BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Jembatan adalah bangunan yang membentangi sungai, jalan, saluran air, jurang dan lain sebagainya, untuk menghubungkan kedua tepi yang dibentangi itu agar orang dan kendaraan dapat menyeberang.

Struktur jembatan yang berfungsi paling tepat untuk suatu lokasi tertentu adalah yang paling baik memenuhi pokok-pokok berikut :

1. Kekuatan dan stabilitas structural
2. Kelayanan
3. Keawetan
4. Kemudahan pelaksanaan
5. Ekonomis
6. Keindahan estetika

Struktur jembatan terdiri dari struktur atas, struktur bawah dan pondasi. Didalam pemilihan tipe maupun ukuran dari struktur jembatan tesebut dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain:

1. Aspek lalu lintas
2. Aspek geometri
3. Aspek tanah
4. Aspek Topografi
5. Aspek hidrologi
6. Aspek perkerasan
7. Aspek konstruksi

2.2 ASPEK LALU LINTAS

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jembatan ditinjau dari segi lalu lintas, antara lain :

1. Nilai konversi kendaraan
2. Klasifikasi menurut kelas jalan
3. Lalu lintas harian rata-rata
4. Volume lalu lintas
5. Kapasitas jalan
6. Derajat kejenuhan

2.2.1 Nilai Konversi Kendaraan

Nilai konversi kendaraan merupakan koefisien yang digunakan untuk mengekuivalensi berbagai jenis kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) dimana detail nilai smp dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No. 036/T/BM/1997. Nilai konversi dari berbagai jenis kendaran dilampirkan seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1- Ekuivalen Mobil Penumpang (smp)

No	Jenis Kendaaan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-up, bus kecil, truk kecil	1,2-2,4	1,9-3,5
3	Bus dan truk besar	1,2-5,0	2,2-6,0

Tabel 2.2-Ekuivalen Kendaraan Penumpang untuk Jalan Dua Lajur Dua Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)	Emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
					<6	6-8	>8
Datar	0	1.2	1.2	1.8	0.8	0.6	0.4
	800	1.8	1.8	2.7	1.2	0.9	0.6
	1350	1.5	1.6	2.5	0.9	0.7	0.5
	≥1900	1.3	1.5	2.5	0.6	0.5	0.4
Bukit	0	1.8	1.6	5.2	0.7	0.5	0.3
	650	2.4	2.5	5.0	1.0	0.8	0.5
	1100	2.0	2.0	4.0	0.8	0.6	0.4
	≥1600	1.7	1.7	3.2	0.5	0.4	0.3

Gunung	0	3.5	2.5	6.0	0.6	0.4	0.2
	450	3.0	3.2	5.5	0.9	0.7	0.4
	900	2.5	2.5	5.0	0.7	0.5	0.3
	≥1350	1.9	2.2	4.0	0.5	0.4	0.3

Tabel 2.3 -Ekuivalen Kendaraan Penumpang untuk Jalan Empat Lajur Dua Arah (4/2)

Tipe Alinyemen	Arus Total		Emp			
	Jalan Terbagi per arah (kend/jam)	Jalan Tak Terbagi-total (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1.2	1.2	1.6	0.5
	1000	1700	1.4	1.4	2.0	0.6
	1800	3250	1.6	1.7	2.5	0.8
	≥2150	≥3950	1.3	1.5	2.0	0.5
Bukit	0	0	1.8	1.6	4.8	0.4
	750	1350	2.0	2.0	4.6	0.5
	1400	2500	2.2	2.3	4.3	0.7
	≥1750	≥3150	1.8	1.9	3.5	0.4
Pegunungan	0	0	3.2	2.2	5.5	0.3
	550	1000	2.9	2.6	5.1	0.4
	1100	2000	2.6	2.9	4.8	0.6
	≥1500	≥2700	2.0	2.4	3.8	0.3

Keterangan :

MHV : Kendaraan Berat Menengah

LB : Bus Besar

LT : Truk Besar

MC : Sepeda Motor

Untuk Kendaraan Ringan (LV), nilai emp selalu 1.0 untuk semua jenis kendaraan.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya didasarkan pada kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan Ton. Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota tahun 1997, Klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.4 - Klasifikasi Merurut Kelas Jalan

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

2.2.3 Pertumbuhan Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah jmlah kendaraan yang melewati satu titik dalam satu ruas dengan pengamatan selama satu tahun dibagi 365 hari. Besarnya LHR akan digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan evaluasi lalu lintas pada masa yang akan datang. Untuk memprediksi volume LHR pada tahun rencana digunakan metode eksponensial dan metode regresi linier :

1. Metode Eksponensial :

   Persamaan eksponensial

   $LHR_n = LHR_0 (1+i)^n$

   Dengan : $i = 100 \times \sqrt[n]{\frac{LHR_n}{LHR_0}} - 1$

   Dimana : LHR_n = Lalu lintas harian rata-rata akhir

   LHR_0 = Lalu lintas harian rata-rata awal

   i = Angka pertumbuhan lalu lintas

   n = Umur rencana

   Metode Regresi Linier

   Persamaan regresi

   $Y = a + b (X)$

   Koefisien determinasi $r^2 = \frac{b \cdot \{n\Sigma X_i Y_i - (\Sigma X_i) \cdot (\Sigma Y_i)\}}{n\Sigma Y_i^2 - (\Sigma Y_i)^2}$

   dimana :

   Y = Data berkala (*time series data*)

   a dan b = Konstanta awal regresi

   X = Waktu (tahun)

n = Jumlah data

a = $\left(\Sigma Y * \Sigma X^2 - \Sigma X * \Sigma XY\right) / \left[n\left(\Sigma x^2\right) - \left(\Sigma X\right)^2\right]$

b = $\left(n * \Sigma XY - \Sigma X * \Sigma Y\right) / \left[n\left(\Sigma X^2\right) - \left(\Sigma X\right)^2\right]$

Persamaan regresi dapat digunakan sebagai acuan dalam peramalan jika hubungan antara variabel sempurna atau mendekati sempurna yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi, koefisien determinasi bernilai 0 ~ 1 korelasi dapat diterima jika nilai koefisiennya 1 (satu) atau mendekati 1 (satu).

2.2.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melintasi di suatu titik pada suatu ruas jalan dengan interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Dalam perencanaan digunakan perhitungan volume puncak yang dinyatakan dalam volume per jam perencanaan. Perhitungan volume lalu lintas digunakan rumus berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No. 036/t/bm/1997.

$$Q_{DH} = LHRT * k$$

Keterangan :

Q_{DH} = volume lalu lintas jam puncak, digunakan untuk perencanaan

k = faktor peubah dari LHRT ke lalu lintas jam puncak.

LHRT = lalu lintas harian rata-rata tahunan

2.2.5 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per satuan jam yang meliwati suatu titik pada suatu ruas jalan dalam kondisi yang ada. Besarnya kapasitas jalan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut :

$$C = Co * FC_W * FC_{SP} * FC_{SF}$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

Co = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.5 - Kapasitas Dasar (Co)

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar	
Empat lajur Terbagi	Datar Bukit Gunung	1900 1850 1800	Smp/jam/lajur Smp/jam/lajur Smp/jam/lajur
Empat Lajur tak Terbagi	Datar Bukit Gunung	1700 1650 1600	Smp/jam/lajur Smp/jam/lajur Smp/jam/lajur
Dua lajur tak terbagi	Datar Bukit Gunung	3100 3000 2900	Smp/jam/total kedua arah Smp/jam/total kedua arah Smp/jam/total kedua arah

Tabel 2.6 - Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_W)

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu lintas (m)		FCw
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	3.00 3.25 3.50 3.75	0.91 0.96 1.00 1.03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	3.00 3.25 3.50 3.75	0.91 0.96 1.00 1.03
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00 11.00	0.69 0.91 1.00 1.08 1.15 1.21 1.27

Tabel 2.7 - Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FC_{SP})

Pemisah Arah (% - %)		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

Untuk jalan terbagi dan jalan satu arah, faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah tidak dapat diterapkan dan bernilai 1,0.

