

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Suatu jaringan jalan raya kadangkala mengalami hambatan terhadap kelancaran arus lalu lintas. Hambatan tersebut dapat berupa rintangan alam maupun lalu lintas itu sendiri seperti sungai, jalan kereta api, jalan lalu lintas biasa. Untuk mengatasi rintangan tersebut dapat dengan membangun konstruksi misalnya gorong-gorong, jika rintangan tersebut jaraknya tidak terlalu besar. Jika hambatan terlalu besar seperti sungai atau danau maka alternatif yang dipilih adalah penggunaan transportasi air, akan tetapi hal ini sangat tidak menguntungkan karena tergantung dari cuaca. Dari hal tersebut diatas maka dicarilah alternatif lain yaitu menggunakan konstruksi jembatan sebagai alat bantu penghubung dari jaringan jalan raya tersebut.

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan memotong sungai/saluran air, lembah atau memotong jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Sementara menurut (Asiyanto, 2008) jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang dihubungkan satu dengan yang lain. Beban atau muatan yang dipikul oleh struktur ini akan diuraikan dan disalurkan kepada batang-batang baja struktur tersebut, sebagai tekan dan tarik, melalui titik-titik pertemuan batang (titik buhul). Garis netral tiap-tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling berpotongan pada satu titik saja, untuk menghindari timbulnya momen sekunder.

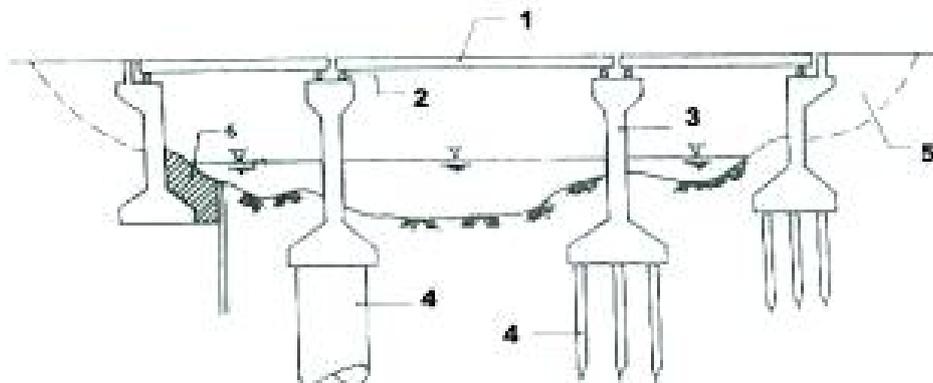
Pada umumnya jembatan dapat di klasifikasikan menjadi 7 (tujuh) jenis, yaitu:

- A. Klasifikasi menurut tujuan penggunaannya
  - 1. Jembatan jalan raya
  - 2. Jembatan jalan kereta api
  - 3. Jembatan air / pipa dan saluran
  - 4. Jembatan militer
  - 5. Jembatan pejalan kaki / penyeberangan
  
- B. Klasifikasi menurut bahan material yang digunakan
  - 1. Jembatan kayu
  - 2. Jembatan baja
  - 3. Jembatan beton / beton bertulang (RC)
  - 4. Jembatan beton prategang (PC)
  - 5. Jembatan batu bata
  - 6. Jembatan komposit
  
- C. Klasifikasi menurut formasi lantai kendaraan
  - 1. Jembatan lantai atas
  - 2. Jembatan lantai tengah
  - 3. Jembatan lantai bawah
  - 4. Jembatan *double dock*
  
- D. Klasifikasi menurut struktur / konstruksinya
  - 1. Jembatan Gelegar (*Girder Bridge*)
  - 2. Jembatan rangka (*Truss Bridge*)
  - 3. Jembatan portal (*Rigid Frame Bridge*)
  - 4. Jembatan pelengkung (*Arch Bridge*)
  - 5. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)
  - 6. Jembatan kabel (*Cable Stayed Bridge*)
  
- E. Klasifikasi menurut bidang yang dipotongkan
  - 1. Jembatan tegak lurus
  - 2. Jembatan lurus (*Straight Bridge*)
  - 3. Jembatan lengkung (*Curved Bridge*)

- F. Klasifikasi menurut lokasi
1. Jembatan biasa
  2. Jembatan *Viaduct*
  3. Jembatan layang (*Overbridge / Roadway Crossing*)
  4. Jembatan kereta api
- G. Klasifikasi menurut keawetan umur
1. Jembatan darurat
  2. Jembatan sementara
  3. Jembatan permanen
- H. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan / derajat gerak
1. Jembatan atap
  2. Jembatan dapat digerakkan

## 2.2 Bagian – bagian Struktur Jembatan

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



Gambar 2.1 Bagian – bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja

Keterangan Gambar :

- |                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. Bangunan Atas  | 4. Pondasi                    |
| 2. Landasan       | 5. Oprit                      |
| 3. Bangunan Bawah | 6. Bangunan Pengaman Jembatan |

**A. Bangunan Atas (*Upper Structure*)**

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

Bagian bangunan bangunan atas suatu jembatan terdiri dari :

a. Rangka jembatan

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

b. Trotoar

Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai kendaraan atau permukaan aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar antara 0,5 – 1,5 meter dan dipasang pada bagian kanan serta kiri jembatan.

c. Lantai kendaraan

Merupakan lintasan utama yang dilalui kendaraan. Lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan dua buah kendaraan. Dimana masing-masing lajur umumnya memiliki lebar 2,75 meter.

d. Gelagar melintang

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

e. Ikatan angin atas / bawah dan Ikatan rem

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik pada bagian atas maupun bagian bawah jembatan agar jembatan dalam keadaan stabil. Sedangkan ikatan rem berfungsi untuk

menahan saat terjadi gaya rem akibat pengereman kendaraan yang melintas di atasnya.

