

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk membolehkan laluan pejalan kaki, pemandu kendaraan atau kereta api diatas halangan itu.

Jembatan terdiri dari enam bagian pokok yaitu :

1. Bangunan atas jembatan yaitu bagian struktur jembatan yang berada pada bagian atas jembatan, yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang dan kendaraan dan juga yang lain kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah.
2. Landasan adalah suatu bagian ujung dari suatu bangunan atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah.
3. Bangunan bawah jembatan yaitu bangunan struktur jembatan yang berada di bawah struktur atas jembatan yang berfungsi untuk menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas kemudian menyalurkannya ke pondasi.
4. Pondasi yaitu bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk menerima beban-beban dari bangunan bawan kemudian menyalurkannya ke tanah.
5. Oprit yaitu timbunan tanah di belakang abutment, timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin, untuk menghindari terjadinya *settlement*.
6. Bangunan pengaman jembatan yaitu bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk pengamanan terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pada umumnya jembatan dapat di klasifikasikan menjadi 7 (tujuh) jenis, yaitu :

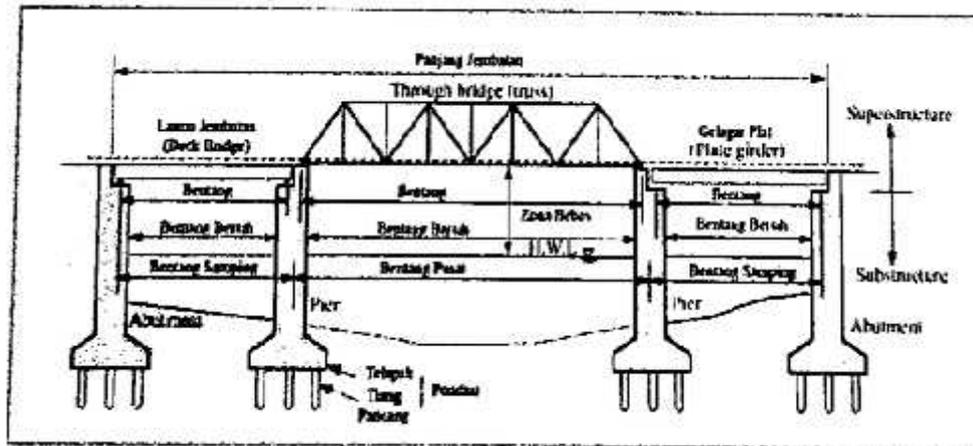
- A. Klasifikasi menurut tujuan penggunaannya
  - 1. Jembatan jalan raya
  - 2. Jembatan jalan kereta api
  - 3. Jembatan air / pipa dan saluran
  - 4. Jembatan militer
  - 5. Jembatan pejalan kaki / penyeberangan
  
- B. Klasifikasi menurut bahan material yang digunakan
  - 1. Jembatan kayu
  - 2. Jembatan 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
  - 1. Jembatan lantai atas
  - 2. Jembatan lantai tengah
  - 3. Jembatan lantai bawah
  - 4. Jembatan *double dock*
  
- D. Klasifikasi menurut struktur / konstruksinya
  - 1. Jembatan Gelegar (*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
  - 1. Jembatan tegak lurus
  - 2. Jembatan lurus (*Straight Bridge*)
  - 3. Jembatan lengkung (*Curved Bridge*)
  
- F. Klasifikasi menurut lokasi
  - 1. Jembatan biasa
  - 2. Jembatan *Viaduct*
  - 3. Jembatan layang (*Overbridge / Roadway Crossing*)
  - 4. Jembatan kereta api
  
- G. Klasifikasi menurut keawetan umur
  - 1. Jembatan darurat
  - 2. Jembatan sementara
  - 3. Jembatan permanen
  
- H. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan / derajat gerak
  - a. Jembatan atap
  - b. Jembatan dapat digerakkan

Pada Proyek Pembangunan Jembatan Air Muara Rambang ini jenis jembatan yang digunakan yaitu jembatan konstruksi rangka baja.

## **2.2 Bagian – Bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja**

Secara umum konstruksi jembatan rangka baja memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*substructure*). Bangunan adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban - beban lalu lintas yang bekerja. Sedangkan bangunan bawah adalah konstruksi yang menerima beban – beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke lapisan pendukung (tanah keras) di bawahnya.



Gambar 2.1 bagian – bagian konstruksi jembatan rangka baja

#### A. Bangunan Atas

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi jembatan yang menampung beban – beban lalu lintas, orang, barang, dan berat sendiri konstruksi kemudian menyalurkan beban tersebut ke bagian bawah.

Bagian bangunan atas suatu jembatan terdiri dari :

##### 1. Sandaran

Berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun orang yang melewatinya, pada jembatan rangka baja dan jembatan beton umumnya sandaran dibuat dari pipa galvanis atau semacamnya.

##### 2. Rangka Jembatan

Rangka jembatan terbuat dari baja profil seperti type WF, sehingga lebih baik dalam menerima beban – beban yang bekerja secara lateral (beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu batang).

##### 3. Trotoar

Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai jalan atau permukaan aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar 0,5 – 1,5 meter dan di

pasang di bagian kanan serta kiri jembatan. Pada ujung tepi trotoar (*kerb*) di pasang lis dari baja siku untuk penguat trotoar dari pengaruh gesekan dengan roda kendaraan.

#### 4. Lantai Kendaraan

Merupakan lintasan utama yang di lalui kendaraan, lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan, supaya jalan kendaraan dapat lebih leluasa, dimana masing – masing lajur umumnya memiliki lebar 2,75 meter (PPTJ bagian 2 hal 2-8).