Tabel 2.8 - Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{SF})			
		Lebar Bahu Efektif Ws			
		≤0.5	1.0	1.5	≥2.0
4/2 D	Very low	0.99	1.00	1.01	1.03
	Low	0.96	0.97	0.99	1.01
	Medium	0.93	0.95	0.96	0.99
	High	0.90	0.92	0.95	0.97
	Very high	0.88	0.90	0.93	0.96
2/2 UD 4/2 UD	Very low	0.97	0.99	1.00	1.02
	Low	0.93	0.95	0.97	1.00
	Medium	0.88	0.91	0.94	0.98
	High	0.84	0.87	0.91	0.95
	Very high	0.80	0.83	0.88	0.93

2.2.6 Derajat Kejenuhan *(Degree of Saturation)*

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai ratio arus lalu lintas terhadap kepasitas jalan, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu lintas pada suatu simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan akan menunjukkan apakah segmen jalan itu akan mempunyai suatu masalah dalam kapasitas atau tidak. Besarnya nilai derajat kejenuhan ditunjukkan pada rumus berikut :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

dimana :

Q : volume lalu lintas yang melewati suatu segmen jalan per satuan waktu (smp/jam)

C : kapasitas jalan (smp/jam)

Keterangan :

- DS > 0,75 …… Tidak Lancar
- 0,65 < DS <0,75 ……. Kurang lancar
- DS < 0,65 ……. Lancar

Nilai DS tidak boleh melebihi angka 1 , karena jika nilai DS lebih dari 1 maka akan terjadi masalah yang serius kerena pada jam puncak rencana, arus lalu lintas yang ada akan melebihi nilai kapasitas jalan dalam menampung arus lalu lintas. Nilai DS yang paling ideal adalah dibawah angka 0,75 *(MKJI 1997 hal 6-25)*.

2.3 ASPEK GEOMETRI

Dalam perencanaan jalan raya bentuk geometri jalan harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal pada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Untuk itu perlu diperhatikan batasan-batasan yang telah ditentukan Bina Marga.

Perencanaan geometri dapat dibedakan dalam dua tahap :

1. Alinyemen Horisontal
2. Alinyemen Vertikal

2.3.1 Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal merupakan proyeksi sumbu tegak lurus bidang horisontal yang terdiri dari susunan garis lurus dan garis lengkung. Perencanaan geometri pada bagian lengkung harus diperhatikan karena bagian ini dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat melewati tikungan dan gaya tersebut cenderung melempar kendaraan ke arah luar.

Pada bagian lurus dan lengkungan biasanya disisipkan lengkung peralihan. Lengkung peralihan ini berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen dari

bentuk lurus sampai ke bagian lengkungan sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berada di tikungan berubah secara berangsur-angsur.

Besarnya jari-jari minimum (Rmin) lengkung pada alinyemen horisontal dapat dicari dengan rumus :

$$R = \frac{V^2}{127(e_{maks} + f_m)}$$

dimana :

V=Vr = kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = kemiringan melintang maksimum

fm = koefisien geser melintang

untuk Vr < 80 km/jam nilai fm = -0,00065*Vr + 0,192

untuk Vr antara 80 – 112 km/jam fm = -0,00125*Vr + 0,24

Besarnya jari-jari yang digunakan untuk merencana (Rc) harus lebih besar atau sama dengan jari-jari minimum. (Rc ≥Rmin)

Terdapat tiga macam aplikasi lengkung pada perencanaan alinyemen horisontal yaitu :

a. Full Circle

Tipe lengkung ini tidak memerlukan lengkung peralihan dan pada umumnya dipakai pada daerah dataran dan mempunyai jari-jari yang besar. Besarnya jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.9 - Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_R(km/jam)	120	100	80	60	50	40	60	20
R_{min}(m)	2500	1500	900	500	350	250	130	6

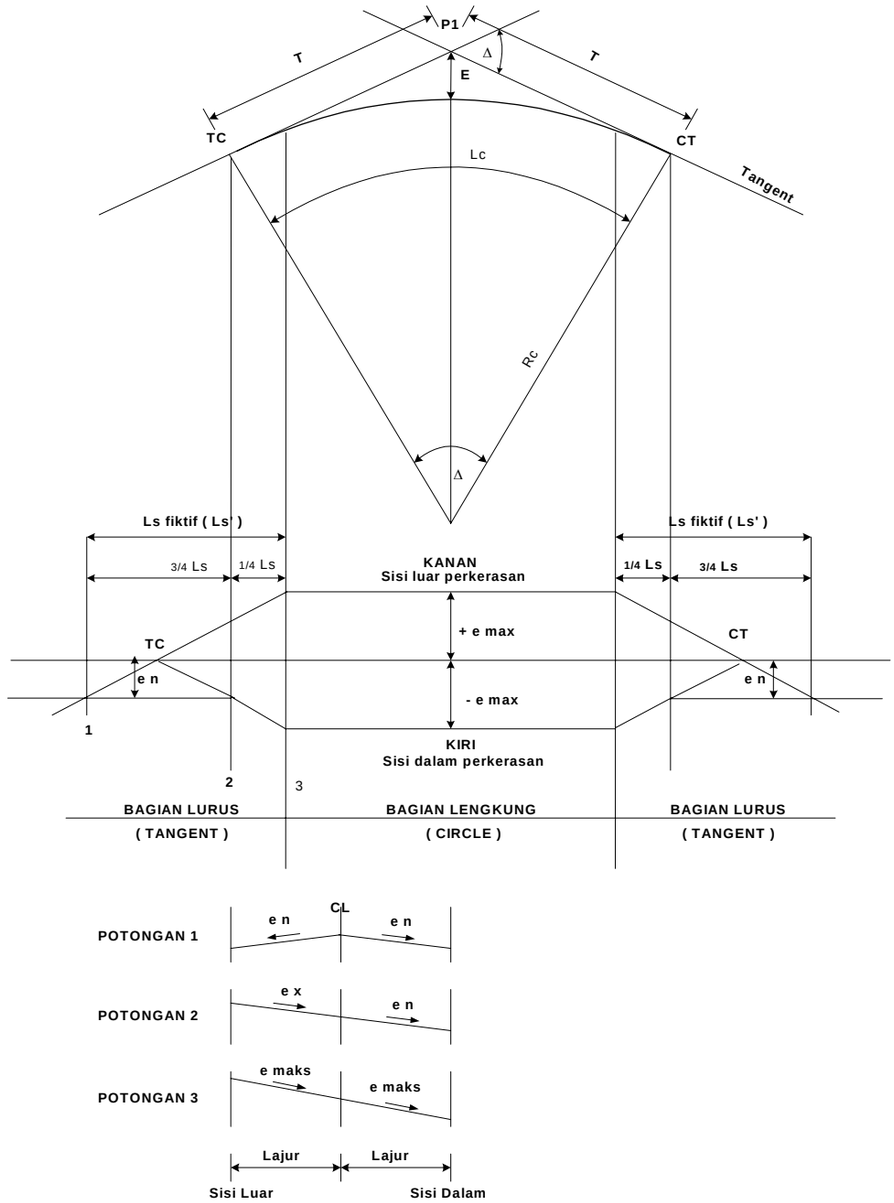
Rumus-rumus yang digunakan :

$$T = Rc \times \tan(\Delta / 2)$$

$$E = T \times \tan(\Delta / 4) = \sqrt{Rc^2 + T^2} - Rc = Rc \times (\sec \Delta / 2 - 1)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360^0} \times 2\Pi Rc = 0.01745 \times \Delta \times Rc$$

$$Lt = Lc$$



Gambar 2.1 – Bentuk tikungan Full Circle

Keterangan gambar :

PI = Point of intersection

Rc = jari jari circle (m)

Δ = Sudut tangen

TC = tangen circle, titik perubahan dari tangen ke circle

CT = circle tangen, titik perubahan dari circle ke tangen

T = jarak antara TC dan PI atau sebaliknya (m)

Lc = panjang bagian lengkung circle (m)

E = jarak PI ke lengkung circle

b. Spiral Circle Spiral

Pada tikungan jenis ini dari arah tangen ke arah circle memiliki spiral yang merupakan transisi dari bagian luar ke bagilan circle. Adanya lengkung spiral merupakan lengkung transisi pada alinyemen horisontal yang berfungsi sebagai pangantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur. Pada bagian ini terjadi gaya sentrifugal dari nol sampai dengan maksimum sewaktu kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung.

