

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Tinjauan Umum**

Perencanaan jembatan didasarkan pada peraturan dan prosedur yang telah ditetapkan sesuai standarisasi di Indonesia. Perencanaan juga harus memperhatikan dasar prosedur-prosedur yang memungkinkan agar mencapai umur rencana jembatan yang telah ditentukan. Cara yang akan digunakan dalam perencanaan ini dengan didasarkan pada cara Perencanaan Beban dan Kekuatan Terfaktor yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia.

#### **3.2. Pembebanan Jembatan**

Pembebanan pada struktur jembatan merupakan unsur penting dalam perencanaan jembatan, baik jalan raya, jalan rel ataupun jembatan lainnya. Pembebanan tersebut mengacu pada SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Pembebanan pada struktur jembatan dibagi menjadi aksi tetap, beban lalu lintas, aksi lingkungan, dan aksi-aksi lainnya.

##### **3.2.1 Aksi tetap**

###### **1. Berat sendiri**

Beban mati jembatan memiliki faktor beban untuk berat sendiri, yaitu sebagai berikut.

**Tabel 3.1 Faktor Beban untuk Berat Sendiri**

Tipe beban	Faktor Beban ( $\gamma_M$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_M^S$ )		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_M^U$ )	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,0	1,1	0,9
	Alumunium	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: SNI 1725:2016

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

**Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Beban Mati ( $\text{kN/m}^3$ )**

No	Bahan	Berat/Satuan Isi ( $\text{kN/m}^3$ )	Kerapatan Masa ( $\text{kg/m}^3$ )
1	Lapisan permukaan beraspal ( <i>bituminous wearing surfaces</i> )	22,0	2245
2	Besi tuang ( <i>cast iron</i> )	71,00	7240
3	Timbunan tanah dapat dipadatkan ( <i>compacted sand, silt or clay</i> )	17,2	1722
4	Kerikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )	18.8-22.7	1920-2315
5	Beton aspal ( <i>asphalt concrete</i> )	22,0	2245
6	Beton ringan ( <i>low density</i> )	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'c < 35$ MPa	22.0-25.0	2320
	$35 < f'c < 105$ MPa	$22.0 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29f'c$
8	Baja ( <i>steel</i> )	78,75	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0	1125

Sumber: SNI 1725:2016

## 2. 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. Beban mati tambahan ini memiliki faktor beban yang disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan**

Jangka Waktu	Faktor Beban ( $\gamma_M$ )				
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_M^S$ )		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_M^U$ )		
Tetap	Keadaan		Biasa	Terkurangi	
	Umum		1,0 (1)	2,0	0,7
	Khusus (terawasi)		1,0	1,4	0,8

Catatan (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas

Sumber: SNI 1725:2016

### 3.2.2. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar lajur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iringan-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari 2 bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat.

#### 1. Lajur lalu lintas rencana

Lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75 m. Lajur lalu lintas rencana juga harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

#### 2. Beban lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebat merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam gambar 3.1. Beban

terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut.

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (3-1)$$

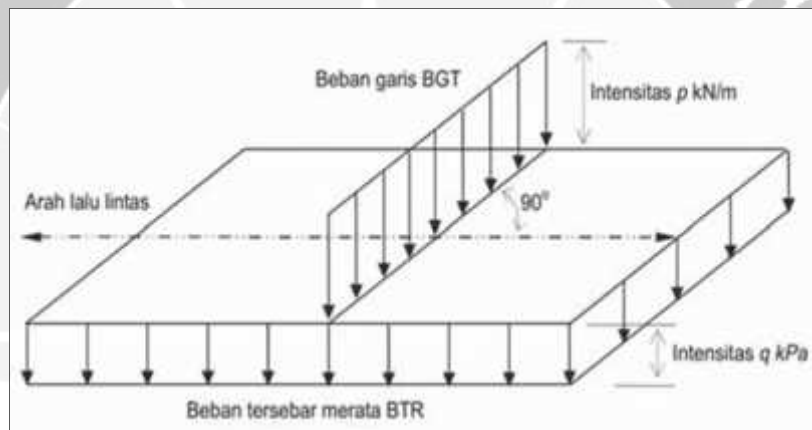
$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \quad (3-2)$$

keterangan:

$q$  = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.

