

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Jembatan**

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang dibuat untuk memudahkan akses transportasi yang melewati sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Jembatan juga didefinisikan sebagai suatu prasarana transportasi untuk menghubungkan suatu daerah karena adanya rintangan misalnya sungai, jurang ataupun laut. Menurut Ir. H.J. Struyk dalam bukunya “Jembatan”, jembatan merupakan suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada pada kontur yang lebih rendah. Rintangan ini biasanya merupakan jalan lain (jalan air atau lalu lintas biasa).

#### **2.2 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan Beton Bertulang**

Konstruksi jembatan beton bertulang pada umumnya terdiri dari 4 bagian, yaitu:

##### **2.2.1 Bangunan Atas Jembatan**

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi yang menopang beban-beban akibat lalu lintas kendaraan, orang, barang ataupun berat sendiri dari konstruksi. Bagian-bagian yang termasuk bangunan atas jembatan beton bertulang adalah:

a. **Tiang Sandaran**

Tiang Sandaran digunakan untuk memberi rasa aman bagi kendaraan dan orang yang akan melewati jembatan tersebut. Fungsi dari tiang sandaran adalah sebagai perletakan dari pipa sandaran. Biasanya tingginya 125-145 cm dengan lebar 16 cm dan tebal 10 cm.

b. **Trotoar**

Trotoar adalah bagian yang digunakan sebagai perlintasan bagi pejalan kaki. Biasanya memiliki lebar 0,5-2,0 m.

c. Lantai Trotoar

Lantai Trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran, beban trotoar dan beban pejalan kaki.

d. Lantai Kendaraan

Lantai Kendaraan adalah bagian tengah dari plat jembatan yang berfungsi sebagai perlintasan kendaraan. Lebar jalur untuk kendaraan dibuat cukup untuk perlintasan dua buah kendaraan yang besar sehingga kendaraan dapat melaluinya dengan leluasa.

e. Balok Diafragma

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

f. Balok Memanjang

Balok Memanjang merupakan balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun beban kendaraan yang melewati jembatan tersebut dan kemudian beban-beban tersebut didistribusikan menuju pondasi. Besarnya ukuran balok memanjang tergantung dari panjang bentang.

### **2.2.2 Bangunan Bawah Jembatan**

a. Kepala Jembatan (Abutment)

Kepala Jembatan atau abutment adalah tempat perletakan bangunan bagian atas jembatan. Abutment disesuaikan dengan hasil penyelidikan tanah dan sedapat mungkin harus diletakan diatas tanah keras supaya dapat tercapai tegang tanah yang diizinkan. Dengan memperhitungkan resiko terjadinya erosi maka paling tidak dasar abutment harus berada 2 m dibawah muka tanah asli, terutama untuk abutment dengan pondasi langsung.

b. Pelat Injak

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

c. Pondasi

Pondasi adalah dari jembatan yang tertanam didalam tanah. Fungsi dari pondasi adalah untuk menahan beban-beban bangunan yang berada di atasnya dan meneruskannya ketanah dasar, baik kearah vertikal maupun kearah horizontala. Dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan yang kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- Daya dukung tanah serta sifat-sifat tanah
- Jenis serta besar kecilnya bangunan yang akan dibuat
- Keadaan lingkungan lokasi pelaksanaan
- Peralatan yang tersedia
- Waktu pelaksanaan kegiatan pelaksanaan konstruksi

d. Dinding Sayap

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

### **2.2.3 Oprit Jembatan**

Oprit Jembatan adalah bangunan yang terletak dibelakang abutment, sebagai penghubung antara jalan dengan jembatan. Oprit juga dikenal sebagai timbunan tanah yang berada dibelakang abutment.

### 2.2.4 Bangunan Pengaman Jembatan

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

## 2.3 Dasar-Dasar Perencanaan

### 2.3.1 Beban Primer

Beban Primer adalah muatan atau beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan untuk setiap perencanaan jembatan. Beban-beban primer terdiri dari :

#### a. Beban Mati

Beban Mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan suatu kesatuan tetap dengannya. Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktur lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktur ditambah dengan elemen non struktur yang dianggap tetap.

**Tabel 2.1 Berat Isi Untuk Beban Jembatan ( $\text{KN}/\text{m}^3$ )**

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	Beton Ringan	12,25-19,6	1250-2000
8	Beton Normal	22,0-25,0	2240-2560
9	Beton Prategang	26,0-26,0	2560-2840
10	Beton Bertulang	23,5-25,5	2400-2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung Lepas	12,5	1280
13	Batu Pasangan	23,5	2400
14	Neoprin	11,3	1150
15	Pasir Kering	15,7-17,2	1600-1760
16	Pasir Basah	18,0-18-8	1840-1920
17	Lumpur Lunak	17,2	1760
18	Baja	77,0	7850
19	Kayu (Ringan)	7,8	800
20	Kayu (Keras)	11,0	1120
21	Air Murni	9,8	1000
22	Air Garam	10,0	1025
23	Besi Tempa	75,5	7680

(Sumber :RSNI-T-02-2005)

Tabel 2.2 Faktor Beban Umum

Pasal No	Aksi		Lamanya waktu (3)	Faktor Beban 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	1,0/1,3 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan & 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 Truk "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/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	$T_{EQ}$	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	$T_{BF}$	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	$T_{VI}$	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 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 di mana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol

(Sumber : RSNI T-02-2005)

Tabel 2.3 Faktor Beban Berat Sendiri

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	$K_{S;MS}$		$K_{U;MS}$	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

(Sumber :RSNI T-02-2005)

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

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	$K_{S;MA}$		$K_{U;MA}$	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8

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

(Sumber :RSNI T-02-2005)

## b. Beban Hidup

### a) Beban terbagi rata (BTR)

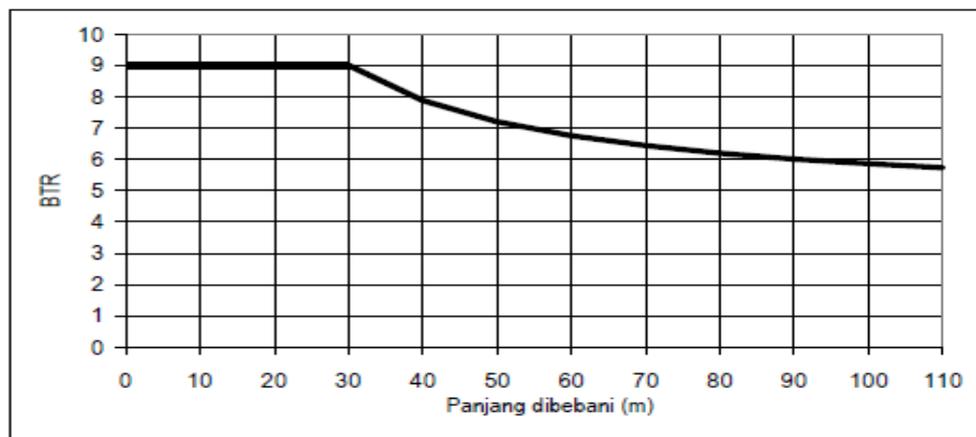
Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  KPa, dimana besarnya  $q$  tergantung panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut :

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

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ KPa} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan pengertian :

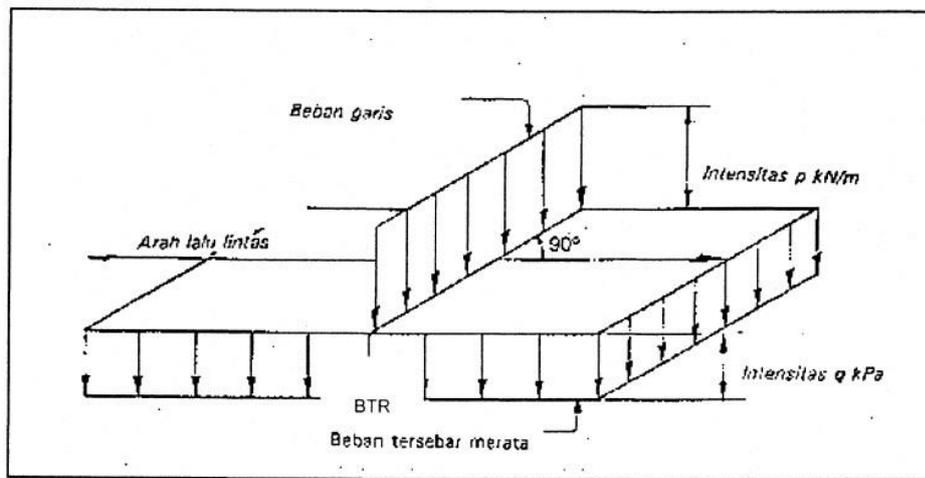
- $q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.
- $L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)



