
BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Studi pustaka adalah sebuah telaah atau pembahasan suatu materi yang didasarkan pada buku referensi yang bertujuan memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk perhitungan berupa rumus – rumus. Ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam proses evaluasi dan penggantian jembatan, antara lain :

- a. Aspek Geometrik
- b. Aspek Hidrologi
- c. Aspek Lalu lintas
- d. Aspek Geoteknik
- e. Aspek Konstruksi Jembatan
- f. Aspek Pendukung Lainnya

2.2. ASPEK GEOMETRIK

Parameter yang digunakan dalam analisa geometrik antara lain :

1. Kelas dan Tipe Jalan

a) Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Terbagi atas :

Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata- rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul / pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata- rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Jalan Lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata- rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Jalan Lingkungan

Jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

b) Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, yang dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat (MST). Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

c) Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasar kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

d) Klasifikasi Menurut Statusnya

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan kedalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota dan jalan desa sesuai UU No 38 Tahun 2004 Tentang Jalan yaitu pada pasal 9.

2. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (V_r), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi yang cerah, lalu lintas lengang dan pengaruh hambatan samping jalan yang tidak besar. Klasifikasi kecepatan rencana untuk masing – masing fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kecepatan Rencana Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana (Vr) km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

3. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Dimensi dasar untuk masing – masing kategori Kendaraan Rencan dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis Kendaraan	Panjang Total	Lebar Total	Tinggi	Depan Tergantung	Jarak Gandar	Belakang Tergantung	Radius Putar Min
Kendaraan Penumpang	4,7	1,7	2,0	0,8	2,7	1,2	6
Truk / Bus tanpa gandengan	12,0	2,5	4,5	1,5	6,5	4,0	12
Kombinasi	16,5	2,5	4,0	1,3	4,0 (depan) 9,0 (belakang)	2,2	12

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

4. Jarak Pandang

Jarak pandang dikenal ada 2 macam :

a) Jarak Pandang Henti :

Jarak yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya, guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan. Jarak pandang henti minimum menurut kecepatan rencananya dapat terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Jarak Pandang Henti Minimum

Vr min (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
JPH min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

b) Jarak Pandang Menyiap :

Jarak yang diperlukan suatu kendaraan untuk mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang menyiap minimum menurut kecepatan rencananya dapat terlihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Jarak Pandang Menyiap Minimum

Vr min (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
JPM min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

5. Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang horizontal. Pada alinyemen horizontal terdapat 3 bentuk lengkung horizontal, yaitu :

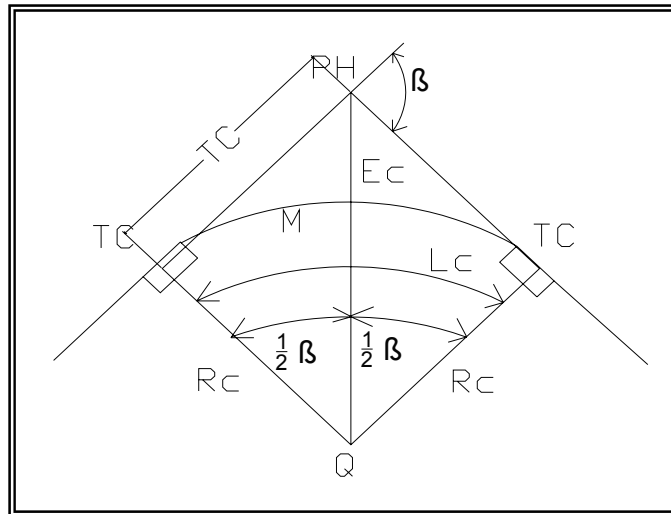
a) Full Circle

Full Circle hanya dapat dipilih untuk radius lengkung yang besar, dimana superelevasi (kemiringan yang dibutuhkan < 3%).

Tabel 2.7. Jari-jari Minimum Lengkung Horizontal Tanpa Lengkung Peralihan

Vr min (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997



Gambar 2.1. Lengkung Full Circle

Rumus Dasar yang digunakan dalam Full Circle adalah :

$$T = Rc \tan 1/2\beta$$

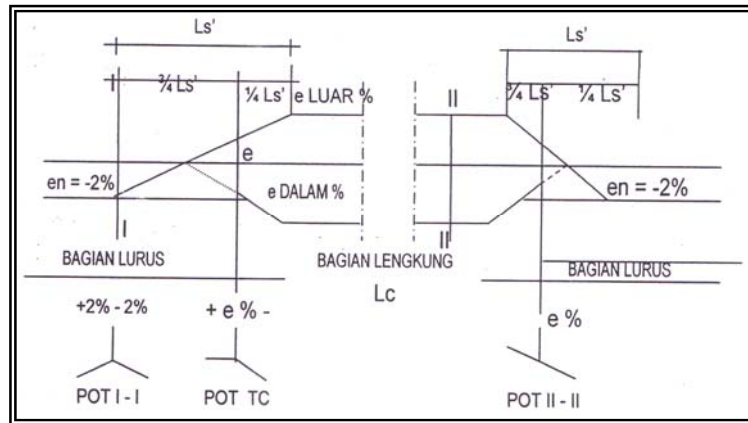
$$E_c = \frac{Rc(1 - \cos 1/2\beta)}{\cos 1/2\beta}$$

$$E_c = Tc \tan 1/2\beta$$

$$L_c = \frac{2\pi}{360} \beta \cdot Rc$$

$$= 0,01745 \cdot \beta \cdot Rc$$

Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, seperti pada Gambar 2.1, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada lengkung. Karena tidak ada lengkung peralihan, maka dipakai lengkung peralihan fiktif (Ls'). Diagram superelevasi untuk *Full Circle* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. Diagram Superelevasi *Full Circle*

b) Spiral Circle Spiral

Pada tipe Spiral Circle Spiral terdapat lengkung peralihan yang menghubungkan bagian lurus (*tangen*) dengan lengkung sederhana (*circle*) yang berbentuk spiral (*clothoid*). Lengkung peralihan tipe ini dapat terlihat seperti pada Gambar 2.3.

