

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai bahan pembelajaran untuk penyusunan perencanaan ini :

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

NO.	JUDUL	PENELITI/ PENERBIT	METODE ANALISIS	HASIL
1	Perencanaan Struktur Atas Jembatan Komposit Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupal	(Aspaliza and Puluhulawa 2018)	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	Jembatan Sungai Nipah Desa Darul Aman Kecamatan Rupal 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

			<p>perencanaan jembatan komposit yang dapat berupa buku cetak, jurnal dan referensi lain yang dapat diakses dilaman internet.</p>	<p>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</p>
--	--	--	---	---

				<p>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.</p>
2	PERENCANAAN JEMBATAN KOMPOSIT METODE LRFD	(Afriyandi 2015)	Metode LRFD (Load and Resistance Factor Design)	<p>Dari hasil perhitungan serta analisa diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut :</p> <p>1. Hasil perencanaan berupa konstruksi komposit lantai beton balok baja dengan bentang 40 meter dan lebar jembatan 8 meter dengan lebar jalur lalu lintas 6 meter dan tebal pelat lantai kendaraan 0,22</p>

				<p>meter.</p> <p>2. Penampang kompak Balok baja yang digunakan adalah profil IWF 2000x400x20x29 dengan berat 4,87 kN/m dan balok diafragma yang digunakan adalah profil IWF 1000x250x10x14.</p> <p>3. Penampang tidak kompak balok baja yang digunakan adalah profil IWF 2500x400x20x17 dengan berat 4,94 kN/m dan balok diaphragma yang digunakan adalah profil IWF 1000x250x10x9.</p> <p>4. Penampang langsing balok baja yang digunakan adalah profil IWF 3200x400x18x9 dengan berat 5,06 kN/m dan balok diaphragma yang</p>
--	--	--	--	---

				<p>digunakan adalah profil IWF 1000x250x10x14.</p> <p>5. Perhitungan pelat lantai digunakan beban kendaraan truk "T" dan untuk perhitungan balok digunakan beban hidup dari beban lajur "D".</p> <p>6. Kekuatan dan kekakuan struktur komposit dipengaruhi oleh kemampuan penghubung geser dalam menahan geseran antara balok baja dan pelat lantai.</p>
3	PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN KOMPOSIT DESA PERJIWA	(Wiyanto 1945)	Menghitung jembatan bangunan atas dengan analisa pembebanan dan rekayasa teknik RSNI-T-02-2005, agar bisa merencanakan	Dari hasil penelitian Perhitungan Struktur Jembatan Komposit Desa Perjiwa, dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut : a. Untuk klasifikasi jembatan direncanakan dengan klasifikasi kelas I

			<p>jembatan yang memenuhi ketentuan dan kekuatan, keseragaman bentuk serta keselamatan, keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.</p>	<p>type B, dengan lebar jalur lalu lintas 6,0 meter, lebar trotoar 0,5 meter sisi kanan dan 0,5 meter sisi kiri, sehingga lebar total jembatan 7,0 meter.</p> <p>b. Jumlah girder pada jembatan 5 buah, sehingga jarak antar girder 1,5 meter.</p> <p>c. Panjang bentang rencana 25 meter.</p> <p>d. Data hasil perencanaan dan analisis :</p> <p>1. Slab lantai</p> <p>Pada perencanaan slab, tebal slab 250 mm, jarak tulangan terhadap sisi luar 35 mm, sehingga lebar efektif slab 215 mm.</p> <p>Momen tumpuan ultimit rencana M_u 68,795 kN.m, dan momen lapangan tumpuan ultimit rencana M_u 61,019</p>
--	--	--	--	--

				<p>kN.m. Untuk tulangan lentur negative tulangan yang digunakan D16-150 mm, untuk tulangan lentur positif tulangan yang digunakan D16-150 mm.</p> <p>2. Tiang sandaran Pada perencanaan tiang sandaran, digunakan tulangan 4 Ø 12 mm. Secara teori kemampuan beton menahan geser lebih besar dari gaya geser yang bekerja sehingga tidak perlu tulangan geser, cukup diberi tulangan geser minimum sebagai pengikat. Digunakan tulangan 8 Ø 6 mm.</p> <p>3. Gelagar Pada perencanaan gelagar, digunakan profil baja WF 900 x 300. Lebar efektif slab beton 1500 mm.</p>
--	--	--	--	---

				<p>Momen inersia penampang komposit 416289130919,12 mm³</p> <p>. Pada perhitungan shear connector digunakan tulangan D16-1562,5 mm untuk tumpuan sampai $\frac{1}{4} L$</p>
4	STUDI PERENCANAAN STRUKTUR JEMBATAN KOMPOSIT PADA JEMBATAN AKE PARIWAMA III HALMAHERA TIMUR	(Agustini and Suprpto 2016)	Pengumpulan data dilakukan dengan cara diperoleh pada instansi terkait dan survey dilapangan	<p>Dari hasil analisa perhitungan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :</p> <p>1. Hasil perencanaan</p> <p>a. Beban primer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berat plat lantai kendaraan: 1485,969 kg/m - Berat sendiri gelagar: 1321,155 kg/m - Beban hidup: 2632,5 kg/m - Beban garis "P": 11466 kg <p>b. Beban sekunder</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beban angin : 1334,051 kg/m

				<p>Perencanaan dimensi tulangan lantai kendaraan dengan tebal plat beton: 0,20 m, tulangan arah melintang: tulangan tarik D14-100 mm, tulangan tekan: D14-200 mm, tulangan arah memanjang Ø12-250.</p> <p>2. Dimensi gelagar induk menggunakan baja konstruksi Bj 50 ($f_y = 2900 \text{ Mpa}$), dengan tinggi gelagar 168 cm, lebar flens atas dan bawah 60 cm, tebal badan flens sebesar 3 cm, dan tebal flens 9 cm.</p> <p>3. Dari perhitungan didapat jumlah shear connector sebanyak 666 buah.</p>
--	--	--	--	--

2.2. Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangannya dapat berupa sungai, lenbah, jalan, jurang, dan lain sebagainya, maka jembatan dapat dikatakan sebagai bagian dari suatu jalan, baik jalan raya maupun jalan kereta api.

Apabila jembatan terputus maka lalu lintas akan terhenti. Jembatan dapat dibagi dalam beberapa golongan, yaitu sebagai berikut:

2.2.1. Golongan A

- a. Jembatan kayu, digunakan untuk lalu lintas biasa pada bentangan kecil dan untuk jembatan pembantu.
- b. Jembatan baja , terbagi atas :
 - 1) Jembatan yang sederhana dimana lantai kendaraannya langsung berada di atas gelagar-gelagar. Untuk gelagarnya dipergunakan gelagar yang tidak dapat dipisahkan atau gelagar canai.
 - 2) Jembatan gelagar kembar, digunakan untuk lalu lintas kereta api, dengan bentang rel di antara balok-balok.
 - 3) Jembatan dengan pemikul lintang dan pemikul memanjang, gelagar induknya ialah gelagar dinding penuh yang tidak dapat dipisahkan atau gelagar pekerjaan.
 - 4) Jembatan Pelengkungan
 - 5) Jembatan Gantung
- c. Jembatan dari beton bertulang, dalam golongan ini termasuk juga jembatan-jembatan yang gelagar-gelagarnya di dalam beton.
- d. Jembatan batu, hampir tidak ada kecualinya dipergunakan untuk lalu lintas biasa.

