

# PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN KOMPOSIT DESA BOJONGLOA KEC.PAGELARAN KAB.CIANJUR

<sup>1</sup> Salman Alfarisi,<sup>2</sup> Tanjung Rahayu

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana  
Salman.alfa@gmail.com<sup>1</sup>, tanjungrahayu@yahoo.com<sup>2</sup>

## Abstrak

*Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Adapun maksud dan tujuan dari proyek pembangunan Jembatan Desa Bojongloa Kecamatan Pagelaran Kabupaten Cianjur ini adalah sebagai jalan akses yang menghubungkan Desa Bojongloa dan Desa Kartaraharja untuk mempermudah akses bagi masyarakat.*

*Dilakukan pergantian karena jembatan sebelumnya yang mengalami kerusakan pada pelat lantai menyebabkan tidak aman bagi masyarakat untuk melalui jembatan tersebut, dan sangat berbahaya bila diabaikan terlalu lama karena semakin lama lubangnya semakin membesar.*

*Perencanaan ini berpedoman kepada RSNI-T 02-2005 tentang standar pembebanan untuk jembatan. Jembatan ini direncanakan dengan bentuk struktur komposit dengan panjang bentang 40 meter dengan pembagi pilar di tengah 20 meter dan lebar total 9 meter. Dalam perencanaan ini dimensi profil IWF yang digunakan adalah 800.300.16.30, dimensi profil diafragma IWF 175.175.7,5.11. Penghubung geser menggunakan paku stud diameter 16 mm 60 buah dengan jarak 170 mm dan 30 buah dengan jarak 340 mm. Penulangan pada trotoar  $\varnothing 12-150$  mm dan tulangan bagi  $\varnothing 10-200$  mm, tulangan pokok pada lantai kendaraan  $\varnothing 16-90$  mm dan tulangan bagi  $\varnothing 14-130$  mm untuk momen negatif, dan tulangan pokok pada lantai kendaraan  $\varnothing 16-130$  mm dan tulangan bagi  $\varnothing 14-190$  mm untuk momen positif, tebal pelat lantai 200 mm.*

*Kata kunci: Jembatan, Komposit, Beton, Baja*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan sarana transportasi sangat penting sebagai salah satu sarana transportasi menghubungkan wilayah satu dengan wilayah yang lainnya dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dengan perkembangan penduduk pada saat ini maka dibutuhkan penambahan infrastruktur jalan ataupun peremajaan infrastruktur yang sudah ada demi menunjang lancarnya mobilitas warga dan secara tidak langsung akan berdampak pada pengembangan wilayah karena usia jembatan yang sudah terbilang lama dan juga terdapat struktur jembatan yang melendut secara kasat mata.

Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, dari bentuk sederhana sampai yang paling kompleks, demikian juga bahan-bahan yang digunakan mulai dari bambu, kayu, beton dan baja. Penggunaan bahan baja saat ini maupun di masa mendatang untuk struktur jembatan akan memberikan keuntungan yang berlebih terhadap perkembangan serta kelancaran sarana transportasi

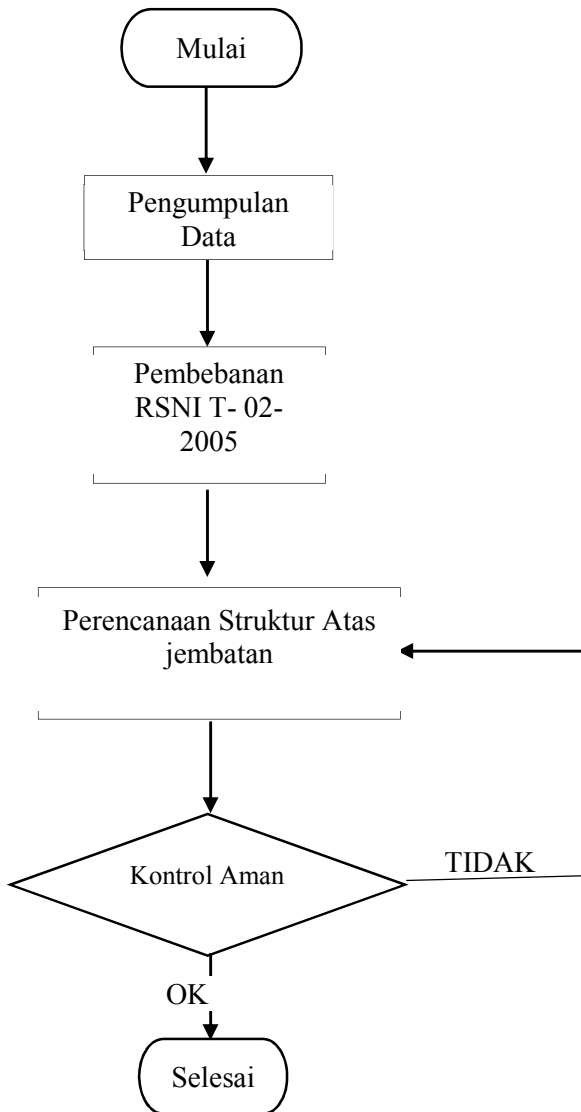
antar daerah maupun antar pulau yang ada diseluruh Indonesia (Siswanto, 1999).

proyek pembangunan Jembatan Desa Bojongloa Kecamatan Pagelaran Kabupaten Cianjur ini adalah sebagai jalan akses yang menghubungkan Desa Bojongloa dan Desa Kartaraharja untuk mempermudah akses bagi masyarakat, dalam mengembalikan fungsi jembatan yang seharusnya maka dilakukan pergantian jembatan sebelumnya yang mengalami kerusakan pada plat lantai menyebabkan tidak aman bagi masyarakat untuk melalui jembatan tersebut, dan sangat berbahaya bila diabaikan terlalu lama karena semakin lama lubangnya semakin membesar.

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, dapat dirumuskan permasalahan diatas yang timbul yaitu: Berapa dimensi struktur atas yang digunakan untuk memperoleh struktur atas jembatan kuat dan aman.

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Tahap ini memberikan gambaran mengenai langkah awal sampai akhir perencanaan struktur atas jembatan. Penjelasannya dapat dituangkan dalam bentuk bagan alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Aliran perencanaan struktur atas

**a. Data**

Data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur atas jembatan berupa data sekunder yang diperlukan sebagai pendukung proses perencanaan. Dalam pengumpulan data, peranan instansi yang terkait sangat diperlukan untuk perencanaan jembatan Bojongloa di Cianjur.

