

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 TINJAUAN UMUM**

Sebelum diadakannya perencanaan jembatan tahap-tahap yang perlu diperhatikan dan dipahami adalah bagian-bagian dari struktur, fungsi dan manfaatnya, kelemahan serta sifat dan karakteristik dari bahan yang digunakan pada perencanaan jembatan.

Konstruksi suatu jembatan terdiri atas bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi. Bangunan atas dapat digunakan balok *girder* ataupun rangka baja, lantai, *trottoir* dan sandaran. Sedang bangunan bawah berupa *abutment* dan *pier* (jika ada). Pondasi dapat menggunakan pondasi tiang pancang ataupun sumuran, tergantung dari kondisi tanah dasarnya.

Sebelumnya, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perencanaan jembatan, aspek tersebut antara lain :

- Arus lalu lintas
- Hidrologi
- Kondisi tanah
- Struktur bangunan jembatan
- Aspek pendukung lain

#### **2.2 ASPEK ARUS LALU LINTAS**

Dalam perencanaan, lebar jembatan sangat dipengaruhi oleh arus lalu lintas yang melintasi jembatan dengan interval waktu tertentu yang diperhitungkan terhadap Lalu lintas Harian Rata-rata / LHR maupun dalam satuan mobil penumpang / smp (*Passenger Car Unit / PCU*). Dalam penentuan LHR / volume yang lewat jembatan kali tuntang diambil beberapa analisa, antara lain dari data lalu lintas jalan terdekat dengan jembatan (perkiraan volume yang lewat jembatan).

### 2.2.1 Pertumbuhan Lalu Lintas

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode “ Regresi Linier “ merupakan metode penyelidikan terhadap suatu data statistik dalam hal ini didasarkan pada metode nol bebas. Adapun rumus persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Dimana :

Y' = besar nilai yang diramal

a = Nilai trend pada nilai dasar

b = tingkat perkembangan nilai yang diramal

X = unit tahun yang dihitung dari periode dasar

Perkiraan ( *forecasting* ) lalu lintas harian rata-rata yang ditinjau dalam waktu 5 , 10 , 15 atau 20 tahun mendatang, setelah waktu peninjauan berlalu , maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung perencanaan kelas jembatan yang ada pada jalan tersebut. Untuk lebih jelas tentang perkembangan lalu lintas pada ruas tersebut, kemudian dibuatlah grafik hubungan antara tahun dan lalu lintas harian rata-rata ( LHR ).

Perkembangan lalu lintas tiap tahun dirumuskan :

$$LHR_n = LHR_o * (1 + i)^n$$

$$i = 100 \% * \sqrt[n]{(LHR_n / LHR_o - 1)} \longrightarrow (\%)$$

Persamaan trend :  $Y' = a + b X$

$$I \quad \sum Y = n * a + b * \sum X$$

$$II \quad \sum XY = a * \sum X + b * \sum X^2$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapat a dan b dalam bentuk konstanta yang dimasukkan rumus “ Regresi Linier “ sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

Sehingga perkiraan LHR selama umur rencana (UR) dapat diperhitungkan.

### 2.2.2 Kinerja Jalan / Tingkat Pelayanan

Kapasitas suatu ruas jalan adalah kemampuan jalan tersebut untuk menampung / melewati lalu lintas. Jadi kapasitas suatu ruas jalan menyatakan jumlah kendaraan maksimum yang melalui titik/ tempat / penampungan dalam satu satuan waktu. Perhitungan kapasitas dimaksud untuk mengetahui tingkat pelayanan ( *level of service* ) dari suatu ruas jalan, sehingga dapat diketahui kualitas pelayanan dari jalan tersebut pada saat ini dan pada saat yang akan datang, dengan memperlihatkan tingkat pertumbuhan lalu lintasnya.

Sedangkan untuk menentukan kapasitas suatu ruas jalan digunakan pendekatan rumus dari “Manual Kapasitas Jalan Indonesia ( MKJI ), No.036 / T / BM / 1997 “.

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf}$$

Dimana :

C = Kapasitas ( smp/jam)

Arus lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan sepanjang potongan jalan dalam kondisi tertentu (sebagai contoh: rencana geometric, lingkungan, lalu lintas dll)

C<sub>0</sub> = Kapasitas dasar ( smp/jam )

Kapasitas suatu segmen jalan untuk suatu set kondisi yang ditentukan sebelumnya (geometri, pada arus lalu lintas dan factor lingkungan).

Tabel 2.1 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 4-lajur 2-arah (4/2)

Tipe Jalan / Tipe Alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam/lajur)
Empat-lajur terbagi (4/2 D)	
- Datar	1900
- Bukit	1850
- Gunung	1800
Empat-lajur tak-terbagi	

(4/2 UD)	
- Datar	1700
- Bukit	1650
- Gunung	1600

Tabel 2.2 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 2-lajur 2-arah tak-terbagi (2/2 UD)

Tipe Jalan / Tipe Alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam/lajur)
Dua-lajur tak-terbagi (2/2 UD)	
- Datar	3100
- Bukit	3000
- Gunung	2900

FCw = Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur

Tabel 2.3 Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalur lalu lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar efektif jalur lalu-lintas (Wc) (m)	FCw
Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi	Per – Lajur	
	3,0	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat-lajur tak terbagi	Per – Lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua-lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

FCsp = Faktor penyesuaian pemisahan arah ( hanya untuk jalan tak terbagi )

Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat pemisahan arah (hanya untuk jalan dua arah tak terbagi)

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisahan arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %		50 – 50	55 – 45	60 – 40	65 – 35	70 – 30
FCsp	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

FCsf = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu.

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FCsf)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCsf)			
		Lebar bahu efektif $W_s$			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL (Sangat Rendah)	0,99	1,00	1,01	1,03
	L (Rendah)	0,96	0,97	0,99	1,01
	M (Sedang)	0,93	0,95	0,96	0,99
	H (Tinggi)	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH (Sangat Tinggi)	0,88	0,90	0,9	0,96
2/2 UD 4/2 UD	VL (Sangat Rendah)	0,97	0,99	1,00	1,02
	L (Rendah)	0,93	0,95	0,97	1,00
	M (Sedang)	0,88	0,91	0,94	0,98
	H (Tinggi)	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH (Sangat Tinggi)	0,80	0,83	0,88	0,93

Arus jam rencana ( kend / jam ) merupakan volume lalu lintas per jam dari suatu ruas jalan yang diperoleh dari penurunan besarnya volume lalu lintas harian rata – rata.

$$QDH = LHRT \times k$$

Dimana :

$$QDH = \text{Arus jam rencana ( kend / jam )}$$

$$LHRT = \text{Volume lalu lintas harian rata – rata tahunan dalam kurun waktu umur rencana (10 tahun)}$$

k = Faktor pengubah dari LHRT ke lalu lintas jam puncak

Tabel 2.6 faktor k berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR)

VLHR	Faktor – k ( % )
> 50.000	4 – 6
30.000 - 50.000	6 – 8
10.000 – 30.000	6 – 8
5.000 – 10.000	8 – 10
1.000 – 5.000	10 – 12
< 1.000	12 - 16

Derajat kejenuhan ( DS ) didefinisikan sebagai ratio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q / C$$

Dimana : Q = Volume kendaraan ( kend/jam )

C = Kapasitas jalan ( smp/jam )

Besaran nilai DS :

DS > 0,75 = (Macet)

0,65 < DS < 0,75 = (Kurang lancar)

DS < 0,65 = (Lancar)

### 2.2.3 Jumlah Lajur

Untuk menentukan jumlah jalur lalu lintas digunakan metode Highway Capacity Manual (HCM), dengan rumus :

$$N = \frac{SF}{(MSF \cdot fw \cdot fc \cdot flv \cdot fp)} ; \quad SF = V / PHF$$

Dimana :

N = Jumlah jalur lalu lintas

- SF = Service flow rate
- MSF = Maximum service flow rate
- fw = Faktor jalur atau batas kebebasan samping
- fhv = Faktor prosentase beban kendaraan pada jalur lalu lintas
- fc = factor perkembangan lingkungan dan tipe jalan raya
- fp = Faktor jumlah pengendara
- V = Volume kendaraan 1 jam dalam kend/jam
- PHF = Peak Hour Factor ( faktor jam puncak )

Penjelasan :

- N = Jumlah Lajur Lalu lintas
- SF = Service flow rate = ( V / PHF )
- MSF = Maximum service flow rate

Tabel 2.7 Level of Service (LOS)

Level of Service	Free – Flow Speed							
	60 MPH				45 MPH			
	Max Density PC/MI/LN	Average Speed (MPH)	Max (v/c )	Max Service Flow Rate (pcphpl )	Max Density PC/MI/LN	Average Speed (MPH)	Max (v/c )	Max Service Flow Rate (pcphpl )
A	12	60	0,33	720	12	45	0,28	540
B	20	60	0,55	1200	20	45	0,47	900
C	28	59	0,75	1650	28	45	0,66	1260
D	34	57	0,89	1940	34	44	0,79	1500
E	40	55	1,00	2200	45	42	1,00	1900

$$MSF = C_j * ( v/c )_i$$

Dimana :