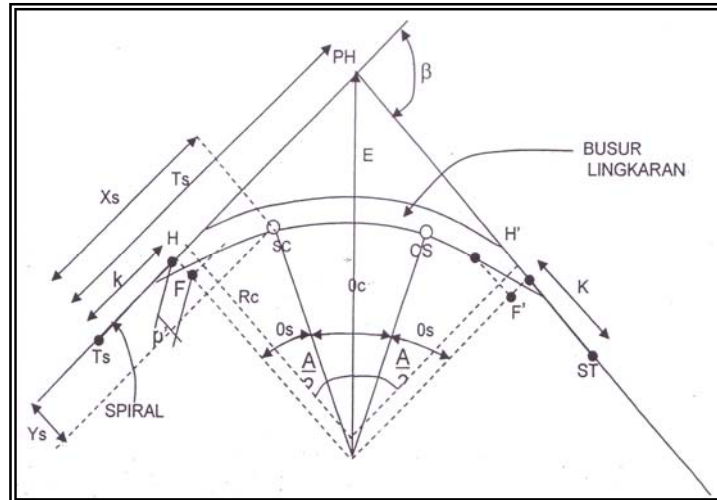
Rumus Dasar yang digunakan dalam *Spiral Circle Spiral* adalah :

$$R \text{ min} = \frac{Vr^2}{127(e \text{ max} + f)}$$

Tabel 2.8. Jari-jari Minimum Lengkung Horisontal Dengan Lengkung Peralihan

Vr min (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997



Gambar 2.3. Lengkung *Spiral Circle Spiral*

Jika panjang lengkung peralihan dari Ts ke Sc adalah Ls dan R pada Sc adalah Rc, maka :

$$X_s = L_s \left[1 - \frac{L_s}{40 \cdot R_c} \right]$$

$$Y_s = \left[\frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \right]$$

Besarnya sudut *spiral* pada Sc adalah :

$$\theta_s = \left[\frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R_c} \right]$$

$$P = \left[\frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \right] - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \left[\frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} \right] - R_c \cdot \sin \theta_s$$

Bila sudut busur lingkaran θ_c adalah :

$$\theta_c = \theta - \theta_s$$

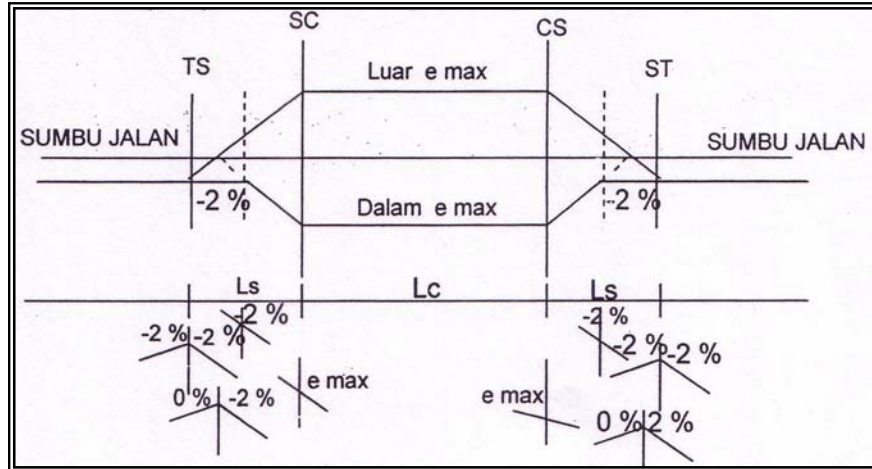
$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta - R_c$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \beta + K$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \pi \cdot R_c$$

$$L = 2 \cdot L_s + L_c$$

Untuk lengkung *Spiral Circle Spiral* sebaiknya besarnya $L_c \geq 20$ cm



Gambar 2.4. Diagram Superelevasi Spiral Circle Spiral

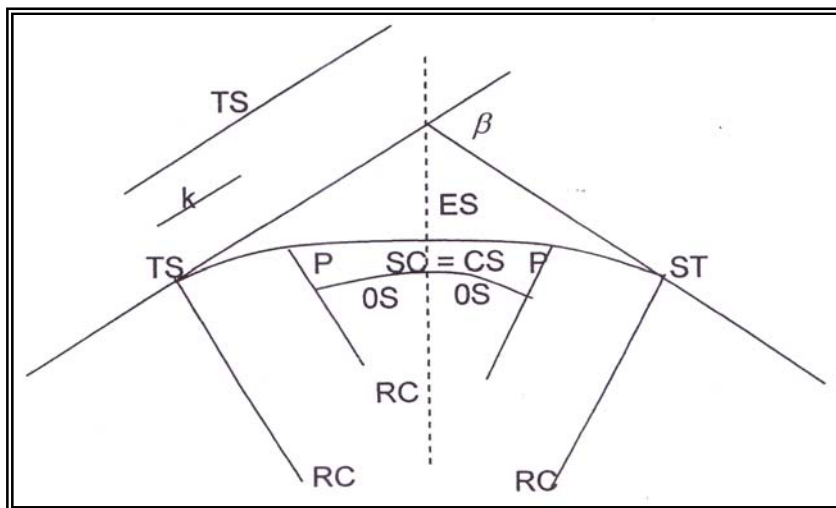
c) Spiral Spiral

Lengkung horisontal untuk Spiral Spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran ($L_c=0$), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Rumus yang digunakan dalam Spiral Spiral adalah :