Rumus rumus yang digunakan

$$Ls = 0.022 \times \frac{Vr^3}{R \times C} - 2.727 \times \frac{Vr \times e}{C}$$

$$\theta s = 28.648 \times \frac{Ls}{Rc}$$

$$Xc = Ls\left[1 - \frac{Ls^2}{40Rc^2} + \frac{Ls^4}{3456Rc^4} - \frac{Ls^6}{599040Rc^6} + ...\right]$$

$$Yc = \frac{Ls^2}{6Rc}\left[1 - \frac{Ls^2}{56Rc^2} + \frac{Ls^4}{7040Rc^4} - \frac{Ls^6}{1612800Rc^6} + ...\right]$$

$$S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\alpha = \Delta - 2\theta s$$

$$Lc = Rc \times \pi \times \alpha / 180$$

$$\Delta Rc = Yc + Rc\ (\cos\ \theta s - 1)$$

$$E = \left[\frac{Rc + \Delta Rc}{\cos \Delta / 2}\right] - Rc$$

$$Xm = X - Rc \sin \theta s$$

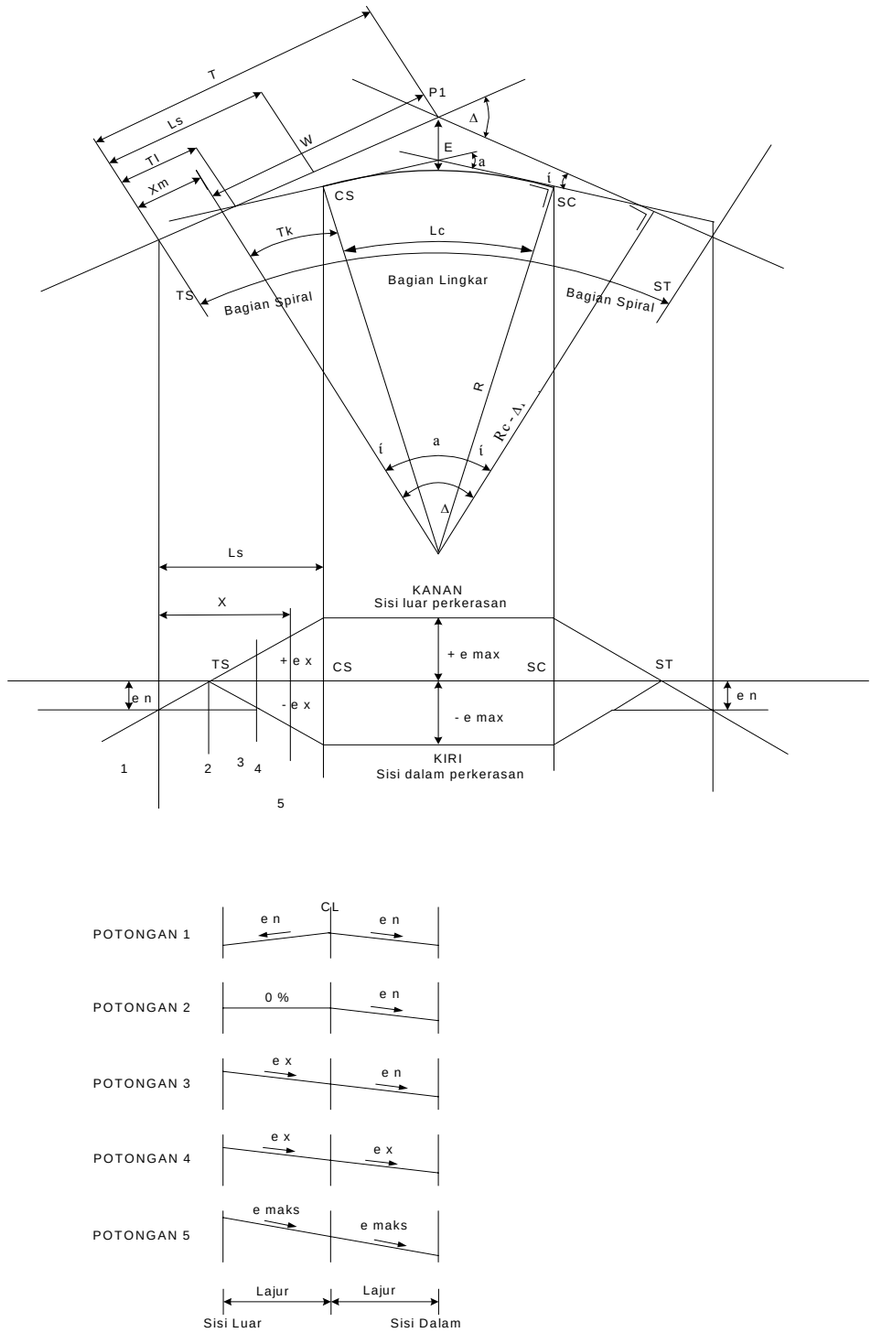
$$W = (Rc + \Delta Rc) tg(\Delta / 2)$$

$$T = Xm + W$$

$$TL = x - y \times ctg\theta s$$

$$Tk = \frac{y}{\sin \theta s}$$

$$Lt = 2Ls + Lc$$



Gambar 2.2 – Bentuk Tikungan Spiral circle spiral

Keterangan gambar :

PI = Point of intersection, titik perpotongan garis tangen utama

TS = Tangen spiral, titik awal spiral (dari tangen ke spiral)

SC = Spiral circle, titik perubahan dari spiral ke circle

ST = Spiral tangen, titik perubahan dari spiral ke tangen

Rc = Jari jari circle (m)

Lc = Panjang lengkung lingkaran

Ls = Panjang lengkung spiral

T = Panjang tangen utama

E = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung lingkaran.

TI = Panjang "tangen panjang" dari spiral

Tk = Panjang "tangen pendek " dari spiral

S. = Panjang tali busur spiral

Xm = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangen

Δ = Sudut pertemuan antara tangen utama

α = sudut pertemuan antara lingkaran dan sudut pusat lingkaran

θs = Sudut spiral

Xc, Xy = koordinat SC atau CS terhadap TS-PI atau PI-TS

c. Spiral-spiral

Pada spiral-spiral, dimana Lc = 0 atau Sc =0 adalah merupakan tikungan yang kurang baik, sebab tidak ada jarak tertentu dalam masa tikungan yang sama miringnya. Pada lengkung yang berbentuk spiral-spiral prinsipnya hampir sama dengan tipe spiral-circle-spiral, hanya disini tidak digunakan lengkung circle, Lc = 0 sehingga Lt = 2Ls.