Data sekunder yang dijadikan data perencanaan diperoleh dari instansi terkait meliputi:

1. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk menentukan beban kendaraan terbesar yang melewati jembatan, sehingga jembatan

nantinya dapat menampung kapasitas kendaraan yang melewati jalur tersebut. Data lalu lintas yang diperlukan adalah data LHR rata-rata pada ruas jalan, data ini diperoleh dari PU Bina Marga.

2. Data jembatan adalah data yang diperlukan untuk perencanaan struktur atas mengenai lokasi, bentang jembatan, lebar jembatan, mutu beton, mutu baja, dan data profil baja sehingga nanti dapat memperoleh perencanaan struktur yang kuat dan aman untuk digunakan nantinya. Data diperoleh dari instansi terkait dari PU Bina Marga, adapun data jembatan sebagai berikut.

**Data Jembatan**

- Lokasi : Desa Bojongloa Kec. Pagelaran Kab.Cianjur.
- Bentang : 40 m
- Lebar : 9 m
- Mutu Beton : K-300
- Mutu Baja : BJ-50
- Profil Baja : IWF 800.300.30.16



Gambar 3.2 Jembatan komposit  
Sumber : Dinas PU Bina Marga

Analisis data dilakukan untuk merencanakan struktur atas jembatan yang aman dan kuat.

Adapun analisis data yang dilakukan meliputi:

1. Analisa data lalu-lintas
2. Analisa data jembatan

Setelah data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan struktur atas jembatan terkumpul, maka tahap analisa data dapat dilakukan dalam perencanaan berdasarkan peraturan-peraturan yang telah ditentukan.

Selanjutnya dilakukan perencanaan yang meliputi:

1. Slab sandaran dan trotoar
2. Slab lantai jembatan
3. Girder dan diafragma

**b. Pembebanan Struktur Atas**

Pembebanan struktur atas didasarkan pada peraturan RSNI T-02-2005 tentang pembebanan untuk struktur atas yakni jembatan. Beberapa langkah dalam menganalisa pembebanan struktur atas, antara lain yaitu:

1. Menghitung beban permanen struktur yang terdiri dari beban sendiri (MS) dan beban mati

tambahan (MA). Perhitungan beban mati tambahan (MA) mencakup berat air hujan dan berat aspal, sedangkan perhitungan beban sendiri (MS) mencakup perhitungan berat:

- a) Pelat lantai jembatan
  - b) Girder dan diafragma jembatan
  - c) Trotoar dan tiang sandaran
  - d) Sambungan
2. Menghitung beban lalu lintas yang terdiri dari beban lajur "D", beban pejalan kaki, dan beban gaya rem. Perhitungan beban lajur "D" mencakup perhitungan Beban Terbagi Rata (BTR) dan Beban Garis Terpusat (BGT).
  3. Menghitung beban dari aksi lingkungan yang terdiri dari beban angin dan beban gempa.
  4. Menghitung beban aksi lainnya yang terdiri dari beban gesek pada tumpuan dan beban pelat injak.
  5. Setelah menganalisa seluruh beban yang mencakup beban permanen, beban lalu lintas, beban dari aksi lingkungan dan beban dari aksi lainnya, kemudian langkah selanjutnya adalah merkap semua perhitungan ke dalam data kombinasi pembebanan yang sesuai dengan peraturan RSNI T-02-2005 tentang pembebanan jembatan.

**c. Perencanaan Struktur Atas jembatan**

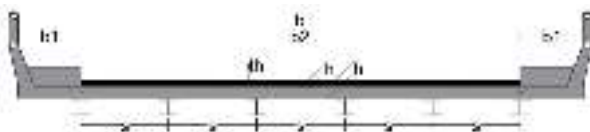
Perencanaan struktur atas jembatan bertujuan untuk memperoleh hasil perencanaan struktur atas yang kuat dan aman ketika digunakan. Perhitungan struktur dimulai dari pembebanan dan perhitungan bangunan atas, meliputi : perhitungan pelat trotoar, perhitungan slab lantai jembatan, perhitungan girder dengan sistem komposit antara baja dan beton mutu beton dan baja yang telah direncanakan.

**d. Kontrol Aman**

Cek keamanan lendutan, gaya geser dan tegangan dengan beban yang telah dimasukkan ke perencanaan struktur. Apabila kestabilan telah memenuhi syarat stabil maka perencanaan selesai dan apabila tidak stabil maka dihitung kembali sampai memperoleh hasil yang stabil.

**3. Pembahasan**

**a. Data Jembatan**



Gambar 4.1 Rencana jembatan  
Sumber: Pu Bina Marga

Tabel 4.1 Perencanaan jembatan

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Tebal slab lantai jembatan	h	0,2	m
Tebal lapisan aspal	t <sub>a</sub>	0,1	m
Tebal genangan air hujan	t <sub>h</sub>	0,05	m
Jarak antar girder baja	s	1,4	m
Lebar jalur lalu-lalu lintas	b <sub>2</sub>	7	m
Lebar trotoar	b <sub>1</sub>	1	m
Lebar total jembatan	b	9	m
Panjang bentang jembatan	L	40	m

Sumber : PU Bina Marga

Tabel 4.2 Mutu baja yang digunakan

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Mutu Baja	B <sub>j</sub>	50	
Tegangan leleh baja	f <sub>y</sub>	290	MPa
Tegangan dasar B <sub>j</sub> 41	f <sub>s</sub> = f <sub>y</sub> /1,5	193	MPa
Tegangan putus minimum	F <sub>u</sub>	500	MPa
Modulus elastis baja	E	200.000	MPa
Modulus geser	G	80.000	MPa
Angka poisson	μ	0,3	
Koefisien pemuaian	α	12 · 10 <sup>-6</sup>	per°C

Sumber : RSNI T-03-2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan

Tabel 4.3 Mutu baja tulangan

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Untuk baja tulangan dengan Ø > 12 mm	U	39	
Tegangan leleh	f <sub>y</sub>	390	MPa
Untuk baja tulangan dengan Ø ≤ 12 mm	U	24	
Tegangan leleh	f <sub>y</sub>	240	MPa

Sumber : RSNI T-03-2005 Perencanaan

Tabel 4.4 Mutu beton yang digunakan

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Kuat tekan beton	f <sub>c</sub> '	25	MPa
Modulus elastis beton	E <sub>c</sub> = 4700√f <sub>c</sub> '	23.500	MPa
Koefisien muai panas	α		MPa
Angka poisson	v	0,2	

Modulus geser	$G = \frac{E_c}{2(1 + u)}$	9791,667	MPa	2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
---------------	----------------------------	----------	-----	---	---------------------	---	-------	-------	-------	-------