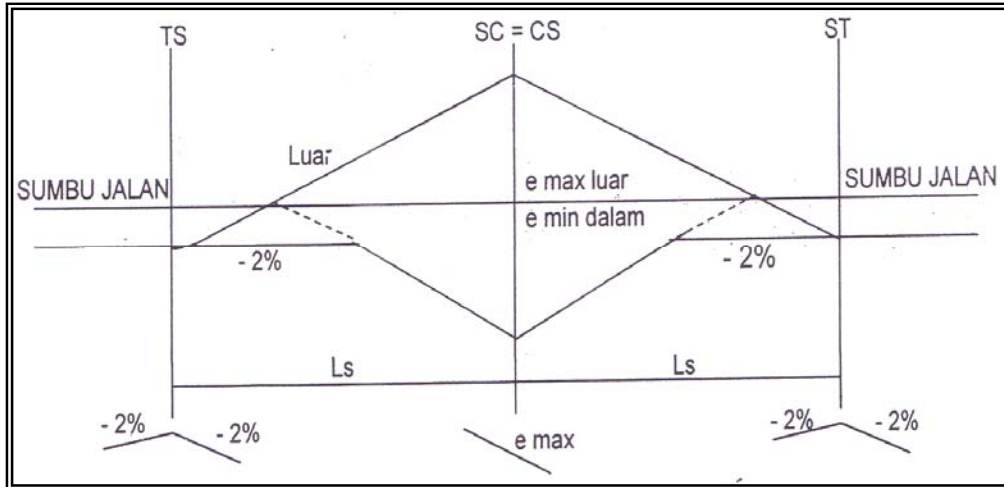
$$\theta_s = \frac{1}{2} \beta$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90}$$

Lengkung Spiral Spiral sebaiknya dihindari kecuali dalam keadaan terpaksa.



Gambar 2.5. Lengkung Spiral Spiral



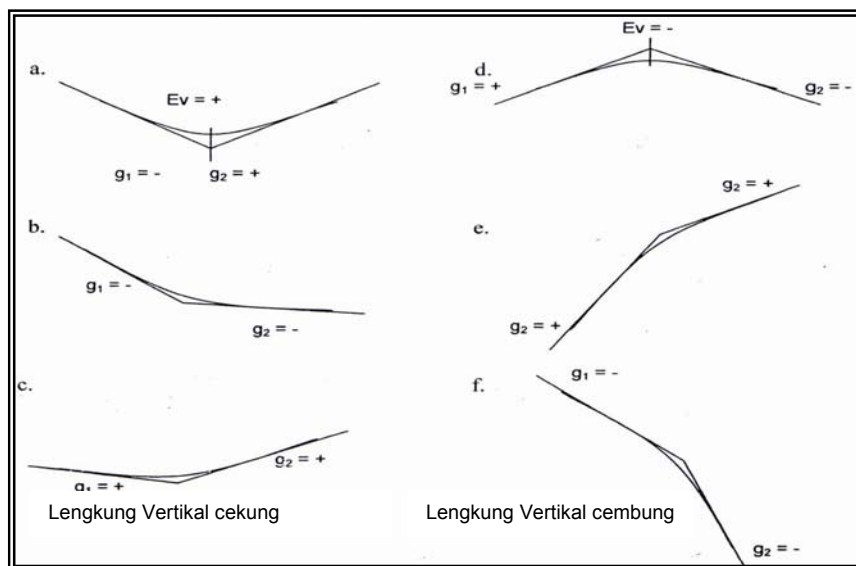
Gambar 2.6. Diagram Superelevasi Spiral Spiral

6. Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perubahan dari satu kelandaian ke kelandaian lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- a) Lengkung vertikal Cekung
- b) Lengkung vertikal Cembung

Macam – macam lengkung vertikal ini dapat terlihat pada Gambar 2.7. Dengan point a, b, c adalah lengkung vertikal cekung dan point d, e, f adalah lengkung vertikal cembung.



Gambar 2.7. Macam – macam Lengkung Vertikal

rencana yang kemudian digunakan untuk mencari *clearance* jembatan dari muka air tertinggi, serta dapat pula digunakan dalam penentuan bentang ekonomis jembatan. Untuk lebih jelasnya data hidrologi akan diolah menurut cara-cara berikut ini:

1. Analisa curah hujan

Dari data curah hujan yang didapat, dihitung curah hujan rencana dengan distribusi *Gumbell*, distribusi Log Pearson III, dan berdasar distribusi Normal. Setelah itu kita uji keselarasan dari hasil ketiga distribusi di atas dengan metode *Plotting Probability* serta Uji Chi kuadrat Distribusi Normal. Setelah pengujian itu kita bisa mengetahui manakah dari ketiga distribusi curah hujan rencana yang akan digunakan untuk langkah selanjutnya yaitu analisa debit banjir.

2. Analisa debit banjir

Analisa debit banjir diperlukan untuk mengetahui besarnya debit banjir pada periode ulang tertentu. Periode ulang debit banjir yang direncanakan adalah 50 tahunan ($Q_{Tr}=Q_{50}$).

Perhitungan banjir rencana akan menggunakan formula *Rational Mononobe*:

$$\text{Kecepatan aliran (V)} = 72 \cdot \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6}$$

$$\text{Time concentration (TC)} = \frac{L}{V}$$

$$\text{Intensitas hujan (I)} = \frac{R}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{0,67}$$

$$\text{Debit banjir (Q}_{Tr}\text{)} = 0,278 \text{ (C.I.A)}$$

Dimana:

H = selisih elevasi

L = panjang sungai

A = luas daerah pengaliran sungai

C = koefisien (0,4 – 0,6)

Berikut ini ditulis berbagai koefisien limpasan (f) oleh Dr. Mononobe.

