BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Jembatan merupakan sarana transportasi jalan raya yang sangat penting untuk menghubungkan suatu daerah yang sulit dijangkau karena adanya rintangan misalnya laut, danau, sungai, rawa, lembah ataupun jurang. 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 sebagau 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 memaluinya 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 dan kelas jembatan.

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 Ijak adalah bagian dari bangunan bawah suatu jembatan yang berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima diatasnya 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 diatasnya 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. Beba-beban primer terdiri dari :

a. Beban Mati

Beban Mati adalah semua beban tetap yang ebrasal 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 (KN/m^3)

No	Bahan	Berat/satuan Isi (KN/m^3)	Kerapatan Masa (Kg/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	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: Nama	Aksi: Simbol (1)	Lamanya waktu (3)	Faktor Beban pada Keadaan Batas: Daya Layan K s;xx;	Faktor Beban pada Keadaan Batas: Ultimit K u;xx; – Normal	Faktor Beban pada Keadaan Batas: Ultimit K u;xx; – 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	1,0	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* k*P*a, dimana besarnya *q* tergantung panjang total yang dibebani L seperti berikut :

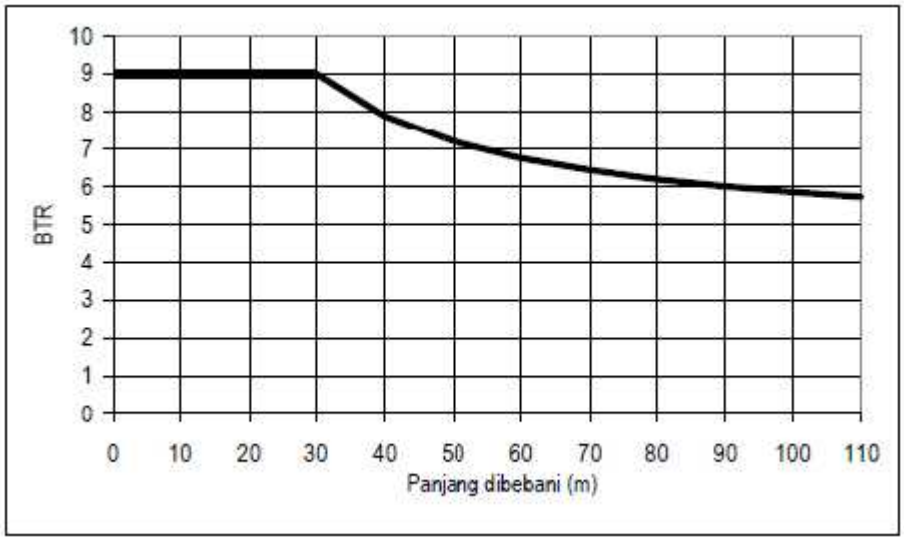
L ≤ 30 m : q = 9,0 kPa .....(1)

L ≤ 30 m : q = 9,0 (0,5 + $\frac{15}{L}$) kPa .....(2)

Dengan pengertian :

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

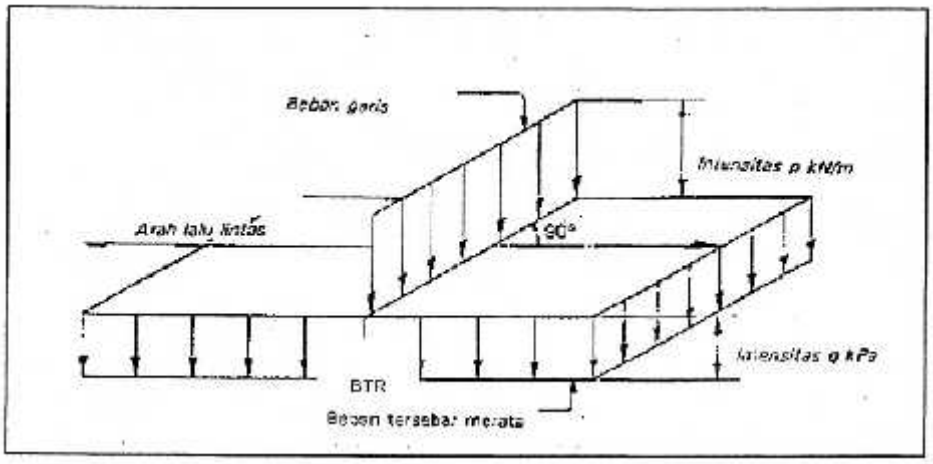
- L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.1 Beban D : BTR vs Panjang yang dibebani

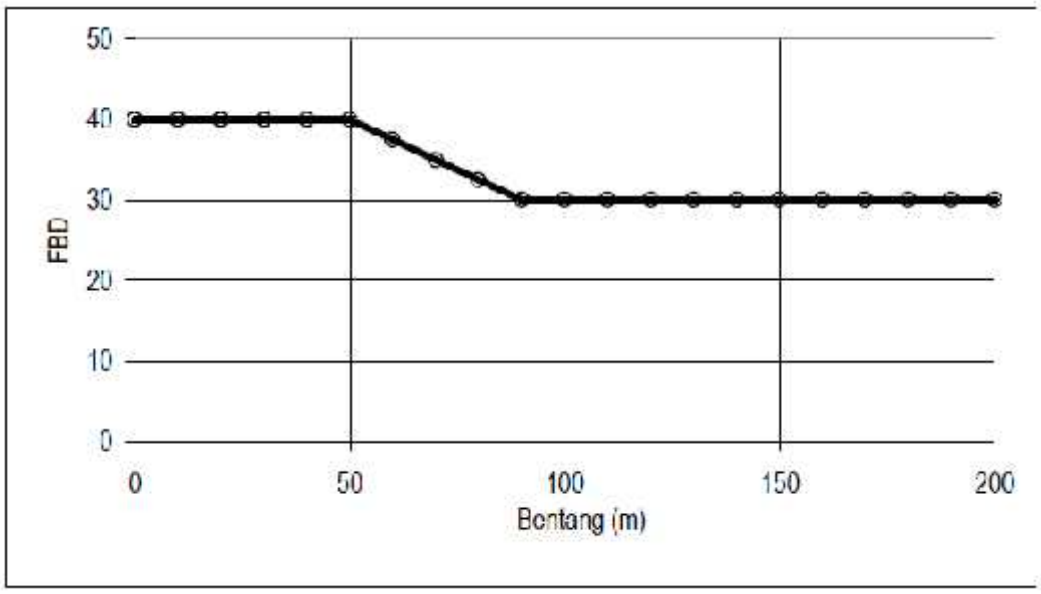
b) Beban Garis (BGT)

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.

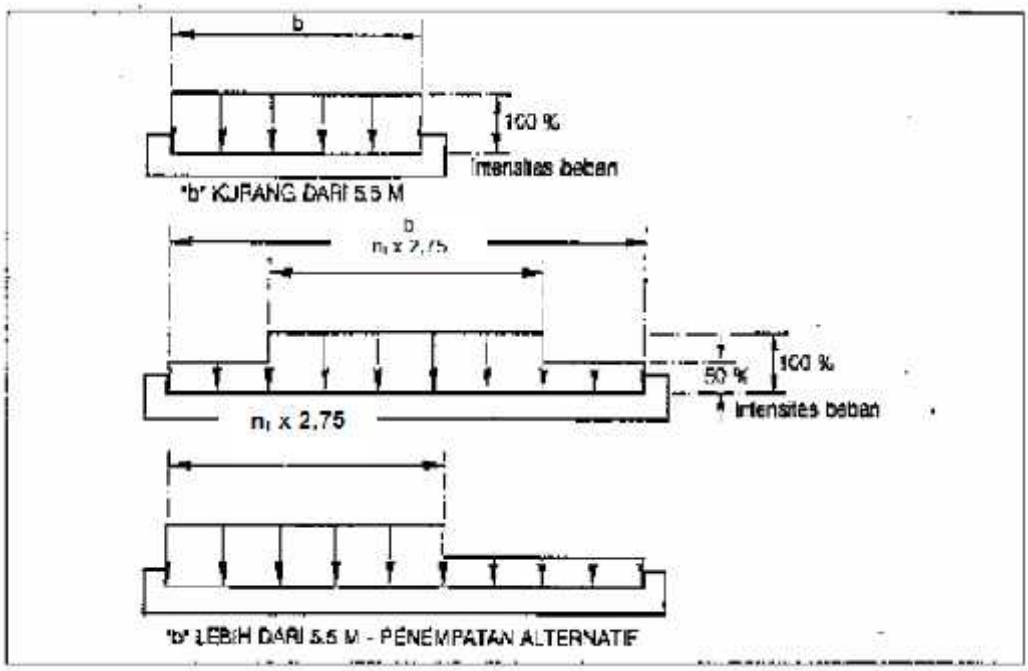


Gambar 2.3 FBD Untuk Beban Lajur D

– 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 :

