

# STRUKTUR BAJA II

## MODUL 2

### Pembebanan Jembatan

Materi Pembelajaran :

1. Pendahuluan.
2. Pengertian dan istilah..
3. Aksi dan beban tetap.
  - a) Beban mati.
  - b) Beban mati tambahan.
  - c) Pelapisan kembali permukaan jembatan.
  - d) Sarana lain jembatan.
4. Beban Lalu Lintas.
  - a) Umum.
  - b) Lajur lalu lintas rencana.
  - c) Beban “D”.
  - d) Susunan beban “D” pada arah memanjang jembatan.
  - e) Penyebaran beban “D” pada arah melintang jembatan.
  - Contoh Soal.
  - f) Faktor beban “D”.
  - g) Pembebanan Truk.
5. Klasifikasi pembebanan lalu lintas.
6. Gaya Rem.
7. Gaya Sentrifugal.
8. Pembebanan untuk pejalan kaki.
9. Aksi lingkungan.
10. Aksi-aksi lain.
11. Kombinasi beban.

Tujuan Pembelajaran :

- *Mahasiswa mengetahui dan memahami pembebanan jembatan.*

DAFTAR PUSTAKA

- a) RSNI T-02-2005, *Pembebanan Untuk Jembatan.*

# Pembebanan Jembatan

## 1. Pendahuluan.

Dalam perencanaan jembatan, pembebanan yang diberlakukan pada jembatan jalan raya, adalah mengacu pada standar “RSNI T-02-2005 *Pembebanan Untuk Jembatan*”. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan.

Standar Pembebanan untuk Jembatan 2004 memuat beberapa penyesuaian berikut :

- a) Gaya rem dan gaya sentrifugal yang semula mengikuti *Austroads*, dikembalikan ke Peraturan Nr. 12/1970 dan Tata Cara SNI 03-1725-1989 yang sesuai *AASHTO*.
- b) Faktor beban ultimit dari “Beban Jembatan” BMS-1992 direduksi dari nilai 2 ke 1,8 untuk beban hidup yang sesuai *AASHTO*.
- c) Kapasitas beban hidup keadaan batas ultimit (KBU) dipertahankan sama sehingga faktor beban 1,8 menimbulkan kenaikan kapasitas beban hidup keadaan batas layan (KBL) sebesar 2/1,8 - 11,1 %.
- d) Kenaikan beban hidup layan atau nominal (KBL) meliputi :
  - d1) Beban T truk desain dari 45 ton menjadi 50 ton.
  - d2) Beban roda desain dari 10 ton menjadi 11,25 ton.
  - d3) Beban D terbagi rata (BTR) dari  $q = 8$  kPa menjadi 9 kPa.
  - d4) Beban D” garis terpusat (BGT) dari  $p = 44$  kN/m menjadi 49 kN/m.
- e) Beban mati ultimit (KBU) diambil pada tingkat nominal (faktor beban = 1) dalam pengecekan stabilitas geser dan guling dari pondasi langsung.

Sesuai standar ini, beban truk legal adalah 50 ton dengan konfigurasi satu truk setiap jalur sepanjang bentang jembatan.

Rangkaian truk legal diperhitungkan berdasarkan kasus konfigurasi kendaraan dan kapasitas aktual jembatan. Jembatan direncanakan untuk menahan beban hidup yang sesaat melewati jembatan. Dengan demikian kemacetan lalu lintas di atas jembatan harus dihindari.

## 2. Pengertian dan istilah.

Istilah-istilah yang terdapat pada RSNI T-02-2005 antara lain :

**Aksi lingkungan**, adalah pengaruh yang timbul akibat temperatur, angin, aliran air, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya.

**Aksi nominal**, adalah nilai beban rata-rata berdasarkan statistik untuk periode ulang 50 tahun.

**Beban primer**, adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban primer adalah:

1. Beban mati.
2. Beban hidup.
3. Beban kejut.
4. Gaya akibat tekanan tanah.

**Beban sekunder**, adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban sekunder adalah :

1. Beban angin.
2. Gaya akibat perbedaan suhu.
3. Gaya akibat rangkai dan susut.
4. Gaya rem dan traksi.
5. Gaya-gaya akibat gempa bumi.
6. Gaya gesekan pada tumpuan-tumpuan bergerak.

Pada umumnya beban ini mengakibatkan tegangan-tegangan relatif lebih kecil dari tegangan-tegangan akibat beban primer kecuali gaya akibat gempa bumi dan gaya gesekan yang kadang-kadang menentukan dan biasanya tergantung dari bentang, bahan, sistem konstruksi, tipe jembatan serta keadaan setempat.

**Beban khusus**, adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban khusus adalah :

1. Gaya sentrifugal.
2. Gaya tumbuk pada jembatan layang.
3. Gaya dan beban selama pelaksanaan.
4. Gaya aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan.

Beban-beban dan gaya-gaya selain di atas perlu diperhatikan, apabila hal tersebut menyangkut kekhususan jembatan, antara lain sistem konstruksi dan tipe jembatan serta keadaan setempat, misalnya gaya pratekan, gaya angkat (*buoyancy*), dan lain-lain.

**Beban mati**, adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

**Beban hidup**, adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

**Beban mati primer**, adalah berat sendiri dari pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar jembatan.

**Beban pelaksanaan**, adalah beban sementara yang mungkin bekerja pada bangunan secara menyeluruh atau sebagian selama pelaksanaan.

**Beban mati sekunder**, berat kerb, trotoar, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor. Beban tersebut dianggap terbagi rata di seluruh gelagar

**Beban lalu lintas**, adalah seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan.

**Berat**, adalah massa dari suatu benda dikali gaya gravitasi yang bekerja pada massa benda tersebut (kN). Berat = massa x g, dengan pengertian g adalah percepatan akibat gravitasi

**Faktor beban**, adalah pengali numerik yang digunakan pada aksi nominal untuk menghitung

aksi rencana. Faktor beban diambil untuk :

- Adanya perbedaan yang tidak diinginkan pada beban.
- Ketidak-tepatan dalam memperkirakan pengaruh pembebanan.
- Adanya perbedaan ketepatan dimensi yang dicapai dalam pelaksanaan

**Faktor beban biasa**, digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah mengurangi keamanan.

**Faktor beban berkurang**, digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah menambah keamanan.

**Jangka waktu aksi**, adalah perkiraan lamanya aksi bekerja dibandingkan dengan umur rencana jembatan. Ada dua macam kategori jangka waktu yang diketahui :

- Aksi tetap adalah bekerja sepanjang waktu dan bersumber pada sifat bahan jembatan cara jembatan dibangun dan bangunan lain yang mungkin menempel pada jembatan.
- Aksi transien (sementara) bekerja dengan waktu yang pendek, walaupun mungkin terjadi seringkali.

**Lantai kendaraan**, adalah seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Beban ini disebut Beban "T".

**Lajur lalu lintas**, bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Beban ini disebut Beban "D".

**Lajur lalu lintas rencana**, adalah strip dengan lebar 2,75 m dari jalur yang digunakan dimana pembebanan lalu lintas rencana bekerja.