2.2.2. Golongan B

- a. Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar, yaitu :
 - 1) Jembatan Angkat.
 - 2) Jembatan Baskul.
 - 3) Jembatan lipat Straus.

- b. Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar juga termasuk poros-poros yang dapat berpindah sejajar dan mendatar, seperti apa yang dinamakan jembatan baskul beroda.
- c. Jembatan yang dapat berputar di atas suatu poros tegak, atau jembatan putar.
- d. Jembatan yang dapat berkisar ke arah tegak lurus atau mendatar, yaitu :
 - 1) Jembatan Angkat.
 - 2) Jembatan Beroda.
 - 3) Jembatan Gojah atau Ponts Transbordeur

Untuk jembatan-jembatan dalam golongan ini terutama digunakan konstruksi-konstruksi baja. Dilaksanakan sebagai gelagar dinding penuh atau sebagai pekerjaan khusus.

2.2.3. Klasifikasi Jembatan

Pada umumnya jembatan dapat diklasifikasikan dalam delapan jenis yaitu :

- a. Klasifikasi menurut tujuan penggunaannya, yaitu :
 - 1) Jembatan Jalan Raya.
 - 2) Jembatan Jalan Kereta Api.
 - 3) Jembatan Air/Pipa dan Saluran.
 - 4) Jembatan Militer.
 - 5) Jembatan Pejalan Kaki/Penyebrangan
- b. Klasifikasi menurut bahan material yang digunakan, yaitu :
 - 1) Jembatan Kayu.
 - 2) Jembatan Baja.
 - 3) Jembatan Beton / Beton Bertulang (RC).
 - 4) Jembatan Beton Prategang (PC).
 - 5) Jembatan Batu Bata.
 - 6) Jembatan Komposit.
- c. Klasifikasi menurut formasi lantai kendaraan, yaitu :
 - 1) Jembatan Lantai Atas.
 - 2) Jembatan Lantai Tengah.

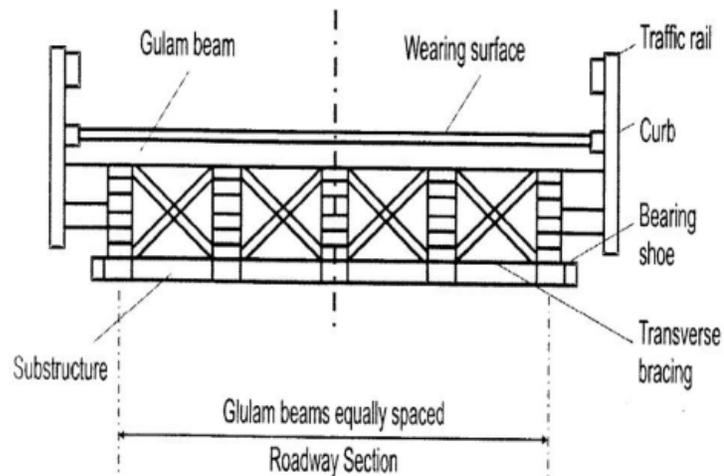
- 3) Jembatan lantai Bawah.
 - 4) Jembatan Double Deck.
- d. Klasifikasi menurut struktur / konstruksinya, yaitu :
- 1) Jembatan Gelagar (*Girder Bridge*).
 - 2) Jembatan Rangka (*Truss Bridge*).
 - 3) Jembatan Portal (*Rigid Frame Bridge*).
 - 4) Jembatan Pelengkung (*Arch Bridge*).
 - 5) Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*).
 - 6) Jembatan Kabel (*Cable Stayed Bridge*).
- e. Klasifikasi menurut bidang yang dipotongkan, yaitu :
- 1) Jembatan Tegak Lurus (*Straight Bridge*).
 - 2) Jembatan Menceng (*Skewed Bridge*).
 - 3) Jembatan Lengkung (*Curved Bridge*).
- f. Klasifikasi menurut lokasi, yaitu :
- 1) Jembatan Biasa.
 - 2) Jembatan Viaduct.
 - 3) Jembatan Layang (*Overbridge / Roadway Crossing*).
 - 4) Jembatan Kereta Api.
- g. Klasifikasi menurut keawetan umur, yaitu :
- 1) Jembatan Darurat.
 - 2) Jembatan Sementara.
 - 3) Jembatan Permanen.
- h. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan / derajat gerak, yaitu :
1. Jembatan Tetap.
 2. Jembatan Dapat Digerakkan.

2.3. Bagian-Bagian Kontruksi Jembatan

2.3.1. Bangunan Atas Jembatan (*Upper Structure*)

a. Balok Lantai Jembatan

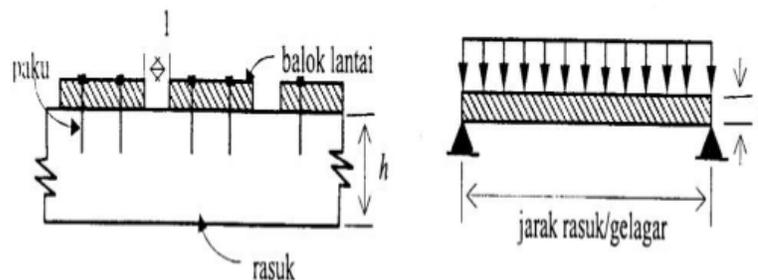
Lantai jembatan berfungsi sebagai lantai untuk lalu lintas, merupakan balok yang disusun sedemikian sehingga mampu mendukung beban. Biasanya dipasang dalam arah melintang jembatan, diatas gelagar (rasuk).



Sumber : (Supriyadi and Muntohar 2007)

Gambar 2.1. Bagian-bagian Jembatan

Dalam perhitungan rnekanika (perancangan) dibuat penyederhanaan (asumsi) modal, dimana balok lantai didukung oleh tumpuan sederhana, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.

