

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian jembatan**

Jembatan dapat dikatakan sebagai salah satu peralatan yang tertua dalam peradapan manusia. Pada zaman dahulu mula-mula dibuat untuk menyebrangi sungai kecil dengan menggunakan balok kayu atau batang pohon yang besar dan kuat.

Jembatan adalah salah satu struktur yang memungkinkan rute transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api, dan lain-lain struktur atas jembatan berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang, kendaraan dan lainlain, dan kemudian menyalurkan pada bangun bawah komponen struktur jembatan bagian atas seperti trotoar, plat lantai, gelagar memanjang, gelagar melintang memiliki fungsi yang berbeda-beda didalam suatu struktur.

Beban mati adalah sebuah beban tetap atau menahan berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Dalam menentukan besarnya beban mati tersebut, harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan yang digunakan Semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak dan bejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan Lantai kendaraan selain menahan beban mati dan berat sendiri plat, plat lantai juga menahan beban hidup.

Menurut pedoman perencanaan pembebanan jembatan jalan raya beban hidup pada jembatan yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam yaitu beban "T" yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban "D" yang merupakan beban jalur untuk gelagar Beban "T" merupakan kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda sebesar 10 ton Beban "D" adalah susunan beban pada setiap jalur beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar "q" tan/meter panjang perjalur, dan beban garis "P" ton/jalur lalu lintas

tersebut Beban garis ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan, besarnya intensitas adalah 49.0 KN/m.

## 2.2 Jenis – Jenis Jembatan

Jembatan adalah suatu bangunan konstruksi di atas sungai atau jurang yang digunakan sebagai prasarana lalu lintas darat. Tujuan dari pembangunan jembatan di perdesaan adalah untuk sarana penghubung pejalan kaki atau lalu-lintas kendaraan ringan di perdesaan, dengan konstruksi sederhana, dengan mempertimbangkan sumber daya setempat (tenaga kerja, material, peralatan, dan teknologi) sehingga mampu dilaksanakan oleh masyarakat setempat. Adapun jenis – jenis jembatan sebagai berikut :

a. Jembatan Cable *Stayed Kabel*

Merupakan bahan atau material utama dalam struktur bangunan jembatan. Kabel digunakan untuk menopang gelagar di antara dua tumpuan dimana kabel berpusat pada gelagar.

b. Jembatan Beton Bertulang.

Jembatan ini tersusun dari pelat monolit, dengan bentang dari tumpuan ke tumpuan tanpa didukung oleh gelagar atau balok melintang. Jembatan beton bertulang lebih efisien bila digunakan untuk bentang jembatan yang pendek.

c. Jembatan Baja.

Jenis ini diketahui memiliki konstruksi jembatan baja yang diperhitungkan dengan kebutuhan bentangnya, apakah akan memakai material baja dalam bentuk rangka ataupun baja profil menerus. Jembatan ini menggunakan berbagai macam komponen dan sistem struktur baja seperti deck, girder, rangka batang, pelengkung, penahan, dan penggantung kabel.

d. Jembatan Komposit.

Jembatan komposit adalah jenis jembatan yang mengkombinasikan material-material yang berbeda sehingga dapat membentuk satu kesatuan yang memiliki sifat yang lebih baik.

e. Jembatan Batu bata

Jembatan batu kali/bata dibuat dari pasangan batu kali atau bata merah. Jembatan batu-bata merupakan jenis jembatan dengan sistem gravitasi yang kekuatannya mengandalkan berat struktur.

f. Jembatan Kayu.

Jembatan kayu lebih sesuai untuk konstruksi sederhana dengan bentang jarak yang pendek. Sebab dalam hal ini dikarenakan untuk bentang yang panjang, material kayu sudah tidak ekonomis lagi.

g. Jembatan Bambu.

Seperti pada nama jenis jembatannya, jembatan bambu terbuat dari susunan bambu-bambu. Jembatan ini terbilang ekonomis dalam biaya pembangunannya, namun begitu sebaiknya jembatan ini hanya dibangun untuk menjembatani bentang jarak yang pendek.

### **2.3 Bagian – Bagian Jembatan Beton**

Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan Beton Secara umum dapat kita ketahui bahwa konstruksi jembatan beton memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas 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.

#### **2.3.1 Struktur Atas Jembatan**

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi yang menopang beban - beban akibat lalu lintas kendaraan, orang, barang ataupun berat sendiri dan konstruksi, yang termasuk dalam bangunan atas adalah :

a. Paraphet

Tiang sandaran Berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun orang yang melewatinya. Tiang sandaran terbuat dari beton bertulang.

b. Lantai Kendaraan

Lantai Kendaraan berfungsi untuk memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar memanjang melalui gelagar-gelagar melintang.

c. Balok Diafragma

Balok diafragma merupakan pengaku dari gelagar-gelagar memanjang dan tidak memikul beban plat lantai dan diperhitungkan seperti balok biasa.

a. Gelagar

Gelagar merupakan balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun kendaraan yang melewati jembatan tersebut, sedangkan besarnya balok memanjang tergantung dari panjang bentang dan kelas jembatan.

b. Trotoar

trotoar adalah jalur pejalan kaki yang terletak di daerah manfaat jalan, diberi lapis bagian atas, diberi elevasi lebih tinggi berasal bagian atas perkerasan jalan, serta pada umumnya sejajar menggunakan jalur lalu lintas kendaraan. Fungsi primer trotoar ialah buat menyampaikan pelayanan pada pejalan kaki sebagai akibatnya dapat meningkatkan kelancaran, keamanan, serta ketenangan pejalan kaki tersebut. Definisi Trotoar serta Penempatannya. Trotoar pula berfungsi memperlancar kemudian lintas jalan raya karena tak terganggu atau terpengaruh oleh kemudian lintas pejalan kaki. Para pejalan kaki berada di posisi yg lemah Jika mereka bercampur dengan kendaraan, maka mereka akan memperlambat arus kemudian lintas. sang sebab itu, salah satu tujuan utama dari manajemen lalu lintas adalah berusaha buat memisahkan pejalan kaki dari arus kendaraan bermotor, tanpa menimbulkan gangguan-gangguan yang akbar terhadap aksesibilitas menggunakan pembangunan trotoar.

### 2.3.2 Struktur bawah Jembatan

Bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan

kemudian menyalurkannya ke pondasi (Agus Iqbal Manu, 1995:5). Yang termasuk dalam bangunan bawah jembatan yaitu seperti :

a. *Abutment*

Bagian bangunan pada ujung - ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah. Bentuk umum *abutment* yang sering dijumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semua sama yaitu sebagai pendukung bangunan atas, tetapi yang paling dominan ditinjau dari kondisi lapangan seperti daya dukung tanah dasar dan penurunan (*seatlement*) yang terjadi. Adapun jenis *abutment* ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok.

b. Dinding Sayap (*Wing Wall*)

Dinding sayap adalah bagian dari bangunan bawah jembatan yang berfungsi untuk menahan tegangan tanah dan memberikan kestabilan pada posisi tanah terhadap jembatan.

c. Elastromer / Landasan Jembatan (*Bearing Pad*)

Landasan jembatan adalah bagian ujung bawah dari suatu bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas kepada bangunan bawah. Menurut fungsinya dibedakan landasan sendi (*fixed bearing*) dan landasan gerak (*movable bearing*).

d. Plat injak

Plat injak adalah bagian dan bangunan jembatan bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima di atasnya secara merata ke tanah dibawahnya dan juga untuk mencegah terjadinya defleksi yang terjadi pada permukaan jalan.

e. Pondasi

Pondasi adalah bagian dan jembatan yang tertanam didalam tanah. Fungsi dari pondasi adalah untuk menahan beban bangunan yang berada di atasnya dan meneruskannya ke tanah dasar, baik kearah vertikal maupun kearah horizontal.

Dalam perencanaan suatu konstruksi atau bangunan yang kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- Daya dukung tanah serta sifat-sifat tanah
- Beban beban yang bekerja pada tanah baik secara langsung maupun yang tidak langsung.
- Keadaan lingkungan seperti banjir, longsor dan lainnya.

Secara umum pondasi dibedakan sebagai berikut:

- a) Pondasi dangkal atau pondasi langsung (shallow foundation) Pondasi langsung digunakan bila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban-beban di atasnya, terletak pada pondasi dangkal dari tanah setempat.
- b) Pondasi dalam atau pondasi langsung (deep foundation) :  
Digunakan apabila lapisan tanah keras yang mampu memikul beban letaknya cukup dalam. Sehingga beban-beban harus disalurkan melalui suatu konstruksi penerus yang disebut tiang pancang (pile foundation) dan pondasi sumuran (caisson foundation)

### **2.3.3 Landasan**

Landasan atau perletakan dibuat untuk menerima gaya konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertical maupun lateral dan gaya dari menyalurkannya ke bangunan di bawahnya. Selain itu, berfungsi juga untuk mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu dan untuk memberikan kemungkinan rotasi pada perletakan. Landasan jembatan umumnya bertumpu pada abutment.