Tabel 2.9. Koefisien Limpasan Berdasarkan Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga dari f
Daerah pegunungan yang curam	0,75-0,9
Daerah pegunungan tersier	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45-0,60
Persawahan yang diairi	0,70-0,80

Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di dataran	0,45-0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50-0,75

Sumber : Hidrologi Untuk Pengaliran

3. Analisa tinggi muka air banjir

Tinggi muka air banjir disini adalah tinggi muka air yang dihasilkan oleh debit banjir yang pernah terjadi. Dengan memperhatikan bentuk penampang sungai, dapat ditentukan luas penampang sungai dan tinggi muka air banjir.

$$Q = A \times V$$

$$A = Q/V$$

$$V = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0,6}, \text{ dimana } \frac{H}{L} \text{ adalah slope dasar sungai rata-rata}$$

4. Analisa terhadap penggerusan

Dihitung dengan menggunakan metode Lacey, dimana kedalaman penggerusan dipengaruhi oleh jenis material dasar sungai. Penggerusan akan mengikis lapisan tanah dasar sungai yang biasanya terjadi dibawah pilar. Rumusan yang dipakai untuk menganalisa gerusan sebagai berikut:

$$d = 0,473 * \left(\frac{Q}{f} \right)^{0,33}$$

Dimana :

d = Kedalaman gerusan normal dari tanah dasar sungai (m)

Q = Debit banjir maksimum (m³/det)

f = Faktor Lempung Lacey yang merupakan keadaan tanah dasar

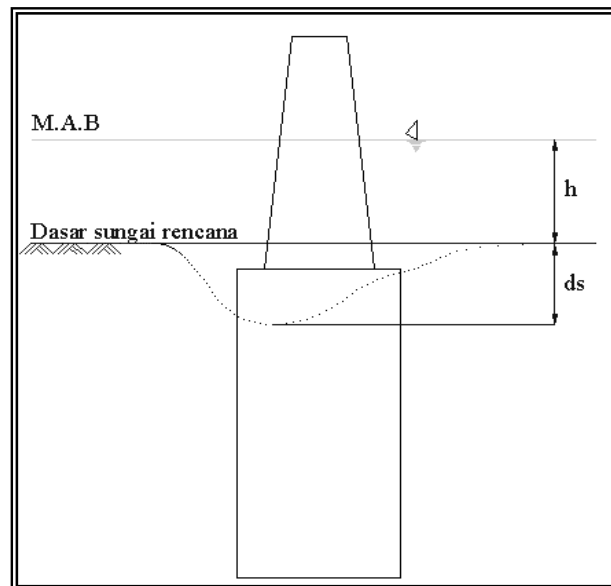
Tabel 2. 10. Faktor Lempung Lacey Berdasar Tanah

No.	Jenis Material	Diameter (mm)	Faktor (f)
1.	Lanau sangat halus (<i>very fine silt</i>)	0,052	0,40
2.	Lanau halus (<i>fine silt</i>)	0,120	0,80
3.	Lanau sedang (<i>medium silt</i>)	0,233	0,85
4.	Lanau (<i>standart silt</i>)	0,322	1,00
5.	Pasir (<i>medim sand</i>)	0,505	1,20
6.	Pasir kasar (<i>coarse sand</i>)	0,725	1,50
7.	Kerikil (<i>heavy sand</i>)	0,920	2,00

Tabel 2. 11. Kedalaman Penggerusan

No.	Kondisi Aliran	Penggerusan Maksimal
1.	Aliran Lurus	1,27d
2.	Aliran Belok	1,50d
3.	Aliran Belok Kanan	1,75d
4.	Aliran Sudut Lurus	2,00d
5.	Hidung Pilar	2,00d

Analisa Penggerusan Sungai diperhitungkan untuk keamanan dari adanya gerusan aliran sungai. Penggerusan terjadi didasar sungai dibawah pilar akibat aliran sungai yang mengikis lapisan tanah dasar sungai. Syarat agar aman dari *scouring* antara lain dasar pilar atau pondasi pilar harus berada dibawah bidang *scouring* maksimum (ds) seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. Dalamnya penggerusan

2.4. ASPEK LALU LINTAS

Aspek Lalu Lintas yang dijadikan pertimbangan didalam menentukan lebar jembatan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan dimana jembatan tersebut berada meliputi kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki (*pedestrian*) yang melintasi jembatan tersebut. Perencanaan lebar optimum jembatan sangat penting agar didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum.

2.4.1. Klasifikasi Sistem Jaringan Jalan

Seperti dalam UU No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan pasal 7, sistem jaringan jalan terdiri atas :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat didalam perkotaan.

2.4.2. Volume Lalu Lintas (Q)

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari suatu segmen jalan selama waktu tertentu. Dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \left(\frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365 \text{ hari}} \right)$$

Pada umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari campuran kendaraan berat dan kendaraan ringan, cepat atau lambat, motor atau tak bermotor, maka dalam hubungannya dengan kapasitas jalan (jumlah kendaraan maksimum yang melewati 1 titik/1 tempat dalam satuan waktu) mengakibatkan adanya pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan dengan mengekivalenkan terhadap kendaraan standart.

b. Volume Jam Rencana

Volume jam perencanaan (VJP) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/jam. Arus rencana bervariasi dari jam ke jam berikut dalam satu hari, oleh karena itu akan sesuai jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan. Volume 1 jam yang dapat digunakan sebagai VJP haruslah sedemikian rupa sehingga :

- ➔ Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- ➔ Apabila terdapat volume lalu lintas per jam yang melebihi VJP, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar.
- ➔ Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan menyebabkan jalan menjadi lenggang.

VJP dapat di hitung dengan rumus :

$$VJP = LHRT \times k$$

Dimana :

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan (kend/hari)

Faktor K = Faktor konversi dari LHRT menjadi arus lalu lintas jam puncak

Tabel 2.12. Penentuan Faktor K

Lingkungan Jalan	Jumlah Penduduk Kota	
	> 1 Juta	≤ 1 Juta
Jalan didaerah komersial dan jalan arteri	0,07 – 0,08	0,08 – 0,10
Jalan di daerah pemukiman	0,08 – 0,09	0,09 – 0,12

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997

2.4.3. 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' = subyek dalam variable dependen yang diprediksikan (LHR)

a dan b = konstanta awal energi

X = waktu (tahun)

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.