**Lajur lalu lintas biasa**, lajur yang diberi marka pada permukaan untuk mengendalikan lalu lintas.

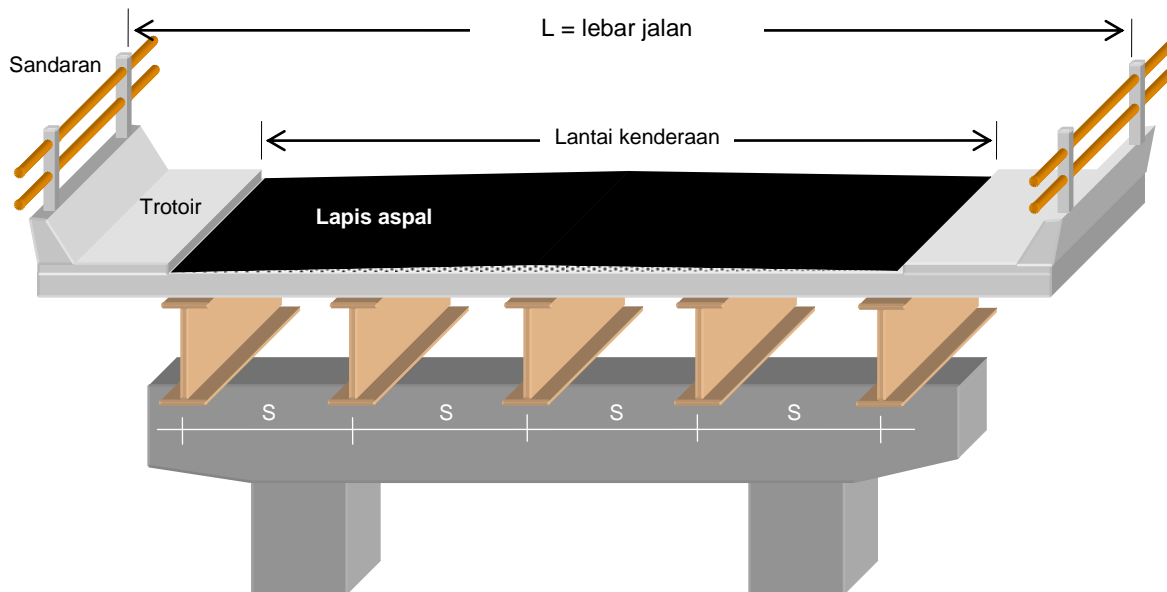
**Lebar jalan**, adalah lebar keseluruhan dari jembatan yang dapat digunakan oleh kendaraan, termasuk lajur lalu lintas biasa, bahu yang diperkeras, marka median dan marka yang berupa strip. Lebar jalan membentang dari kerb yang dipertinggi ke kerb yang lainnya. Atau apabila kerb tidak dipertinggi, adalah dari penghalang bagian dalam ke penghalang lainnya, atau  $L$  berdasarkan gambar 1.

**Profil ruang bebas jembatan**, adalah ukuran ruang dengan syarat tertentu yaitu meliputi tinggi bebas minimum jembatan tertutup, lebar bebas jembatan dan tinggi bebas minimum terhadap banjir.

#### **Tipe aksi.**

Dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total jembatan (mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon total (menambah keamanan) pada bagian lainnya.

- Tak dapat dipisah-pisahkan, artinya aksi tidak dapat dipisah ke dalam salah satu bagian yang mengurangi keamanan dan bagian lain yang menambah keamanan (misalnya pembebanan "T").
- Tersebar dimana bagian aksi yang mengurangi keamanan dapat diambil berbeda dengan bagian aksi yang menambah keamanan (misalnya, beban mati tambahan).



Gambar 1 : Potongan melintang jembatan, L adalah lebar jembatan.

### 3. Aksi dan Beban Tetap.

#### a). Beban Mati.

Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non-struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan *faktor beban* biasa dan yang berkurang. Berat isi untuk beban mati dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 1 : Berat isi untuk beban mati ( $\text{kN/m}^3$ )

No	Nama Bahan	Berat/Satuan Isi ( $\text{kN/m}^3$ )	Kerapatan Massa ( $\text{kg/m}^3$ )
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	11400
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 T02-2005

Faktor beban untuk berat sendiri (beban mati) diambil berdasarkan yang tercantum dalam tabel berikut,

Tabel 2 : Faktor beban untuk berat sendiri.

JANGKA WAKTU	JENIS MATERIAL	FAKTOR BEBAN		
		$S;;MS;$	$U;;MS;$	
			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	0,70

Sumber : RSNI T02-2005

b). Beban mati tambahan.

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.

c). Pelapisan kembali permukaan jembatan.

Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari.

d). Sarana lain jembatan.

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum yang ditempatkan pada jembatan harus dihitung setepat mungkin. Berat dari pipa untuk saluran air bersih, saluran air kotor dan lain-lainnya harus ditinjau pada keadaan kosong dan penuh sehingga kondisi yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

Faktor beban mati tambahan diambil berdasarkan yang tercantum dalam tabel berikut,

Tabel 3 : faktor beban untuk beban mati tambahan.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	$S;;MA;$		$U;;MA;$	
			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 T02-2005

#### 4. Beban Lalu Lintas (Beban Hidup).

##### a). Umum

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T".

Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-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 dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

##### b). Lajur Lalu Lintas Rencana.

Lajur lalu lintas Rencana harus mempunyai lebar 2,75 m, disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 4 berikut,

Tabel 4 : Jumlah Lajur lalu Lintas Rencana.

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana ( $n_l$ )
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 T02-2005

##### c). Beban "D".

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) " $q$ " yang digabung dengan beban garis (BGT) " $p$ " seperti terlihat dalam gambar (2). Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani " $L$ " seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa.}$$

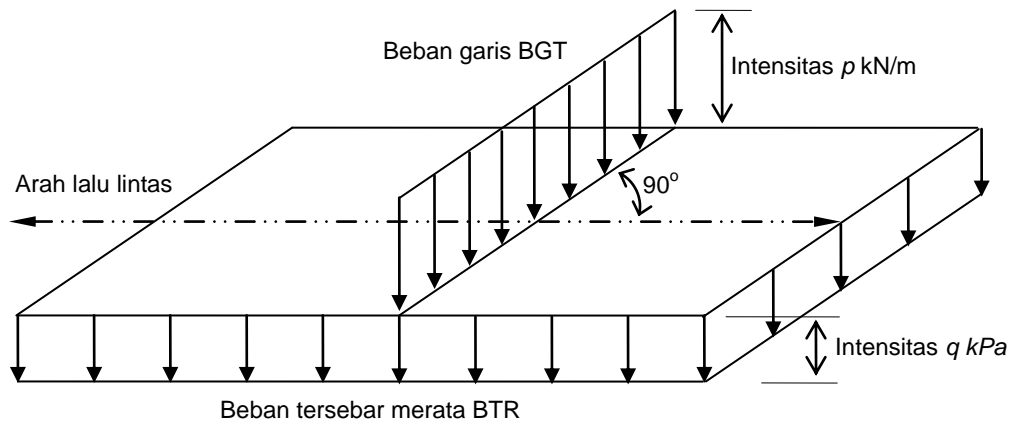
$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa.}$$

Dimana,

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

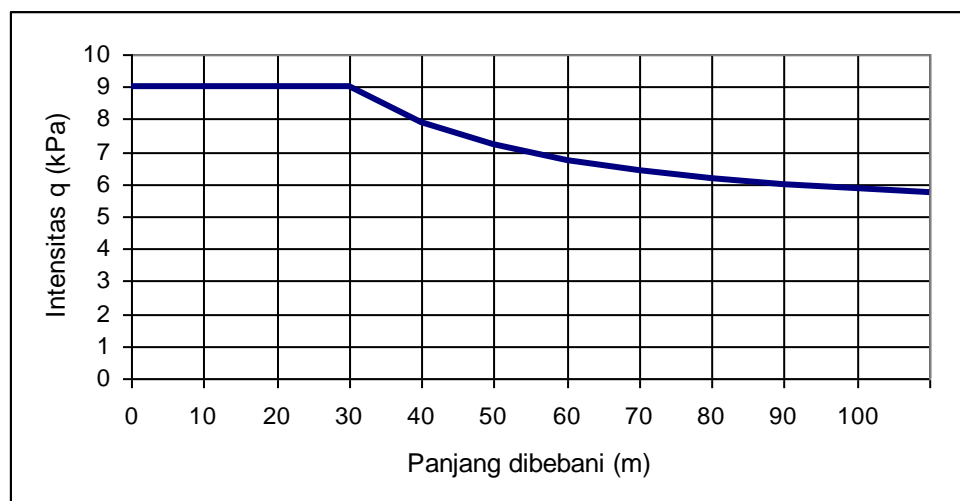
$L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

$1 \text{ kPa} = 0,001 \text{ MPa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2$ .



Gambar 2 : Beban lajur “D”.

Hubungan antara panjang bentang yang dibebani dengan intensitas beban “ $q$ ” dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 3 : Besar intensitas beban berdasarkan panjang bentang yang dibebani.

Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p \text{ kN/m}$  harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah  $49,0 \text{ kN/m}$ , lihat gambar (2) diatas.

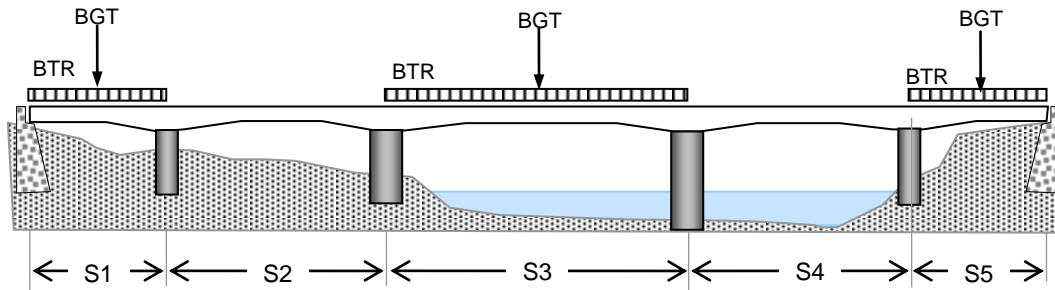
d). Susunan beban “D” pada arah memanjang jembatan.