**Gambar 2.1 Beban D : BTR vs Panjang yang dibebani**

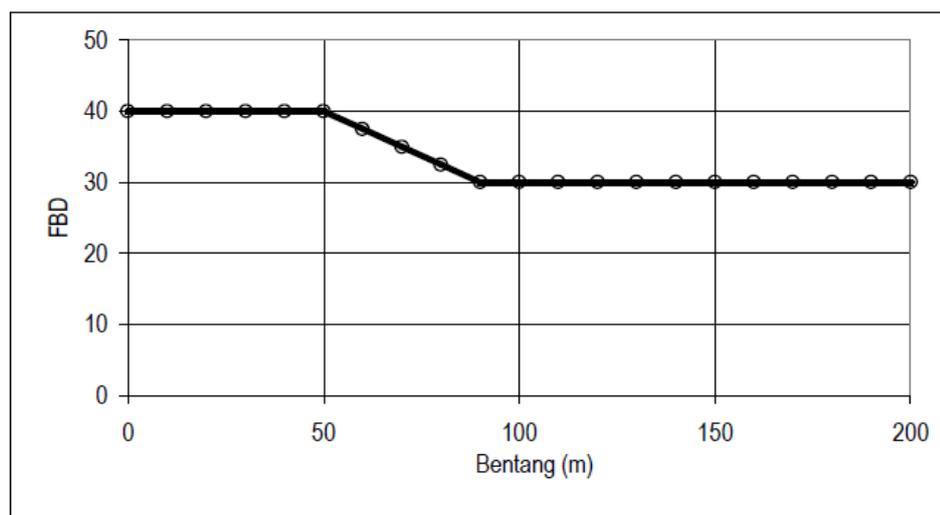
b) Beban Garis (BGT)

Beban garis (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 identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.



**Gambar 2.2 Beban Lajur D**

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

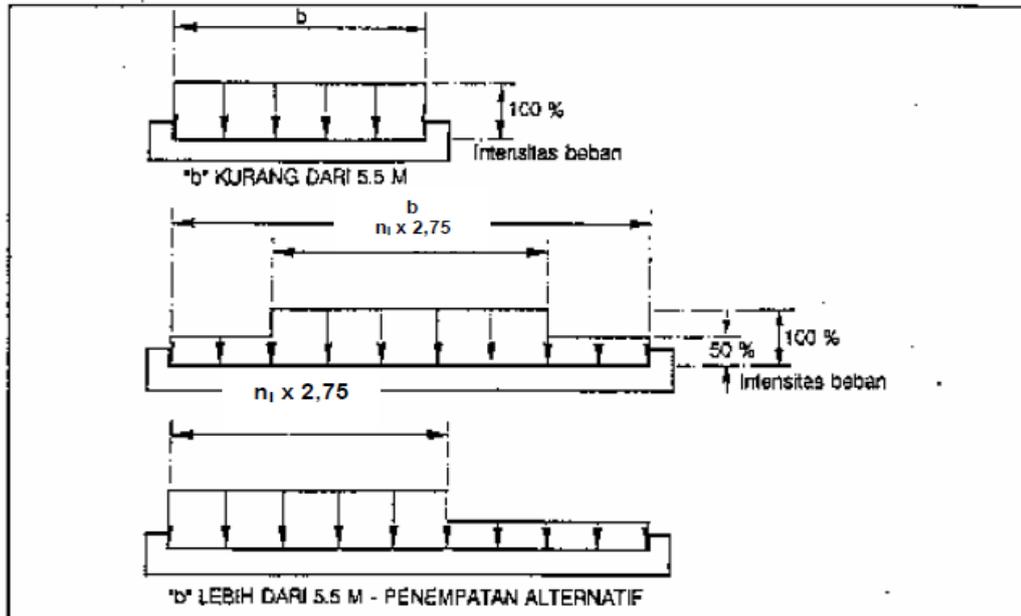


**Gambar 2.3 FBD Untuk Beban Lajur D**

- 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 :

- Bila lebar jalur kendaraan pada jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban “D” harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
- Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban “D” harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana ( $n_l$ ) yang berdekatan, dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar  $n_l \times 2,75 p$  KN, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar  $n_l \times 2,75$  m.
- 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 %.



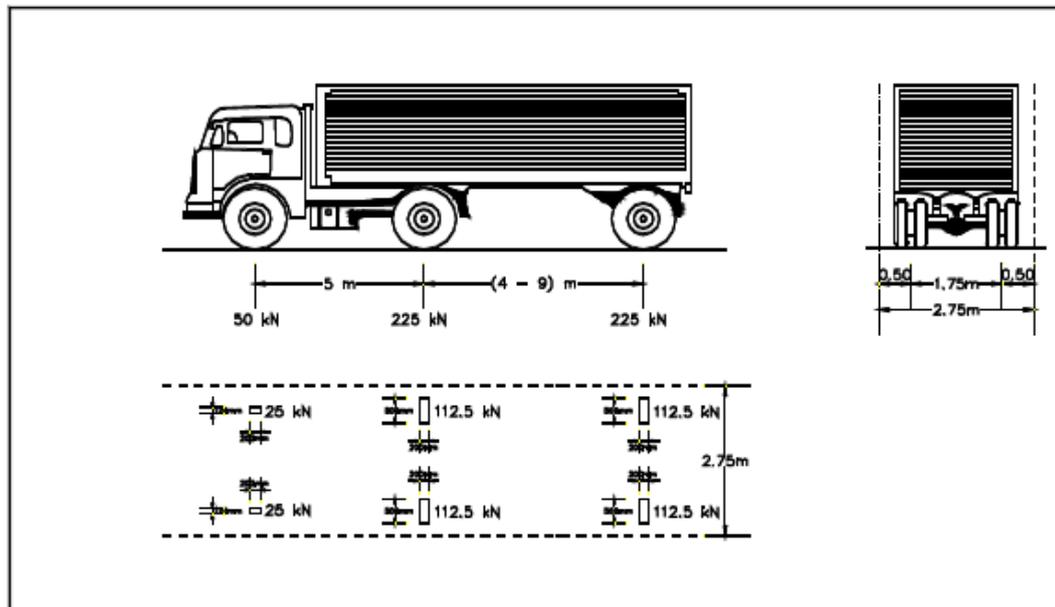
**Gambar 2.4 Penyebaran Pembebanan D Pada Arah Melintang**

Tabel 2.5 Faktor Beban Akibat Beban D

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

(Sumber : RSNI T-02-2005)

- Beban Truk t



Gambar 2.5 Pembebanan Truk T (500 kN)

FBD diambil 30 %. Harga FDB yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang ada diatas permukaan tanah.

