

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Jika jembatan itu berada di atas jalan lalu lintas biasa maka biasanya dinamakan *viaduct*.

*Menurut Ir. H.J. Struyk dan Prof. Ir. K.H.C.W. Van der Veen*, jembatan dapat dibagi dalam golongan – golongan seperti berikut :

- I. Jembatan – jembatan tetap,
- II. Jembatan – jembatan dapat digerakkan,

Kedua golongan dipergunakan untuk lalu lintas kereta api dan lalu lintas biasa.

Golongan I dapat dibagi – bagi dalam :

- a. Jembatan kayu, digunakan untuk lalu lintas biasa pada bentangan kecil dan untuk jembatan pembantu.
- b. Jembatan baja, terbagi atas :
  - 1. Jembatan yang sederhana dimana rantai kendaraannya langsung berada di atas gelagar – gelagar. Untuk gelagar – gelagar itu dipergunakan gelagar – gelagar yang dikonstruir atau gelagar – gelagar canai.
  - 2. Jembatan – jembatan gelagar kembar, digunakan untuk lalu lintas kereta api, dengan batang rel diantara balok – balok.
  - 3. Jembatan dengan pemikul lintang dan pemikul memanjang, gelagar induknya ialah gelagar dinding penuh yang dikonstruir atau gelagar pekerjaan vak.
  - 4. Jembatan pelengkungan.
  - 5. Jembatan gantung.

- c. Jembatan – jembatan dari beton bertulang, dalam golongan ini termasuk juga jembatan – jembatan yang gelagar – gelagarnya di dalam beton.
- d. Jembatan batu, hampir tidak ada kecualinya dipergunakan untuk lalu lintas biasa.

Golongan II dapat dibagi dalam :

- a. Jembatan – jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar, yaitu :
  - 1. Jembatan – jembatan angkat.
  - 2. Jembatan – jembatan baskul.
  - 3. Jembatan lipat Straus.
- b. Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar juga termasuk poros – poros yang dapat berpindah sejajar dan mendatar, seperti apa yang dinamakan jembatan – jembatan baskul beroda.
- c. Jembatan – jembatan yang dapat berputar di atas suatu poros tegak, atau jembatan – jembatan putar.
- d. Jembatan yang dapat berkisar ke arah tegak lurus atau mendatar.
  - 1. Jembatan angkat.
  - 2. Jembatan beroda.
  - 3. Jembatan gojah atau ponts transbordeur.

Untuk jembatan – jembatan dalam golongan ini terutama digunakan konstruksi – konstruksi baja. Dilaksanakan sebagai gelagar dinding penuh atau sebagai pekerjaan vak.

Pada umumnya jembatan dapat diklasifikasikan dalam 7 (tujuh) jenis yaitu :

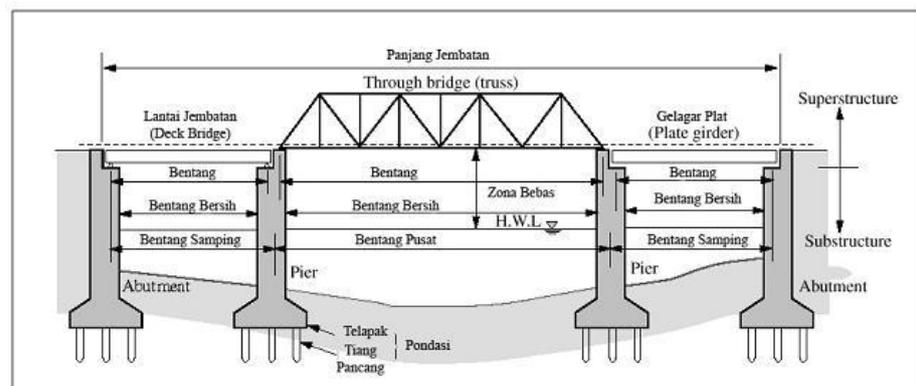
- a. Klasifikasi menurut tujuan penggunaannya
  - 1. Jembatan jalan raya
  - 2. Jembatan jalan kereta api
  - 3. Jembatan air / pipa dan saluran
  - 4. Jembatan militer

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 deck
  - d. Klasifikasi menurut struktur / konstruksinya
    1. Jembatan gelagar (*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 menceng (*Skewed Bridge*)
    4. 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 tetap
  2. Jembatan dapat digerakkan

## 2.2 Bagian – Bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja

Secara umum konstruksi jembatan rangka baja memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*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

### a. Bangunan Atas

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

Bagian – bagian bangunan atas suatu jembatan terdiri dari :

1. Sandaran

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

2. Rangka Jembatan

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

3. Trotoar

Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai jalan atau permukaan aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar antara 0,5 – 1,5 meter dan dipasang pada bagian kanan serta kiri jembatan. Pada ujung tepi trotoar (kerb) dipasang lis dari baja siku untuk penguat trotoar dari pengaruh gesekan dengan roda kendaraan.

