

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang 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.

Jembatan terdiri dari enam bagian pokok, yaitu (Agus Iqbal, 1995: 4):

1. Bangunan atas jembatan adalah bagian struktur jembatan yang berada pada bagian atas jembatan dengan fungsinya untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang dan kendaraan dan juga yang lain dan kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah.
2. Landasan adalah suatu bagian ujung dari suatu bangunan atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah.
3. Bangunan bawah jembatan adalah bangunan struktur jembatan yang berada di bawah struktur atas jembatan yang berfungsi untuk menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas kemudian menyalurkannya ke pondasi.

4. Pondasi adalah bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk menerima beban-beban dari bangunan bawah kemudian menyalurkannya ke tanah.
5. Oprit adalah timbunan tanah dibelakang abutment, timbunan tanah ini harus dibuat sepadam mungkin untuk menghindari terjadinya *sattlement*.
6. Bangunan pengaman jembatan adalah bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk pengamanan terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pada umumnya jembatan dapat diklasifikasikan, yaitu (Agus Iqbal M, 1995: 9):

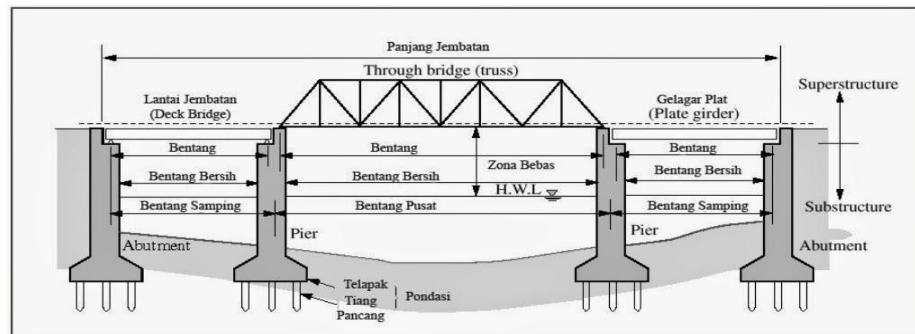
1. Klasifikasi menurut kegunaanya:
 - Jembatan Jalan Raya
 - Jembatan Kereta Api
 - Jembatan Jalan Air
 - Jembatan Jalan Pipa
 - Jembatan Militer
 - Jembatan Penyeberangan
2. Klasifikasi menurut jenis material kayu:
 - Jembatan Kayu
 - Jembatan Rangka Baja
 - Jembatan Beton Bertulang
 - Jembatan Beton Pratekan
3. Klasifikasi menurut letak lantai jembatan:
 - Jembatan Lantai Kendaraan Dibawah (LLB)
 - Jembatan Lantai Kendaraan Diatas (LLA)
 - Jembatan Lantai Kendaraan Ditengah
 - Jembatan Lantai Kendaraan Diatas dan Dibawah (*Double Deck Bridge*)
4. Klasifikasi menurut bentuk struktur secara umum:
 - Jembatan Gelagar (*Girder Bridge*)
 - Jembatan Pelengkung/Busur (*Arch Bridge*)

- Jembatan Rangka (*Truss Bridge*)
 - Jembatan Portal (*Rigid Frame Bridge*)
 - Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)
 - Jembatan *Cable-Stayed* (*Cable-Stayed Bridge*)
5. Klasifikasi menurut bidang yang dipotong:
- Jembatan Tegak Lurus
 - Jembatan Lurus (*Straight Bridge*)
 - Jembatan Lengkung (*Curved Bridge*)
6. Klasifikasi menurut lokasi:
- Jembatan Biasa
 - Jembatan *Viaduct*
 - Jembatan Layang (*Overbridge/Roadway Crossing*)
 - Jembatan Kereta Api
7. Klasifikasi menurut keawetan umur:
- Jembatan Sementara
 - Jembatan Permanen
8. Klasifikasi menurut tingkat kemampuan/derajat gerak:
- Jembatan Atap
 - Jembatan dapat Digerakkan

Pada perencanaan jembatan Sungai Enim Tengah menggunakan konstruksi jembatan rangka baja.

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 kelapisan pendukung (tanah keras) dibawahnya.