Rumus rumus yang digunakan

$$\theta s = \frac{\Delta}{2}$$

$$Ls = \frac{2\pi}{360} \times 2\theta$$

$$Lc = 0$$

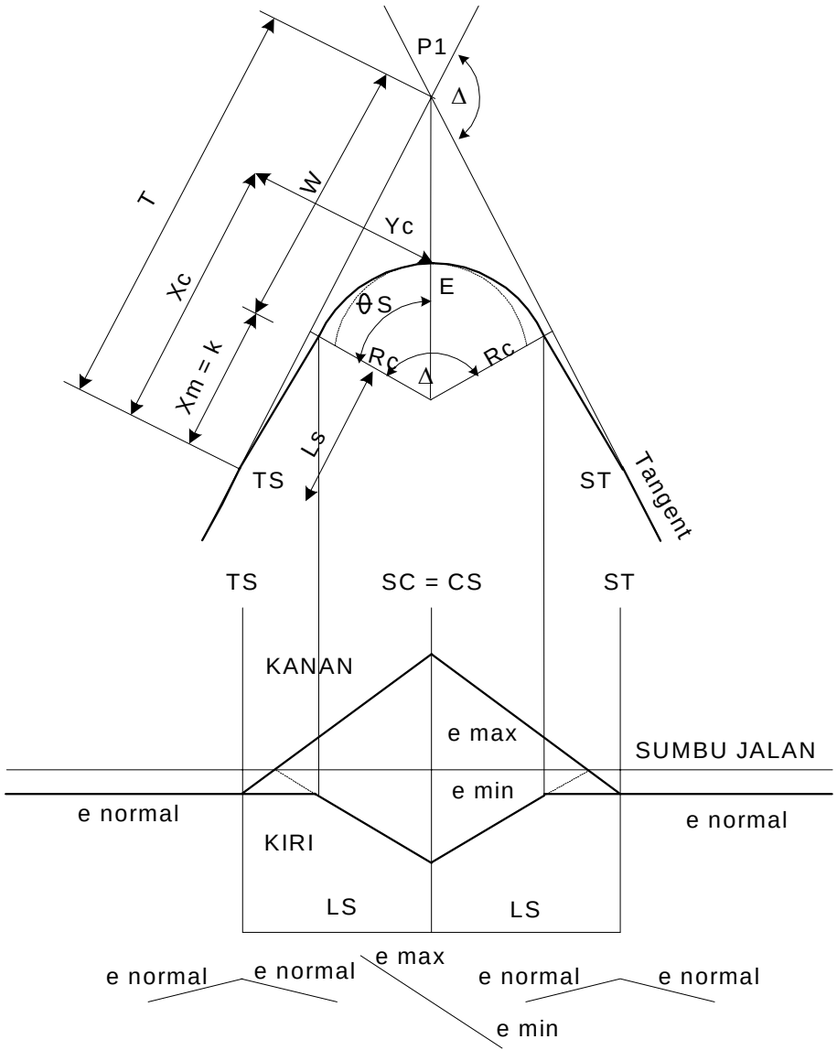
$$Lt = 2Ls$$

$$Xm = X - Rc \sin \theta s$$

$$W = (Rc + \Delta Rc) Tg(\Delta / 2)$$

$$Ts = Xm + W$$

$$Es = \left[\frac{Rc + \Delta Rc}{\cos(\Delta / 2)} \right] - Rc$$



Gambar 2.3 – Bentuk tikungan Spiral spiral

Keterangan:

PI = Point of intersection, titik perpotongan garis tangen utama

Ts = Jarak antara PI dan TS

Ls = Panjang bagian lengkung spiral

E = Jarak PI ke lengkung spiral

Δ = Sudut pertemuan antara tangen utama

θ = Sudut spiral

TS = Tangen spiral, titik awal spiral (dari tangen ke spiral)

ST = Spiral Tangen, titik kperubahan dari spiral ke tangen

Rc = jari jari circle

Xm = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangen

2.3.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis vertikal yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), landai negatif (turunan) atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.3.2.1 Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Berikut ini disajikan kelandaian maksimum untuk berbagai V_R dalam tabel :

Tabel 2.10 - Kelandaian Maksimum yang Diijinkan

VR (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Landai Maks (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel berikut :

Tabel 2.11 - Panjang Kritis (m)

Kecepatan Awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

2.3.2.2 Lengkung Vertikal

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam lengkung vertikal adalah :

3. Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :
   a. Mengurangi goncangan akibat perubahan kalandaian.
   b. Menyediakan jarak pandang henti
4. Lengkung vertikal cembung, dalam tata cara ini ditetapkan berbentuk parabola sederhana.
   a. jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung (S<L) panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L = \frac{S^2 A}{\left[\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right]^2}$$

   b. jika jarak pandangnya lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung (S>L), panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L = 2S - \frac{2\left[\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right]^2}{A}$$

   Keterangan:

   L = Panjang lengkung vertikal

   S = Jarak Pandangan

   A = Perbedaan aljabar kedua tangen g2-g1

   h_1 = tinggi mata

   h_2 = tinggi benda

   g_1 = kemiringan tangen 1

   g_2 = kemiringan tangen 2

   E = A L/800
5. Lengkung vertikal cekung

   Penentuan panjang lengkungnya didasarkan pada:
   a. faktor keamanan untuk keadaan pada malam hari yang didasarkan pada penyinaran lampu besar, diukur dengan ketentuan tinggi 0,75 meter dan berkas sinar 1 derajat. Jika jarak pandangan lebih kecil

dari panjang lengkung vertikal cekung (S<L), panjangnya ditetapkan dengan rumus :

$$L = AS^2 /(150 + 3.5S$$
$$H = 0.75 + 0.017S$$
$$A = g2 - g1$$
$$E = AL / 800$$

jika jarak pandangan lebih panjang dari panjang lengkung vertikal cekung (S>L), panjangnya ditetapkan dengan rumus:

$$L = 2S - (150 + 3.5S) / A$$

b. Faktor kenyamanan yang didasarkan pada pengaruh gaya berat oleh gaya sentripetal. Panjang lengkung vertikal :

$$L = \frac{AV^2}{1300}$$
$$A = g2 - g1$$

Keterangan :

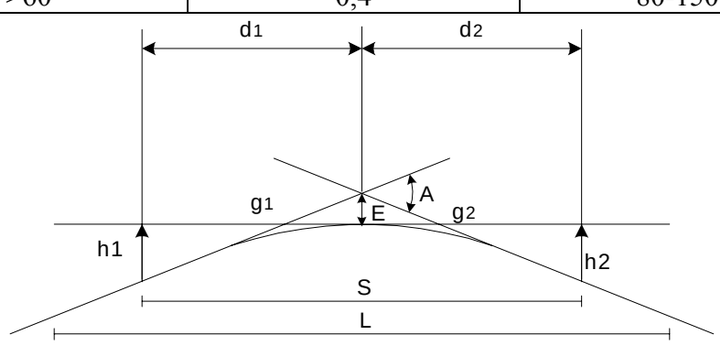
V = kecepatan rencana

A = Percepatan sentripetal

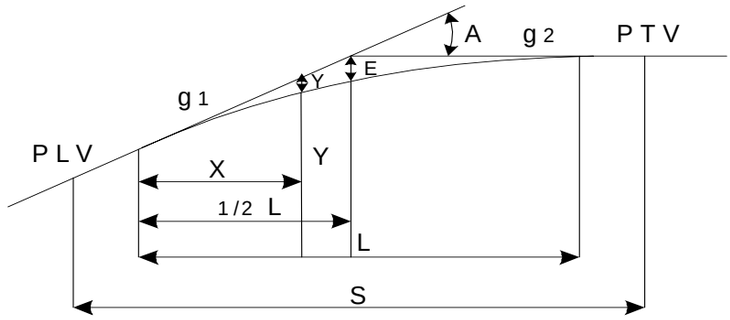
6. Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan dan jarak pandang.

