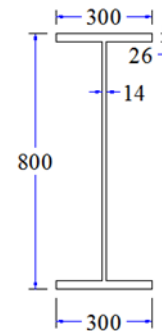
Aksi	Kelamaan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Slab beton MS1	281	281	281	281	281	281	366	366	366	366	366	366
Gelagar baja MS2	148	148	148	148	148	148	163	163	163	163	163	163
Mati tambahan MA	215	215	215	215	215	215	429	429	429	429	429	429
Susut dan rangkai SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lalu lintas TD	520	520	520	520	520	520	936	936	936	936	936	936
Rem BR	63	63	63	63	63	63	113	113	113	113	113	113
Gesekan perletakan FR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatur ET	209	209	209	209	209	209	250	250	250	250	250	250
Angin EW	-	-	87	87	87	87	105	105	105	105	105	105
Gempa EQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-
Jumlah (kN)	14852	13310	1475	1333	1408	920	2027	1915	1915	2019	1947	1915

$$M_u \text{ Rencana} = 2027 \text{ kNm}$$

C. Perhitungan Kekuatan Gelagar Komposit

1. Data profil baja

Dari hasil percobaan perhitungan kebutuhan profil didapat dimensi profil yang diperlukan ialah profil WF 800 x 300 x 14 x 26 dengan spesifikasi sebagai berikut: Berat profil $w_d = 292 \text{ kg/m}$, Tinggi profil $d_s = 800 \text{ mm}$, lebar sayap $b_f = 300 \text{ mm}$, tebal badan $t_w = 14 \text{ mm}$, tebal sayap $t_f = 26 \text{ mm}$, $r_0 = 28 \text{ mm}$, Luas penampang $A_s = 26740 \text{ mm}^2$, $I_x = 2.920.000.000 \text{ mm}^4$, $I_y = 117.000.000 \text{ mm}^4$



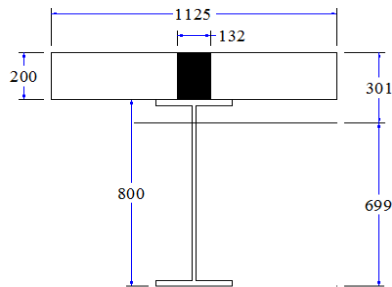
Gambar 3. Dimensi profil baja sebagai gelagar

- a. Properti potongan melintang struktur komposit untuk kebutuhan beban jangka pendek (short term) $n = 9$ pada tengah bentang jembatan.

$$\text{Lebar efektif plat beton } b_E = 1125 \text{ mm.}$$

$$b_E/n = 1125/9 = 125 \text{ mm}$$

Luas penampang beton transformasi (Act)
 $Act = b_E/n \times t_s = 1125/9 \times 200 = 26384,57 \text{ mm}^2$
 $y' = \frac{\sum Ay}{\sum A}$



Gambar 4 Letak garis netral struktur komposit dengan beban jangka pendek

2. Gelagar Komposit dalam menahan lentur

Kuat lentur nominal penampang (M_n) untuk struktur gelagar komposit kompak pada bentang sederhana (simple spans) adalah sebagai berikut:

$$M_n = C \times d = C \times (0,5 d_s + t_s - 0,5a)$$

$$M_n = 4.762.125 \times ((0,5 \times 800) + 200 - (0,5 \times 200))$$

$$M_n = 2.381.062.500 \text{ Nmm} = 2.381 \text{ kNm}$$

Setelah diketahui momen nominal (M_n) diatas maka dapat dihitung momen resistensinya sebagai berikut:

$M_r = \phi M_n = 0,9 \times 2.381 \text{ kNm} = 2.143 \text{ kNm}$. Struktur gelagar komposit mampu memberikan kekuatan dalam menahan lentur sebesar 2.143 kNm