(Sumber: *Chen dan Duan, 2000*)

Gambar 2.1 Bagian-bagian Konstruksi Jembatan Rangka Baja

2.2.1 Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas untuk selanjutnya disalurkan ke bangunan bawah jembatan. Pendapat lain yang dikemukakan Siswanto (1993) struktur atas jembatan adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan ke arah perletakan. bagian-bagian struktur bangunan atas tersebut terdiri dari:

a. Rangka Jembatan

Rangka jembatan terbuat dari baja profil type \square atau I, sehingga lebih baik dalam menerima beban-beban yang bekerja secara lateral (beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu batang).

b. Sandaran

Sandaran merupakan pembatas lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi orang yang melewatinya, pada jembatan rangka baja umumnya sandaran dibuat dari pipa galvanis atau semacamnya.

c. 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.

d. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah lintasan utama yang dilalui kendaraan. Lebar jalur kendaraan yang diperkirakan cukup untuk berpapasan dua buah kendaraan. Dimana lebar badan jalan adalah 7 meter.

e. Gelagar Melintang

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

f. Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk menahan atau melawan gaya yang diakibatkan oleh angin, baik pada bagian atas maupun bawah jembatan.

g. Landasan/Perletakan

Landasan/Perletakan dibuat untuk menerima gaya-gaya dari konstruksi bangunan atas baik secara horizontal, vertikal maupun lateral dan menyalurkannya ke bangunan di bawahnya. Selain itu, berfungsi juga untuk mengatasi perubahan panjang yang diakibatkan perubahan suhu. Terdapat 3 (tiga) macam perletakan, yaitu: sendi, rol dan elestomer.

2.2.2 Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (Modul Pengantar dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah/Pondasi Jembatan, 1988), fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban-beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah.

Bangunan ini terletak pada bagian bawah konstruksi yang fungsinya untuk memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas. Kemudian disalurkan ke pondasi untuk diteruskan ke tanah keras di bawahnya. Bangunan bawah secara umum terdiri atas :

a. Abutment

Abutment 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. Jenis abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang.

b. Pelat injak

Plat injak berfungsi untuk menahan hentakan pertama roda kendaraan ketika akan memasuki pangkal jembatan.

c. Oprit

Oprit berfungsi sebagai penghubung dari jalan menuju ke jembatan, terletak di belakang abutment, sehingga penimbunan harus dilakukan sepadat mungkin.

d. Pondasi

Pondasi berfungsi sebagai pemikul beban di atas dan meneruskannya ke lapisan tanah pendukung tanpa mengalami konsolidasi atau penurunan yang berlebihan. Adapun hal yang diperlukan dalam perencanaan pondasi adalah sebagai berikut:

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

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

- 1) Pondasi sumuran
- 2) Pondasi tiang pancang
- 3) Pondasi borpile

2.3 Standar Peraturan Perencanaan Jembatan yang Digunakan

Perencanaan jembatan ini mengacu kepada standar peraturan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, antara lain :

- a. RSNI T – 02 – 2005 tentang Peraturan Pembebanan Jembatan.
- b. RSNI T – 03 – 2005 tentang Peraturan Struktur Baja untuk Jembatan.
- c. RSNI T – 12 – 2004 tentang Peraturan Struktur Beton untuk Jembatan.

2.4 Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Rangka Baja

2.4.1 Pembebanan

Pembebanan berdasarkan peraturan yang dikeluarkan Dirjen Bina Marga Departement Pekerjaan Umum, yaitu RSNI T – 02 – 2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan. Standar ini merupakan 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 dan aksi-aksi metode penerapannya dapat di kombinasi dengan kondisi tertentu, dengan seizin pejabat yang berwenang.

Butir-butir tersebut diatas harus digunakan untuk perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan dengan bentang yang 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 $9,8 \text{ m/dt}^2$. Besarnya kerapatan masa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam tabel terlampir.
- 3) Pengambilan kerapatan masa yang besar mungkin aman untuk suatu keadaan batas, akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan faktor beban berkurang. Akan tetapi apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran harga, dan harga yang sebenarnya tidak dapat ditentukan dengan tepat, maka perencanaan harus memilih harga tersebut untuk memperoleh keadaan yang paling kritis. Faktor beban yang digunakan sesuai dengan yang tercantum dalam standar ini tidak dapat diubah.

- 4) Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktur dan elemen-elemen non struktur. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa yang berkurang. Perencanaan 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.
 - Tidak dapat dipisah-pisah, artinya aksi tidak dapat dipisah kedalam 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	1,0/1,3 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan Dan Rangkak	P_{SR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	P_{PR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan Tanah	P_{TA}	Tetap	1,0	*(3)	*(3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	P_{PL}	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban Lajur "D"	T_{TD}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban Truk "T"	T_{TT}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	T_{TB}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentripugal	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}	Tetap	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	P_{ES}	Tran	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}	Tetap	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}	Tetap	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 rencanamenggunakan tanda bintang, untuk: PMS = 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 ini di mana pengaruh beban transien adalah meningkatkan keamanan, faktor beban yang cocok adalah nol						

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

b. Beban Sendiri

Beban mati jembatan terdiri dari 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.

Tabel 2.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	KS;MS		KU;MS	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, Alumunium	1	1,1	0,9
	Beton Pracetak	1	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1	1,3	0,75
	Kayu	1	1,4	0,7

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

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 berat elemen-elemen non struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa yang berkurang. Perencanaan jembatan harus menggunakan kebijaksanaannya didalam menentukan elemen-elemen tersebut (Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005).