Pada struktur jembatan yang terletak diatas banyak perletakan (gelagar menerus), susunan beban “D” dapat dilakukan berselang-seling untuk mendapatkan gaya lintang, momen dan reaksi dalam keadaan maksimum, lihat gambar (4).

d1). Momen lentur positif maksimum, bentang 1, 3 dan 5

- Untuk momen lentur maksimum di bentang 1, tempatkan BGT di bentang 1, ambil  $L =$  pengaruh terburuk dari  $S1$ ,  $S1 + S3$  atau  $S1 + S3 + S5$ .

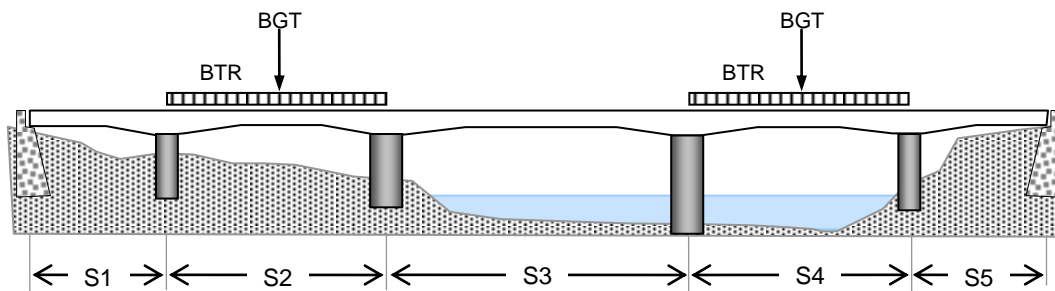
- Untuk momen lentur maksimum di bentang 3, tempatkan BGT di bentang 3, ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S1$ ,  $S1 + S3$  atau  $S1 + S3 + S5$ .
- Untuk momen lentur maksimum di bentang 5, tempatkan BGT di bentang 5, ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S1$ ,  $S1 + S3$  atau  $S1 + S3 + S5$ .



Gambar 4.a.: Momen lentur positif pada lapangan 1, 3 dan 5.

d2). Momen lentur positif maksimum, bentang 2 dan 4

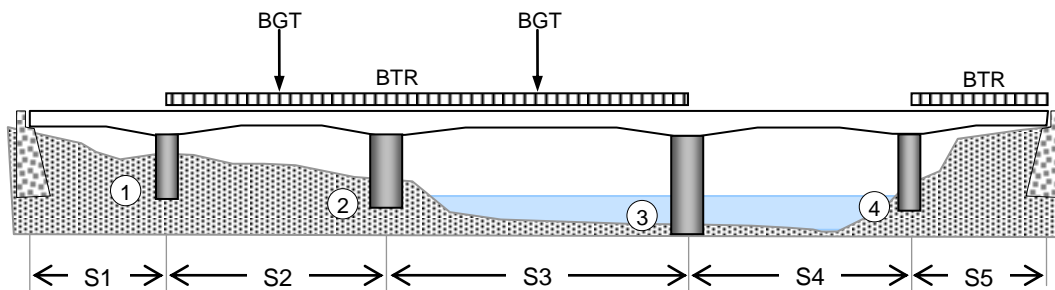
- Untuk momen lentur maksimum di bentang 2, tempatkan BGT di bentang 2 dan 3, ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S2$ , atau  $S2 + S4$ .
- Untuk momen lentur maksimum di bentang 4, tempatkan BGT di bentang 4, ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S4$ , atau  $S2 + S4$ .



Gambar 4.b.: Momen lentur positif pada lapangan 2 dan 4.

d3). Momen lentur negatif maksimum pada pilar.

- Untuk momen lentur maksimum di pilar 2, tempatkan BGT di bentang 2 dan 3, ambil  $L$  = pengaruh terburuk dari  $S2 + S3$ , atau  $S2 + S3 + S5$ .



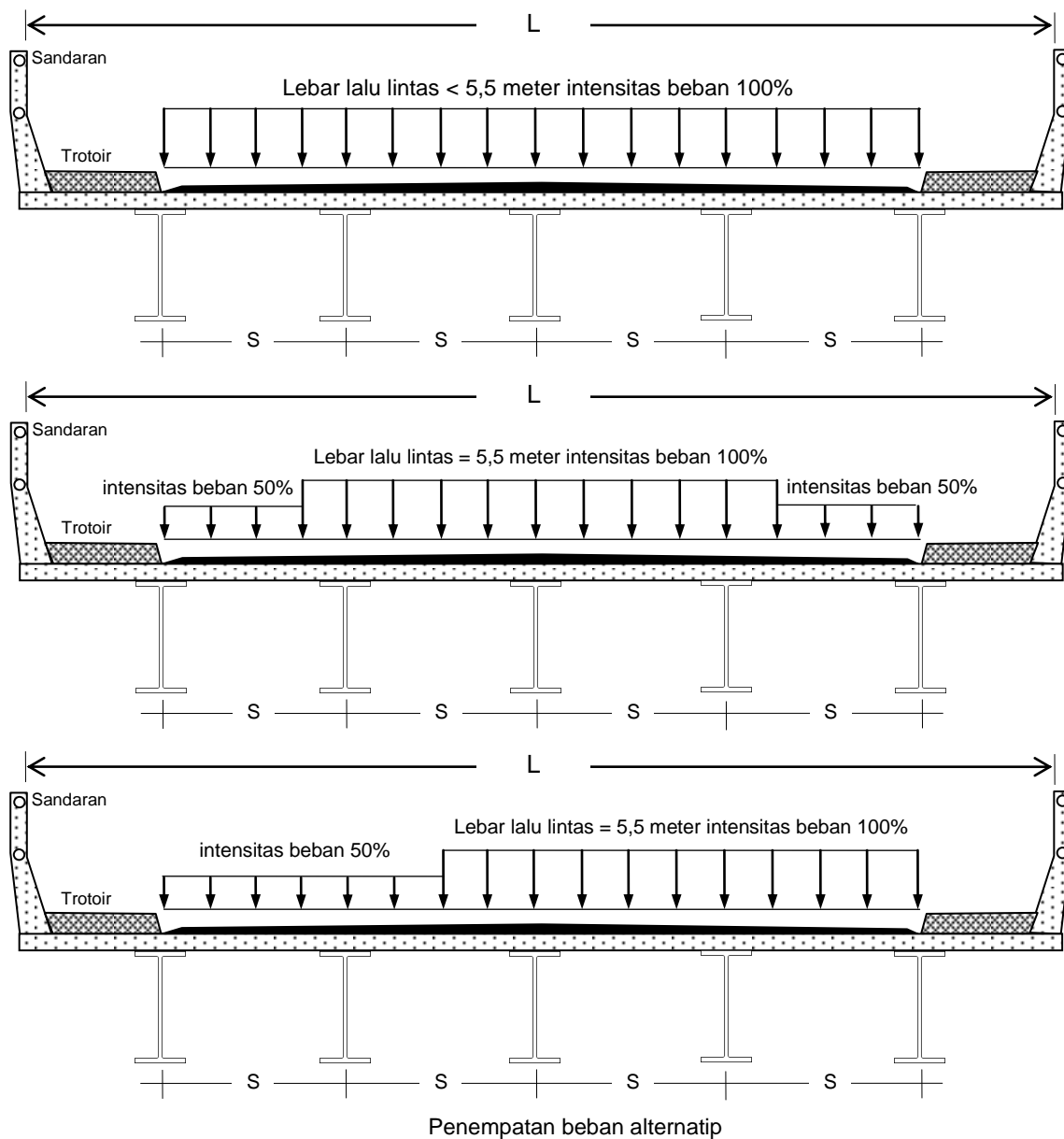
Gambar 4.c.: Momen lentur negatif maksimum pada pilar 2.

e). Penyebaran beban “D” pada arah melintang jembatan.

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari

beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- e1). Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
- e2). Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang berdekatan, tabel (4), dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar  $nl \times 2,75 q$  kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar  $nl \times 2,75 p$  kN, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar  $nl \times 2,75$  m.
- e3). Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam gambar (5) berikut,



Gambar 5 : Penyebaran beban "D" pada arah melintang jembatan.