#### 5. Gelagar Melintang

Berfungsi menerima beban lantai kendaraan, trotoar, gelagar memanjang dan beban lainnya serta menyalurkannya ke rangka utama.

#### 6. Ikatan Angin Atas / Bawah Dan Ikatan Rem

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik dari bagian atas maupun bagian bawah jembatan agar jembatan dalam keadaan stabil. Sedangkan ikatan rem berfungsi untuk menahan saat terjadi gaya rem akibat pengereman kendaraan yang melintas di atasnya.

#### 7. Landasan / Perletakan

Landasan atau perletakan dibuat untuk menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal, maupun lateral dan menyalurkannya ke bangunan di bawahnya, serta mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu dan untuk memeriksa kemungkinan rotasi pada perletakan yang akan menyertai lendutan dari struktur yang dibebani.

Ada tiga macam perletakan yaitu sendi, rol, dan elastomer.

## B. Bangunan Bawah

Bangunan ini terletak pada bagian konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas. Kemudian disalurkan ke pondasi kemudian diteruskan ke tanah keras dibawahnya. Dalam perencanaan jembatan masalah bangunan bawah harus mendapatkan perhatian lebih, karena bangunan bawah merupakan salah satu penyangga dan penyalur semua beban yang bekerja pada jembatan termasuk juga gaya akibat gempa. Selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya-gaya akibat tekanan tanah oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewakru pelaksanaan. Bangunan bawah terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

### 1. Abutment

Abutment atau kepala jembatan yang merupakan salah satu bagian konstruksi yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan diatasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit. Konstruksi abutment juga dilengkapi dengan konstruksi sayap untuk menahan tanah dengan arah tegak lurus dari as jalan. Bentuk umum abutment yang sering dijumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semuanya sama yaitu sebagai pendukung bangunan atas, tapi yang paling umum ditinjau dari kondisi lapangan seperti daya tanah dasar dan penurunan (*settlement*) yang terjadi. Adapun jenis abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok.

### 2. Pondasi

Pondasi berfungsi untuk memikul beban diatas dan meneruskannya kelapisan tanah pendukung tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang berlebihan. Adapun hal yang diperlukan dalam perencanaan pondasi diantaranya :

- Daya dukung tanah terhadap konstruksi

- Beban-beban yang bekerja pada tanah baik langsung maupun tidak langsung

Secara umum jenis pondasi yang sering digunakan pada jembatan ada 3 (tiga) macam yaitu :

- Pondasi langsung pangkal
- Pondasi sumuran
- Pondasi dalam (tiang pancang / bor)

### 3. Pelat Injak

Pelat injak berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan memasuki awal jembatan. Pelat injak ini sangat berpengaruh pada pekerjaan bangunan bawah. Karena bila dalam pelaksanaan pemadatan kurang sempurna maka akan mengakibatkan penurunan dan plat injakan patah.

### 4. Oprit

Berfungsi untuk menahan kestabilan tanah dikiri dan kanan jembatan agar tidak terjadi kelongsoran. Oprit di belakang abutment, oleh karena itu dalam pelaksanaan penimbunan tanah harus dibuat sepadat mungkin.

## 2.3 Dasar – Dasar Perencanaan Jembatan Rangka Baja

Seorang perancang jembatan dalam suatu jembatan harus dapat memberikan alternatif sistem struktur jembatan yang akan dipakai, disamping harus mempertimbangkan aspek teknis juga dipertimbangkan aspek biaya pembangunan dan metode pelaksanaan yang dapat dipakai tanpa peralatan khusus yang langka.

## 2.4 Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan sebaiknya berdasarkan peraturan yang dikeluarkan dirjen bina marga departemen pekerjaan umum yaitu RSNI

T – 02 – 2005 standar pembebanan untuk jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi dan metoda penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seizin pejabat yang berwenang.

Butir – butir tersebut di atas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama >200 m.

a. Umum

1. Masa dari setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan.
2. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah  $9,8 \text{ m/dt}^2$ .
3. Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, tetapi tidak untuk keadaan yang dilainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban terkurangi. Akan tetapi apabila kerapatan masadiambil dari suatu jajaran harga, dan harga yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan tepat, maka perencana harus memilih-milih harga tersebut untuk mendapatkan keadaan yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini dan tidak boleh diubah.
4. Beban mati jembatan terdiridari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemennon struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut.
5. Tipe aksi, dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total jembatan (mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon tital (menambah keamanan) pada bagian lainnya.

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

Tabel 2.1 Ringkasan Aksi-Aksi Rencana

Pasal No	Aksi		Lamanya Waktu (3)	Faktor Baban Pada Keadaan Batas		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan $K_{s,;xx}$	Ultimit $K_{u,;xx}$	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat sendiri	$P_{MS}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.3	Beban mati tambahan	$P_{MA}$	Tetap	1,0/13 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan dan rangkai	$P_{SR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	$P_{PR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan tanah	$P_{TA}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.7	Beban pelaksanaan tetap	$P_{PL}$	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban lajur "D"	$T_{TD}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban lajur "L"	$T_{TT}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya rem	$T_{TB}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	$T_{TP}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban Trotoar	$T_{TC}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban – beban tumbukan	$T_{ES}$	Tran	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	$P_{ES}$	Tetap	1,0	N/A	N/A
7.3	Temperatur	$T_{ET}$	Tran	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran/ benda hanyutan	$T_{EF}$	Tran	1,0	*(3)	N/A
7.5	Hidro/ daya apung	$T_{EU}$	Tran	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	$T_{EW}$	Tran	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	$T_{EO}$	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	$T_{BF}$	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	$T_{VL}$	Tran	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	$T_{CL}$	Tran	*(3)	*(3)	*(3)
CATATAN (1) Simbol yang terlihat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk : $P*MS$ = berat sendiri rencana						
CATATAN (2) Tran = Transien						
CATATAN (3) Untuk penjelasan lihat pasal yang sesuai						
CATATAN (4) "N/A" menandakan tidak dapat dipakai. Dalam hal dimana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol.						

( Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

## b. Berat sendiri

Tabel 2.2 Faktor Beban Untuk Berat Sendiri

Jangka Waktu	FAKTOR BEBAN			
	K		K	
			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 : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

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

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. Perencana jembatan menentukan elemen – elemen tersebut .

Tabel 2.3 Berat isi untuk beban mati ( $\text{kN/m}^3$ )

No.	Bahan	Berat/Satuan isi ( $\text{KN/m}^3$ )	Kerapatan masa ( $\text{Kg/m}^3$ )
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunanah dipadatkan	17.2	2760
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	Bau 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 inak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	1680

(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

c. Beban mati tambahan / utilitas

Tabel 2.4 Faktor beban untuk beban mati tambahan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K		K	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum (1)	1	2	0,7
	Keadaan khusus	1	1,4	0,8

CATATAN (1) faktor beban dayalayan 1,3 digunakan untuk utilitas

(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

### 1. Pengertian dan persyaratan

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.

Dalam tertentu harga KMA yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut mengawasi beban mati tambahan sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan. Pasal ini tidak berlaku untuk tanah yang bekerja pada jembatan.

### 2. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang, semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar. Pelapisan kembali yang diizinkan adalah merupakan beban nominal yang dikaitkan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban rencana.

### 3. 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.

### d. Beban terbagi rata (BTR)

Mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung panjang total yang dibebani  $L$ , seperti berikut :

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 90 \text{ kPa}$$

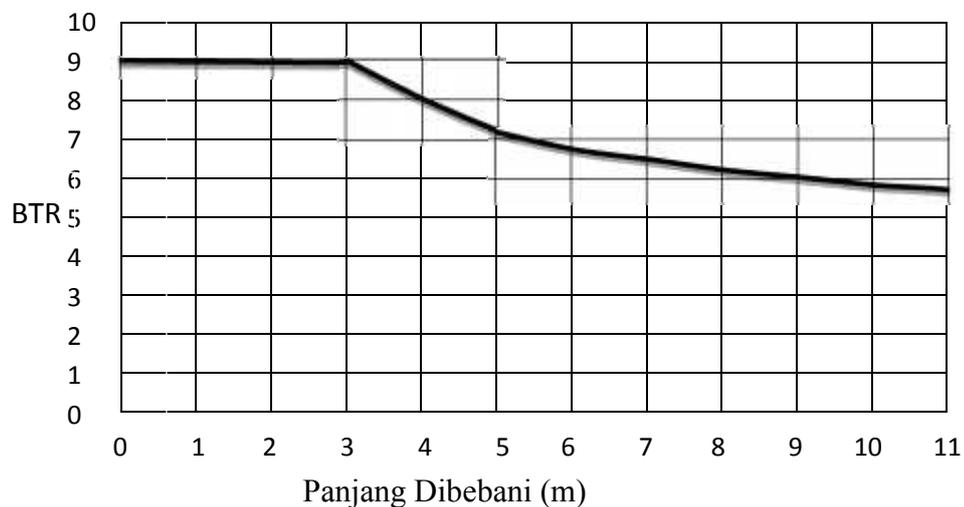
$$L > 30 \text{ m} : q = 90 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

Dengan pengertian :

$Q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) ddalamarah memanjang jembatan.

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

Hubungan ini bisa dilihat dalam gambar 2.1. Panjang yang dibebani  $L$  Adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang – panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

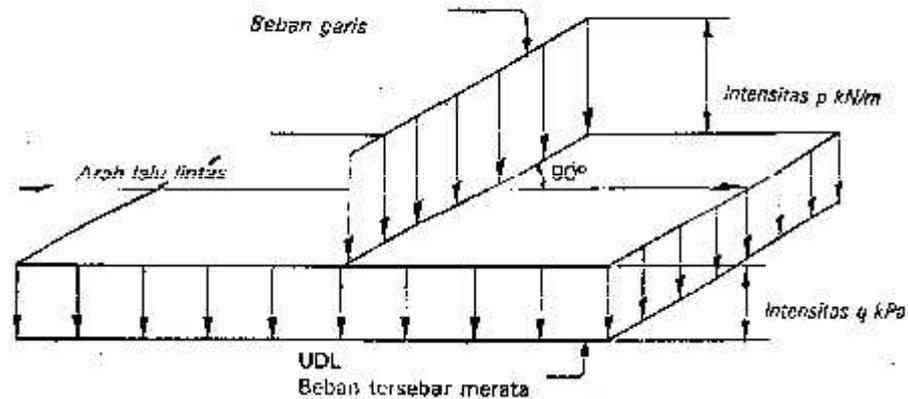


Gambar 2.2 Beban “D” : BTR vs Panjang yang dibebani

e. Beban garis terpusat (BGT)

Dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m.

Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya, ini dapat dilihat pada gambar 2.3

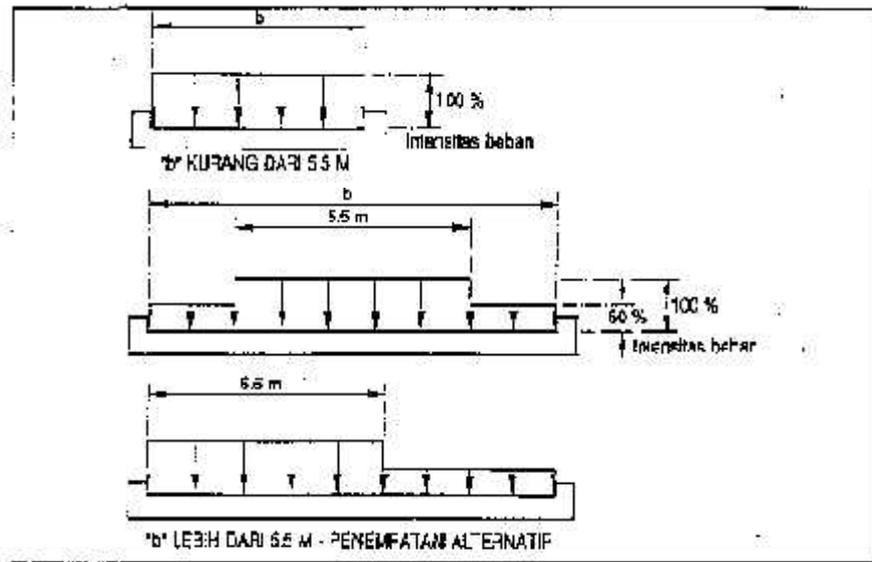


Gambar 2.3 Beban lajur “D”

f. Penyebaran beban D pada arah melintang

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 :

1. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban “D” harus ditempatkan pada seluruh pilar dengan intensitas 100% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1
2. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban “D” harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana ( $n_1$ ) yang berdekatan (Tabel 11), dengan intensitas 100% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar  $n_1 \times 2,75 q$  kN/m dan beban terpusat ekuivalen  $n_1 \times 2,75 p$  kN, kedua-duanya bekerja strip pada lajur sebesar  $n_1 \times 2,75$  m.
3. Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1. susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam Gambar 2.4



Gambar 2.4 Penyeberangan pembebanan pada arah melintang.

4. Luas lajur yang ditempati median yang dimaksud dalam pasal ini harus dianggap bagian jalur dan dibebani dengan beban yang sesuai, kecuali apabila median tersebut terbuat dari penghalang lalu lintas yang tetap.

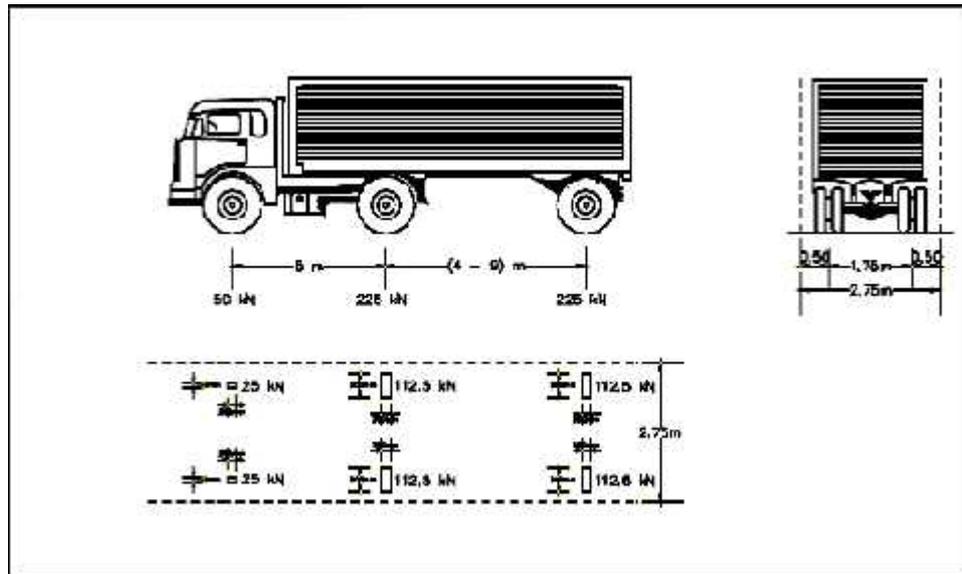
g. Beban truck “T”

Tabel 2.5 Faktor beban akibat pembebanan truck “T”

Jangka waktu	Faktor Beban	
	$K_{S;TT}$	$K_{U;TT}$
Transien	1,0	1,8

(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

Pembebanan truck “T” terdiri dari kendaraan truck semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.5. 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 tersebar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2.5 Pembebanan truck “T”(500 KN)

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truck “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truck “T” ini harus ditempatkan ditengah – tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar 2.5. jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam pasal 6.2 berikut, akan tetapi jumlah lebih kecil bisadigunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah jalur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan.

Untuk pembebanan truck “T”. FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada di bawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m.