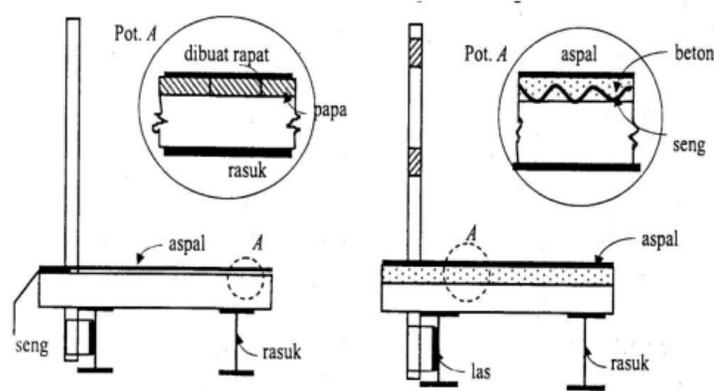


Sumber : (Supriyadi and Muntohar 2007)

Gambar 2.2. Asumsi dalam perhitungan balok lantai

Agar balok lantai jembatan lebih baik, dapat diberi lapis aus permukaan berupa aspal atau beton. Bila diberi aspal, maka balok lantai jembatan harus

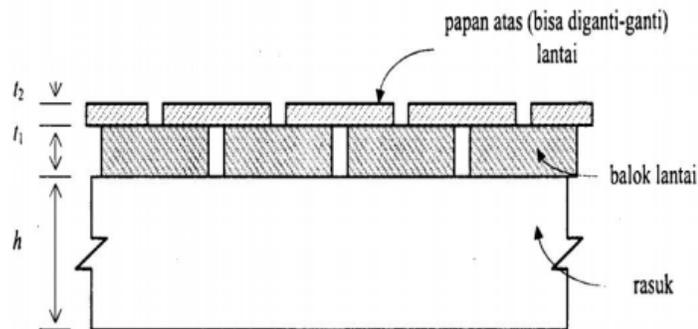
disusun rapat tanpa spasi, sedangkan bila menggunakan beton dapat dilihat gambar berikut ini.



Sumber : (Supriyadi and Muntohar 2007)

Gambar 2.3. Penggunaan lapis aus untuk lantai jembatan

Bila bahan aspal dan beton sulit didapat atau tidak tersedia, dapat menggunakan papan (kayu) dan besi profil UNP yang disusun diatas balok lantai.



Sumber : (Supriyadi and Muntohar 2007)

Gambar 2.4. Lantai dengan menggunakan Kayu atau UNP

b. Gelagar (Rasuk)

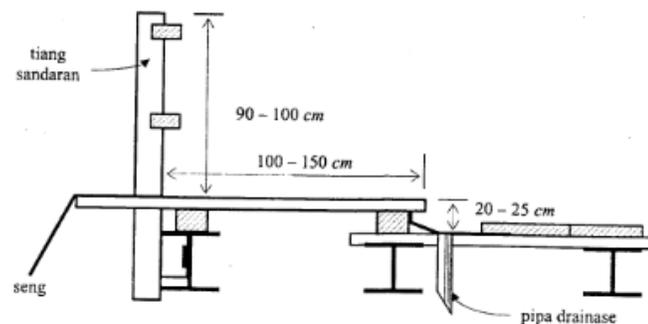
Gelagar jembatan akan mendukung semua beban yang bekerja pada jembatan. Seperti telah dikemukakan bahwa untuk control lendutan ijin jembatan tidak boleh dilampaui. Untuk mengurangi/ memperkecil lendutan dapat menambah balok melintang sebagai perkuatan sekaligus untuk meratakan beban.

Untuk bentang jembatan lebih dari 8 meter guna memperkaku konstruksi jembatan perlu diberi pertambahan angin. Fungsinya adalah untuk menahan gaya akibat tekanan angin. Letak pertambahan angin biasanya dibagian bawah gelagar, yang dibuat bersilang.

c. Tiang Sandaran dan Trotoar

Tiang sandaran merupakan kelengkapan jembatan yang berfungsi untuk keselamatan sekaligus untuk membuat struktur lebih kaku. Sedangkan trotoar bisa dibuat dan bisa tidak tergantung perencanaan. Secara umum, lebar trotoar minimum adalah untuk simpangan 2 orang ($\pm 100 - 150$ cm).

Tiang sandaran umumnya direncanakan/dibuat dengan tinggi $\pm 90-100$ cm dari muka trotoar, dan trotoar dibuat lebih tinggi 20-50 cm dari lantai jembatan.



Sumber : (Supriyadi and Muntohar 2007)

Gambar 2.5. Susunan tiang sandaran, trotoar dan pipa.

Satu hal yang perlu mendapat perhatian adalah saluran/pipa drainase pada jembatan, guna mendrain genangan yang ada pada jembatan terutama bila lantai diberi lapis aus.

2.3.2. Bangunan Bawah Jembatan

Bangunan bawah jembatan merupakan bangunan yang berfungsi sebagai penerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian disalurkan kepondasi. Berikut ini adalah komponem-komponem bangunan bawah jembatan.

a. Abudment

Abudment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung -ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas abudment juga berfungsi sebagai penahan tanah.

b. Pilar

Pilar atau pier merupakan struktur pendukung bangunan atas. Pilar biasa digunakan pada jembatan bentang panjang, posisi pilar berada diantara kedua abudment.

c. Pondasi

Secara umum pondasi dapat dibedakan sebagai berikut :

1) Pondasi Langsung

Digunakan bila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban -beban diatasnya terletak pada lokasi yang dangkal dari tanah setempat.

2) Pondasi Dalam

Digunakan apabila lapisan tanah keras yang mampu memikul beban letaknya cukup dalam, sehingga beban hams disalurkan melalui suatu konstruksi penerus yang juga disebut tiang pancang dan pondasi sumuran.

2.4. Jembatan Komposit

Jembatan komposit adalah jembatan yang mengkombinasikan dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Jembatan komposit yang umum digunakan adalah kombinasi antara bahan konstruksi baja dengan beton bertulang, yaitu dengan mengkombinasikan baja sebagai deck (gelagar) dan beton bertulang sebagai plat lantai jembatan.

Perencanaan komposit mengasumsikan 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*) daripada struktur non-komposit.

Ada dua jenis tipe jembatan komposit yang umum digunakan sebagai desain, yaitu tipe *multi girder bridge* dan *ladder deck bridge*. Penentuan pemilihan jenis jembatan yang akan digunakan tergantung pada pertimbangan ekonomi dan faktor spesifik dari medan konstruksi seperti akses transportasi menuju lapangan dan jenis dari tiang penyangkang yang berada ditengah bentang.

a. *Multi Girder Bridge*

Jembatan dengan multi girder deck menggunakan beberapa baja girder memanjang (*longitudinal girder*) yang ukuran dan jenisnya sama disusun dengan jarak yang sama sepanjang lebar jembatan. Komponen atau bagian dari jembatan multi girder adalah sebagai berikut :

1) Girder Utama (*Longitudinal Girder*)

Girder utama pada umumnya menggunakan plate girder profil I, namun untuk jembatan dengan bentang yang kecil memungkinkan juga untuk menggunakan universal beam yaitu baja dengan profil yang memiliki dimensi yang universal dan biasa di pabrikasi oleh berbagai perusahaan baja.