4. Lantai Kendaraan

Merupakan lintasan utama yang dilalui kendaraan, lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan, supaya jalan kendaraan dapat lebih leluasa. Dimana masing – masing lajur umumnya memiliki lebar 2,75 meter.

5. Gelagar Melintang

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

6. Ikatan Angin Atas / Bawah dan Ikatan Rem

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik 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.

#### 7. Landasan / Perletakan

Landasan atau perletakan dibuat untuk menerima gaya – gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal maupun lateral dan menyalurkan ke bangunan di bawahnya, serta mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu dan untuk memeriksa kemungkinan rotasi pada perletakan yang akan menyertai lendutan dari struktur yang dibebani. Ada dua macam perletakan yaitu sendi, rol dan elastomer.

##### Perletakan elastomer

Tumpuan elastomer dapat mengikuti perpindahan tempat ke arah vertikal dan horizontal dan rotasi atau kombinasi gerakan – gerakan bangunan atas jembatan. Perletakan elastomer terbuat dari karet alam dan pelat baja yang diikat bersatu selama vulkanisasi. Tersedia dalam bentuk sirkular dan persegi. Perletakan persegi lebih hemat, tetapi bila perletakan memikul simpangan atau perputaran dalam kedua arah secara bersamaan harus dipilih type sirkular. Elastomer merupakan bantalan berlapis yang memikul beban – beban vertikal maupun horizontal dari gelagar jembatan sekaligus berfungsi sebagai penyerap getaran.

#### **b. Bangunan Bawah**

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban – beban yang diberikan bangunan atas, kemudian disalurkan ke pondasi dan dari pondasi diteruskan ke tanah keras di bawahnya. 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. Ditinjau dari konstruksinya, bangunan bawah dapat dibagi dalam beberapa tahap pekerjaan, dan digabung sehingga merupakan satu kesatuan bagian struktur dari jembatan. Bagian – bagian yang termasuk bangunan bawah yaitu :

#### 1. Abutment

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

#### 2. Pilar (*Pier*)

Pilar adalah suatu bangunan bawah yang terletak di tengah – tengah bentang antara dua buah abutment yang berfungsi juga untuk memikul beban – beban bangunan atas dan bangunan lainnya dan meneruskannya ke pondasi serta disebarkan ke tanah dasar yang keras. Beberapa hal yang menjadi

pertimbangan dalam menggunakan pilar pada suatu konstruksi jembatan antara lain ditinjau dari :

- Bentang jembatan yang akan direncanakan.
- Kedalaman sungai atau perilaku sungai.
- Elemen struktur yang akan digunakan.

Pada umumnya pilar jembatan dipengaruhi oleh aliran (arus) sungai, sehingga dalam perencanaan perlu diperhatikan dari segi kekuatan dan keamanan dari bahan – bahan hanyutan dan aliran sungai itu sendiri, maka bentuk dan penempatan pilar tidak boleh menghalangi aliran air terutama pada saat banjir. Bentuk pilar yang paling ideal adalah elips dan dibentuk selangsing mungkin, sehingga memungkinkan aliran sungai dapat mengalir lancar disekitar konstruksi. Beberapa macam bentuk pilar :

### 3. Pondasi

Pondasi berfungsi untuk memikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah pendukungnya 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 secara 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 :

- a) Pondasi langsung
- b) Pondasi sumuran
- c) Pondasi dalam (pondasi tiang pancang / bor).

#### 4. Pelat Injak

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

### **2.3 Dasar – Dasar Perencanaan Jembatan Rangka Baja**

#### **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 lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan – bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan. Beban – beban, 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  $9,8$  m/dt<sup>2</sup>. Besarnya kerapatan masa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam tabel 2.3.

3. Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban berkurang. 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 non 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 di dalam 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.
  - Tak dapat dipisah – pisahkan, artinya aksi tidak dapat dipisah ke dalam salah satu bagian yang mengurangi keamanan dan bagian lain yang menambah keamanan (misalnya pembebanan “T”).
  - Tersebar dimana bagian aksi yang mengurangi keamanan dapat diambil berbeda dengan bagian aksi yang menambah keamanan (misalnya beban mati tambahan).