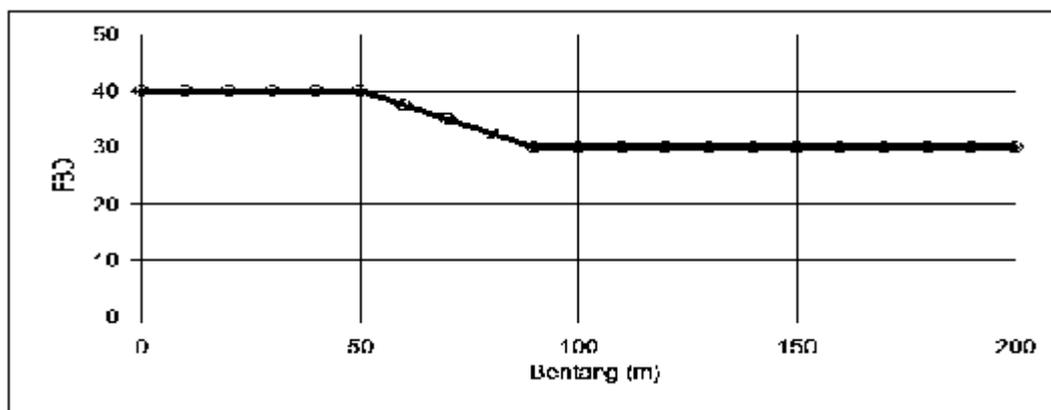
Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong - gorong dan struktur baja tanah. Harga FBD jangan diambil kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa di interpolasi linier. Harga

FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus ditetapkan untuk bangunan seutuhnya.

Tabel 2.6 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana ( $n_1$ )
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 banyak arah		
CATATAN (3) lebar minimum yang aman untuk dua lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0-6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)



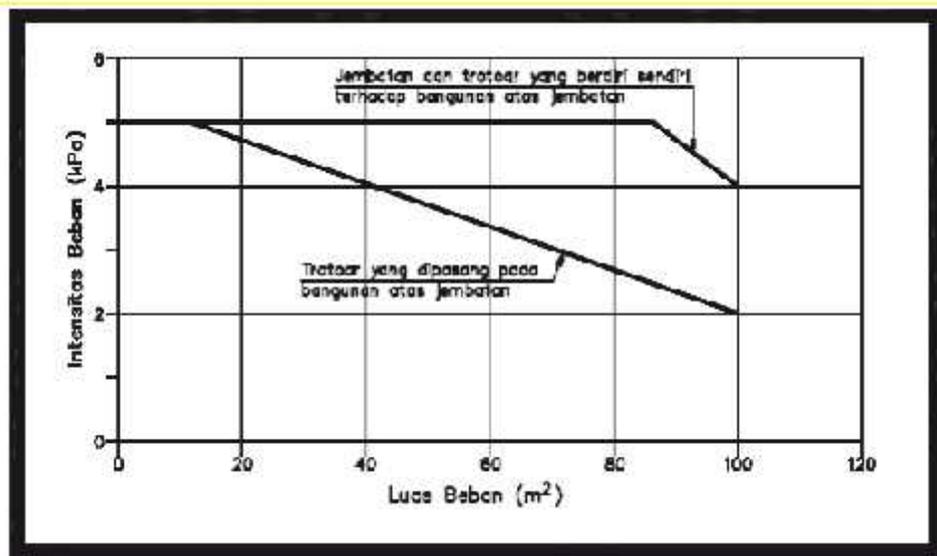
Gambar 2.6 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur "D"

## h. Beban pejalan kaki

Tabel 2.7 Faktor akibat pembebanan untuk pejalan kaki

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{s,IP}$	$K_{u,IP}$
Transien	1,0	1,0

(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)



Gambar 2.7 pembebanan untuk pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan 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 gambar.

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 hihup terpusat sebesar 20 KN.

i. Gaya rem

Tabel 2.8 Faktor beban akibat gaya rem

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

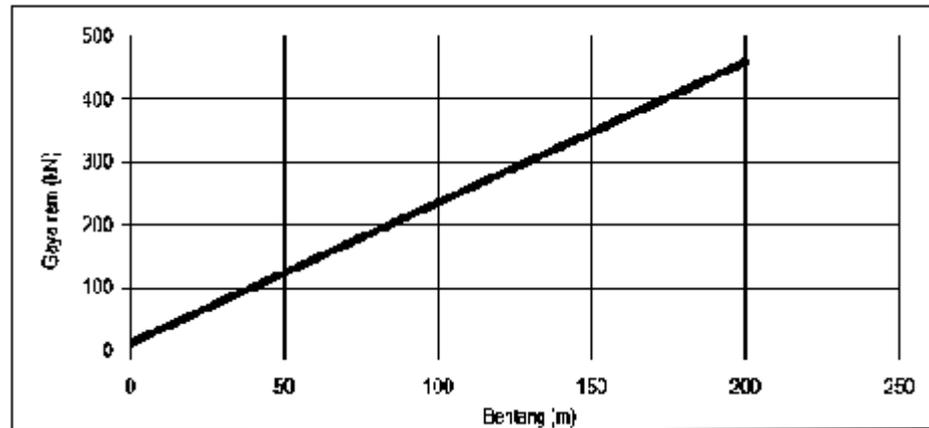
(Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

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 11 dan Gambar 5), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal 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  $1:q = 9 \text{ kPa}$ .

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 BGR tidak berlaku untuk gaya rem.