2) Perkuatan (*Bracing*)

Ada tiga jenis perkuatan yang dimiliki oleh *multi girder bridge*. Berikut penjelasannya :

- *Support Bracing*

Support bracing adalah perkuatan yang berada di kedua ujungjembatan yaitu didaerah perletakan, teknis perkuatan dengan biasa menggunakan profil baja L yang disusun melintang menghubungkan antara satu girder dengan girder lainnya. Fungsi dari perkuatan ini adalah untuk stabilitas jembatan dan alat transfer beban horizontal (beban angin dan gaya selip) ke bantalan yang menyediakan tahanan transversal yang terletak pada daerah perletakan jembatan.

- *Intermediate Bracing*

Intermediate bracing biasa disebut juga dengan diafragma jembatan yaitu berupa pelat yang menghubungkan antara girder pada arah memanjang jembatan. Fungsi dari diafragma adalah untuk menjaga girder supaya tidak melekok atau memuntir akibat dari bebanyang dipikul oleh baja girder.

- *Plan Bracing*

Plan bracing biasa disebut dengan ikatan angin adalah ikatan yang menyilang pada bagian bawah jembatan, dua lokasi kemungkinan perletakan plan bracing berada diatas flens atas (terhubung ke cleat pada flens atas) dan dibawah flens atas.

3) *Crosshead Girders*

Crosshead girders adalah girder yang melintang tambahan yang menghubungkan dua buah girder utama dan berfungsi sebagai perletakan pada tengah bentang *continuous multiple spans*. *Crosshead girders* bukan merupakan komponen yang wajib dimiliki jembatan *multi girder* akan tetapi terkadang dibutuhkan untuk mengurangi jumlah kolom dan bantalan.

b. *Ladder Deck Bridges*

Ladder deck bridge adalah modifikasi dari multi girder bridge yaitu dengan hanya menggunakan dua buah girder utama dengan cross girder sebagai support (perkuatan). Konfigurasi jembatan dengan *ladder deck* sangat cocok dan ekonomis bila diaplikasikan pada jembatan bentang pendek dengan lebar jembatan yang memadai untuk jalur lintas dua jalur ganda. Komponen (bagian) dari jembatan *ladder deck* adalah sebagai berikut:

1) *Gelagar Utama (Main Girder)*

Gelagar utama dalam jembatan *ladder deck* selalu menggunakan plate girder, karena girder dengan penampang universal walaupun dengan luas penampang maksimum tidak akan cukup kuat, walaupun digunakan untuk bentang yang sederhana.

2) *Cross Girder (Gelagar Silang)*

Cross girder biasanya dipasang dengan jarak 3,5 meter untuk menahan besar beban plat lantai setebal 250 mm.

3) *Cantilever Girder*

Cantilever girder adalah girder tambahan diluar girder utama sebagai bantalan untuk trotoar jalan. Namun bila trotoar jalan tidak terlalu lebar, maka tidak perlu menggunakan cantilever girder karena momen yang timbul masih mampu ditahan oleh plat lantai seperti konfigurasi pada jembatan multi girder.

2.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Struktur Komposit

- a. Kelebihan dasar yang dihasilkan dari desain struktur komposit adalah sebagai berikut:
 - 1) Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah.
 - 2) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan material.
 - 3) Luas baja yang digunakan lebih sedikit.
 - 4) Tinggi konstruksi berkurang, sehingga dapat menghemat biaya.
 - 5) Bobot ringan dan tahan korosi
- b. Kekurangan jembatan komposit
 - 1) Desain dan konstruksinya memerlukan spesialis yang sangat mengetahui mengenai desain rekayasa dan disiplin ilmu material.
 - 2) Walaupun ringan namun hal tersebut juga dapat membuat aerodinamis struktur yang tidak stabil.

2.5. Pembebanan Pada Jembatan

Dalam perencanaan struktur jembatan secara umum, khususnya jembatan komposit, hal yang perlu sekali diperhatikan adalah masalah pembebanan yang akan bekerja pada struktur jembatan yang dibuat. Menurut pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR No 378/1987), menurut RSNI T-02-2005 dan menurut SNI 2016 tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan membagi pengelompokan pembebanan jembatan dalam tiga kelas, yaitu:

2.5.1. Aksi / Beban Tetap

Aksi / Beban tetap ialah masa dari bagian bangunan yang harus dihitung berdasarkan dimensi dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan. Beban ini bisa juga dikatakan beban primer. Beban primer merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Beban ini terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi terhadap waktu menerapkan faktor beban dan yang terkurangi. Beban ini terdiri dari :

a. Berat Sendiri

Berat sendiri dari bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2.2. Faktor Beban untuk Berat Sendiri

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K s.MS:		K u.MS:	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

Sumber : RSNI T-02-2005

b. Beban mati tambahan / Utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.3. Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K S.,MA:		K U.,MA:	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
CATATAN (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

Sumber : RSNI T-02-2005

Tabel 2.4. Berat Isi untuk Beban Mati dan Beban Tambahan

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

Sumber : RSNI T-02-2005

c. Tekanan Tanah

Tabel 2.5. Faktor beban akibat tekanan tanah

JANGKA WAKTU	DESKRIPSI	FAKTOR BEBAN		
		K_{Td}^x	K_{Td}^y	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,0	1,25 (1)	0,80
	Tekanan tanah lateral	1,0	1,25	0,80
	- aktif	1,0	1,40	0,70
	- pasif	1,0	1,40	0,70
	- keadaan diam	1,0	lihat penjelasan	

Sumber : RSNI T-02-2005

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung sifat-sifat tanah. Sifat –sifat tanah dari hasil pengujian tanah dan pengukuran. Tekanan tanah lateral mempunyai hubungan yang tidak linier dengan sifat-sifat bahan tanah. Tekanan tanah lateral daya layan dihitung berdasarkan harga nominal dari W_s , c dan ϕ . Harga-harga rencana c dan ϕ diperoleh dari harga nominal dengan menggunakan faktor pengurang K^R seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.6. Sifat-sifat untuk tekanan tanah

Sifat-sifat Bahan untuk Menghitung Tekanan Tanah	Keadaan Batas Ultimit	
	Biasa	Terkurangi
Aktif:		
(1) $w_s^* =$	w_s	w_s
$\phi^* =$	$\tan^{-1} (K_\phi^R \tan \phi)$	$\tan^{-1} [(\tan \phi) / K_\phi^R]$
$c^* =$	$K_c^R c$ (3)	c / K_c^R
Pasif:		
(1) $w_s^* =$	w_s	w_s
$\phi^* =$	$\tan^{-1} [(\tan \phi) / K_\phi^R]$	$\tan^{-1} (K_\phi^R \tan \phi)$
$c^* =$	c / K_c^R	$K_c^R c$ (3)
Vertikal: $w_s^* =$	w_s	w_s

CATATAN (1) Harga rencana untuk geseran dinding, δ^* , harus dihitung dengan cara yang sama seperti ϕ^*

CATATAN (2) K_ϕ^R dan K_c^R adalah faktor reduksi kekuatan bahan

CATATAN (3) Nilai ϕ^* dan c^* minimum berlaku umum untuk tekanan tanah aktif dan pasif

Sumber : RSNI T-02-2005

2.5.2. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah seluruh beban vertikal dan horisontal akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truck “T”.

a. Beban Lajur D

Beban lajur “D” adalah beban lajur lalu lintas bagian dari rantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan.