f. Landasan / Perletakan

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

**B. Bangunan Bawah (*Sub Structure*)**

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang berfungsi untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas kemudian disalurkan ke pondasi dan dari pondasi diteruskan ke tanah keras dibawahnya. Dalam perencanaan jembatan masalah bangunan bawah harus mendapat perhatian lebih, karena bangunan bawah merupakan salah satu penyangga dan penyalur semua beban yang bekerja pada jembatan termasuk juga gaya akibat gempa, selain gaya-gaya tersebut, pada bangunan bawah juga bekerja gaya-gaya akibat tekanan tanah dari oprit serta barang-barang hanyutan dan gaya-gaya sewaktu pelaksanaan (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Ditinjau dari segi konstruksinya, bangunan bawah dapat dibagi dalam beberapa tahap pekerjaan dan digabungkan sehingga merupakan satu kesatuan bagian struktur jembatan. Bagian-bagian yang termasuk bangunan bawah yaitu :

a. *Abutment*

*Abutment* atau kepala jembatan yang merupakan salah satu bagian konstruksi yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai pendukung bagi bangunan diatasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit. Konstruksi abutment juga dilengkapi dengan konstruksi sayap untuk menahan tanah dengan arah tegak lurus dari as jalan.

b. Pondasi

Pondasi berfungsi untuk memikul beban diatas dan meneruskannya kelapisan tanah pendukung tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang

berlebihan. Adapun hal yang diperlukan dalam perencanaan pondasi diantaranya :

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

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

1. Pondasi sumuran
2. Pondasi tiang pancang
3. Pondasi *borepile*

c. Plat Injak

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

d. Oprit

Oprit berfungsi untuk menahan kestabilan tanah dikiri dan dikanan jembatan agar tidak terjadi kelongsoran. Oprit terletak dibelakang *abutment*, oleh karena itu dalam pelaksanaan penimbunan tanah harus dibuat sepadat mungkin.

### 2.3 Dasar-dasar Perencanaan Jembatan

Perencanaan harus berdasarkan pada suatu prosedur yang memberikan jaminan keamanan, kenyamanan dan keawetan selama umur rencana jembatan. Perencanaan kekuatan elemen baja sebagai komponen struktur jembatan yang diperhitungkan terhadap lentur, geser, aksial, puntir serta kombinasinya harus didasarkan pada cara perencanaan berdasarkan Beban dan Kekuatan Terfaktor (PBKT). Sebagai pembanding atau alternatif lain dapat digunakan cara

perencanaan yang berdasarkan batas layan untuk perencanaan kekuatan elemen baja sebagai komponen struktur jembatan.

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

### **2.3.1 Pembebanan**

Dalam perencanaan pembebanan sebaiknya berdasarkan peraturan yang dikeluarkan dirjen bina marga departemen pekerjaan umum yaitu RSNI T – 02 – 2005 standar pembebanan untuk jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi dan metoda penerapannya boleh dimodifikasi dalam kondisi tertentu, dengan seizin pejabat yang berwenang.

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

#### **A. Umum**

1. Masa dari setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan kerapatan masa rata-rata dari bahan yang digunakan.
2. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah masa dikalikan dengan percepatan gravitasi ( $g$ ). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah  $9,8 \text{ m/dt}^2$ .
3. Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, tetapi tidak untuk keadaan yang dilainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban terkurangi. Akan tetapi apabila kerapatan masa diambil dari suatu jajaran harga, dan harga yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan tepat, maka perencana harus memilih-milih harga tersebut untuk mendapatkan keadaan yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini dan tidak boleh diubah.

4. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut.
5. Tipe aksi, dalam hal tertentu aksi bisa meningkatkan respon total jembatan (mengurangi keamanan) pada salah satu bagian jembatan, tetapi mengurangi respon total (menambah keamanan) pada bagian lainnya.
6. Tak dapat dipisah-pisahkan, artinya aksi tidak dapat dipisah kedalam salah satu bagian yang mengurangi keamanan dan bagian lain yang menambah keamanan (misalnya pembebanan "T").
7. Tersebar dimana bagian aksi yang mengurangi keamanan dapat diambil berbeda dengan aksi yang menambah keamanan (misalnya beban mati tambahan).

Tabel 2.1 Ringkasan Aksi – aksi Rencana

Pasal No	Aksi		Lamanya Waktu (3)	Faktor Baban Pada Keadaan Batas		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan $K_{s,;xx}$	Ultimit $K_{u,;xx}$	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat sendiri	$P_{MS}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.3	Beban mati tambahan	$P_{MA}$	Tetap	1,0/13 (3)	2.0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan dan rangkai	$P_{SR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	$P_{PR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan tanah	$P_{TA}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.7	Beban pelaksanaan tetap	$P_{PL}$	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban lajur “D”	$T_{TD}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban lajur “L”	$T_{TT}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya rem	$T_{TB}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	$T_{TP}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban Trotoar	$T_{TC}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban – beban tumbukan	$T_{ES}$	Tran	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	$P_{ES}$	Tetap	1,0	N/A	N/A
7.3	Temperatur	$T_{ET}$	Tran	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran / benda hanyutan	$T_{EF}$	Tran	1,0	*(3)	N/A
7.5	Hidro / daya apung	$T_{EU}$	Tran	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	$T_{EW}$	Tran	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	$T_{EO}$	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	$T_{BF}$	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	$T_{VL}$	Tran	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	$T_{CL}$	Tran	*(3)	*(3)	*(3)

CATATAN (1) Simbol yang terlihat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk :  $P*MS$  = berat sendiri rencana

CATATAN (2) Tran = Transien

CATATAN (3) Untuk penjelasan lihat pasal yang sesuai

CATATAN (4) “N/A” menandakan tidak dapat dipakai. Dalam hal dimana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol.