Gambar 2.8 Gaya rem per lajur 2,75 km (KBU)

## 2.5 Metode Perhitungan

### A. Pelat Lantai Kendaraan

#### 1. Tebal pelat lantai

$$T_s \geq 200 \text{ mm}$$

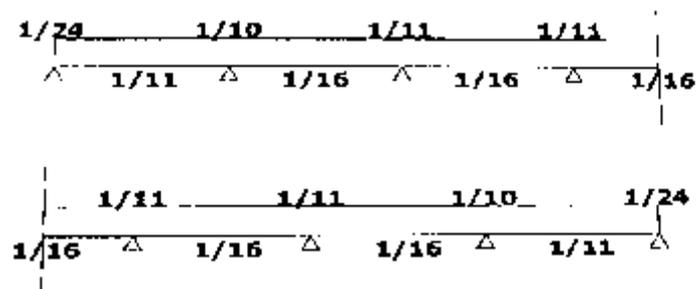
$$T_s \geq (100 + 40.L)$$

Keterangan:  $T_s$  = Tebal pelat lantai

$L$  = Panjang antar gelagar melintang

#### 2. Pembebanan

a) Beban mati terdiri atas berat aspal, berat pelat lantai dan berat ait hujan. Dari pembebanan tersebut akan diperoleh  $q_{Dult}$  pelat lantai kendaraan dianggap pelat satu arah.



$$M_x = M_D = \frac{1}{10} \times q_D \times L^2$$

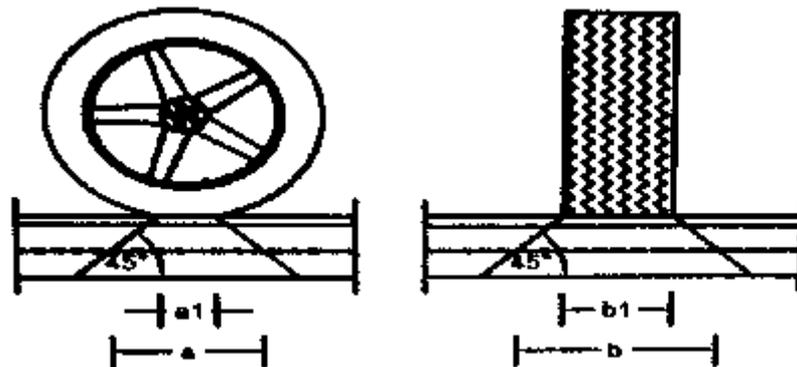
b) Berasal dari kendaraan bergerak (muatan T)

Beban truck

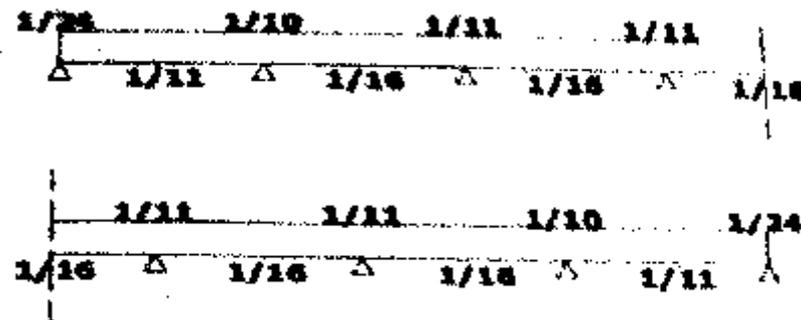
$$T_u = 1,8 \times 1,3 T$$

Jadi pembebanan truck,

$$Q = \frac{T_u}{axb} \rightarrow \text{momen dihitung menggunakan tabel bitner}$$



Gambar 2.9 Penyaluran tegangan dari roda akibat bidang kontak



$$M_U = \frac{1}{10} \times W_u \times L^2$$

3. Penulangan

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} bd$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} bd \dots\dots\dots (\text{RSNI T - 12 - 2004 hal 29})$$

## B. Trotoar

Pada perencanaannya trotoar dianggap sebagai balok menerus.

### 1. Pembebanan

#### a) Baban Mati

Beban mati terdiri atas berat finishing trotoar, berat trotoar dan berat air hujan.

#### b) Beban Hidup

Beban hidup terdiri atas beban pejalan kaki. Dari pembebanan diatas akan diperoleh  $W_u$ .

### 2. Penulangan

$$AS_{\min} = bd$$

$$AS_{\min} = bd \dots\dots\dots (\text{RSNI T} - 12 - 2004 \text{ hal } 29)$$

## C. Gelagar Melintang

Gelagar melintang direncanakan sebagai gelagar komposit memakai baja WF dan dianggap sebagai balok dengan dua tumpuan. Momen yang diperhitungkan adalah pada saat sebelum dan sesudah komposit.

### 1. Pembebanan

#### a) Beban mati

Beban mati terdiri atas sumbangan dari pelat lantai dan beban trotoar.

#### b) Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT) dan beban hidup trotoar.

### 2. Kontrol kekuatan sebelum komposit

$$M_{\text{total}} = M_{D\text{imax}} + M_{\text{profitmax}}$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y$$

Cek apakah  $M_{\text{total}} < \phi M_n$ , jika ya maka dimensi gelagar aman.

### 3. Kontrol kekuatan sesudah komposit

$$M_{\text{total}} = M_{D\text{imax}} + M_{L\text{imax}} + M_{\text{profitmax}}$$

$$M_n = T \cdot Z = A_s \cdot F_y \cdot Z$$

Cek apakah  $M_{total} < \phi M_n$ , jika ya maka dimensi gelagar aman.

#### 4. Geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \dots\dots\dots \text{(RSNI - 03 - 2005 hal 40)}$$

Cek apakah  $V_{total} < \phi V_n$ , jika ya maka dimensi gelagar aman terhadap geser.