Tabel 2.7. Faktor Beban Akibat Beban Lajur “D”

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TD}$	$K_{U;TD}$
Transien	1,0	1,8

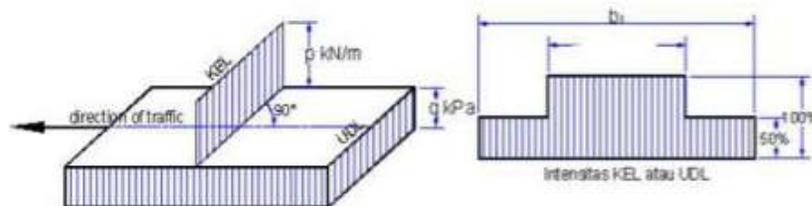
Sumber : RSNi T-02-2005

Beban Lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabungkan dengan Beban Garis (BGT).

Beban tersebar merata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kpa}$ (Persamaan 2.1a)

$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kpa}$ (Persamaan 2.1b)



Sumber : RSNi T-02-2005

Gambar 2.6. Beban Lajur “D”

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil dengan cara berikut :

Untuk $L \leq 50$ m DLA = 0,4(Persamaan 2.2a)

Untuk $50 < L < 90$ m DLA = $0,4 - 0,0025 \cdot (L - 50)$ (Persamaan 2.2b)

Untuk $L \geq 90$ m DLA = 0,3(Persamaan 2.2c)

Beban garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m.

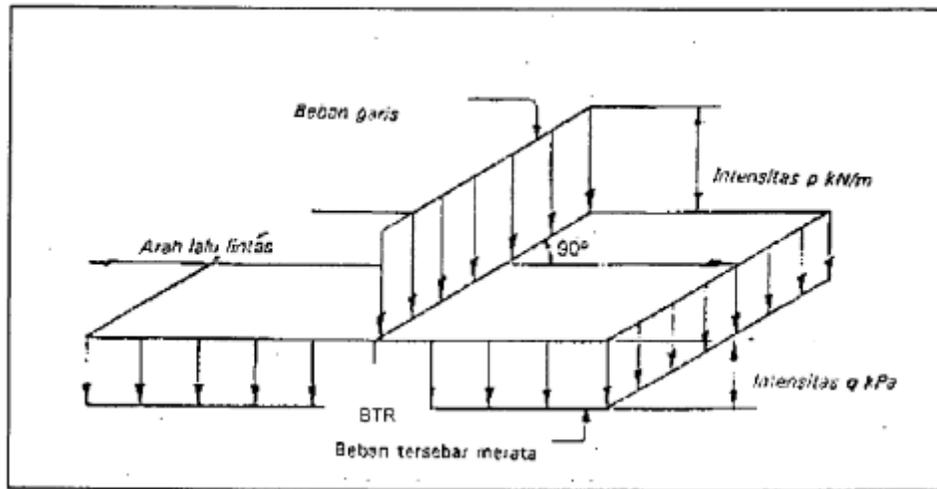
Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lembar jembatan bisa dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.8. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n_r)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25	2 (3)
	11,3 - 15,0	4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

Sumber : RSNI T-02-2005

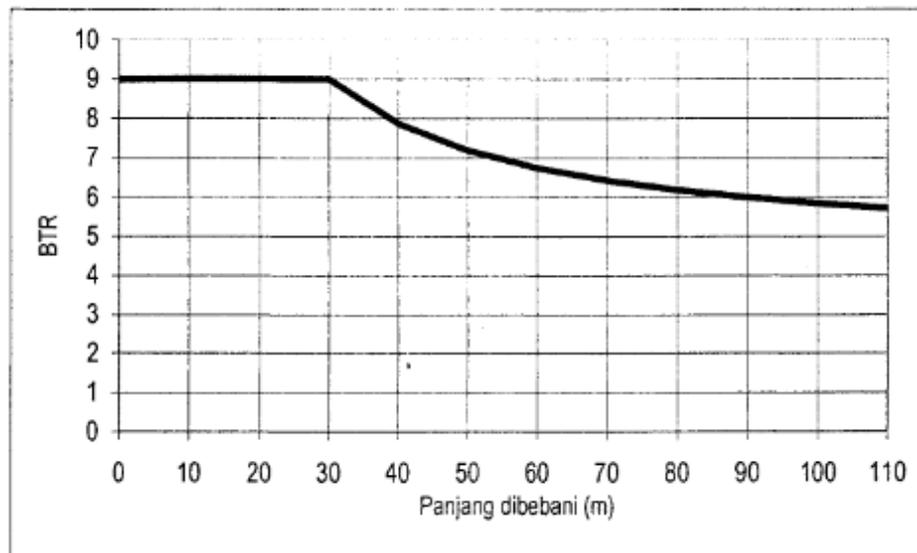
Untuk mendapat momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lain. Bisa dilihat dalam gambar berikut.



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.7. Detail Beban Lajur "D"

Untuk perhitungan gelagar harus dipergunakan beban "D" atau beban jalur. Beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban yang terbagi beban rata sebesar "q" ton/m panjang perjalur dan beban garis "p" ton perjalur lalu lintas. Untuk menentukan beban "D" digunakan lebar jalan 7,5 m, maka jumlah jalur lalu lintas sebagai berikut:



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.8. Beban "D" : BTR dan Panjang yang dibebani

c. Beban Truk "T"

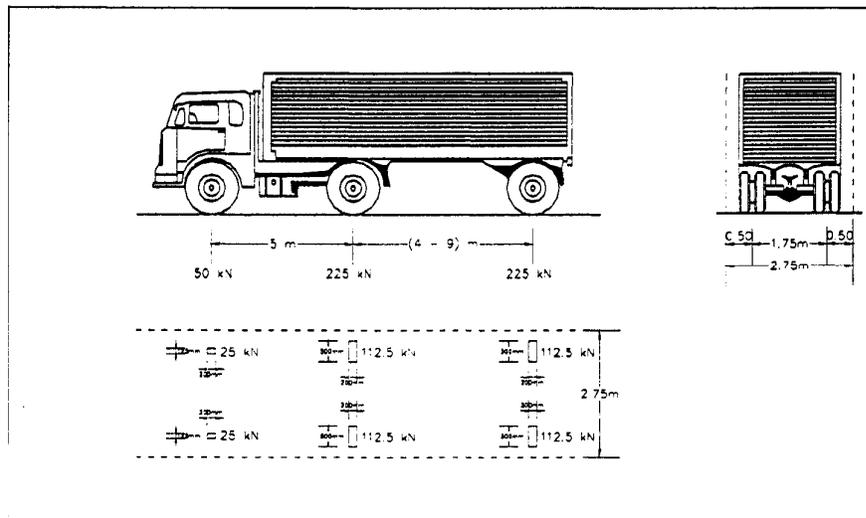
Beban truk "T" adalah Beban seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan.