C<sub>j</sub> = Kapasitas pelaju dari jalan raya dengan kecepatan rencana j, untuk masing – masing kecepatan rencana dengan service flow rate los E adalah :

$$\text{Kec. rencana 60 mph} \rightarrow c = 2.200 \text{ pcphpl}$$

$$\text{Kec. rencana 45 mph} \rightarrow c = 1.900 \text{ pcphpl}$$

v/c = Maksimum perbandingan volume dan kapasitas yang diijinkan saat umur rencana, dengan karakteristik yang diperlihatkan dari los i

yang diharapkan adalah los E yaitu kapasitas dan volume kendaraan selama 1 jam diambil dari jam puncak terbesar dari perhitungan lalu lintas jam puncak

fw = Faktor jalur atau kebebasan samping

Tabel 2.8 Factor to adjust for the effects of restricted lane widths and lateral clearance (fw)

Distance From traveled way to obstruction (ft)	Adjustment Factor					
	Obstruction on one side			Obstruction on two side		
	Lane width (ft)			Lane width (ft)		
	≥ 12	11	10	≥ 12	11	10
> 6	1,00	0,95	0,90	1,00	0,95	0,90
4	0,99	0,94	0,89	0,98	0,93	0,88
2	0,97	0,92	0,88	0,95	0,90	0,86
0	0,92	0,88	0,84	0,86	0,82	0,78

fc = Faktor perkembangan lingkungan dan tipe jalan raya diambil 0,80 - 0,90

fp = Faktor jumlah pengendara atau Faktor penyesuaian populasi pengemudi

Tabel 2.9 Adjustment factor for driver population

Traffic stream type	Adjustment Factor (fp)
Weekday, Cammuter (Familiar User)	1,00
Recreations or Other	0,75 - 0,99

fhv = Faktor prosentase beban kendaraan pada jalur lalu lintas

$$f_{hv} = \frac{1}{(1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1))}$$

Pt = Prosentase kendaraan truck (%)

Pr = Prosentase kendaraan penumpang (%)

Pb = Prosentase kendaraan bus (%)

Et = Faktor beban kendaran truck

Er = Faktor beban kendaran penumpang

Eb = Faktor beban kendaran bus

Tabel 2.10 Faktor beban kendaraan Truck, Penumpang dan Bus

Vehicle Type	Level of Service	( Type of Terrain )		
		Level	Rolling	Mountanious

Truck (Et)	A	2,0	4,0	7,0
	B dan C	2,2	5,0	10,0
	D dan E	2,0	5,0	12,0
RV's (Er)	A	2,2	3,2	5,0
	B dan C	2,5	3,9	5,2
	D dan E	1,6	3,3	5,2
Buses (Eb)	A	1,8	3,0	5,7
	B dan C	2,0	3,4	6,0
	D dan E	1,6	2,9	6,5

PHF = Peak Hour Factor (Faktor Jam Puncak)

Jika digunakan periode 15 menit maka :

$$PHF = V / (4 \times 15)$$

PHF secara umum besarnya berkisar antara 0.80 – 0.98

- Untuk Rural Multilane Highways = 0,85
- Untuk Suburban Multilane Highways = 0,92

DDHV = Directional Design Hour Volume

$$DDHV = AADT \times K \times D$$

AADT = LHRt dalam 10 tahunan

Tabel 2.11 Faktor K dan D

	Facility Enviroment	
	Suburban	Rural
K	0,10	0,15
D	0,60	0,65

### 2.3 ASPEK HIDROLOGI

Data–data hidrologi yang diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Peta topografi DAS
2. Peta situasi dimana jembatan akan dibangun
3. Data curah hujan dari stasiun pemantau terdekat
4. Data sungai

Data-data tersebut nantinya dibutuhkan untuk menentukan elevasi banjir tertinggi, kedalaman pengerusan (*scouring*) dan lain-lain. Dengan mengetahui hal tersebut kemudian dapat direncanakan :

1. *Clearence* jembatan dari muka air tertinggi
2. Bentang ekonomis jembatan
3. Penentuan struktur bagian bawah

Analisa dari data-data hidrologi yang tersedia meliputi ;

### **2.3.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan**

Besarnya curah hujan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) diperhitungkan dengan mengikuti aturan pada metode *gumbell* yang menyebutkan bahwa data curah hujan suatu stasiun hujan dapat dipakai pada daerah pengaliran stasiun tersebut.

Untuk keperluan analisa ini, dipilih curah hujan tertinggi yang terjadi tiap tahun sehingga diperoleh curah hujan harian maksimum. Dari metode *gumbell*, analisa distribusi frekuensi *extreme value* adalah sebagai berikut :

$$X_{rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2}{(n-1)}}$$

$$K_r = 0.78 \left\{ -\ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \right\} - 0.45^*$$

$$X_{tr} = R = X_{rata-rata} + (K_r * S_x)$$

Keterangan :

$X_{rata2}$  = Curah hujan maksimum rata-rata  
selama tahun pengamatan (mm)

$S_x$  = Standar deviasi

$K_r$  = Faktor frekuensi gumbell

$X_{tr}$  = Curah hujan untuk periode tahun , Berulang  $T_r$  (mm)

### **2.3.2 Analisa Banjir Rencana**

#### **1. Metode Weduwen**

Metode Weduwen hanya dipergunakan untuk perhitungan debit banjir sungai dengan luas DAS < 100 Km<sup>2</sup>

Metode tersebut merupakan modifikasi daripada metode Rasional

- A : luas DAS yang dinyatakan dalam km<sup>2</sup>
- S : kemiringan sungai
- B : faktor reduksi
- C : Koefisien pengaliran
- t : waktu konsentrasi ( jam )
- q : debit banjir tiap satuan luas, (m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>)
- Rt : hujan max selama 24 jam untuk periode ulang t tahun (mm)

$$B = \frac{120 + \frac{t+1}{t+g} \times A}{120 + A}$$

$$q = \frac{67 \times 45}{t+1,45}$$

$$c = 1 - \frac{4,1}{q+7}$$

$$t = \frac{0,476 \times A^{0,375}}{(B \times c \times q)^{0,125} \times S^{0,25}}$$

## **2. Metode Melchior**

Metode Melchior juga merupakan modifikasi dari Basic Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir sungai dengan DAS > 100 km<sup>2</sup>.

- a : Sumbu panjang ellips (km)
- b : Sumbu pendek ellips (km)
- F : luas Ellips (km<sup>2</sup>)
- A : luas Das (km<sup>2</sup>)
- B : Faktor reduksi
- C : Angka pengaliran

$$F = 0.25 \cdot a \cdot b$$

$$F = \frac{1970}{B1=0,12} = 3960 + 1720 \cdot B2$$

B2 = lihat tabel

Taksiran qc (m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>)

Qt = b1 x qc x A (m3/detik)

$$t = \frac{10L}{36V} \text{ jam}$$

B = B1 x B2

$$q = \frac{10 \times B R_{24} \text{ Jam}}{36t} \text{ (m}^3 \text{ / dtk / km}^2\text{)}$$

$$Q = C \times q \times A \frac{R_{24} \text{ jam}}{200} \text{ (m}^3 \text{ / dtk)}$$

**Prosentase B2**

F ( km <sup>2</sup> )	Hujan selama ( jam )													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16	20	24
0	44	64	80	89	92	92		93		94	95	96	98	100
10	37	57	70	80	82	84		87		90	91	95	97	100
50	29	45	57	66	70	74		79		83	99	94	96	100
300	20	33	43	52	57	61		69		77	85	93	95	100
	12	23	32	42	50	54		66		74	83	92	94	100

**3. Metode Formula Rational Mononobe**

Perhitungan banjir rencana ditinjau dengan cara Formula *Rational Mononobe* :

1. Kecepatan Aliran, V (m/dtk)

Menurut fomula Dr. Rizha :

$$V = 72 * \left[ \frac{H}{L} \right]^{0,6}$$

dimana ; V = Kecepatan aliran (m/dtk)

H = Selisih elevasi (m)

L = Panjang aliran (m)

2. *Time Concentration* / TC

$$TC = \frac{L}{V}$$

dimana ; TC = Waktu pengaliran (detik)

L = Panjang aliran (m)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

3. Intensitas Hujan / I

$$I = \frac{R}{24} * \left[ \frac{24}{TC} \right]^{0,67}$$

dimana ; I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = Curah hujan (mm)

4. Debit Banjir Q (m<sup>3</sup>)

$$Q_{tr} = C * I * A * 0,278$$

di mana ; Q<sub>tr</sub> = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>)

A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

C = Koefisien *run off*

5. Analisa Debit Penampang

$$Q = A * V \Rightarrow A = (B * mH) H$$

dimana ; Q<sub>tr</sub> = Debit banjir (m<sup>3</sup>)

m = Kemiringan lereng sungai

B = Lebar penampang sungai (m)

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

H = Tinggi muka air sungai (m)

Koefisien *run off* merupakan perbandingan antara jumlah limpasan dengan jumlah curah hujan. Besar kecilnya nilai koefisien limpasan ini dipengaruhi oleh kondisi topografi dan perbedaan penggunaan tanah dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 2.12 Koefisien Limpasan (*Run Off*)

No.	Kondisi Daerah dan Pengaliran	Koefisien Limpasan
1	Daerah pegunungan yang curam	0,75 – 0,9
2	Daerah pegunungan tersier	0,7 – 0,8
3	Tanah bergelombang dan hutan	0,5 – 0,75
4	Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,6
5	Persawahan yang diairi	0,7 – 0,8
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
7	Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
8	Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,5 – 0,75

### 2.3.3 Analisa Kedalaman Penggerusan (*Scouring*)

Tinjauan mengenai kedalaman penggerusan ini memakai metode *lacey* dimana kedalaman penggerusan ini dipengaruhi oleh jenis material dasar sungai.