$L$  = panjang total jembatan yang dibebani (meter).

1 kPa = 0,001 MPa = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>.



Sumber: SNI 1725:2016

### Gambar 3.1 Beban Lajur “D”

Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Biasanya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m.

### 3. Pembebanan truk “T”

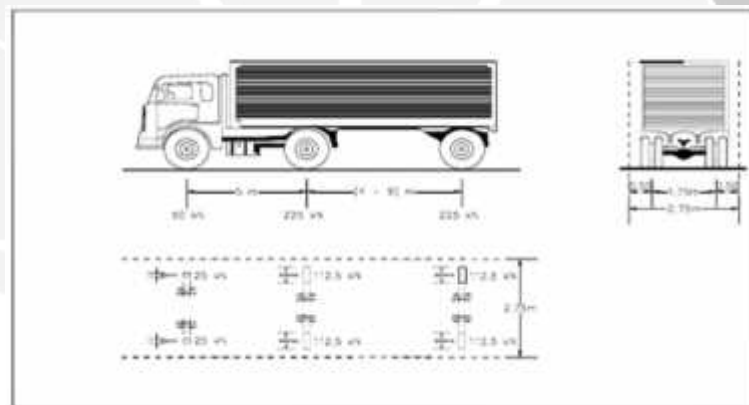
Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat pada Gambar 3.3. Berat masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang

merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara dua as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Faktor beban untuk beban truk sebagai berikut.

**Tabel 3.4 Faktor beban untuk beban “T”**

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan ( $V_T^L$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $V_T^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: SNI 1725:2016



Sumber: SNI 1725:2016

**Gambar 3.2 Pembebanan truk “T” (500 kN)**

4. Faktor beban dinamis
  - a. Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.
  - b. Besar BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari Pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara

kendaraan yang bergerak dengan jembatan. FBD ini diterapkan pada keadaan badas dan daya layan dan batas ultimit.

- c. Untuk pembebanan “D” FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum pada Gambar 3.5. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus bentang ekuivalen  $L_E$  diberikan dengan rumus sebagai berikut.

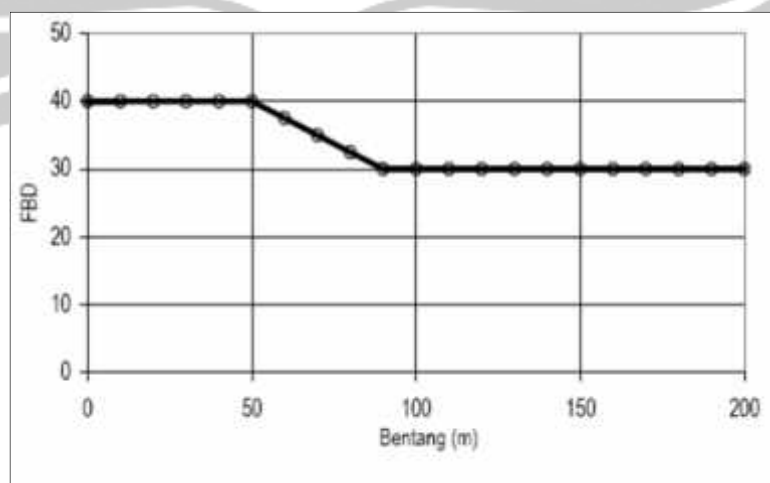
$$L_E = \sqrt{L_1 \times L_2} \quad (3-3)$$

keterangan :

$L_{av}$  = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara terus menerus

$L_{max}$  = panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara terus menerus

- d. Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.



Sumber: SNI 1725:2016

**Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis BGT untuk Pembebanan Lajur “D”**

5. Beban untuk pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal sebesar 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

6. Gaya rem

Bekerjanya gaya-gaya di daerah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari berat truk rencana ditambahkan beban lajur terbagi rata BTR atau 25% dari berat gandar truk desain. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1800 mm di atas permukaan lantai kendaraan.