Tabel 2.9. Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk "T"

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S.TT}$	$K_{U.TT}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNI T-02-2005

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truck semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti.



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.9. Pembebanan Truk "T" (500 kN)

Berat masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan, yang artinya beban truk "T" perlu dikalikan dengan faktor beban dinamis (FBD) dan faktor distribusi. Untuk pembebanan truk "T" FBD diambil sebesar

30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.

d. Gaya Rem

Tabel 2.10. Faktor Beban akibat Gaya Rem

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S, TB}$	$K_{U, TB}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNI T-02-2005

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus di tinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur “D” yang di anggap ada pada semua jalur lalu lintas , tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan. Gaya rem hanya menimbulkan momen, sedangkan gaya geser akibat beban rem tidak akan terjadi besarnya momen yang terjadi akibat gaya rem memiliki nilai yang sama pada titik sepanjang bentang jembatan. Besarnya gaya rem tergantung panjang total jembatan sebagai berikut:

Untuk $L \leq 80$ m

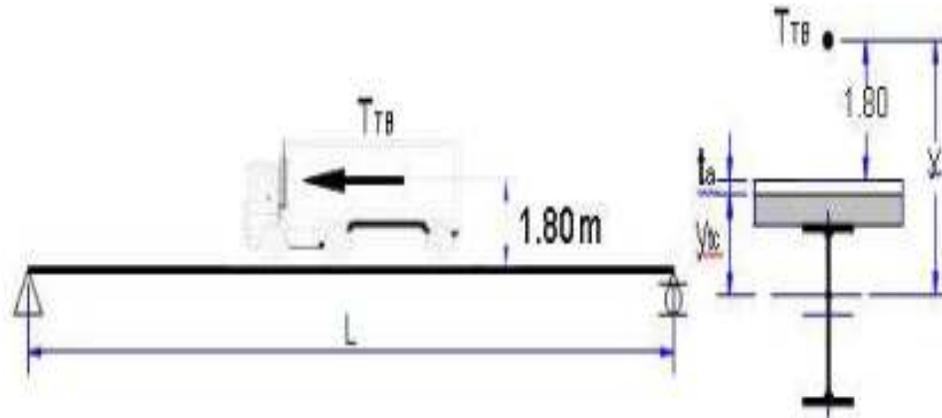
Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN(Persamaan 2.3a)

Untuk $80 < L < 180$ m

Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN + $2,5 \cdot (L - 80)$ kN(Persamaan 2.3b)

Untuk $L \geq 180$

Gaya rem, $T_{TB} = 500$ kN(Persamaan 2.3c)



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.10. Beban gaya rem

Lengan terhadap pusat tampang girder

$$Y = Y_{TC} + t_a + 1,8 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

e. Beban Pejalan Kaki

Tabel 2.11. Faktor Beban akibat Pembebanan untuk Pejalan Kaki

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,TP}$	$K_{U,TP}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNI T-02-2005

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa.

Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

2.5.3. Beban Khusus

Beban khusus merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan. Diantaranya :

a. Pengaruh Temperatur / Suhu

Tabel 2.12. Faktor Beban akibat pengaruh temperatur / suhu

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	<i>K_{S,ET}</i>	<i>K_{U,ET}</i>
		<i>Biasa Terkurangi</i>
Transien	1,0	1,2 0,8

Sumber : RSNI T-02-2005

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan –tegangan struktural karena adanya perubahan akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama ataupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

Tabel 2.13. temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C

CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Sumber : RSNI T-02-2005

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan / bagian-bagian jembatan / perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai modulus elastisitas young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ) sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.14. sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	12×10^{-6} per °C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-5} per °C	25.000
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-5} per °C	34.000
Aluminium	24×10^{-6} per °C	70.000

Sumber : RSNI T-02-2005

b. Beban Angin

Tabel 2.15. Faktor Beban akibat Beban Angin

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,EW}$	$K_{U,EW}$
Transien	1,0	1,2

Sumber : RSNI T-02-2005

Beban angin tanpa kendaraan di atas jembatan. Gaya nominal ultimit dan layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [Kn]} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.5a)}$$

Dengan pengertian :

V_w adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

C_w adalah koefisien seret

A_b adalah luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Tabel 2.16. Kecepatan Angin Rencana

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

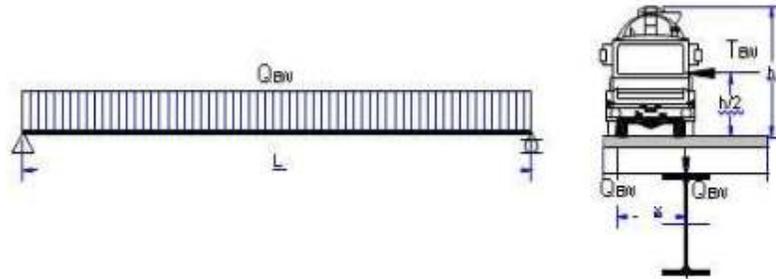
Sumber : RSNI T-02-2005

Tabel 2.17. Koefisien Seret

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

Sumber : RSNI T-02-2005

Kecepatan angin harus diambil seperti yang diberi dalam tabel 10. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.11. Momen Gaya Angin (Ew)

transfer beban angin ke lantai jembatan yang terjadi adalah

$$T_{EW} = 0,0012 C_W (V_W)^2 A_b [\text{Kn}] \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.5b})$$

Dengan pengertian $C_W = 1.2$

c. Beban Gempa

Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T^*_{EQ} = K_h I W_r \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.6})$$

Dimana

$$K_h = C S$$

Dengan Pengertian

T^*_{EQ} adalah gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h adalah koefisien beban gempa horison tal

C adalah koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai

I adalah faktor kepentingan

S adalah faktor tipe bangunan

W_r adalah berat total minimum bangunan yang mempengaruhi kecepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

d. Tekanan Tanah akibat Gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan tanah (tekanan tanah dinamis) dihitung dengan menggunakan faktor harga sifat bahan. Koefisien geser dasar C dapat diambil dari tabel berikut :

Tabel 2.18. koefisien geser dasar untuk tekanan tanah lateral

Daerah Gempa (1)	Koefisien Geser Dasar C		
	Tanah Teguh (2)	Tanah Sedang (2)	Tanah Lunak (2)
1	0,20	0,23	0,23
2	0,17	0,21	0,21
3	0,14	0,18	0,18
4	0,10	0,15	0,15
5	0,07	0,12	0,12
6	0,06	0,06	0,07

CATATAN (1) Daerah gempa bisa dilihat dalam Gambar 14.
 CATATAN (2) Definisi dari teguh, sedang dan lunak dari tanah di bawah permukaan diberikan dalam Tabel 30.