#### 5. Shear konektor

Karena PNA berada pada pelat lantai kendaraan, maka gaya geser total adalah :

$$T_{max} = A_s \cdot f_y ; \frac{hs}{ds} \geq 4$$

Kekuatan satu konektor stud

$$Q_u + 0,0005 \cdot A_{st} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot E_c$$

$$\text{Jumlah konektor sub } n = \frac{T_{max}}{Q_u}$$

Jarak memanjang antara penghubung tidak boleh lebih besar dari :  
600 mm,  $2 \cdot h_f$  dan  $4 \cdot h_s$

#### D. Ikatan Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana berikut :

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

Apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$TEW = 0,0006 C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [ kN ]}$
---

Dengan pengertian :

$V_w$  : kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

$C_w$  : koefisien seret

$A_b$  : luas equivalen bagian samping jembatan ( $m^2$ )

Tabel 2.9 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	
CATATAN (2) untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) apabila bangunan atas mempunyai super elevasi, $C_w$ harus dinaikan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5%	

( Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

Tabel 2.10 Kecepatan angin rencana  $V_w$ 

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 : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

### 1. $H_a$ dan $H_b$

$$H_a = \frac{(TEW \cdot x_1) + (TEW \cdot x_n)}{y}$$

$$H_b = (TEW \cdot x_1) + (TEW_n \cdot x_n) - H_a$$

Selanjutnya, diambil nilai  $H_a$  dan  $H_b$  yang terbesar dari dua kondisi, yaitu pada saat kendaraan berada diatas jembatan dan pada saat kendaraan tidak berada diatas jembatan.

## 2. Gaya batang

Untuk menghitung gaya batang, digunakan metode cremona. Angka – angka yang didapat dari cremona selanjutnya dikali dengan  $H_a$  dan  $H_b$ .

## 3. Dimensi profil

Setelah gaya batang didapat, dilanjutkan dengan pendimensian profil.

### a. Kontrol terhadap batang tarik

Dengan rumus :  $\lambda = \frac{LK}{I_{min}}$

$$\phi P_n = 0,9 \times A_g \times F_y \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi P_n = 0,75 \times A_e \times F_u \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) diambil yang terkecil, kemudian di cek apakah  $P_{u_{max}} < \phi P_n$ .

### b. Kontrol terhadap batang tekan

Dengan rumus :  $\lambda = \frac{LK}{I_{min}}$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \times \frac{LK}{I_{min}} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Untuk  $\lambda > 1,5$  maka  $\phi P_n = 0,85 \times \frac{0,88}{\lambda c^2} \times A_g \times f_y$

Kemudian dicek apakah  $P_{u_{max}} < \phi P_n$ .

## E. Rangka Utama

### 1. Gaya batang

Gaya batang rangka utama dihitung dengan menggunakan metode garis pengaruh.

## 2. Pembebanan ultimate

### a. Beban mati

Beban mati terdiri atas berat pelat lantai, berat aspal, berat trotoar, berat gelagar melintang, ikatan angin dan berat rangka utama.

### b. Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban terbagi rata (BTR), beban garis terpusat (BGT), beban air hujan dan beban hidup trotoar.

## 3. Dimensi

Pendimensian rangka utama dilakukan berdasarkan dari tabel gaya batang akibat kombinasi beban ultimate.

### a. Kontrol terhadap batang tarik

$$\lambda = \frac{LK}{I_{min}}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times A_g \times F_y \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi P_n = 0,75 \times A_e \times F_u \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) diambil yang terkecil, kemudian di cek apakah  $P_{u_{max}} < \phi P_n$ .

### b. Kontrol terhadap batang tekan

Dengan rumus :  $\lambda = \frac{LK}{I_{min}}$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \times \frac{LK}{I_{min}} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Untuk  $\lambda > 1,5$  maka  $\phi P_n = 0,85 \times \frac{0,88}{\lambda^2} \times A_g \times f_y$

Kemudian dicek apakah  $P_{u_{max}} < \phi P_n$ .

## 4. Pembebanan daya layan

Pembebanan daya layan ini digunakan untuk menghitung lendutan pada rangka batang. Komposisi beban tetap sama seperti pembebanan ultimate, hanya saja faktor bebannya yang berbeda.

### 5. Lendutan

Setelah didapat kombinasi daya layan, maka dihitung lendutan gaya batang.

$$\Delta L = \frac{FY}{EA}; \Delta = u \cdot \frac{FL}{EA}$$

Dimana :

$\Delta L$  = ubahan panjang anggota akibat bebanyang bekerja (cm)

F = gaya yang bekerja (kg)

L = Panjang bentang (cm)

E = modulus elastisitas baja (200000/ kg/cm<sup>2</sup>)

A = luas profil baja (cm<sup>2</sup>)

u = gaya aksial suatu anggota akibat beban satuan

y = komponen satuan dalam arah beban satuan

### F. Perletakan (Elastomer)

Landasan yang dipakai dalam perencanaan jembatan ini adalah landasan elastomer berupa landasan karet yang dilapisi pelat baja. Elastomer ini terdiri dari elastomer vertikal yang berfungsi menahan gaya horizontal dan elastomer horizontal berfungsi menahan gaya vertikal. Sedangkan untuk menahan gaya geser yang mungkin terjadi akibat gempa, angin dan rem dipasang lateral stop dan elastomer sebagai bantalannya.

#### 1. Pembebanan

Pembebanan atau gaya – gaya yang bekerja pada perletakan adalah beban mati bangunan atas, beban hidup bangunan atas, beban hidup garis, gaya remdan beban angin. Selanjutnya dicek apakah gaya yang bekerja lebih besar dari kapasitas beban per unit elastomer.

#### 2. Lateral stop

Dianggap sebagai konsul pendek.