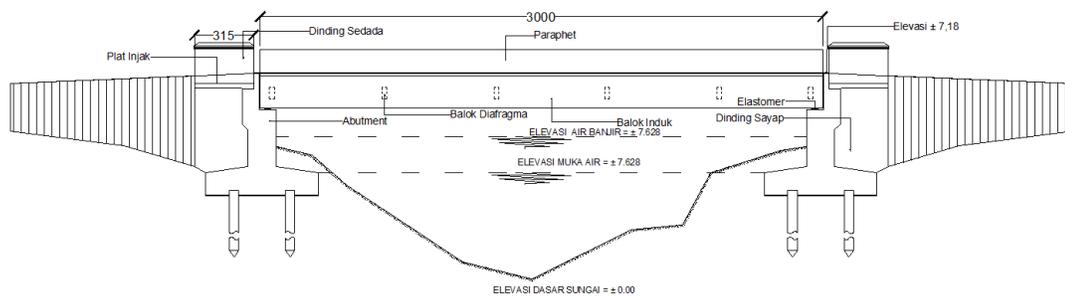
### **2.3.4 Oprit**

Oprit adalah bangunan yang terletak dibelakang abutment, sebagai penghubung antara jalan dengan jembatan. Berfungsi untuk menahan kestabilan mah di kiri dan kanan jembatan agar tidak terjadi kelongsoran. Oprit berupa timbunan tanah dibelakang abutment timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin, untuk menghindari terjadinya penurunan (*settlement*).

Apabila ada penurunan, terjadi kerusakan pada ekspansi joint yaitu bidang pertemuan antara bangunan atas dengan abutment Untuk menghindari ini pemadatan harus semaksimal mungkin dan di atasnya dipasang plat injak dibelakang abutment.

### 2.3.5 Bangunan Pengaman

Bangunan pengaman berfungsi sebagai pengaman terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.



**Gambar 2.1 Bagian Jembatan**

### 2.4 Dasar – Dasar Perhitungan Konstruksi

Dalam merencanakan konstruksi jembatan terdapat banyak acuan yang dipakai sebagai dasar baik untuk pembebanan ataupun perhitungan bagian-bagian jembatan. Adapun acuan yang penulis gunakan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI T 02-2005) untuk pembebanan jembatan.
2. Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI T 12-2004) untuk perencanaan struktur beton untuk jembatan.
3. Buku Pondasi" karangan Zainal dan Ir. Sri Respati
4. Buku Teknik Sipil
5. dll.

### 2.4.1 Istilah dan Definisi

- a. Aksi lingkungan  
Pengaruh yang timbul akibat temperatur, angin, aliran air, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya
- b. Aksi nominal  
Nilai beban rata-rata berdasarkan statistik untuk periode ulang 50 tahun
- c. Beban primer  
Beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan
- d. Beban sekunder  
Beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan
- e. Beban khusus  
Beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan
- f. Beban mati  
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.
- g. Beban hidup  
Semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan
- h. Beban mati primer  
Berat sendiri dari pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar jembatan
- i. Beban pelaksanaan  
Beban sementara yang mungkin bekerja pada bangunan secara menyeluruh atau sebagian selama pelaksanaan

j. 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

k. Beban lalu lintas

Seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan

l. Berat

Berat dari suatu benda adalah gaya gravitasi yang bekerja pada massa benda tersebut (kN). Berat massa  $\times g$  Dengan pengertian  $g$  adalah percepatan akibat gravitasi tegangan pada setiap perencanaan jembatan

m. Faktor beban

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

n. Faktor beban biasa

Digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah mengurangi keamanan

o. Faktor beban berkurang

Digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah menambah keamanan

p. Lantai kendaraan

Seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Bebannya disebut Beban "T"

q. Lajur lalu lintas

Bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Bebannya disebut Beban "D"

r. Lajur lalu lintas rencana

Strip dengan lebar 2,75 m dari jalur yang digunakan dimana pembebanan lalu lintas rencana bekerja

s. Lajur lalu lintas biasa

Lajur yang diberi marka pada permukaan untuk mengendalikan lalu lintas

#### **2.4.2 Pembebanan**

Dalam menentukan faktor beban yang menyebabkan pengaruh paling buruk, perlu menerapkan faktor beban terkurangi untuk berat sendiri jembatan bila menghitung gaya angkat tiang atau stabilitas bangunan bawah. Dalam semua hal, bagaimanapun, faktor beban yang dipilih adalah faktor yang menghasilkan pengaruh total terburuk.

Faktor beban yang digunakan untuk menghitung besarnya aksi rencana. Klasifikasi ini digunakan apabila aksi-aksi rencana digabung satu sama lainnya mendapatkan kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan Secara ringkas bisa dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 2.1 Faktor Beban Umum

Pasal No	Aksi		Lamanya Waktu	Faktor Beban Pada Keadaan Batas		
	Nama	Simbol {1}		Daya Layan K	Ultimit K	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat Sendiri	$p_{MS}$				
5.3	Beban Mati Tambahan	$p_{MA}$	Tetap	1,0/1,3 {3}	2,0/1,4 {3}	0,7/0,8 {3}
5.4	Penyesutan & Rangkak	$p_{SR}$	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 Truck "T"	$T_{TT}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	$T_{TB}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	$T_{TR}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban Trotoar	$T_{TP}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban-beban Tumbukan	$T_{TC}$	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/gaya apung	$T_{EV}$	Tran	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	$T_{EW}$	Tran	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	$T_{EQ}$	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekkan	$T_{BF}$	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	$T_{IE}$	Tran	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	$T_{CL}$	Tran	*(3)	*(3)	*(3)

CATATAN (1) Simbol yang terlibat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk :  $p_{MS}$  = berat sendiri nominal,  $p^*_{MS}$  = 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 : SNI T-02-2005 :9)

**Tabel 2.2 Faktor Beban Mati**

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 : SNI T-02-2005 :10)

➤ **Beban Mati**

Adapun beban mati jembatan yaitu berat sendiri jembatan. Berat sendiri dari 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.

**Tabel 2.3 Berat Isi Untuk Beban Mati**

NO	Bahan	Berat/Satuan isi ( $\text{kN} / \text{m}^3$ )	Kerapatan Masa ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )
1	Campuran alumunium	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	Besi Tuang	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 Berulang	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	Psir kering	15.7 - 17.2	1600 - 1760
16	pPasir 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 mumi	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

(Sumber : SNI T-02-2005 :11)

**Tabel 2.4 Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan**

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	K		K	
Tetap			Biasa	Terkurangi
		Keadaan Umum	1,0 (1)	2
	Keadaan Khusus	1,0	1,4	0,8

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

(Sumber : SNI T-02-2005 :12)

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup dapat dinyatakan juga dengan beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan yang terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "", Behan 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.

a. **Beban D**

Beban D atau beban jalur merupakan beban jalur untuk perhitungan kekuatan gelagar dimana susunan beban pada setiap jalur yang terdiri dan beban terbagi rata sebesar "q" ton per meter panjang per jalur dan beban garis "p" ton per jalur lalu lintas tersebut. Untuk jalur lalu lintas yang mempunyai lebar minimum 2,75 m dan lebar maksimum 3,75 m harus digunakan untuk menghitung beban D per lajur. Sedangkan jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 m. Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam tabel 5.

**Tabel 2.5 Faktor Beban Akibat Beban D**

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K	K
Transien	1,0	1,8

(Sumber : SNI T-02-2005 :12)

**Tabel 2.6 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana**

Tipe Jembatan (1)	Lebar jalur kendaraan (m) (2)	Jumlah lajur lalu lintas Rencana (n)
Satu lajur	4,0 – 5,0	
Dua arah, tanpa median	5,5 – 8,25 11,3 – 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 – 11,25 11,3 – 15,0 15,1 – 18,75 18,8 – 22,5	3 4 5 6

(Sumber : SNI T-02-2005 :17)

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

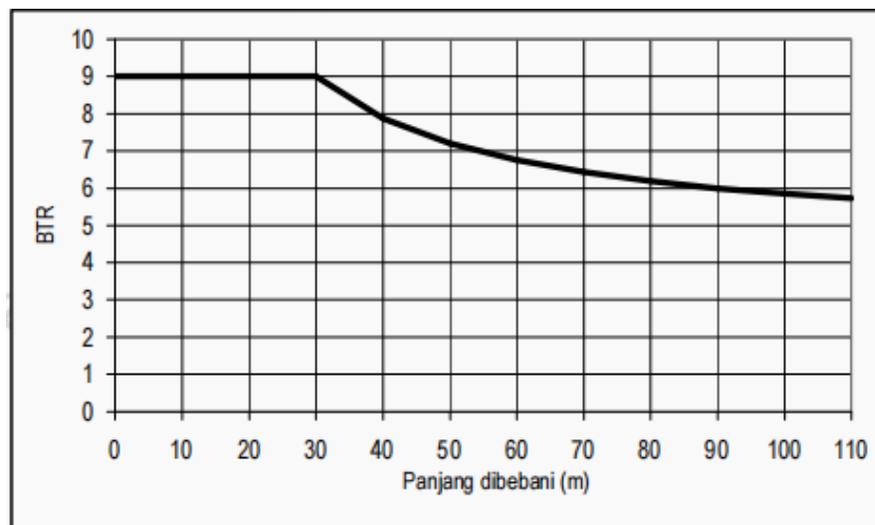
$$L \leq 30\text{m} ; q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots (1)$$

$$L > 30\text{m} ; a = 9,0 [0,5 + 15/1] \text{ kPa} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