Sumber: RSNI T-12-2004 Perencanaan struktur beton untuk jembatan

**b. Perhitungan analisis slab lantai jembatan**

Perhitungan analisis *slab* lantai jembatan dengan menggunakan kombinasi tiap beban dengan memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada jembatan perhitungan sebagai berikut:

**1. Momen slab**

Tabel 4.5 Beban yang bekerja

N o	Jenis beban	Faktor beban	Daya layan	Keadaan ultimit	$M_{tumpuan}$ (kNm)	$M_{lapan gan}$ (kNm)
1	Berat sendiri	$Q_{MS}$	1	1,3	9,674	0,292
2	Beban mati tambahan	$Q_{MA}$	1	2	0,5449	0,196
3	Beban truk "T"	$P_{TT}$	1	1,8	44,789	40,31
4	Beban angin	$P_{EW}$	1	1,2	0,18	0,324
5	Pengaruh temperatur	$\Delta T$	1	1,2	0,0001	0,001
6	Beban hidup trotoar	$P_{TP}$	1	1,8	14	0

**2. Kombinasi 1**

Kombinasi beban yang digunakan dalam kondisi ultimit karena faktor beban ultimit merupakan faktor beban terakhir dengan nilai terbesar dibanding dengan beban layan (RSNI-02-2005 Pembebanan untuk jembatan

Tabel 4.6 Kombinasi 1

N o	Jenis beban	Faktor beban	$M_{tumpuan}$ (kNm)	$M_{lapan gan}$ (kNm)	$M_u$ tumpuan (kNm)	$M_u$ lapangan (kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379

3	Beban truk "T"	1,8	44,789	40,31	80,62	72,558
4	Beban angin	1,2	0,18	0,324	0,18	0,324
5	Pengaruh temperatur	1,2	0,0001	0,001	0,001	0,001
6	Beban hidup trotoar	1,8	14	0	24,75	0
Total momen ultimit slab, $M_u =$					94,475	73,654

Catatan : Untuk faktor beban angin, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan

**3. Kombinasi 2**

Tabel 4.7 Kombinasi 2

N o	Jenis beban	Faktor beban	$M_{tumpuan}$ (kNm)	$M_{lapan gan}$ (kNm)	$M_u$ tumpuan (kNm)	$M_u$ lapangan (kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379
2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
3	Beban truk "T"	1,8	44,789	40,31	80,62	72,558
4	Beban angin	1,2	0,18	0,324	0,18	0,324
5	Pengaruh temperatur	1,2	0,0001	0,001	0,001	0,001
6	Beban hidup trotoar	1,8	14	0	24,75	0
Total momen ultimit slab, $M_u =$					83,214	41,082

Catatan : Untuk faktor beban truk, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan.

**4. Kombinasi 3**

Tabel 4.8 Kombinasi 3

N o	Jenis beban	Fakt or	M <sub>tumpuan</sub>	M <sub>lapan</sub>	M <sub>u</sub> tumpuan	M <sub>u</sub> lapangan
	beban		(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379
2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
3	Beban truk "T"	1	44,789	40,31	80,62	72,58
4	Beban angin	1	0,18	0,324	0,18	0,324
5	Pengaruh temperatur	1	0,0001	0,001	0,0001	0,001
6	Beban hidup trotoar					
Total momen ultimit slab,					58,6	41,4
M <sub>u</sub> =					44	06

Catatan : Untuk faktor beban truk, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan

**5. Kombinasi 4**

Tabel 4.9 Kombinasi 4

N o	Jenis beban	Fakt or	M <sub>tumpuan</sub>	M <sub>lapan</sub>	M <sub>u</sub> tumpuan	M <sub>u</sub> lapangan
	beban		(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379
2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
3	Beban truk "T"	1	44,789	40,31	44,789	40,31
4	Beban angin	1,2	0,18	0,324	0,21	0,39
5	Pengaruh temperatur	1	0,0001	0,001	0,0001	0,001
6	Beban hidup trotoar					

Total momen ultimit slab,	58,6	41,4
M <sub>u</sub> =	8	7

Catatan : Untuk faktor beban truk, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan

**6. Kombinasi 5**

Tabel 4.10 Kombinasi 5

N o	Jenis beban	Fakt or	M <sub>tumpuan</sub>	M <sub>lapan</sub>	M <sub>u</sub> tumpuan	M <sub>u</sub> lapangan
	beban		(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379
2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
3	Beban truk "T"	1	44,789	40,31	44,789	40,31
4	Beban angin					
5	Pengaruh temperatur					
6	Beban hidup trotoar					
Total momen ultimit slab,					58,4	41,0
M <sub>u</sub> =					6	82

Catatan : Untuk faktor beban truk, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan

**7. Kombinasi 6**

Tabel 4.11 Kombinasi 6

N o	Jenis beban	Fakt or	M <sub>tumpuan</sub>	M <sub>lapan</sub>	M <sub>u</sub> tumpuan	M <sub>u</sub> lapangan
	beban		(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	Berat sendiri	1,3	9,674	0,292	12,576	0,379
2	Beban mati tambahan	2	0,549	0,196	1,098	0,392
3	Beban truk "T"					
4	Beban angin	1	0,18	0,324	0,18	0,324

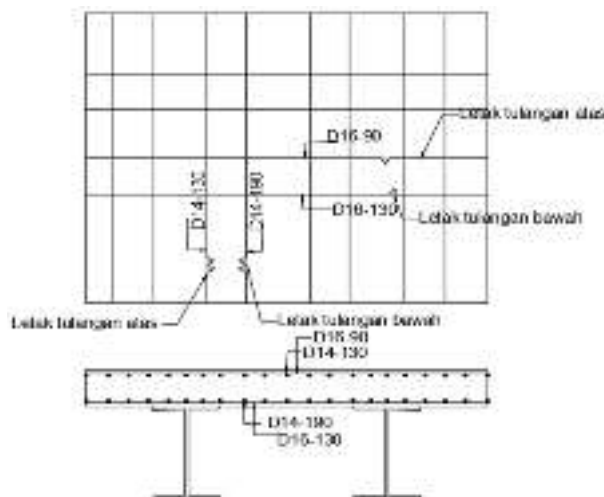
5	Pengaruh temperatur	1	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Beban hidup trotoar					
Total momen ultimit slab, $M_u =$			13,8	1,09		
			5	5		

Catatan : Untuk faktor beban truk, pengaruh temperatur, dalam kombinasi beban berlambangkan o maka nilai yang digunakan beban layan

**c. Pembesian Slab**

Diambil momen yang terbesar dari perhitungan kombinasi beban karena untuk menjaga keamanan struktur dari momen terbesar yang diterima, baik momen tumpuan dan lapangan.