7. Gaya sentrifugal

Jembatan yang berada pada tikungan harus memperhitungkan bekerjanya gaya horisontal radial yang dianggap bekerja 1800 mm di atas permukaan lantai kendaraan. Gaya horisontal tersebut harus sebanding dengan lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis. Gaya sentrifugal ditentukan dengan rumus berikut.

$$C = f \frac{V^2}{g r} \quad (3-4)$$

keterangan :

$V$  = kecepatan rencana jalan raya (m/detik),

$f$  = faktor dengan nilai  $4/3$  untuk kombinasi beban selain keadaan batas fatik, dan  $1,0$  untuk keadaan batas fatik,

$g$  = percepatan gravitasi :  $9,8$  (m/detik<sup>2</sup>)

$R_t$  = jari-jari kelengkungan lajur lalu lintas (m)

### 3.2.3. Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan merupakan pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa, dan penyebab alamiah lainnya.

#### 1. Pengaruh temperatur / suhu

Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai, dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut.

Variasi temperatur di dalam bangunan atas jembatan atau perbedaan temperatur disebabkan oleh pemanasan langsung dari sinar matahari diwaktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelepasan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan diwaktu malam.

#### 2. Beban angin

Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal. Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari  $4,4$  kN/mm pada bidang tekan dan  $2,2$  kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka pelengkung, seta tidak kurang dari  $4,4$  kN/mm pada balok atau gelagar. Tekanan angin dasar dapat di lihat pada Tabel 3.3.



**Tabel 3.5 Tekanan Angin Dasar**

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Sumber: SNI 1725:2016

Beban angin pada struktur arah angin rencana harus diasumsikan horisontal. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_D = P_B \left( \frac{V_D}{V_B} \right)^2 \quad (3-5)$$

Keterangan :

$P_D$  = tekanan angin rencana,

$P_B$  = tekanan angin dasar seperti yang di tentukan pada tabel 3.3,

$V_{DZ}$  = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam),

$V_B$  = kecepatan angin rencana, yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebaga tekanan sebesar 1,46 N/mm. Tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Arah sudut angin serang ditentukan tegak lurus terhadap arah permukaan kendaraan yang terdapat pada tabel berikut.

**Tabel 3.6 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan**

Sudut	Komponen Tegak Lurus	Komponen Sejajar
Derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sumber: SNI 1725:2016

### 3. Pengaruh gempa

Beban gempa yang diambil sebagai gaya horisontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik ( $C_{sm}$ ) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon ( $R_d$ ) dengan formulasi sebagai berikut.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (3-5)$$

keterangan :

$E_Q$  = gaya gempa horisontal statis (kN)

$C_{sm}$  = koefisien respon gempa elastis

$R_d$  = faktor modifikasi respon

$W_t$  = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Perhitungan pengaruh gempa terhadap jembatan termasuk beban gempa, cara analisis, peta gempa, dan detail struktur mengacu pada SNI 2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan.

### 3.2.4. Aksi-aksi lainnya

#### 1. Gesekan pada perletakan

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung menggunakan hanya beban tetap, dan nilai rata-rata dari koefisien gesekan.

**Tabel 3.7 Faktor-faktor Akibat Gesekan pada Perletakan**

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	$\frac{S}{H}$	$\frac{U}{H}$	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,0	0,8
Catatan (1) Gaya akibat gesekan perletakan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.			

Sumber: SNI 1725:2016

#### 2. Pengaruh getaran

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat diatas jembatan dan akibat pejalan kaki pada jembatan penyeberangan merupakan keadaan batas data layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidak nyamanan seperti halnya keamanan bangunan.

### 3.3. Kombinasi Beban

Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi rencana yang bekerja secara bersamaan. Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Ada 2 tipe aksi rencana yaitu aksi tetap dan aksi transien yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Tipe Aksi Rencana