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

## B. Berat Sendiri

Tabel 2.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Jangka Waktu	FAKTOR BEBAN			
	$K_{U;MS}$		$K_{U;MS}$	
			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 : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

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

Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen- elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang berkurang. Perencana jembatan menentukan elemen – elemen tersebut.

Tabel 2.3 Berat Isi untuk Beban Mati ( $\text{kN/m}^3$ )

No.	Bahan	Berat/satuan Isi ( $\text{KN/m}^3$ )	Kerapatan Masa ( $\text{Kg/m}^3$ )
1	Campuran 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 : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

## C. Beban Mati Tambahan / Utilitas

Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

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

CATATAN (1) faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk utilitas  
( Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

## 1. Pengertian dan Persyaratan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

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

## 2. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

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

3. Sarana lain jembatan

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

D. Beban Terbagi Rata (BTR)

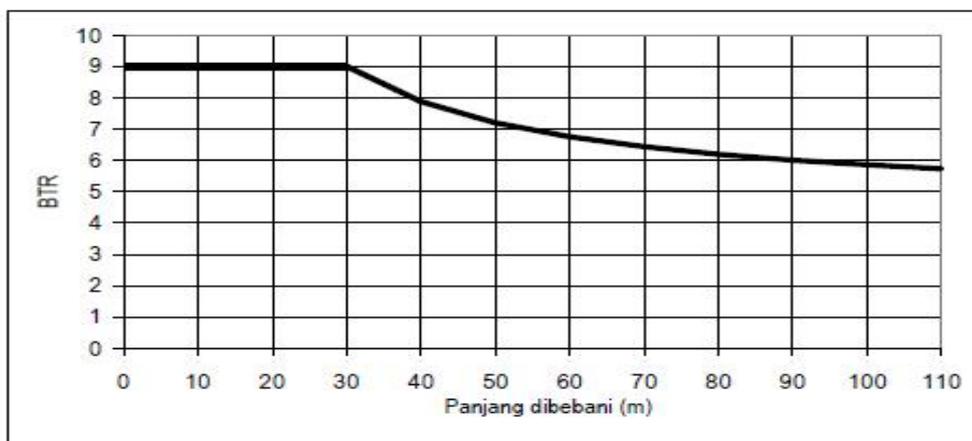
Mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung panjang total yang dibebani  $L$ , seperti berikut :

$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots(1)$
$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5 + \frac{15}{L}) \text{ kPa} \dots\dots\dots(2)$

Dengan pengertian :

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

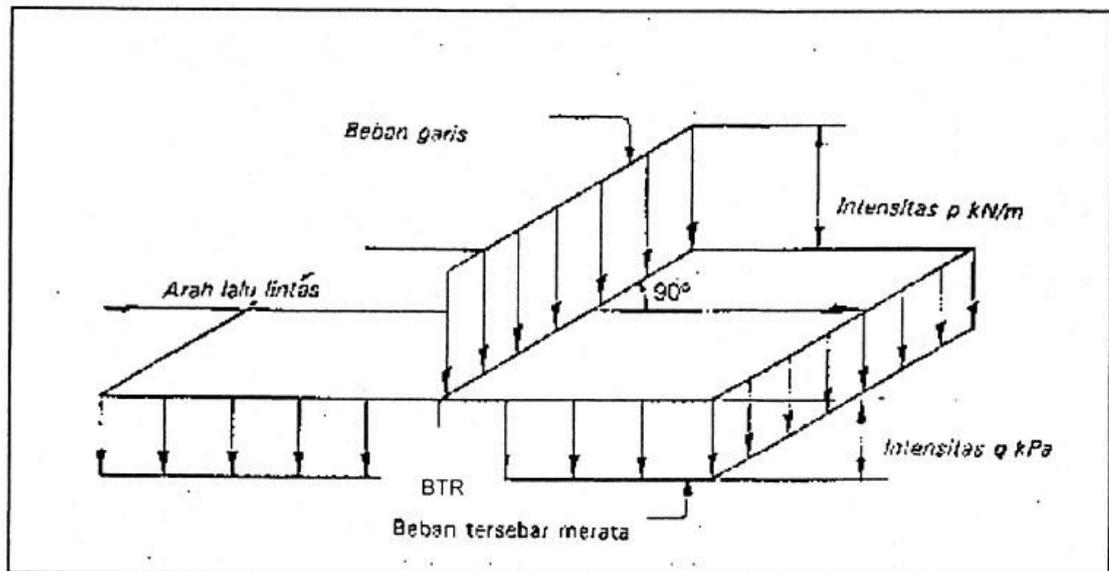
Hubungan ini bisa dilihat dalam gambar 2.2 Panjang yang dibebani  $L$  Adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang – panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.



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

#### E. Beban Garis Terpusat (BGT)

Dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya, ini dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Beban Lajur "D"

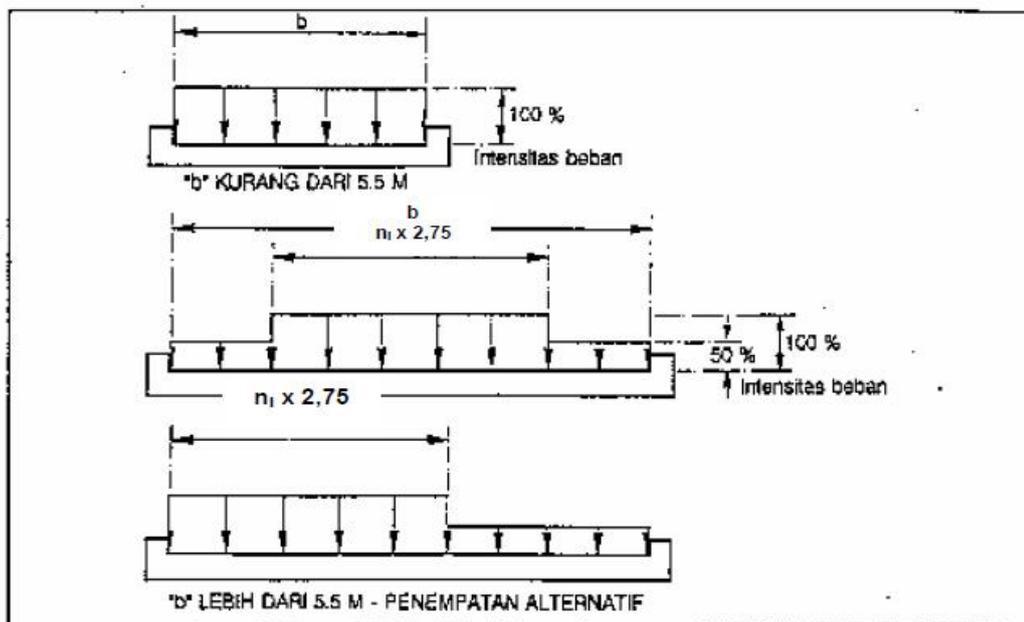
#### F. Penyebaran Beban D pada arah melintang