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan gaya lintang dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan memper-

timbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

**CONTOH SOAL :** Susunan beban “D” pada arah memanjang jembatan.

Sebuah jembatan dengan lebar lalu lintas,  $b = 5,5$  meter, terletak diatas beberapa perletakan seperti tergambar. Panjang bentang,  $S_1 = 25$  meter,  $S_2 = 35$  meter,  $S_3 = 30$  meter,  $S_4 = 27$  dan  $S_5 = 20$  meter, panjang total jembatan  $L = 137$  meter. Gelagar memanjang terdiri dari 4 buah gelagar dengan jarak masing-masing  $S = 1,375$  meter. Hitunglah besar momen lentur positif maksimum pada bentang 1 akibat beban “D” dengan beberapa kemungkinan kondisi terburuk.

**Penyelesaian :**

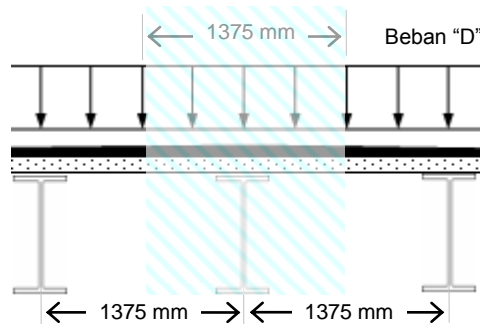
Tinjau pembebanan untuk satu gelagar, lihat gambar, bagian yang diarsir.

- Kondisi (1),

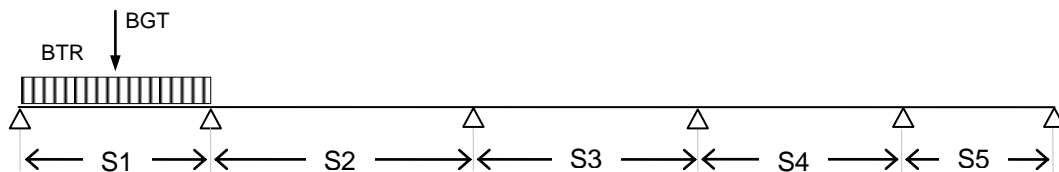
$$L = S_1 = 25 \text{ meter} < 30 \text{ meter.}$$

$$\text{BTR } q = 9 \text{ kPa} = 0,009 \text{ MPa} \times (1375 \text{ mm}) = 12,375 \text{ N/mm} = 12,375 \text{ kN/m.}$$

$$\text{BGT, } p = 49 \text{ kN/m} \times 1,375 \text{ m} = 67,375 \text{ kN.}$$



Gambar 6 : Peninjauan beban “D” untuk satu buah gelagar memanjang.



Gambar 7.(a) : Penempatan beban “D” pada arah memanjang jembatan, kondisi (1) .

Dengan SAP2000 diperoleh momen lapangan 1,

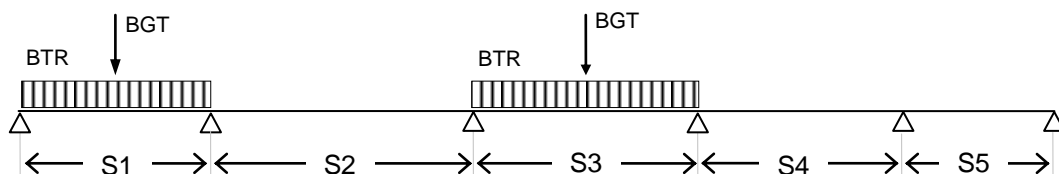
$$ML1 = 1096,25 \text{ kN.m}$$

- Kondisi (2),

$$L = S_1 + S_3 = 25 + 30 = 55 \text{ meter} > 30 \text{ meter} ; q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa.}$$

$$\text{BTR } q = 9,0 \{0,5 + 15/55\} \text{ kPa} = 6,955 \text{ kPa} = 0,006955 \text{ MPa} \times (1375 \text{ mm}) \\ = 9,563 \text{ N/mm} = 9,563 \text{ kN/m.}$$

$$\text{BGT, } p = 49 \text{ kN/m} \times 1,375 \text{ m} = 67,375 \text{ kN.}$$



Gambar 7.(b) : Penempatan beban “D” pada arah memanjang jembatan, kondisi (2) .

Dengan SAP2000 diperoleh momen lapangan 1,  
 $ML1 = 1008,51 \text{ kN.m}$

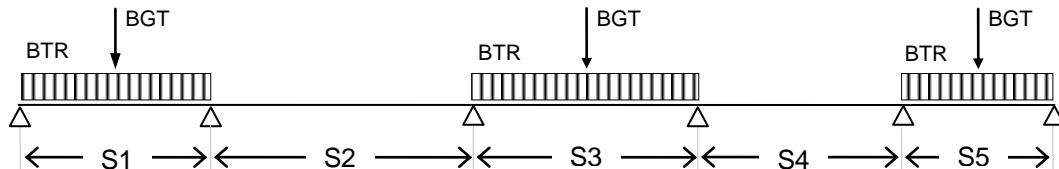
- Kondisi (3),

$$L = S1 + S3 + S5 = 25 + 30 + 20 = 75 \text{ meter} > 30 \text{ meter} ; q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa.}$$

$$\text{BTR } q = 9,0 \{0,5 + 15/75\} \text{ kPa} = 6,30 \text{ kPa} = 0,0063 \text{ MPa} \times (1375 \text{ mm})$$

$$= 8,663 \text{ N/mm} = 8,663 \text{ kN/m.}$$

$$\text{BGT, } p = 49 \text{ kN/m} \times 1,375 \text{ m} = 67,375 \text{ kN.}$$



Gambar 7.(c) : Penempatan beban “D” pada arah memanjang jembatan, kondisi (3) .

Dengan SAP2000 diperoleh momen lapangan 1,  
 $ML1 = 951,41 \text{ kN.m}$

Dari 3 kondisi pembebanan, yang paling menentukan adalah kondisi (1), dengan momen lapangan (1) sebesar,

$$ML1 = 1096,25 \text{ kN.m}$$

f). Faktor beban “D”.

Faktor beban “D” dengan jangka waktu transien (sementara) dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 5 : Faktor beban akibat beban lajur “D”.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	Kondisi Service (layan) $S;;TD;$	Kondisi Ultimate (batas) $U;;TD;$
Transien	1,0	1,8

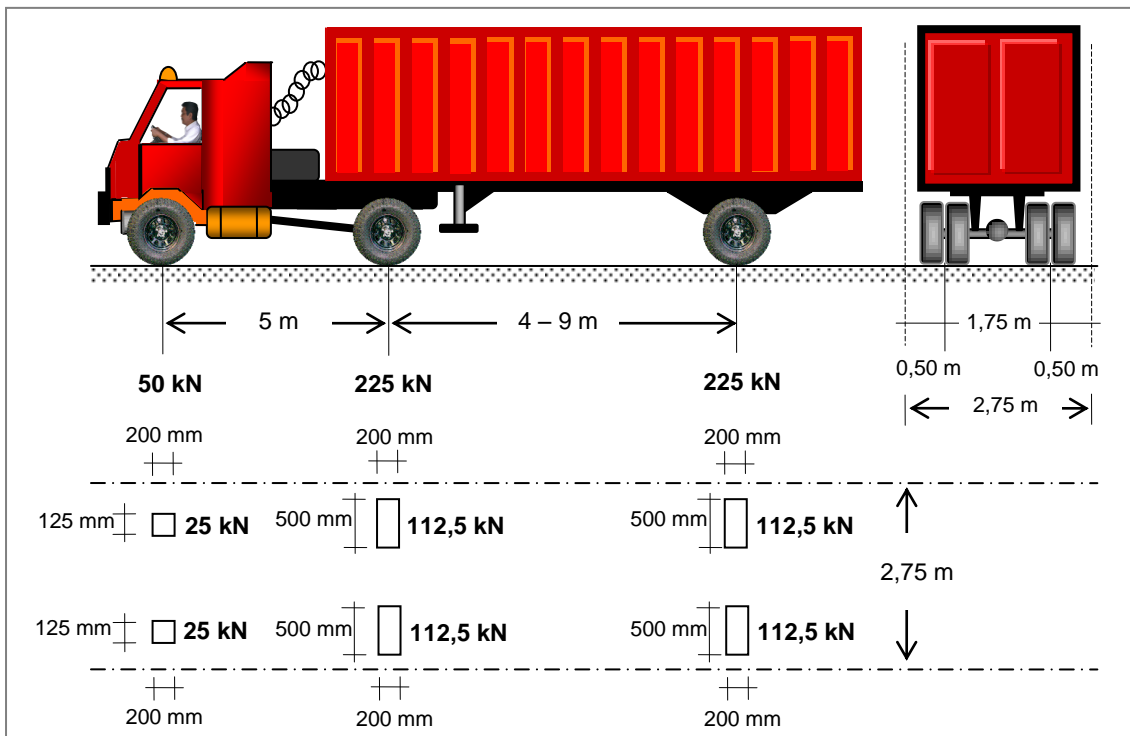
Sumber : RSNI T-02-2005

g). Pembebanan Truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 8 berikut. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

h). Posisi dan penyebaran pembebanan truk “T” dalam arah melintang jembatan.