Tabel 2.1 Ringkasan aksi – aksi rencana

Pasal No	Aksi		Lamanya Waktu (3)	Faktor Beban pada Keadaan Batas		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan $K_{S::XX}$	Ultimit $K_{U::XX}$	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat Sendiri	$P_{MS}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.3	Beban Mati Tambahan	$P_{MA}$	Tetap	1,0/13 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan & Rangkak	$P_{SR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	$P_{PR}$	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan Tanah	$P_{TA}$	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	$P_{PL}$	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban Lajur “D”	$T_{TD}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban Truck “T”	$T_{TT}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	$T_{TB}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	$T_{TR}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban Trotoar	$T_{TP}$	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban – beban Tumbukan	$T_{TC}$	Tran	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	$P_{ES}$	Tetap	1,0	N/A	N/A
7.3	Temperatur	$T_{ET}$	Tran	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran / Benda hanyutan	$T_{EF}$	Tran	1,0	*(3)	N/A
7.5	Hidro / 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						

## b. Berat sendiri

Tabel 2.2 Faktor beban untuk 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

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

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 harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen – elemen tersebut.

Tabel 2.3 Berat isi untuk beban mati (KN/m<sup>3</sup>)

No.	Bahan	Berat/Satuan isi (KN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan masa (Kg/m <sup>3</sup> )
1	Campuran aluminium	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	25.0 – 26.0	2560 – 2640
10	Beton bertulang	23.5 – 25.5	2400 – 2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	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

## 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 berat utilitas				

## 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 hal 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 di 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 pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

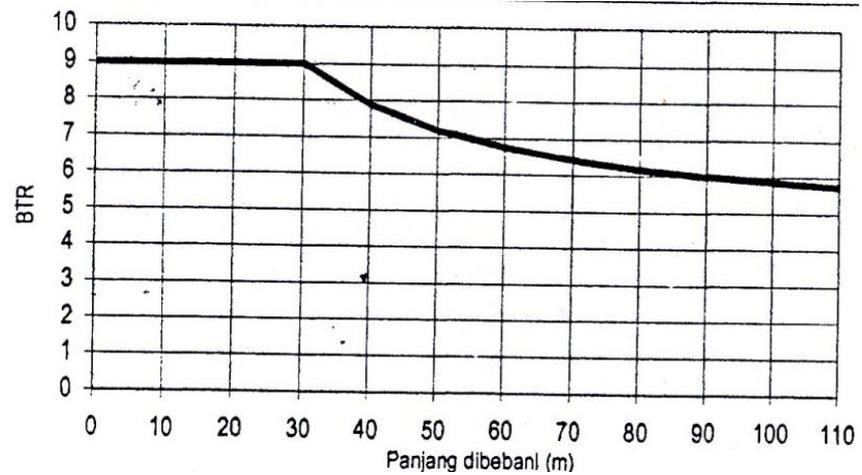
$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$$

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 2.1. Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

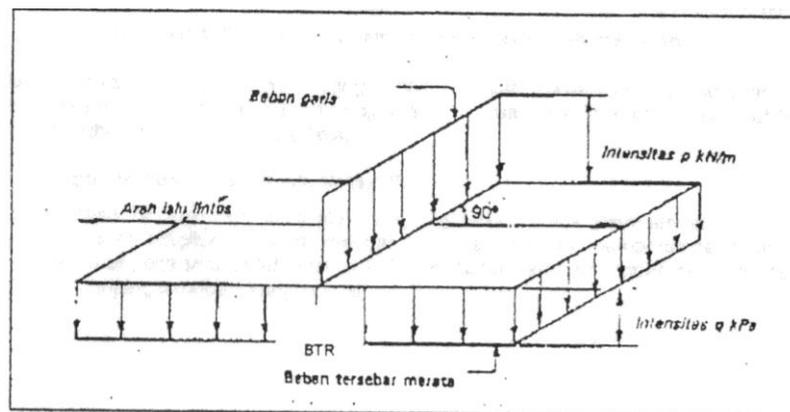


Gambar 2.2 Beban “D” : BTR vs panjang yang dibebani

e. Beban garis (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 bisa dilihat dalam Gambar 2.3

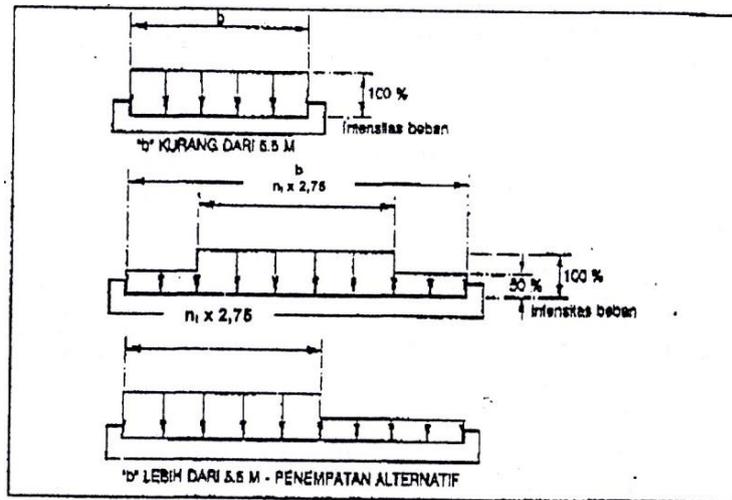


Gambar 2.3 Beban lajur “D”

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 jalur 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 bebangaris equivalen sebesar  $n_1 \times 2,75 q$  KN/m dan beban terpusat equivalen sebesar  $n_1 \times 2,75 p$  kN, kedua – duanya bekerja strip pada jalur selebar  $n_1 \times 2,75$  m.
3. Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban “D” tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50% seperti tercantum dalam pasal 6.3.1. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam gambar 2.4.