Tabel 2.12 – Panjang minimum lengkung vertikal

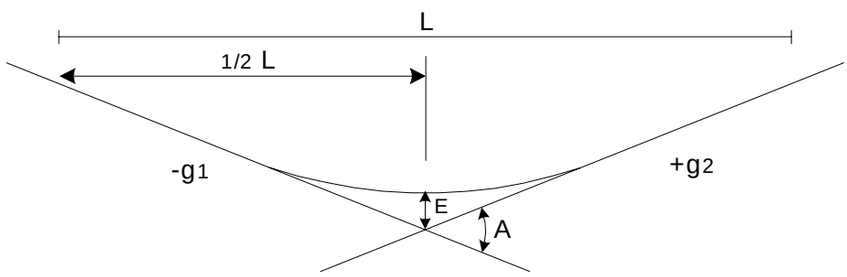
Kecepatan rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang lengkung (m)
<40	1	20-30
40-60	0,6	40-80
>60	0,4	80-150



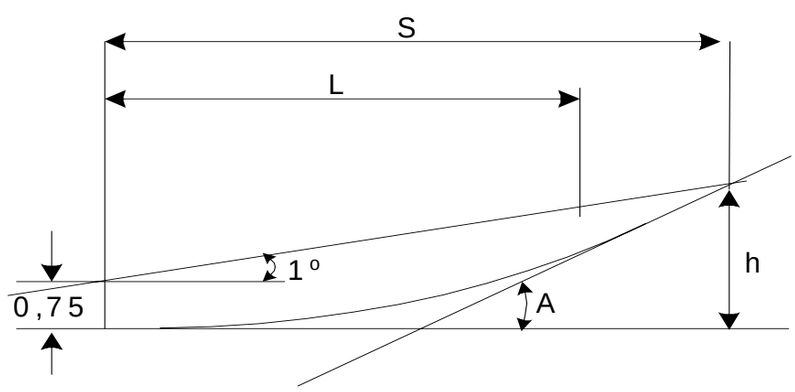
Gambar 2.4 – Lengkung Vertikal Cembung dengan S<L



Gambar 2.5 – Lengkung Vertikal Cembung dengan S>L



Gambar 2.6 – Lengkung Vertikal Cekung dengan S<L



Gambar 2.7 - Lengkung vertikal Cekung dengan S>L

2.3.3 Penampang Melintang

Elemen-elemen penampang melintang adalah:

a. Lebar saluran yang merupakan lebar dasar dari saluran tersebut
b. Tinggi saluran adalah tinggi muka air banjir + free board
c. Tinggi muka air adalah tinggi muka air banjir.

2.3.4 Jarak Pandang

Jarak pandangan adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yan gmembahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

2.3.4.1 Jarak Pandang Henti

Jarak pandangan henti adalah jumlah dua jarak yang dilintasi kendaraan sejak pengemudi melihat suatu obyek yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat rem diinjak dan jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan saat penggunaan rem mulai.

Tabel 2.13 - Jarak Pandang Henti Minimum

V_R(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h min(m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Jarak pandangan henti dapat dihitung dengan rumus

$$J_h = 0.694 \times V_R + 0.004 \frac{V_R^{\ 2}}{f}$$

Keterangan

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

f = koefisien gesek memanjang pekerasan jalan aspal ditetapkan 0,35-0,55

g = percepatan gravitasi (9,8 m/det^2)

2.3.4.2 Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.

Jarak pandang mendahului dapat dihitung dengan rumus :

$$J_d = d_1 \times d_2 \times d_3 \times d_4$$

Keterangan :

d1 = jarak yang di tempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula

d3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaaan yang datang dari arah berlawanan yang besarnya diambil sama dengan 2/3 d2

Tabel 2.14 - Panjang Jarak Pandang Mendahului

VR(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd(m)	800	670	550	350	250	200	150	100

2.3.4.3 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga jarak pandang henti dipenuhi

Jika Jh<Lt $$E = R\left[1 - \cos\left[\frac{90^0\, Jh}{\pi R}\right]\right]$$

Jika Jh>Lt $$E = R\left[1 - \cos\left(\frac{90^0\, Jh}{\pi R}\right)\right] + \frac{1}{2}\left[Jh - Lt\right]\sin\left[\frac{90^0\, Jh}{\pi R}\right]$$

Keterangan:

R = Jari-jari tikungan (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

2.4 ASPEK TANAH

Tinjauan aspek tanah pada perencanaan jembatan ini meliputi tinjauan terhadap data-data tanah yang ada seperti : nilai kohesi, sudut geser tanah, γ tanah, nilai *California Bearing Ratio* (*CBR*), kadar air tanah dan *void ratio* agar dapat ditentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kedalaman pondasi serta dimensinya.

Selain itu data-data tanah di atas juga dapat untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan lereng (stabilitas tanah) guna mendukung keamanan dari struktur yang akan dibuat.

Penyelidikan tanah untuk perencanaan pondasi jembatan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah (DDT) yang dilakukan dengan penyelidikan *boring* atau *sondir* di lokasi yang direncanakan sebagai lokasi abutmen.

Selanjutnya untuk mengetahui jenis, ukuran dan sifat-sifat dari tanah dilakukan pengujian tanah, baik secara visual di lapangan maupun pengetesan di laboratorium mekanika tanah.

Penyelidikan tanah untuk perencanaan pondasi jembatan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar setempat untuk perencanaan pondasi jembatan. Daya dukung tanah (DDT) dilakukan dengan penyelidikan boring atau sondir sedangkan untuk mengetahui jenis, ukuran dan sifat-sifat tanah dilakukan pengujian tanah baik dengan cara pengamatan visual di lapangan maupun dengan pengetesan tanah di laboratorium mekanika tanah. Kemudian dengan pengeboran serta pengambilan contoh tanah dari lokasi akan didapat informasi data tanah secara benar dan lebih teliti. Secara umum hal-hal yang diperlukan untuk perencanaan pondasi jembatan antara lain sebagai berikut :

- Kemampuan tanah (daya dukung tanah).
- Penurunan yang terjadi harus minimal.
- Terjadinya penurunan harus merata.
- Tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

Dalam perencanaan pondasi, besaran tanah yang harus diperhitungkan adalah daya dukung tanah dan letak lapisan tanah keras. Daya dukung tanah yang telah dihitung harus lebih besar dari beban ultimate yang telah dihitung.

Pada perhitungan pondasi digunakan analisa kapasitas daya dukung menurut Terzaghi yang disempurnakan oleh Schulteze yang mana bentuk pondasi :

- Pondasi bentuk persegi panjang

$$q_{ult} = \left(1{,}0 + 0{,}3\frac{B}{L}\right)c.Nc + D_f.\gamma_0.Nq + 0{,}4\gamma_t.B.N_\gamma$$

- Pondasi bentuk lingkaran

$$q_{ult} = 1{,}3.c.N_c + D_f.\gamma_0.N_q + 0{,}3\gamma_t.B.N_\gamma$$

Keterangan

N_c, N_q,N_γ	= bearing capacity factor (faktor daya dukung)
C	= kohesi tanah
B	= lebar pondasi
L	= Panjang pondasi
D_f	= kedalaman penanaman
$.\gamma_0$	= satuan berat tanah diatas dasar pondasi
$.\gamma_t$	= satuan berat tanah dibawah dasar pondasi.
.q	= $D_f.\ \gamma_0$
	= efective overburden pressure (tekanan timbunan tanah)

Sehubungan dengan persamaan kapasitas daya dukung tanah seperti diatas, maka γ_t kedudukan muka air tanah juga dapat dipengaruhi besarnya ultimate bearing capasity (daya dukung tanah).