Tabel faktor lacey yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.13 Faktor Lempung *Lacey*

No.	Type of Material	Diameter (mm)	Faktor (f)
1	Lanau sangat halus ( <i>very fine silt</i> )	0,052	0,4
2	Lanau halus ( <i>fine silt</i> )	0,12	0,8
3	Lanau sedang ( <i>medium silt</i> )	0,233	0,85
4	Lanau ( <i>standart silt</i> )	0,322	1,0
5	Pasir ( <i>medium sand</i> )	0,505	1,25
6	Pasir kasar ( <i>coarse sand</i> )	0,725	1,5
7	Kerikil ( <i>heavy sand</i> )	0,29	2,0

Kedalaman Penggerusan berdasarkan tabel yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut ;

Tabel 2.14 Kedalaman Penggerusan

No.	Kondisi Aliran	Penggerusan Maks.
1	Aliran lurus	1,27d
2	Aliran belok	1,5d
3	Aliran belok tajam	1,75d
4	Belokan sudut lurus	2d
5	Hidung pilar	2d

Formula *Lacey* :

$$\text{Untuk } L < W \Rightarrow d = H * \left[ \frac{L}{W} \right]^{0,6}$$

$$\text{Untuk } L > W \Rightarrow d = 0,473 \left[ \frac{Q}{f} \right]^{0,333}$$

Keterangan : L = Bentang jembatan

W = Lebar alur sungai

H = Tinggi banjir rencana

Q = Debit maksimum

F = Faktor lempung

Adapun bentuk pilar jembatan berpengaruh juga terhadap gerusan yang terjadi, karena berhubungan dengan aliran sungai. Bentuk pilar suatu jembatan

haruslah mempertimbangkan pola pergerakan suatu aliran sungai, sehingga dalam perencanaannya selain pertimbangan dari segi kekuatan juga diperhitungkan dari masalah keamanannya. Gaya tekanan aliran adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada suatu pilar, yang dihitung dengan rumus :

$$A_h = k * V_a^2$$

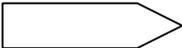
dengan,

$A_h$  : tekanan aliran air (ton/m)

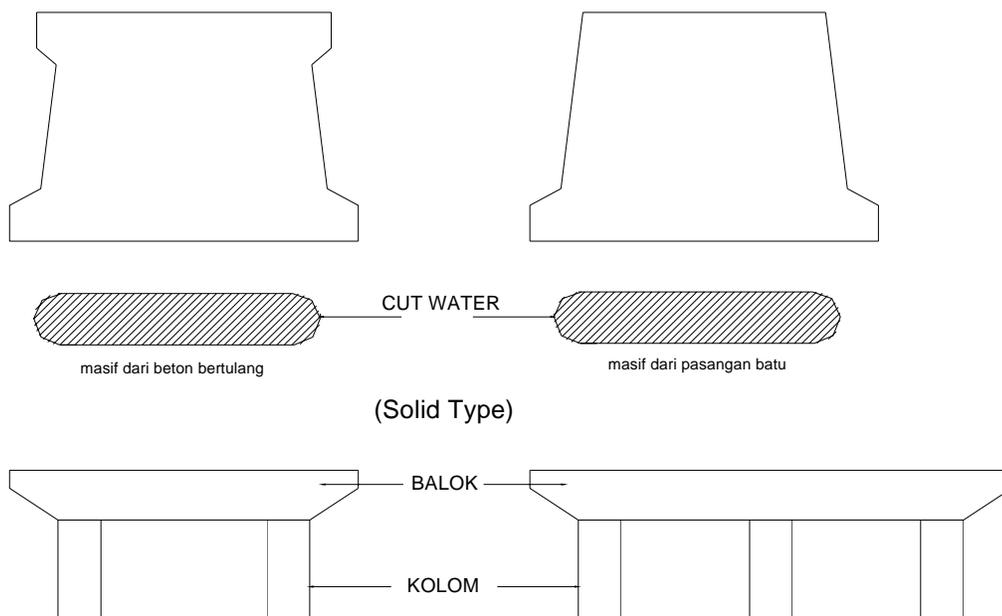
$V_a$  : kecepatan aliran air yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi (m/det), bila tidak ditentukan lain maka :  $V_a = 3$  m/detik

$k$  : koefisien aliran yang tergantung bentuk pilar yang dapat diambil menurut tabel berikut.

Tabel 2.15 Koefisien Aliran

Bentuk depan pilar	Bentuk/denah pilar	k
Persegi (tidak disarankan)		0,075
Bersudut $\leq 30^\circ$		0,025
Bundar		0,035

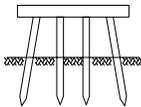
Adapun bentuk dari pilar seperti gambar di bawah ini :

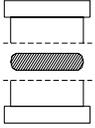
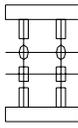
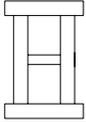
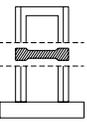


Gambar 2.1 Bentuk Pilar

Pilar menyalurkan gaya-gaya vertikal dan horisontal dari bangunan atas pada pondasi, berikut adalah jenis pilar :

Tabel 2.16 Jenis Pilar

JENIS PILAR		TINGGI TIPIKAL (m)			
		0	10	20	30
PILAR BALOK CAP TIANG SEDERHANA - Dua baris tiang adalah umumnya minimal					
PILAR KOLOM TUNGGAL - Dianjurkan kolom sirkulasi pada aliran arus			5	15	

<p><b>PILAR TEMBOK</b>                  - Ujung bundar dan alinemen tembok sesuai arah aliran membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal.</p>			5	25	
<p><b>PILAR PORTAL SATU TINGKAT (KOLOM GANDA ATAU MAJEMUK)</b>                  - Dianjurkan kolom sirkulasi pada aliran arus.                  - Pemisahan kolom dengan 2D atau lebih membantu kelancaran aliran arus</p>			5	15	
<p><b>PILAR PORTAL DUA TINGKAT</b></p>				15	25
<p><b>PILAR TEMBOK – PENAMPANG I</b>                  - Penampang ini mempunyai karakteristik tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan di darat.</p>				25	

## **2.4 ASPEK TANAH**

### **2.4.1 Tanah Dasar**

Perkerasan jalan diletakkan diatas tanah dasar, dengan demikian secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

### **2.4.2 Klasifikasi Tanah**

#### **2.4.2.1 Sistim Unified**

Sistim ini dikembangkan oleh Casagrande yang pada garis besarnya membedakan tanah atas 3 kelompok besar yaitu :

- Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No. 200. Secara visual butir – butir tanah berbutir kasar dapat dilihat oleh mata.

- Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No. 200. Secara visual butir – butir tanah berbutir halus tak dapat dilihat oleh mata.
- Tanah organik, dapat dikenal dari warna, bau dan sisa tumbuh – tumbuhan yang terkandung didalamnya.

#### **2.4.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO**

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hogentogler dan Terzaghi , yang akhirnya diambil oleh Bureau of Public Roads. Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu kelompok tanah berbutir kasar (< 35% lolos saringan No. 200) dan tanah berbutir halus (> 35% lolos saringan No. 200).

Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan atas :

- A – 1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir – butir halus, dengan atau tanpa sifat – sifat plastis.
- A – 3, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir – butir halus lolos No. 200 dan tidak plastis.
- A – 2, sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus.

Kelompok A – 2 ini terdiri dari campuran kerikil / pasir dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (< 35%)

Kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

- A – 4, adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.
- A – 5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir – butir plastis dari kelompok A – 4.
- A – 6, adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir – butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahannya cukup besar.
- A – 7, adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Untuk dapat membedakan kemampuan memikul beban roda dari jenis tanah yang satu dengan yang lain dalam satu kelompok tanah, AASTHO mempergunakan 'grup indeks'. Grup indeks ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$GI = (F-35)[0,2+0,005(LL-40)]+0,01(F-15)(PI-10)$$

dimana :

GI = grup indeks

F = jumlah persen lolos saringan No. 200 yang berdasarkan material yang lolos saringan 3 inch.

LL = batas cair.

PI = indeks plastis

Grup indeks dinyatakan dengan bilangan bulat dan dituliskan dalam kurung di belakang kelompok jenis tanahnya. Jika grup indeks yang diperoleh negatif, dituliskan sebagai bilangan nol. Jika  $> 20$ , ditulis sebagai bilangan 20.

## **2.5 ASPEK KONSTRUKSI**

Melihat bentang sungai Tuntang yang lebar haruslah diprioritaskan dalam menentukan bentang untuk tiap section atau span, hal lain berkaitan sekali untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi seperti dimensi yang ekonomis dan pelaksanaannya yang mudah.