Tabel 2.6 Faktor Beban Akibat Beban T

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

(Sumber : RSNI T-02-2005 )

- Beban Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul beban pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 KPa. Lajur pejalan kaki dan trotoar harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani. Luas bagian yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. 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 Pejalan Kaki**

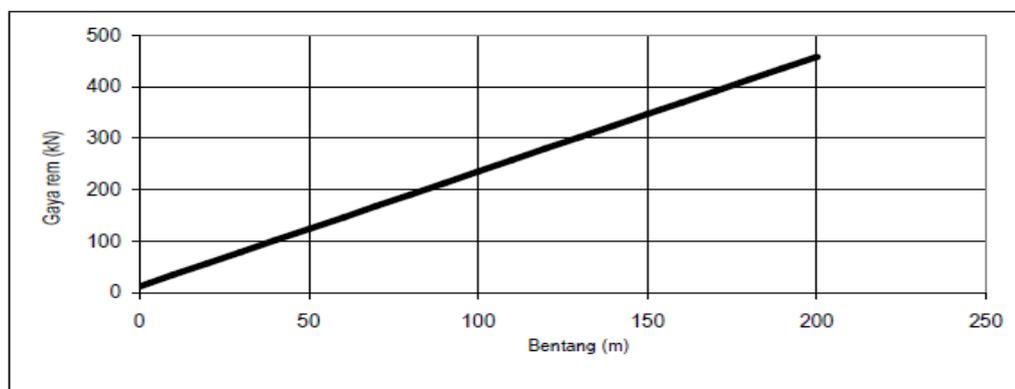
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TP;}$	$K_{U;TP;}$
Transien	1,0	1,8

(Sumber :RSNI T-02-2005)

Sandaran 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 sandaran.

### 2.3.2 Beban Skunder

#### a. Gaya Rem



**Gambar 2.6 Gaya Rem Per lajur 2,75 m (KBU)**

b. Beban Angin

Menurut RSNI T-02-2005 : 34, pengaruh beban angin sebesar  $150 \text{ Kg/m}^2$  pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal yang terbagi rata pada bidang vertikal dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang jembatan yang dianggap terkena angin ditetapkan dalam suatu persen tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup. Luas bidang vertikal beban hidup ditentukan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter diatas lantai kendaraan.

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masih dalam arah tegak lurus sumbu arah memanjang jembatan. Angin harus bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

Beban angin dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

Dimana :

$T_{EW}$  = Kecepatan angin rencana (m/s)

$C_w$  = Koefisien seret

$V_w$  = Kecepatan angin

$A_b$  = Luas koefisien samping jembatan ( $m^2$ )

**TABEL 2.8 Koefisien Seret  $C_w$**

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

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

**Tabel 2.9 Kecepatan Angin  $V_w$** 

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

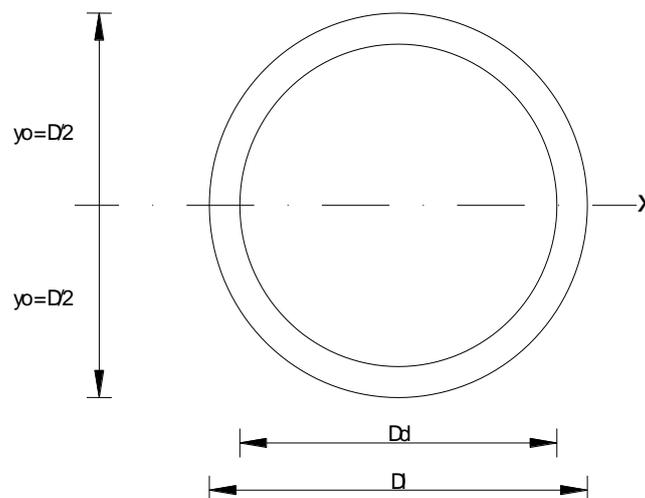
(Sumber : RSNI T-02-2005)

## 2.4 Perhitungan Konstruksi

### 2.4.1 Bangunan Atas

#### 2.4.1.1 Perhitungan Pipa Sandaran

Untuk beban-beban yang bekerja pada pipa sandaran yaitu berat sendiri dan beban hidup sebesar 0,75 KN/m yang bekerja sebagai beban merata pada pelat lantai. Pipa sandaran ini dianggap sebagai balok menerus dengan perletakan sendi-sendi.



**Gambar 2.7 Penampang Pipa Sandaran**

- **Luasan Penampang pipa :**

$$A = \frac{1}{4} \times \pi ( D_l^2 - D_d^2 )$$

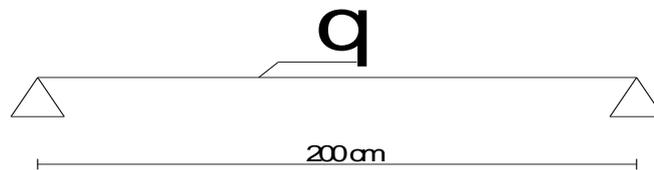
Dimana :

A = Luas penampang (cm)

$D_L$  = Diameter luar pipa sandaran (cm)

$D_d$  = Diameter dalam pipa sandaran (cm)

- **Pembebanan pada Pipa Sandaran**



Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana dayalayan yaitu  $q = w = 0,75$  KN/m. Tidak ada ketentuan beban ultimate untuk sandaran. (RSNI T-02-2005 hal 56)

$$M_x = 1/8 \cdot q_x \cdot L^2$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_y \cdot L^2$$

- Modulus lentur plastis terhadap sumbu x ( $Z_x$ )

$$Z_x = 1/2 \cdot A \cdot \frac{D}{2}$$

- Momen nominal penampang ( $M_n$ ) untuk penampang kompak :

$$M_n = Z_x \cdot F_y$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

### 2.4.1.2 Perhitungan Tiang Sandaran

#### a. Pembebanan :

Beban yang terjadi pada tiang sandaran berasal dari berat pipa sandaran ( V ), berat tiang sandaran sendiri( S ) dan gaya horizontal.

#### b. Perhitungan Momen

c. Momen akibat beban mati (  $M_D$  )

$$M_D = \text{Besar beban mati} \times \text{jarak (KNm)}$$

d. Momen akibat beban hidup (  $M_L$  )

$$M_L = \text{Beban hidup} \times \text{jarak (KNm)}$$

#### c. Penulangan :

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

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

Dimana :

$d'$  = jarak tulangan tekan (mm)

$h$  = lebar tiang sandaran (mm)

$p$  = selimut beton (mm)

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

dimana :

$\rho$  = rasio penulangan

$M_u$  = momen ultimate ( KNm )

$b$  = lebar per meter tiang (mm)

$d$  = jarak tulangan (mm)

$\emptyset$  = faktor reduksi kekuatan ( 0,8 )

Rasio penulangan keseimbangan (  $\rho_b$  )

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

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

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

### Tulangan pembagi

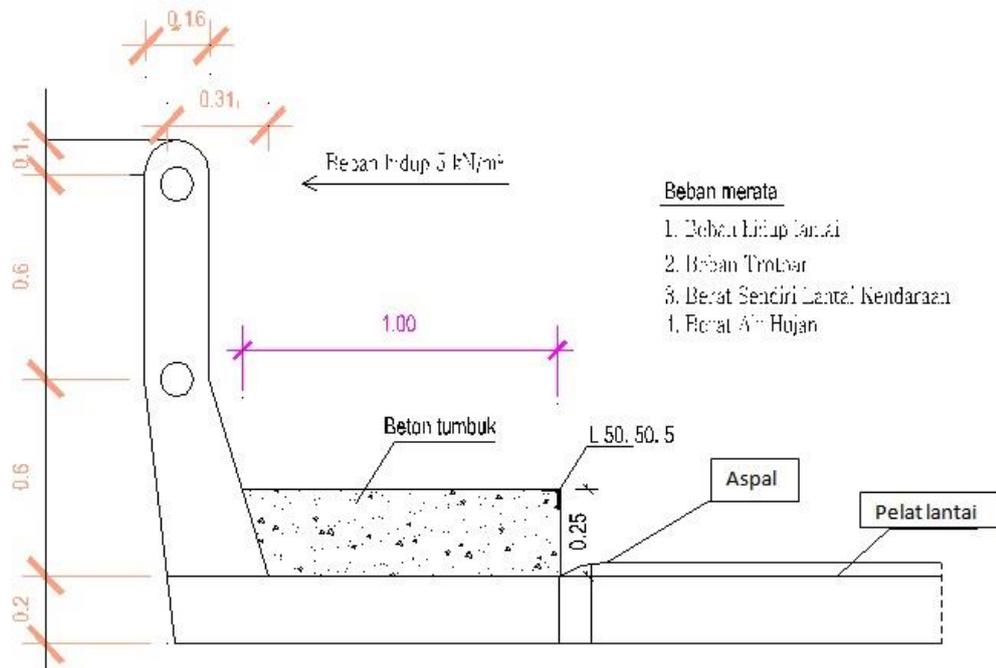
$$A_{Stulangan\ pembagi} = 50\% \times A_s$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan ( $mm^2$ )

#### 2.4.1.3 Lantai Trotoar

Dalam perhitungan lantai trotoar beban-beban yang terjadi adalah beban dari tiang sandaran, pipa sandaran dan trotoar.