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum, penyusunan komponen – komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh pilar dengan intensitas 100 % seperti tercantum dalam pasal 6.3.1.
2. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana ( $n_1$ ) yang berdekatan (Tabel 11), dengan intensitas 100% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1. Hasilnya adalah beban garis equivalen sebesar  $n_1 \times 2,75 q$  kN/m dan beban terpusat

equivalen  $n_1 \times 2,75$  p kN, kedua-duanya bekerja strip pada lajur sebesar  $n_1 \times 2,75$  m.

- Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1. susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam Gambar 2.4



Gambar 2.4 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang

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

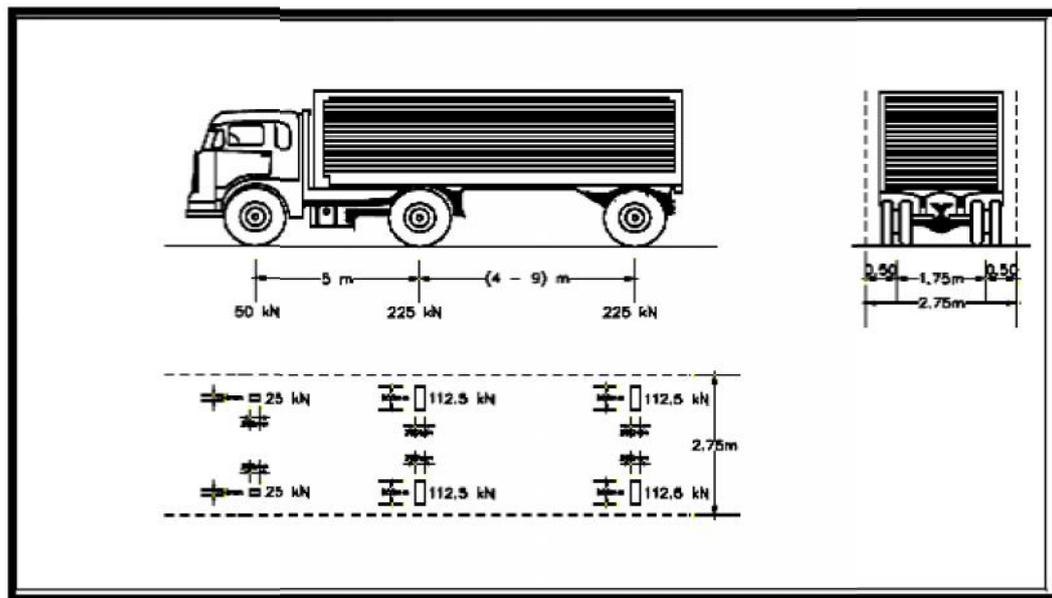
#### G. Beban Truk “T”

Tabel 2.5 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk “T”

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

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

Pembebanan truck “T” terdiri dari kendaraan truck semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.5. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah – ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh tersebar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2.5 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truck “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truck “T” ini harus ditempatkan ditengah – tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar 2.5. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam pasal 6.2 berikut, akan tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah jalur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan.

Untuk pembebanan truck “T”, FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada di

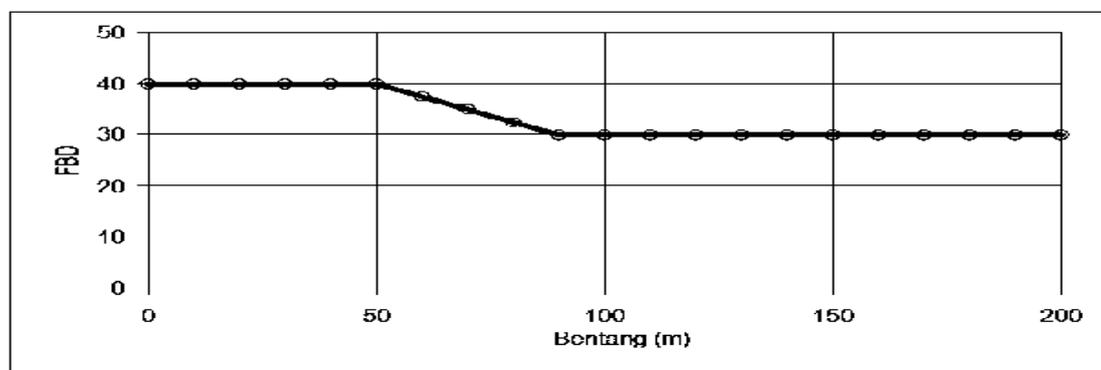
bawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m.