Apabila muka air tanah berada tepat pada dasar pondasi maka $D_f.\ \gamma_0$ diambil dengan γ_{sub} (submerged) yaitu satuan berat tanah dalam keadaan jenuh air

$$(\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_{air})$$

Apabila muka air tanah berada diatas dasar pondasi maka :

$D_f.\gamma_0$ harus diganti dengan $\mathbf{D_{f1}.\gamma_o + D_{f2}.\gamma_{sub}}$

Keterangan :

$.\gamma_0$	= satuan berat tanah diatas muka air tanah
$.\gamma_{sub}$	= satuan beat tanah dibawah muka air tanah

Untuk menghitung perencanaan pondasi dipakai faktor keamanan yang besarnya diambil 2,0 sesuai dengan kedalaman lapisan tanah tepat berpijak pondasi. Perhitungan di atas didasarkan pada perbandingan kedalaman penanaman dan lebar pondasi (B<D<2,5B)

2.5 ASPEK HIDROLOGI

Aspek hidrologi diperlukan dalam menentukan banjir rencana sehingga akan diketahui tinggi muka air banjir melalui bentuk penampang yang telah ada. Tinggi muka air banjir ini akam mempengaruhi terhadap tinggi jembatan yang akan direncanakan.

2.5.1 Curah Hujan Rencana

Dalam hal ini digunakan metode yang tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu. Perhitungan hujan rencana ini digunakan metode Gumble.

$$X_{rt} = X_{rt} + S_x K_r$$

$$K_r = \left[0,78\left\{-\ln(-\ln(1-1/Tr))\right\} - 0,45\right]$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi - Xrata - rata)}{(n-1)}}$$

dimana:

.X_{rt} = cuah hujan rata-rata

.Kr = faktor frekuensi Gumble

.Sx = standart deviasi

.n = banyaknya data hujan

.Tr = periode ulang curah hujan

2.5.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Dalam menghitung intensitas hujan digunakan rumus Mononobe sebagai berikut

$$I = \frac{R}{24} \times \left[\frac{24}{Tc}\right]^{-0,67}$$

dimana :

I= intensitas hujan (mm/jam)

Tc = Time of consentration (jam)

R= curah hujan maksimum rencana (mm)

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

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

dimana

L = Panjang pengaliran (m)

V = kecepatan aliran (m/detik)

H = perbedaan elevasi hulu dengan elevasi hilir (m)

2.5.3 Debit Banjir Rencana

Debit rencana akibat daerah tangkapan air sungai dengan formula Retation Mononobe

Q=0,278 x C x I x A

Dimana :

C = coefisien run off

I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan air (km^2)

2.6 ASPEK TOPOGRAFI

Keadaan topografi berhubungan dengan penentuan lokasi untuk perencanaan jalan pendukung sehingga keadaan tanah dasar akan mempengaruhi bentuk geometri jalan.

2.7 ASPEK KONSTRUKSI

Aspek konstruksi berkaitan dengan pemilihan jenis struktur yan gakan digunakan yang didasarkan atas pertimbangan tertentu seperti beban yang bekerja, jenis dan kondisi tanah dan sebagainya.

2.7.1 Beban Struktur Jembatan

Dalam perencanaan struktur suatu jembatan jalan raya beban-beban dan gaya-gaya harus diperhatikan untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan yaitu :

2.7.1.1 Beban Primer

Beban primer merupakan beban utama dalam perhitungan tagangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban primer adalah :

a. Beban Mati

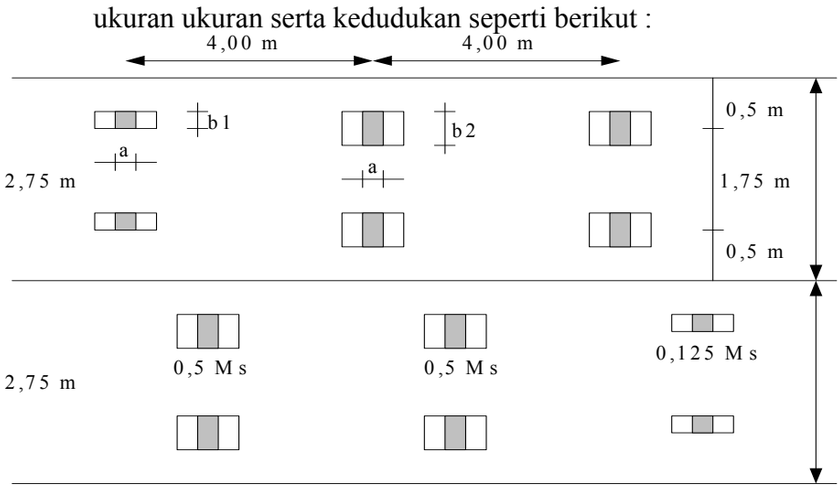
Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan.

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan bergerak / lalu lintas dan atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan yang harus ditinjau yaitu beban T yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban D yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

- Beban T

  Beban T adalah beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (dual wheel load) sebesar 10 ton dengan ukuran ukuran serta kedudukan seperti berikut :

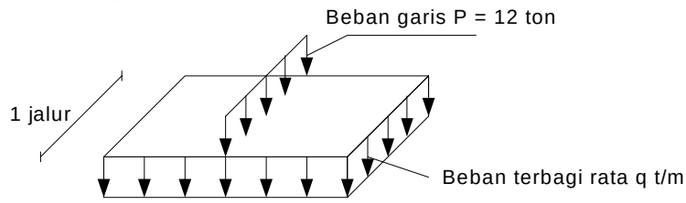


Keterangan :
a = 30 cm
b1 = 12,5 cm
b2 = 50 cm
Ms = Muatan rencana sumbu = 20 ton

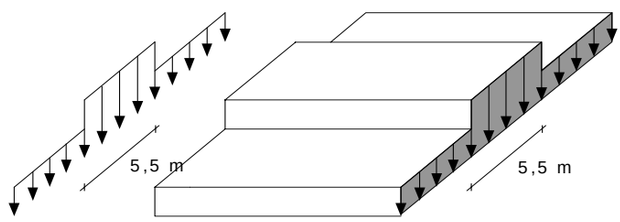
Gambar 2.8 – Beban T

- Beban D

  Beban D atau beban jalur adalah susunan beban lpada 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.



Gambar 2.9 – Beban D



Gambar 2.10 - Ketentuan Penggunaan Beban D

Besar q ditentukan sebagai berikut :

.q = 2,2 t/m' untuk L<30m

.q = 2,2 t/m' – 1,1/60 x (L-30) t/m' untuk 30m<L<60m

.q = 1,1(1+30/L)t/m'

beban hidup per meter lebar jembatan menjadi

- beban terbagi rata = q ton/meter : 2,75 meter
- beban garis = P ton : 2,75 meter

c. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran dan pengaruh dinamis lainnya, tegangan akibat beban garis "p" harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata "q" dan beban "T" tidak dikalikan dengan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

K = 1 + 20 / (50+L)

Dimana :

K = koefisien kejut

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

d. Gaya Akibat Tekanan Tanah

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan menahan tekanan tanah sesuai rumus yang ada.

2.7.1.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang meruupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban sekunder adalah :

a. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m^2 pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup. Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 meter di atas lantai kendaraan.

b. Gaya Akibat Perbedaan Suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian bagian jembatan baik yan gmenggunakan bagan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

c. Gaya Akibat Rangkak dan Susut

Pengaruh rangkak dan susut bahan beton terhadap konstruksi harus ditinjau. Besarnya pengaruh tersebut apabila tidak ada ketentuan lain dapat dinggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15°C.

d. Gaya Rem dan Traksi

Pengaruh gaya gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjaui. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan.

e. Gaya Akibat Gempa

Pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi atau bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa, tekanan tanah akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapung atau pondasi langsung.

f. Gaya Gesekan Pada Tumpuan Tumpuan Bergerak

Jembatan harus ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat akibat lain. Gaya gesek yang timbul ditinjau hanya akibat beban mati saja sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan.