Syarat konsul pendek  $\frac{a}{b} < 1$

#### 3. Penulangan lateral stop

Tulangan  $A_{vf}$  yang dibulatkan untuk menahan gaya geser

$$V_u = \phi V_n$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

Beton dicor monolit  $\rightarrow \mu = 1,4$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu}$$

Tulangan  $A_f$  yang dibutuhkan untuk menahan momen  $M_u$  adalah

$$M_u = 0,2 \cdot V_u \cdot (h - d) + N_{uc} \cdot (h - d)$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$A_f = \rho \cdot b \cdot d$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan gaya tarik  $N_{uc}$  adalah

$$A_g = A_f + A_n$$

$$A_g = 0,2 \cdot V_n$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y}$$

Tulangan utama adalah total  $A_g$  adalah nilai terbesar dari :

$$A_g = A_f + A_n$$

$$A_g = \left( \frac{2A_{vf}}{3} + A_n \right)$$

$$A_{gmin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

Tulangan sengkang

$$A_h = \frac{A_{vf}}{3}$$

#### G. Pelat Injak

Pelat injak ini berfungsi untuk mencegah defleksi yang terjadi pada permukaan jalan akibat desakan tanah. Beban yang bekerja pada pelat injak (dihitung per meter lebar). Untuk berat Kendaraan dibelakang bangunan penahan tanah diasumsikan sama dengan berat tanah setinggi 60 cm.

### 1. Pembebanan pelat injak

Pembebanan pelat injak terdiri atas berat lapisan aspal, berat tanah isian, berat sendiri pelat injak, berat lapisan perkerasan dan berat kendaraan. Dari pembebanan akan didapat  $q_{Utotal}$ .

### 2. Penulangan pelat injak

$$M_{umax} = 1/8 \cdot q_{Utotal} \cdot L^2$$

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c t}}{4 \cdot f_y} bd$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} bd \dots\dots\dots \text{RSNI T - 12 - 20004 Hal 29}$$

## H. Dinding sayap

Dinding sayap merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan timbunan atau bahan lepas lainnya dan mencegah terjadinya kelongsoran pada permukaan tanah.

### 1. Pembebanan dinding sayap

Pembebanan terdiri atas berat lapisan tanah, berat lapisan perkerasan, berat sendiri dinding sayap dan berat beban kendaraan.

### 2. Penulangan dinding sayap

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c t}}{4 \cdot f_y} bd$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} bd \dots\dots\dots \text{RSNI T - 12 - 20004 Hal}$$

29

## I. Abutment

### 1. Pembebanan abutment

- a. Beban mati ( $P_m$ )
- b. Beban hidup ( $H + DLA$ )
- c. Tekanan Tanah ( $P_{TA}$ )
- d. Beban Angin ( $W_n$ )
- e. Gaya rem ( $R_m$ )
- f. Gesekan pada perletakan ( $G_s$ )

- g. Gaya gempa (Gm)
  - h. Beban pelaksanaan (pel)
2. Kombinasi pembananan adalah sebagai berikut :
- a. Kombinasi I (AT) =  $P_m + P_{TA} + G_s$
  - b. Konbinasi II (LL) =  $(H + DLA) + R_m$
  - c. Kombinasi III (AG) =  $W_n$
  - d. Kombinasi IV (GP) =  $G_m$
  - e. Kombinasi V (PL) = pel
3. Kemudian di kombinasikan lagi sebagai berikut :
- a. Kombinasi I = AT + LL (100%)
  - b. Kombinasi II = AT + LL (120%)
  - c. Kombinasi III = AT + LL (120%)
  - d. Kombinasi IV = AT + LL (140%)
  - e. Kombinasi V = AT + GL (150%)
  - f. Kombinasi VI = AT + PL (130%)
  - g. Kombinasi VII = AT + LL (150%)
4. Kontrol stabilitas pembebanan
- a. Kontil terhadap bahaya guling
 
$$F_{GL} = \frac{MT}{MGL} < 1,5$$
  - b. Kontrol terhadap bahaya geser
 
$$F_{GS} = \frac{\mu \cdot V}{H} < 1,5$$
  - c. Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung
 
$$F_k = \frac{q_{ult}}{q_{ada}} > 2,0$$

Bila abutment tidak aman terhadap stabilitas, maka abutment tersebut memerlukan pondasi atau bangunan pendukung lainnya, begitu pula sebaliknya.

## J. Pondasi

Pondasi diperlukan jika konstruksi abutment tidak aman terhadap stabilitas. Pemilihan jenis pondasi disesuaikan dengan kondisi dan keadaan tanah, apakah memakai pondasi sumuran atau pondasi tiang pancang.

### 1. Pembebanan

Untuk pembebanan menggunakan kombinasi VII dari perhitungan analisa stabilitas abutment.

$$q_{ult} = 12,5 N \left( \frac{B+0,3}{B} \right)^2 \text{ kd}$$

Kemudian dicek apakah  $q_{ult} > q_{ada}$

### 2. Penulangan utama

Untuk penulangan diambil dari kombinasi I penulangan abutment

$$A_{st} = \rho_g \cdot A_g$$

$$P_{ab} = (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b \left( \frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + A_{s'} \cdot f_s \cdot \frac{1}{2} (d - d') - A_s \cdot f_y \cdot \frac{1}{2} (d - d'))$$

$$\text{Dicek apakah } e_b = \frac{Mnb}{Pnb} > e$$

Jika ya, maka kehancuran ditentukan oleh gaya tekan

$$P_n = \frac{A_s \cdot f_y}{\frac{3e}{D_s} + 1} + \frac{A_g \cdot f_c'}{\frac{9,6 D \cdot e}{(0,8D + 0,67DS)^2} + 1,18}$$

Dicek apakah  $\phi P_n > P_{ult}$

### 3. Penulangan geser

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c^2$$

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_s^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y}$$

$$S = \frac{4A_s (D_c - D_s)}{D_c^2 \cdot \rho_s}$$