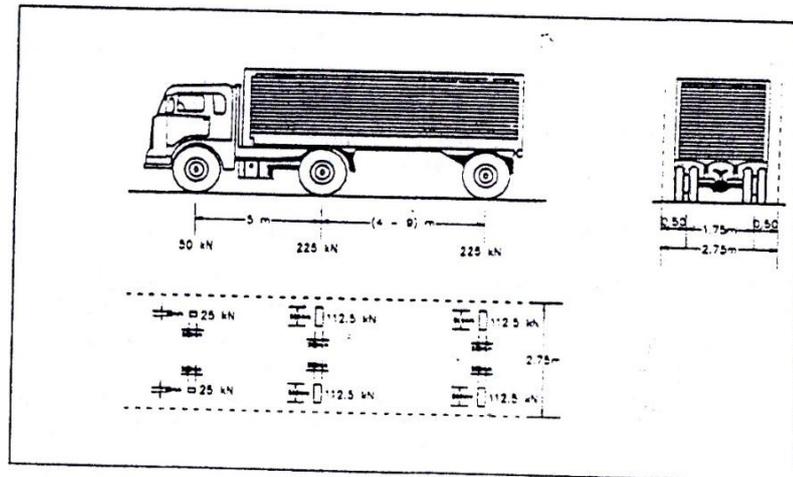
Gambar 2.4 Penyebaran pembebanan pada arah melintang

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

Tabel 2.5 Faktor beban akibat pembebanan truck “T”

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

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



Gambar 2.5 Pembebanan truck “T” (500 kN)

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

Kendaraan truck “T” ini harus ditempatkan ditengah – tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar 2.5. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam pasal 6.2 berikut, akan tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah jalur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur 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 diatas permukaan tanah.

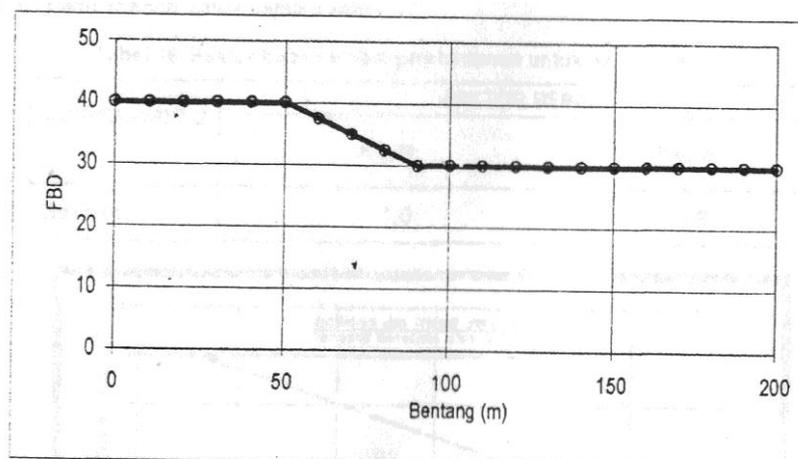
Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada dibawah garis permukaan, harga FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2m.

Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong – gorong dan struktur baja-tanah, harga FBD jangan diambil kurang dari

40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Harga FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan 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 11,3 – 15,0	2 (3) 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 median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m – 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah – olah memungkinkan untuk menyiap.		

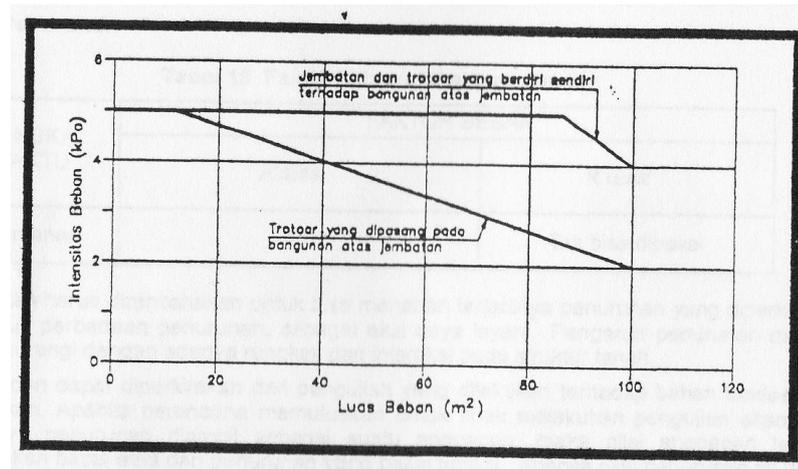


Gambar 2.6 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

## h. Beban pejalan kaki

Tabel 2.7 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki

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



Gambar 2.7 Pembebanan untuk pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa.

Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m<sup>2</sup> dari luas yang dibebani seperti pada 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

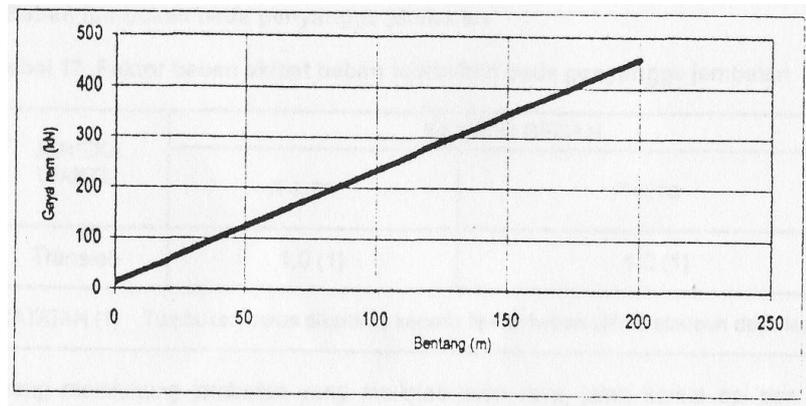
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S::TB}$	$K_{U::TB}$
Transien	1,0	1,8

Besarnya 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 jalur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas (tabel 2.6 dan gambar 2.3), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus 1:  $q = 9 \text{ kPa}$ .

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

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal ini dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka Faktor Beban Ultimit berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.



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

### 2.3.2 Metode Perhitungan

#### a. Pelat Lantai Kendaraan

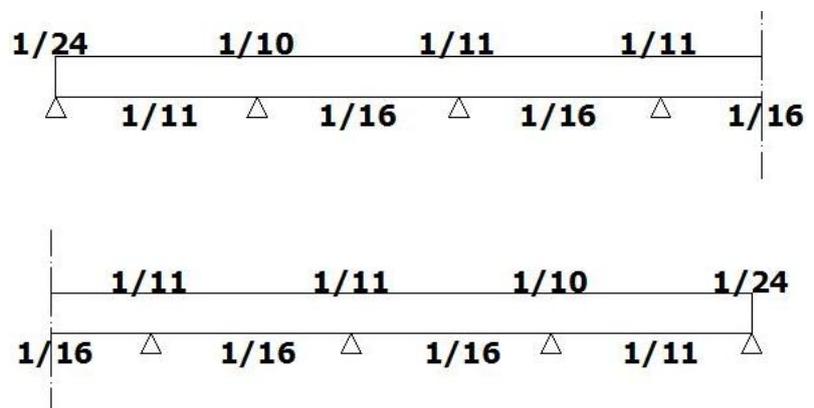
##### 1. Tebal pelat lantai

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

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

##### 2. Pembebanan

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



$$M_x = M_D = \frac{1}{11} x q_D x L^2$$

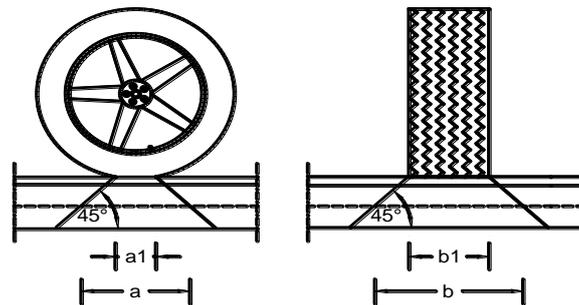
b) Berasal dari kendaraan bergerak (muatan T) :

Beban truck

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

Jadi pembebanan truck,

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



Gambar 2.8 Penyaluran tegangan dari roda akibat bidang kontak

### 3. Penulangan

$$A_{S_{\min}} = \frac{bd}{fy} \dots\dots\dots (\text{RSNI T - 12 - 2004 hal 39})$$

#### b. Trotoar

Pada perencanaannya trotoar dianggap sebagai balok menerus.