Tabel 2.3 Berat Isi untuk Beban Mati [KN/m³]

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi	Kerapatan Masa
		[KN/m ³]	[Kg/m ³]
1	Campuran Alumunium	26,7	2720
2	Lapisan Permukaan Beraspal	22	2240
3	Besi Tuang	71	7200
4	Timbunan Tanah Dipadatkan	17,2	1760
5	Kerikil Dipadatkan	18,8 – 22,7	1920 – 2320
6	Aspal Beton	22	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, - 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	7850
19	Kayu (Ringan)	7,8	800
20	Kayu (Keras)	11	1120
21	Air Murni	9,8	1000
22	Air Garam	10	1025
23	Besi Tempa	75,5	7680

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

c. Beban Mati Tambahan/Utilitas

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.

Tabel 2.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN			
	KS;MA		KU;MA	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
Catatan :				
(1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat 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 hal tertentu harga K_{MA} yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang.

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:

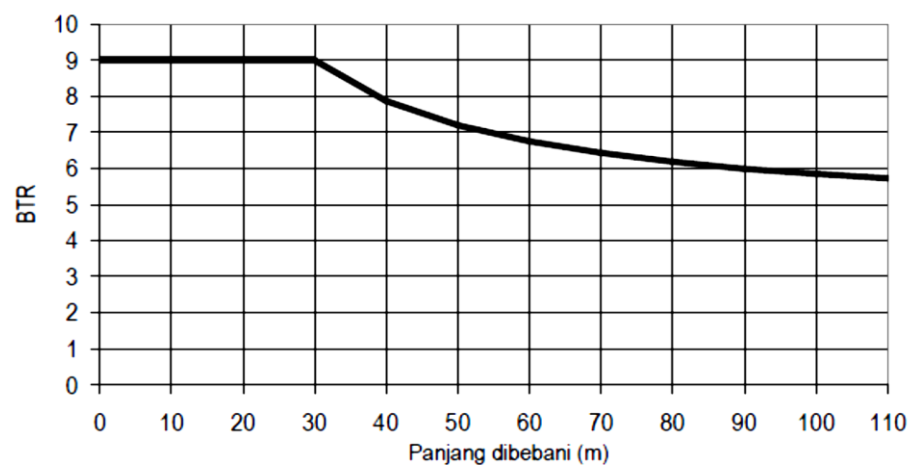
$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

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

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

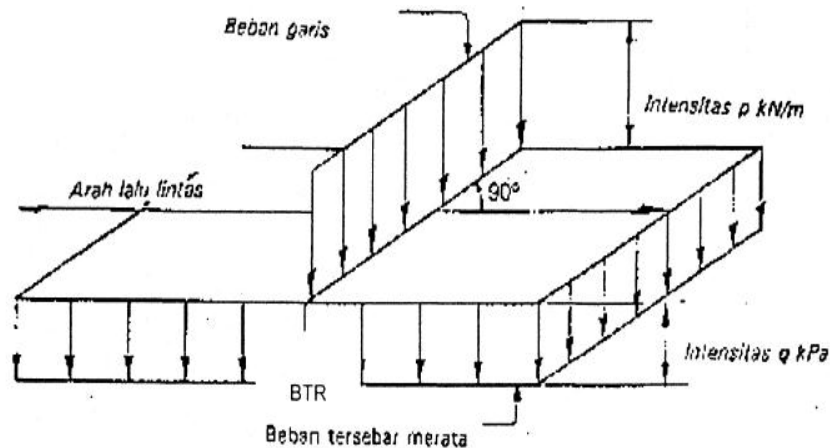


(Sumber: Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)

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

e. Beban Garis Terpusat (BGT)

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. Dapat dilihat dalam gambar 2.3.



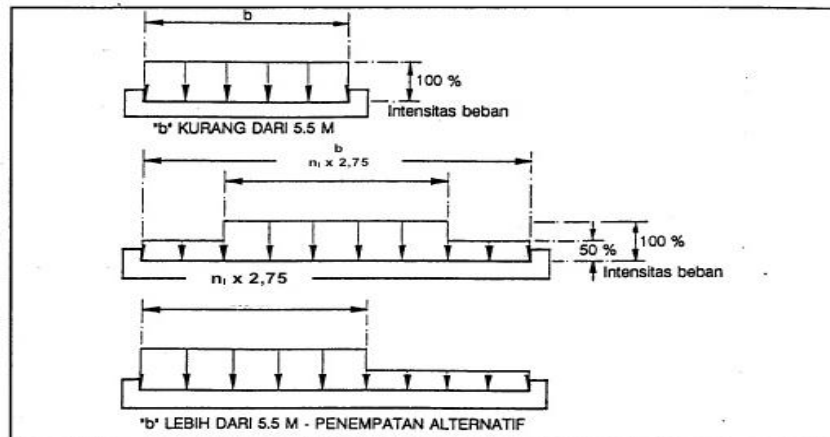
(Sumber: Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

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 %.
- 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 2.5), dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ KN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 p$ KN, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar $n_1 \times 2,75$ m.
- 3) Jalur 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 %. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam gambar 2.4.