a. Bila lebar jalur kendaraan pada jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban “D” harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
b. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban “D”bharus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang berdekatan , dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar nl x 2,75 *p k*N, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar nl x 2,75 m.
c. Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkandimana saja pada jalur jembatan. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %.



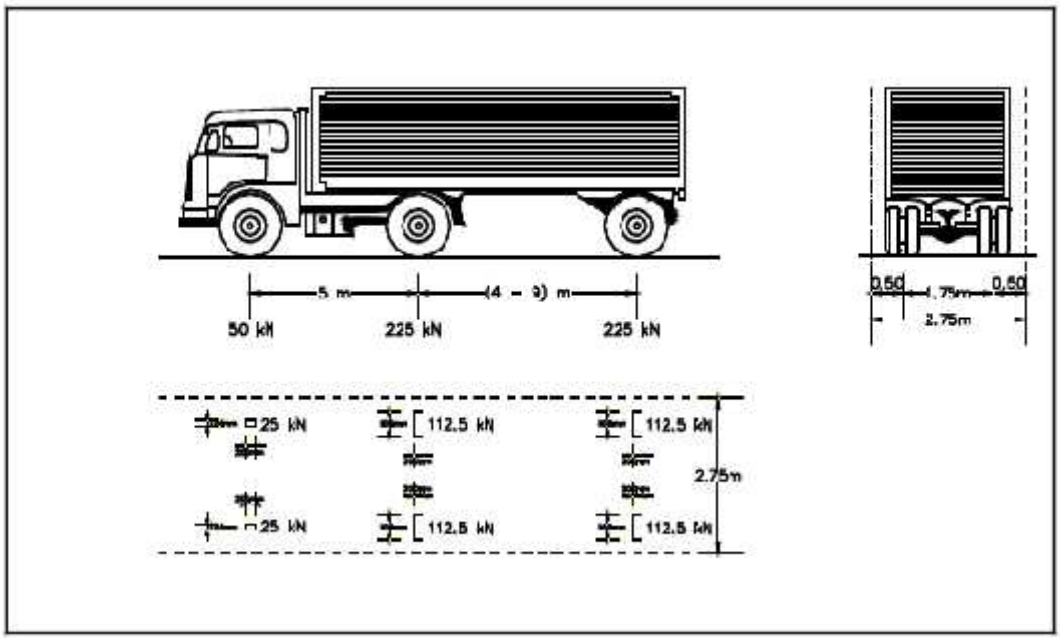
Gambar 2.4 Penyebaran Pembebanan D Pada Arah Melintang

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^2dari 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

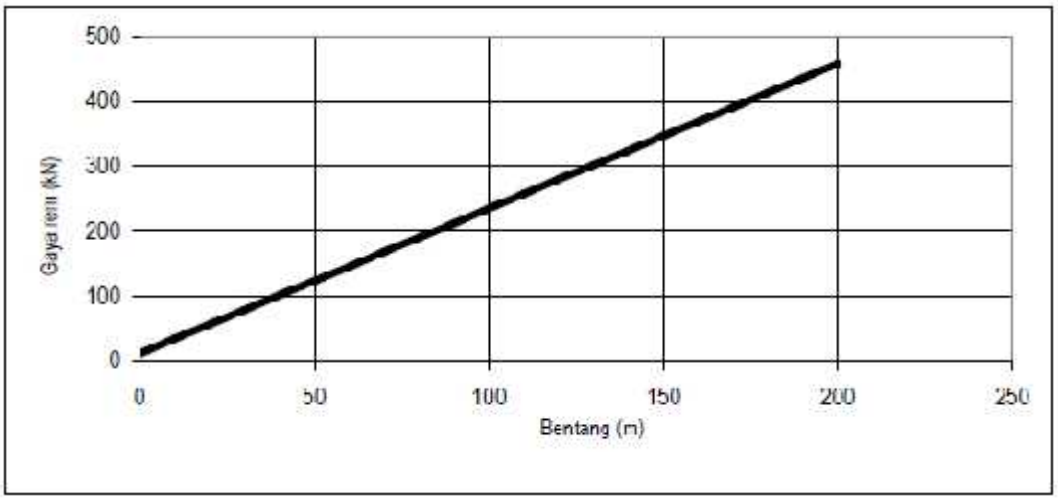
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TP;}$	$K_{U;TP;}$
Transien	1,0	1,8

(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

– Gaya Rem



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

– Beban Angin

Menurut RSNI T-02-2005 : 34, pengaruh beban angin sebesar 150 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 x Cw x $(Vw)^2$ Ab

Dimana :

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

Cw = Koefisien seret

Vw = Kecepatan angin

Ab = Luas koefisien samping jembatan (m^2)

TABEL 2.8 Koefisien Seret Cw

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2) *b/d* = 1.0 *b/d* = 2.0 *b/d* ≥ 6.0	 2.1 (3) 1.5 (3) 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 Vw

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

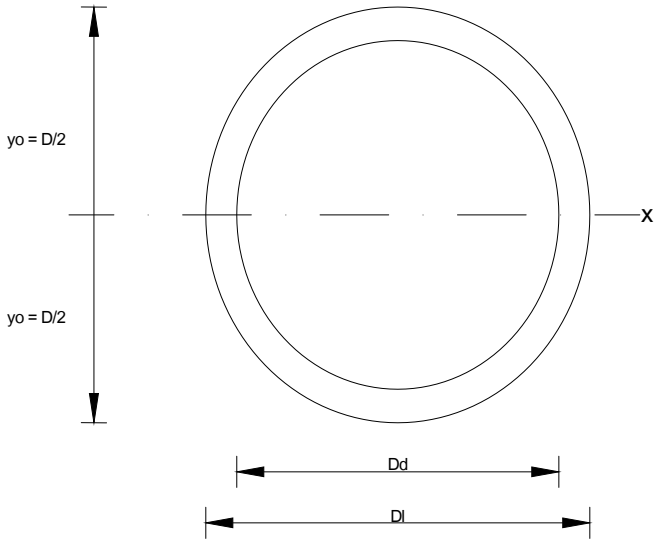
(Sumber : RSNI T-02-2005)

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 = $\frac{1}{4}$ X π (Dl^2 - Dd^2)

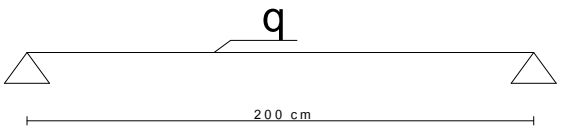
  Dimana :

  A = Luas penampang (Cm^2)

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 ultimete untuk sandaran. (RSNI T-02-2005 hal 56)

Mx = 1/8 . qx . L^2

My = 1/8 . qy . L^2

- Modulus lentur plastis terhadap sumbu x (Zx)

Zx = ½ . A. $\frac{D}{2}$

- Momen nominal penampang (Mn) untuk penampang kompak :

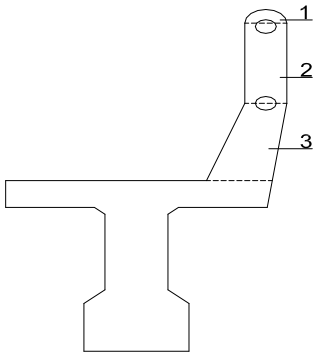
Mn = Zx. Fy

ØMn = 0,85 x Mn

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.