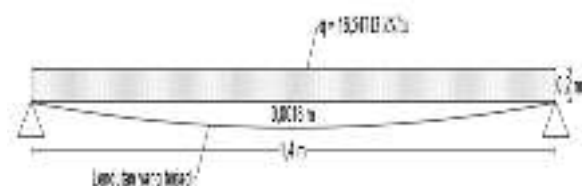
Untuk perhitungan pembesian slab lantai jembatan karena terdapat momen tumpuan dan lapangan.



Gambar 4.1 Pembesian slab lantai kendaraan  
Sumber: RSNI T-12-2004 Perencanaan struktur beton untuk jembatan

**d. Kontrol Lendutan Slab**

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut.



Gambar 4.2 Lendutan total yang terjadi  
Sumber: RSNI T-12-2004 Perencanaan struktur beton untuk jembatan

**e. Kontrol Tegangan Geser**

Perencanaan geser untuk komponen struktur terlentur didasarkan pada asumsi bahwa sebagian gaya geser ditahan oleh beton dan selebihnya dilimpahkan pada tulangan geser.

Tabel 4.12 Kontrol tegangan geser

Keterangan		Nilai	Satuan
Mutu beton K-300	Kuat tekan beton, $f_c' =$	25	Mpa
	Kuat geser <i>pons</i> yang diisyaratkan $F_v = 0,3 \sqrt{f_c'} =$	1,5	Mpa
	Faktor reduksi kekuatan geser $\phi =$	0,7	
Beban roda truk "T" pada slab $P_{TT} =$		146,25	N
	Selimit beton $t_s =$	40	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = t_s - 0,5\phi =$		32	mm
	Tebal lapisan aspal $t_a =$	100	m
	Tebal slab lantai jembatan $h =$	200	m
	Lebar tampak samping ban menyentuh slab $a =$	200	mm
	Lebar tampak depan ban menyentuh slab $b =$	500	mm
	Lebar <i>transfers</i> beban dari tampak samping ban menyentuh slab $u = a + 2 \cdot t_a + h =$	600	mm
	Lebar <i>transfers</i> beban dari tampak depan ban menyentuh slab $v = b + 2 \cdot t_a + h =$	900	mm
	Tebal efektif slab, $d = h - d' =$	168	mm
	Luas bidang geser $A_v = 2 \cdot (u + h) d =$	268800	mm <sup>2</sup>
	Gaya geser <i>pons</i> nominal $P_n = A_v \cdot F_v =$	403200	N
	$\phi P_n =$	282240	N
	Faktor beban ultimit $\gamma_{TT}^U =$	1,8	
	Beban ultimit roda truk pada slab, $P_u = \gamma_{TT}^U \cdot P_{TT} =$	263250	N
		$P_u < \phi P_n$	Aman

**f. Girder Penampang Sebelum Komposit**

Komposit merupakan material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya. Kondisi sebelum komposit dimana suata campuran dua material atau lebih belum menyatu. Adapun

tahapan perencanaan struktur jembatan sebagai berikut

**1. Kondisi Girder Sebelum Komposit**

Tabel 4.13 Beban sebelum komposit

No	Jenis beban	Beban (kN/m)
1	Berat sendiri profil baja WF 800.300.16.30	2,41
2	Berat diafragma WF 175.175.7,5.11	0,402
3	Berat bekisting dari kayu	0,5
4	Slab beton 1,4. 0,2. 25	5
Total beban mati girder sebelum komposit Q <sub>MS</sub> =		10,312

Sumber: RSNi-02-2005 Pembebanan untuk jembatan

Perancah dan bekisting berfungsi untuk mendapatkan suatu konstruksi beton yang diinginkan sesuai dengan porsinnya sebagai bangunan pembantu. Acuan perancah bersifat sementara yang harus kuat dan kokoh, namun mudah dibongkar agar tidak menimbulkan kerusakan pada beton.

Pada tahap pertama, kondisi tidak komposit karena beton belum mengeras, beban sepenuhnya dipikul girder baja.

Beban hidup sebelum komposit, merupakan beban hidup pekerja pada saat pelaksanaan konstruksi, dan diambil q<sub>l</sub> = 5 kN/m<sup>2</sup> (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain SNI 03-1727-2013)

Beban hidup girder sebelum komposit

$$Q_L = s \cdot q_l = 1,4 \cdot 5 = 7 \text{ kN/m}$$

Total beban pada girder sebelum komposit

$$Q_{MS \text{ total}} = Q_{MS} + Q_L = 10,312 + 7 = 17,312 \text{ kN/m}$$

**2. Tegangan Pada Girder Sebelum Komposit**

L : Panjang bentang jembatan (diambil jarak antar pilar), Q<sub>L</sub> : Beban hidup girder sebelum komposit  
 Q<sub>MS total</sub> : Total beban pada girder sebelum komposit, Q<sub>MS</sub> : Beban mati girder sebelum komposit.

Panjang bentang girder L = 20 m

Momen tahanan (W<sub>x</sub>) = 8.400 cm<sup>3</sup> = 8400000 (Tabel profil baja IWF 800.300)

Momen maksimum akibat beban mati

$$M = \frac{1}{8} Q_{MS \text{ total}} \cdot L^2 = \frac{1}{8} 17,312 \cdot 20^2 = 865,6 \text{ kNm}$$

Tegangan lentur yang terjadi

$$f = M \frac{10^6}{W_x} = 865,6 \frac{10^6}{8400000} = 103,048 \text{ Mpa}$$

f < 193

f < 193 MPa Aman (OK)

**3. Lendutan Pada Girder Sebelum Komposit**

Q<sub>MS total</sub> = 17,312 kN/m

L = 20 m

E = 200.000.000 kPa

I<sub>x</sub> = 0,00339 m<sup>4</sup>

$$\frac{L}{240} = \frac{20}{240} = 0,08333 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot Q_{MS \text{ total}} \cdot L^4}{348 E \cdot I_x} = \frac{5 \cdot 17,312 \cdot 20^4}{348 \cdot (200000000 \cdot 0,00339)} = 0,05 \text{ m}$$

$$\delta < \frac{L}{240} \text{ Aman}$$

**4. Beban Pada Girder Komposit**

Berdasarkan perencanaan untuk jembatan dalam memperoleh perencanaan yang kuat dan aman maka diperhitungkan beban yang bekerja sesuai pembebanan yang berlaku, beban-beban yang bekerja terhadap girder komposit