Persamaan : $Y' = a + b X$

$$a = \frac{\sum Y_i * \sum X_i^2 - \sum X_i * \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i * \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

LHR akhir dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

LHR_n = Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)

LHR_o = Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana

2.4.4. Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan dapat didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum dimana kendaraan dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan jalan pada waktu tertentu untuk kondisi lajur/jalan, lalu lintas, pengendalian lalu lintas dan cuaca yang berlaku (Tamin, 1997). Oleh karena itu, kapasitas tidak dapat dihitung dengan formula yang sederhana. Yang penting dalam penilaian kapasitas adalah pemahaman akan kondisi yang berlaku.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan perkotaan berdasarkan MKJI, 1997 adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

- FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah
 FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping

a) Kapasitas dasar

Kapasitas dasar didefinisikan sebagai volume maksimum perjam yang dapat melewati suatu potongan lajur jalan (untuk jalan multi lajur) atau suatu potongan jalan (untuk jalan dua lajur) pada kondisi jalan dan arus lalu lintas ideal. Kapasitas jalan tergantung kepada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.13. berikut ini :

Tabel 2.13. Kapasitas Dasar Jalan Luar Kota (2/2 UD)

Tipe jalan / Tipe Alinyemen	Kapasitas dasar (C_0) (smp/jam)
Datar	3100
Bukit	3000
Gunung	2900

Sumber: MKJI, 1997

b) Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas adalah seperti pada tabel 2.14 berikut ini.

Tabel 2.14. Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur lalu lintas untuk jalan luar kota (FC_w)

Tipe jalan	Lebar lalu lintas efektif (W_c) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi atau Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.96
	3.50	1.00
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.96
	3.50	1.00
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0.69
	6	0.91
	7	1.00
	8	1.08
	9	1.15
10	1.21	
11	1.27	

Sumber MKJI, 1997

c) Faktor penyesuaian pemisah arah

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa menggunakan pemisah tergantung pada besarnya *Split* kedua arah sebagai berikut :

Tabel 2.15. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FC_{SP})

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	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

Sumber MKJI, 1997

d) Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu

Tabel 2.16. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF}) untuk jalan perkotaan dengan bahu

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu			
		FC_{SF}			
		Lebar bahu efektif W_s			
		≤ 0.5	1.0	1.5	≥ 2.0
4/2 D	VL	0.99	1.00	1.01	1.03
	L	0.96	0.97	0.99	1.01
	M	0.93	0.95	0.96	0.99
	H	0.90	0.92	0.95	0.97
	VH	0.88	0.90	0.93	0.96
2/2 UD 4/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.88	0.91	0.94	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

Sumber MKJI, 1997

2.4.5. Kinerja Lalu Lintas

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C), yang digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI, 1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C$$

Bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat < 0,75 maka jalan tersebut masih memenuhi (Layak), dan bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat > 0,75 maka harus dilakukan pelebaran.

2.5. ASPEK GEOTEKNIK

Analisa geoteknik untuk perancangan jembatan dilakukan untuk mengetahui kedalaman tanah keras, mengetahui jenis tanah, mengetahui daya dukung tanah terhadap beban rencana di atasnya. Sehingga dari data tanah kita dapat menentukan jenis pondasi yang cocok dengan kondisi tanah dilokasi rencana proyek. Tinjauan aspek tanah pada perencanaan jembatan meliputi tinjauan terhadap data-data tanah yang ada seperti : nilai kohesi, sudut geser tanah, γ tanah, nilai CBR (California Bearing Ratio), kadar air tanah dan void ratio agar dapat ditentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kedalaman serta dimensinya. Selain itu data-data tanah diatas juga dapat menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan lereng (stabilitas tanah) guna mendukung keamanan dari struktur yang akan dibuat.

2.6. ASPEK KONSTRUKSI JEMBATAN

Pembebanan Jembatan

Peraturan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan Jembatan Tanggi ini mengacu pada *Bridge Management System* (BMS'92). Beban – beban yang bekerja meliputi :

1. Beban Permanen

a. Berat Sendiri

Berat nominal dan nilai terfaktor dari berbagai bahan dapat diambil dari tabel berikut ini :

Tabel 2.17. Berat Bahan Nominal S.L.S dan U.L.S

Bahan Jembatan	Berat Sendiri Nominal S.L.S (kN/m)	Berat Sendiri Biasa U.L.S (kN/m ³)	Berat Sendiri Terkurangi U.L.S (kN/ m ³)
Beton Massa	24	31,2	18
Beton Bertulang	25	32,5	18,80
Beton Bertulang Pratekan (Pracetak)	25	30	21,30
Baja	77	84,7	69,30
Kayu, Kayu lunak	7,8	10,9	5,50
Kayu, Kayu keras	11	15,4	7,7

Sumber : BMS – 1992

b. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat semua elemen tidak struktural yang dapat bervariasi selama umur jembatan seperti :

- ◆ Peralatan permukaan khusus

- Pelapisan ulang dianggap sebesar 50 mm aspal beton (hanya digunakan dalam kasus menyimpang dan nominal 22 kN/ m³)
- Sandaran, pagar pengaman, dan penghalang beton
- Tanda-tanda
- Perlengkapan umum seperti pipa air dan penyaluran (dianggap kosong atau penuh)

c. Susut dan Rangkak

Susut dan rangkak menyebabkan momen, geser, dan reaksi ke dalam komponen tertahan. Pada U.L.S (keadaan batas ultimate) penyebab gaya-gaya tersebut umumnya diperkecil dengan retakan beton dan baja leleh. Untuk alasan ini beban faktor U.L.S yang digunakan 1,0. Pengaruh tersebut dapat diabaikan pada U.L.S sebagai bentuk sendi plastis. Bagaimanapun pengaruh tersebut seharusnya dipertimbangkan pada S.L.S. (keadaan batas kelayanan).