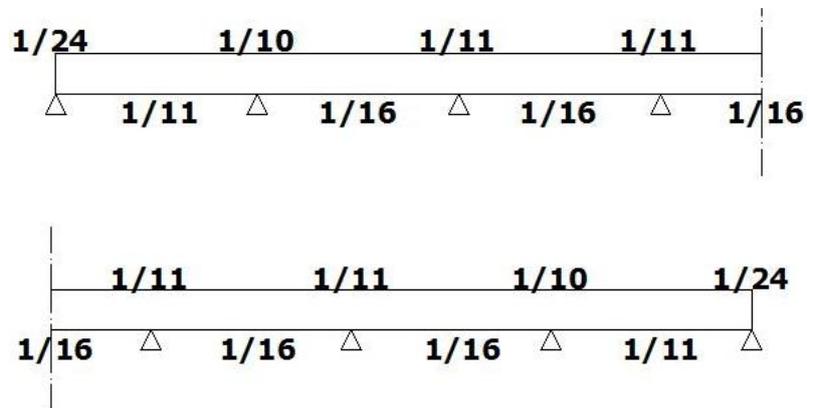
##### 1. Pembebanan

###### 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 di atas akan diperoleh  $W_u$ .



$$M_u = \frac{1}{10} \times W_{ux} L^2$$

## 2. Penulangan

$$A_{s_{\min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} bd$$

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

## c. Gelagar Melintang

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

### 1. Pembebanan

#### a) Beban mati

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

#### b) Beban hidup

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

### 2. Kontrol kekuatan sebelum komposit

$$M_{\text{total}} = M_{DL_{\max}} + M_{\text{profitmax}}$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y$$

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

### 3. Kontrol kekuatan sesudah komposit

$$M_{total} = M_{DLmax} + M_{LLmax} + M_{profitmax}$$

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

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

### 4. Geser

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

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

### 5. Shear konektor

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

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

Kekuatan satu konektor stud

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

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

Jarak memanjang antara penghubung tidak boleh lebih besar dari :

$$600 \text{ mm}, 2 \cdot h_f \text{ dan } 4 \cdot h_s$$

### d. Ikatan Angin

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

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

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

$$TEW = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [KN]}$$

Dengan pengertian :

1.  $V_w$  adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.
2.  $C_w$  adalah koefisien seret.
3.  $A_b$  adalah luas equivalen bagian samping jembatan ( $m^2$ )

Tabel 2.9 Koefisien seret  $C_w$

Tipe jembatan	$C_w$
Bangunan atas masif (1), (2)	
b/d = 1.0	2.1 (3)
b/d = 2.0	1.5 (3)
b/d $\geq$ 6.0	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran 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%	

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

#### 4. $H_a$ dan $H_b$

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

$$H_b = (TEW_1 \cdot x_1) + (TEW_n \cdot x_n) - H_a$$

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

## 5. Gaya batang

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

## 6. Dimensi profil

Setelah gaya batang didapat, dilanjutkan dengan pendimensionan profil.

## a) Kontrol terhadap batang tarik

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}}$$

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

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

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

## b) Kontrol terhadap batang tekan

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}}$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lk}{i_{\min}} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

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

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

## 7. Sambungan

Sambungan terdiri atas 2 jenis, yaitu sambungan baut dan sambungan las.

## a) Sambungan baut

## - Kekuatan geser baut

$$V_f = 0,62 \cdot F_u \cdot K_r \cdot (n_n \cdot A_c + n_x \cdot A_0)$$

Dicek apakah  $V_f^* \leq \phi V_f$

- Kekuatan tarik baut

$$N_{tf} = A_s \cdot F_{uf}$$

Dicek apakah  $N_{tf}^* \leq \phi N_{tf}$

- Kombinasi geser dan tarik

$$\left( \frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left( \frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 \leq 1,0$$

- Kekuatan tumpu pelat lapis

$$V_b = 3,2 \cdot d_f \cdot t_p \cdot f_{up} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_b = a_e \cdot t_p \cdot f_{up} \dots\dots\dots(2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) diambil yang terkecil,

dicek apakah  $V_b^* \leq \phi V_b$

- Jumlah baut

$$n = \frac{Du}{Ru}$$

- Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

$$S1_{\min} = 1,5 d_f$$

$$S1_{\max} = 12 t_p$$

$$S1_{\max} < 150 \text{ mm}$$

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum.

- Jarak antar baut (S)

$$S1_{\min} = 2,5 d_f$$

$$S1_{\max} = 15 t_p$$

$$S1_{\max} < 200 \text{ mm}$$

Diambil nilai minimum dan nilai maksimum.