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

Tabel 2.6 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana ( $n_1$ )
Satu Lajur	4,0-5,0	1
Dua arah tanpa median	5,5-8,25	2(3)
	11,3-15,0	4
Banyak arah	8,25-11,25	3
	11,3-15,0	4
	15,1-18,75	5
	18,8-22,5	6
CATATAN (1) untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang		
CATATAN (2) lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb / rintangan / median dengan banyak arah		
CATATAN (3) lebar minimum yang aman untuk dua lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0-6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

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



Gambar 2.6 Faktor Beban Dinamis untuk BGT untuk Pembebanan Lajur “D”

## H. Beban Pejalan Kaki

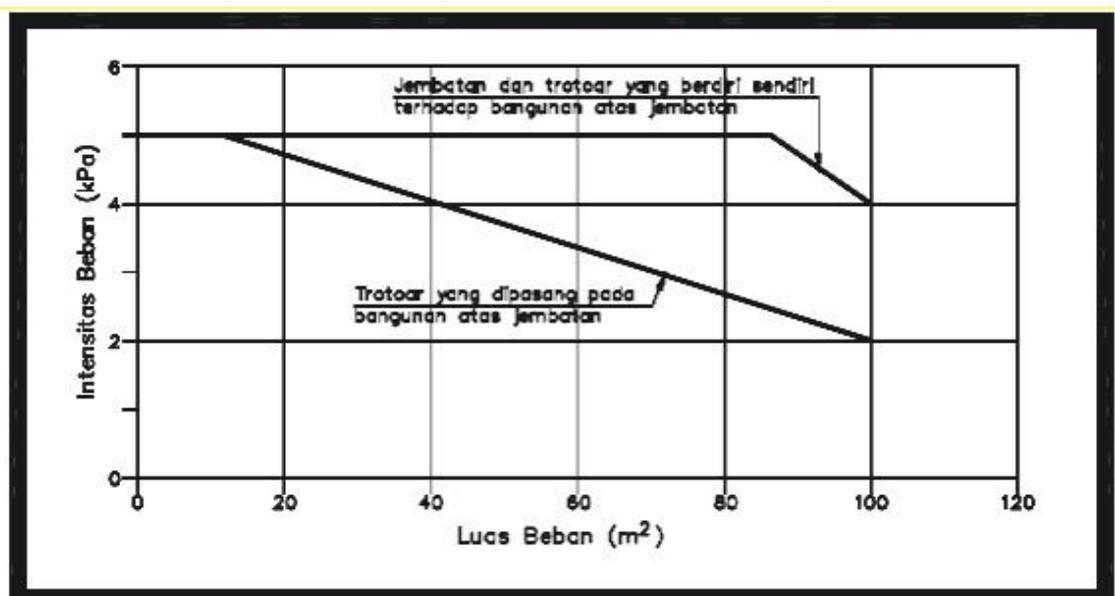
Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul beban pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Lajur pejalan kaki dan trotoar harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani. Luas bagian yang dibebani adalah luas yang terkait dengan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

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

( Sumber : Standar Pembebanan Untuk Jembatan 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.



Gambar 2.7 Pembebanan untuk Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani seperti gambar.

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit. Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

#### I. Gaya Rem

Tabel 2.8 Faktor Beban Akibat Gaya Rem

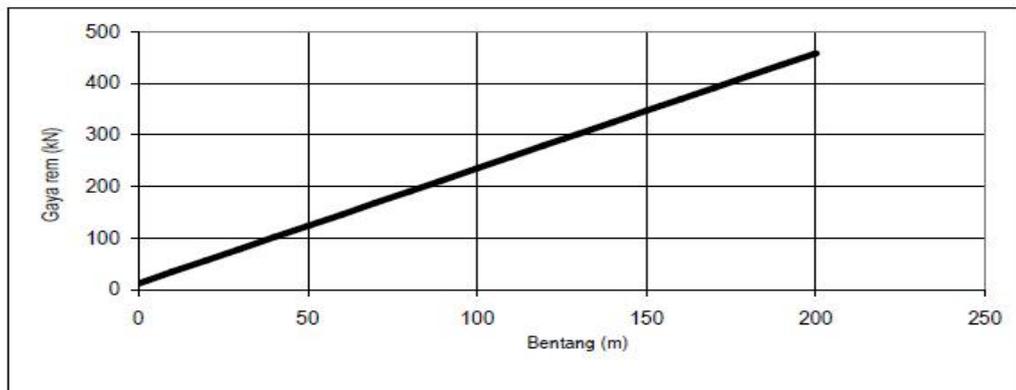
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TB;}$	$K_{U;TB;}$
Transien	1,0	1,8

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

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur “D” disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus  $1 : q = 9 \text{ kPa}$ .

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

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka Faktor Beban Ultimit terkurangi sebesar 40 % boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal. Pembebanan lalu lintas 70 % dan faktor pembesaran di atas 100 % BGT dan BGR tidak berlaku untuk gaya rem.



Gambar 2.8 Gaya Rem per Lajur 2,75 km (KBU)