Dimensi girder yang digunakan adalah IWF 800.300.16.30, adapun data teknis baja sebagai berikut. Baja pada girder menggunakan baja dengan BJ – 50 dengan :

Tegangan leleh (f<sub>y</sub>) = 290 Mpa

Tegangan putus (f<sub>u</sub>) = 500 Mpa

Tabel 4.14 Data profil baja

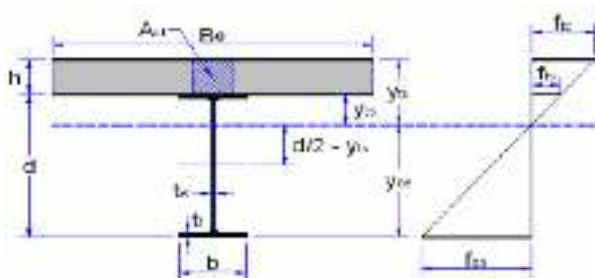
Profil Baja	WF	800.300.16.30	
Berat profil baja	W <sub>profil</sub>	2,41	kN/m
Tinggi	d	800	mm
Lebar	b	300	mm
Tebal web	t <sub>w</sub>	16	mm
Tebal flange	t <sub>f</sub>	30	mm
Luas penampang	A	30.760	mm <sup>2</sup>
Tahanan momen	Z <sub>x</sub>	6.700.000	mm <sup>3</sup>
Momen inersia	I <sub>x</sub>	3.390.000.000	mm <sup>4</sup>

Sumber: Tabel profil baja Kanisius 1988

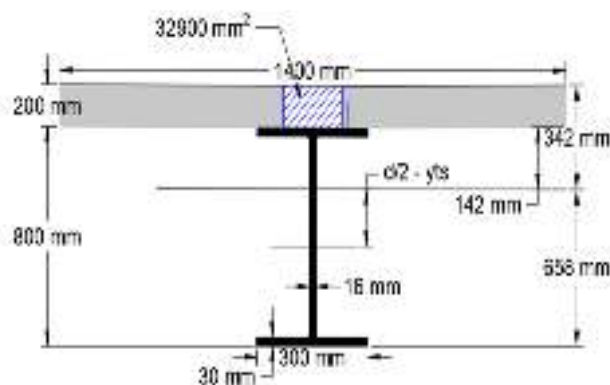
Tabel 4.15 Total beban yang bekerja berdasarkan kombinasi beban ultimit

No	Jenis Beban	Factor	Mmax (kNm)	Vmax (kNm)	Mmax terfakt or ulitmit (kNm)	Vmax terfakt or ulitmit (kN)
1	Berat sendiri (MS)	1,3	490,6	98,12	638	127,56
2	Beban mati tambahan (MA)	2	188,3	37,66	376,6	75,32
3	Beban lajur "D" (TD)	1	1110,2	174,0	1110,2	174,02
4	Gaya rem (TB)	1,8	56	6	100,89	10,09
5	Beban angin (EW)	1,2	50,4	10,08	60,48	12,10
6	Beban gempa (EQ)	1	67,89	13,57	67,89	13,58
Total beban terfaktor =					2354	412,66

### 5. Girder Penampang Setelah Komposit



Gambar 4.3 Girder penampang setelah komposit  
Sumber : RSNI T-03-2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan



Gambar 4.4 Perhitungan girder

$$\text{komposit} \frac{1}{12} B_e \cdot h^3 = \frac{1}{12} 1400 \cdot 200^3 = 933.333 \text{ mm}^4$$

$$\text{Act} \cdot \left( y_{tc} - \frac{h}{2} \right)^2 = 32900 \cdot \left( 341,59597 - \frac{200}{2} \right)^2 = 1.920.327.495,791 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 3.390.000.000 \text{ mm}^4$$

$$A \left( \frac{d}{2} - y_{ts} \right)^2 = 30760 \left( \frac{800}{2} - 141,59597 \right)^2 = 2.053.926 \text{ mm}^4$$

$$I_{com} = 8.297.587.181,904 \text{ mm}^4$$

Tahanan momen penampang komposit :

$$\text{Sisi atas beton } W_{tc} = I_{com} / y_{tc} = 8.297.587.181,904 / 341,59597 = 24.290.646,556 \text{ mm}^3$$

$$\text{Sisi atas baja } W_{ts} = I_{com} / y_{ts} = 8.297.587.181,904 / 141,59597 = 58.600.443,754 \text{ mm}^3$$

$$\text{Sisi bawah baja } W_{bs} = I_{com} / y_{bs} = 8.297.587.181,904 / 658,40402 = 12.602.576,705 \text{ mm}^3$$

$$658,40402 = 12.602.576,705 \text{ mm}^3$$

### 6. Tegangan Pada Girder Komposit

Tegangan yang terjadi setelah campuran dua material beton dan baja menyatu, tahapan perhitungan tegangan yang terjadi pada girder komposit sebagai berikut :

Tabel 4.16 Tegangan terhadap girder komposit

No	Tegangan yang terjadi pada sisi	Atas Beton	Atas Baja	Bawah Baja	
Jenis Beban	Momen (kNm)	F <sub>tc</sub> (MPa)	F <sub>ts</sub> (MPa)	F <sub>bs</sub> (MPa)	
1	Berat sendiri (MS)	490,6	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	188,3	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	1100,2	5,37	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)	56	0,271	0,957	4,448
5	Beban angin (EW)	50,4	0,244	0,86	3,999
6	Beban gempa (EQ)	67,89	0,328	1,159	5,387

#### a. Kombinasi 1

Tegangan ijin beton : 100 % . F<sub>c</sub> = 11 MPa



Tegangan ijin baja : 100 % . Fs = 160 Mpa

Tabel 4.17 Tegangan terhadap girder komposit kombinasi-1

No	Tegangan yang terjadi pada sisi Jenis Beban	Atas Beton ftc (MPa)	Atas Baja fts (MPa)	Bawah Baja fbs (MPa)
1	Berat sendiri (MS)	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	5,73	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)			
5	Beban angin (EW)			
6	Beban gempa (EQ)			
Total tegangan =		8,654	30,53	141,96
		<100% . Fc		<100% . Fs
		Aman (OK)		Aman(OK)

**b. Kombinasi-2**

Tegangan ijin beton : 125 % . Fc = 14 MPa  
 Tegangan ijin baja : 125 % . Fs = 200 MPa