d. Pengaruh Pratekan

Selain dari pengaruh primer, pratekan menyebabkan pengaruh sekunder dalam komponen tertahan dan struktur tidak tertentu, untuk penentuan pengaruh dari pratekan dalam struktur tidak tertentu adalah cara beban ekuivalen dimana gaya tambahan pada beton akibat kabel pratekan dipertimbangkan sebagai beban luar.

e. Tekanan Tanah

- Keadaan aktif

$$\sigma = \gamma * z * \tan^2(45-(\phi / 2)) - 2 * c * \tan (45-(\phi / 2))$$
- Keadaan pasif

$$\sigma = \gamma * z * \tan^2(45+(\phi / 2)) + 2 * c * \tan (45+(\phi / 2))$$

2. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak, dan pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan ditinjau dalam dua macam, yaitu beban “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

Beban Lajur “D”

Beban terbagi rata = UDL/*uniformly Distribute Load* mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$q = 8,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{ untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \dots\dots\dots \text{ untuk } L > 30 \text{ m}$$

dimana :

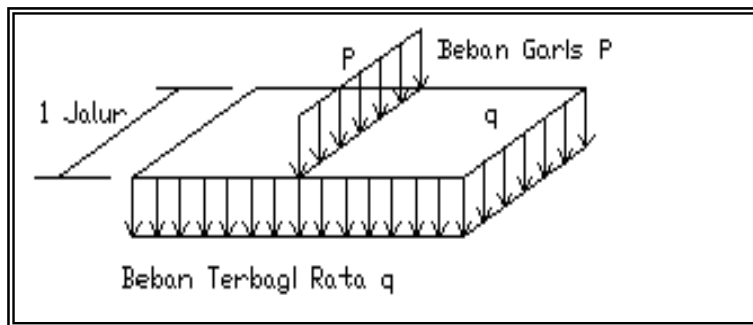
L = panjang (meter), ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan

kPa = kilo paskal per jalur

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

Beban garis = *KEL/Knife Edge Load* dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas P adalah 44,0 kN/m.

Beban UDL dan KEL bisa digambarkan seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Beban “D”

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

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

Beban Truk “T”

Hanya satu truk yang harus ditempatkan dalam tiap lajur lalu lintas rencana untuk panjang penuh dari jembatan. Beban Truk “T” harus ditempatkan ditengah lajur lalu lintas. Jumlah maksimum lajur lalu lintas diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.18. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Jenis Jembatan	Lebar Jalan Kendaraan Jembatan (meter)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana
Lajur Tunggal	4.0 – 5.0	1

Faktor Beban Dinamik

Faktor beban dinamik (DLA) berlaku pada beban “KEL”, beban lajur “D”, dan beban truk “T” untuk simulasi kejut dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Faktor beban dinamik adalah untuk S.L.S dan U.L.S dan untuk semua bagian struktur sampai pondasi. Untuk beban truk “T” nilai DLA adalah 0,3, untuk beban garis “KEL” nilai DLA diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.19. Faktor Beban Dinamik Untuk “KEL” lajur “D”

Bentang Ekuivalen L_E (m)	DLA (untuk kedua keadaan batas)
$L_E < 50$	0,4
$50 < L_E < 90$	$0,525 - 0,0025 L_E$
$L_E > 90$	0,3

Sumber: BMS-1992

Catatan:

1. Untuk bentang sederhana L_E = panjang bentang aktual
2. Untuk bentang menerus L_E = $L_{rata-rata} * L_{maksimum}$

Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada lantai kendaraan.

Pembebanan untuk Pejalan Kaki

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

Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan

Pilar yang mendukung jembatan yang melintas jalan raya, jalan kereta api dan navigasi sungai harus direncanakan mampu menahan beban tumbukan. Kalau tidak, bisa direncanakan dan dipasang pelindung.

3. Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan adalah beban-beban akibat pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa, dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam tata cara ini didasarkan pada analisa statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat.

Penurunan

Jembatan direncanakan agar menampung perkiraan penurunan total dan diferensial sebagai S.L.S.

Gaya Angin

Luas ekivalen diambil sebagai luas pada jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus yang dibatasi oleh unsur rangka terluar. Tekanan angin rencana (kPa) diberikan dalam tabel 2.16 BMS 1992 pada lampiran

Gaya Apung

Pengaruh gaya apung harus termasuk pada gaya aliran sungai kecuali diadakan ventilasi udara. Perhitungan berikut harus dipertimbangkan bila pengaruh gaya apung diperkirakan :

- Pengaruh gaya apung pada bangunan bawah dan beban mati bangunan atas
- Pengadaan sistem pengikat jangkar untuk bangunan atas
- Pengadaan drainase dari sel dalam

Gaya Yang Diakibatkan Oleh Suhu

Perubahan merata dalam suhu jembatan menghasilkan perpanjangan atau penyusutan seluruh panjang jembatan. Gerakan tersebut umumnya kecil di Indonesia, dan dapat diserap oleh perletakan dengan gaya cukup kecil. Yang disalurkan ke bangunan bawah oleh bangunan atas dengan bentang 100 m atau kurang.

Gaya gempa

Jembatan yang akan dibangun didaerah rawan gempa bumi harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh gempa bumi tersebut. Pengaruh gempa bumi pada jembatan diperhitungkan senilai dengan pengaruh horizontal yang bekerja pada titik berat konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dalam arah yang paling berbahaya. Gaya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = E \cdot G_p$$

Dimana :

K = Gaya horizontal akibat gempa

E = Koefisien gempa

G_p = Muatan mati dari struktur yang ditinjau

Aliran Air ,Benda hanyutan ,dan Tumbukan dengan Batang Kayu

Gaya seret nominal *ultimate* dan daya layan pada pilar akibat aliran air tergantung pada kecepatan sebagai berikut:

$$T_{\text{eff}} = 0,5 C_D (V_s)^2 A_D \dots\dots\dots \text{kN}$$

Dimana :

V_s = kecepatan air rata-rata (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_D = koefisien seret

A_D = luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran (m^2) dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran.