**Gambar 2.8 Penampang Trotoar**

**Ketetapan Beban :**

1. Beban hidup lantai trotoar	= $5 \text{ KN/m}^2$
2. Beban trotoar	= $24 \text{ KN/m}^3$
3. Beban sendiri lantai kendaraan	= $24 \text{ KN/m}^3$
4. Berat air hujan	= $9,8 \text{ KN/m}^3$

**a. Pembebanan :**

1. Beban terpusat ( P ) merupakan penjumlahan dari :

- f. Beban pipa sandaran ..... ( KN )
- g. Beban tiang sandaran ..... ( KN )

2. Beban merata ( q ) merupakan penjumlahan dari :

- Beban hidup lantai trotoar =  $5 \text{ kN/m}^2 \times \text{Luasan trotoar}$  ( KN )
- Beban trotoar =  $24 \text{ kN/m}^3 \times \text{Volumenya}$  ( 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 )

3. Beban terfaktor =  $1,3 \times \text{total beban mati}$

**b. Perhitungan Momen :**

1. Momen akibat beban mati (  $M_D$  )

$$M_D = \text{Besarnya beban mati} \times \text{jarak (KN.m)}$$

2. Momen akibat beban hidup ( $M_L$  )

$$M_L = \text{Beban horizontal} \times \text{jarak (KN.m)}$$

**c. Penulangan :**

– Perhitungan Tebal Pelat ( mm )

Menurut RSNI T-12-2004 hal 38, pelat lantai berfungsi sebagai lantai kendaraan harus mempunyai tebal minimum (  $t_s$  ) mempunyai ketentuan sebagai berikut :

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

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

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

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

Dimana :

$$d' = \text{jarak tulangan tekan ( mm )}$$

$$h = \text{tebal pelat ( mm )}$$

$$p = \text{selimut beton ( mm )}$$

– **Rasio penulangan (  $\rho$  )**

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

Dimana :

$$\rho = \text{rasio tulangan}$$

$$M_u = \text{momen ultimate ( KNm )}$$

$$b = \text{lebar per meter tiang ( mm )}$$

$$d = \text{jarak tulangan ( mm )}$$

$$\emptyset = \text{faktor reduksi kekuatan ( 0,8 )}$$

Rasio penulangan keseimbangan (  $\rho_b$  )

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

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

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,0}{f_y}$$

- **Tulangan pembagi :**

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

Dimana :

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

#### 2.4.1.4 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 angin.

**Ketetapan beban :**

1. Beban Aspal = 22 KN / m<sup>3</sup>
2. Beban sendiri lantai Kendaraan = 24 KN / m<sup>3</sup>
3. Berat air hujan = 9,8 KN / m<sup>3</sup>

**a). Pembebanan dan Perhitungan Momen**

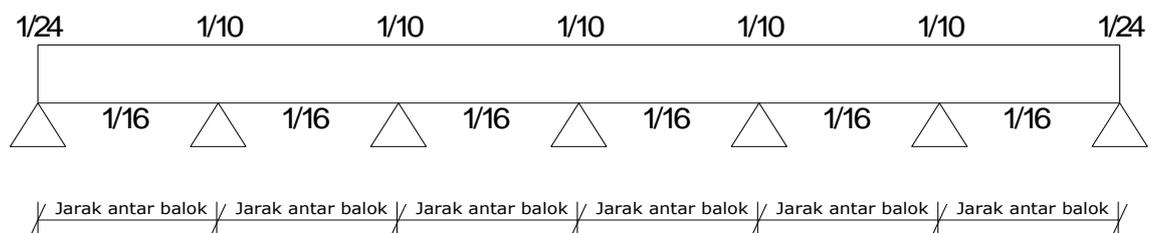
1. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri, berat aspal, dan berat air hujan.

- Beban aspal = Luasan x Berat Jenis Aspal x faktor beban ( KN/ m )
- Beban sendiri plat = Luasan x Berat jenis beton x faktor beban ( KN/ m )
- Berat air hujan = Luasan x Berat Jenis air hujan x faktor beban (KN/ m)

**Didapat  $q_u$  ( total beban ) = ..... KN /m**

**Dihitung Momen yang terjadi pada arah x**



**Gambar 2.9 Momen pada lantai kendaraan**

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

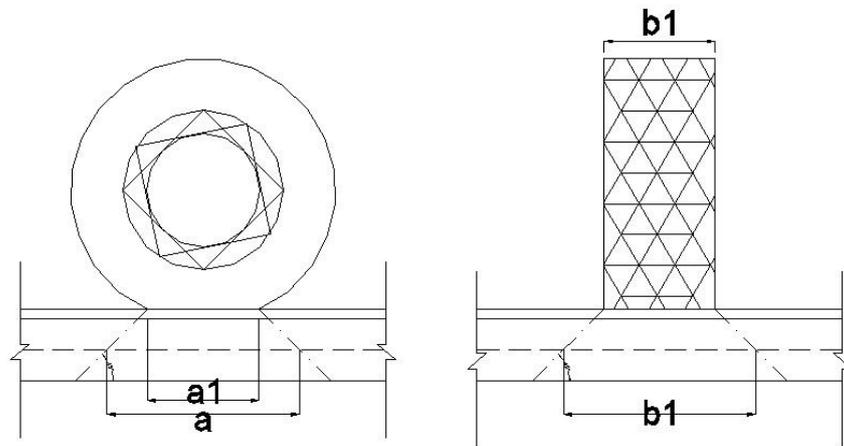
$$M_{y\max} = 1/3 \times M_{x\max}$$

## 2. Beban Hidup

Dalam menghitung beban lantai kendaraan digunakan beban T.

Beban-beban yang terjadi :

- Muatan beban truck ( T ) dengan beban roda 1000 KN
- Koefisien dinamis 0,3 ( DLA ) untuk beban T



**Gambar 2.10 Penampang Beban Roda**

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

$$a1 = 20 \text{ cm}$$

$$b1 = 50 \text{ cm}$$

$$a = a1 + ( 2 \times \text{tebal aspal} ) + ( 2 \times 0,5 \times \text{tebal beton} )$$

$$b = b1 + ( 2 \times \text{tebal aspal} ) + ( 2 \times 0,5 \times \text{tebal beton} )$$

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

$$\text{Penyebaran Beban ( T )} = \frac{\text{beban roda total}}{\text{luas bidang kontak roda}}$$

**Beban Kejut :**

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

Dimana : L = Panjang jembatan = 20 m

Pembebanan oleh truck

Pembebanan oleh truck 112,5 kN ( RSNI 2005 )