2.7.1.3 Beban Khusus

Beban khusus adalah beban yang merupakan beban beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.

Yang termasuk beban khusus adalah :

a. Gaya Sentrifugal

Konstruksi jembatan yang ada pada tikungan harus diperhitungkan terhadap suatu gaya horisontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,80 meter diatas lantai kendaraan. Gaya horisontal tersebut dinyatakan dalam prosen terhadap beban "D" yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan koefisien kejut. Besarnya prosentase tersebut dapat ditentukan dengan rumus :

$K=0,79\ V^2 /R$

Dimana :

Ks = koefisien gaya sentrifugal (persen)

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = jari-jari tikungan (meter)

b. Gaya dan Beban Selama Pelaksanaan

Gaya gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan harus ditinjau dan besarnya dihitung sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

c. Gaya Aliran Air dan Tumbukan Benda Hanyutan

Semua pilar dan bagian bagian lain dari bangunan jembatan yang mengalami gaya gaya aliran air, harus diperhitungkan dapat menahan tegangan tegangan maksimum akibat gaya tersebut. Gaya tekanan aliran air adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada suatu pilar, yang dihitung dengan rumus :

$$\mathbf{Ah = k \times Va^2}$$

Dimana :

Ah = tekanan aliran air (ton/m^2)

Va = kecepatan aliran air yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi (m/detik), bila tidak ditentukan maka Va = 3 m/detik

k= koefisien aliran tergantung bentuk pilar

- **Kombinasi Pembebanan dan Gaya**

  Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikan terhadap tegangan yang diizinkan sesuai keadaan elastis.

  Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diizinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.15 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan danGaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastis
1. M + (H + K) + Ta + Tu	100 %
2. M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm	125 %
3. Kombinasi (1) + Rm + Gg + A + SR + Tm + S	140 %
4. M + Gh + Tag + Gg + AHg + Tu	150 %
5. M + P1	130 %
6. M + (H + K) + Ta + S + Tb	150 %

Dimana
A = Beban angina
Ah = Gaya akibat alitan dan hanyutan
AHg = Gaya akibat aliran danhanyutan pada waktu gempa
Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak
Gh = Gaya horizontal ekivalen akibat gempa bumi
(H+K) = Beban hidup dengan kejut
M = Beban mati
P1 = Gaya-gaya pada waktu pelaksanaan
Rm = Gaya rem
S = Gaya sentrifugal

SR = Gaya akibat susut dan rangkak

Tm = Gaya akibat perubahan suhu (selain susut dan rangkak)

Ta = Gaya tekanan tanah

Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi

Tb = Gaya tumbuk

Tu = Gaya angkat (buoyancy)

Beban-beban dan gaya-gaya selain tersebut di atas perlu diperhatikan, apabila hal tersebut menyangkut kekhususan jembatan , antara lain sistem konstruksi dan tipe jembatan serta keadaan setempat, misalnya gaya pratekan, gaya angkat dan lain-lain.

2.7.2 Struktur Atas (Upper Structure)

Struktur atas secara umum terdiri dari :

1. Gelagar induk atau memanjang merupakan komponen jembatan yang letaknya melintang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.
2. Gelagar melintang merupakan komponen jembatan yang letaknya melintang arah jembatan.
3. Lantai jembatan berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang menahan beban langsung lalu lintas yang melewati jembatan.
4. perletakan adalah penumpu abutmen yang berfungsi menyalurkan semua beban jembatan ke abutmen, diteruskan ke pondasi.
5. Pelat injak berfungsi menghubungkan jalan dan jembatan sehingga tidak terjadi perubahan ketinggian yang terlalu mencolok pada keduanya.

2.7.3 Struktur Bawah (Sub Structure)

Abutment atau kepala jembatan merupakan bangunan yang berfungsi untuk mendukung bangunan atas dan juga sebagai dinding penahan tanah. Bentuk abutment dapat berupa abutment tipe T terbalik yang dibuat dari beton bertulang. Abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap atau wing wall yang berfungsi untuk menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan (penahan tanah ke samping)

Pertimbangan pemilihan abutmen tipe terbalik adalah :

a. Kemampuan menahan beban vertikal cukup besar akibat luasan dasar abutmen cukup sehingga mempunyai daya dukung tanah yang besar.
b. Stabilitas terhadap guling dan geser cukup terjamin
c. Mampu menahan tekanan tanah arah sejajar as jembatan, sedangkan tanah arah tegak lurus as jembatan ditahan oleh konstruksi sayap.
d. Dengan dimensi yang direncanakan sekarang maka beban vertikal akibat berat sendiri lebih ringan dibandingkan dengan konstruksi pasangan batu.
e. Perencanaan abutment didasarkan pada beban beban yang mempengaruhi kekuatan abutment yaitu :
   1. **Beban Vertikal**
      - beban bangunan atas (M)
      - berat tanah isian (G)
      - beban pelat injak (P_p)
      - berat sendiri abutmen (G_c)
      - Beban hidup (H)
   2. **Beban Horisontal**

      Adalah beban yang dipengaruhi kestabilan abutment, yang terdiri dari:
      - gaya rem dan traksi (R)
      - Gaya akibat tekanan tanah (Ta)
      - Gaya muatan angin (A)
      - Gaya gesekan pada tumpuan (F)
      - Gaya akibat gempa (Gb)

❖ **Tinjauan Terhadap Stabilitas Abutmen dan Pilar**

Data tanah yang dibutuhkan berupa sudut geser, kohesi, berat jenis tanah yang bekerja pada abutmen atau pilar dan daya dukung tanah yang merupakan reaksi tanah dalam penyaluran beban dari abutmen atau pilar. Tekanan tanah dihitung dari data-data soil properties yang ada dengan cara analisa atau grafis. Gaya berat tanah ditentukan dengan menghitung volume tanah diatas abutment dikalikan dengan berat jenis tanah dari data soil properties.

Penentuan titik berat

$$X = \sum \frac{W \times X}{Wberat}$$

$$Y = \sum \frac{W \times Y}{Wberat}$$

Beban hidup akibat konstruksi atas

- Koefisien kejut $= 1 + \frac{20}{50 + L}$
- Akibat muatan terbagi rata dari muatan "D"

  P = 2,2/2,75 x 5,5 + 2,2/2,75 x 0,5L x 50%
- Akibat muatan garis dari muatan "D"

  P = 12/2,75 x 5,5 + 12/2,75 x 0,5 L x 50%

Gaya Horisontal

- Gaya rem dam traksi

  Hr = 5% beban lalu lintas
- Gaya gesek tumpuan dengan balok

  F = f x Wd

Keterangan :

.F = gaya gesek tumpuan dengan balok

.f = koefisien gesek antara karet dengan beton / baja (f=0,15 – 0,18)

.Wd = beban "D" dan "P" diatas balok

Gaya Akibat Gempa

Gaya gempa arah memanjang T = C x W

Keterangan :

T = gaya horisontal akibat gempa

C = koefisien gempa untuk wilayah Jawa Tengah = 0,14

W = muatan mati dari bagian konstruksi yang ditinjau.