Bila pilar tipe dinding membuat sudut dengan arah aliran, maka gaya angkat melintang akan semakin besar. Harga nominal dari gaya-gaya ini, dalam arah tegak lurus gaya, seret adalah :

$$T_{\text{eff}} = 0,5 C_L (V_s)^2 A_L \dots\dots\dots \text{kN}$$

Dimana :

V_s = kecepatan air rata-rata (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_L = koefisien angkat

A_L = luas proyeksi pilar sejajar arah aliran (m^2) dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran.

4. Kombinasi Beban Rencana

Umum

Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama, apakah itu biasa atau berkurang. Di sini keadaan paling berbahaya harus diambil.

Pengaruh Umur Rencana

Faktor beban untuk keadaan batas *ultimate* didasarkan kepada umur rencana jembatan 50 tahun. Untuk jembatan dengan umur rencana berbeda, faktor beban *ultimate* harus diubah dengan menggunakan faktor pengali.

Kombinasi untuk Aksi Tetap

Seluruh aksi tetap untuk jembatan tertentu diharapkan bekerja bersama-sama. Akan tetapi apabila aksi tetap bekerja mengurangi pengaruh total, kombinasi beban harus diperhitungkan dengan memperhitungkan adanya pemindahan aksi tersebut, apabila pemindahan tersebut bisa diterima.

Perubahan Aksi Tetap terhadap Waktu

Beberapa aksi tetap seperti beban mati tambahan, penyusutan dan rangkai, pengaruh tegangan, dan pengaruh penurunan bisa berubah perlahan-lahan berdasarkan pada waktu.

Kombinasi pada Keadaan Batas Daya Layan

Terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu aksi *transient*. Pada keadaan batas daya layan, lebih dari satu aksi *transient* bisa terjadi secara bersamaan.

Kombinasi Pada Keadaan Batas Ultimate

Terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu aksi *transient*. Pada keadaan batas *ultimate*, tidak diadakan aksi *transient* lain untuk kombinasi dengan aksi gempa. Hanya satu aksi pada tingkat daya layan yang dimasukkan pada kombinasi pembebanan.

Kombinasi beban yang dipakai bisa bermacam-macam seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.20. Kombinasi Beban yang Lazim untuk Keadaan Batas

AKSI	Kombinasi Beban											
	Daya Layan						Ultimate					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1. Aksi Tetap: berat sendiri beban mati tambahan penyusutan, rangkai prategang pengaruh pelaksanaan tetap tekanan tanah penurunan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
2. Aksi <i>Transien</i> : beban lajur "D", atau beban truk "T"	x	o	o	o	o		x	o	o	o		
3. gaya rem, atau gaya sentrifugal	x	o	o	o	o		x	o	o	o		
4. beban pejalan kaki		x						x				
5. Gesekan pada perletakan	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
6. Pengaruh temperatur	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
7. Aliran/hanyutan/tumbukan dan hidrostatik/apung	o		o	x	o	o			x	o		o
8. Beban angin			o	o	x	o			o	x		o
9. Aksi lain: gempa											X	
10. Beban tumbukan												
11. Pengaruh getaran	x	x										
12. Beban pelaksanaan						x						x

Sumber : BMS 1992

Keterangan:

x = untuk kombinasi tertentu adalah memasukkan faktor daya layan dan beban *ultimate* secara penuh

o = memasukkan harga yang sudah diturunkan

2.6.1. Struktur Atas Jembatan (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas, orang, atau lainnya, yang kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah.

Struktur atas jembatan terdiri dari :

1. Sandaran

Merupakan konstruksi pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan sehingga memberi rasa aman bagi pengguna jalan. Tiang sandaran dibuat dari konstruksi beton bertulang dengan penampang persegi. Prinsip perhitungan konstruksi ini seperti pada perhitungan kolom.

2. Trotoar

Konstruksi trotoar direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan.

3. Pelat Lantai

Pelat lantai berfungsi sebagai lapisan penahan perkerasan. Plat lantai dianggap tertumpu pada dua sisi.

- ✦ Pembebanan pada pelat lantai
- ✦ Beban mati (berat sendiri plat, berat perkerasan, berat air hujan)
- ✦ Beban hidup (muatan "T")
- ✦ Perhitungan momen
- ✦ Penulangan pelat lantai

4. Balok *Diafragma*

Balok *diafragma* adalah balok melintang yang terletak diantara balok induk atau balok memanjang yang satu dengan yang lain. Konstruksi ini berfungsi sebagai pengaku gelagar memanjang dan tidak berfungsi menahan beban luar apapun kecuali berat sendiri diafragma.

5. Balok Memanjang

Merupakan gelagar utama yang berfungsi untuk menahan beban-beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkannya ke pangkal-pangkal jembatan. Terdapat berbagai macam tipe balok utama yang dapat digunakan pada konstruksi jembatan. Pedoman yang dapat digunakan untuk pemilihan balok utama yaitu :

- 1) Pada dasarnya balok beton bertulang digunakan
- 2) Pada kondisi berikut balok beton bertulang tidak cocok digunakan :
 - a. Dilokasi pembangunan jembatan tidak memungkinkan dibuat jembatan dari beton bertulang karena tidak tersedianya tempat pelaksanaan,

tempat pemasangan perancah, atau jadwal perencanaan tidak memungkinkan

- b. Bentang jembatan melebihi 20,00 meter
- c. Tinggi pilar + 1/3 kedalaman pondasi melebihi 15,00 meter
- d. Daya dukung tanah mono-aksial dipermukaan $q_u < 0,5 \text{ kg/cm}^2$