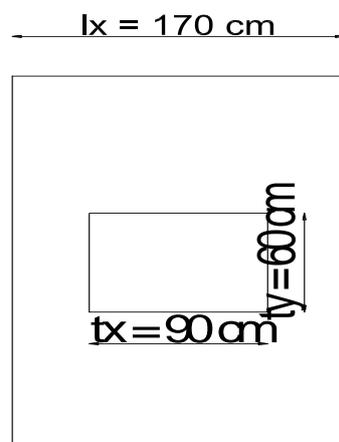
$$T_u = 1,8 \times 1,3 T$$

Pembebanan oleh truck :

$$q = \frac{T_u \cdot K}{a \times b}$$

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

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



**Gambar 2.11 Beban Roda**

$$t_x/L_x = \dots$$

$$t_y/L_x = \dots$$

Dari **table bitner** didapat =

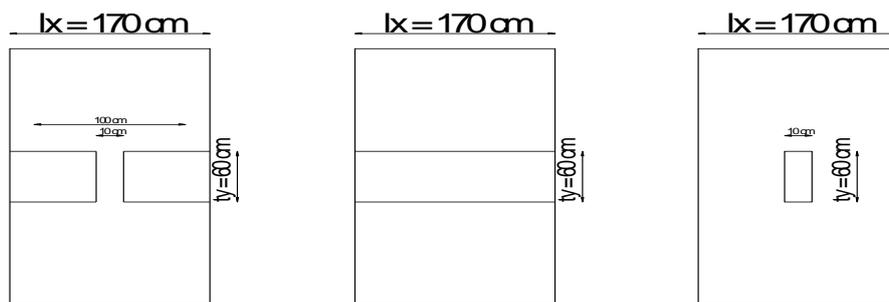
$$F_{xm} = \dots\dots\dots$$

$$F_{ym} = \dots\dots\dots$$

$$M_x = F_{xm} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ ( KN.m )}$$

$$M_y = F_{ym} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ ( KN.m )}$$

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



### Beban Roda

$$t_x/L_x = \dots$$

$$t_y/L_x = \dots$$

Dari **table bitner** didapat =

$$F_{xm} = \dots\dots\dots$$

$$F_{ym} = \dots\dots\dots$$

$$M_x = F_{xm} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ ( KN.m )}$$

$$M_y = F_{ym} \times q_u \times t_x \times t_y \text{ ( KN.m )}$$

**Tabel 2.10 Kombinasi Pembebanan Lantai Kendaraan**

No	Jenis beban	Beban Mati ( KNm )	Beban Hidup ( KNm )	Total Beban ( KNm )
1	Mux	.....	.....	.....
2	Muy	.....	.....	.....

**b) Penulangan :****- Penentuan Tebal Minimum :**

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

$t_s$  : 200 mm

$t_s$  : ( 100 + 40 / L ) mm ..... ( RSNIT – 12 – 2004 )

**Penulangan arah x dan y****- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (  $d'$  )**

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

$$d' = \text{tebal pelat-selimut beton} - ( \emptyset \text{ tulangan pokok arah x} ) - \left( \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok arah y} \right)$$

Dimana :

$d'$  = jarak tulangan ( mm )

$h$  = tebal pelat ( mm )

$p$  = selimut beton ( mm )

- Rasio tulangan ( $\rho$ )

$$K_{\text{perlu}} = \mathbf{Mu} / \varphi \cdot \mathbf{b} \cdot \mathbf{d}'$$

Dimana :

$\rho$  = rasio tulangan

$Mu$  = Momen Ultimate ( KN.m )

$b$  = Lebar per meter tiang ( mm )

$d'$  = Jarak tulangan ( mm )

$\varphi$  = Faktor reduksi ( 0,8 )

- Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho_b$ )

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

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

$$- \rho_{\text{min}} = \frac{1,0}{f_y} = \frac{1,0}{400} = 0,0025$$

$$\mathbf{As} = \rho \cdot \mathbf{b} \cdot \mathbf{d}$$

#### 2.4.1.5 Balok Diafragma

Balok diafragma adalah balok yang digunakan untuk mengikat balok induk untuk menahan geser.

##### a) Pembebanan :

Balok diafragma hanya menahan berat sendiri balok

Berat sendiri balok = Luasan balok x berat jenis beton ( 24 KN / m<sup>3</sup> )

$$\mathbf{qu} = \mathbf{1,3} \times \mathbf{berat\ sendiri\ balok}$$

##### Perhitungan Momen :

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

$$\mathbf{M_{\text{max lapangan}}} = \mathbf{1/12} \times \mathbf{qu} \times \mathbf{L^2}$$

**b) Penulangan :****- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( d' )**

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

Dimana :

d' = jarak tulangan ( mm )

h = tebal balok ( mm )

p = selimut beton ( mm )

**- Penulangan Tumpuan dan lapangan**

$$K_{\text{perlu}} = M_{\text{max}} / \theta b ( d' )^2$$

Rasio penulangan keseimbangan (  $\rho b$  )

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

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho b$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,0}{f_y} = \frac{1,0}{400} = 0,0025$$

**- Luas tulangan ( As )**

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

**Dimana :**

A<sub>s</sub> = Luas tulangan ( mm<sup>2</sup> )

$\rho$  = Rasio tulangan

b = Lebar per meter balok ( mm )

d' = Jarak tulangan ( mm )

Tulangan Pembagi / Suhu dan Susut

$$A_{Stulangan\ pembagi} = 20\% \times A_s$$

#### - Tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

Ø  $V_c > V_u$  ..... Tidak diperlukan tulangan sengkang

Ø  $V_c < V_u$  ..... Diperlukan Tulangan sengkang

$$V_{Smaks} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$V_{Smaks} > V_s$  ..... Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c'}}{6} \cdot b \cdot d$$

$S_{max} = d/2$  atau 600 mm ( ambil nilai yang terkecil ) bila,  $V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

$S_{max} = d/4$  atau 300 mm ( ambil nilai yang terkecil ) bila,  $V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

Namun dalam segala hal,  $V_s$  harus tidak lebih besar dari,  $\frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

Tulangan geser minimum,  $A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot s}{f_y} = \dots\dots\dots \text{mm}^2$

Dipakai tulangan..... maka jarak sengkang :

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

#### 2.4.1.6 Balok Memanjang ( Girder )

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

##### a) Pembebanan

1. Akibat beban mati
2. Akibat beban hidup ( Muatan Bergerak )

Ketetapan beban :

- Berat jenis Aspal =  $22 \text{ KN/m}^3$
- Berat jenis Beton =  $24 \text{ KN/m}^3$
- Berat jenis Air hujan =  $9,8 \text{ KN/m}^3$

1. Akibat beban mati

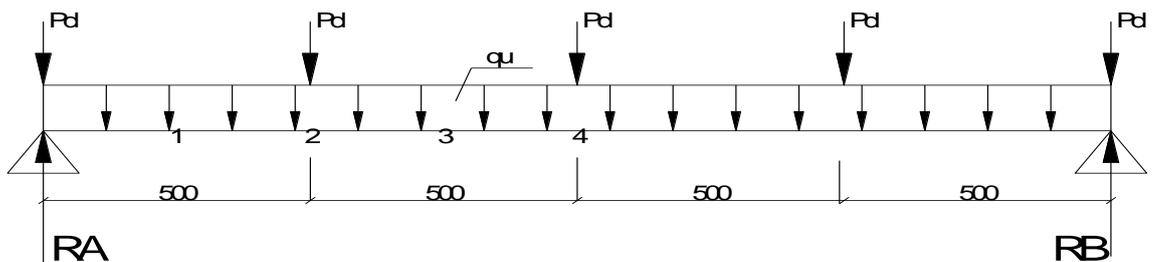
a. Beban Merata

- Beban berat air hujan  
= (Tebal air hujan rencana) x (Lebar lantai) x BJ air hujan (KN/m)
- Beban Aspal  
= (Tebal Aspal) x (Lebar lantai) x BJ Aspal (KN/m)
- Berat Lantai Kendaraan  
= (Tebal Lantai) x (Lebar Lantai Kendaraan) x BJ beton (KN/m)
- Berat Lantai trotoar  
= (Tebal Lantai) x (Lebar Lantai trotoar) x BJ beton
- Berat Tiang Sandaran  
= (Luas t.sandaran beton x BJ beton) + (Luas t.sandaran baja x BJ baja)
- Berat sendiri Balok  
= Luas Penampang x BJ beton

b. Beban terpusat (Pd)

Berat diafragma = Luasan balok x Berat Jenis beton

Gaya Lintang akibat beban mati



## 2. Akibat Beban Hidup

Beban garis ( P ) = 49 KN/m ..... ( RSNIT – 02 – 2005 : 16 )

Beban Merata ( q ) =  $L \leq 30 \text{ m} = 9,0 \text{ kPa} = 9,0 \text{ KN/m}^2$