### **2.5.1 Pembebanan Struktur**

Beban yang bekerja pada struktur jembatan kali Tuntang ini disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Dirjen Bina Marga DPU yaitu :

#### **2.5.1.1 Beban Primer**

Beban primer atau muatan primer adalah beban atau muatan yang merupakan muatan utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan primer adalah :

- a. Beban Mati

Yaitu merupakan beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau , termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

Dalam menentukan besarnya muatan mati tersebut, harus dipergunakan nilai berat volume untuk bahan bangunan dibawah ini :

- Baja tuang 7,85 t / m<sup>3</sup>
- Aluminium paduan 2,80 t / m<sup>3</sup>
- Beton bertulang 2,50 t / m<sup>3</sup>
- Beton biasa , beton cyclop 2,20 t / m<sup>3</sup>
- Pasangan batu 2,00 t / m<sup>3</sup>
- Kayu 1,00 t / m<sup>3</sup>
- Tanah , pasir,kerikil ( dalam keadaan padat ) 2,00 t / m<sup>3</sup>
- Perkerasan jalan beraspal 2,00 – 2,50 t / m<sup>3</sup>
- A i r 1,00 t/m<sup>3</sup>

b. Beban Hidup

Muatan hidup adalah semua muatan yang berasal dari berat kendaraan – kendaraan bergerak/lalu lintas dan atau berat pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

▪ Macam-macam beban hidup

Muatan hidup pada jembatan yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam yaitu muatan “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan muatan “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

▪ Lantai Kendaraan dan Jalur Lalu lintas

Yang dimaksud dengan “lantai kendaraan” adalah seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan. Yang dimaksud dengan satu “ jalur lalu lintas” adalah bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Jalur lalu lintas ini mempunyai

lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar jalur minimum ini harus untuk menentukan muatan “D” per jalur. Jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 meter atau lebih ditentukan menurut Tabel.1. untuk selanjutnya jembatan ini digunakan dalam menentukan muatan “D” pada perhitungan reaksi perletakan.

Tabel 2.17 Jumlah Lajur Lalu Lintas

Lebar Lantai kendaraan	Jumlah jalur lalu lintas
5,50 sampai dengan 8,25 m	2
lebih dari 8,25 sampai dengan 11,25 m	3
lebih dari 11,25 sampai dengan 15,00 m	4
lebih dari 15,00 sampai dengan 18,75 m	5
lebih dari 18,75 sampai dengan 32,50 m	6

Catatan : daftar tersebut diatas hanya diguanklan dalam menentukan jumlah jalur pada jembatan

▪ **Beban “T”**

Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan jembatan, harus digunakan beban “T” seperti dijelaskan berikut ini :

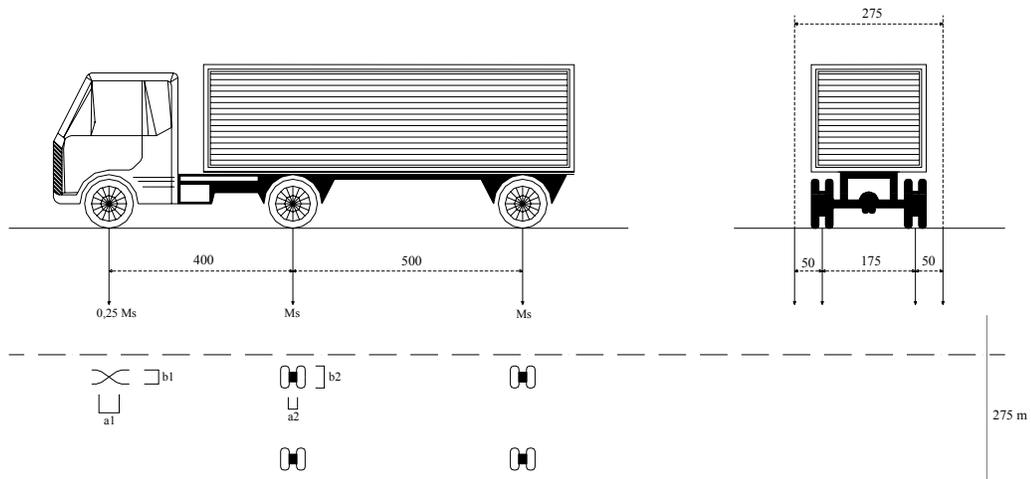
Beban “T” adalah muatan yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban dua roda ( dua Wheel Load ) sebesar 10 ton.

Dimana :  $a_1 = a_2 = 20$  cm

$b_1 = 12,50$  cm

$b_2 = 50,00$  cm

$M_s =$  muatan rencana sumbu = 20 ton



Gambar 2.2 Ketentuan beban “T” yang dikerjakan pada jembatan jalan raya

▪ Beban “D”

Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang per jalur dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.

Besar “q” ditentukan sebagai berikut :

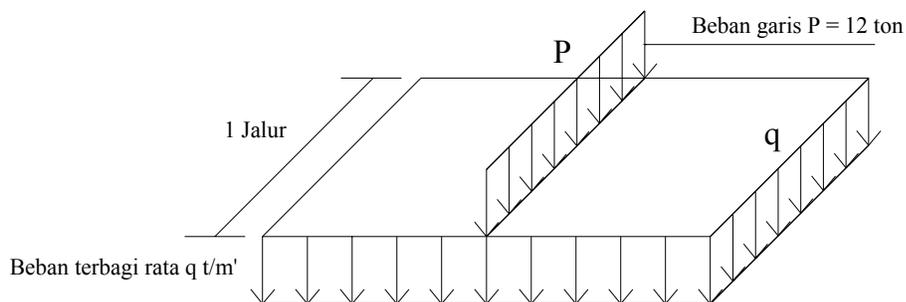
$$q = 2,2 \text{ t/m} \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m} - 1,1/60 \times (L-30) \text{ t/m} \quad \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 ( 1+30/L) \text{ t/m} \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

L = panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan sesuai dengan tabel III (PPJJR hal 11)

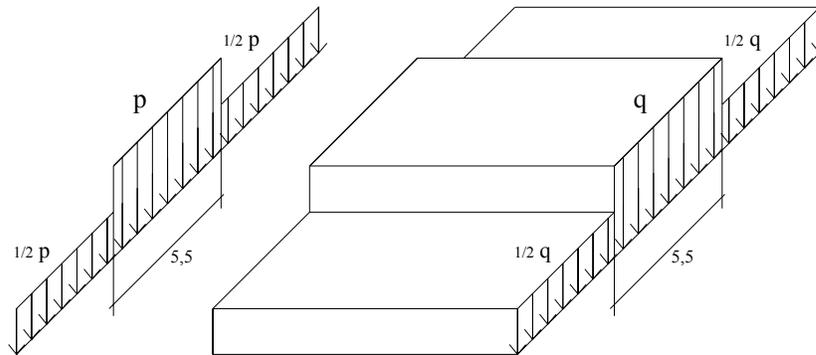
t/m` = ton meter panjang, per jalur



Gambar 2.3 Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan jalan raya

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah Sebagai berikut :

- Untuk jembatan dengan lebar lintai kendaraan sama atau lebih kecil daripada 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya ( 100% ) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan
- Untuk jembatan dengan lebar lintai kendaraan lebih besar dari pada 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh dari muatan “D” (50%)



Gambar 2.4 Ketentuan Penggunaan beban “D” pada jembatan jalan raya

Dalam menentukan beban hidup ( beban terbagi rata dan beban garis ) perlu diperhitungkan ketentuan bahwa :

muatan hidup per meter beban jalur lalu lintas jembatan menjadi sebagai berikut :

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

$$\text{Beban garis} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas.

▪ **Beban pada Trotoir, Kerb dan Sandaran**

a. Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$ . Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoir, diperhitungkan beban 60% beban hidup trotoir.

b. Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk dapat menahan satu beban horisontal ke arah melintang jembatan sebesar  $500 \text{ kg/m}$  yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm.

c. Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoir harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar  $100 \text{ kg/m}$ , yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoir.

▪ **Beban Kejut**

yaitu merupakan beban akibat dari getaran dan pengaruh dinamis lain. Tegangan akibat beban D harus dikalikan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$k = 1 + \frac{20}{(50 + L)}$$

dimana : k = koefisien kejut.

L = Panjang bentang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis "P".

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas tidak merupakan satu kesatuan.

▪ **Gaya akibat tekanan tanah**

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai rumus-rumus yang ada. Beban kendaraan

dibelakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai dengan muatan tanah setinggi 60 cm.

### **2.5.1.2 Beban Sekunder**

Beban sekunder atau muatan sekunder adalah muatan pada jembatan yang merupakan muatan sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan sekunder adalah

a. Beban angin

Pengaruh beban angin yang ditetapkan sebesar  $150 \text{ kg/m}^2$  dalam arah horisontal terbagi rata pada bidang vertikal setinggi 2 meter menerus di atas lantai kendaraan dan tegak lurus sumbu memanjang seperti tercantum dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya (PPJJR) pasal 2 (1) hal 13.

b. Gaya akibat perbedaan suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan structural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Tercantum dalam PPJJR pasal 2 (2) tabel II) hal 14.

c. Gaya rangkai dan susut

Pengaruh rangkai dan susut dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Jika susut dan rangkai dapat mengurangi pengaruh muatan lain, maka harga dari rangkai tersebut harus diambil minimum (PPJJR pasal 2 (3))

d. Gaya rem

Pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan. Gaya tersebut bekerja dalam arah horisontal sejajar dengan sumbu memanjang jembatan setinggi 1,8 meter di atas lantai kendaraan (PPJJR pasal 2 ayat 4)

e. Gaya gempa

Jembatan – jembatan yang akan dibangun pada daerah – daerah dimana dapat diharapkan adanya pengaruh – pengaruh dari gempa bumi, harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh – pengaruh gempa tersebut. Pengaruh – pengaruh gempa bumi pada jembatan dipehitungkan senilai dengan pengaruh suatu gaya horizontal, yang bekerja pada titik berat konstruksi / bagian konstruksi yang ditinjau , dalam arah yang paling berbahaya.