Tabel 4.18 Tegangan terhadap girder komposit kombinasi-2

No	Tegangan yang terjadi pada sisi Jenis Beban	Atas Beton ftc (MPa)	Atas Baja fts (MPa)	Bawah Baja fbs (MPa)
1	Berat sendiri (MS)	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	5,73	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)			
5	Beban angin (EW)			
6	Beban gempa (EQ)			
Total tegangan =		10,894	30,53	141,963
		< 125 % . Fc		<125 % . Fs
		Aman(Ok)		Aman (Ok)

MPa

**c. Kombinasi 3**

Tegangan ijin beton : 125 % . Fc = 11 MPa  
 Tegangan ijin baja : 125 % . Fs = 200 MPa

Tabel 4.19 Tegangan terhadap girder komposit kombinasi-3

No	Tegangan yang terjadi pada sisi Jenis Beban	Atas Beton ftc (MPa)	Atas Baja fts (MPa)	Bawah Baja fbs (MPa)
1	Berat sendiri (MS)	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	5,73	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)			
5	Beban angin (EW)	0,243	0,86	3,999
6	Beban gempa (EQ)			
Total tegangan =		8,898	31,39	145,96
		< 125 % . Fc		<125 % . Fs
		Aman(Ok)		Aman (Ok)

**d. Kombinasi-4**

Untuk kombinasi-4 beban yang bekerja dihitung seluruhnya untuk memperoleh perencanaan yang aman dan kuat dalam kondisi yang berbahaya (kombinasi beban seluruhnya), hanya beban gempa saja yang tidak diperhitungkan.

Tegangan ijin beton : 140 % . Fc = 16 MPa  
 Tegangan ijin baja : 140 % . Fs = 224 MPa

Tabel 4.20. Tegangan terhadap girder komposit kombinasi-4

No	Tegangan yang terjadi pada sisi Jenis Beban	Atas Beton ftc (MPa)	Atas Baja fts (MPa)	Bawah Baja fbs (MPa)
1	Berat sendiri (MS)	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	5,73	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)	0,271	0,956	4,447

5	Beban angin (EW)	0,243	0,86	3,999
6	Beban gempa (EQ)			
Total tegangan =		9,169	32,347	150,409
		< 140		< 140 %
		% . Fc		Fs
		Aman (Ok)		Aman (Ok)

**e. Kombinasi-5**

Sedangkan kombinasi-5 beban kerja dihitung semua untuk mengetahui beban maksimum yang bekerja seluruhnya.

Tegangan ijin beton : 150 % . Fc = 17 MPa

Tegangan ijin baja : 150 % . Fs = 240 MPa

Tabel 4.21 Tegangan terhadap girder komposit kombinasi-5

No	Tegangan yang terjadi pada sisi	Atas Beton	Atas Baja	Bawah Baja
	Jenis Beban	ftc (MPa)	fts (MPa)	fbs (MPa)
1	Berat sendiri (MS)	2,373	8,372	38,929
2	Beban mati tambahan (MA)	0,911	3,213	14,941
3	Beban lajur "D" (TD)	5,73	18,945	88,093
4	Gaya rem (TB)	0,271	0,956	4,447
5	Beban angin (EW)	0,243	0,86	3,999
6	Beban gempa (EQ)	0,328	1,158	5,386
Total tegangan =		12,076	42,601	183,568
		< 150 %		< 150 %
		. Fc		Fs
		Aman (Ok)		Aman (Ok)

**g. Perhitungan Shear Connector**

Perhitungan *shear connector* yang direncanakan menggunakan beban terbesar dari gaya geser maksimum yang diperoleh, karena untuk memperoleh struktur yang aman dan kuat. Dalam hal digunakan jenis penghubung geser bentuk paku (*connector stud*), SNI 03- 1729-2002 dan AISC 2010 menetapkan, kekuatan nominal penghubung geser jenis konektor *stud* dengan panjang 4x diameter ( $L_c > 4D$ ) yang ditanam dalam beton masif, adalah salah *stu* dari persamaan berikut.

$Q_n = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c}$  atau  $Q_n = A \cdot f_u$ , dipakai *connector stud* produk ANTEC. Hasil perhitungan

Jumlah *connector stud* seluruh bentang = 2 . (50 + 26) buah = 152 buah

Gaya geser memanjang rencana per satuan panjang (RSNI T-03-2005) ,  $V_L^*$ , harus memenuhi:

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

$$V_{LS} = 0,55 \cdot n \cdot Q_n$$

$$V_L = 361,04 \text{ kN}$$

$$V_{LS} = 0,55 \cdot 60 \cdot 74355,2 = 2453721,6 \text{ N} = 2453,721 \text{ kN}$$

$$\phi V_{LS} = 0,75 \cdot 2453,721 = 1840,291 \text{ kN} > V_L = 361,04 \text{ kN}$$

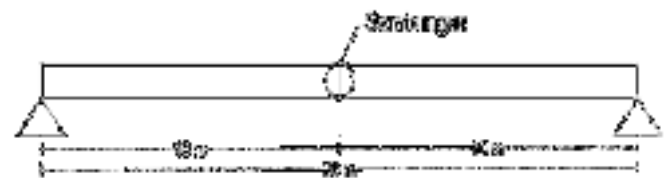
Dimana,  $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan = 0,85 (SNI 03-1729-2002, AISC 2010)

$$= 0,75 \text{ (RSNI T-03-2005)}$$

n = jumlah penghubung geser

**h. Perencanaan Sambungan Girder**

Bentang 40 m terdapat pilar di tengah, bentang antar pilar 20 m dari jembatan ini dibagi menjadi 2 segmen, panjang profil yang digunakan 10 m maka dari itu diperlukan sambungan.



Gambar 4.5 Perencanaan sambungan

Sumber : RSNI T-03-2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan

**i. Pembebanan Untuk Pemasangan Baut**

Beban yang digunakan berasal dari perhitungan beban sebelumnya dengan mengambil nilai momen maksimum, dan gaya geser maksimum sebagai berikut :

$$V_{umax} = 419,66 \text{ kN}$$

$$M_{max} = 1/4 \cdot V_{umax} \cdot L$$

$$= 0,25 \cdot 419,66 \cdot 20 = 2098,29 \text{ kNm}$$

Pembagian beban momen

$$I_{badan} = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$= 1/12 \cdot 1,6 \cdot 77^3 = 60871,06 \text{ cm}^4$$