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

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

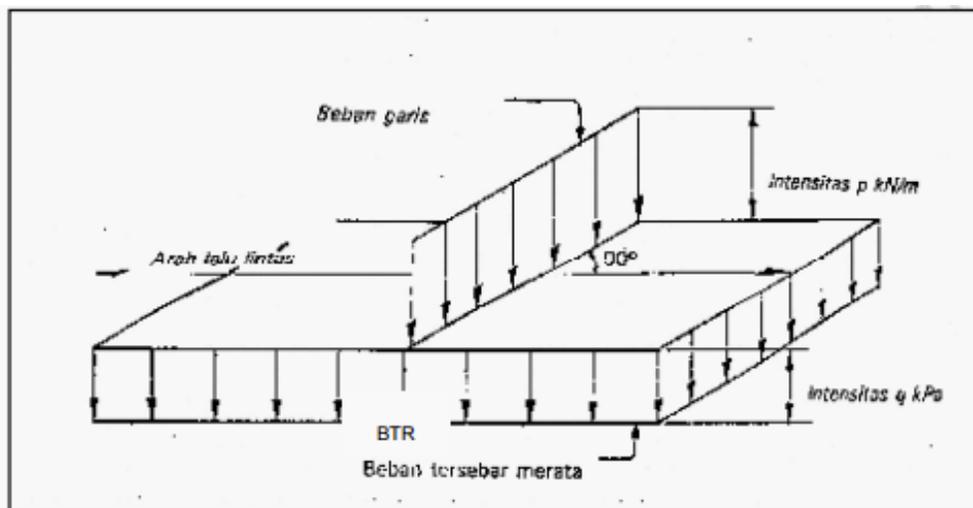


(Sumber : SNI T-02-2005 :17)

**Gambar 2.2 Beban D : BTR vs Panjang yang dibebani**

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

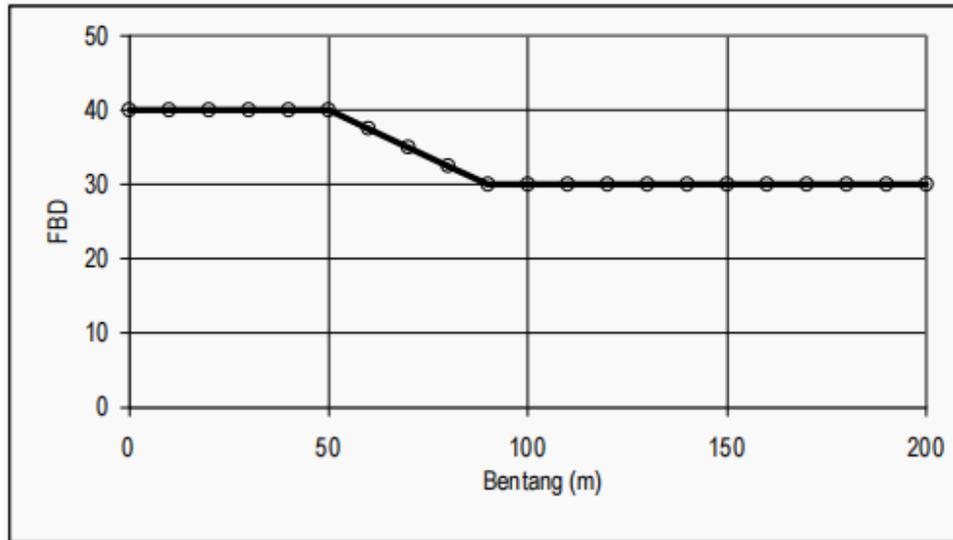
$$P = 49.0 \text{ kN/m} \dots \dots \dots (3)$$



(Sumber : SNI T-02-2005 :17)

**Gambar 2.3 Beban Lajur ‘D’**

FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya



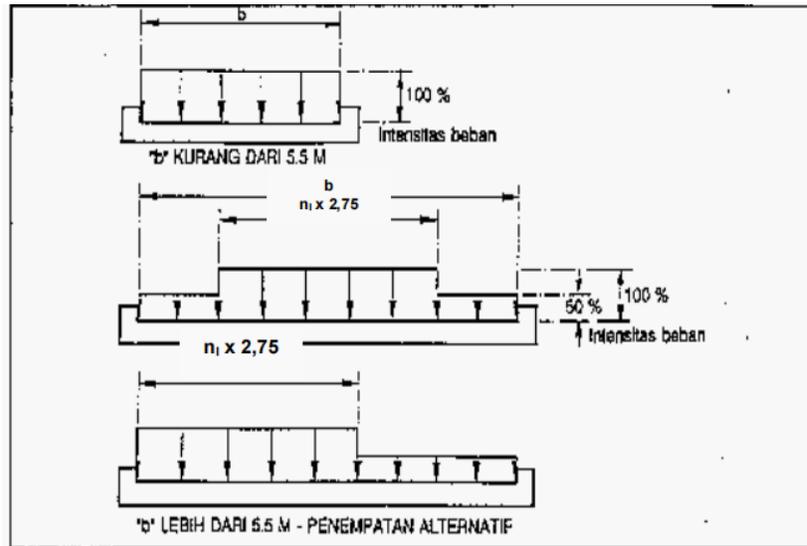
(Sumber : SNI T-02-2005 :22)

**Gambar 2.4 FBD Untuk Beban Lajur D**

- 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 jalur dengan intensitas 100 %.
- 2) Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana ( $nl$ ) yang berdekatan (Tabel 11), 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;
- 3) 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%

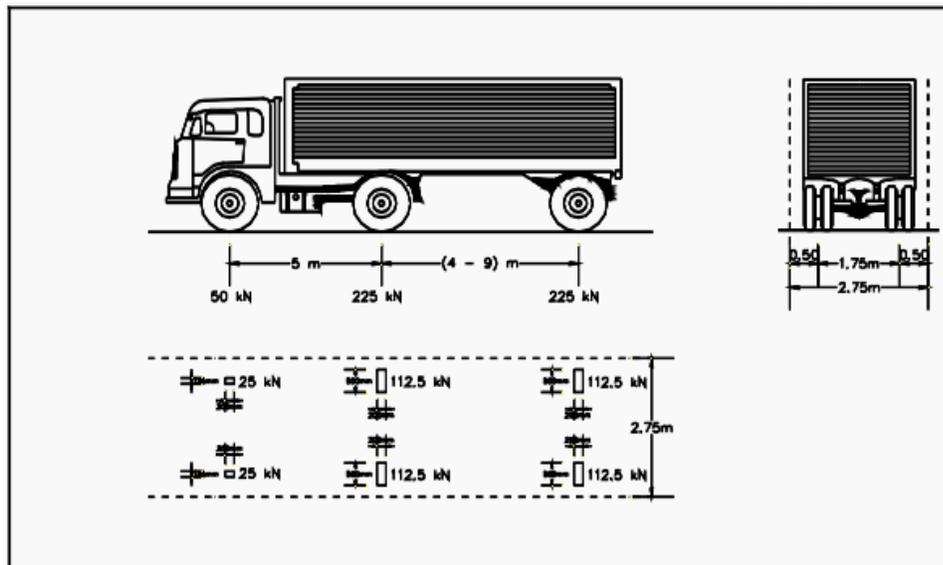


(Sumber : SNI T-02-2005 :22)

**Gambar 2.5 Penyebaran Pembebanan D Pada Arah Melintang**

#### b. Beban T

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as terlihat dalam gambar 1. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang mempunyai bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapat pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana.



(Sumber : SNI T-02-2005 :19)

**Gambar 2.6 Pembebanan Truck "T"**

c. Beban 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. 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.

**Tabel 2.7 Faktor Beban Akibat Beban Mati**

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

(Sumber : SNI T-02-2005 :24)

Paraphet untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu  $w$  0,75 kN/ meter. Beban-beban ini bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal pada masing-masing Paraphet. Paraphet direncanakan untuk beban daya layan rencana:

$$W * L \dots \dots \dots (4)$$

Dimanan :

$L$  = Bentang palang diantara tiang dalam m, hanya dari bagian atas sandaran. Tidak ada ketentuan beban ultimit untuk sandaran.

➤ **Beban Sekunder**

Beban sekunder adalah beban pada jembatan yang merupakan beban sementara, yang selalu bekerja untuk perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Pada umumnya beban ini mengakibatkan tegangan-tegangan akibat beban primer dan biasanya tergantung dari bentang jembatan, sistem jembatan, bahan dan keadaan setempat. Yang termasuk beban sekunder adalah:

1. **Beban Angin**

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

$$TEW = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [kN]} \dots \dots \dots (5)$$

dimana:

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

$C_w$  = Koefisien Seret – lihat Tabel 27

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

Kecepatan angina rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam tabel 8.