Gaya horizontal yang dimaksud ditentukan dengan rumus :

$$K = E \times G$$

Dimana :

K = Gaya horizontal.

G = Muatan mati dari konstruksi / bagian konstruksi yang ditinjau.

E = Koefisien gempa bumi, yang ditentukan menurut daftar di bawah ini

Tabel 5.18 Koefisien Gempa Bumi

Keadaan Tanah / Pondasi	Daerah Zone Gempa		
	I	II	II
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah sebesar 5 kg/cm <sup>2</sup> atau lebih	0,12	0,06	0,03
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah kurang dari 5 kg/cm <sup>2</sup>	0,20	0,10	0,05
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi selain pondasi langsung	0,28	0,14	0,07

Catatat : Pengaruh gempa pada muatan hidup tidak perlu diperhatikan

f. Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak

Jembatan perlu ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat – akibat lain (PPJRR pasal 2 (6) hal 15)

$$Gg = R \times Ft$$

Dimana :

Gg = Gaya gesekan pada tumpuan.

R = Reaksi akibat beban mati.

Ft = Koefisien gesek antara gelagar dengan tumpuan.

0,01 untuk tumpuan ( 1 ) roll baja

0,05 untuk tumpuan ( 2 atau lebih ) roll baja.

0,15 untuk tumpuan gesekan ( tembaga – baja )

0,25 untuk tumpuan gesekan ( baja besi tuang )

0,15 s/d 0,18 untuk tumpuan gesekan ( baja beton )

### **2.5.1.3 Beban Khusus**

Beban khusus atau muatan khusus adalah muatan yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan, muatan ini umumnya mempunyai salah satu atau lebih sifat-sifat berikut ini :

- Hanya berpengaruh pada sebagian konstruksi jembatan
- Tidak selalu bekerja pada jembatan
- Tergantung dari keadaan setempat
- Hanya bekerja pada sistem-sistem tertentu

Beban khusus seperti yang termuat dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya / PPJJR pasal 3 berupa :

- a. Beban sentrifugal (Ks)

$$Ks = 0,79 \frac{V^2}{R} \quad \text{dimana ; } V = \text{Kecepatan rencana}$$

R = Jari-jari tikungan

- b. Gaya tumbuk

Gaya tumbuk antara kendaraan dan pilar dimaksudkan pada jembatan – jembatan layang dimana bagian dibawah jembatan digunakan untuk lalu lintas

- c. Gaya pada saat pelaksanaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, dimana ditinjau sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

- d. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

$$Ah = K (Va)^2 \quad \text{dimana ; Ah = Tekanan air}$$

Va = Kecepatan aliran

K = Koefisien aliran

#### 2.5.1.4 Kombinasi Beban

Konstruksi jembatan beserta bagian – bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diijinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya pada tabel berikut :

Tabel 2.19 Kombinasi pembebanan

No.	Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang dipakai terhadap Tegangan Ijin
1.	M + (H + K) Ta + Tu	100%
2.	M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm + S	125%
3.	Kombinasi (1) + Rm + Gg + A + SR + Tm	140%
4.	M + Gh + Tag + Gg + AHg + Tu	150%
5.	M + P1	130% *)
6.	M + (H + K) + Ta + S + Tb	150%

\*) Khusus untuk jembatan baja

Keterangan :

A = Beban angin

Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan

AHg = Gaya akibat aliran dan hanyutan pada saat terjadi gempa

Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

- Gh = Gaya horisontal ekuivalen akibat gempa bumi
- (H+K) = Beban hidup dan kejut
- M = Beban mati
- P1 = Gaya-gaya pada saat pelaksanaan
- Rm = Gaya rem
- S = Gaya sentrifugal
- SR = Gaya akibat susut dan rangkai
- Tm = Gaya akibat perubahan suhu
- Ta = Gaya tekanan tanah
- Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
- Tb = Gaya tumbuk
- Tu = Gaya angkat

**2.5.2 Struktur Atas (*Upper Structure*)**

Struktur atas merupakan struktur dari jembatan yang terletak dibagian atas dari jembatan. Pemilihan konstruksi ini berdasarkan pada bentang jembatan, yaitu :

Tabel 2.20 Pemilihan konstruksi berdasarkan bentang jembatan

No	Jenis Bangunan Atas	Variasi Bentang	Perbandingan H/L Tipikal	Penampila n
<b>A</b>	<b>Konstruksi Kayu :</b>			
1	Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 – 20 m	1 / 15	Kurang
2	Gelagar kayu gergaji dengan papan lantai	5 – 10 m	1 / 5	Kurang
3	Rangka lantai atas dengan papan kayu	20 – 50	1 / 5	Kurang
4	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	5 – 35	1/17 – 1/30	Kurang
<b>B</b>	<b>Konstruksi Baja</b>			

1	Gelagar baja dengan lantai plat baja	5 – 25	1/25 – 1/27	Kurang
2	Gelagar baja dengan lantai beton komposit (bentang Sederhana dan menerus)	15 – 50 35 – 90	1 / 20	Fungsional
3	Rangka lantai bawah dengan plat beton	30 – 100	1/8 – 1/11	Kurang
4	Rangka Baja Menerus	60 – 150	1 / 10	Baik
<b>C</b>	<b>Konstruksi Beton Bertulang :</b>			
1	Plat beton bertulang	5 – 10	1 / 12,5	Fungsional
2	Pelat berongga	10 – 18	1 / 18	Fungsional
3	Gelagar beton ‘ T ‘	6 – 25	1/12 – 1/15	Fungsional
4	Lengkung beton (Parabola)	30 – 70	1 / 30	Estetik
<b>D</b>	<b>Jembatan Beton Pratekan :</b>			
1	Segmen pelat	6 – 12	1 / 20	Fungsional
2	Gelagar I dengan lantai beton komposit, bentang menerus.	20 – 40	1 / 17,5	Fungsional
3	Gelagar ‘ T ‘ pasca penegangan	20 – 45	1/16,5-1/17,5	Fungsional
4	Gelagar boks menerus, pelaksanaan kantilever	6 – 150	1/ 18 – 1 / 20	Estetik

Pada Perencanaan Jembatan, Struktur bagian atas meliputi :

### 1. Sandaran

Merupakan pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan yang berfungsi sebagai pengaman bagi pemakai lalu lintas yang melewati jembatan tersebut.

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- Tiang sandaran ( Rail Post ) , biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
  - Sandaran ( Hand Rail ) , biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.
- Beban yang bekerja pada sandaran adalah beban sebesar 100 kg yang bekerja dalam arah horisontal setinggi 0,9 meter.

## **2. Trotoir**

Trotoir berfungsi untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan .Konstruksi *trotoir* direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan. Prinsip perhitungan pelat *trotoir* sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03. Pembebanan pada *trotoir* meliputi :

- a) Beban mati berupa berat sendiri pelat.
- b) Beban hidup sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$  berupa beban merata dan beban terpusat pada *kerb* dan sandaran.
- c) Beban akibat tiang sandaran.

Penulangan plat *trotoir* diperhitungkan sebagai berikut :

$$d = h - p - 0,5\phi \quad M/bd^2 = \dots \rightarrow \rho \text{ (GTPBB)}$$

$\rho_{\min}$  dan  $\rho_{\max}$  dapat dilihat pada tabel GTPBB (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

$$\text{syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho * b * d \quad \text{dimana ; } d = \text{tinggi efektif pelat}$$

$$h = \text{tebal pelat}$$

$$\rho = \text{tebal selimut beton}$$

$\phi$  = diameter tulangan

b = lebar pelat per meter

### **3. Pelat Lantai**

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan. Pelat lantai diasumsikan tertumpu pada dua sisi. Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

- a) Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat *pavement* dan berat air hujan.
- b) Beban hidup berupa muatan “T” dengan beban gandar maksimum 10 T.

Perhitungan untuk penulangan pelat lantai jembatan sama dengan prinsip penulangan pada pelat *trottoir*.

### **4. Gelagar Memanjang**

Gelagar memanjang berfungsi menahan beban plat lantai, lapis perkerasan dan beban air hujan, kemudian menyalurkannya ke gelagar melintang.

### **5. Gelagar Melintang**

Gelagar melintang menerima limpahan beban dari gelagar memanjang kemudian menyalurkannya ke rangka baja.

Baik gelagar memanjang maupun melintang harus ditinjau terhadap :

Kontrol kekuatan :

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad : \text{dimana} \quad : M = \text{Momen}$$

W = Momen tahanan

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{L}{500} < \delta \quad : \text{dimana} \quad : L = \text{Bentang}$$

$$\delta = \frac{5ML^2}{48EI} \quad : \text{dimana} \quad : E = \text{Modulus Elastisitas Bahan}$$

I = Inersia

### **6. Rangka Baja**

Rangka baja berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk disalurkan ke tanah dasar melalui pondasi.