Gambar 2.8 Tiang Sandaran

b. Perhitungan Momen

– Momen akibat beban mati (M_D)

M_D = Besar beban mati x jarak (kNm)

– Momen akibat beban hidup (M_L)

M_L = Beban hidup x jarak (kNm)

c. Penulangan :

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d')

d = h – p – 0,5 Ø tulangan yang dipakai

Dimana :

d' = jarak tulangan tekan (mm)

h = lebar tiang sandaran (mm)

p = selimut beton (mm)

– **Rasio tulangan (ρ)**

dimana :

ρ = rasio penulangan

Mu = momen ultimate (kNm)

b = lebar per meter tiang (mm)

d = jarak tulangan (mm)

Ø = faktor reduksi kekuatan

Rasio penulangan keseimbangan (ρb)

$$\rho b = \frac{0{,}85\, f c'}{f y} \text{ x } 0{,}85 \text{ x } \frac{600}{600 + f y}$$

ρmax = 0,75 x ρb

$$\rho \text{min} = \frac{1{,}0}{f y}$$

Tulangan pembagi

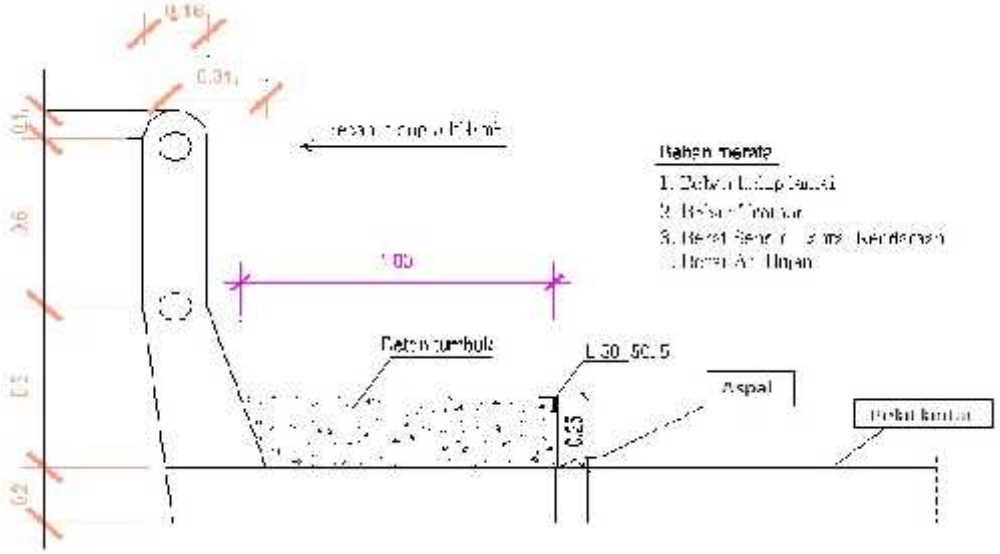
$As_{tulangan\ pembagi}$ = 50 % x As

Dimana :

As = 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 2.9 Penampang Trotoar

Ketetapan Beban : 1. Beban hidup lantai trotoar = 5 kN/m^2

2. Beban trotoar = 24 kN/m^3

3. Beban sendiri lantai kendaraan = 24 kN/m^3

4. Berat air hujan = 9,8 kN/m^3

a. Pembebanan :

1. Beban terpusat (P) merupakan penjumlahan dari :
   - Beban pipa sandaran ..... (kN)
   - Beban tiang sandaran ..... (kN)

2. Beban merata (q) merupakan penjumlahan dari :
   - Beban hidup lantai trotoar = 5 kN/m^2 x Luasan trotoar (kN)
   - Beban trotoar = 24 kN/m^3x Volumenya (kN)
   - Beban sendiri lantai trotoar= 24 kN/m^3x Volumenya (kN)
   - Berat air hujan = 9,8 kN/m^3x Volumenya (kN)
3. Beban terfaktor = 1,3 x total beban mati

b. Perhitungan Momen :

1. Momen akibat beban mati (M_D)

   M_D = Besar beban mati x jarak (kN.m)

2. Momen akibat beban hidup (M_L)

   M_L = Beban horizontal x 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 mm

$t_s \geq$ (100 + 40 *l*) mm

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

  d = h – p - 0,5 Ø tulangan yang dipakai

  Dimana :

  d' = jarak tulangan tekan (mm)

  h = tebal pelat (mm)

  p = selimut beton (mm)

- **Rasio penulangan (ρ)**

  Kperlu = Mu / Ø b . (d)^2

  Dimana :

  ρ = rasio tulangan

  Mu = momen ultimate (kNm)

  b = lebar per meter tiang (mm)

  d = jarak tulangan (mm)

  Ø = faktor reduksi kekuatan (0,8)

  Rasio penulangan keseimbangan (ρ_b)

  $\rho b = \frac{0{,}85\ f_c'}{fy}$ x 0,85 x $\frac{600}{600+fy}$

  ρmax = 0,75 x ρb

ρmin = $\frac{1,0}{fy}$

- **Tulangan pembagi :**

  - $As_{tulangan\ pembagi}$ = 50 % x As

  Dimana :

  - As = Luas tulangan (mm^2)

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^3

2. Beban sendiri lantai Kendaraan = 24 kN / m^3

3. Berat air hujan = Beban air hujan = 9,8 kN / m^3

a). Pembebanan dan Perhitungan Momen

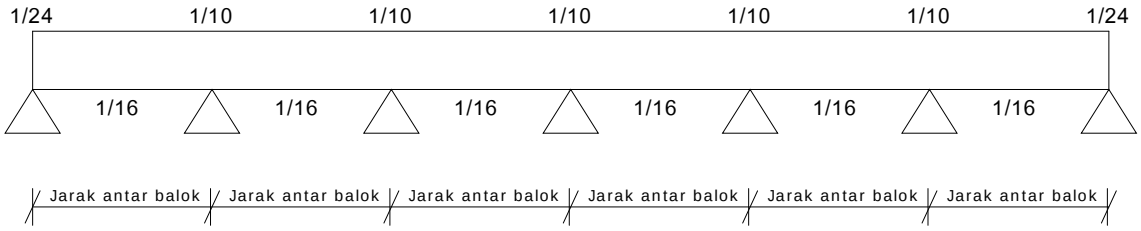
1. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri Lantai Kendaraan, 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 qu (total beban) = ……. kN / m

Dihitung Momen yang terjadi pada arah x



Gambar 2.10 Momen pada lantai kendaraan

$M_x max = 1/10 \times qu \times L^2$

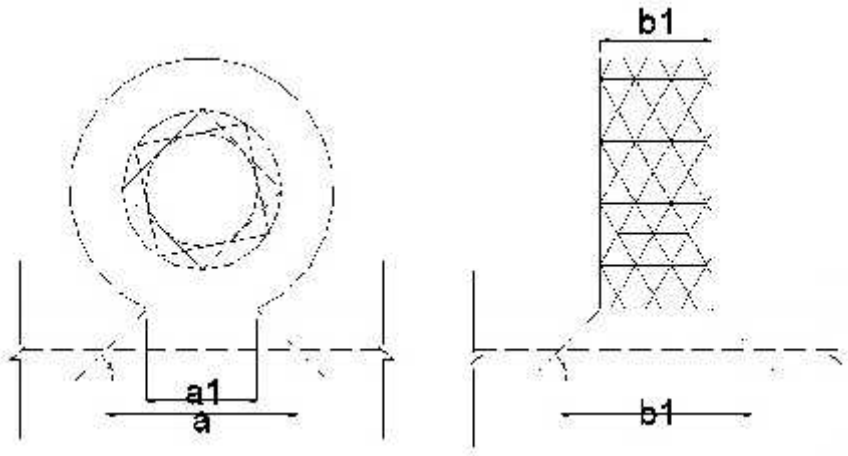
$M_y max = 1/3 \times M_x max$

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 2.11 Penampang Beban Roda

Untuk beban " T " dianggap bahwa beban tersebut menyebar kebawah dengan sudut 45° sampai ketengah-tengah lantai.