**Tabel 2.8 Kecepatan Angin  $V_w$** 

Keadaan Bebas	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 : SNI T-02-2005 :34)

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$TEW = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [kN]} \dots\dots\dots(6)$$

**Tabel 2.9 Koefisien Seret  $C_w$** 

Tipe jembatan	$C_w$
Bangunan atas massif : (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

(Sumber : SNI T-02-2005 :34)

b= lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar parapet

d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif

Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier. Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi,  $C_w$  harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5%.

## 2. Gaya Akibat Perbedaan Suhu

Peninjauan khusus juga harus diadakan terhadap timbulnya tegangan- tegangan akibat perbedaan suhu yang ada antara bagian-bagian jembatan dengan bahan yang berbeda.

## 3. Gaya Rangkak dan Susut

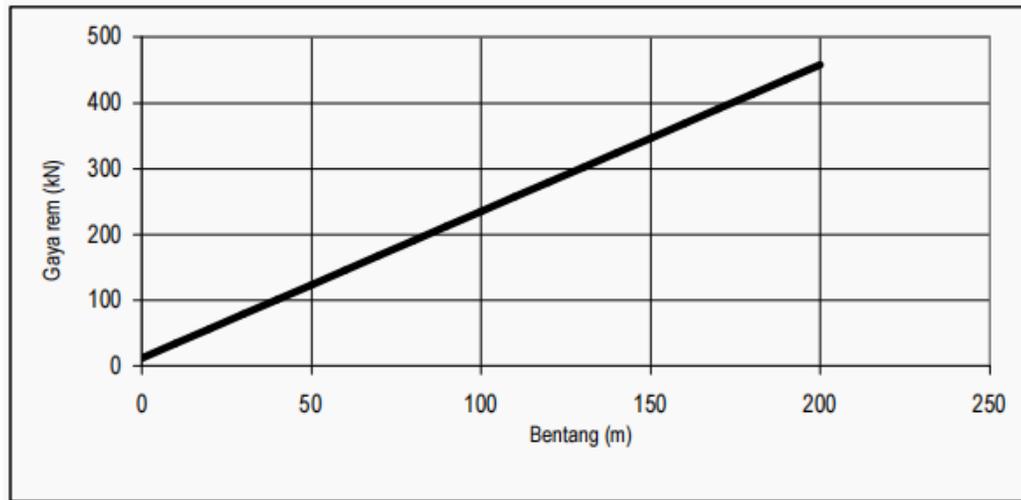
Pengaruh rangkak dan susut pada bahan beton terhadap konstruksi harus ditinjau besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain, dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar  $15^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Gaya Rem

Pengaruh-gaya-gaya dalam arah memanjang pada jembatan akibat gaya rem maka harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja secara horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila bentang melebihi 30 m, dengan rumus :

$$q = 9 \text{ kPa} \dots\dots\dots(7)$$

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal ini dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem, maka faktor beban ultimit berkurang sebesar 40% beban yang 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. Pembebanan lalu lintas 70% dan factor pembesaran diatas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.



(Sumber : SNI T-02-2005 :34)

**Gambar 2.7 Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)**

#### 5. Gaya akibat Gempa Bumi

Jembatan-jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan adanya pengaruh-pengaruh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut. Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan diperhitungkan senilai dengan pengaruh suatu gaya horizontal pada konstruksi akibat beban mati yang ditinjau pula pada gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapung/pondasi langsung.

Gaya gempa di hitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$T_{EQ} = k_h \cdot I \cdot W \dots\dots\dots(8)$$

$$k_h = C \cdot S \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

$T_{EQ}$  = 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  
 I = Faktor kepentingan  
 S = Faktor tipe bangunan  
 WT = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa,  
 diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

Koefisien geser dasar C diperoleh dari SNI T -02-2005: gambar 41 dan sesuai dengan daerah gempa fleksibilitas tanah dibawah permukaan dan waktu getar bangunan. SNI T -02-2005 gambar 42 untuk menentukan pembagian daerah.

Kondisi tanah dibawah permukaan dicantumkan berupa garis dan digunakan untuk memperoleh koefisien geser dasar. Kondisi tanah dibawah permukaan didefinisikan sebagai teguh, sedang dan lunak sesuai dengan kriteria yang tercantum. Waktu dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan dan fleksibilitas dari sistem fondasi.

Untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana, rumus berikut bisa digunakan:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Wtp}{q, kp}} \dots\dots\dots(11)$$

dimana:

- T = waktu getar dalam detik untuk freebody pilar dengan derajat kebebasan tunggal pada jembatan bentang sederhana  
 g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)  
 WTP = berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat dari pilar (bila perlu dipertimbangkan) (KN)  
 Kp = Kekakuan gabungan sebagai horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar (kN/m)

**Tabel 2.10 Faktor Kepentingan**

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

(Sumber : SNI T-02-2005 :43)

**Tabel 2.11 Faktor Tipe Bangunan**

Tipe Jembatan {1}	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial {2}	Prategang Penuh {3}
Tipe A {3}	1.0 F	1.15 F	1.3 F
Tipe B {3}	1.0 F	1.15 F	1.3 F
Tipe C	3.0	3.0	3.0

(Sumber : SNI T-02-2005 :44)

#### 6. Gaya Akibat Gesekan pada Tumpuan-tumpuan Bergerak

Jembatan harus ditinjau terhadap gaya timbul akibat adanya gesekan pada tumpuan yang bergerak. Karena adanya pemuaian dan penyusutan dan jembatan akibat adanya adanya perbedaan suhu dan hal-hal lainnya, Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat adanya beban mati saja, sedangkan besarnya ditentukan pada koefisien gesek pada tumpuan.

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).

**Tabel 2.12 Faktor Beban Akibat Gesekan Pada Perletakan**

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	K S ; FB;	K U ;FB; Biasa      Terkurangi
Transien	1,0	1,3      0,8

CATATAN (1) Gaya akibat gesekan pada 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 T-02-2005 :43)

**7. Beban Pelaksanaan**

Akibat bekisting dan pekerja.

$$q = \text{kg/m}^2 = 0,3 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots(12)$$

Beban pelaksanaan terdiri dari :

- a) Beban yang disebabkan oleh aktivitas pelaksanaan itu sendiri.
- b) Aksi lingkungan yang mungkin timbul selama waktu pelaksanaan.

➤ **Kombinasi Pembebanan**

Aksi rencana digolongkan kedalam aksi tetap dan transien, Kombinasi beban umumnya didasarkan pada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan. 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 terkurangi. Disini keadaan paling berbahaya harus diambil.

## 1) Akibat beban mati (Pm)

- Berat tanah dan berat sendiri abutment.
- Beban mati dari bangunan diatasnya.

## 2) Akibat beban hidup (H+ DLA)

- Muatan hidup merata.

- Muatan garis P.
  - Beban hidup pada trotoar.
- 3) Akibat tekanan tanah (Pta)
- Akibat beban merata.
  - Tekanan tanah aktif.
- 4) Gaya akibat beban angin (Wn)
- 5) Akibat rem dan traksi (Rm)
- 6) Akibat gesekan pada tumpuan bergerak (Gs)
- 7) Akibat gempa (Gm)

Pengaruh gempa bumi pada jembatan diperhitungkan senilai dengan pengaruh berat horizontal yang bekerja pada titik berat konstruksi dan ditinjau dalam arah paling berbahaya. Akibat berat sendiri abutment dan berat tanah isian.

- Akibat berat sendiri abutment dan berat tanah isian.
  - Akibat beban mati bangunan diatas.
- 8) Akibat beban pelaksanaan (Pel)
- Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:
    - Kombinasi I               =  $P_m + P_{ta} + G_s$
    - Kombinasi II             =  $(H + DLA) + R_m$
    - Kombinasi III           = Pengaruh temperature = 0
    - Kombinasi IV            =  $W_n$
    - Kombinasi V             =  $G_m$
    - Kombinasi VI            =  $P_{el}$
  - Kemudian kombinasi diatas dikombinasikan lagi yaitu :
    - Kombinasi 1             = I + II pembebanan 100%.
    - Kombinasi 2             = I + Pi + M pembebanan 25 %
    - Kombinasi 3             = I + II + IV pembebanan 25 %.
    - Kombinasi 4             = I + II + III + IV , pembebanan 40 %.
    - Kombinasi 5             = I + V , pembebanan 50%..

- Kombinasi 6 = I + VI pembebanan 30%..
- Kombinasi 7 = I + Pi , pembebanan 50%.