### 2.3.2 Metode Perhitungan Plat Lantai Kendaraan

#### 1. Tebal plat lantai

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

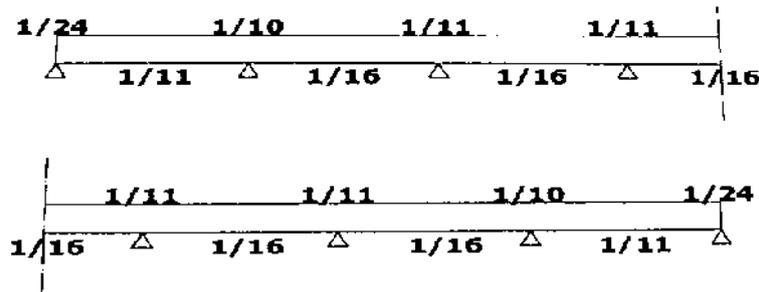
$$T_s = (100 + 40 \times L)$$

Keterangan:  $T_s$  = Tebal pelat lantai

$L$  = Panjang antar gelagar melintang

#### 2. Pembebanan

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



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

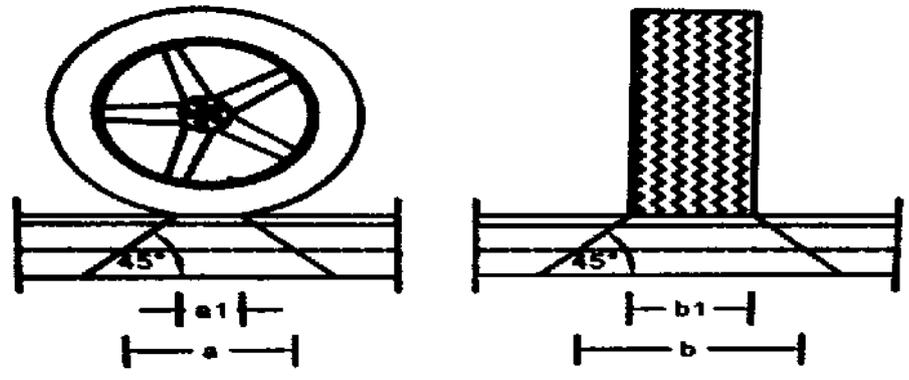
b. Berasal dari kendaraan bergerak (muatan T)

- Beban Truk

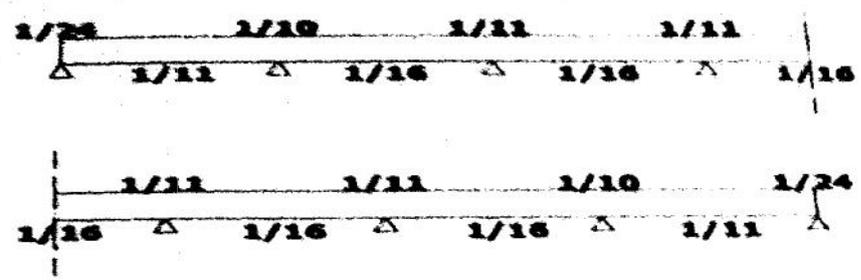
$$T_u = 1,8 \times 1,3 \text{ T}$$

Jadi pembebanan truck,

$$Q = \frac{T_u}{a \times b} \rightarrow \text{momen dihitung menggunakan tabel bitner}$$



Gambar 2.9 Penyaluran Tegangan dari Roda Akibat Bidang Kontak



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

### 3. Penulangan

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} \times b \times d$$

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

#### 2.3.3 Metode Perhitungan Trotoar

Pada perencanaanya trotoar dianggap sebagai balok menerus

##### 1. Pembebanan

###### a. Beban Mati

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

###### b. Beban Hidup

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

##### 2. Penulangan

$$A_{Smin} = b \times d$$

$$A_{Smin} = b \times d \dots\dots\dots (RSNI T - 12 - 2004 \text{ hal } 29)$$

#### 2.3.4 Gelagar Melintang

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

##### 1. Pembebanan

###### a. Beban Mati

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

###### b. Beban Hidup

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

## 2. Kontrol Kekuatan Sebelum Komposit

$$M_{total} = M_{Dimax} + M_{profitmax}$$

$$Mn = Zx \cdot Fy$$

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

## 3. Kontrol Kekuatan Sesudah Komposit

$$M_{total} = M_{Dimax} + M_{Limax} + M_{profitmax}$$

$$Mn = T \cdot Z = As \cdot Fy \cdot Z$$

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

## 4. Geser

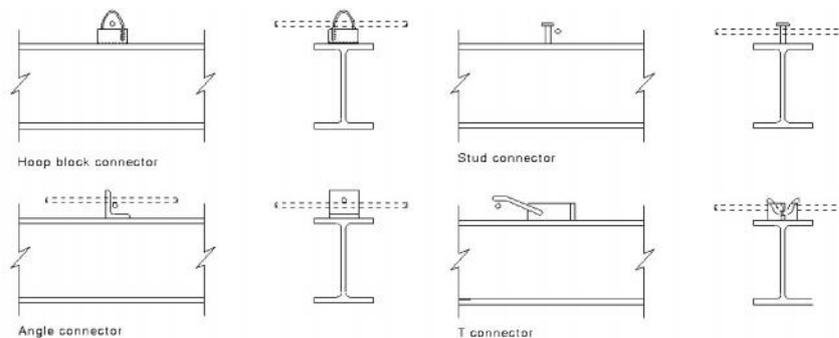
$$Vn = 0,6 \cdot fy \cdot Aw \dots\dots\dots (RSNI - 03 - 2005 \text{ hal } 40)$$

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

## 5. Shear Konektor

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Idealnya alat penghubung geser harus cukup kaku untuk menghasilkan interaksi penuh, namun hal ini akan memerlukan pengaku yang sangat tergar. Adapun jenis- jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut :

- Alat penyambung stud (*stud connector*) berkepala dan berbentuk pancing.
- Alat peyambung kanal (*canal connector*)
- Alat penyambung spiral (*spiral connector*)
- Alat penyambung siku (*angle conector*)



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

$$T_{\max} = A_s \cdot f_y ; \frac{h_s}{d_s} \cdot 4$$

Kekuatan satu konektur stud

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

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

Jarak memanjang antara penghubung tidak boleh lebih besar dari : 600 mm, 2 . hf dan 4 . hs

### 2.3.5 Ikatan Angin

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

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

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

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

Dengan pengertian :

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

$C_w$  : koefisien seret

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

Tabel 2.9 Koefisien Seret  $C_w$ 

Tipe Jembatan	$C_w$
Bangunan atas masif (1) (2)	-
b/d = 1.0	2.1 (3)
b/d = 2.0	1.5 (3)
b/d = 6.0	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran	
CATATAN (2) untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) apabila bangunan atas mempunyai super elevasi, $C_w$ harus dinaikan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5%	

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

Tabel 2.10 Kecepatan Angin Rencana  $V_w$ 

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

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

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

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

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

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

## 2. Gaya Batang

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

## 3. Dimensi Profil

Setelah gaya batang didapat, dilanjutkan dengan pendimensian profil.