a1 = 20 cm

b1 = 50 cm

a = a1 + (2x tebal aspal) + (2 x 0,5 x tebal beton)

b = b1 + (2x tebal aspal) + (2 x 0,5 x tebal beton)

Beban roda total = PU + DLA

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)

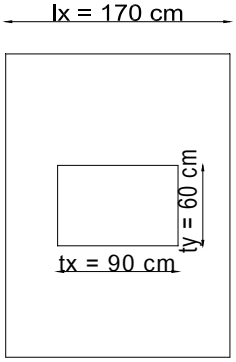
Tu = 1,8 x 1,3 T

Pembebanan oleh truck :

$\mathbf{q = \frac{Tu \cdot K}{a x \, b}}$

Peninjauan keadaan roda pada saat melewati jembatan :

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



Gambar 2.12 Beban Roda

Misalkan dari hasil perhitungan didapatkan nilai :

$\frac{tx}{Lx}$ = 0,6

$\frac{ty}{Lx}$ = 0,9

Dari **table bitner** didapat =

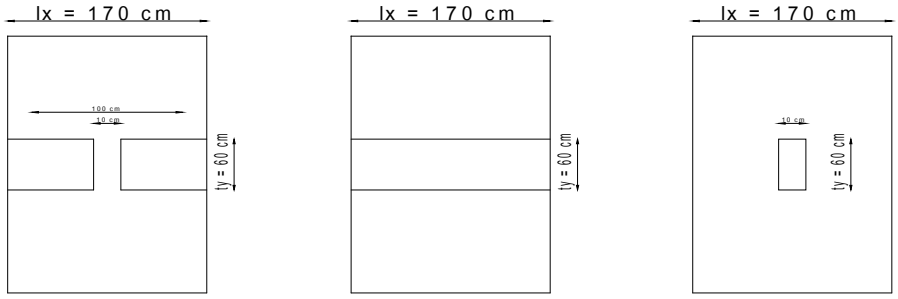
Fxm = 0,1141

Fym = 0,0333

Mx = Fxm x qu x tx x ty (kN.m)

My = Fym x qu x tx x ty (kN.m)

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



Beban Roda

Misalkan dari hasil perhitungan didapatkan nilai :

$\frac{tx}{Lx}$ = 0,4

$\frac{ty}{Lx}$ = 0,6

Dari **table bitner** didapat =

Fxm = 0,1495

Fym = 0,0596

Mx = Fxm x qu x tx x ty (kN.m)

My = Fym x qu x tx x ty (kN.m)

Tabel 2.10 Kombinasi Pembebanan Lantai Kendaraan

No	Jenis beban	Beban Mati (kNm) (A)	Beban Hidup (kNm) (B)	Total Beban (kNm)
1	Mux	(nilai mmax b.mati)	(nilai momen akhir)	A+B
2	Muy	(nilai mymax b.mati)	(nilai momen akhir)	A+B

b) Penulangan :

- **Penentuan Tebal Minimum :**

Pelat lantai berfungsi sebagi 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)

<u>Penulangan arah x dan y</u>

- Jarak tulangan tekan dengan serat terluar (d’)

  d’ = h – p - 0,5 Ø *tulangan yang dipakai*

d'= tebal pelat – selimut beton – Diameter tulangan arah x – ½ diameter tulangan arah y.

Dimana :

d' = jarak tulangan (mm)

h = tebal pelat (mm)

p = selimut beton (mm)

- Rasio tulangan (ρ)

K_{perlu} = Mu / $\varphi . b . d'$

Didapat ρ dari tabel buku Gideon Kusuma

Dimana :

ρ = rasio tulangan

Mu = Momen Ultimate (kN.m)

b = Lebar per meter tiang (mm)

d' = Jarak tulangan (mm)

φ = Faktor reduksi (0,8)

- Rasio penulangan keseimbangan (ρb)

$$\rho b = \frac{0{,}85\, f c'}{f y}\ x\ 0{,}85x\ \frac{600}{600 + f y}$$

$$\rho \max = 0{,}75\ x\ \rho b$$

$$\rho \min = \frac{1{,}0}{f y} = \frac{1{,}0}{400} = 0{,}0025$$

As = $\rho . b . d$

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^3)

qu = 1,3 x berat sendiri balok

Perhitungan Momen :

$Mmax_{tumpuan}$ = 1/8 x qu x L^2

$Mmax_{lapangan}$ = 1/12 x qu x L^2

b) Penulangan :

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

  d' = h – p – 0,5 $\emptyset$ *tulangan yang dipakai*

  Dimana :

  d' = jarak tulangan (mm)

  h = tebal balok (mm)

  p = selimut beton (mm)

- **Penulangan Tumpuan dan lapangan**

  K_{perlu} = Mmax / θ b (d')^2

  Rasio penulangan keseimbangan (ρb)

$$\rho b = \frac{0{,}85\, f c'}{f y} \; x\, 0{,}85 x \; \frac{600}{600 + f y}$$

$$\rho \max = 0{,}75 \; x \; \rho b$$

$$\rho \min = \frac{1{,}0}{fy} = \frac{1{,}0}{400} = 0{,}0025$$

- **Luas tulangan (As)**

As = $\rho \; x \; b \; x \; d'$

Dimana :

As = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio tulangan

b = Lebar per meter balok (mm)

d’ = Jarak tulangan (mm)

Tulangan Pembagi / Suhu dan Susut

$AS_{\text{tulangan pembagi}}$ = 20% x As

- **Tulangan geser**

Vc = $\frac{1}{6} \; x \; \sqrt{f c'}$. b. d

Ø Vc > Vu …… Tidak diperlukan tulangan sengkang

Ø Vc < Vu ……. Diperlukan Tulangan sengkang

Vs_{maks} = $\frac{2}{3} \; x \; \sqrt{f c'}$. bw. d

Vs_{maks} > Vs …….. Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

Vc = $\frac{\sqrt{f'c}}{6}$ .b. d

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

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

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

Tulangan geser minimum, Avmin = $\frac{\frac{1}{3}\sqrt{fc'}.b.x}{fy}$ =……mm^2

Dipakai tulangan…… maka jarak sengkang :

S = $\frac{Av.fy}{\frac{1}{3}\sqrt{fc'}.b}$ =…….. mm

2.4.1.6 Balok Memanjang (balok induk)

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 :

- Beban Aspal = 22 kN /m^3
- Beban Beton = 24 kN /m^3
- Berat Air hujan = 9,8 kN /m^3