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar (8).



Gambar 8 : Pembebanan Truk “T”.  
Sumber : RSNI T-02-2005.

i). Respon terhadap beban lalu lintas “T”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan :

i.1). Menyebar beban truk tunggal “T” pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang diberikan dalam tabel 6 berikut,

Tabel 6 : Faktor distribusi untuk pembebanan truk “T”.

Jenis bangunan atas	Jembatan jalur tunggal	Jembatan jalur majemuk
Pelat lantai beton diatas : - Balok baja I atau balok beton pratekan. - Balok beton bertulang T. - Balok kayu	S/4,2 (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1) S/4,0 (bila $S > 1,8$ m lihat Catatan 1) S/4,8 (bila $S > 3,7$ m lihat Catatan 1)	S/3,4 (bila $S > 4,3$ m lihat Catatan 1) S/3,6 (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1) S/4,2 (bila $S > 4,9$ m lihat Catatan 1)
Lantai papan kayu	S/2,4	S/2,2
Lantai baja gelombang tebal 50 mm atau lebih	S/3,3	S/2,7
Kisi-kisi baja:		
- kurang dari tebal 100 mm	S/2,6	S/2,4
- tebal 100 mm atau lebih	S/3,6 (bila $S > 3,6$ m lihat Catatan 1)	S/3,0 (bila $S > 3,2$ m lihat Catatan 1)
CATATAN 1 Dalam hal ini, beban pada tiap balok memanjang adalah reaksi beban roda dengan menganggap lantai antara gelagar sebagai balok sederhana.		
CATATAN 2 Geser balok dihitung untuk beban roda dengan reaksi $2S$ yang disebarkan oleh $S/\text{faktor} \geq 0,5$ .		
CATATAN 3 $S$ adalah jarak rata-rata antara balok memanjang (m).		

Sumber : RSNI T-02-2005.

i.2). Momen lentur ultimit rencana akibat pembebanan truk “*T*” yang diberikan dapat digunakan untuk pelat lantai yang membentangi gelagar atau balok dalam arah melintang dengan bentang antara 0,6 dan 7,4 m.

i3). Bentang efektif *S* diambil sebagai berikut :

- Untuk pelat lantai yang bersatu dengan balok atau dinding (tanpa peninggian), *S* = bentang bersih.
- Untuk pelat lantai yang didukung pada gelagar dari bahan berbeda atau tidak dicor menjadi kesatuan, *S* = bentang bersih + setengah lebar dudukan tumpuan.

Faktor beban “*T*” dengan jangka waktu transien (sementara) dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 7 : Faktor beban akibat beban truk “*T*”.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	Kondisi Service (layar) <i>S<sub>s</sub>; TT<sub>s</sub></i>	Kondisi Ultimate (batas) <i>U<sub>s</sub>; TT<sub>s</sub></i>
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNI T-02-2005

## 5. Klasifikasi pembebanan lalu lintas.

### 5.1. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi.

Dalam keadaan khusus, dengan persetujuan Instansi yang berwenang, pembebanan “*D*” setelah dikurangi menjadi 70 % bisa digunakan. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi harga berlaku untuk jembatan darurat atau semi permanen. Faktor sebesar 70 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT dan gaya *sentrifugal* yang dihitung dari BTR dan BGT.

Faktor pengurangan sebesar 70 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk “*T*” atau gaya rem pada arah memanjang jembatan.

### 5.2. Pembebanan lalu lintas yang berlebih (*overload*).

Dengan persetujuan Instansi yang berwenang, pembebanan “*D*” dapat diperbesar di atas 100 % untuk jaringan jalan yang dilewati kendaraan berat. Faktor pembesaran di atas 100 % ini diterapkan untuk BTR dan BGT dan gaya *sentrifugal* yang dihitung dari BTR dan BGT.

Faktor pembesaran di atas 100 % tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk “*T*” atau gaya rem pada arah memanjang jembatan.

### 5.3. Faktor beban dinamis.

a). Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung kepada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

b). Besarnya BGT dari pembebanan lajur “*D*” dan beban roda dari Pembebanan Truk “*T*” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit.

c). Untuk pembebanan "D", FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam gambar (9). Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen  $L_E$  diberikan dengan rumus :

$$L_E = \sqrt{L_{av} \cdot L_{maks}}$$

Dimana,

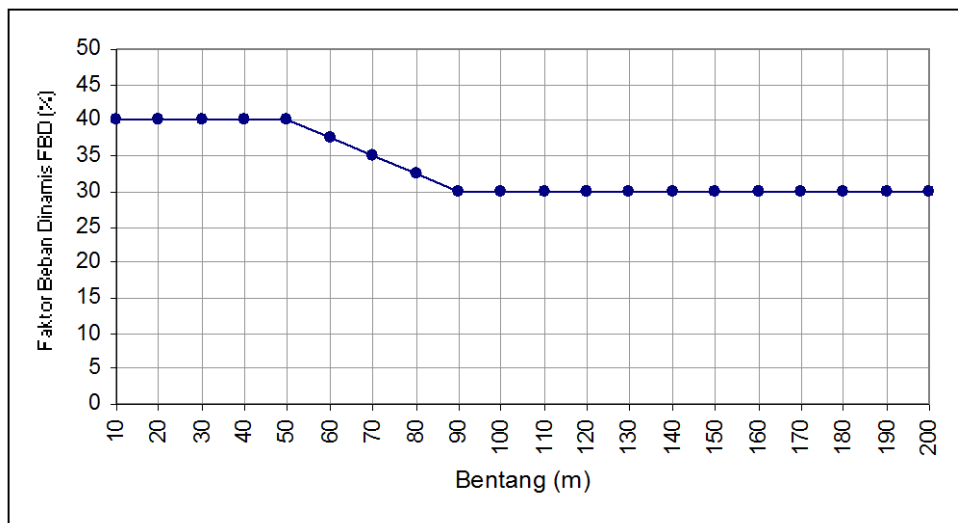
$L_{av}$  adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

$L_{maks}$  adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

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

Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada dibawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m.

Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja-tanah, harga FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Harga FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 9 : Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk BGT, pembebanan lajur "D".

Sumber : RSNi T-02-2005.

Catatan :

Untuk $L \leq 50$ m	FBD = 0,40
Untuk $50 \text{ m} < L < 90$ m	FBD = $0,40 - 0,0025 \cdot (L - 50)$
Untuk $L > 90$ m	FBD = 0,30.

## 6. Gaya Rem.

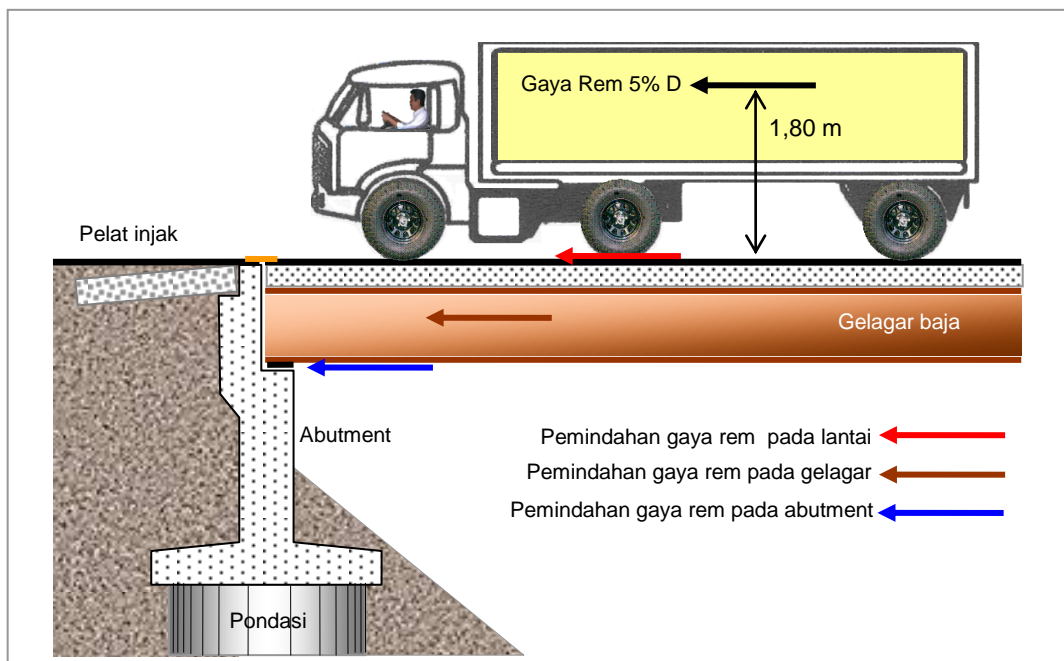
Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, (tabel 4 dan gambar 5), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem

tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus beban “D” diatas.