Aksi Tetap		Aksi Transien	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Berat sendiri	<i>MS</i>	Beban lajur "D"	<i>TD</i>
Berat mati tambahan	<i>MA</i>	Bebatn truk "T"	<i>TT</i>
Prategang	<i>PR</i>	Gaya rem	<i>TB</i>
Pengaruh pelaksanaan tetap	<i>PL</i>	Gaya sentrifugal	<i>TR</i>
Gaya horisontal akibat tekanan tanah	<i>TA</i>	Beban pejalan kaki	<i>TP</i>
		Beban tumbukan	<i>TC</i>
		Beban angin pada struktur	<i>EW<sub>S</sub></i>
		Beban angin pada kendaraan	<i>EW<sub>L</sub></i>
		Gempa	<i>EQ</i>
		Getaran	<i>VI</i>
		Gesekan pada perletakan	<i>BF</i>
		Pengaruh temperatur	<i>ET</i>
		Gaya apung	<i>EF</i>
		Hidro/daya apung	<i>EU</i>
		Gaya akibat susut/rangkak	<i>SH</i>
		Beban akibat penurunan	<i>SE</i>
		Gaya akibat tumbukan kapal	<i>TV</i>

Sumber: RSNI T-02-2005

Seluruh aksi tetap yang sesuai dengan jembatan tertentu diharapkan bekerja bersama-sama. Akan tetapi, apabila aksi mengurangi pengaruh total, kombinasi beban harus diperhitungkan dengan menghilangkan aksi tersebut, apabila kehilangan tersebut bisa diterima. Kombinasi pada keadaan daya layan dan keadaan ultimit terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu pengaruh aksi transien. Beberapa aksi kemungkinan dapat terjadi pada tingkat daya layan pada waktu yang sama dengan aksi lainnya pada tingkat ultimit. Kemungkinan terjadinya kombinasi seperti ini harus diperhitungkan, tetapi hanya satu aksi pada tingkat daya layan yang dimasukkan pada kombinasi pembebanan. Ringkasan yang lazim dari kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Kombinasi Beban Umum Keadaan Layan dan Ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<b>Aksi Permanen :</b>												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut rangkai												
Pratekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
<b>Aksi Transien :</b>												
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o	o		X	o		o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X		o
<b>Aksi Khusus :</b>												
Gempa												X
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
* X * berarti beban yang selalu aktif * o * berarti beban yang boleh di kombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL (2) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL						Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL					

Sumber: RSNI T-02-2005

### 3.4. Persyaratan komponen jembatan

#### 3.4.1. Beban rencana trotoar

Trotoar harus direncanakan untuk menahan beban rencana ultimit sebesar 15 kN/m yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar.

#### 3.4.2. Beban rencana sandaran (*railing*)

Fungsi utama *railing* yaitu untuk memberikan keamanan kepada pengguna jalan. Seluruh sistem pengaman lalu lintas, *railing*, *railing* kombinasi secara struktur dan geometrik harus tahan terhadap benturan kendaraan.

### 3.4.3. Lantai kendaraan

Lantai kendaraan dapat direncanakan dari pelat beton. Tulangan minimum yang harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama adalah sebagai berikut.

1. Pelat lantai yang ditumpu kolom :

$$\frac{A}{b d} = \frac{1,2}{f} \quad (3-10)$$

2. Pelat lantai yang dirumpu balok atau dinding :

$$\frac{A}{b d} = \frac{1,0}{f} \quad (3-11)$$

3. Pelat telapak :

$$\frac{A}{b} = \frac{1,0}{f} \quad (3-12)$$

keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ ),

$b$  = lebar dari muka tekan komponen struktur (mm),

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm),

$f_y$  = tegangan leleh baja (Mpa).

Syarat tebal minimum dalam perencanaan lantai jembatan harus memenuhi syarat berikut.

$$t_s \geq 200 \text{ mm} \quad (3-13)$$

$$t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm} \quad (3-14)$$

keterangan :

$t_s$  = tebal minimum pelat lantai (mm),

$l$  = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m).

### 3.4.4. Persyaratan umum perencanaan struktur baja

Dengan didasarkan pada cara perencanaan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT), yang harus memenuhi kriteria keamanan untuk semua jenis gaya dalam. Kekuatan rencana tidak kurang dari pengaruh aksi rencana sebagai berikut.

$$R_n \text{ dampak dari } \sum \gamma Q \quad (3-15)$$

Persyaratan komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor ( $N_u$ ), harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi_t N_n \quad (3-16)$$

keterangan :

$N_u$  = kuat tarik perlu merupakan gaya aksial akibat beban terfaktor (N),

$N_n$  = kuat tarik nominal (N),

$\phi_t$  = faktor reduksi diambil sebesar 0,9.