1. Akibat beban mati
   a. Beban Merata

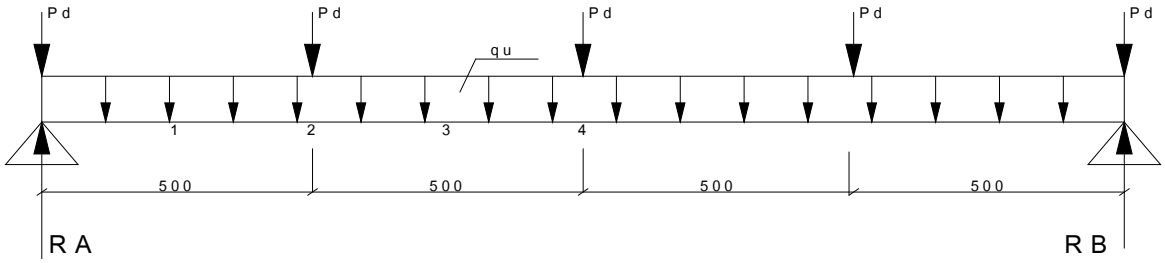
- Beban berat air hujan
  = (Tebal air hujan rencana) x (Lebar lantai) x BJ air hujan (kN /m)
- Beban Aspal
  = (Tebal Aspal) x (Lebar lantai) x BJ Aspal (kN/m)
- Berat Lantai Kendaraan
  = (Tebal Lantai) x (Lebar Lantai Kendaraan) x BJ beton (kN / m)

- 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 $\leq 30\ m$ = 9,0 kPa = 9,0 kN/m^2

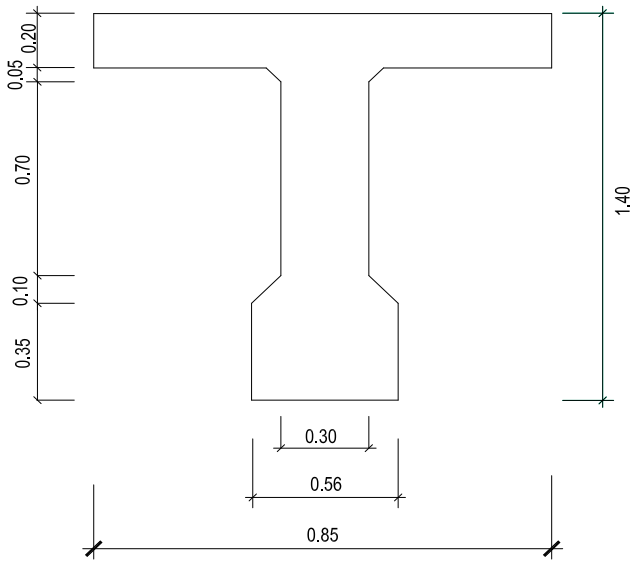
b) Perhitungan Momen :

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.akibat Beban Mati (kN.m)	M. akibat Beban Bergerak (kN.m)	Mu = 1,3 $_{MDL}$ + 1,8 M $_{LL}$ (kN.m)
MA	0	0	0
M $_{1-1}$			
M $_{2-2}$			
M $_{3-3}$			
M $_{4-4}$			

c) Penulangan :



- bef $\leq bw + 16\,hf$
- bef $\leq$ ¼ x L
- bef $\leq$ *jarak antar balok dari as ke as*

d = h – p – 0,5 x 32 – 12

$M_R = \emptyset\, b\, (d')^2$

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

$$\rho \min = 1{,}4/fy$$

$$\rho \max = 0{,}75 \frac{0{,}85\,\beta 1\, fc'}{fy}\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$\rho \min < \rho < \rho \max$$

Luas Tulangan (As)

As = ρ x b x d

Cek jarak Tulangan :

Jarak minimum antar tulangan sejajar :

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

Jarak minimum antar tulangan sejajar dalam lapisan :

- 1,5 x $D_{tulangan}$

(RSNI T – 12 – 2004 – hal 30)

Tulangan Geser

Vc = $\frac{1}{6} x \sqrt{fc'}$. b. d

Ø Vc > Vu …… Tidak diperlukan tulangan sengkang

Ø Vc < Vu ……. Diperlukan Tulangan sengkang

Vs_{maks} = $\frac{2}{3} x \sqrt{fc'}$. bw. d

Vs_{maks} > Vs …….. Ok ! Dimensi balok memenuhi persyaratan kuat geser

Vc = $\frac{\sqrt{f'c}}{6}$. b. d

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

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

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

Tulangan geser minimum, Avmin = $\frac{\frac{1}{3}\sqrt{fc'}.b.s}{fy}$ = ……mm^2

Dipakai tulangan…… maka jarak sengkang :

S = $\frac{Av.fy}{\frac{1}{3}\sqrt{fc'}.b}$ =…….. mm

Kontrol Lendutan Balok

Momen Tiap Potongan dari Beban Layan (Beban Tidak terfaktor)

Modulus elastic beton Ec = 4700 $\sqrt{fc'}$

Modulus elastic baja, Es = 2 x 105 Mpa

Nilai perbandingan modulus elastisitas, n = Es / Ec

Modulus keruntuhan lentur be ton, fr = 0,7$\sqrt{fc'}$

Yt = Jarak dari serat teratas ke garis netral

Yb = Jarak dari garis netral ke serat paling bawah

Inersia bruto penampang balok, Ig = 1/ 12 x A + A x S

A= Luas Penampang

S = Jarak dari titik berat ke garis netral

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, c_1 = $\frac{n.x.As}{b}$

b = Lebar penampang balok

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton, dihitung sebagai berikut : Icr = 1/3 x b x c3 x n x As x (d-c) ^{2}

d = tinggi efektif

Momen retak , Mcr = $\frac{(fr \, x \, Ig)}{yt}$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan ,

e = $\left[\left(\frac{Mcr}{MA}\right)^3\right]$. Ig + $(1 - \left[\left(\frac{Mcr}{MA}\right)^3\right]$. Icr

Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\delta e = \frac{5}{384} \; x \; q \; x \; \frac{Ix^4}{(Ec \; x \; Ie)} + \frac{1}{48} \; x \; p \; x \; \frac{Ix}{(Ec \; x \; Ie)}^3$$

p = Beban terpusat

q = Beban Merata

Lendutan total pada plat lantai jembatan $\delta e = \frac{Ix}{250}$

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 uji coba di laboratorium.

2.4.2.1 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 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 :

Mu = 1/8 . qu . L^2

Dimana :

Mu = momen ultimate (kN/m)

qu = 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 Ø tulangan yang dipakai

Dimana :

d' = jarak tulangan (mm)

h = tebal pelat (mm)

p = selimut beton (mm)

- **Rasio Tulangan**

K_{perlu} = rasio tulangan

Mu = momen ultimate (kN/m)

b = lebar permeter tiang (mm)

d' = jarak tulangan (mm)

- **Tulangan Pembagi**

$As_{tulangan\ pembagi}$ = 50 % x As

Dimana :

As = luas tulangan (mm^2)

2.4.2.2 Perhitungan Dinding Sayap

a. Pembebanan :

1. Beban Merata (q)
   - Beban sendiri pelat injak = (Tebal pelat) x Bj beton (kN/m)
   - Beban perkerasan = (Tebal perkerasn) x Bj tanah (kN/m)
   - Berat aspal = Luasan x Berat jenis aspal (kN/m)

2. Beban Hidup
   - Beban kendaraan

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

   Dimana :

   q = 2,2 kN/m’..... (untuk L < 30 m)

3. Tekanan tanah aktif

$Ka = \frac{1-\sin\emptyset}{1+\sin\emptyset}$

Dimana :

$\emptyset$ = sudut geser tanah

Ka = koefisien tanah aktif

Rumus mencari nilai sudut geser dan nilai kohesi, serta nilai Nγ, Nq, Nc :

$N\gamma = \frac{qc}{0{,}8}$ $sumber : Josep E. Bowles, analisis dan desain pondasi$

Dengan nilai Nγ = $yang\ diperole dari\ per itungan$, Dapat ditentukan nilai sudut geser , Nc, dan Nq yang digunakan dalam perhitungan empiris untuk mencari nilai kohesi tanah,yaitu dengan cara interpolasi,

$\emptyset$ = ⋯ Nq = ……

Nc = ….