- Kontrol terhadap keruntuhan blok untuk batang

tarik

Retak geser leleh tarik

$$F_u \leq \phi (A_{nv} \cdot F_u \cdot 0,6 + A_{gt} \cdot F_y)$$

Retak tarik leleh geser

$$F_u \leq \phi (A_{nt} \cdot F_u + A_{gv} \cdot F_y \cdot 0,6)$$

## b) Sambungan las

Kuat las per satuan panjang

$$V_w = 0,6 \cdot f_u \cdot t_f \cdot K_r$$

$$V_w^* \leq \phi V_w$$

## e. Rangka Utama

## 1. Gaya batang

Gaya batang rangka utama dihitung dengan menggunakan metode garis pengaruh.

## 2. Pembebanan ultimate

## a) Beban mati

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

## b) Beban hidup

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

## 3. Dimensi

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

## a) Kontrol terhadap batang tarik

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}}$$

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

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

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

## b) Kontrol terhadap batang tekan

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}}$$

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lk}{i_{\min}} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Untuk  $\lambda c > 1,5$  maka  $\phi P_n = 0,85 \cdot (0,66^{\lambda c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$

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

#### 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 beban daya layan, maka dihitung lendutan rangka batang.

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

Dimana :

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

F = gaya yang bekerja (kg)

L = panjang bentang (cm)

E = modulus elastisitas baja (2000000 kg/cm<sup>2</sup>)

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

u = gaya aksial suatu anggota akibat beban satuan

$\Delta$  = komponen lendutan dalam arah beban satuan

#### 6. Sambungan

Sambungan terdiri atas 2 jenis, yaitu sambungan baut dan sambungan las.

##### a) Sambungan baut

- Kekuatan geser baut

$$V_f = 0,62 \cdot F_{u_f} \cdot K_r \cdot (n_n \cdot A_c + n_x \cdot A_0)$$

Dicek apakah  $V_f^* \leq \phi V_f$

- Kekuatan tarik baut

$$N_{tf} = A_s \cdot F_{uf}$$

$$\text{Dicek apakah } N_{tf}^* \leq \phi N_{tf}$$

- Kombinasi geser dan tarik

$$\left( \frac{V_f^*}{\phi V_f} \right)^2 + \left( \frac{N_{tf}^*}{\phi N_{tf}} \right)^2 \leq 1,0$$

- Kekuatan tumpu pelat lapis

$$V_b = 3,2 \cdot d_f \cdot t_p \cdot f_{up} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_b = a_e \cdot t_p \cdot f_{up} \dots\dots\dots(2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) diambil yang terkecil,

$$\text{dicek apakah } V_b^* \leq \phi V_b$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{Du}{Ru}$$

- Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

$$S1_{\min} = 1,5 d_f$$

$$S1_{\max} = 12 t_p$$

$$S1_{\max} < 150 \text{ mm}$$

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum.

- Jarak antar baut (S)

$$S1_{\min} = 2,5 d_f$$

$$S1_{\max} = 15 t_p$$

$$S1_{\max} < 200 \text{ mm}$$

Diambil nilai minimum dan nilai maksimum.

- Kontrol terhadap keruntuhan blok untuk batang tarik

Retak geser leleh tarik

$$F_u \leq \phi (A_{nv} \cdot F_u + A_{gt} \cdot F_y)$$

Retak tarik leleh geser

$$F_u \leq \phi (A_{nt} \cdot F_u + A_{gv} \cdot F_y \cdot 0,6)$$

## b) Sambungan las

Kuat las per satuan panjang

$$V_w = 0,6 \cdot f_u \cdot t_f \cdot K_r$$

$$V_w^* \leq \phi V_w$$

## f. Perletakan (elastomer)

Landasan yang dipakai dalam perencanaan jembatan ini adalah landasan elastomer berupa landasan karet yang dilapisi pelat baja. Elastomer ini terdiri dari elastomer vertikal yang berfungsi untuk menahan gaya horizontal dan elastomer horizontal yang berfungsi untuk 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 < kapasitas beban per unit elastomer.

## 2. Lateral stop

Dianggap sebagai konsul pendek.

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

## 3. Penulangan lateral stop

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

$$V_u = \phi V_n$$

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

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

$$N_{uc} = \phi A_n \cdot F_y$$

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

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

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

$$a) A_g = A_f + A_n$$

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

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

Tulangan sengkang

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

#### g. Pelat Injak

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

##### 1. Pembebanan pelat injak

Pembebanan pelat injak terdiri atas berat lapisan aspal, berat tanah isian, berat sendiri pelat injak, berat lapisan perkerasan dan berat kendaraan. Dari pembebanan akan

didapat  $q_{ULtotal}$ .