- 3) Untuk bentang jembatan diatas 30,00 meter gelagar dianjurkan menggunakan beton prategang. Tetapi untuk jembatan yang mencengnya (*skew angle*) kurang dari 50° gelagar dianjurkan menggunakan baja
- 4) Untuk bentang jembatan antara 30,00 - 60,00 meter, dianjurkan menggunakan baja komposit. Apabila sudut kemencengannya kurang dari 50° menggunakan baja non komposit
- 5) Untuk bentang melebihi 60,00 meter jembatan rangka atau lengkung lebih cocok
- 6) Untuk bentang melebihi 80,00 meter dapat menggunakan jembatan struktur rangka
- 7) Apabila H mencapai 15 meter dan bentang mencapai 20,00 meter, dianjurkan menggunakan gelagar beton prategang
- 8) Apabila H melebihi 15,00 meter, dianjurkan menggunakan gelagar baja
- 9) Apabila daya dukung tanah mono-aksial $q_u < 0,50 \text{ kg/cm}^2$, dianjurkan menggunakan gelagar baja

6. *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. Tipe dan kelas jalan maupun jembatan
- b. Volume lalu lintas
- c. Tebal perkerasan

2.6.3. Struktur Bawah Jembatan (*Sub Structure*)

Struktur bawah jembatan terdiri dari :

1. Pangkal jembatan (*abutment*)

Abutment berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari timbunan jalan pendekat ke bangunan atas jembatan. *Abutment* dapat dikategorikan menurut cara pengadaan peralihan tersebut. (BMS Section 3.1.2). Terdapat tiga jenis umum *abutment*, yaitu :

- 1) *Abutment* tembok penahan

Dinamakan demikian karena timbunan jalan tertahan dalam batas-batas pangkal dengan tembok penahan yang didukung oleh pondasi

2) *Abutment* kolom “*Spill – Through*”

Dinamakan demikian karena timbunan diijinkan berada dan melalui portal *abutment* yang sepenuhnya tertanam dalam timbunan. Portal dapat terdiri dari balok kepala dan tembok kepala yang didukung oleh rangkaian kolom-kolom pada pondasi atau secara sederhana terdiri dari balok kepala yang didukung langsung oleh tiang-tiang

3) *Abutment* tanah bertulang

Abutment jenis ini adalah sistem paten yang memperkuat timbunan agar dapat menjadi bagian *abutment*

2. Pondasi

Pondasi berfungsi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan.

Pada kedalaman dibawah 5,0 meter bahaya korosi dianggap tidak ada.

Prosedur pemilihan tipe pondasi disajikan sebagai berikut :

1. Pada lapisan tanah keras berkisar 5,0 meter dari permukaan air atau permukaan tanah pondasi langsung dapat digunakan
2. Apabila tanah keras berada antara 5,0 meter – 15,0 meter dibawah permukaan tanah, pondasi dapat digunakan tiang beton bertulang atau beton prategang atau tiang bor. Tiang pancang beton prategang digunakan apabila tiang pancang beton bertulang tidak dapat dipancang.
3. Apabila formasi tanah keras berada pada kedalaman 15,0 meter – 30,0 meter, pondasi digunakan tiang pancang baja atau tiang bor. Tiang pancang baja biasanya ekonomis apabila q_u dibawah $0,05 \text{ kg/cm}^2$.
4. Apabila formasi tanah keras melebihi kedalaman 30,0 meter, pondasi tiang pancang baja lebih sesuai digunakan, atau tiang bor dapat juga dipertimbangkan.

Apabila kedalaman air lebih dari 5,0 meter beberapa alternatif berikut dapat dipergunakan :

1. Apabila tanah keras ada pada kedalaman dibawah 7,0 meter pondasi langsung atau pondasi sumuran dapat digunakan.
2. Pada kedalaman tanah keras mencapai 30,00 meter dibawah permukaan tanah, pondasi caisson dengan tekanan udara (pneumatic caisson) dapat digunakan.

3. Apabila kedalaman tanah keras berada dibawah lebih dari 30,00 meter pondasi caisson tekanan udara dapat digunakan. Pada kondisi pelaksanaan yang berdampingan, pondasi tiang pancang dapat digunakan dibanding tiang bor.

Tabel 2. 21. Dimensi Pondasi Tipikal dan Beban Rencana Keadaan Batas Ultimate

Butir	Pondasi Langsung	Pondasi Sumuran	Tiang Pancang			
			Tiang Baja H	Tiang Baja Pipa	Tiang Beton Bertulang Pracetak	Tiang Beton Pracetak Prategang
Diameter Nominal (mm)	-	3000	100 x 100 - 400 x 400	300 -600	300 -i 600	400 - 600
Kedalaman Maksimum (m)	5	15	~	~	30	60
Kedalaman Optimum (m)	0,3 - 3	7- 9	7 - 40	7- 40	12- 15	18 - 30
Beban Maksimum ULS (kN) untuk keadaan biasa	20000+	20000+	3750	3000	1300	13000
Variasi optimum beban ULS (kN)	-	-	500 -1500	600 - 1500	500 - 1000	500 - 5000

Sumber : BMS-1992

2.6.4. Perencanaan Struktur Perkerasan Jalan Pendekat

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi lapis pondasi agregat (*sub base course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*).

Ada beberapa parameter yang digunakan dalam penentuan struktur perkerasan jalan, yaitu :

1. Koefisien Distribusi Kendaraan (c)

Koefisien Distribusi Kendaraan (c) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar Tabel 2.22.

Tabel 2. 22. Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

2. 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

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

➤ Angka Ekuivalen Sumbu Ganda

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

➤ Angka Ekuivalen Tiga Sumbu

$$= 0,053 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right)^4$$

3. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekuivalen

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 median.

b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times c_j \times E_j$$

c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

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

d. Lintas Ekuivalen Tengan (LET)

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

e. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times FP$$

Faktor penyesuain (FP) ditentukan dengan rumus $FP = UR/10$