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

Gambar 2.4 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang

- 4) Luas jalur yang ditempati median harus dianggap bagian jalur dan dibebani dengan beban yang sesuai, kecuali apabila media tersebut terbuat dari penghalang lalu lintas yang tetap.

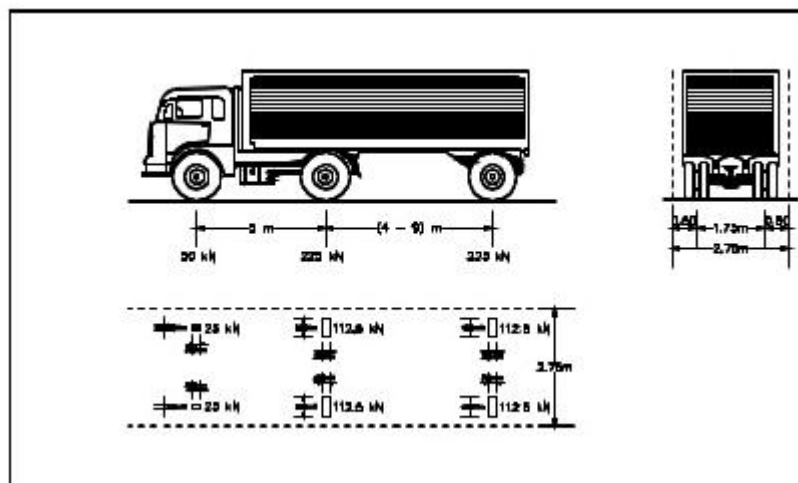
g. Beban Truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.5. Dimana 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 terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.5 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk “T”

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

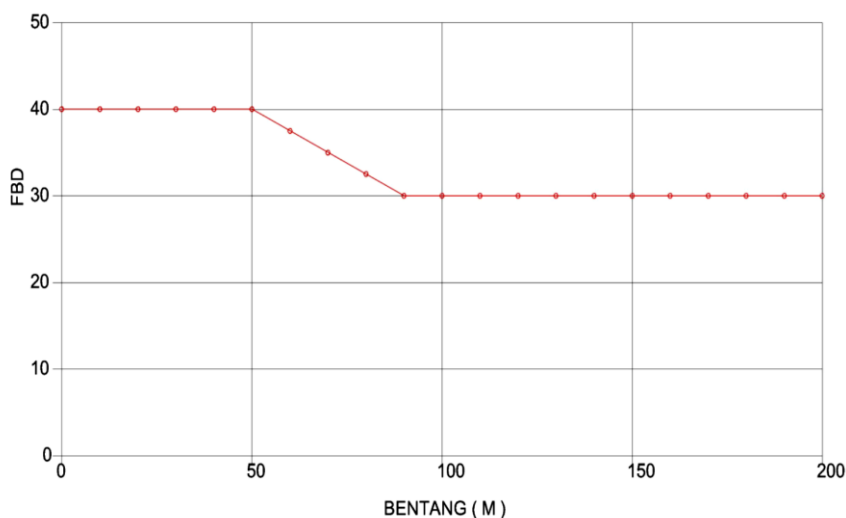
(Sumber: Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T – 02 – 2005)



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

Gambar 2.5 Pembebanan Truk “T” (500 KN)

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan batang, hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Kendaraan truk “T” harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam gambar 2.5 sementara jumlah maksimum lajur lalu lintas dapat dilihat dalam pasal 6.2 RSNI T – 02 – 2005. Akan tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan. Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada dibawah 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 diinterpolasi linier. Harga FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus ditetapkan untuk bangunan seutuhnya (RSNI T – 02 – 2005).



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

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

Tabel 2.6 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk “T”

Tipe Jembatan	Lebar Jalur Kendaraan (m)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n_1)
(1)	(2)	(3)
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 institusi yang berwenang		
CATATAN (2) lebar lajur 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)

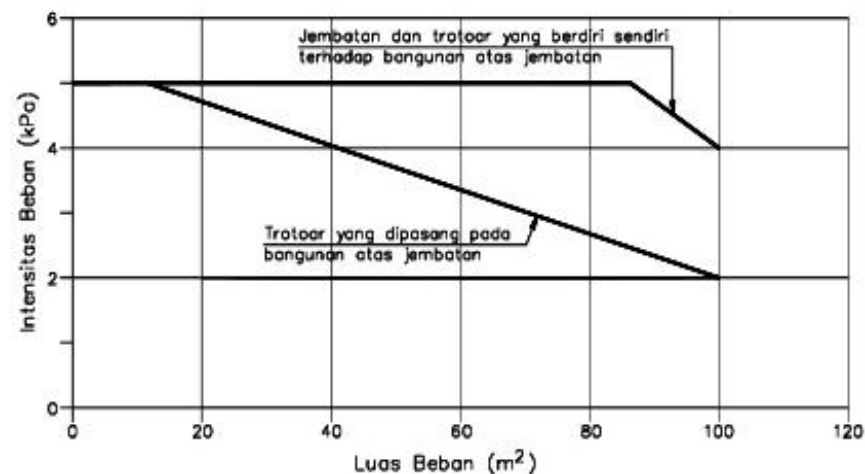
h. Beban Pejalan Kaki

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

(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 (tabel 2.8 dan gambar 2.4), 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, $q = 9$ kPa.