C = $\frac{3qu}{Nc}$ ($sumber : Josep E. Bowles, analisis dan desain pondasi$)

Dimana, qu = qa

qa = $\frac{q\,ult}{SF}$

q_{ult} = 5 + 0,34 . qc , Dikarenakan pondasi berbentuk bujur sangkar

qa = $\frac{qult}{2{,}5(faktor\ keamanan)}$ = ⋯

Maka untuk mendapatkan nilai c,

c = $\frac{3qu}{Nc}$ = ……..

Akibat Tekanan Tanah Pada Dinding Sayap

Paq = q_{ud} **x Ka x h**

Pa_h = $\gamma m . Ka . h_2 . (½ . h_2)$

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

Dimana :

P_{aq} = tekanan tanah aktif (kN/m)

q_{ud} = total beban mati (kN/m)

Pa_h = tekanan tanah aktif komponen horizontal (kN/m)

γm = berat jenis tanah (kN/m)

h = tinggi dinding sayap (m)

Ka = koefisien tanah aktif

Ph = total tekanan tanah aktif (kN/m)

a) Penulangan :

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

  d' = h - p - 0,5 $\emptyset$ *tulangan yang dipakai*

  Dimana :

  d' = Jarak Tulangan (mm)

  h = tebal pelat (mm)

  p = selimut beton (mm)

- **Rasio Tulangan**

  Kperlu = Mu / $\varphi\ b.d^2$

  Dimana :

  Kperlu = rasio tulangan

  Mu = Momen Ultimate (kN/m)

  b = Lebar per meter tiang (mm)

  d' = jarak tulangan (mm)

  Rasio penulangan keseimbangan (ρb)

$$\rho b = \frac{0{,}85 f c'}{f y} \times 0{,}85 \times \frac{600}{600+fy}$$

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

$\rho min = \frac{1{,}0}{fy} =$

- **Tulangan Pembagi**

$As_{tulangan\ pembagi} = 50\ \%$ x As

Dimana :

As = Luas tulangan (mm^2)

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 = Pm + Pta + Gs
- Kombinasi II = (H + DLA) + Rm
- Kombinasi III = Pengaruh temperature = 0
- Kombinasi IV = Wn
- Kombinasi V = Gm.
- Kombinasi VI = Pel.

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 control stabilitas antara lain :

a. Kontrol terhadap guling

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

b. Kontrol terhadap geser

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

c. Kontrol terhadap daya dukung tanah (kelongsoran)

$$F = \frac{qult}{qada} = 2{,}50 - 3{,}00$$

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 Ø *tulangan yang dipakai*

Dimana :

d' = Jarak Tulangan (mm)

h = tebal pelat (mm)

p = selimut beton (mm)

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

Rasio penulangan 2 %, maka :

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

As = $\rho.b.d$

- **Tulangan Pembagi**

$As_{tulangan\ pembagi}$ = 50 % x As

Dimana :

As = Luas tulangan (mm^2)

- **Tulangan sengkang**

Jarak antara sengkang tidak melebihi harga terkecil dari :

- h_c atau $1,5_d$ 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 $Ø\ tulangan\ yang\ dipakai$

    Dimana :

    d' = Jarak Tulangan (mm)

    h = tebal pelat (mm)

    p = selimut beton (mm)

  - **Rasio Tulangan**

    Kperlu = Mu / $\varphi\ b.d^2$

Dimana :

Kperlu = rasio tulangan

Mu = Momen Ultimate (kN/m)

b = Lebar per meter tiang (mm)

d' = jarak tulangan (mm)

Rasio penulangan keseimbangan (ρb) :

$$\rho b = \frac{0,85\, fc'}{fy}\, x\, 0,85x\, \frac{600}{600+fy}$$

$$\rho\, max = 0,75\, x\, \rho b$$

- **Tulangan Pembagi**

  $As_{tulangan\ pembagi} =$ 50 % x As

  Dimana :

  As = Luas tulangan (mm^2)

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 dipilh 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

- Luas tiang pancang :

  A = ¼ π d^2

  Dimana :

  A = luasan tiang (m^2)

  D = diameter tiang (m)

- Keliling tiang

  K = $\pi . d$

  Dimana :

  K = Keliling tiang (m^2)

  D = diameter tiang (m)

- Kemampuan sebuah tiang pancang :

  1. Terhadap kekuatan tanah :

  Qs = $\frac{A \times qc}{3} + \frac{O \times JHP}{5}$

  Dimana :

  Qs = Kemampuan tiang (kg)

  A = luasan tiang (m2)

  qc = Nilai konus (kg/cm^2)

  JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)

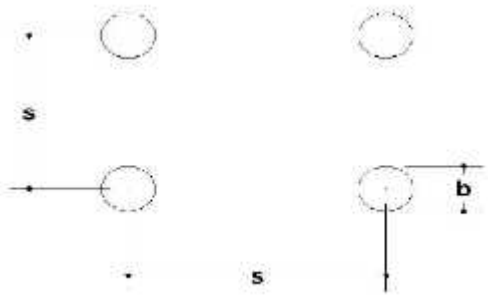
  O = Keliling tiang (m)

  2. Terhadap kekuatan bahan tiang

  Qs = $\sigma \bar{b}ahan \times A\ tiang$

  = 0,3 f'c . A tiang

- Jarak antar tiang :



Gambar 2.13 Jarak Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan daya dukung oleh Direktorat Bina Marga PU adalah sebagai berikut :

S = (2,5 – 3,0) b ; Smin = 0,6 meter ; Smaks = 2,0 m…… (Pondasi : 180)

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:

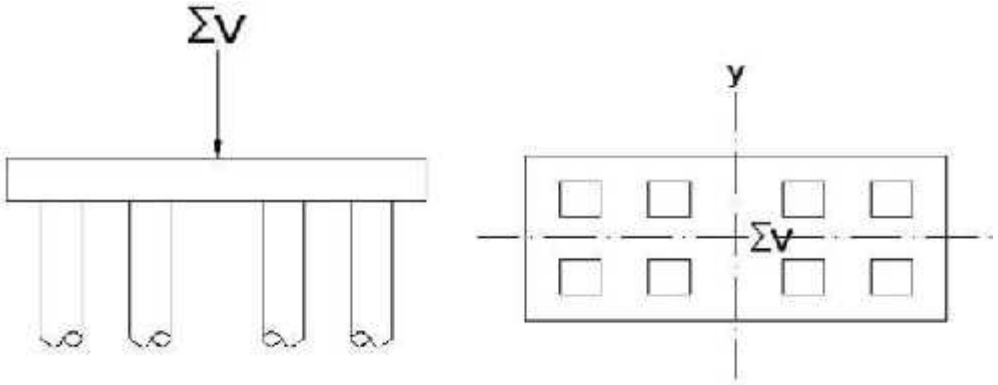
n = $\sum v$/ Qs

Dimana: n = jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$\sum v$ = gaya vertikal (t)

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

- Perhitungan pembagian tekanan :
  1. Beban Sentris



Gambar 2.14 Beban Normal Sentris

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

Dimana :

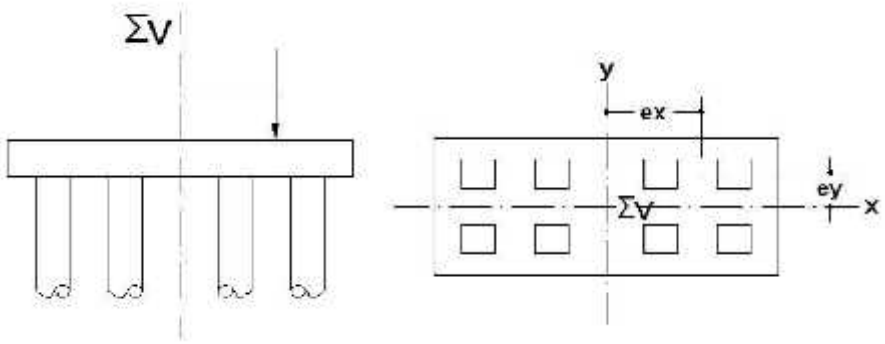
N = Beban yang diterima oleh masing-masing tiang (KN)