Persyaratan komponen struktur yang memikul gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor ( $N_u$ ), harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi_c N_n \quad (3-17)$$

keterangan :

$N_u$  = kuat tekan perlu merupakan gaya aksial akibat beban terfaktor (N),

$N_n$  = kuat tekan nominal (N),

$\phi_c$  = faktor reduksi diambil sebesar 0,85.

Kuat tekan nominal akibat tekuk lentur,  $N_n$ , dari komponen struktur tekan dengan elemen-elemen penampangnya mempunyai rasio lebar-tebal,  $r$ , ditentukan sebagai berikut.

$$N_n = (0,66^{A_g}) A_g f_y \text{ untuk } c \leq 1,5 \quad (3-18)$$

$$N_n = \frac{0,8}{\lambda_c^2} A_g f_y \text{ untuk } c \leq 1,5 \quad (3-19)$$

$$c = \frac{L}{r} \sqrt{\frac{I}{E}} \quad (3-20)$$

$$L_k = k_c L \quad (3-21)$$

keterangan:

$N_n$  = kuat tarik nominal (N),

$A_g$  = luas penampang bruto (mm<sup>2</sup>),

$f_y$  = tegangan leleh (MPa),

$c$  = parameter kelangsingan,

$k_c$  = faktor panjang tekuk untuk komponen rangka jembatan (mm),

$E$  = modulus elastisitas baja (MPa).

Komponen struktur yang memikul momen lentur harus memenuhi rumus berikut.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3-22)$$

keterangan :

$M_u$  = momen lentur terhadap sumbu kuat dan sumbu lemah (N-mm),

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang (N),

$\phi$  = faktor reduksi diambil sebesar 0,9.

### 3.4.5. Sambungan

Dengan mengacu pada standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan Tahun 2005, elemen sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat penyambung, pelat buhul, pelat pendukung, pelat isi) dan penghubung (baut, pen, dan las). Sambungan harus mampu menyalurkan gaya dalam rencana.



Sambungan yang direncanakan pada perancangan jembatan ini dengan menggunakan baut. Kekuatan sambungan baut harus ditentukan dengan cara rencana keadaan batas ultimit. Sehingga kekuatan geser baut diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_f = 0,62 f_{uf} k_r (n_n A_c + n_x A_o) \quad (3-23)$$

keterangan :

$V_f$  = kuat geser nominal baut (N),

$f_{uf}$  = kuat tarik minimum baut (MPa),

$k_r$  = faktor reduksi,

$n_n$  = jumlah bidang geser melalui bagian baut,

$A_c$  = luas baut berdasarkan diameter lebih kecil (mm<sup>2</sup>),

$n_x$  = jumlah bidang geser melalui bagian baut,

$A_o$  = luas batang polos nominal pada baut (mm<sup>2</sup>).

Untuk kekuatan tarik nominal baut, harus di perhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$N_{tf} = A_s f_{uf} \quad (3-24)$$

keterangan :

$N_{tf}$  = kuat tarik nominal baut (N),

$f_{uf}$  = kuat tarik minimum baut (MPa),

$A_s$  = luar tenggan tarik baut (mm<sup>2</sup>).

Untuk kekuatan nominal plat pelapis yang memikul komponen gaya yang bekerja menuju suatu sisi, kekuatan tumpu nominal plat pelapis harus diambil nilai terkecil dari rumus sebagai berikut.

$$V_b = 3,2 d_f t_p f_{up} \quad (3-25)$$

$$V_b = a_e t_p f_{up} \quad (3-26)$$

keterangan :

$d_f$  = diameter baut, dinyatakan dalam milimeter (mm),

$t_p$  = tebal plat lapis, dinyatakan dalam milimeter (mm),

$f_{up}$  = kekuatan tarik plat lapis, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa),

$a_e$  = jarak minimum dari ujung lubang ke ujung plat lapis diukur dalam arah komponen gaya ditambah setengah diameter baut, dinyatakan dalam milimeter (mm).