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

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 m² dari luas yang harus 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.

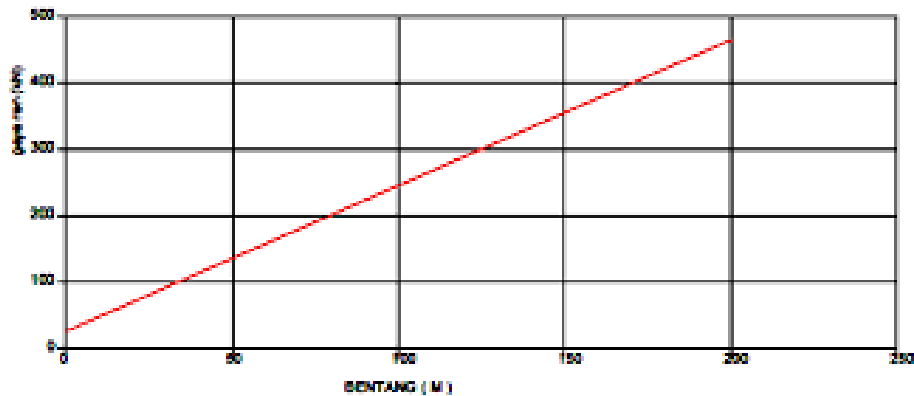
i. Gaya Rem

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 RSNIT – 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 (tabel 2.7 dan gambar 2.4), 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, $q = 9$ kPa. Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh 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.



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

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

2.5 Metode Perhitungan Jembatan Rangka Baja

2.5.1 Plat Lantai Kendaraan

1. Tebal plat lantai

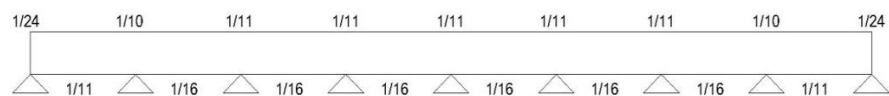
$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40.l)$$

2. Pembebanan

- a) Beban mati

Beban mati terdiri atas berat aspal, berat pelat lantai dan berat air hujan. Dari pembebanan tersebut maka akan diperoleh q_{DLult} . Pelat lantai kendaraan dianggap pelat satu arah. Momen lapangan adalah:



$$M_{DLult} = \frac{1}{10} \times q_{DLult} \times l^2$$

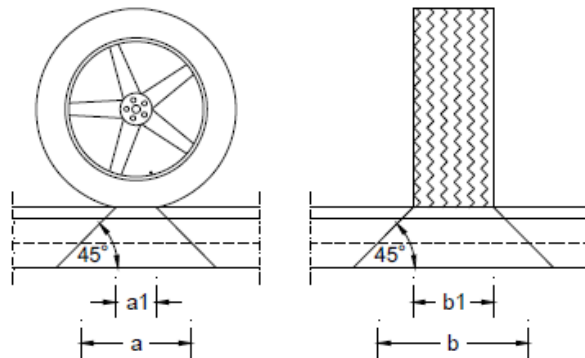
- b) Beban yang diperoleh dari kendaraan yang bergerak (muatan 'T')

Beban Truk

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

Jadi pembebanan truk:

$$q = \frac{T_u}{a \times b} \longrightarrow \text{momen dihitung dengan tabel bitner}$$



Gambar 2.9 Penyaluran Tegangan dari Roda Akibat Bidang Kontak

3. Penulangan

$$AS_{\min} = \frac{\sqrt{f_c t}}{4f_y} b \cdot d \dots \dots \dots (\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

$$AS_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d \dots \dots \dots (\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

2.5.2 Trotoar

Pada perencanaan trotoar dianggap sebagai balok menerus:

1. Pembebanan

a) Beban mati

Beban mati terdiri dari berat *finishing* trotoar, berat trotoar dan berat air hujan.

b) Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban pejalan kaki. Dari pembebanan di atas maka akan diperoleh W_u .

Trotoar dianggap balok menerus:

2. Penulangan

$$AS_{\min} = bd \dots \dots \dots (\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

2.5.3 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 sambungan dari plat lantai dan beban trotoar.

b) Beban hidup

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

2. Kontrol kekuatan sebelum komposit

$$M_{\text{total}} = M_{\text{DLmax}} + M_{\text{profilmax}}$$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

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

3. Kontrol kekuatan setelah komposit

$$M_{\text{total}} = M_{\text{DLmax}} + M_{\text{LLmax}} + M_{\text{profilmax}}$$

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

Cek apakah $M_{\text{total}} < \phi M_n$ jika lebih besar maka dimensi gelagar aman.