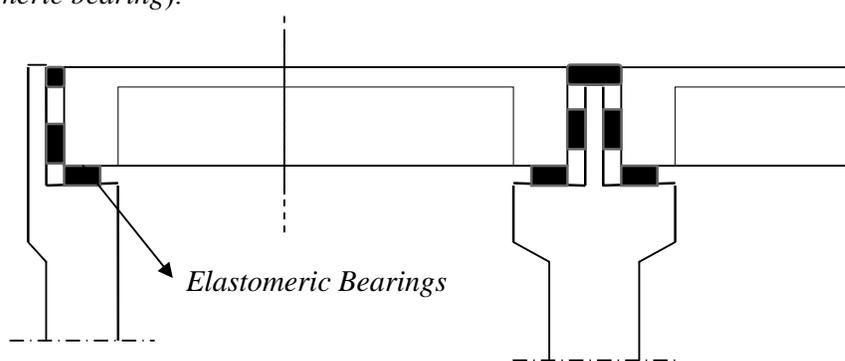
### **7. Ikatan Angin**

Ikatan angin berfungsi untuk menahan gaya akibat angin.

### **8. Andas Jembatan**

Merupakan perletakan dari jembatan yang berfungsi untuk menahan beban berat baik yang vertikal maupun horisontal. Disamping itu juga untuk meredam getaran sehingga abutment tidak mengalami kerusakan.

Untuk perletakkan jembatan direncanakan digunakan *bearings* merk CPU buatan Indonesia, seperti terlihat pada gambar dibawah ini (*bearing pad* dan *elastomeric bearing*).



Gambar 2.5 Andas Jembatan

- CPU *Elastomeric Bearings*

Spesifikasi :

- Merupakan bantalan atau perletakan *elastomer* yang dapat menahan beban berat, baik yang vertikal maupun horisontal.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* disusun atau dibuat dari lempengan *elastomer* dan logam yang disusun secara lapis per lapis.
- Merupakan satu kesatuan yang saling melekat kuat dan diproses dengan tekanan tinggi.

- Bantalan atau perletakan *elastomer* berfungsi untuk meredam getaran, sehingga kepala jembatan (*abutment*) tidak mengalami kerusakan.
- Lempengan logam yang paling luar dan ujung-ujung *elastomer* dilapisi dengan lapisan *elastomer* supaya tidak berkarat.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* juga disebut bantalan *neoprene* yang dibuat dari karet sintetis.

Pemasangan :

- Bantalan atau perletakan *elastomer* dipasang diantara tumpuan kepala jembatan dan gelagar jembatan.
- Untuk melekatkan bantalan atau perletakan *elastomer* dengan beton atau besi dapat dipergunakan lem *epoxy rubber*.

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

- *Bearing Pad / Strip*

Spesifikasi :

- Merupakan lembaran karet (*elastomer*) tanpa plat baja  
Berfungsi untuk meredam getaran mesin maupun ujung gelagar jembatan
- Dipasangkan diantara beton dengan beton atau beton dengan besi

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

## **9. Oprit**

Oprit dibangun agar memberikan kenyamanan saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Oprit disini dilengkapi dengan dinding penahan. Pada perencanaan oprit, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Type dan kelas jalan ataupun jembatan

Hal ini sangat berhubungan dengan kecepatan rencana

- b. Volume lalu lintas
- c. Tebal perkerasan

### **2.5.3 Struktur Bawah (*Sub Structure*)**

#### **1. Pilar**

Pilar identik dengan *abutment* perbedaannya hanya pada letak konstruksinya saja. Sedangkan fungsi pilar adalah untuk memperpendek bentang jembatan yang terlalu panjang. Pilar terdiri dari bagian – bagian antara lain :

- Kepala pilar ( *pierhead* )
- Kolom pilar
- Pile cap

Dalam mendesain pilar dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a) Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang pilar serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
- b) Menentukan pembebanan yang terjadi pada pilar :
  - Beban mati berupa rangka baja, lantai jembatan, trotoir, perkerasan jembatan ( *pavement*), sandaran, dan air hujan
  - Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di trotoir
  - Beban sekunder berupa beban gempa, rem dan traksi, koefisien kejut, beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda – benda hanyutan.
  - Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban – beban yang bekerja.
  - Mencari dimensi tulangan dan cek apakah pilar cukup memadai untuk menahan gaya – gaya tersebut.

#### **2. Abutment**

Dalam perencanaan ini, struktur bawah jembatan berupa *abutment* yang dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah. Dalam hal ini perhitungan *abutment* meliputi :

- a) Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang abutment serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
- b) Menentukan pembebanan yang terjadi pada abutment :
  - Beban mati berupa rangka baja, lantai jembatan, trotoir, perkerasan jembatan (*pavement*), sandaran, dan air hujan.
  - Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di *trottoir*.
  - Beban sekunder berupa beban gempa, tekanan tanah aktif, rem dan traksi, koefisien kejutan, beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda – benda hanyutan.
- c) Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban – beban yang bekerja.
- d) Mencari dimensi tulangan dan cek apakah abutment cukup memadai untuk menahan gaya – gaya tersebut.
- e) Ditinjau juga kestabilan terhadap *sliding* dan bidang runtuh tanah.
- f) Ditinjau juga terhadap *settlement* ( penurunan tanah )

#### **2.5.4 Pondasi**

Pondasi menyalurkan beban – beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur keseluruhan. Jenis pondasi umum yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut :

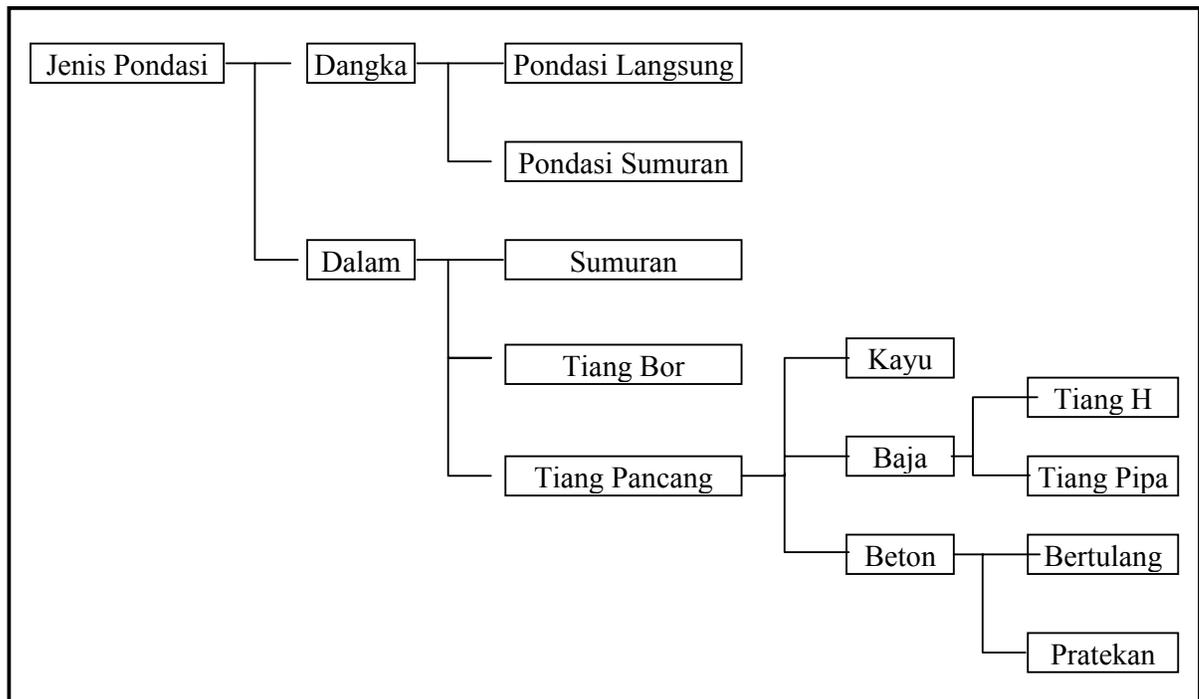
##### Alternatif 1 :

- Pondasi dangkal

Dapat dilakukan dengan pondasi langsung maupun sumuran

##### Alternatif 2 :

- Pondasi dalam  
Dapat dilakukan dengan sumuran, tiang bor maupun tiang pancang  
( dari bahan kayu, baja, beton ).