Sumber : RSNi T-02-2005

Faktor kepentingan I diberikan dalam tabel berikut

Tabel 2.19. Faktor kepentingan Akibat Gempa

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: <i>Bailey</i>) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Sumber : RSNi T-02-2005

Faktor tipe struktur S untuk K_h harus diambil sama dengan 1,0 pengaruh dari percepatan tanah arah vertikal bisa diabaikan.

e. Tekanan Air Lateral akibat Gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan air ditentukan dalam tabel berikut :

Tabel 2.20. Gaya air lateral akibat gempa

Tipe Bangunan		Gaya Air Horizontal
Bangunan tipe dinding yg menahan air pd satu sisi		$0,58 K_h / w_o b h^2$
Kolom, dimana:	$b/h \leq 2$	$0,75 K_h / w_o b^2 h [1 - b / (4h)]$
	$2 < b/h \leq 3,1$	$1,17 K_h / w_o b h^2$
	$3,1 < b/h$	$0,38 k_h / w_o b^2 h$

Sumber : RSNI T-02-2005

Dengan pengertian :

K_h adalah koefisien pembebanan gempa horisontal ($K_h = C S$)

I adalah faktor kepentingan tabel 2.23

w_o adalah berat isi air, bisa diambil $9,8 \text{ kN/m}^3$

b adalah lebar dinding tegak lurus dari arah gaya (m)

h adalah kedalaman air (m)

2.5.4. Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau dari kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam kekuatan pemeriksaan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai dengan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam proses terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya. Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan harus dihitung dengan cara mengkalikan faktor beban dengan gaya atau beban yang bekerja pada jembatan itu sendiri. Adapun keadaan kombinasi beban – beban pada setiap keadaan batas sesuai dengan SNI 2016 tentang pembebanan untuk jembatan sebagai berikut :

Kuat 1 Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat 2 Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat 3 Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat 4 Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat 5 Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Sedang menurut pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya (PPPJJR 1987) tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi dan gaya pada tabel berikut :

Tabel 2.21. Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis
I. $M + (H + K) + T_a + T_u$	100%
II. $M + T_a + A_h + G_g + A + S_R + T_m$	125%
III. Kombinasi (I) + $R_m + G_g + A + S_R + T_m + S$	140%
IV. $M + G_h + T_{ag} + G_g + A H_g + T_u$	150%
V. $M + P_1$	130%
VI. $M + (H + K) + T_a + S + T_b$	150%

Sumber : RSNI T-02-2005

Dengan pengertian :

A	= beban angin
Ah	= gaya akibat hanyutan aliran dan hanyutan
AHg	= gaya akibat hanyutan aliran dan hanyutan pada waktu gempa
Gg	= gaya gesek pada tumpuan bergerak
Gh	= gaya horisontal ekivalen akibat gempa
(H+K)	= beban hidup dengan beban kejut
M	= beban mati
P1	= gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
Rm	= gaya rem
S	= gaya sentrifugal
SR	= gaya akibat susutan dan rangkai
Tm	= gaya akibat perubahan suhu
Ta	= gaya tekanan tanah
Tag	= gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
Tb	= gaya tumbuk
Tu	= gaya angkat

Sedang menurut RSNI T-02-2005 tegangan berlebihan yang diberikan dalam tabel berikut sebagai prosentase dari tegangan kerja yang diizinkan.

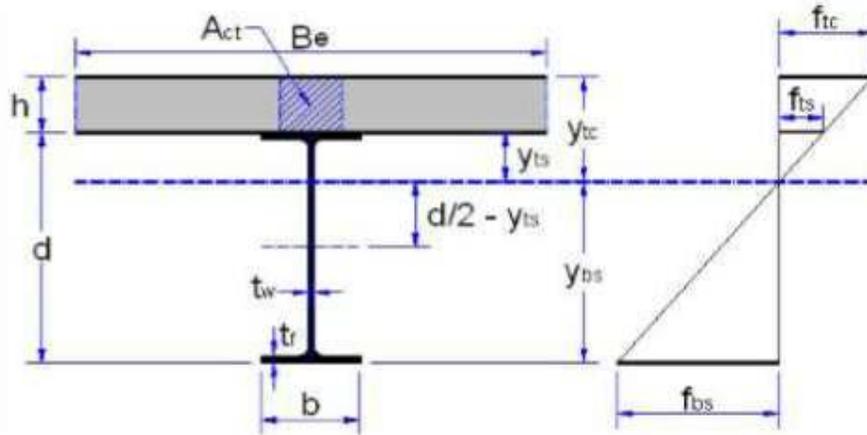
Tabel 2.22. Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan r_{os}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

Sumber : RSNI T-02-2005

2.6. Konsep Dasar Jembatan Komposit

Struktur jembatan komposit merupakan gabungan antara dua bahan, yaitu struktur beton (beton bertulang) dan struktur baja. Kedua bahan ini digabungkan menjadi satu kesatuan yang utuh.



Sumber : RSNI T-02-2005

Gambar 2.12. Section Komposit

Tegangan pada sisi atas beton

$$F_{tc} = \frac{M \times 10^6}{(n \times W_{tc})} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.7a})$$

Tegangan pada atas baja

$$F_{ts} = \frac{M \times 10^6}{W_{ts}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.7b})$$

Tegangan pada bawah baja

$$F_{bs} = \frac{M \times 10^6}{W_{bs}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.7c})$$

Lendutan Maximum akibat

- Beban Merata Q

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \times Q \times L^4 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.8a})$$

- Beban Terpusat P

$$\delta_{\max} = \frac{1}{48} \frac{Q \times L^3}{E_s \times I_{com}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.8b})$$

- Beban Momen M

$$\delta_{\max} = \frac{1}{72\sqrt{3}} \frac{M \times L^2}{E_s \times I_{com}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.8c})$$

Rasio perbandingan modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.9})$$

Luas penampang beton transformasi

$$A_{ct} = B_e \times \frac{h}{n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.10a})$$

Luas penampang komposit

$$A_{ct} = A + A_{ct} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.10b})$$

Momen statis penampang terhadap sisi bawah balok

$$A_{com} \times y_{bs} = A \times \frac{d}{2} + A_{ct} \times \left(d + \frac{h}{2}\right) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.11})$$

Jarak garis netral terhadap sisi bawah

$$y_{bs} = \frac{A \times \frac{d}{2} + A_{ct} \times \left(d + \frac{h}{2}\right)}{A_{com}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.12a})$$

Jarak sisi atas profil baja terhadap garis netral

$$Y_{ts} = d - y_{bs} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.12b})$$

Jarak sisi atas slab beton terhadap garis netral

$$Y_{tc} = h + y_{ts} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.12c})$$

Momen inersia penampang komposit

$$I_{com} = \frac{1}{12} \times B_e \times \frac{h^3}{n} + A_{ct} \times \left(Y_{ct} \times \frac{h}{2} \right)^2 + I_x + A \times \left(\frac{d}{2} - Y_{ts} \right)^2 \dots\dots (\text{Persamaan 2.13})$$