4. Kuat Geser

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \dots \dots \dots \text{(RSNI T-03 - 2005, hal 41)}$$

Cek apakah $V_{\text{total}} < \phi V_n$ jika lebih besar maka dimensi gelagar aman terhadap geser.

5. Shear Konektor

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

$$T_{\text{max}} = A_s \cdot F_y$$

Kekuatan satu konektor *stud*:

$$Q_u = 0,0005 \times A_{st} \times \sqrt{F_c' \times E_c}$$

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

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

2.5.4 Ikatan Angin

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

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [KN]} \dots\dots\dots (\text{RSNI T-02-2005, hal 37})$$

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

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \cdot A_b \text{ [KN]} \dots\dots\dots (\text{RSNI T-02-2005, hal 37})$$

dengan pengertian:

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

Tabel 2.9 Koefisien Seret C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1). (2) b/d = 1.0 b/d = 2.0 b/d = 6.0	2.1 (3) 1.5 (3) 1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sendaran. d = tinggi bangunan diatas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif CATATAN (2) Untuk harga antara b/d bisa diinterpolasi linier CATATAN (3) Apabila bangunan atas memiliki superelevasi, C_w harus dinaikkan 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 layanan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

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

1. Ha dan Hb

$$H_a = \frac{(T_{EW1} \cdot x_1) + (T_{EWn} \cdot x_n)}{y}$$

$$H_b = ((T_{EW1} \cdot x_1) + (T_{EWn} \cdot x_n)) - H_a$$

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.

2. Gaya batang

Untuk menghitung gaya batang, digunakan Cremona. Angka-angka yang didapat dari Cremona selanjutnya dikali dengan H_a atau H_b .

3. Dimensi profil

Setelah gaya batang didapat, dilanjutkan dengan pendimensionan profil.

a) Kontrol terhadap batang tarik

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

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

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

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

b) Kontrol terhadap batang tekan

Dengan rumus: $\lambda = \frac{L_k}{i_{min}}$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \frac{L_k}{i_{min}} \times \sqrt{\frac{F_y}{E_s}}$$

Untuk $\lambda_c > 1,5$, maka

$$\phi P_n = 0,85 \times \frac{0,88}{\lambda_c^2} A_g \cdot F_y$$

Kemudian di cek apakah $P_{Umax} < \phi P_n$.

4. Sambungan

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

a) Sambungan baut

- Kekuatan geser baut

$$V_f = 0,62 \cdot f_{uf} \cdot k_r \cdot (n_n \cdot A_C + n_x \cdot A_0)$$

$$\text{Dicek apakah } V_f^* \leq \phi V_f$$

- Kekuatan tarik baut

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

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

- Kekuatan 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

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

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

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

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

- Jumlah baut

$$n = \frac{D_u}{R_u}$$

- Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

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

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

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

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum.

- Jarak antar baut (S)

$$S_{\min} = 2,5 d_f = 2,5 \times 20 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 15 t_p = 15 \times 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 200 \text{ mm}$$

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum.

- Kontrol terhadap keruntuhan blok untuk batang tarik

Retak geser leleh tarik

$$F_u \leq \phi (A_{nv} \times f_u \times 0,6 + A_{gt} \times f_y)$$

Retak tarik leleh geser

$$F_u \leq \phi (A_n f_u + A_g v f_y \times 0,6)$$

- Sambungan las

Kuat las persatuan panjang

$$V_w = 0,6 \cdot f_{u_w} \cdot t_t \cdot k_r$$

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

2.5.5 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, berat 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

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

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

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

Dari persamaan (1) dan (2) diambil yang terkecil. Kemudian dicek apakah $Pu_{max} < \phi P_n$

b) Kontrol terhadap batang tekan

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

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

Untuk $\lambda c < 1,5$, maka $\phi P_n = 0,85 \times (0,66 \cdot \lambda c^2) \times A_g \times F_y$

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 beban daya layan, maka dihitung lendutan rangka batang.

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{E \cdot A'}$$

$$\Delta = u \times \frac{F \cdot L}{E \cdot A'}$$

dimana :

ΔL : ubahan panjang anggota akibat beban yang bekerja (mm)

F : Gaya yang bekerja (N)

L : panjang bentang (mm)

E : modulus elastisitas baja (200000 MPa)

A : Luas profil baja (mm²)

u : gaya aksial suatu anggota akibat beban satuan

Δ : 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 $V_f^* \leq \phi V_f$

- b) Kekuatan tarik baut

$$N_{tf} = A_s \cdot f_u$$

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

- c) Kombinasi geser dan tarik

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

- d) 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 $V_b^* \leq \phi V_b$

- e) Jumlah baut

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

- f) Jarak dari tepi pelat ke pusat baut (S1)

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

$$S1_{max} = 12 t_p$$

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

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum

- g) Jarak antar baut (S)

$$S_{min} = 2,5 d_f = 2,5 \times 20 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 15 t_p = 15 \times 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

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

Diambil diantara nilai minimum dan nilai maksimum.