3. Gelagar Komposit dalam menahan gaya geser

Kemampuan gelagar komposit dalam menahan gaya geser: $V_n = 0,6 f_y A_w$
 $A_w = 0,6 \times 410 \times (800 \times 14) = 2.755.200$ $N = 2.755$
 kN
 $kNV_r = \phi V_n = 0,9 \times 2.755 = 2.480 \text{ kN}$

Struktur gelagar komposit mampu memberikan kekuatan dalam menahan gaya geser sebesar 2.480 kN

D. Perencanaan Penghubung Geser

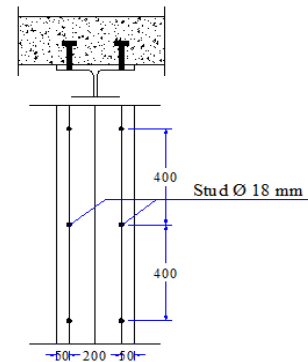
$$(b_f \times VL) / V_{su} = 117.692 / 316.884 = 0,3714 < 1$$

Maka digunakan jumlah minimal dalam satu baris yaitu 2 *stud connector*. Jarak antar *stud connector* arah memanjang adalah: persyaratan

jarak antar *stud connector* arah memanjang berdasarkan SNI T-03-2005 yaitu:

$$n \leq 600 \text{ mm} \quad 2. \quad n \leq 2 \times t_s = 2 \times 200 = 400$$

Berdasarkan syarat tersebut maka digunakan jarak antar *stud connector* arah memanjang adalah 400 mm.



Gambar 5. Susunan penghubung geser

Persyaratan penghubung geser adalah:

$$V_L \leq \phi V_{LS}$$

$$V_{LS} = 0,55 n V_{su}$$

$$V_L \leq \phi \times 0,55 n V_{su}$$

$$392,31 \leq 0,9 \times 0,55 \times 2 \times 316.884$$

$$392,31 \text{ N} \leq 313,715 \text{ N} \quad \text{Oke}$$

Persyaratan sambungan pada gelagar

Dalam perencanaan ini digunakan panjang profil 12 m (dipotong menjadi 10 m) sehingga untuk panjang jembatan 20 m dan terdapat satu buah sambungan gelagar. Letak sambungan diatur dengan jarak 10 m + 10 m.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan sambungan gelagar antara lain:

Momen ultimit, $M_u 2.012,19 \text{ kNm}$. Gaya geser ultimit, $V_u 385,99 \text{ kN}$, Diameter baut yang digunakan, $D = 20 \text{ mm}$. Pelat yang digunakan baja mutu Dengan $f_y = 410 \text{ Mpa}$, ketebalan pelat, $t = 10 \text{ mm}$

1. Perencanaan pada bagian pelat badan

Perhitungan kekuatan baut dalam geser untuk baut dengan diameter 20 mm diperoleh data sebagai berikut:

Gaya tarik, T = 145000 N

Luas inti baut, $A_e = 225 \text{ mm}^2$
 Luas untuk menghitung kekuatan tarik $A_s = 245 \text{ mm}^2$

Luas bagian polos nominal baut, $A_0 = 314 \text{ mm}^2$

$$f_{uf} = T/A_s = 145000/225 = 591,84 \text{ Mpa}$$

Kekuatan geser baut:

$$V_f = 0,62 f_{uf} k_r (n_n A_e + n_x A_0) = 0,62 \times 591,84 \times 1 (2 \times 225 + 2 \times 314) = 395,56 \text{ kN}$$

2. Perhitungan kekuatan pelat sambung dalam menahan gaya tumpu

Kuat tumpu pelat sambung:

$V_b = 3,2 d_f t_p f_{up} = 3,2 \times 20 \times 10 \times 550 = 352.000$
 $N = 352 \text{ kN}$. Gaya geser pelat badan untuk perencanaan sambungan pada daerah pelat badan dihitung dengan persamaan :

$V_{nw} = \phi . f_y . A_w = 0,75 \times 410 \times 6720 = 2.066.000$
 $N = 2.066 \text{ kN}$. Jumlah baut yang dibutuhkan pada pelat badan adalah

$$n = V_{nw}/V_b = 2,066/352 = 5,9 \text{ buah}$$

Digunakan 6 buah baut dalam 1 baris, pada pelat badan digunakan 12 baris. Sehingga jumlah keseluruhan baut adalah 72 buah baut.