Dalam memperkirakan pengaruh gaya memanjang terhadap perletakan dan bangunan bawah jembatan, maka gesekan atau karakteristik perpindahan geser dari perletakan ekspansi dan kekakuan bangunan bawah harus diperhitungkan.

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka Faktor Beban Ultimit berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.



Gambar 10 : Gaya rem dari beban lajur “D”.

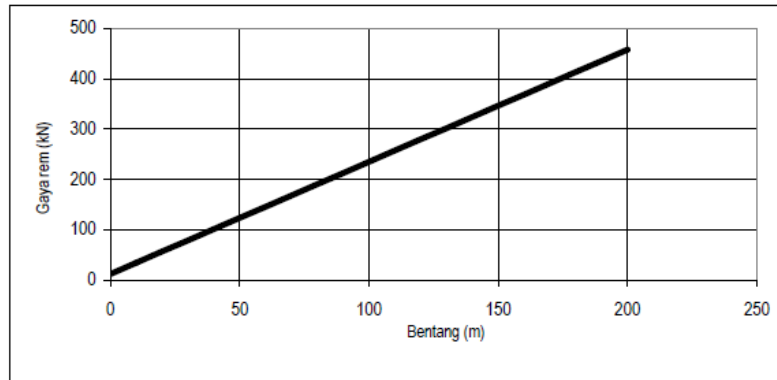
Faktor beban akibat gaya rem dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 8 : 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.

Hubungan antara besar gaya rem yang diperhitungkan dengan panjang bentang jembatan dapat dilihat pada gambar berikut,



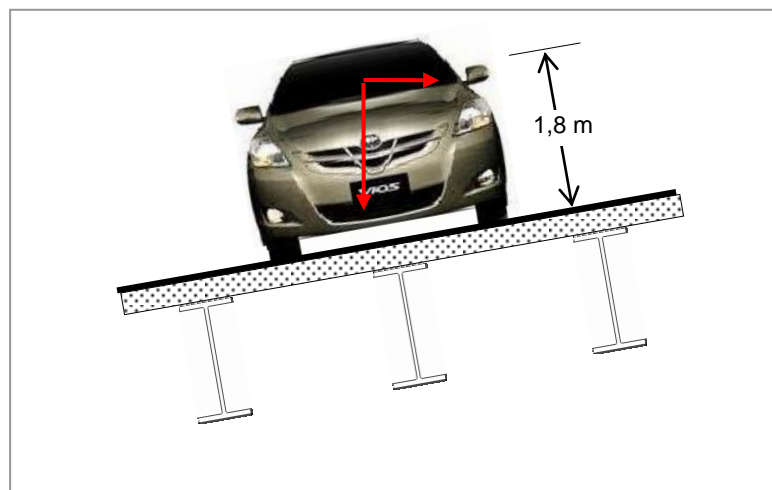
Gambar 11 : Gaya rem per lajur 2,75 meter keadaan batas ultimate (KBU).  
Sumber : RSNi T-02-2005.

## 7. Gaya Sentrifugal.

Jembatan yang berada pada tikungan harus memperhitungkan bekerjanya suatu gaya horisontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,8 m di atas lantai kendaraan. Gaya horisontal tersebut harus sebanding dengan beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis. Beban lajur D disini tidak boleh direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m. Untuk kondisi ini rumus  $q = 9$  kPa berlaku.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR berlaku untuk gaya sentrifugal.

Gaya sentrifugal harus bekerja secara bersamaan dengan pembebanan "D" atau "T" dengan pola yang sama sepanjang jembatan.



Gambar 12 : Gaya sentrifugal.

Gaya sentrifugal ditentukan dengan rumus berikut,

$$T_{TR} = 0,79 \cdot \frac{V^2}{r} T_T$$

Dimana,

$T_{TR}$  = gaya sentrifugal yang bekerja pada bagian jembatan.

$T_T$  = Pembebanan lalu lintas total (beban lajur D) yang bekerja pada bagian yang sama ( $T_{TR}$  dan  $T_T$  mempunyai satuan yang sama).

$V$  = kecepatan lalu lintas rencana (km/jam).

$R$  = jari-jari lengkung (m).

Faktor beban akibat gaya sentrifugal seperti diberikan pada tabel berikut,

Tabel 9 : Faktor beban akibat gaya sentrifugal.

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

Sumber : RSNI T-02-2005.

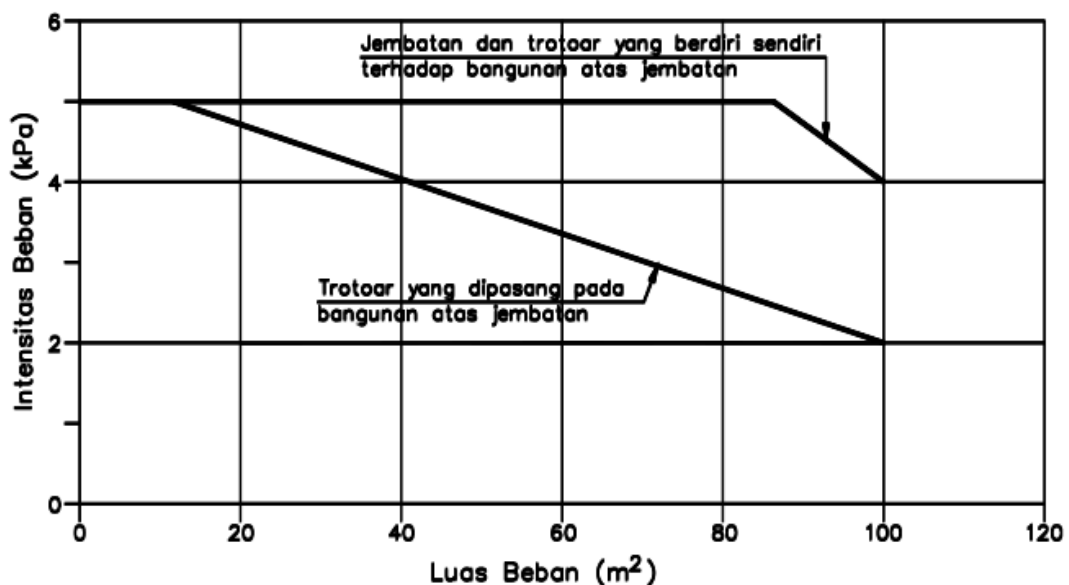
## 8. Pembebanan Untuk Pejalan Kaki.

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

Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m<sup>2</sup> dari luas yang dibebani seperti pada gambar 13.

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit.

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



Gambar 13 :Pembebanan untuk pejalan kaki.

Sumber : RSNI T-02-2005.

Faktor beban akibat pejalan kaki dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 10 : 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.

## 9. Aksi Lingkungan.

### a. Umum.

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

Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar RSNI T-02-2005 dihitung berdasarkan analisa statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat.

### b. Penurunan.

Jembatan harus direncanakan untuk bisa menahan terjadinya penurunan yang diperkirakan, termasuk perbedaan penurunan, sebagai aksi daya layan. Pengaruh penurunan mungkin bisa dikurangi dengan adanya rangkai dan interaksi pada struktur tanah.

Faktor beban akibat penurunan terlihat pada berikut,

Tabel 11 : Faktor beban akibat penurunan.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S,ES}$	$K_{U,ES}$
Transien	1,0	Tidak bisa dipakai

Sumber : RSNI T-02-2005.

### c. Pengaruh temperatur.

Temperatur dapat menyebabkan material jembatan mengalami rangkai dan susut. 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 rata-rata berbagai tipe bangunan jembatan diberikan dalam tabel 12 berikut. Besarnya harga koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas yang digunakan untuk menghitung besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi diberikan dalam tabel 13.