- h) Kontrol terhadap keruntuhan blok untuk batang tarik

Retak geser leleh tarik

$$F_u \leq \phi(A_{nv} \times f_u \times 0,6 + A_{gt} \times f_y)$$

Retak tarik leleh geser

$$F_u \leq \phi(A_{nt} \times f_u + A_{gv} \times f_y \times 0,6)$$

- i) Sambungan las

Kuat las persatuan panjang

$$V_w = 0,6 \cdot f_{uw} \cdot t_t \cdot k_r$$

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

2.5.6 Perletakan (Elastomer)

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

3

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.

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

3. Penulangan lateral stop

Tulangan A_{vf} yang dibutuhkan untuk menahan gaya geser

$$V_u = \phi V_n$$

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

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

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

Tulangan A_f yang dibutuhkan untuk menahan momen M_u adalah

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

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

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

$$A_f = \rho \times b \times d$$

Tulangan yang dibutuhkan menahan gaya tarik N_{uc} adalah:

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

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

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

Tulangan utama adalah total A_g adalah nilai terbesar dari:

$$A_g = A_f + A_n$$

$$A_g = \frac{2 \cdot A_{vf}}{3} + A_n$$

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

Tulangan sengkang

$$A_h = \frac{2 \cdot A_{vf}}{3}$$

2.5.7 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 plat injak

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

2. Penulangan pelat injak

$$M_{umax} = \frac{1}{8} q_{ULtotal} \cdot L^2 \dots \dots \dots (\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot F_y} \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

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

2.5.8 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

$$A_{Smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.F_y} bd \dots\dots\dots(\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{F_y} bd \dots\dots\dots(\text{RSNI T-12-2004, hal 29})$$

2.5.9 Abutment

1. Pembebanan abutmen

Pembebanan abutmen terdiri dari :

- a) Beban Mati (Pm)
- b) Beban Hidup (H + DLA)
- c) Tekanan Tanah (PTA)
- d) Beban Angin (Wn)
- e) Gaya Rem (Rm)
- f) Gesekan pada Perletakan (Gs)
- g) Gaya Gempa (Gm)
- h) Beban Pelaksanaan (pel)

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut:

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

Kemudian dikombinasikan lagi seperti berikut ini :

- a) Kombinasi I = AT + LL (100%)

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

2. Kontrol stabilitas pembebanan

- a) Kontrol terhadap bahaya guling

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

- b) Kontrol terhadap bahaya geser

$$F_{Gs} = \frac{\mu V}{M}$$

- c) Kontrol terhadap kelongsoran daya dukung

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

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

2.5.10 Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah (Bowles, 1991).

Pondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi :

- a. Tiang pancang yang dipancang masuk sampai lapisan tanah keras, sehingga daya dukung tanah untuk pondasi ini lebih ditekankan tahanan ujungnya. Tiang pancang tipe ini disebut *end bearing pile* atau *point bearing pile*. Untuk tiang pancang tipe ini ujung tiang pancang harus terletak pada lapisan tanah keras.
- b. Apabila tiang pancang tidak mencapai lapisan tanah keras, maka untuk

menahan beban yang diterima tiang pancang, mobilisasi tahanan sebgaiian besar ditimbulkan oleh gesekan antara tiang pancang dengan tanah (*skin friction*). Tiang pancang ini disebut *friction pile*.

2.5.10.1 Daya Dukung Berdasarkan Sondir

Daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil sondir dihitung menggunakan metode Meyerhof.

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHP \times Kel.O)$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal

q_c = Tahanan ujung sondir

A_p = Luas penampang tiang JHP = Jumlah hambatan pelekat

$Kel.O$ = Keliling tiang pancang

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHP \times kel O}{5}$$

Dimana :

Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung
ijin pondasi

A_p = Luas penampang tiang

JHP = Jumlah hambatan pelekat

q_c = Tahanan ujung sondir

$Kel.O$ = Keliling tiang pancang

2.5.10.2 Daya Dukung Aksial

Kedua daya dukung tersebut dimobilisasi maka akan didapat:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_s$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana:

Q_{ult} = Daya dukung tiang pancang
maksimum

Q_s = Daya dukung gesekan (friksi)

Q_{all} = Daya dukung ijin

Q_e = Daya dukung ujung

SF = Faktor keamanan (*safety factor*)

2.6 Manajemen Proyek

2.6.1 Definisi

Manajemen proyek terdiri dari dua kata yaitu “Manajemen” dan “Proyek”. Menurut Husein (2009: 2), manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien.