Penentuan jarak antar baut berdasarkan SNI T-03-2005

Jarak antar baut harus memenuhi:

$$2,5 d_f \leq s \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$2,5 \times 20 \leq s \leq 15 \times 10 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$50 \leq s \leq 150 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Digunakan jarak s 60 mm Jarak baut dengan tepi pelat (s) harus memenuhi:

$$1,5 d_f \leq s \leq (4 \text{ tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 20 \leq s \leq (4 \times 10 + 100) 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq s \leq 140 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan jarak } s = 50 \text{ mm}$$

2. Perencanaan pada bagian pelat sayap

Pelat sambung pada sayap didesain sebagai batang tarik. Digunakan pelat dengan material baja

mutu BJ 55 dengan $f_y = 410 \text{ Mpa}$ dan $f_u = 550 \text{ Mpa}$. Ketebalan pelat yang digunakan adalah 15 mm.

1. Perhitungan kekuatan baut dalam menahan gaya tarik.

Kekuatan nominal satu buah baut (N_{tf}) yang memikul gaya tarik harus memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$N_{tf} = A_s \times f_{uf} = 245 \times 591,84 = 145.000 \text{ N} = 145 \text{ kN}$$

Perhitungan kekuatan pelat sambung pada sayap

Kekuatan pelat sambung harus diperiksa terhadap kekuatan tumpu berdasarkan persamaan berikut:

$$V_b = 3,2 d_f t_p f_{up} = 3,2 \times 20 \times 15 \times 550 = 145.000 \text{ N}$$

Kekuatan baut dalam tarik menentukan dalam perhitungan jumlah baut yang dibutuhkan. Jumlah baut yang dibutuhkan pada pelat sayap (n) adalah:

$$n = T_{tf}/N_{tf} = 8860,551/145 = 61,11 \text{ buah}$$

Digunakan 64 baut dan diatur dalam 4 baris. Sehingga dalam 1 baris terdapat 16 baut. Pengaturan jarak antar baut adalah sebagai berikut:

$$\text{Jarak antar baut } 50 \leq s \leq 150$$

Digunakan jarak, s = 80 mm

Jarak antara baut dengan tepi pelat $30 \leq s \leq 140$

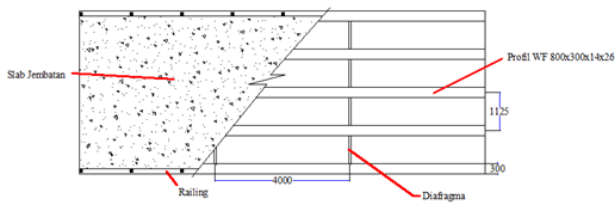
Digunakan jarak, s = 40 mm

E. Perencanaan Diafragma

Data yang diperlukan dalam perencanaan diafragma antara lain:

Jarak antar diafragma, L 2,5 m. Besar gaya angin ultimit 130,922 kN. Besar gaya gempa horizontal = $k_h \times w_t = 0,084 \times 270,5 = 21,63 \text{ kN}$

Penataan letak diafragma direncanakan sebagai berikut:



Gambar 6. Penempatan diafragma

Diafragma menahan gaya tekan aksial yang disebabkan oleh beban angin dan beban gempa. Besarnya gaya aksial tekan terfaktor yang diterima satu buah diafragma adalah:

$$N_u = 1,2T_{ew} + 1,0T_{EQ} = (1,2 \times 145,254) + (1,0 \times 21,630) = 195,935 \text{ kN}$$

Gaya tersebut bekerja sepanjang bentang jembatan. Sehingga gaya yang diterima diafragma per meter $N_u/L = (195,935) / 20 = 9,797 \text{ kN}$

1. Perencanaan batang atas

Digunakan profil siku 70 x 70 x 7 dengan $A_s = 940 \text{ mm}^2$, $r_{min} = 9 \text{ mm}$ $L = 1.300 \text{ mm}$ dengan mutu baja BJ 41, $f_y = 250 \text{ Mpa}$.