Tabel 12 : Temperatur jembatan rata-rata nominal. (Sumber : RSNI T-02-2005).

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan Rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan Rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15° C	40° C
Lantai beton diatas 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.		

Tabel 13 : Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.

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

Sumber : RSNI T-02-2005.

Faktor beban akibat pengaruh temperatur terdapat dalam tabel berikut,

Tabel 14 : Faktor beban akibat pengaruh temperatur.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;ET};$	$K_{U;ET};$
Transien	1,0	Biasa 1,2 Terkurangi 0,8

Sumber : RSNI T-02-2005.

#### d. Beban Angin.

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin langsung pada konstruksi tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut,

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [ kN ]}$$

Dimana,

$V_w$  = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau. Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam tabel 15.

$C_w$  = koefisien seret - lihat tabel 16.

$A_b$  = luas equivalen bagian samping jembatan (h x L) ( $m^2$ ).

Kecepatan angin rencana diberikan oleh tabel berikut,

Tabel 15 : Kecepatan angin rencana,  $V_w$ .

Keadaan batas	L o k a s i	
	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.

Koefisien seret diberikan oleh tabel berikut,

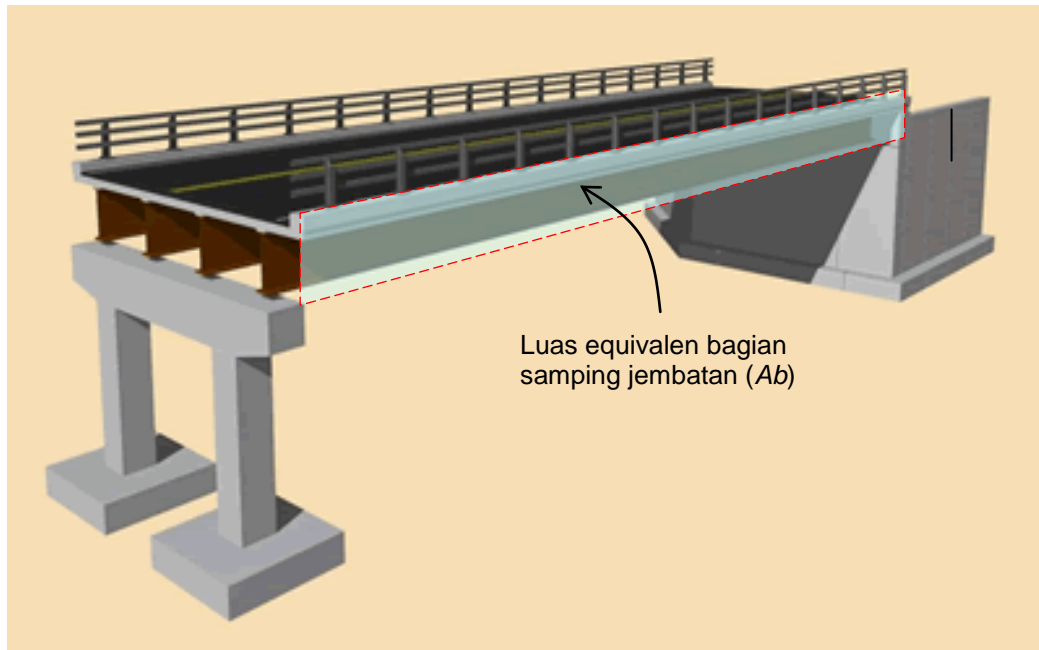
Tabel 16 : Koefisien seret,  $C_w$ .

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 linear.	

CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi,  $C_w$  harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %.

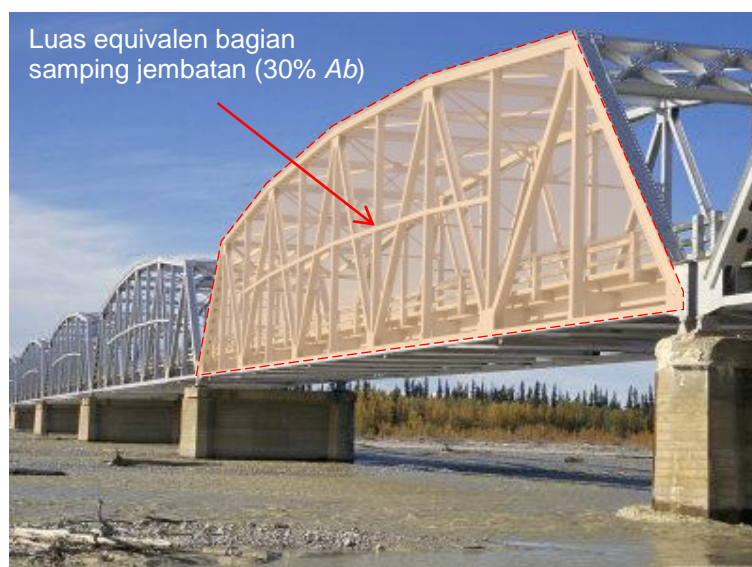
Sumber : RSNI T-02-2005.

Luas ekuivalen bagian samping jembatan ( $Ab$ ) adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan, seperti gambar berikut,



Gambar 14 : Bidang jembatan yang diterpa angin.

Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar. Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

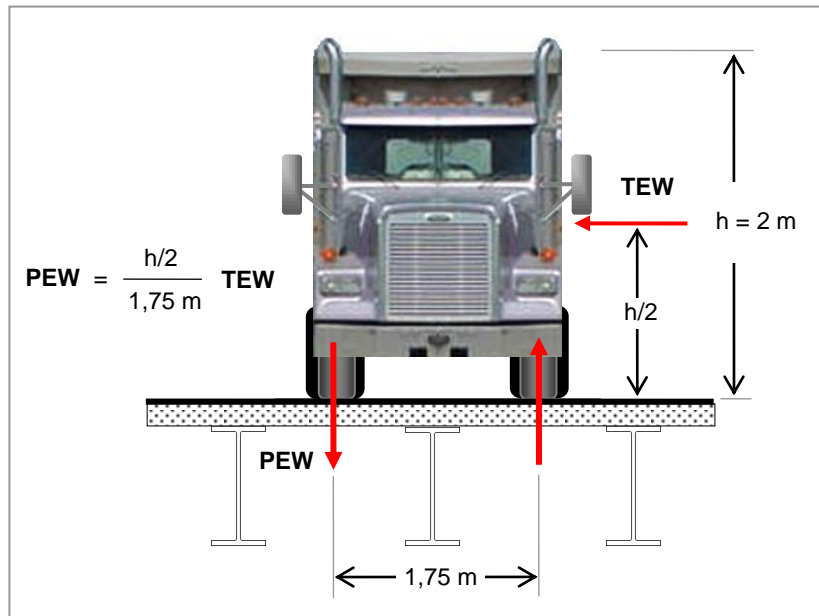


Gambar 15 : Bidang jembatan yang diterpa angin.

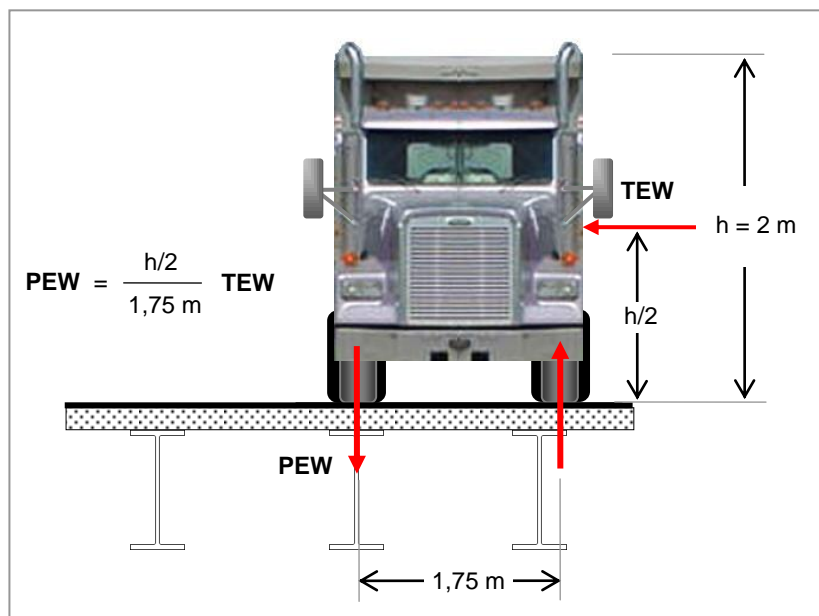
Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus,

$$TEW = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ [ kN/m]}$$

Dimana,  
 $C_w = 1.2$

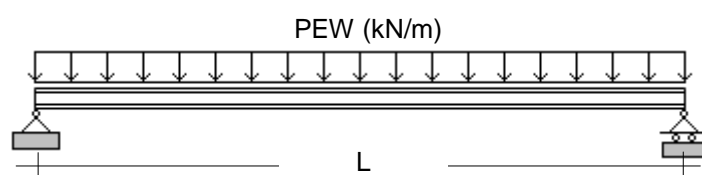


Gambar 16.a : Beban akibat angin PEW (kN/m) yang dipikul lantai jembatan.