$$I_{profil} = 339000 \text{ cm}^4$$

$$Mu_{badan} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} M_{max}$$

$$\frac{60871,06}{339000} 2098,29$$

$$= 376,77 \text{ kNm}$$

Mu sayap =  $M_{\max} - M_u \text{ badan}$

$$= 2098,29 - 376,77 = 1722 \text{ kNm}$$

**j. Perencanaan Sambungan Sayap**

1. Tegangan izin Baja BJ-410  
 Baut,  $f_u^b = 825 \text{ Mpa}$   
 Pelat,  $f_y = 250 \text{ Mpa}$   
 $f_u = 410 \text{ Mpa}$  Jumlah bidang geser (n) = 2
2. Rencana baut  
 Memakai baut  $\phi = 20 \text{ mm}$   
 Diameter lobang  
 $d_1 = 20 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$
3. Tinjau terhadap kekuatan geser  
 $R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b$   
 Dimana  
 $m = 2$  bidang geser  
 $r_1 = 0,4$  untuk bidang geser baut berulir  
 $A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$   
 $= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 20^2 = 314 \text{ mm}^2$   
 Maka  
 $R_n = 2 \cdot 0,4 \cdot 825 \cdot 314 = 207240 \text{ N}$   
 $= 207,24 \text{ kN}$   
 $\phi R_n = 0,75 \cdot 207,24 = 155,43 \text{ kN}$
4. Tinjau terhadap kekuatan tumpu, tebal pelat terkecil  
 $t_p = 30 \text{ mm}$   $R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$  Dimana  
 $n = 2,4$  berlaku untuk semua jenis lobang baut  $\phi = 20 \text{ mm}$ ,  $t_p = 25 \text{ mm}$  Maka  
 $R_n = 2,4 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 410 = 590400 \text{ N}$   
 $= 590,4 \text{ kN}$   
 $\phi R_n = 0,75 \cdot 590,4 = 442800 \text{ N} = 442,8 \text{ kN}$
5. Jumlah baut Yang menentukan adalah akibat geser, maka jumlah baut Gaya kopel sayap  
 $T_u = \frac{M_u \text{ sayap}}{d} = \frac{1722}{0,77} = 2235,74 \text{ kN}$   
 Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{2235,74}{155,43} = 14,39 \text{ buah,}$$

baut yang digunakan 16 buah

6. Susunan baut Sambungan pelat dengan pengikat baut  
 Keterangan : Tata letak Baut  $3d \leq S \leq 15t_p$   
 $20 \leq S \leq 15 \cdot 30$   $60 \leq S \leq 450$  diambil jarak 60 mm

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \cdot 20 \leq S_1 \leq (4 \cdot 3 + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq S_1 \leq 220 \text{ Diambil jarak } 50 \text{ mm}$$

Jumlah daya dukung 16 buah baut :

$$R_n = 16 \cdot \phi R_n$$

$$= 16 \cdot 155,43 = 2486,88 \text{ kN} > 2235,74 \text{ kN}$$

(Ok) memenuhi

7. Pelat, Cek luas penampang minimum luas penampang bruto :  
 $A_b = 30 \cdot 300 = 9000 \text{ mm}^2$  Syarat luas penampang minimum :  $A_{\min} = 85\% \cdot A_b = 0,85 \cdot 9000 = 7650 \text{ mm}^2$   
 Luas penampang netto :  $A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p$   
 $= 9000 - 2 \cdot 22 \cdot 30 = 7680 \text{ mm}^2$   
 $x = 30/2 = 15 \text{ mm}$   
 $L = 4S = 4 \cdot 60 = 240 \text{ mm}$   
 Koefisien reduksi :  
 $U = 1 - x/L$   
 $= 1 - 15/240 = 1 - 0,06 = 0,94 > 0,9$   
 $U = 1,0$  (SNI 03-1729-2002, Psl. 10.2.5)  
 Maka :

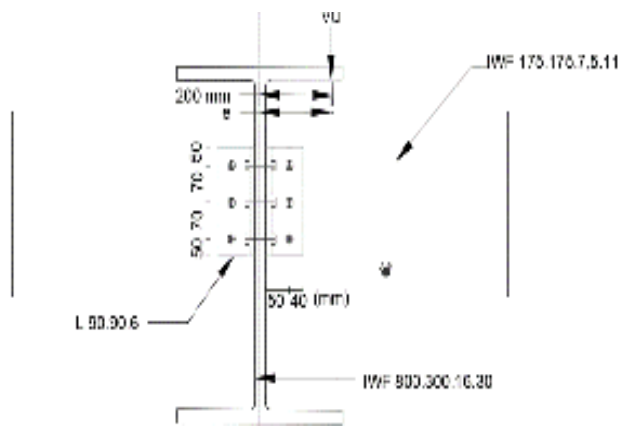
8. Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan  
 $R_u = \phi A_{\text{netto}} \cdot f_u$   
 $= 0,75 \cdot 7680 \cdot 410 = 2361600 \text{ N} = 2361,6 \text{ kN}$   
 $= 2361,6 > 2235,74$  (Ok)
9. Cek terhadap geser balok Kondisi geser blok diperiksa untuk pelat sambungan dengan nilai tebal terkecil,  $t_p = 30 \text{ mm}$ . Daerah geser balok pada sambungan :  
 Luas  $A_{nv} = 2 \cdot (470 - 7,5 \cdot 20) \cdot 30 = 19200 \text{ mm}^2$   $A_{nt} = 2 \cdot (50 - 0,5 \cdot 20) \cdot 30 = 2400 \text{ mm}^2$   
 $0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot 410 \cdot 19200 = 4723200 \text{ N} = 4723,2 \text{ kN}$   
 $f_u \cdot A_{nt} = 410 \cdot 2400 = 984000 \text{ N} = 984 \text{ kN}$   
 Karena  $0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} > f_u \cdot A_{nt}$ , maka kondisi geser fraktur tarik leleh menentukan :  
 $\phi R_{bs} = \phi (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{nt})$   
 $= 0,75 (0,6 \cdot 410 \cdot 19200 + 250 \cdot 2400)$   
 $= 4386150 \text{ N} = 4386,15 \text{ kN} > T_u \text{ sayap}$   
 $= 2235,74 \text{ kN}$  (Ok)

**k. Perencanaan Sambungan Badan**

Dengan menggunakan SNI T-03-2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan, seluruh baut aman untuk digunakan karena mampu menahan gaya tarik dan gaya geser, baut yang bekerja menahan beban ultimate lebih kecil dari kuat geser sebesar 304,67 kN dan kuat tumpu sebesar 299,7 kN

**l. Sambungan Girder dan Diafragma**

Dalam memperoleh sambungan baut yang aman, dengan beban yang telah ditentukan antar sambungan girder dan diafragma.