Memeriksa kelangsingan batang tekan,

$$\lambda = (k.L)/r = (0,7 \times 1125) / 9 = 87,5$$

$$\lambda < 140 \text{ OK!}$$

$$b/t = 70/7 = 10$$

$$200 / \sqrt{f_y} = 200 / \sqrt{250} = 12,65$$

$$b/t < 200 / \sqrt{f_y} \text{ Ok!}$$

Menghitung kapasitas profil dalam menahan gaya tekan aksial:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{87,5}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,98 < 1,5 \text{ Ok!}$$

Kuat tekan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_s \times f_y = (0,66^{0,98^2}) \times 940 \times 250 = 157,067 \text{ kN}$$

$$\phi N_n = 0,9 \times 157,067 = 141,36 \text{ kN}$$

$$\phi N_n \geq N_{tr} \text{ Ok!}$$

2. Perencanaan batang diagonal

Digunakan profil siku 70 x 70 x 7 dengan $A_s = 940 \text{ mm}^2$, $r_{min} = 9 \text{ mm}$ $L = 956 \text{ mm}$ dengan mutu baja BJ 41, $f_y = 250 \text{ Mpa}$.

Memeriksa kelangsingan batang tekan,

$$\lambda = (k.L)/r = (0,7 \times 956) / 9 = 74,36 \leq 140 \text{ Ok!}$$

$$b/t = 70/7 = 10 = 200 / \sqrt{f_y} = 200 / \sqrt{250} = 12,65$$

$$b/t < 200 / \sqrt{f_y} \text{ Ok!}$$

Menghitung kapasitas profil dalam menahan gaya tekan aksial:

$$\lambda_c = \lambda / \pi \sqrt{(f_y/E)} = 74,36 / \pi \sqrt{(250/200000)} = 0,8 \leq 1,5 \text{ Ok!}$$

Kuat tekan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N_n = (0,66^{0,8^2}) \times A_s \times f_y = (0,66^{0,8^2}) \times 940 \times 250 = 175,67 \text{ kN}$$

$$\phi N_n = 0,9 \times 175,67 = 158,11 \text{ kN}$$

$$\phi N_n \geq N_d \text{ Ok!}$$

3. Perencanaan batang bawah

Langkah perencanaan batang bawah sama seperti batang atas karena direncanakan menggunakan profil yang sama dengan panjang yang sama.

Besar gaya geser yang harus ditahan oleh baut merupakan gaya aksial diafragma sebesar

$$V = N_{tr} = 62,70 \text{ kN}$$

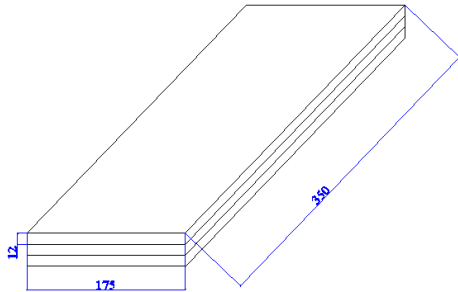
Diameter baut yang digunakan adalah 20 mm dan kekuatan satu baut berdasarkan perhitungan sambungan gelagar didapatkan :