2. Penulangan pelat injak

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

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} b d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b d \dots\dots\dots \text{RSNI T - 12 - 2004 hal 29}$$

h. Dinding Sayap

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

1. Pembebanan dinding sayap

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

2. Penulangan dinding sayap

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} b d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b d \dots\dots\dots \text{RSNI T - 12 - 2004 hal 29}$$

i. Abutment

1. Pembebanan abutment

- a) Beban maati ( $P_m$ )
- b) Beban hidup ( $H + DLA$ )
- c) Tekanan tanah ( $P_{TA}$ )
- d) Beban angin ( $W_n$ )
- e) Gaya rem ( $R_m$ )
- f) Gesekan pada perletakan ( $G_s$ )
- g) Gaya gempa ( $G_m$ )
- h) Beban pelaksanaan (pel)

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut :

- a) Kombinasi I (AT) =  $P_m + P_{TA} + G_s$
- b) Kombinasi II (LL) =  $(H + DLA) + R_m$
- c) Kombinasi III (AG) =  $W_n$
- d) Kombinasi IV (GP) =  $G_m$
- e) Kombinasi V (PL) =  $pel$

Kemudian dikombinasikan lagi sebagai berikut :

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

## 2. Kontrol stabilitas pembebanan

- a) Kontrol terhadap bahaya guling

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

- b) Kontrol terhadap bahaya geser

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

- c) Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung

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

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

## j. Pondasi

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

atau pondasi tiang pancang.

### 1. Pembebanan

Untuk pembebanan menggunakan kombinasi VII dari perhitungan analisa stabilitas abutment.

Dari persamaan *Bowles* didapat,

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

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

### 2. Penulangan utama

Untuk penulangan diambil dari kombinasi I penulangan abutment

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

$$P_{nb} = (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s - A_s \cdot f_y)$$

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

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

Jika ya, maka kehancuran ditentukan oleh gaya tekan

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

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

### 3. Penulangan geser

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

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

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

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

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

## **2.4 Pengelolaan 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 kepuasan dari pengguna proyek.

### **2.4.2 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 pelaksanaan proyek
- c. Bill of Quantity (BQ) atau daftar volume pekerjaan
- d. Data lokasi proyek berada
- e. Data sumberdaya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- f. Data sumberdaya 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 di lokasi pekerjaan proyek.
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
- j. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing – masing item pekerjaan
- k. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material

1. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress dll.

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

**a. Kurva S**

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan.

**b. Bar chart**

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- 1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

*(Wulfram I. Ervianto. Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi)*

### c. Network planning

Network planning adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan (variables) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya) pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Macam – macam network planning :

- 1) CMD : Chart Method Diagram
- 2) NMT : Network Management Technique
- 3) PEP : Program Evaluation Procedure
- 4) CPA : Critical Path Analysis
- 5) CPM : Critical Path Method
- 6) PERT : Program Evaluation and Review Technique

Bahasa / simbol – simbol Diagram Network

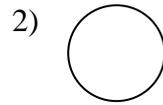
Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 simbol :

- 1) Event on the Node, peristiwa digambarkan dalam lingkaran
- 2) Activity on the Node, kegiatan digambarkan dalam lingkaran

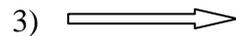
Penggunaan bahasa / simbol – simbol

- 1) 

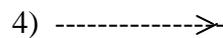
*Arrow*, bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas / kegiatan: adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “duration” (jangka waktu tertentu) dan “resources” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.



*Node / event* bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu 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 aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.

Jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen – komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir. Pada jalur ini terletak kegiatan – kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek

Sebelum menggambarkan diagram Network perlu diingat :

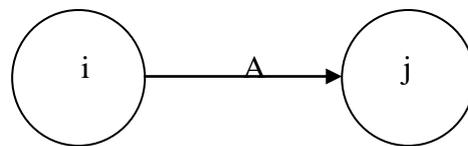
- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktivitas – aktivitas apa yang dapat bersama-sama.

- 4) Aktivitas – aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- 5) Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu.
- 6) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- 7) Besar kecilnya juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.

Contoh :

Saat i harus sudah terjadi sebelum aktivitas A dapat dimulai. Demikian pula saat j belum dapat terjadi sebelum aktivitas A selesai dikerjakan.



Di samping notasi – notasi di atas, dalam penyusunan Network diperlukan dua perjanjian, untuk memudahkan penggambarannya, yaitu :

Perjanjian I : di antara dua saat (node) hanya boleh ada satu aktivitas (panah) yang menghubungkannya. Sebagai akibat Perjanjian I di atas, akan dapat timbul kesulitan dalam penggambaran network. Untuk itu perlu dibuat satu notasi lagi, yaitu :

-----> (panah terputus – putus) aktivitas semu, dummy.  
Yang dimaksudkan dengan aktivitas semu adalah aktivitas yang tidak memakan waktu.

Untuk menjamin kesederhanaan penyusunan network, perlu pula dibuat perjanjian :

Perjanjian II :

Aktivitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan – hubungan aktivitas yang ada dalam suatu Network.

(DASAR – DASAR NETWORK PLANNING . Drs. Sofwan Badri)