**Tabel 2.13 Kombinasi Pembebanan**

NO	Aksi	Kombinasi No.						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Aksi Tetap	X	X	X	X	X	X	X
2	Beban Lalu Lintas	X	X	X	X	-	-	X
3	Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
4	Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
5	Beban Angin	-	-	X	X	-	-	-
6	Pengaruh Gempa	-	-	-	-	X	-	-
7	Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
8	Beban Pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperoleh		nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

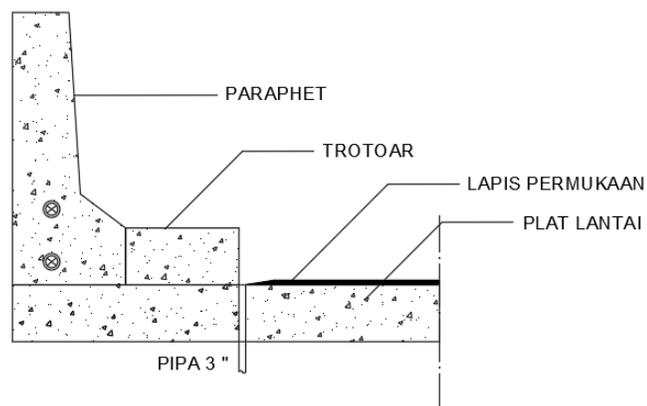
(Sumber : SNI T-02-2005 :54)

### 2.4.3 Perhitungan Bangunan Atas

Pada bangunan atas jembatan yang diperhitungkan adalah Paraphet, Lantai Trotoar, Lantai Kendaraan, Balok Diafragma, Pipa Saluran air, dan balok induk.

#### A. Perhitungan Paraphet

Parapet merupakan konstruksi bangunan atas jembatan yang terbuat dari beton bertulang dan berfungsi sebagai dinding pembatas jembatan.



**Gambar 2.8 Paraphet**

➤ **Luas Penampang Paraphet :**

$$H = 1,20$$

$$b_1 = 0,50$$

$$b_2 = 0,25$$

Dimana :

$h$  = Tinggi parapet (cm)

$b_1$  = Lebar bawah parapet (cm)

$b_2$  = Tebal parapet (cm)

➤ **Pembebanan pada parapet**

Pada perencanaan Parapet pembebanan yang bekerja yaitu beban mati (berat sendiri parapet) dan beban hidup parapet

**B. Perhitungan Lantai Trotoar**

Dalam perhitungan lantai trotoar beban-beban yang terjadi adalah beban dari tiang sandaran, pipa sandaran, dan trotoar. Pada perencanaannya trotoar dianggap sebagai balok menerus.

**Ketetapan beban :**

1. Beban hidup Lantai Trotoar  $5 \text{ kN/m}^2$
2. Beban Trotoar =  $24 \text{ kN/m}^3$
3. Beban Sendiri Lantai trotoar =  $24 \text{ kN/m}^3$
4. Berat Air hujan =  $9,8 \text{ KN/m}^3$

➤ **Pembebanan :**

a. Beban mati

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

b. Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban pejalan kaki. Trotoar dianggap balok menerus Dari pembebanan di atas maka akan diperoleh  $W_u$ .

$$M_u = 1/10 \times W_u \times L^2$$

- a) Beban terpusat (P) merupakan penjumlahan dari :
- Beban parapet.....(kN)
- b) Beban Merata (q) Merupakan penjumlahan dari :
- Beban hidup Lantai Trotoar  $5 \text{ kN/m}^2 \times \text{Luasan trotoar}$  (kN)
  - Beban Sendiri Lantai trotoar  $24 \text{ kN/m}^3 \times \text{Volumenya}$  (KN)
  - Berat Air hujan  $9,8 \text{ KN/m}^3 \times \text{Volumenya}$  (KN)
- c) Beban terfaktor =  $1,2 \times \text{total beban mati}$

➤ **Perhitungan Momen:**

- Momen akibat beban mati ( $M_D$ )  
 $M_D = \text{Besar beban mati} \times \text{jarak}$  (kNm)
- Momen akibat beban hidup ( $M_L$ )  
 $M_L = \text{Beban horizontal} \times \text{jarak}$  (kNm)
- **$M_u = 1,6 M_L + 1,2 M_D$**

Dimana :

$M_u$  = Momen ultimate (kNm)

$M_L$  = Momen akibat beban hidup (kNm)

$M_D$  = Momen akibat beban mati (kNm)

➤ **Penulangan:**

Menurut SNI T-12-2004 hal 38, Pelat Lantai berfungsi sebagai Lantai kendaraan harus mempunyai tebal min ( $t_s$ ) mempunyai ketentuan sebagai berikut :

Pelat Lantai berfungsi sebagai Lantai kendaraan harus mempunyai tebal min ( $t_s$ ) mempunyai ketentuan sebagai berikut :

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

$$t_s \geq (100+40/l) \text{ mm}$$

1. Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )

$$d = h - p - 0.5 \phi_{\text{tulangan yang dipakai}}$$

dimana:

$d'$  = jarak tulangan tekan (mm)

$h$  = tebal pelat (mm)

$p$  = selimut beton (mm)

## 2. Rasio tulangan ( $p$ )

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi b \cdot (d)^2}$$

dimana:

$p$  = rasio tulangan

$M_u$  = Momen Ultimate (kNm)

$b$  = Lebar per meter tiang (mm)

$d$  = Jarak tulangan (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan (0,8)

Rasio penulangan keseimbangan ( $p_b$ )

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times p_b$$

$$\rho_{min} = 1,0 / f_y$$

## 3. Tulangan pembagi

$$A_{S_{tulangan\ pembagi}} = 50\% \times A_s$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan (mm)

## E Lantai Kendaraan

Dalam perhitungan lantai kendaraan beban-beban yang terjadi adalah beban dari Berat sendiri plat, berat aspal, berat air hujan, beban roda, beban hidup dan beban angin.

**Ketetapan beban :**

1. Beban Aspal 22 kN/m<sup>3</sup>

2. Beban Sendiri Lantai kendaraan - 24 kN/m<sup>2</sup>

### 3. Berat Air hujan-Beban air hujan 9,8 kN/m<sup>2</sup>

#### ➤ Pelat Lantai Kendaraan

##### 1). Tebal pelat lantai

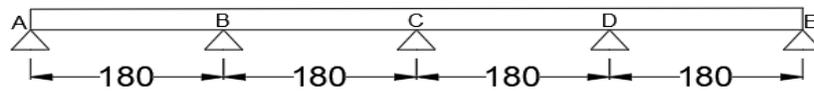
$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100+40.1)$$

##### 2). Pembebanan

###### a) Beban mati

Beban mati terdiri atas berat aspal, berat pelat lantai dan berat air hujan. Dari pembebanan tersebut maka akan diperoleh  $q_{ou}$  Pelat lantai kendaraan dianggap pelat satu arah.



$$M_{x\max} = 1/10 \times q_u \times L^2$$

$$M_{y\max} = 1/3 \times M_{x\max}$$

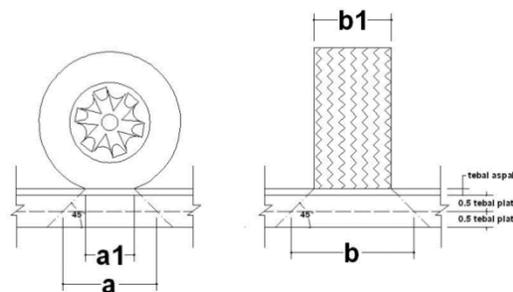
###### b) Beban hidup

Berasal dari kendaraan bergerak (muatan T):

Dalam menghitung beban lantai kendaraan digunakan beban T.

Beban-beban yang terjadi:

- Muatan beban truk (T) dengan beban roda 1000 kN
- koefisien dinamis 0,3 (DLA) untuk beban T



**Gambar 2.9 Penyaluran Tegangan Dari roda Akibat Bidang Kontak**

Untuk beban "T" dianggap bahwa beban tersebut menyebar kebawah dengan sudut  $45^\circ$  sampai ketengah-tengah lantai.

$$a_1 = 20c$$

$$b_1 = 50 \text{ cm}$$

$$a = a_1 + (2 \times \text{tebal aspal}) + (2 \times 0,5 \times \text{tebal beton})$$

$$b = b_1 + (2 \times \text{tebal aspal}) + (2 \times 0,5 \times \text{tebal beton})$$

$$\text{Beban roda total} = \text{PU} + \text{DLA}$$

$$\text{Penyebaran Beban (T)} = \frac{\text{Beban Roda Total}}{\text{Luas Bidang Kontak Roda}}$$

**Beban Kejut:**

$$K = 1 + \frac{20}{50+l}$$

Dimana:

$$l = \text{Panjang Jembatan} = 30 \text{ m}$$

Pembebanan oleh truck / Pembebanan oleh truk = 112,5 kN (SNI 2005)

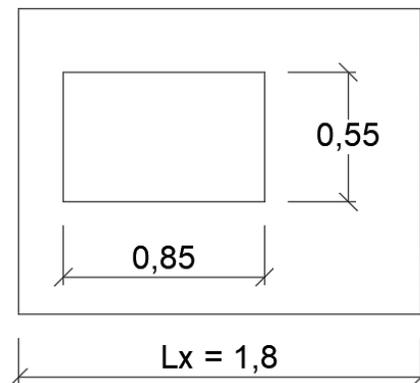
$$T_u = 1,8 \times 1,3 T$$

Jadi pembebanan truck.