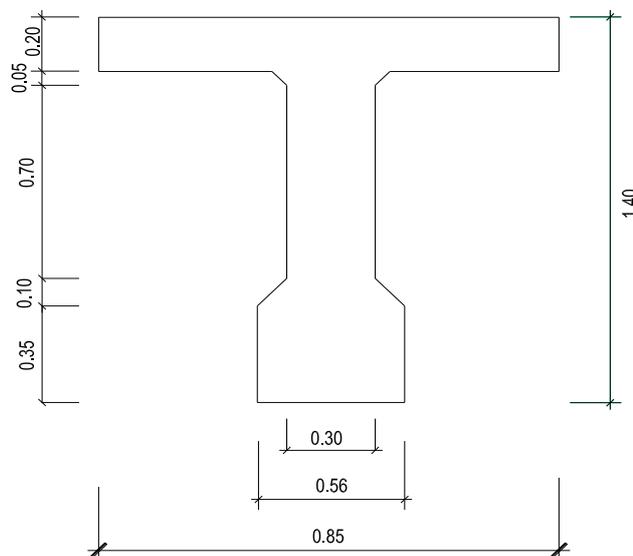
### b) Perhitungan Momen :

Dihitung dengan membuat beban garis akibat beban mati dan beban bergerak yang dikombinasikan dalam tabel sebagai berikut :

**Tabel 2.11 Kombinasi Pembebanan Balok Induk**

Titik	M. Beban Mati (KN.m)	M. Beban Bergerak ( KN.m )	$M_u = 1,3 M_{DL} + 1,8 M_{LL}$ ( KN.m )
MA	0	0	0
M <sub>1-1</sub>			
M <sub>2-2</sub>			
M <sub>3-3</sub>			
M <sub>4-4</sub>			

### c) Penulangan:



- $b_{ef} \leq b_w + 16 h_f$
- $b_{ef} \leq \frac{1}{4} \times L$
- $b_{ef} \leq$  jarak antar balok dari as ke as

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

$$M_R = \phi b (d')^2$$

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

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

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

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

### Luas Tulangan ( As )

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

### Cek jarak Tulangan :

Jarak minimum antar tulangan sejajar :

- 1,5 x ukuran nominal maksimum agregat
- 1,5 x  $D_{\text{tulangan}}$
- 40 mm

Jarak minimum antar tulangan sejajar dalam lapisan :

- 1,5 x  $D_{\text{tulangan}}$ .....( RSNI T – 12 – 2004 – hal 30 )

### Tulangan Geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$\emptyset V_c > V_u$  ..... Tidak diperlukan tulangan sengkang

Ø  $V_c < V_u$  ..... Diperlukan Tulangan sengkang

$$V_{Smaks} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$V_{Smaks} > V_s$  ..... Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c'}}{6} \cdot b \cdot d$$

$S_{max} = d/2$  atau 600 mm ( ambil nilai yang terkecil ) bila,  $V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

$S_{max} = d/4$  atau 300 mm ( ambil nilai yang terkecil ) bila,  $V_s < \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

Namun dalam segala hal,  $V_s$  harus tidak lebih besar dari,  $\frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$

Tulangan geser minimum,  $A_{vmin} = \frac{\frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot s}{f_y} = \dots\dots\dots \text{mm}^2$

Dipakai tulangan..... maka jarak sengkang :

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

### **Kontrol Lendutan Balok**

Momen Tiap Potongan dari Beban Layan ( Beban Tidak terfaktor )

Modulus elastic beton  $E_c = 4700 \sqrt{f'c'}$

Modulus elastic baja,  $E_s = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$

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

Modulus keruntuhan lentur be ton,  $f_r = 0,7 \sqrt{f'c'}$

$Y_t$  = Jarak dari serat teratas ke garis netral

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

Inersia bruto penampang balok,  $I_g = 1/12 \times A \times S$

A = Luas Penampang

S = Jarak dari titik berat ke garis netral

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 :  $I_{cr} = 1/3 \times b \times c_1^3 \times n \times A_s \times (d - c_1)^2$

d = tinggi efektif

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

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan ,

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

Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup,

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

p = Beban terpusat

q = Beban Merata

Lendutan total pada plat lantai jembatan

$$\delta e = \frac{I_x}{250}$$

#### 2.4.2 Perhitungan Bangunan Bawah

Perhitungan bangunan jembatan bagian bawah meliputi pelat injak, dinding sayap, abutment dan pondasi. Dalam menghitung bangunan bawah yang sangat diperhatikan adalah data tanah diperoleh dan hasil penyelidikan dilapangan maupun dilokasi dimana bangunan tersebut akan dibangun kemudian di lakukan pengujian di laboratorium.

### 2.4.2.1 Pelat Injak

Perhitungan plat injak bertujuan 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 ditinjau per meter maju.

#### a. Pembebanan :

- Beban sendiri pelat injak = Luasan x Berat jenis beton ( KN/m )
- Beban tanah timbunan = Luasan x Berat jenis tanah ( KN/m )
- Berat aspal = Luasan x Berat jenis aspal ( KN/m )

#### b. Perhitungan Momen :

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2$$

Dimana :

$M_u$  = momen ultimate ( KN/m )

$q_u$  = beban merata ultimate ( KN/m )

$L$  = lebar pelat injak (KN/m)

#### c. Penulangan :

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

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

Dimana :

$d'$  = jarak tulangan ( mm )

$h$  = tebal pelat ( mm )

$p$  = selimut beton ( mm )

- **Rasio Tulangan**

$K_{perlu}$  = rasio tulangan

$M_u$  = momen ultimate ( KN/m )

$b$  = lebar permeter tiang ( mm )

$d'$  = jarak tulangan ( mm )

- **Tulangan Pembagi**

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

Dimana :

$A_s$  = luas tulangan (  $mm^2$  )

### 2.4.2.2 Perhitungan Dinding Sayap

#### a. Pembebanan :

1. Beban Merata (  $q$  )

- Beban sendiri pelat injak = ( Tebal pelat ) x  $B_j$  beton ( KN/m )
- Beban perkerasan = ( Tebal perkerasn ) x  $B_j$  tanah ( KN/m )
- Berat aspal = Luasan x Berat jenis aspal ( KN/m )

2. Beban Hidup

- Beban kendaraan

$$\text{Beban kendaraan} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

Dimana :

$q$  = 2,2 KN/m' ..... ( untuk  $L < 30$  m )

3. Tekanan tanah aktif

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

Dimana :

$\phi$  = sudut geser tanah

$K_a$  = koefisien tanah aktif

Akibat Tekanan Tanah Pada Dinding Sayap

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

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

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

Dimana :

$$P_{aq} = \text{tekanan tanah aktif ( KN/m )}$$

$$q_{ud} = \text{total beban mati ( KN/m )}$$

$$P_{ah} = \text{tekanan tanah aktif komponen horizontal ( KN/m )}$$

$$\gamma m = \text{berat jenis tanah ( KN/m )}$$

$$h = \text{tinggi dinding sayap ( m )}$$

$$K_a = \text{koefisien tanah aktif}$$

$$P_h = \text{total tekanan tanah aktif ( KN/m )}$$

**a) Penulangan :**

- **Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( d' )**

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

Dimana :

$$d' = \text{Jarak Tulangan ( mm )}$$

$$h = \text{tebal pelat ( mm )}$$

$$p = \text{selimut beton ( mm )}$$

- **Rasio Tulangan**

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\varphi \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana :

$$K_{perlu} = \text{rasio tulangan}$$

$$M_u = \text{Momen Ultimate ( KN/m )}$$

$$b = \text{Lebar per meter tiang ( mm )}$$

$$d' = \text{jarak tulangan ( mm )}$$

Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho b$ )

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

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho b \quad \rho \text{ min} = \frac{1,0}{f_y} =$$

- **Tulangan Pembagi**

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

Dimana :

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

### 2.4.2.3 Perhitungan Abutment

a) **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

b) **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 :

- |                |                                      |
|----------------|--------------------------------------|
| 1. Kombinasi 1 | = I + II, pembebanan 100%            |
| 2. Kombinasi 2 | = I + II + III, pembebanan 125%      |
| 3. Kombinasi 3 | = I + II + IV, pembebanan 125%       |
| 4. Kombinasi 4 | = I + II + III + IV, pembebanan 140% |
| 5. Kombinasi 5 | = I + V, pembebanan 150%             |
| 6. Kombinasi 6 | = I + VI, pembebanan 130%            |
| 7. Kombinasi 7 | = I + II, pembebanan 150%            |

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

a. Kontrol terhadap guling

$$F_{\text{guling}} = \frac{\sum Mt}{\sum Mgl} \geq 1,50$$

b. Kontrol terhadap geser

$$F_{\text{geser}} = \frac{\sum V \times \mu}{\sum H} \geq 1,50$$

c. Kontrol terhadap daya dukung tanah ( kelongsoran )

$$F = \frac{q_{ult}}{q_{ada}} = 2,50 - 3,00$$

Setelah dikontrol terhadap stabilitas, maka ada dua alternative :

- Konstruksi aman terhadap stabilitas

Jika konstruksi aman terhadap stabilitas, maka dimensi abutment telah memenuhi syarat dan bisa digunakan.