Tahan momen penampang komposit

Sisi atas beton

$$W_{tc} = \frac{I_{com}}{Y_{tc}} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.14a})$$

Sisi atas baja

$$W_{ts} = \frac{I_{com}}{Y_{ts}} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.14b})$$

Sisi bawah baja

$$W_{bs} = \frac{I_{com}}{Y_{bc}} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.14c})$$

Tegangan Ijin

Tegangan ijin lentur beton

$$F_c = 0,4 \times f'_c \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.15a})$$

Tegangan ijin lentur baja

$$F_s = 0,8 \times f_s \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.15b})$$

2.6.1. Sifat Mekanis Baja

Struktur baja harus dapat memikul beban rancangan secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan memiliki deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan struktur baja untuk memikul beban tanpa adanya kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan menentukan jenis dan bentuk elemen struktur baja yang digunakan. Untuk melakukan analisis dan maupun desain elemen struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai patokan

maupun untuk menentukan apakah suatu struktur rangka baja dapat diterima untuk penggunaan yang sesuai dengan yang diinginkan untuk maksud disain tertentu.

Struktur jembatan rangka baja terdiri dari beberapa jenis maupun bentuk baja yang saling terhubung menjadi suatu rangkaian rangka baja. Sifat mekanis baja struktural yang digunakan harus memenuhi persyaratan minimum yang tercantum pada RSNI-T-03-2005, sebagai berikut :

Tabel 2.23. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan Minimum
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber : RSNI T-03-2005

Sifat-sifat mekanis baja struktural lainnya untuk maksud perencanaan ditentukan sebagai berikut :

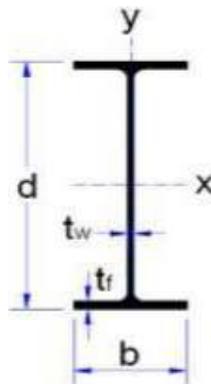
Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

Untuk baja tipe I wf



Gambar 2.13. Section Baja IWF

Kontrol penampang baja syarat yang di gunakan yaitu :

$$\frac{L}{d} > \frac{I_{com}}{Y_{tc}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.16})$$

Dimana :

L : Panjang jembatan

b : tinggi baja

d : lebar baja

t : lebar sayap

Untuk tegangan kip nya dihitung dengan rumus :

$$F_{kip} = f_s - \frac{(c_1 - 250)}{(c_2 - 250)} * 0,3 * f_s \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.17})$$

Dimana :

$$c_1 = L_1 \cdot \frac{d}{b t f}$$

$$c_2 = 0,63 \cdot \frac{E_s}{f_s}$$

F_s = Tegang Dasar

E_s = Modulus Elastisitas Baja

T_f = Lebar sayap baja

Tegangan lentur baja dihitung dengan

$$F = M \frac{x 10^6}{W_x} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.18})$$

Dimana :

F : Tegangan yang terjadi

M : Momen yang terjadi

W_x : Tahan momen penampang baja

Untuk menghitung lendutan yang terjadi tergantung bagaimana gaya yang

terjadi misal :

untuk beban merata menggunakan

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{Qt \cdot L^4}{E \cdot I_x} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.19})$$

Untuk beban terpusat

$$\delta = \left(\frac{1}{6} \cdot \frac{p \cdot a^2 \cdot b^2}{E \cdot I_x \cdot L} \left(\frac{L-x}{a} + 2 \frac{L-x}{b} - \frac{(L-x)^3}{ab^2} \right) \right) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.20a})$$

Atau

$$\delta = \frac{1}{48} \cdot \frac{p \cdot 5 \cdot L^3}{E \cdot I_x} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.20b})$$

Dimana :

- δ : Lendutan yang terjadi
- Qt : Beban Merata yang terjadi pada baja
- L : Panjang Bentang
- E : Modulus Elastisitas Baja
- I_x : Inersia Penampang Baja
- P : Beban terpusat yang terjadi pada baja

2.6.2. Perencanaan Batang Tarik

Batang tarik adalah batang yang ditempatkan pada posisi memanjang atau melintang dan menerima beban tarik. Desain batang tarik didasarkan atas ijin tegangan tarik (allowable tensile stress) dimana tegangan yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin. Dengan membagi ultimate load dengan faktor keamanan, diperoleh working load (beban bekerja) sebagai berikut :

$$Tu = \sigma_1 \cdot Anett \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.21})$$

Keterangan : Tu = Ultimate capaci

σ_1 = tegangan leleh

Anett = luas penampang netto

$$Tw = \frac{Tu}{F_s} = \frac{\sigma_1 \cdot Anett}{F_s} = \sigma_1 \cdot Anett \left[\frac{\sigma_1}{F_s} = \sigma \right] \dots (\text{Persamaan 2.22})$$

Keterangan : F_s = faktor of safety

σ = tegangan ijin

Tw = working load

2.6.3. Kekuatan Batang Tarik

Meskipun stabilitas bukan merupakan suatu kriteria untuk mendesain batang tarik akan tetapi batng tarik harus dibatasi panjang bentangnya untuk menjaga agar batang tidak terlalu fleksibel, batang tarik yang terlalu panjang akan mengalami lendutan yang disebabkan oleh berat batang tarik itu sendiri terlebih lagi batang akan bergetar bila menahan gaya-gaya angin rangka terbuka atau bila harus menahan alat-alat yang bergetar seperti fans atau compresor. untuk menangglangi hal tersebut dapat dihitung dengan mencari jari-jari kelembaman $r = \frac{I}{A}$ untuk batang persegi.

2.6.4. Eksentrisitas Sambungan

Biasanya untuk memudahkan pekerjaan sambungan pada suatu konstruksi, batang tarik disambung secara eksentris. Eksentris sambungan pada batang tarik ini akan menimbulkan momen lentur. Tegangan lentur yang terjadi akan memperbesar tegangan tarik yang diakibatkan oleh gaya aksial. Untuk mengatasi hal ini diadakan reduksi penampang batang.

2.6.5. Alat Sambung

Sambungan dengan baut biasa sebenarnya tidak tidak dapat dianggap kaku (*rigid*). Sambungan dapat dikatakan kaku apabila sambungan tersebut menggunakan alat sambung HSB dan Las. Paku keling sebenarnya dapat membuat sambungan cukup kaku karena mempunyai shear resistance, tetapi pada paku keling ini timbul adanya proses pendinginan pada pemasangan.

2.6.6. Kerusakan Sambungan

Kerusakan sambungan disebabkan oleh dua faktor, yaitu:

- a. Pembebanan terlalu besar pada geseran di bidang geser sehingga paku menjadi patah akibat geseran.
- b. Tekanan terlalu besar pada dinding lubang atau disebut tekanan tumpu, sehingga dinding lubang rusak karena adanya tekanan tumpu (tekanan dinding lubang).