$$q = \frac{T_u}{a \times b} \Rightarrow \text{Momen dihitung menggunakan tabel bitner}$$

**Peninjauan keadaan roda pada saat melewati jembatan :**

1. Kendaraan di tengah bentang (2 roda belakang di tengah bentang)



$$\frac{tx}{Lx} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{ty}{Lx} = \dots\dots\dots$$

Dari **tabel bittner** di dapat =

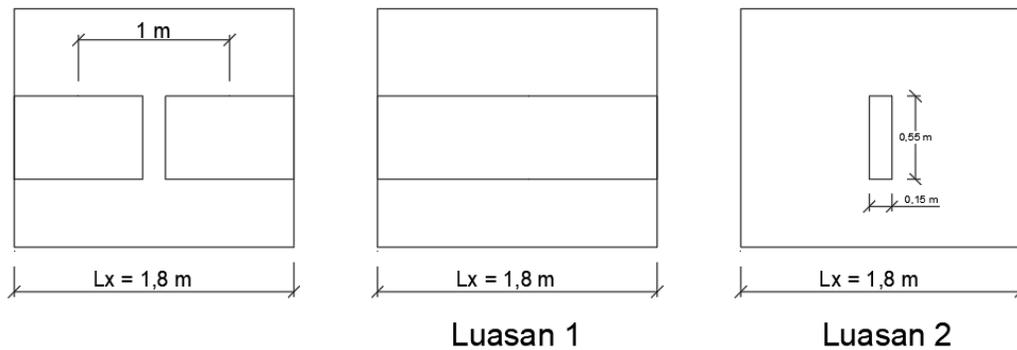
$$Fxm = \dots\dots\dots$$

$$Fym = \dots\dots\dots$$

$$Mx = Fxm \times qu \times tx \times ty \text{ (kN.m)}$$

$$My = Fym \times qu \times tx \times ty \text{ (kN.m)}$$

Kendaraan ditengah bentang (2 roda belakang berpapasan)



### Beban Roda

$$\frac{tx}{Lx} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{ty}{Lx} = \dots\dots\dots$$

Dari **tabel bittner** di dapat =

$$Fxm = \dots\dots\dots$$

$$Fym = \dots\dots\dots$$

$$Mx = Fxm \times qu \times tx \times ty \text{ (kN.m)}$$

$$My = Fym \times qu \times tx \times ty \text{ (kN.m)}$$

### ➤ Penulangan arah x dan y

1. Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )

$$d' = h - p - 0,5 \varnothing \text{ tulangan yang dipakai}$$

$d'$  = tebal pelat - selimut beton - ( $\emptyset$  tulangan pokok arah x) – ( $1/2 \emptyset$  tulangan pokok arah y)

Dimana:

$d'$  = jarak tulangan (mm)

$h$  = tebal pelat (mm)

$p$  = selimut beton (mm)

## 2. Momen Ultimate ( $M_u$ )

$M_u$  = Total Beban

Dimana:

$M_u$  = Momen ultimate (kN.m )

## 3. Rasio tulangan ( $\rho$ )

$K_{perlu} = M_u / \phi b.d'$

Didapat  $\rho$  dari tabel buku Gideon Kusuma

dimana :

$\rho$  = rasio tulangan

$M_u$  = Momen Ultimate (kN.m)

$b$  = Lebar per meter tiang (mm)

$d'$  = Jarak tulangan (mm)

$\theta$  = Faktor reduksi (0.8)

Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho_b$ )

$$\rho_b = \frac{0,85 f_{c'}'}{f_y} \times 0,85 \frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{min} = 1,0 / f_y$$

### ➤ Ikatan angin

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

$$TEW = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b [kN]$$

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

$$TEW = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b [kN]$$

dengan pengertian:

- $V_w$  adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau
- $C_w$  adalah koefisien seret
- $A_b$  adalah luas equivalen bagian samping jembatan (m<sup>2</sup>)

## F. Balok

### ➤ Diafragma

Balok yang digunakan untuk mengikat balok induk untuk menahan geser.

Pembebanan:

Balok diafragma hanya menahan berat sendiri balok

Berat sendiri balok = Luasan balok x berat jenis beton (24 kN/m<sup>2</sup>)

$q_u = 1,3 \times$  berat sendiri balok

Perhitungan Momen:

$$M_{\max \text{tumpuan}} = 1/8 \times q_u \times L^2$$

$$M_{\max} = 1/12 \times q_u \times l^2$$

1. Penulangan:

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )  $d' = h - p - 0.5 \phi$  tulangan yang dipakai

Dimana:

$d$  = jarak tulangan (mm)

$h$  = tebal balok (mm)

$n$  = selimut beton (mm)

Penulangan Tumpuan dan Lapangan

$$K_{\text{perlu}} = M_u / \phi b.d'$$

2. Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho_b$ )

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\min} = 1,0 / f_y$$

1. Luas tulangan ( $A_s$ )

$$A_s = \rho \times b \times d'$$

dimana :

$$A_s = \text{Luas tulangan (cm}^2\text{)}$$

$\rho$  = rasio tulangan

$b$  = Lebar per meter balok (mm)

$d'$  = Jarak tulangan (mm)

4. Tulangan Geser

$$V_u = (1/2 + (15\% \times 1/2)) \times q_u \times l$$

$$V_u = (1, 15/2) \times q_u \times l$$

$\phi V_c > V_u$ ..... Tidak perlu sengkang

$\phi V_c < V_u$ ..... perlu sengkang

$$V_c = 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$S_{\max} = 0,5d$$

Atau

$$S_{\max} = 600 \text{ mm}$$

$$A_{V_{\min}} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f_c' b \cdot s}}{f_y} = \dots\dots\dots \text{mm}^2$$

Dipakai tulangan.....maka jarak sengkang :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c' \cdot b}} = \dots\dots\dots \text{mm}$$

5. Tulangan Pembagi/Suhu dan Susut

$$A_{S_{\text{tulangan pembagi}}} = 20\% \times A_s$$

➤ Balok Induk

Dalam perhitungan balok memanjang beban yang diperhitungkan adalah beban merata termasuk berat plat, berat air hujan, dan berat sendiri balok dan ditambah dengan beban terpusat dan muatan bergerak.

Pembebanan

1. Akibat beban Mati
2. Akibat beban Hidup (Muatan Bergerak)

➤ Penulangann

$$b_{ef} \leq b_w + 16hf$$

$$b_{ef} \leq \frac{1}{4} \times L$$

$$b_{ef} \leq \text{Jarak antar Balok dari as ke as}$$

$$d = h - p + 0,5 \times 32 - 12$$

$$M_R = \emptyset (0,85 f_c) b hf (d - \frac{1}{2} \times hf)$$

1. **Kperlu = Mu/∅ b . (d)<sup>2</sup>**

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

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

2. Luas tulangan (As)

$$A_s = p \times b \times d'$$

Cek jarak tulangan :

Jarak minimum antar tulangan sejajar :

1.5 x ukuran nominal maksiman agregat

1.5 x D<sub>tulangan</sub>

40 mm

Jarak minimum antar talangan sejajar dalam lapisan :

1.5 x D<sub>tulangan</sub>

(SNI T-12-2004 hal 30)

#### 4. Tulangan Geser

$\phi V_c > V_u$ ..... Tidak perlu sengkang

$\phi V_c < V_u$ ..... perlu sengkang

$$V_c = 1/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$S_{\max} = 0,5d$$

Atau

$$S_{\max} = 600 \text{ mm}$$

$$AV_{\min} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot s}{f_y} = \dots\dots\dots \text{mm}^2$$

Dipakai tulangan.....maka jarak sengkang :

$$S = \frac{Av \cdot f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b} = \dots\dots\dots \text{mm}$$

#### ➤ Kontrol Lendutan Balok

$$f_c = 30 \text{ MPa } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$A_s$  = luas tulangan balok

Momen Tiap Potongan dari Beban Layan (Beban Tidak Terfaktor)

$$\text{Modulus elastic beton } E_c = 4700 \sqrt{f'c'} = 4700 \sqrt{30} = 25742,9602 \text{ MPa}$$

Modulus elastic baja,  $E_s = 2 \times 105 \text{ MPa}$

Nilai perbandingan modulud elastisitas,  $n = E_s / E_c$

$$\text{Modulus keruntuhan lentur beton, } f_r = 0.7 \sqrt{f'c'} = 0,7 \sqrt{30} = 3,834 \text{ MPa}$$

$Y_t$  = jarak dari serat seratas ke garis netral

$Y_b$  = jarak dari garis netral ke serat paling bawah

$$\text{Inersia brits penampang balokk, } I_g = \frac{1}{12} \times A \times S$$

$A$  = Luas Penampang

$S$  = Jarak dari titik berat ke garis netral

$$\text{Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, } c_1 = \frac{n \times A_s}{b}$$

$b$  = lebar penampang balok

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton, dihitung sebagai berikut:  $I_{rc} = 1/3 \times b \times c^3 + n \times A_s \times (d - c)^2$

$d$  = tinggi efektif

$$\text{Momen retak, } M_{cr} = \frac{(f_r \times I_g)}{y_t}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$\left[ \left( \frac{M_{cr}}{M_A} \right) \right]^3 \times I_g + \left( 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_A} \right)^3 \right) \times I_{cr}$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times q \times \frac{l_x^4}{(E_c \times I_e)} + \frac{1}{48} \times p \times \frac{l_x^3}{(E_c \times I_e)}$$

$p$  = beban terpusat

$q$  = beban merata

$$\text{Lendutan total pada plat lantai jembatan } \delta_e = \frac{l_x}{250}$$

### 2.4.3 Perhitungan Bangunan Bawah

Perhitungan bangunan jembatan bagian bawah meliputi abutment, plat injak, pondasi. Dalam menghitung bangunan bawah yang sangat diperhatikan adalah data tanah diperoleh dan hasil penyelidikan dilapangan maupun dilokasi dimana bangunan tersebut akan dibangun dan kemudian dites dilaboratorium.