- Konstruksi tidak aman terhadap stabilitas

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

### c) Penulangan

- **Penulangan**

- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( d' )**

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

Dimana :

$$d' = \text{Jarak Tulangan ( mm )}$$

$$h = \text{tebal pelat ( mm)}$$

$$p = \text{selimut beton ( mm )}$$

$$e = \frac{Mult}{Pult}$$

Rasio penulangan 2 %, maka :

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bd} \quad As = \rho \cdot b \cdot d$$

- **Tulangan Pembagi**

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

Dimana :

$$As = \text{Luas tulangan ( mm}^2 \text{)}$$

- **Tulangan sengkang**

Jarak antara sengkang tidak melebihi harga terkecil dari :

- $h_c$  atau  $1,5d$  untuk tulangan tunggal
- $0,5 h_c$  atau  $7,5 d_b$  untuk tulangan kelompok
- 300 mm

- **Penulangan pelat**

- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( d' )**

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

Dimana :

$$d' = \text{Jarak Tulangan ( mm )}$$

$$h = \text{tebal pelat ( mm)}$$

$$p = \text{selimut beton ( mm )}$$

- **Rasio Tulangan**

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

Dimana :

$K_{\text{perlu}}$  = rasio tulangan

$M_u$  = Momen Ultimate ( KN/m )

$b$  = Lebar per meter tiang ( mm )

$d'$  = jarak tulangan ( mm )

Rasio penulangan keseimbangan ( $\rho b$ ) :

$$\rho b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + f_y} \qquad \rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho b$$

- **Tulangan Pembagi**

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

Dimana :

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

#### 2.4.2.4 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 .

Beban-beban yang diterima oleh pondasi tiang pancang adalah :

1. Beban vertikal
2. Berat sendiri pondasi
3. Stabilitas pondasi tiang pancang
- 4.

- **Luas tiang pancang :**

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Dimana :

$A$  = luasan tiang (  $m^2$  )

$d$  = diameter tiang (  $m$  )

- **Keliling tiang**

$$K = \pi \cdot d$$

Dimana :

$K$  = Keliling tiang (  $m$  )

$D$  = diameter tiang (  $m$  )

- **Kemampuan sebuah tiang pancang :**

1. Terhadap kekuatan tanah :

$$Q_s = \frac{A \times q_c}{F_b} + \frac{c \cdot U}{F_s}$$

Dimana :

$Q_s$  = Kemampuan tiang (  $Kg$  )

$A$  = luasan tiang (  $m^2$  )

$q_c$  = Nilai konus (  $Kg/m^2$  )

$c$  = Tahanan geser (  $Kg/m^2$  )

$U$  = Keliling tiang (  $m$  )

2. Terhadap kekuatan bahan tiang

$Q_s = \sigma_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$

$$= 0,3 f'c \cdot A_{\text{tiang}}$$

- **Jarak antar tiang :**

$$S = (2 - 3,0) b ; S_{\text{min}} = 0,6 \text{ meter} ; S_{\text{maks}} = 2,0 \text{ m}$$

Dimana :  $S$  = Jarak antar tiang pancang dalam kelompok (  $m$  )

$b$  = Diameter tiang pancang

- **Menentukan Jumlah Tiang Pancang**

Untuk menentukan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan digunakan rumus acuan sebagai berikut:

$$n = \sum V / Q_s$$

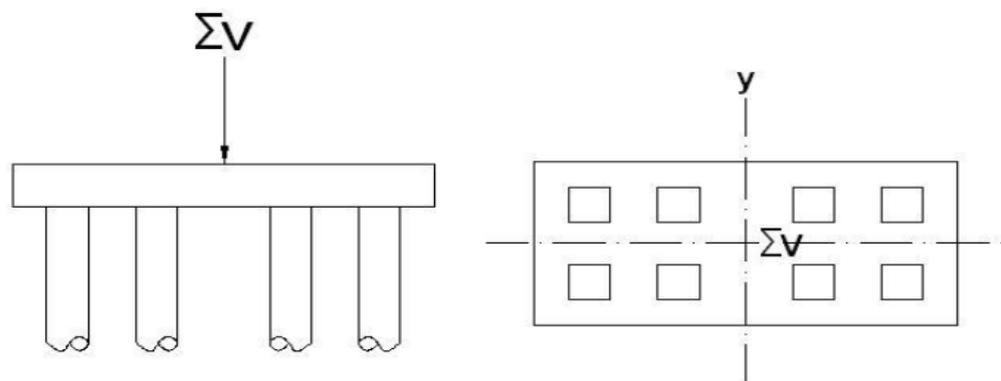
Dimana:  $n$  = jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$\sum V = \text{gaya vertikal (t)}$$

$Q_s$  = daya dukung tiang pondasi yang terkecil terhadap kekuatan tanah atau kekuatan bahan tiang (t)

- Perhitungan pembagian tekanan :

1. Beban Sentris



**Gambar 2.12 Beban Normal Sentris**

$$N = \frac{\sum v}{n} \dots \dots \dots$$

Dimana :

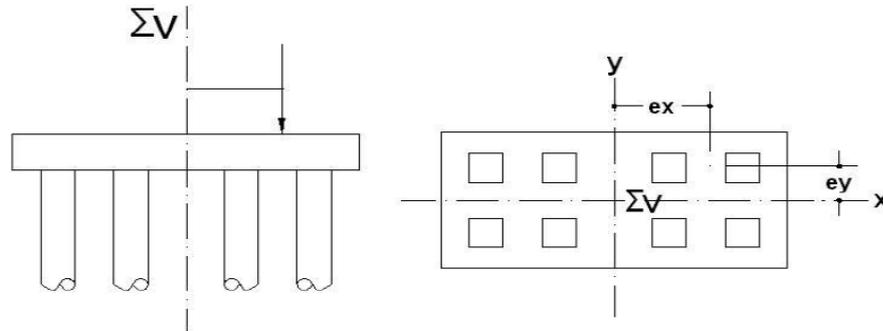
$N$  = Beban yang diterima oleh masing-masing tiang (KN )

$\sum V$  = Resultan gaya-gaya normal yang bekerja sentris ( KN )

$n$  = Banyaknya tiang dalam kelompok

## 2. Beban Eksentris

Beban normal eksentris dapat diganti menjadi beban normal sentries ditambah dengan momen.