2.6.2 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 sebuah rencana kerja yang baik dibutuhkan hal-hal berikut:

1. Gambar kerja proyek.
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek.
3. *Bill of quantity* (BQ) atau daftar volume pekerjaan.
4. Data lokasi proyek.
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi pekerjaan.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim dilokasi proyek.
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek.
10. Metode kerja yang digunakan untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan.
11. Data kapasitas produk meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, dan material.
12. Data keuangan proyek yang meliputi arus kas, cara pembayaran,

tenggang waktu pembayaran, dll.

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

1. Kurva S

Kurva S erat kaitannya dengan *Network Planning*, Kurva S dibuat berdasarkan nilai dan pekerjaannya 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. Kurva S dapat dilihat apakah pekerjaan yang dilaksanakan lebih cepat dan yang direncanakan atau mengalami keterlambatan dalam waktu pelaksanaannya.

2. *Barchart*

Dari NWP dapat dibuat suatu barchart, apabila di dalam NWP banyak diketahui kapan mulainya dan berakhirnya suatu pekerjaan maka dalam *barchart* 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. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- a) Daftar item kegiatan, berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam kegiatan rencana pelaksanaan pembangunan.
- b) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas disusun urutan pelaksanaan kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan

daris eluruh 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, 2005)

3. *Network Planning*

Network planning adalah alat untuk mengkoordinasikan berbagai macam pekerjaan yang ada yang satu sama lainnya bebas dan atau saling bergantung berdasarkan pertimbangan sumber daya yang digunakan, logika proses yang berlangsung, dan hasil proses itu sendiri. Dalam pemakaiannya, yaitu pada penyelenggaraan proyek, *network planning* menggunakan model yang berupa diagram yang disebut *network diagram*. *Network diagram* adalah visualisasi proyek berdasarkan *network planning* berupa diagram yang berisi lintasan-lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan yang harus dikerjakan dan terdiri dari peristiwa-peristiwa yang harus terjadi selama penyelenggaraan proyek.

Adapun keuntungan dibuatnya NWP adalah :

- a) dengan digambarnya logika pada setiap pekerjaan, maka memaksa kita untuk merencanakan setiap proyek sampai sedetail mungkin.
- b) Dalam NWP akan ditunjuk dengan jelas yang mana hal-hal waktu penyelesaian sangat kritis dan yang tidak, sehingga akan membuat kita dapat merencanakan pada pekerjaan-pekerjaan tertentu.

Macam-macam *network planning*:

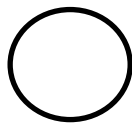
- a) CMD : *Cart Method Diagram*
- b) NMT : *Network Manajemen Technique*
- c) PEP : *Program Evaluation Procedure*
- d) CPA : *Critical Path Analysis*
- e) CPM : *Critical Path Method*
- f) PERT : *Program Evaluation and Review Technique*

Salah satu prosedur yang telah dikembangkan berdasarkan jaringan kerja untuk mengatasi permasalahan pengelolaan suatu proyek adalah CPM (*Critical Path Method*). Penggambaran suatu jaringan kerja digunakan tiga buah simbol sebagai berikut :

- a) Anak panah (*arrow*), menyatakan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan jangka waktu tertentu dalam pemakaian sejumlah sumber daya (tenaga kerja, peralatan, material, biaya).



- b) Lingkaran kecil (*node*), menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa atau *event* . Kejadian didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.



- c) Anak panah terputus-putus, menyatakan kegiatan semu atau *dummy*. *Dummy* tidak mempunyai jangka waktu tertentu, karena tidak memakai sejumlah sumber daya.



- d) *Double arrow*, anak panah yang sejajar merupakan kegiatan lintasan kritis (*critical path*).

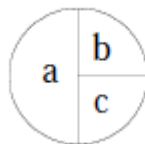


Lintasan atau jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian yang tercepat. Pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Selain lintasan kritis terdapat lintasan-lintasan lain yang

mempunyai jangka waktu yang lebih pendek daripada lintasan kritis. Dengan demikian, maka lintasan yang tidak kritis ini mempunyai jangka waktu untuk bisa terlambat, yang disebut *float/slack*. *Float/slack* memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja, dan ini dipakai pada waktu penggunaan *network* dalam praktek, atau digunakan pada waktu penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja. *Float* terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a) *Total float/slack*, adalah selisih antara waktu yang tersedia untuk pelaksanaan kegiatan dengan waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan kegiatan tersebut.
- b) *Free float/slack* untuk suatu kegiatan adalah waktu yang tersisa bila suatu kegiatan dilaksanakan pada waktu yang paling awal.

Untuk melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, lingkaran *event* di bagi atas tiga bagian, yaitu:



keterangan:

- a. Nomor *event*
- b. Saat tercepat terjadinya *event*, hasil perhitungan maju
- c. Paling lambat terjadinya *event*, hasil perhitungan mundur