### a. Kontrol terhadap batang tarik

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

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

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

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

### b. Kontrol terhadap batang tekan

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

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

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

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

## 2.3.6 Rangka Utama

### 1. Gaya Batang

Gaya batang rangka utama dihitung dengan menggunakan metode garis pengaruh.

### 2. Pembebanan Ultimate

#### a. Beban Mati

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

b. Beban Hidup

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

3. Dimensi

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

a. Kontrol terhadap batang tarik

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

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

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

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

b. Kontrol terhadap batang tekan

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

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

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

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

4. Pembebanan Daya Layan

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

5. Lendutan

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

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

Dimana :

L = ubahan panjang anggota akibat bebanyang bekerja (cm)

- $F$  = gaya yang bekerja (kg)  
 $L$  = Panjang bentang (cm)  
 $E$  = modulus elastisitas baja (200000/ kg/cm<sup>2</sup>)  
 $A$  = luas profil baja (cm<sup>2</sup>)  
 $u$  = gaya aksial suatu anggota akibat beban satuan  
 $y$  = komponen satuan dalam arah beban satuan

### 2.3.7 Perletakan (Elastomer)

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

#### 1. Pembebanan

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

#### 2. Lateral Stop

Dianggap sebagai konsul pendek.

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

#### 3. Penulangan Lateral Stop

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

$$V_u = \phi V_n$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_g = A_f + A_n$$

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

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

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

$$A_g = A_f + A_n$$

$$A_g = \frac{2Avf}{3} + A_n$$

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

Tulangan sengkang

$$A_h = \frac{Avf}{3}$$

### 2.3.8 Plat Injak

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

#### 1. Pembebanan Plat Injak

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

#### 2. Penulangan Plat Injak

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

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} b \times d$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} b \times d \dots \dots \dots \text{RSNI T - 12 - 2004 Hal 29}$$

### 2.3.9 Dinding Sayap

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

#### 1. Pembebanan Dinding Sayap

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

#### 2. Penulangan Dinding Sayap

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} b \times d$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} b \times d \dots\dots\dots \text{RSNI T - 12 - 2004 Hal 29}$$

### 2.3.10 Abutment

#### 1. Pembebanan abutment

- a. Beban mati (P<sub>m</sub>)
- b. Beban hidup (H + DLA)
- c. Tekanan Tanah (P<sub>TA</sub>)
- d. Beban Angin (W<sub>n</sub>)
- e. Gaya rem (R<sub>m</sub>)
- f. Gesekan pada perletakan (G<sub>s</sub>)
- g. Gaya gempa (G<sub>m</sub>)
- h. Beban pelaksanaan (p<sub>el</sub>)

#### 2. Kombinasi Pembebanan adalah sebagai berikut :

- a. Kombinasi I (AT) = P<sub>m</sub> + P<sub>TA</sub> + G<sub>s</sub>
- b. Konbinasi II (LL) = (H + DLA) + R<sub>m</sub>
- c. Kombinasi III (AG) = W<sub>n</sub>
- d. Kombinasi IV (GP) = G<sub>m</sub>
- e. Kombinasi V (PL) = p<sub>el</sub>

#### 3. Kemudian di kombinasikan lagi sebagai berikut :

- a. Kombinasi I = AT + LL (100%)
- b. Kombinasi II = AT + LL (120%)

- c. Kombinasi III = AT + LL (120%)
- d. Kombinasi IV = AT + LL (140%)
- e. Kombinasi V = AT + GL (150%)
- f. Kombinasi VI = AT + PL (130%)
- g. Kombinasi VII = AT + LL (150%)

4. Kontrol Stabilitas Pembebanan

- a. Kontrol terhadap bahaya guling

$$F_{GL} = \frac{MT}{MGL} < 1,5$$

- b. Kontrol terhadap bahaya geser

$$F_{GS} = \frac{\mu \cdot V}{H} < 1,5$$

- c. Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung

$$F_k = \frac{q_{ult}}{q_{ada}} > 2,0$$

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

### 2.3.11 Pondasi

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

1. Pembebanan

Untuk pembebanan menggunakan kombinasi VII dari perhitungan analisa stabilitas abutment.

$$Q_{ult} = 12,5 N \frac{B+0,3}{B}^2 \times kd$$

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

2. Penulangan Utama

Untuk penulangan diambil dari kombinasi I penulangan abutment

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

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

$$A_s \cdot f_y \cdot \frac{1}{2} (d - d')$$

$$\text{Dicek apakah } e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} > e$$

Jika ya, maka kehancuran ditentukan oleh gaya tekan

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

### 3. Penulangan Geser

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

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

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

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

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

## 2.4 Manajemen Proyek

### 2.4.1 Definisi

Manajemen Proyek adalah penerapan dari pengetahuan, keahlian, peralatan dan cara-cara yang digunakan untuk kegiatan proyek guna memenuhi kebutuhan dan keputusan dari pengguna proyek.

### 2.4.2 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)

### 2.4.3 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

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

Misal perhitungan produksi Excavator :

- Menghitung isi aktual

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

- Menghitung waktu siklus

Waktu muat = dtk

Waktu mengayun = dtk

Waktu membuang muatan = dtk

$$\text{Waktu mengayun kosong} = \frac{\text{dtk}}{\text{.....} + \text{dtk}}$$

- Menghitung produksi kerja kasar

$$\text{Kapasitas aktual bucket x jumlah siklus perjam} = \text{.....(m}^3\text{)}$$

- Menghitung produksi kerja aktual

$$\text{Produksi kerja kasar x faktor efisiensi} = \text{.....(m}^3\text{/jam)}$$

#### b. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Dalam analisa produksi kerja alat berat yang diperhitungkan adalah kebutuhan bahan, pekerjaan dan alat yang diperlukan dalam pekerjaan tersebut. Analisa harga satuan pekerjaan dihitung persatu satuan 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.