$$V_f = 395,56 \text{ kN}$$

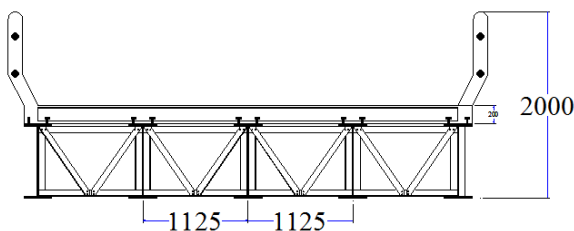
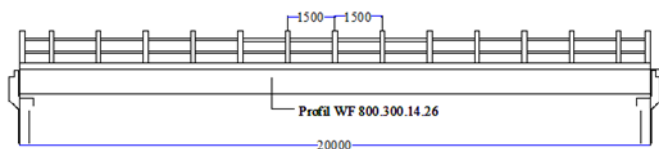
F. Perencanaan Perletakan

Elastomer direncanakan berdasarkan beban vertikal yang bekerja. Dari hasil perhitungan diperoleh beban vertikal maksimum pada tumpuan jembatan sebesar 402,907 kN atau sebesar 40 ton. Gunakan elastomer *bearing* produksi PT. Ralico Utama Rubber dengan dimensi 175 x 350 mm dengan maksimum jumlah lapisan adalah 3 lapis menggunakan ketebalan 12 mm setiap lapisnya.

Dimensi elastomer ini mampu menahan beban vertikal sehingga 47,6 ton sehingga dimensi ini aman untuk digunakan pada konstruksi jembatan komposit Sungai Nipah ini.



Gambar 8. Representasi ukuran bantalan elastomer



Gambar 9. Penampang memanjang dan melintang jembatan rencana

IV KESIMPULAN

Jembatan Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rukat dirancang dengan menggunakan struktur komposit antara beton dan baja. Adapun panjang bentang jembatan Sungai Nipah tersebut adalah 20 m dengan lebar 4,5 m. Dari hasil analisis serta perhitungan perencanaan jembatan tersebut didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut (1) Digunakan gelagar baja utama 5 buah profil baja dengan tipe WF 800x300x14x26 mm dengan jarak antar girder 1,125 m. (2) Dari perhitungan diperoleh kekuatan momen pelat badan dalam menahan gaya terpusat adalah sebesar 2027 kNm dari kekuatan

momen rencana maksimal yang diijinkan adalah sebesar 2143 kNm. Sedangkan gaya geser maksimal yang terjadi pada daerah tumpuan adalah sebesar 280 kN dari kapasitas geser maksimal yang mampu dipikul oleh balok adalah sebesar 2480 kN. (3) *Shear connector* yang digunakan adalah *stud* dengan ukuran diameter 18 mm dengan jumlah 2 buah dalam satu baris. (4) Pada gelagar melintang (diafragma) digunakan profil L 70x70x7 mm dengan jarak antar diafragma adalah 4 m. (5) Perencanaan elastomer *bearing* digunakan ukuran 175 x 300 x 12 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan yang turut serta membantu dalam penyelesaian jurnal perencanaan jembatan ini baik secara moral maupun material. Mudah-mudahan dapat memberikan manfaat dan dapat menjadi rujukan dalam perencanaan jembatan komposit serupa.

REFERENSI

- SNIT-02-2005, Pembebanan Untuk Jembatan, BSN, Jakarta, 2005.
- SNIT-03-2005, Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan, BSN.
- Hanif R, Desain Ulang Jembatan Liang Desa Bantan Tengah Menggunakan Struktur Komposit, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2016
- Setiawan A, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 2008.
- Zamri S, Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Sungai Sanderak Bengkalis Berdasarkan Sni T-02-2005, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2016
- Anggraini A. J., "Analisis Desain Jembatan Komposit Gelagar Baja Menggunakan Struktur Non-Prismatik, 2015.
- SNIT-12-2014, Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan, pusbang Jalan dan jembatan Departemen Pekerjaan Umum.
- Pujianto A. Struktur Komposit dengan Metode LRFD, 2007.
- Nasution T. Modul Kuliah Struktur Baja II, 2012.
- Dinata. EI, Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Bengkalis, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2012.