Perencanaan pondasi ditinjau terhadap pembebanan vertikal dan lateral, dimana berdasarkan data tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras terletak pada lapisan sangat dalam, sehingga pondasi pada perencanaan jembatan Kali Tuntang ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang. Perhitungan pondasi ini meliputi :

1. Penulangan akibat gaya hammer
2. Penulangan akibat gaya pengangkatan
3. Kontrol kekuatan tiang terhadap beban tekanan tanah pasif

Rumus Daya Dukung Tiang Pancang :

$$Q = \frac{(Axqc)}{3} + \frac{(Dxf)}{5}$$

Dimana : Q = Daya dukung untuk satu tiang

A = Luas penampang tiang pancang

qc = Nilai *conus resistance*

D = keliling tiang pancang

F = Nilai *cleef*

Bila nilai *conus resistance* kecil, maka dapat diabaikan atau digunakan sebagai angka keamanan sesuai dengan rumus :

$$Q = \frac{qcf}{5}$$

Effisiensi tiang pancang :

$$\eta = 1 + \frac{\alpha}{90^\circ} \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn}$$

s = Jarak antara tiang

m = jumlah deret tiang

n = jumlah tiang setiap deret / (arc tan (d/s))

d = diameter tiang

η = efisiensi

Daya dukung tiang pancang dalam kelompok tiang diperhitungkan dengan rumus:

$$Q_{tot} = Q * E$$

Kebutuhan tiang pancang untuk satu abutment adalah :

$$N = \frac{\sum VI}{Pa} \quad \text{dengan} \quad \sum VI = \text{Beban vertikal terbesar}$$

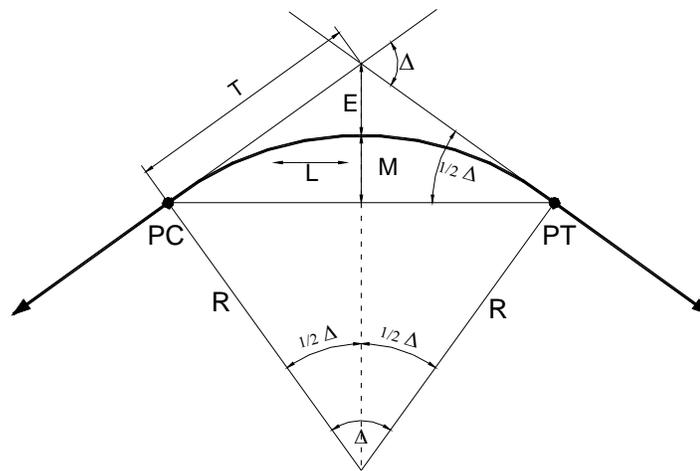
### **2.5.5 Drainase**

Fungsi drainase adalah untuk membuat air hujan secepat mungkin dialirkan ke luar dari jembatan sehingga tidak terjadi genangan air dalam waktu yang lama. Akibat terjadinya genangan air maka akan mempercepat kerusakan struktur dari jembatan itu sendiri. Saluran drainase ditempatkan pada tepi kanan-kiri dari badan jembatan.

### **2.5.6 Alinyemen Horisontal dan Alinyemen Vertikal**

1. Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang datar peta (trace). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan. Trase merupakan susunan terdiri dari potongan-potongan garis lurus yang biasa disebut dengan tangen dan satu sama lainnya dihubungkan dengan lengkung-lengkung berupa busur lingkaran (circle) yang disebut dengan bagian lengkung (curve), atau ditambah dengan lengkung peralihan (spiral). Berikut gambar lengkung horisontal :



Gambar 2.6 Lengkung Horisontal

Dalam sket lengkung horisontal diperlihatkan bagian busur lingkarannya mempunyai jari-jari R. Titik awal perubahan dari bagian lurus kebagian busur lingkaran disebut titik lengkung (PC), dan titik akhirnya dimana mulai perubahan dari busur lingkaran ke bagian lurus kembali disebut titik tangen (PT). Titik perpotongan antara kedua tangen tersebut adalah titik tangen (AV atau BV) yang panjangnya disebut T. dan panjang tangen dihitung dengan rumus :

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

Tali busur AB dengan panjang C, akan diperoleh sebesar :

$$C = 2 R \cdot \sin \frac{\Delta}{2}$$

Jarak eksternal E adalah jarak dari titik perpotongan tangen ke lengkung lingkaran dihitung dengan :

$$E = R \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R$$

Ordinat tengah M adalah jarak antara titik tengah tali busur dan titik tengah lengkung lingkaran, dengan hubungan :

$$M = R \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

Dan panjang lengkung lingkaran (L), dihitung :

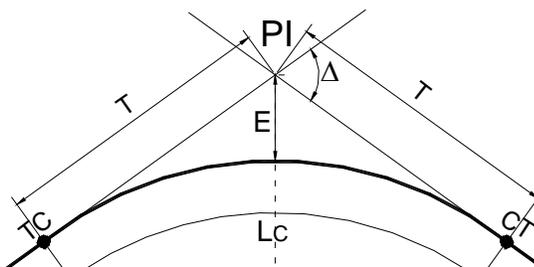
$$L = \frac{\Delta \pi R}{180}$$

a. Bentuk Tikungan Circle (Full Circle)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen relatif kecil. Besarnya jari-jari tikungan hanya dimungkinkan bilamana kondisi topografi memungkinkan untuk ukuran tersebut.

Tabel 2.21 Jari – jari Lengkung Minimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari Lengkung Luar Kota (m)	Jari-jari Lengkung Dalam Kota (m)
120	7.500	-
100	5.500	1.500
80	3.500	1.000
60	2.000	600
40	800	250
30	500	150
20	200	50



Gambar 2.7 Bentuk Tikungan Circle (Full Circle)

Keterangan gambar bentuk Circle

PI Sta : Nomor stasiun (Point of Intersection)

V : Kecepatan rencana (km/jam)

R : Jari-jari kelengkungan (m)

$\Delta$  : Sudut tangen (derajad)

TC : Tangen circle

CT : Circle tangen

T : Jarak antara TC dan PI (m)

L : Panjang tikungan (m)

E : Jarak PI ke lengkung peralihan (m)

Dari gambar tersebut didapat hubungan sebagai berikut :

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta = \frac{T}{R} \quad \text{sehingga} \quad T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta$$

dan,

$$E = T \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{4} \Delta \quad \text{sehingga} \quad E = \sqrt{(R^2 + T^2) - R}$$

atau,

$$E = R (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1) \quad \text{dan,} \quad L = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \pi \cdot R$$

b. Bentuk Tikungan Spiral – Circle – Spiral

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba – tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ( $R = \infty \rightarrow R = R_c$ ). Jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (clothoid) banyak digunakan juga oleh Bina Marga.

Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S–C–S.

Panjang lengkung peralihan ( $L_s$ ), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini, :

- (a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintas lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R T}{3,6}$$

- (b) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R}{R_c C} - 2,727 \frac{V_R e}{C}$$

- (c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6.r_e} V_R$$

dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

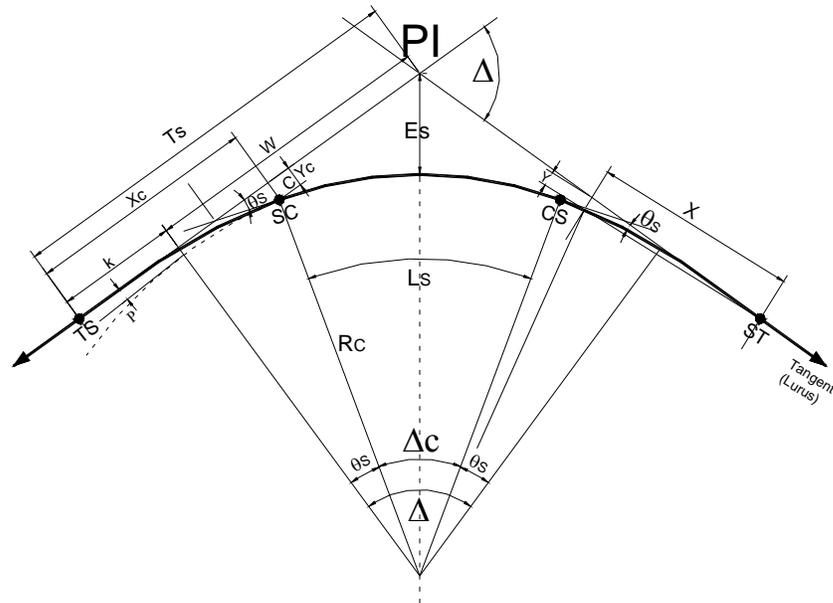
Re = jari – jari lingkaran (m)

C = perubahan percepatan 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det

$r_e$  = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut:

untuk  $V_R \leq 70$  km/jam : untuk  $V_R \geq 80$  km/jam

$r_{c \text{ mak}} = 0,035$  m/m/det :  $r_{c \text{ mak}} = 0,025$  m/m/det



Gambar 2.8 Bentuk Tikungan Spiral – Circle – Spiral

Keterangan :

- $X_c$  = absis titik SC pada garis tangent, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)
- $Y_c$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangent, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.
- $L_s$  = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).
- $L_c$  = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
- $T_s$  = panjang tangent dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
- TS = titik dari tangent ke spiral.
- Es = jarak dari PI ke busur lingkaran
- $\theta_s$  = sudut lengkung spiral
- $R_c$  = jari – jari lingkaran
- p = pergeseran tangent terhadap spiral
- k = absis dari p pada garis tangent spiral

$$X_c = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right)$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6Rc}$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc(1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40Rc^2} - Rc \sin \theta_s$$

$$T_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$E_s = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s$$

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-S, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan.

Jika P yang dihitung dengan rumus  $p = \frac{L_s}{24Rc} < 0,25$  m, maka ketentuan

tikungan yang digunakan bentuk FC.