Gambar 16.b : Beban akibat angin (PEW) yang dipikul gelagar jembatan.

Gambar 16.c.



Faktor beban akibat beban angin dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 17 : 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.

#### e. Pengaruh gempa.

Pada perencanaan jembatan, pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit.

##### e.1). Beban horizontal statis ekuivalen.

Untuk jembatan-jembatan sederhana, pengaruh gempa dihitung dengan metode beban statis ekuivalen. Untuk jembatan besar, rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T_{EQ}^* = K_h \cdot I \cdot W_T$$

Dimana,

$$K_h = C \cdot S$$

$T_{EQ}^*$  = Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN).

$K_h$  = Koefisien beban gempa horisontal.

$C$  = Koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai, diambil dari gambar 14, RSNI T-02-2005.

$I$  = Faktor kepentingan, tabel 32, RSNI T-02-2005.

$S$  = Faktor tipe bangunan, tabel 33, RSNI T-02-2005.

$W_T$  = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN).

##### e.2). Beban vertikal statis ekuivalen.

Untuk perencanaan perletakan dan sambungan, gaya gempa vertikal dihitung dengan menggunakan percepatan vertikal (keatas atau kebawah) sebesar 0.1 g (g = gravitasi), yang harus bekerja secara bersamaan dengan gaya horisontal yang dihitung. Gaya ini jangan dikurangi oleh berat sendiri jembatan dan bangunan pelengkapanya. Gaya gempa vertikal bekerja pada bangunan berdasarkan pembagian massa, dan pembagian gaya gempa antara bangunan atas dan bangunan bawah harus sebanding dengan kekakuan relatif dari perletakan atau sambungannya.

Faktor beban akibat pangaruh gempa dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 18 : Faktor beban akibat pengaruh gempa.

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K$	$K$
Transien	Tidak dapat digunakan	1,0

Sumber : RSNI T-02-2005.

## 10. Aksi-aksi Lain.

### a. Gesekan pada perletakan

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung dengan menggunakan hanya beban tetap, dan harga rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekakuan geser apabila menggunakan perletakan elastomer).

### b. Pengaruh getaran

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

Getaran pada jembatan harus diselidiki untuk keadaan batas daya layan terhadap getaran. Satu lajur lalu lintas rencana dengan pembebanan "beban lajur D", dengan faktor beban 1,0 harus ditempatkan sepanjang bentang agar diperoleh lendutan statis maksimum pada trotoar. Lendutan ini jangan melampaui apa yang diberikan dalam gambar 17 RSNI T-02-2005 untuk mendapatkan tingkat kegunaan pada pejalan kaki.

## 11. Kombinasi beban

### a. Umum.

Aksi rencana digolongkan kedalam aksi tetap dan transien, seperti terlihat dalam tabel berikut. Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan.

Tabel 19 : Tipe aksi rencana.

Aksi Tetap		Aksi Transien	
N a m a	Simbol	N a m a	Simbol
Berat sendiri	$P_{MS}$	Beban lajur "D"	$T_{TD}$
Beban mati tambahan	$P_{MA}$	Beban truk "T"	$T_{TT}$
Penyusutan/rangkak	$P_{SR}$	Gaya rem	$T_{TB}$
Prategang	$P_{PR}$	Gaya sentrifugal	$T_{TR}$
Pengaruh pelaksanaan tetap	$P_{PL}$	Beban pejalan kaki	$T_{TP}$
Tekanan tanah	$P_{TA}$	Beban tumbukan	$T_{TC}$
Penurunan	$P_{ES}$	Beban angin	$T_{EW}$
		Beban gempa	$T_{EQ}$
		Getaran	$T_{VI}$
		Gesekan pd perletakan	$T_{BF}$
		Pengaruh temperatur	$T_{ET}$
		Arus/hanyutan/tumbuk	$T_{EF}$
		Hidro/daya apung	$T_{EU}$
		Beban pelaksanaan	$T_{CL}$

Sumber : RSNI T-02-2005.

Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau berkurang. Disini keadaan paling berbahaya harus diambil.

Ringkasan dari kombinasi beban dalam keadaan layan dan keadaan ultimit dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 20 : Kombinasi beban umum untuk keadaan layan dan ultimit.

A K S I	LAYAN						ULTIMIT					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<b>Aksi Permanen :</b>												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut/rangkak												
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 temperatur	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 dikombinasi 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.

## 12. Tegangan Kerja Rencana

### a. Umum

Dalam perencanaan tegangan kerja, beban nominal bekerja pada jembatan dan satu faktor keamanan digunakan untuk menghitung besarnya penurunan kekuatan atau perlawanan dari komponen bangunan. Untuk perencanaan yang baik, hubungan berikut harus dipenuhi :

$$S^* \leq R^*_{ws}$$

Dimana,

$S^*$  = pengaruh aksi rencana.

$S^*$  =  $\Sigma S$

$S$  = pengaruh aksi nominal

$R^*_{ws}$  = perlawanan atau kekuatan rencana.

$$R^*_{ws} = \left( 1 + \frac{r_{os}}{100} \right) R_{ws}$$

Dimana,

$R_{ws}$  = perlawanan atau kekuatan nominal berdasarkan tegangan kerja izin.

$r_{os}$  = tegangan berlebihan yang diperbolehkan.

#### b. Aksi nominal

Aksi nominal yang digunakan dalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja tercantum dalam tabel RSNI T-02-2005, pengaruh getaran juga harus diperiksa.

Syarat-syarat yang harus digunakan pada penerapan aksi nominal didalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja adalah seperti berikut :

- 1). Beban lalu lintas.
  - a). Pembebanan lalu lintas yang telah dikurangi bisa digunakan apabila diperlukan.
  - b). Faktor beban dinamis harus diterapkan.
- 2). Beban tumbukan dengan kendaraan harus diterapkan sebagai aksi nominal.
- 3). Tekanan tanah arah lateral harus dihitung berdasarkan sifat-sifat bahan terfaktor, dan untuk nilai resultanta rencana digunakan faktor beban keadaan batas daya layan.
- 4). Hanyutan dan aliran, besarnya kecepatan air rata-rata dan kecepatan air permukaan harus sesuai dengan periode ulang untuk keadaan batas ultimit.
- 5). Beban angin, kecepatan nominal harus sesuai dengan kecepatan untuk keadaan batas ultimit.
- 6). Pengaruh gempa nominal harus diambil 0,8 kali pengaruh yang dihitung.

#### c. Kombinasi beban

Kombinasi beban untuk perencanaan berdasarkan tegangan kerja diberikan dalam Tabel (24) berikut. Aksi tetap harus digabungkan. Kombinasi beban lalu lintas harus terdiri dari,

- 1). Pembebanan lajur "D" atau pembebanan Truk "T", ditambah gaya sentrifugal, dan pembebanan pejalan kaki.
- 2). Pembebanan lajur "D" atau pembebanan Truk "T", ditambah gaya rem, dan pembebanan pejalan kaki.

Kombinasi beban lalu lintas yang digunakan harus diambil salah satu yang paling berbahaya. Pengaruh dari gesekan pada perletakan harus dimasukkan sebagai aksi tetap atau pengaruh temperatur, diambil mana yang cocok.

Beban angin harus termasuk beban angin yang bekerja pada beban hidup kalau pembebanan lajur "D" termasuk dalam kombinasi.

Beberapa kombinasi beban mempunyai probabilitas kejadian yang rendah dan jangka waktu yang pendek. Untuk kombinasi yang demikian maka tegangan yang berlebihan diperbolehkan berdasarkan prinsip tegangan kerja.

Tegangan berlebihan yang diberikan dalam Tabel (24) adalah sebagai prosentase dari tegangan kerja yang diizinkan.

Tabel 24 : Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja.

A K S I	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.