#### A. Perhitungan Abutment

##### ➤ **Pembebanan :**

Adapun beban yang terjadi pada abutment adalah:

- 1) Berat sendiri abutment
- 2) Akibat beban hidup
- 3) Akibat tekanan tanah aktif
- 4) Beban angin
- 5) Gaya rem
- 6) Gaya gempa
- 7) Gesekan pada perletakan
- 8) Beban Pelaksanaan

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:

- Kombinasi I =  $P_m + P_{ta} + G_s$
- Kombinasi II =  $(H + DLA) + R_m$
- Kombinasi III = Pengaruh temperatur = 0
- Kombinasi IV =  $W_n$
- Kombinasi V =  $G_m$
- Kombinasi VI =  $P_{el}$

Kemudian kombinasi diatas dikombinasikan lagi yaitu :

- Kombinasi I = I + II, pembebanan 100%
- Kombinasi 2 = I + II + III, pembebanan 125 %
- Kombinasi 3 = I + II + IV, pembebanan 125 %
- Kombinasi 4 = I + I + III + IV, pembebanan 140 %
- Kombinasi 5 = I + V, pembebanan 150%
- Kombinasi 6 = I + VI, pembebanan 130%
- Kombinasi 7 = I + II, pembebanan 150%

Setelah dikombinasikan lalu dipilih beban yang paling menentukan dan control stabilitas antara lain:

- a. Kontrol terhadap guling

$$F_{guling} = \frac{\sum M_t}{\sum M_{gl}} \geq 1,50 \dots \dots \dots (Pondasi: Zainal, 81)$$

- b. Kontrol terhadap geser

$$F_{geser} = \frac{\sum V \times \mu}{\sum H} \geq 1,50 \dots \dots \dots (Pondasi: Zainal, 83)$$

- c. Kontrol terhadap daya dukung tanah (kelongsoran)

$$F = \frac{q_{ult}}{q_{ada}} = 2,50 - 3,00 \dots \dots \dots (Podasi: Zainal, 84)$$

Setelah dikontrol terhadap stabilitas, maka ada dua alternative

- Kontruksi aman terhadap stabilitas

Jika konstruksi aman terhadap stabilitas maka dimensi abutment telah memenuhi syarat dan biasa digunakan

- Kontruksi tidak aman terhadap stabilitas

Jika keadaan ini terjadi maka dimensi abutment perlu dirubah atau dengan menambah pondasi tiang untuk mendukung agar aman terhadap guling, geser dan kelongsoran daya dukung.

## B. Pelat Injak

Perhitungan plat injak dimaksudkan untuk mencegah terjadinya defleksi yang terjadi pada permukaan. Dalam perhitungan pelat injak dianggap terletak bebas diatas tumpuan, sedangkan beban-beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, berat tanah timbunan, berat perkerasan, berat aspal dan berat kendaraan yang tinjau per meter maju. Beban yang bekerja pada pelat injak (dihitung per meter lebar). Untuk berat kendaraan di belakang 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 beban kendaraan dari pembebanan akan didapat quend

- 2) Penulangan pelat injak

$$M_{u \max} = 1/8 \cdot q_{ult \text{ total}} \cdot L^2$$

$$\left. \begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} bd \\ A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} bd \end{aligned} \right\} \text{(SNI T-12-2004 hal 29)}$$

## C. 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

$$\left. \begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{\sqrt{f'c'}}{4 f_y} bd \\ A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} bd \end{aligned} \right\} \text{(SNI T-12-2004 hal 29)}$$

### 3) Tekanan tanah aktif

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Dimana:

$\Theta$  = sudut geser tanah

$K_a$  = Koefisien tanah aktif

Akibat Tekanan Tanah pada Dinding Sayap

$$P_{aq} = q_{ud} \times K_a \times h$$

$$P_{ah} = \gamma \cdot h_2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_2\right)$$

$$P_h = P_{aq} + P_{ah}$$

Dimana:

$P_a$  = Tekanan tanah aktif (kN/m)

$q_{ud}$  = Total Beban Mati (kN/m)

$P_{ah}$  = Tekanan tanah aktif (KN/m)

$\gamma$  = Berat jenis tanah (kN/m)

$h$  = tinggi dinding sayap (m)

$K_a$  = Koefisien tanah aktif

$P_h$  = Total tekanan tanah aktif (kN/m)

### D. Abutment

Abutment adalah tempat perletakan bangunan bagian atas jembatan. Abutment disesuaikan dengan hasil penyelidikan tanah dan sedapat mungkin harus diletakan di atas tanah keras supaya dapat tercapai tegangan tanah yang diizinkan. Abutment direncanakan dapat menahan beban-beban yang menumpu beban abutment. Adapun beban yang terjadi pada abudment adalah:

1. Beban mati (Pm)
2. Beban hidup (H+DLA)
3. Tekanan tanah (PTA)
4. Beban angin (Wn)
5. Gaya rem (Rm)
6. Gesekan pada perletakan (Gs)
7. Gaya gempa (Gm)
8. Beban pelaksanaan (pel)

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:

- a). Kombinasi I (AT) Pm+ PTA + GS
- b). Kombinasi II (LL)=(H+ DLA) + Rm
- c). Kombinasi III (AG) = Wn
- d). Kombinasi IV (GP) = Gm
- e). Kombinasi V (PL) = pel

Kemudian dikombinasikan lagi seperti berikut ini:

- a). Kombinasi I= AT + LL (100%)
- b). Kombinasi II = AT + LL (125%)
- c). Kombinasi III-AT+LL+ AG (125%)
- d). Kombinasi IV-AT+LL+ AG (140%)
- e). Kombinasi V = AT +GP (150%)
- f). Kombinasi VI= AT + PL (130%)
- g). Kombinasi VII = AT + LL (150%)

1). Kontrol stabilitas pembebanan

- a). Kontrol terhadap bahaya guling

$$F_{GL} = \frac{M_T}{M_{GL}}$$

- b). Kontrol terhadap bahaya geser

$$F_{GS} = \frac{\mu \cdot v}{H}$$

- c). Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung

$$F_k = \frac{q_{ult}}{q_{ada}}$$

Setelah dikontrol terhadap stabilitas, maka ada dua alternative:

- Kontruksi aman terhadap stabilitas  
Jika konstruksi aman terhadap stabilitas maka dimensi abutment telah memenuhi syarat dan biasa digunakan
- Kontruksi tidak aman terhadap stabilitas  
Jika keadaan ini terjadi maka dimensi abutment perlu dirubah atau dengan menambah pondasi tiang untuk mendukung agar aman terhadap guling, geser dan kelongsoran daya dukung.

➤ Penulangan:

1. Penulangan Kolom

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )

$$d' = h + p + 0.50 \emptyset \text{ tulangan yang dipakai}$$

Dimana:

$d'$  = jarak tulangan (mm)

$h$  = tinggi bidang yang ditinjau (mm)

$p$  = selimut beton (mm)

$$e = \frac{M_{ult}}{P_{ult}}$$

Rasio penulangan 2%, maka

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = p \cdot b \cdot d$$

2. Tulangan pembagi

$$A_{\text{Stulangan pembagi}} = 50\% \times A_s$$

Dimana:

$A_s$  = Luas tulangan (mm)

3. Penulangan

$$d = h + p + 0,5 \emptyset \text{ tulangan yang dipakai}$$

dimana:

d = jarak tulangan (mm)

h = tinggi bidang yang ditinjau (mm)

p = selimut beton (mm)

#### 4. Rasio tulangan

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi b \cdot (d)^2}$$

dimana:

$M_u$  = Momen Ultimate (kN.m)

b = Lebar per meter tiang (mm)

d = Jarak tulangan (mm)

Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho_b$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{min} = 1,0 / f_y$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

### E. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi diperlukan agar konstruksi dapat aman terhadap geser dan ketidakstabilan tanah, pemilihan pondasi disesuaikan dengan kondisi dan keadaan tanah. Pada Jembatan ini jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi tiang pancang dengan diameter 0,5 meter.