### 2.4.4 Rencana Kerja

Rencana Kerja adalah rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan proyek yang secara keseluruhan adalah rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek.

Untuk dapat menyusun rencana kerja yang baik dibutuhkan :

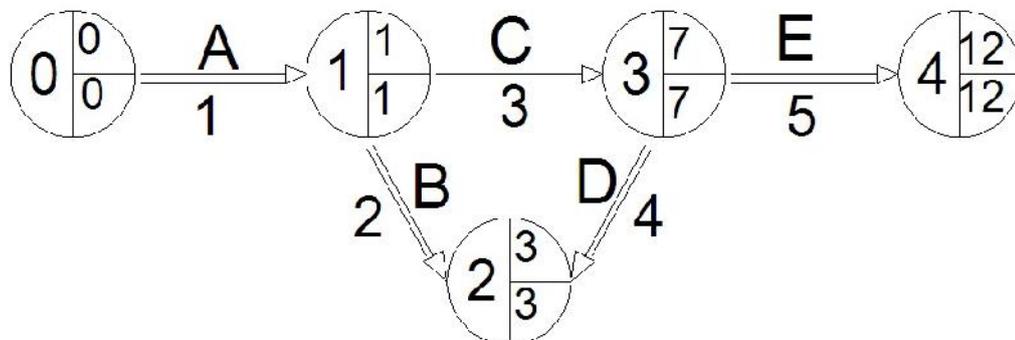
- A. Gambar kerja proyek
- B. Rencana Anggaran Biaya (RAB) pelaksanaan proyek
- C. *Bill Of Quantity* (BQ) atau daftar volume pekerjaan
- D. Data lokasi proyek

- E. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- F. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
- G. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
- H. Data cuaca atau musim dilokasi proyek
- I. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek
- J. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan
- K. Data kapasitas produk meliputi pekerjaan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
- L. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran, tenggang waktu pembayaran *progress*, dll.

Rencana kerja pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk sebagai berikut :

A. *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 2.10 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari *Network Planning* (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 *Network Planning* (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 di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain:

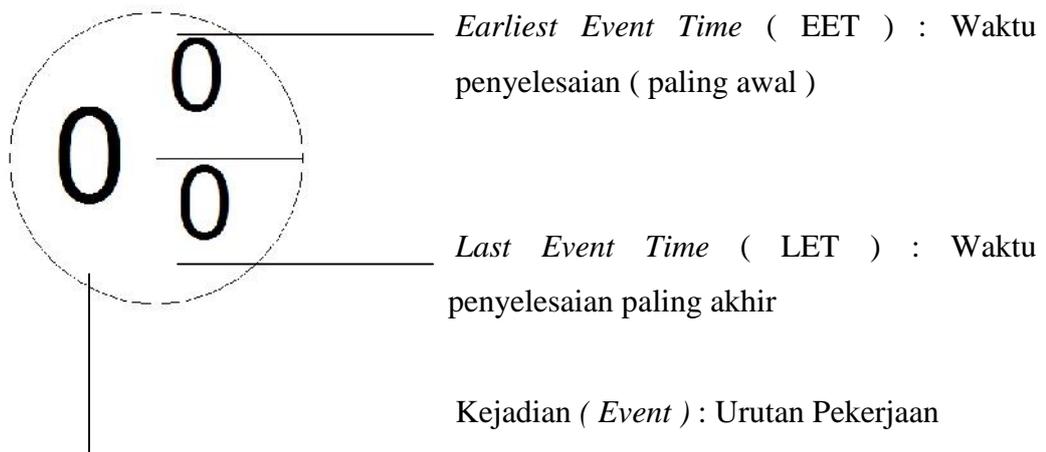
1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi maupun tenaga yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
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 *Network Planning* (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 di lintasan 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 tertentu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.11 Simbol Kejadian

B. *Barchart*

Dari NWP dapt dibuat suatu *barchart*, 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.

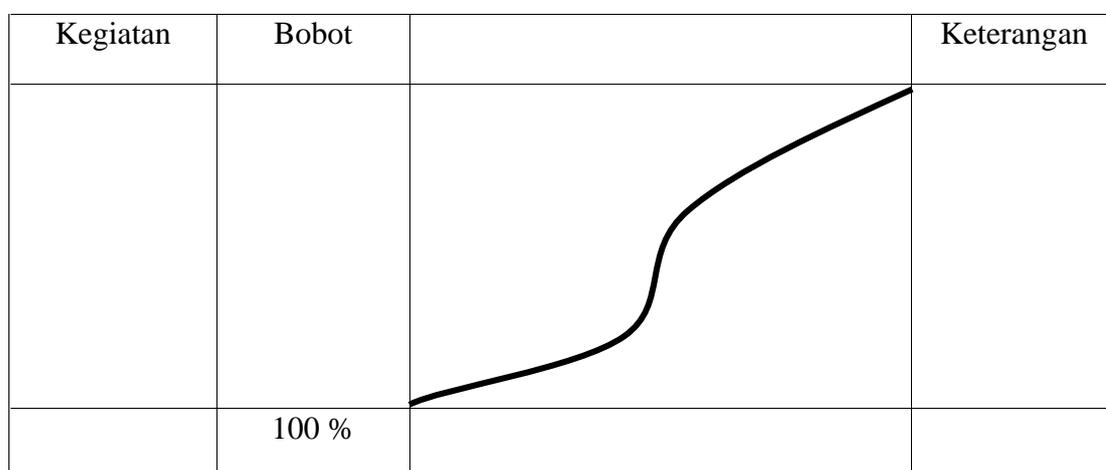
Kegiatan	Durasi		Keterangan

Gambar 2.12 Sketsa *Barchart*

- 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

### C. Kurva S

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



Gambar 2.13 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.