**Gambar 2.13 Beban Normal Eksentris**

- Efisiensi kelompok tiang :

Rumus Converse - Labarre

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

Dimana :

$\theta = \text{Arctan} ( d/s )$  ( derajat )

b = diameter tiang ( m )

S = jarak antar tiang ( m )

m = Jumlah baris

n = Jumlah lajur

- Kemampuan tiang pancang dalam kelompok :

$Q_{ag} = E \cdot Q_s \cdot n$  ..... ( Pondasi : 185 )

Dimana :

$Q_{ag}$  = Daya dukung yang diijinkan sebuah tiang dalam kelompok ( kN )

$Q_s$  = daya dukung yang diijinkan sebuah tiang tunggal ( kN )

E = Faktor efisien

n = Banyaknya tiang

Akibat momen arah X :	Akibat momen arah Y :
$N_x = \frac{\sum V \cdot e_y \cdot y}{\sum y^2} \dots (Pondasi : 182)$	$N_x = \frac{\sum V \cdot e_y \cdot x}{\sum x^2} \dots (Pondasi : 183)$

Jadi secara umum beban yang diterima oleh masing-masing tiang akibat beban normal eksentris :

$$N_x = \sum V \left( \frac{1}{n} \pm \frac{e_y \cdot y}{\sum y^2} \pm \frac{e_y \cdot x}{\sum x^2} \right) \dots \dots \dots (Pondasi : 183)$$

Dimana :

N = Beban yang diterima oleh masing-masing tiang ( kg )

y = Jarak absis antar tiang ( m )

x = Jarak ordinat antar tiang ( m )

n = Banyak tiang

## 2.5 Pengolahan Proyek

### 2.5.1 Sistem Kontrak

Pada umumnya sistem kontrak atau tender untuk pekerjaan pemborong sudah ada bentuknya, sistem kontrak ini 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 pada kontraktor sesuai dengan besarnya harga yang tertera pada surat penawaran, 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 memasukkkan 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 fee (jasa) serta biaya-biaya lainnya (administrasi)

### 2.5.2 Perhitungan Biaya Pelaksanaan

Dalam perhitungan, biaya pelaksanaan konstruksi adalah volume pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Dalam perhitungan harga satuan pekerjaan, digunakan harga satuan pekerjaan yang diperlukan dalam suatu analisis biaya.

#### a. Analisa Produksi Kerja Alat Berat

Pada prinsipnya perhitungan produksi alat berat dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

Misal perhitungan produksi Excavator

- Menghitung isi aktual

$$\text{Kapasitas bucket x carry factor} = \dots\dots\dots(m^3)$$

- Menghitung waktu siklus

Waktu muat	=	dtk
Waktu mengayun	=	dtk
Waktu membuang muatan	=	dtk
Waktu mengyun kosong	=	dtk
		+
		..... dtk

- 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 diperjitungkan adalah kebutuhan bahan, pekerjaan dan alat yang diperlukan dalam pekerjaan tersebut. Analisa harga satuan pekerjaan dihitung persatu satuan pekerjaan. Dengan demikian kebutuhan biaya atau harga persatu satuan volume pekerjaan sesuai dengan biaya alat yang berlaku.

Dengan perhitungan analisa harga satuan pekerjaan untuk daftar harga bahan dan upah yang merupakan patokan atau standar yang dikeluarkan oleh dinas pekerjaan umum setempat atau tempat proyek tersebut berada, sebab tidak akan sama harga standar dimasing-masing daerah.

### **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 disajikan analisa-analisa untuk setiap item pekerjaan jembatan dan akan diketahui seluruh biaya konstruksi. Pada proyek jembatan ini pekerjaan dilakukan mulai dari pekerjaan persiapan dan pembersihan sampai akhir pekerjaan administrasi.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Penyusunan rencana anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut:

1. Anggaran biaya kasar ( taksiran )

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar, digunakan harga setiap meter persegi ( $m^2$ ) 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  $m^2$ . 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/menghitung 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 *Network planning* ( NWP )**

*Network Planning* adalah salah satu modal perencanaan pelaksanaan dalam penyelenggaraan proyek, produk dan NWP adalah informasi-informasi yang ada dalam model tersebut untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-

bagian pekerjaan satu dengan lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

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. Mendokumentkan dan mengkombinasikan 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.

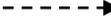
Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

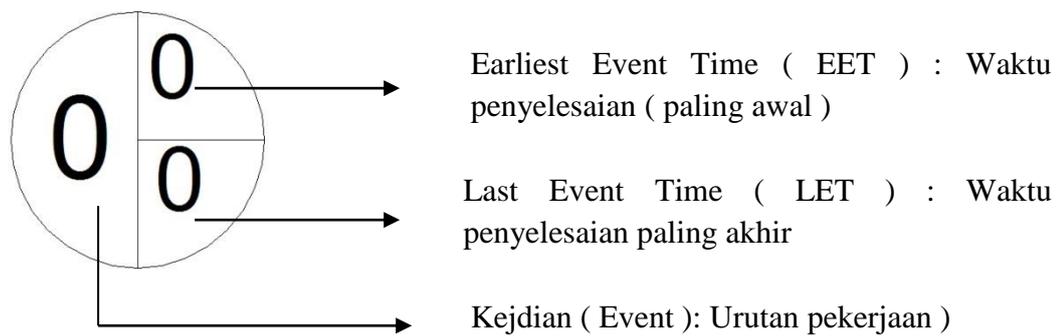
1. Urutan pekerjaan yang logis  
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum dimulainya pekerjaan lain dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.  
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut merupakan proyek yang baru maka diberikal slack/kelonggaran waktu.
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan  
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada dijalur 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 durasi maupun tenaga 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 dibatasi mulai dan selesai.
5. Waktu, biaya dan alat yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman dari setiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam artian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

-  (*Arrow* ),  
 bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan tenaga tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari panah-panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
-  (*Nodes/Event* ),  
 bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
-  (*Double arrow* ),  
 anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*Critical path* ),
-  (*Dummy* ),  
 bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang artinya ialah 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.



**Gambar 2.19 Simbol Kejadian**

### 2.5.5 *Bartchart*

Dari NWP dapat dibuat suatu bartchart, apabila didalam NWP banyak diketahui kapan mulai 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.

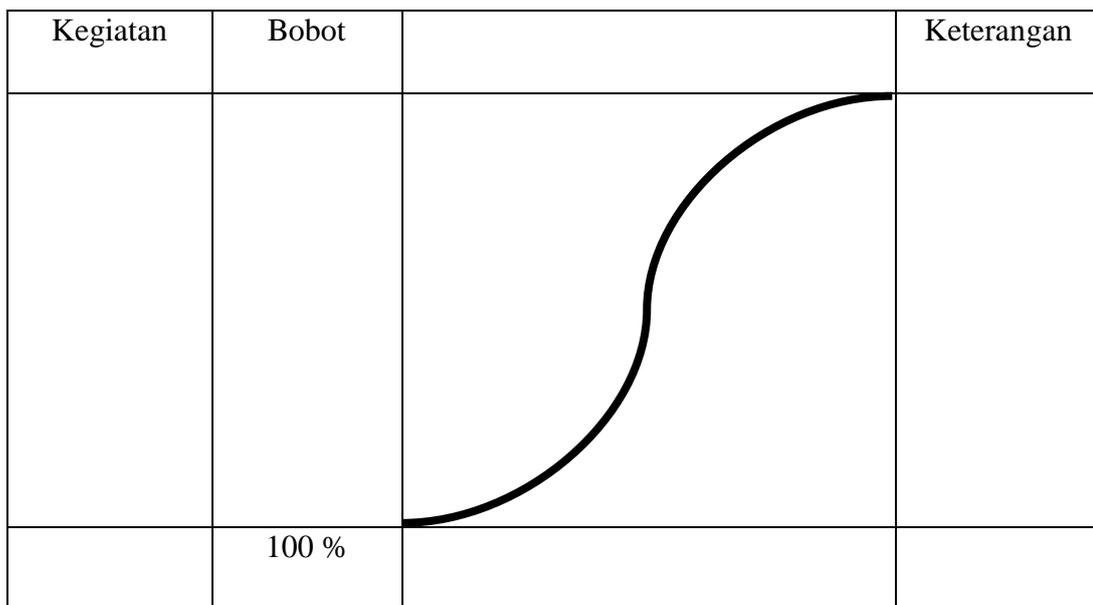
Kegiatan	Durasi		Keterangan

**Gambar 2.21 Sketsa *Bartchart***

- Bagan balok terdiri dari sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek
- Sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu atau bulan sebagai durasinya.

### 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. Pada Kurva S dapat dilihat apakah pekerjaan yang dilaksanakan lebih cepat dan yang direncanakan atau mengalami keterlambatan dalam waktu pelaksanaannya.



**Gambar 2.20 Sketsa Kurva S**

- Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode diantara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis akan membentuk kurva S.