Beban-beban yang diterima oleh pondasi tiang pancang adalah:

1. Beban Vertikal
2. Berat sendiri pondasi
3. Stabilitas pondasi tiang pancang

➤ Luas tiang pancang :

$$A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

Dimana :

A = luasan tiang (m<sup>2</sup>)

d = diameter tiang (m)

Keliling tiang

$$K = \pi \cdot d$$

Dimana:

K = Keliling tiang (m<sup>2</sup>)

d = diameter tiang (m)

Kemampuan sebuah tiang pancang :

$$Q_{ag} = E \cdot Q_s \cdot h \dots\dots\dots (\text{Pondasi: 185})$$

Dimana :

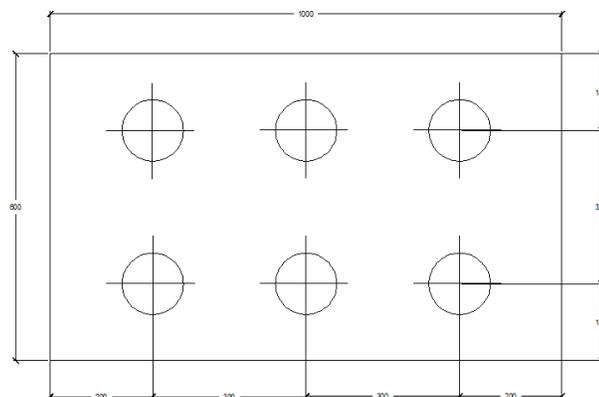
$Q_{ag}$  = Daya dukung yang diizinkan dalam kelompok (kN)

$Q_s$  = Daya dukung yang diizinkan sebuah tiang tunggal (kN)

E = Faktor efisien

n = Banyaknya tiang

Jarak antar tiang :



**Gambar 2.11 Jarak Tiang Pancang**

## 2.5 Pengelolaan Proyek

### 2.5.1 Sistem Proyek

Pada umumnya sistem kontrak atau tender untuk pekerjaan pemborong sudah ada bentuknya. Sistem kontrak atau dokumen tender berisi tentang segala sesuatu

mengenai pekerjaan yang akan dilaksanakan oleh kontraktor. Pada dasarnya sistem kontrak dalam dokumen tender dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

**a. Kontrak Lump Sump**

Kontrak Lump Sump adalah kontrak yang jenis pembayarannya berupa harga tetap dan harga inilah yang dibayarkan kepada kontraktor sesuai dengan besarnya harga yang tertera pada surat penawaran. Jadi, dengan kata lain berapapun biaya yang telah dikeluarkan oleh pihak kontraktor dalam melaksanakan suatu pekerjaan, maka biaya yang akan dibayarkan tetap sesuai dengan harga penawaran. Jika seandainya terjadi selisih biaya, maka biaya-biaya tersebut akan dimasukkan kedalam biaya-biaya pekerjaan tambah kurang, oleh karena itu setiap kontraktor harus benar-benar memahami gambar dan RKS sebelum memasukkan surat penawaran.

**b. Kontrak Unit Price**

Kontrak Unit Price adalah kontrak yang berdasarkan perhitungan harga satuan dan biaya yang akan dibayarkan kepada kontraktor yang disesuaikan dengan besarnya masing-masing harga satuan pekerjaan.

**c. Kontrak Cost Plus**

Kontrak Cost Plus adalah kontrak kerja dimana kontraktor dibayar berdasarkan biaya produksi ditambah free (jasa) serta biaya-biaya lainnya (administrasi).

**2.5.2. Perhitungan Biaya Pelaksanaan**

Dalam perhitungan biaya pelaksanaan biaya bangunan adalah volume pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Dalam perhitungan harga satuan pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan yang diperlukan dalam suatu analisa biaya.

**a. Analisa Produksi Kerja alat Berat**

Pada prinsipnya perhitungan produksi alat dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Menghitung isi actual
- Menghitung waktu siklus
- Menghitung produksi kerja kasar
- Menghitung produksi kerja actual

Misal Perhitungan produksi alat Excavator

1. Menghitung isi actual

Kapasitas bucket x carry factor = .... (m<sup>3</sup>)

Menghitung waktu siklus

Waktu muat	=		detik
Waktu mengayun	=		detik
Waktu membuang muatan	=		detik
Waktu mengayun kosong	=	.....	detik +
			detik

Menghitung produksi kerja kasar

Kapasitas aktual bucket x jumlah siklus perjam = ..... (m<sup>3</sup>)

Menghitung produksi kerja aktual

Produksi kerja kasar x faktor efisiensi.... (m<sup>3</sup>/jam)

**b. Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

Dalam analisa produksi kerja alat berat yang diperhitungkan adalah kebutuhan bahan, pekerjaan dan alat yang diperlukan dalam pekerjaan tersebut. Analisa harga satuan pekerjaan dihitung persatu satuan volume pekerjaan. Dalam perhitungan analisa harga satuan pekerjaan untuk dafiar harga bahan dan upah yang merupakan patokan atau standar yang dikeluarkan oleh dinas pekerjaan umum setempat atau tempat proyek tersebut berada, sebab suatu daerah tidak akan sama harga standarnya.

**c. Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah harga dan analisa per item pekerjaan.

**2.5.3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana anggaran biaya adalah suatu daftar yang memuat jenis pekerjaan, volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Pada rencana anggaran biaya ini menyajikan analisa-analisa untuk setiap item pekerjaan jembatan dan akan diketahui seluruh biaya konstruksi. Pada proyek jembatan ini pekerjaan dilakukan mulai dan persiapan dan pembersihan sampai akhir pekerjaan administrasi.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut:

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran biaya teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m<sup>2</sup>. Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti didasarkan atau didukung oleh:

a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

b) Gambar bestek

Gunanya untuk menentukan besarnya masing-masing volume pekerjaan.

c) Harga Satuan Pekerjaan

Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

#### **2.5.4. Net Work Planning (NWP)**

*Net Work Planning* adalah salah satu modal perencanaan pelaksanaan dalam penyelenggaraan proyek, produk dan NWP adalah informasi-informasi yang ada dalam model tersebut. Adapun keuntungan dibuatnya NWP adalah :

1. Dengan digambarnya logika ketergantungan pada setiap pekerjaan. maka memaksa kita untuk merencanakan setiap proyek sampai sedetail mungkin.

2. Dalam NWP akan ditunjuk dengan jelas yang mana hal-hal waktu penyelesaian sangat kritis dan yang tidak, sehingga akan membuat kita dapat merencanakan pada pekerjaan-pekerjaan tertentu. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

1. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (critical path) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis. Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.

2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack/kelonggaran waktu.

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

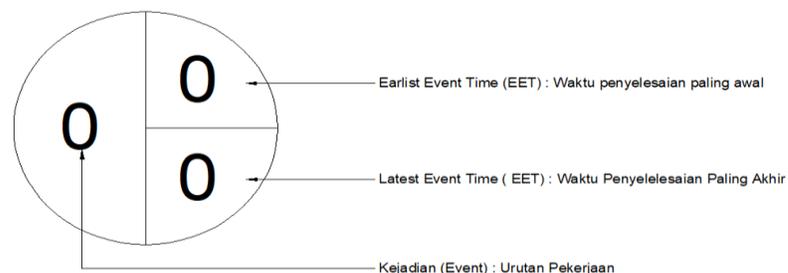
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya: biaya- biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya. Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain:

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu.

6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP:

- $\longrightarrow$  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- $\bigcirc$  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- $\Longrightarrow$  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- $---\blacktriangleright$  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan- hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



### **2.5.5. Bartchart**

Dari NWP dapat dibuat suatu bartchart, Apabila didalam NWP banyak diketahui kapan mulainya dan berakhirnya suatu pekerjaan maka dalam bartchart akan diketahui pula jumlah pekerjaan atau tenaga kerja yang dipekerjakan dalam proyek tersebut. Pekerjaan tersebut dapat dibuat persatuan waktu, misalnya hari, minggu atau bulan. Jadi jumlah pekerjaan harus benar-benar disesuaikan dengan kebutuhan dan pemakaian selama pekerjaan proyek.

### **2.5.6. Kurva S**

Kurva S erat kaitannya dengan Network Planning, Kurva S dibuat berdasarkan nilai dan pekerjaan berupa persentase yang didapat dan perbandingan dan biaya keseluruhan yang ada, kemudian dikalikan 100%. Dengan penjadwalan waktu penyelesaian pekerjaan dan penentuan bobot dan tiap-tiap pekerjaan dapat dibuat kurva yang menyerupai huruf S. Kegunaan Kurva S adalah untuk mengontrol pekerjaan yang dilaksanakan apakah sesuai dengan kalender kerja sehingga pekerjaan. dapat dilaksanakan sesuai dengan target waktu dan dana yang disediakan. Dan kurva S dapat dilihat apakah pekerjaan yang dilaksanakan lebih cepat dan yang direncanakan atau mengalami keterlambatan dalam waktu pelaksanaannya.