Gambar 4.6. Sambungan diafragma pengaku  
Sumber : RSNI T-03-2005 Perencanaan struktur  
baja untuk jembatan

Resultan gaya pada seluruh baut aman untuk digunakan resultan baut lebih kecil dari kekuatan nominal terfaktor baut  $< \phi R_n = 16,014 \text{ kN}$

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Perhitungan Struktur Jembatan Komposit Desa Bojongloa, dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah girder pada jembatan 5 buah, sehingga jarak antar girder 1,4 m.
2. Jarak antar diafragma 4 m.
3. Panjang bentang rencana 40 m dibagi dengan pilar tengah menjadi panjang masing-masing 20 m.
4. Data hasil perencanaan dan analisis :
  - a. Slab trotoar  
Pada perencanaan slab trotoar digunakan tulangan  $\phi 12-150 \text{ mm}$ , tulangan bagi atau susut arah melintang  $\phi 10-200 \text{ mm}$ . Tebal slab trotoar 30 mm, tegangan leleh yang digunakan 240 MPa untuk menahan beban  $M_u$  sebesar 36,2642 kNm,  $M_u = 36,2642 < M_n = 37,87 \text{ kNm}$  aman untuk digunakan.
  - b. Slab lantai jembatan  
Pada perencanaan slab lantai jembatan, tebal slab 20 cm, jarak tulangan terhadap sisi luar 32 mm, sehingga lebar efektif slab 168 mm. Momen tumpuan ultimit rencana  $M_u = 94,475 \text{ kNm} < M_n = 102,76 \text{ kNm}$ , dan momen lapangan tumpuan ultimit rencana  $M_u = 73,654 \text{ kNm} < M_n = 74,18 \text{ kNm}$ . Untuk tulangan lentur negatif tulangan yang digunakan  $\phi 16-90 \text{ mm}$ , untuk tulangan lentur positif tulangan yang digunakan  $\phi 16-130 \text{ mm}$ .
  - c. Girder  
Pada perencanaan girder, digunakan profil baja WF 800.300.16.30 Lebar efektif slab

beton 1400 mm. Momen inersia penampang komposit 8.297.587.181,904 mm<sup>4</sup>, Momen maksimum yang diperoleh  $M_u/\phi = 2570,49 \text{ kNm} < M_p = 2644,916 \text{ kNm}$  girder aman untuk digunakan.

#### d. Shear connector

Pada perhitungan shear connector digunakan tulangan 2 D 16 – 170 mm 60 buah untuk tumpuan sampai  $\frac{1}{4} L$ , dan tulangan 2 D 16 – 340 mm 30 buah untuk tumpuan  $\frac{1}{4}$  sampai tengah bentang, dalam memikul beban rencana sebesar  $V_{rencana} 376,9 \text{ kN} < 1840,291 \text{ kN}$  aman terhadap geser.

#### e. Diafragma

Diafragma yang digunakan profil IWF 175.175.7.5.11 jarak antar diafragma dalam perencanaan yang digunakan 4000 mm. Jarak antara girder 1.400 mm, beban maksimum yang bekerja untuk diafragma adalah  $M_{max} 0,12 \text{ kNm} < M_p = 75,51 \text{ kNm}$  diafragma aman untuk digunakan.

#### f. Sambungan

Sambungan baut yang digunakan  $\phi 10 \text{ mm}$  untuk sambungan diafragma dengan girder, untuk girder dengan girder menggunakan  $\phi 20 \text{ mm}$ . Untuk sambungan diafragma dengan girder menggunakan profil L90.90.6 banyak baut 3 buah. Untuk sambungan girder dengan girder menggunakan pelat penyambung 700.400.18 menggunakan 12 buah baut untuk bagian badan, dan 16 buah untuk bagian sayap profil.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- RSNI T-02-2005 Perencanaan Struktur Rangka Baja  
RSNI T-12-2004 Perencanaan struktur beton untuk jembatan  
RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk jembatan  
SNI 03 - 1729 – 2002 Beton  
SNI 03 - 1729 – 2002 Baja  
Setiawan Agus, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03- 1729-2002)", Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 2008.  
Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, "STRUKTUR BAJA, Design dan Perilaku", Jilid 2, Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 1996.  
Gunawan, Rudi, "Tabel profil baja", Penerbit KANISIUS (ANGGOTA IKAPI), Yogyakarta.

- <http://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2016/08/dasar-dasar-perencanaan-jembatan.htm>  
(Diakses Pukul 11:00, Sabtu, 2-Februari-2019)
- <https://ratnamercusuar.wordpress.com/2017/07/09/baja-dan-besi/> (Diakses Pukul 09:00, Sabtu, 2-Februari-2019)
- <https://tekniksipil411.wordpress.com/2016/04/17/first-blog-post/> (Diakses Pukul 10:00 Senin, 4-Februari-2019)
- <https://ratnamercusuar.wordpress.com/2017/07/09/baja-dan-besi/> (Diakses Pukul 08:00, Senin, 4-Februari-2019)
- <http://www.hdesignideas.com/2012/06/memahami-mutu-beton-fc-mpa-dan-mutu.html> (Diakses Pukul 18:00, Selasa, 5-Februari-2019)
- <https://id.scribd.com/doc/81805676/JENIS-JEBATAN> (Diakses Pukul 21:00, Rabu, 4-Februari-2019)
- <http://ilmusipil21.blogspot.com/2016/02/jembatan-beton-bertulang-definisi.html> (Diakses Pukul 19:00, Jumat, 6-Februari-2019)
- <http://ali10wafa.blogspot.com/p/plat-lantaiatap-beton-plat-lantai-yang.html>(Diakses Pukul 9:00, Selasa, 26-Februari-2019)
- <http://www.datajembatan.com> (Diakses Pukul 13:00, Sabtu, 2-Februari-2019)
- <https://docplayer.info/51369180-Plate-girder-a-pengertian-pelat-girder.html> (Diakses Pukul 15:00, Selasa, 5-Maret-2019)
- <http://www.shantypw.co.id/gallery/swasta/Jalan--Jembatan-and-Tower> (Diakses Pukul 18:00 Kamis, 5-Maret 2019)
- <https://www.kompasiana.com/gapey-sandy/567c0d826d7e61fd13cc5659/inovasi-jembatan-ortotropik-lebih-cepat-dan-lebih-ringan?page=all> (Diakses Pukul 11:00, Sabtu, 9-Maret-2019)
- <https://www.radarbangka.co.id/berita/detail/belitong/43963/jembatan-minapolitan-ternyata-sudah-pho.html> (Diakses Pukul 10:00, Sabtu, 9-Maret-2019)
- <http://www.newkidjoy.com/2011/03/perencanaan-struktur-beton-pelat-lantai.html> (Diakses Pukul 09:00, Selasa, 12-Maret-2019)