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

n =Banyaknya tiang dalam kelompok

2. Beban Eksentris

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



Gambar 2.15 Beban Normal Eksentris

- Efisiensi kelompok tiang :

  Rumus Converse-Labarre

  $$Eq = 1 - \frac{\theta}{90^{o}}\left[\frac{(n-1)m+(m-1)n}{m.n}\right]$$

  Dimana :

  θ = Arctan (d/s) (derajat)

  b = diameter tiang (m)

  S = jarak antar tiang (m)

  m = Jumlah baris

  n = Jumlah lajur

- Kemampuan tiang pancang dalam kelompok :

  Qag = E. Qs. n …….. (Pondasi : 185)

  Dimana :

  Qag = Daya dukung yang diijinkan sebuah tiang dalam kelompok (kN)

  Qs = daya dukung yang diijinkan sebuah tiang tunggal (kN)

E = Faktor efisien

n = Banyaknya tiang

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

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

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

Dimana :

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

y = Jarak absis antar tiang (m)

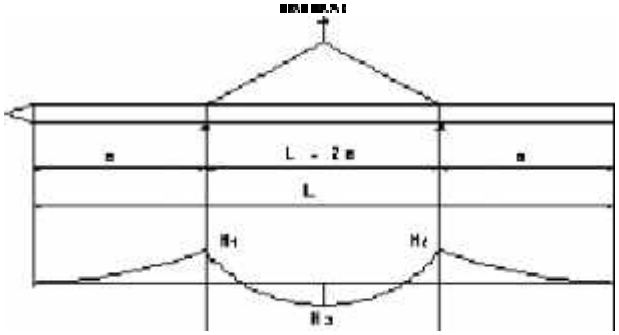
x = Jarak ordit antar tiang (m)

n = Banyak tiang

- **Penulangan Tiang Pancang**

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan. Ada dua kondisi pengangkatan, yaitu satu tumpuan dan dua tumpuan.

Kondisi I (Dua Tumpuan)



Gambar 2.16 Kondisi Pengangkatan 1 dan Momen yang Ditimbulkan

$M_1 = \frac{1}{2} q a^2$

$M_2 = \frac{1}{8} q (L - 2a) - \frac{1}{2} q a^2$

$M_1 = M_2$

$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{8} q (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} q a^2$

$4a^2 + 4aL - L^2$

Dimana: q = Berat tiang pancang

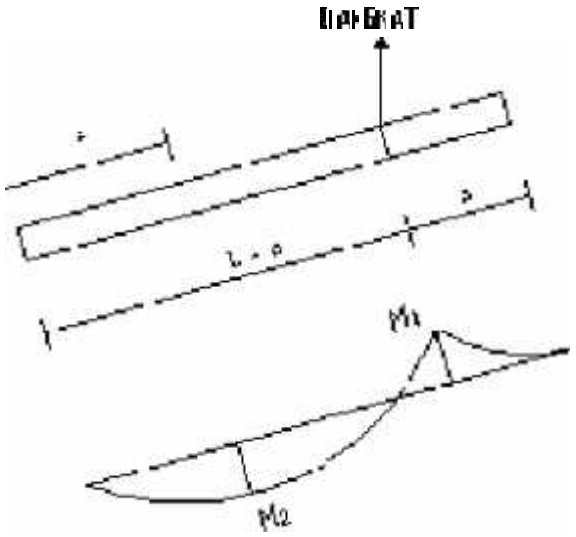
q = ¼ $.\pi. \emptyset^2$

Didapatkan: $a = \frac{-b^2 \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} q a^2$

$D_{mak} = \frac{1}{2} q L$

Kondisi II (Satu Tumpuan)



Gambar 2.17 Kondisi Pengangkatan 2 dan Momen yang Ditimbulkan

$$M_1 = \tfrac{1}{2} q a^2$$

$$D_1 = \frac{q \cdot (L-a)}{2} - \frac{q \cdot a^2}{2 \cdot (L-a)}$$

$$D_1 = \frac{q L^2 - 2 a q L}{2(L-a)}$$

$$M_x = D_1 \cdot x - 0{,}5 \cdot q \cdot x^2$$

$$\frac{d M_x}{d_x} = 0 \quad x = \frac{D_1}{q}$$

$$R_1 - q \cdot x = 0$$

$$\frac{D_1}{q} = \frac{(L^2 - 2 \cdot a \cdot L)}{2 \cdot (L-a)}$$

$$M_3 = D_1 \frac{(L^2 - 2 \cdot a \cdot L)}{2 \cdot (L-a)} - \tfrac{1}{2} \cdot q \frac{(L^2 - 2\ a \cdot L)}{[2 \cdot (L-a)]^2}$$

$$M_2 = \tfrac{1}{2} \cdot q \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2 \cdot (L - a)}$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} q.a^2 = \frac{1}{2} q. \frac{L^2 - 2a.L}{2.(L - a)}$$

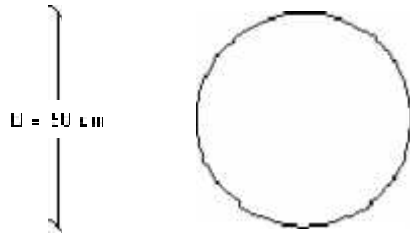
$$2a^2 - 4aL + L^2 = 0$$

Didapatkan: $a = \frac{-b^2 \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

M1 = M2 = ½ q a^2

$$D_1 = \frac{q L^2 - 2 a q L}{2(L - a)}$$

Dari kedua kondisi di atas digunakan nilai Momen Terbesar dari kedua metode pengangkatan:



Misal data yang digunakan:

- Dimensi tiang = ø 50 cm
- Berat jenis beton = 2,4 t/m^3
- f'_c = 25 Mpa
- f_y = 400 Mpa
- h = 500 mm

- p = 70 mm

- $ø_{tulangan}$ = 22 mm

- $ø_{sengkang}$ = 8 mm

- d = h – p – $ø_{sengkang}$ – ½ $ø_{tulangan}$

1. Tulangan Memanjang Tiang Pancang

$\frac{Mu}{bd^2}$

$$\left(\frac{M_u}{b \cdot d^2}\right) = \rho \cdot \Phi \cdot f_y \left(1 - 0.588 \cdot \rho \frac{f_y}{f'_c}\right)$$

Dengan rumus abc didapatkan nilai ρ

Pemeriksaan syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)

jika $\rho < \rho_{min}$ maka dipakai ρ_{min}

As = ρ.b.d. 10^6

Penentuan pemakaian diameter tulangan yang dipakai berdasarkan tabel rasio penulangan

Cek Terhadap Tekuk

Dianggap kedua ujung sendi, diperoleh harga k = 1

r = 0,3 . h = 0,3 . 500 = 150 mm

$$K = \frac{k * Lu}{I}$$

(K > 20 maka kelangsingan diperhitungkan)

$$Ig = \frac{1}{64}.\pi D^4$$

$$EI = \frac{Ec * Ig * 0.4}{(1+\beta.d)}$$

$$Cm = 1$$

$$Cs = \frac{Cm}{\left[1-\frac{Pu}{(\phi Pcr)}\right]}$$

Mn = Cs * Mu

ea = $\frac{Mn}{Pu}$

e = ea + $\frac{h}{2}$ - d'

cb = $\frac{600*d}{(fy+600)}$

a = $\frac{Pu}{0,85.f'c.b}$

ab = 0,85 . cb

a < ab, dipakai rumus

$$As = As' = \frac{Pu\left(e-d+\frac{Pu}{2*R_L*b}\right)}{fy(d-d')}$$

Digunakan As min 1% Ag = 0,01.(1/4.π.(d)^2)