Untuk :  $L_s = 1,0$  meter, maka  $p=p'$  dan  $k=k'$

Untuk :  $L_s = L_s$ , maka  $p = p' \times L_s$  dan  $k = k' \times L_s$

Nilai  $p'$  dan  $k'$  dapat diambil dari tabel – 5.6 hal 100 (Perencanaan Teknik Jalan Raya)

c. Bentuk Tikungan Spiral – Spiral

Bentuk tikungan jenis ini dipergunakan pada tikungan tajam. Rumus-rumus yang digunakan seperti pada tikungan spiral – circle – spiral tetapi dengan cara menghilangkan panjang circlenya, seperti berikut :

$\Delta c = 0$  sehingga  $\Delta = 2 \theta_s$  dan  $L_c = 0$

$$L = 2 L'_s \text{ dimana } L'_s = \frac{\Delta c}{2 \cdot \theta_s} L_s + L_s$$

$$Y_C = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_C} \quad \text{dan} \quad X_C = L'_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_C^2}$$

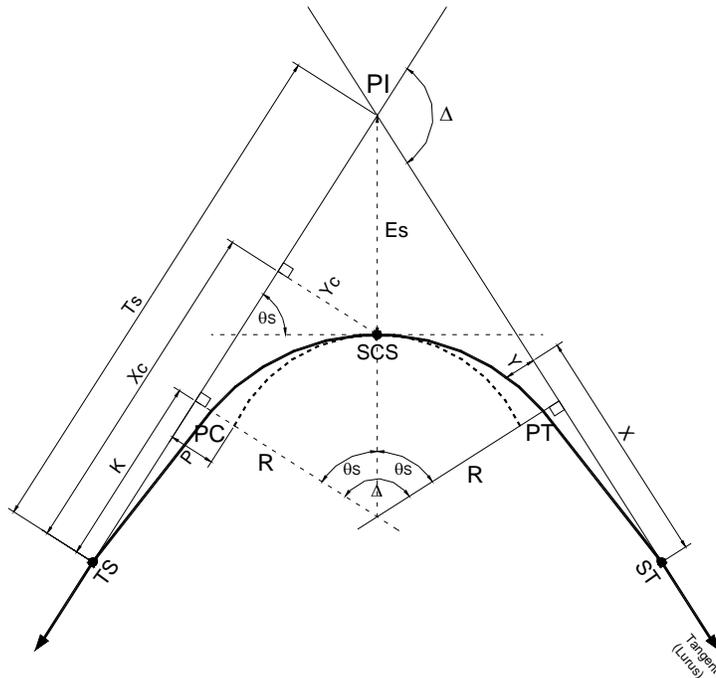
$$P = Y_C - R_C \left(1 - \cos \frac{1}{2} \Delta\right)$$

$$K = X_C - R_C \sin \frac{1}{2} \Delta$$

Selanjutnya harga Ts dan Es dihitung :

$$T_s = (R + P) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta + K$$

$$E_s = (R + P) \sec \frac{1}{2} \Delta - R$$



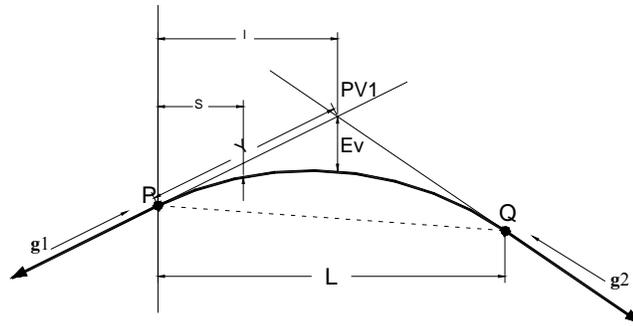
Gambar 2.9 Bentuk Lengkung Spiral – Spiral

## 2. Alinyemen Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dari dua jenis yaitu :

- Lengkung Cembung
- Lengkung Cekung



Gambar 2.10 Tipikal Lengkung Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$X = \frac{L g_1}{g_1 - g_2} = \frac{L g_1}{A}$$

$$Y = \frac{L (g_1)^2}{2 (g_1 - g_2)^2} = \frac{L (g_1)^2}{2 A}$$

Dimana :

X = Jarak dari titik P ke titik yang ditinjau pada sta. (sta)

Y = Perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada sta. (m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola yang merupakan jarak pandang proyeksi dari titik Q . (sta)

$g_1$  = Kelandaian tangen dari titik P. (%)

$g_2$  = Kelandaian tangen dari titik Q. (%)

Rumus diatas untuk lengkung simetris.

$(g_1 \pm g_2) = A =$  perbedaan aljabar untuk kelandaian (%).

Kelandaian untuk menaik (pendakian), diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan), diberi tanda (-), Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

$$E_v = \frac{A L}{800}$$

$$\text{untuk : } x = \frac{1}{2} L$$

$$y = Ev$$

(1). Lengkung vertikal cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada table 2.22

Tabel 2.22 Ketentuan tinggi untuk jenis jarak pandang

Untuk jarak pandang	$h_1$ (m) tinggi mata	$h_2$ (m) tinggi obyek
Henti (jh)	1,05	0,15
Mendahului (jd)	1,05	1,05

a. Panjang L, berdasarkan  $J_h$

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A.J_h^2}{399}$$

$$J_h < L, \text{ maka : } L = 2J_h - \frac{399}{A}$$

b. Panjang L, berdasarkan  $J_d$

$$J_d < L, \text{ maka : } L = \frac{A.J_d^2}{840}$$

$$J_d < L, \text{ maka : } L = 2J_d - \frac{840}{A}$$

(2). Lengkung vertikal cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat criteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu :

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A.J_h^2}{120 + 3,5J_h}$$

$$J_h < L, \text{ maka : } L = 2J_h - \frac{120 + 3,5J_h}{A}$$

Panjang untuk kenyamanan

$$L = \frac{A * V^2}{389}$$

Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum

Kecepatan rancana (km/jam)	Kelandaian Maksimum		
	Dalam Kota	Luar Kota	
		Standart	Mutlak
100	3	-	-
80	4	4	8
60	5	5	9
50	6	6	10
40	7	7	11
30	8	8	12
20	9	9	13

Tabel 2.23 Standart Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan rancana (km/jam)	Standart Panjang Minimum	
	Luar Kota	
	Dalam Kota	Luar Kota
100	85	-
80	70	70
60	50	50
50	40	40
40	35	35
30	25	25
20	20	20

**2.5.7 Tebal Perkerasan dan Stabilitas Oprit**

Perumusan konsep untuk mendapatkan tebal perkerasan :

- a. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar dibawah ini :

$$Angka\ ekuivalen\ sumbu\ tunggal = \left( \frac{Beban\ satu\ sumbu\ tunggal\ (kg)}{8160} \right)^4$$

$$\text{Angka ekuivalen sumbu ganda} = 0,086 \left( \frac{\text{Beban satu sumbu ganda (kg)}}{8160} \right)^4$$

- c. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j * C_j * E_j$$

Catatan : j = jenis kendaraan.

- d. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} * C_j * E_j$$

Catatan : i = perkembangan lalu lintas.

j = jenis kendaraan.

- e. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2}$$

- f. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LER = LET * FP$$

Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan rumus :

$$FP = UR/10$$

- g. Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapis perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan yang pada umumnya diambil ;

$$a_1 = 0,25 ; a_2 = 0,12 ; a_3 = 0,10$$

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1, 2, 3, : masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.24 Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis Pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston.
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston.
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
> 10,00	10	Laston

Tabel 2.25 Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabiliasi tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20 * )	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabiliasi tanah dengan kapur.
	10	Laston Atas.
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabiliasi tanah dengan kapur, pondasi macadam.
	15	Laston Atas.
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabiliasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabiliasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.

\* ) Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

### 3. Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

Oprit dibangun dengan tujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan pada saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Untuk desain jalan ini, tebal oprit ditentukan berdasarkan nilai CBR, tanah dasar yang dipadatkan (Compacted Subgrade). Dan untuk keperluan perencanaan, digunakan nilai desain CBR dengan memperhatikan faktor-faktor dibawah ini :

1. Kadar air tanah
2. Berat isi kering pada saat tanah dipadatkan.

Dari petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen tahun 1997, nilai CBR yang dipadatkan antara lain :

1. Nilai CBR untuk lapisan subgrade sebesar 20 %
2. Nilai CBR untuk lapisan sub base sebesar 50 %
3. Nilai CBR untuk lapisan base sebesar 80 %

## **2.6 ASPEK PENDUKUNG**

Dalam perencanaan jembatan ini, ada beberapa aspek pendukung yang harus diperhatikan antara lain :

### **2.6.1 Pelaksanaan dan Pemeliharaan**

1. Baja sangat baik digunakan untuk jembatan dengan bentang yang panjang karena kekuatannya tinggi sehingga diperoleh dimensi profil yang optimal.
2. Konstruksi baja yang digunakan merupakan hasil pabrikasi dengan standar yang telah disesuaikan dengan bentang jembatan sehingga mempercepat proses pelaksanaan dilapangan.
3. Struktur yang dihasilkan bersifat permanent dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.
4. Komponen – komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.

### **2.6.2 Aspek ekonomi**

1. Dengan adanya jembatan yang menghubungkan Semarang – Purwodadi ini, maka diharapkan daerah disekitarnya menjadi daerah yang potensial.