2. Penulangan Geser Tiang Pancang

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

Vc = 1/6 $\sqrt{f'c}$ x b x d

Periksa $v_u > \emptyset v_c$:

$v_u = \frac{Vu}{b \cdot d}$

$v_c = \frac{Vc}{b \cdot d} = \frac{1}{6} \sqrt{f'c}$

$\emptyset v_c$ = 0,6 x Vc

$v_u \geq \emptyset v_c$ dipakai tulangan sengkang

dengan jarak, s = $\frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$

Av = 2 x ¼ π. d²

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, mka 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 analisisa 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

  Kapasitas bucket x carry factor = ...(m^3)

- Menghitung waktu siklus

  Waktu muat = dtk

  Waktu mengayun = dtk

  Waktu membuang muatan = dtk

  Waktu mengayun kosong = +

  ..... dtk

- Menghitung produksi kerja kasar
  Kapasitas aktual bucket x jumlah siklus perjam = ...(m^3)

- Menghitung produksi kerja aktual
  Produksi kerja kasar x faktor effisiensi = ...(m^3/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 demikan 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

      Gunanyauntuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

   b) Gambar bestek

      Gunanya untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.

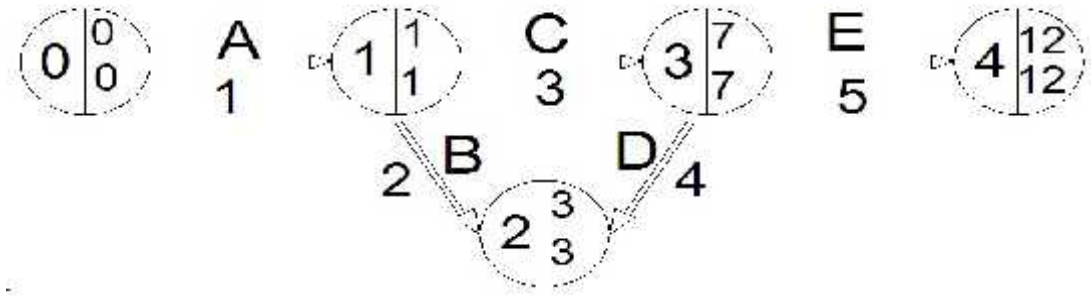
   c) Harga satuan pekerjaan

      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.



Gambar 2.18 Sketsa NWP

Adapun Kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawai 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.

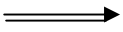
Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

– (*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 menunjukan 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.

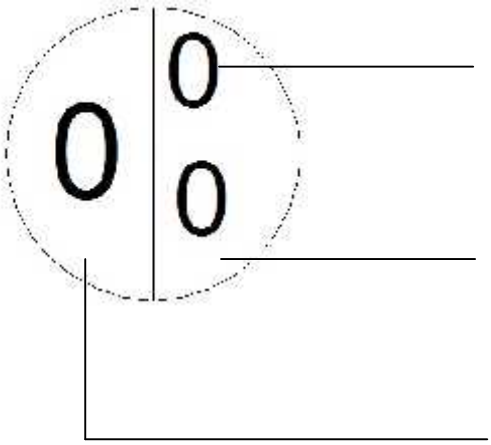
–  (*Doubel arrow*),

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 caralainuntuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Earliest Event Time (EET) : Waktu penyelesaian (paling awal)

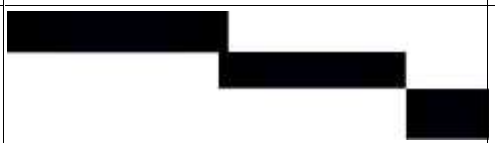
Last Event Time (LET) : Waktu penyelesaian paling akhir

Kejdian (Event): Urutan pekerjaan)

Gambar 2.19 Simbol Kejadian

2.5.5 Bartchart

Dari NWP dapt 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.

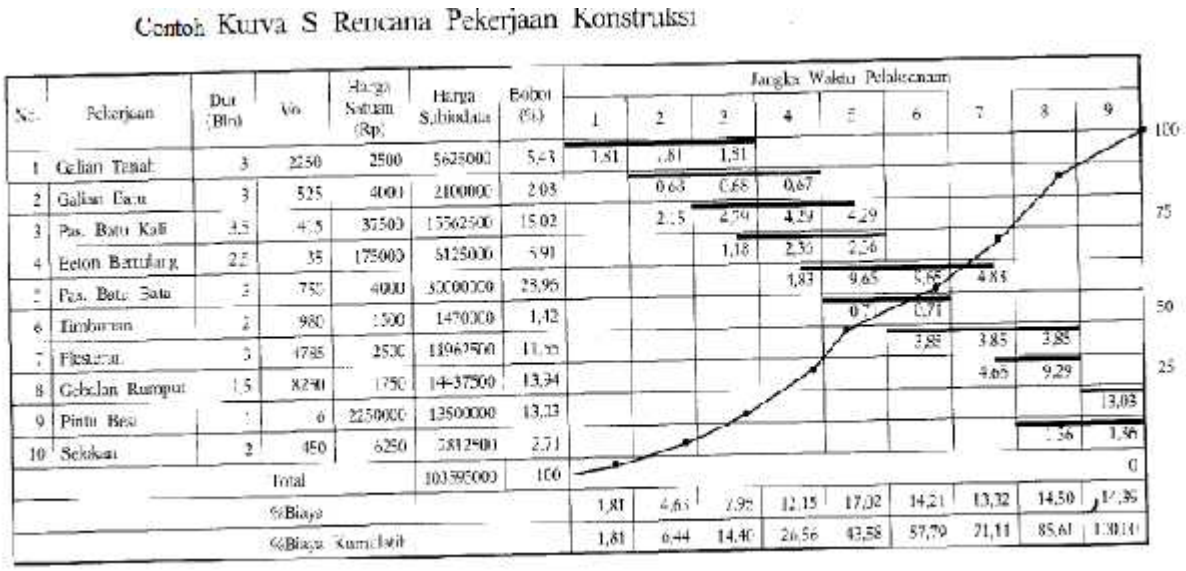
Kegiatan	Durasi		Keterangan
			

Gambar 2.20 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 pekerjaanberupa 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 danayang disediakan. Dan Kurva Sdapat dilihat apakah pekerjaan yang dilaksanakan lebih cepat dan yang direncanakan atau mengalami keterlambatan dalam waktu pelaksanaannya.



No.	Pekerjaan	Dur (Bln)	Vo	Harga Satuan (Rp)	Harga Subjudata	Bobot (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Galian Tanah	3	2250	2500	5625000	5,43	1,81	1,81	1,81						
2	Galian Batu	3	525	4000	2100000	2,03		0,68	0,68	0,67					
3	Pas. Bata Kali	4,5	4,5	37500	15562500	15,02		2,15	2,79	4,29	4,29				
4	Beton Bertulang	2,5	35	175000	6125000	5,91			1,18	2,36	2,36				
5	Pas. Batu Bata	3	750	4000	30000000	28,96				1,83	9,65	9,65	4,84		
6	Timbunan	2	980	1500	1470000	1,42					0,71	0,71			
7	Plesteran	3	4785	2500	11962500	11,55						3,85	3,85	3,85	
8	Galian Rumput	1,5	8250	1750	14437500	13,94							4,65	9,29	13,03
9	Pintu Besi	1	6	2250000	13500000	13,03								1,36	1,36
10	Sekatan	2	450	6250	2812500	2,71									0
	Total				103395000	100									
	%Biaya						1,81	4,63	7,95	12,15	17,02	14,21	13,32	14,50	14,36
	%Biaya Kumulatif						1,81	6,44	14,40	26,56	43,58	57,79	71,11	85,61	100,00

Gambar 2.21 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.