Tinjauan terhadap stabilitas abutmen dan pilar meliputi :

1. stabilitas terhadap guling

$$\sigma = \frac{MV}{MH} > 3$$

Keterangan :

MV = momen vertikal

MH = momen horisontal

2. stabilitas terhadap geser

$$\sigma = \frac{\Sigma V \times \mu}{\Sigma H} > 3$$

Keterangan :

ΣV= total gaya vertikal

ΣH= total gaya horisontal

μ= 0,65

3. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$Q_{ult} = cN_c + \gamma D_f + 0{,}5\ \gamma\ B\ N_\gamma$

2.7.4 Pondasi

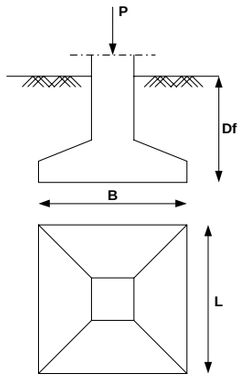
Faktor yang menentukan pemilihan jenis pondasi adalah :

- Fungsi bangunan (bangunan penting akan dibuat dengan keamanan yang lebih terjamin dari pada yang penting)
- Beban yang harus dipikul
- Keadaan tanah dasar
- Biaya pembuatan pondasi dengan biaya pembuatan bangunannya

Dengan memperhatikan keadaan tanah dasar pondasi dari hasil percobaan, diusahakan mendapatkan suatu kesimpulan sebagai dasar guna menentukan jenis pondasi yang digunakan. Jenis- jenis struktur pondasi antara lain :

1. **Pondasi Telapak (*Spread Footing*) / Pondasi Dangkal (*Shallow Footing*)**

   Jenis pondasi ini digunakan apabila tanah dasar mempunyai kapasitas dukung yang cukup tinggi sehingga mampu mendukung beban yang bekerja dan letak tanah baik relative dangkal (0,6 – 2,00 m). Bentuk alas pondasi dapat berupa segi empat B x L, bujur sangkar dengan sisi B atau lingkaran dengan diameter B.

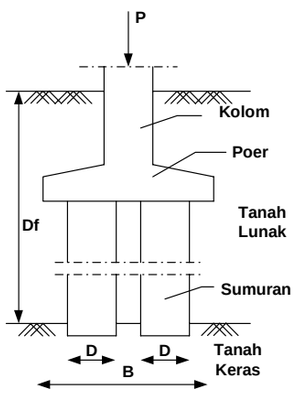


Pondasi dangkal $\frac{Df}{B} < 4$

Df = Kedalaman alas pondasi (0,6 – 2,00 m)

B= Lebar terkecil alas pondasi (L > B)

2. Pondasi Sumuran (*Caisson Foundation*)



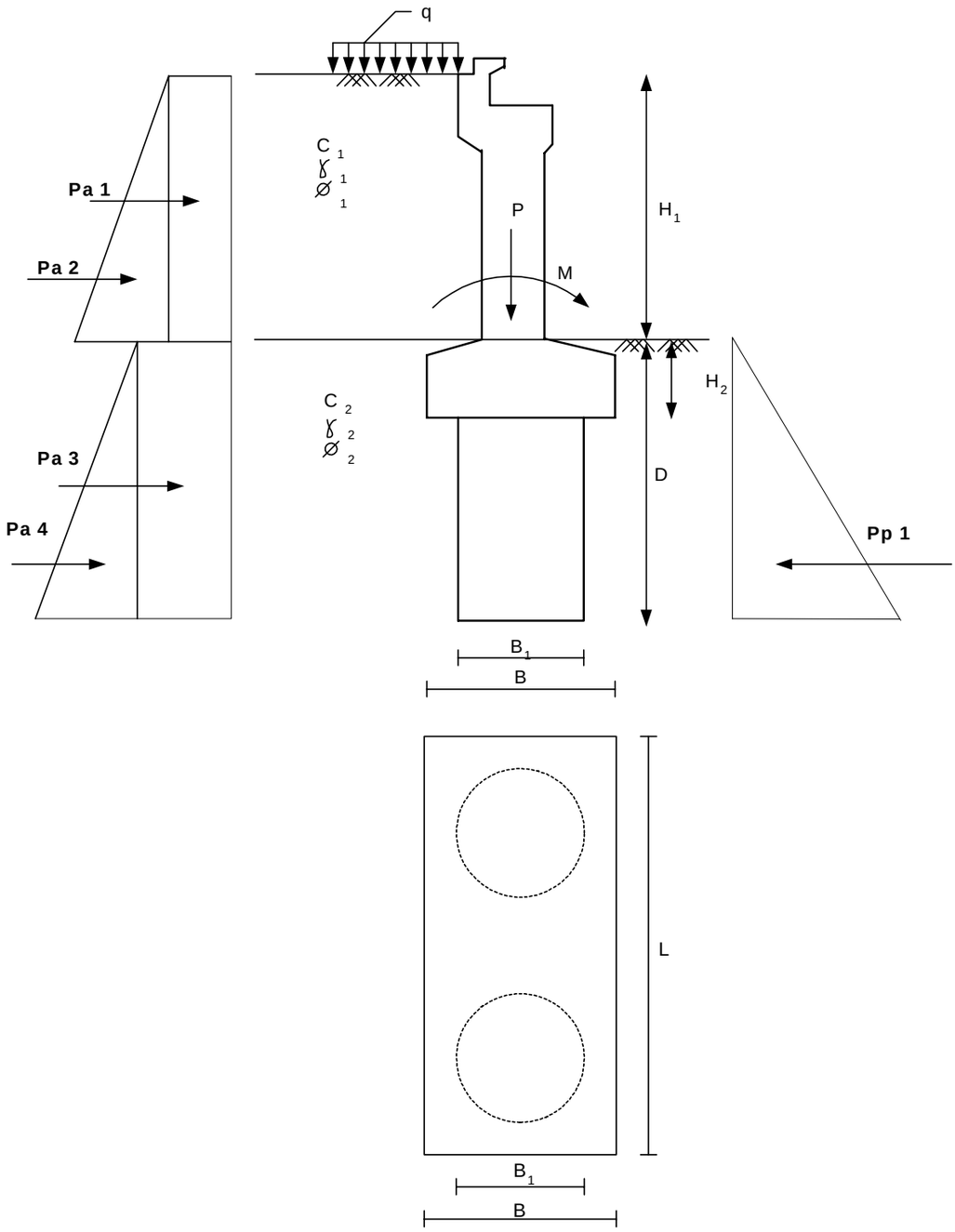
Pondasi sumuran digunakan apabila beban yang bekerja pada struktur pondasi cukup berat dan letak tanah keras (kapasitas dukungnya tinggi) relative dalam :

$$4 \le \frac{Df}{B} < 10$$

Jumlah sumuran tergantung beban yangbekerja, sedangkan diameter sumuran minimum 0,80 m. Sebenarnya jenis pondasi sumuran merupakan bentuk peralihan dari pondasi telapak ke pondasi tiang.

Perkembangan selanjutnya pondasi sumuran berupa pondasi tiang bor (bored pile).

- **Perhitungan Pondasi Sumuran**



$$Ka_1 = \frac{1-\sin\phi_1}{1+\sin\phi_1}; \quad Ka_2 = \frac{1-\sin\phi_2}{1+\sin\phi_2}; \quad Kp = \frac{1+\sin\phi_2}{1-\sin\phi_2}$$

- **Perhitungan kedalam efektif Pondasi**

$Pa_1 = (q \cdot ka_1 - 2\,C_1 \cdot \sqrt{Ka_1}\,)\,H_1 \cdot L$

$Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot ka_1 \cdot H_1^2 \cdot L$

$Pa_3 = [(q + \gamma_1 \cdot H_1)\,ka_1 - 2\,C_2 \cdot \sqrt{Ka_2}\,)\,D \cdot 2 \cdot B_1$

$Pa_4 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot ka_2 \cdot D^2 \cdot 2 \cdot B_1$

$Pa = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 + Pa_4$

$Pp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot kp \cdot D^2 \cdot 2 \cdot B_1$

$\Sigma H = 0$

$Pp = Pa \cdot FS$

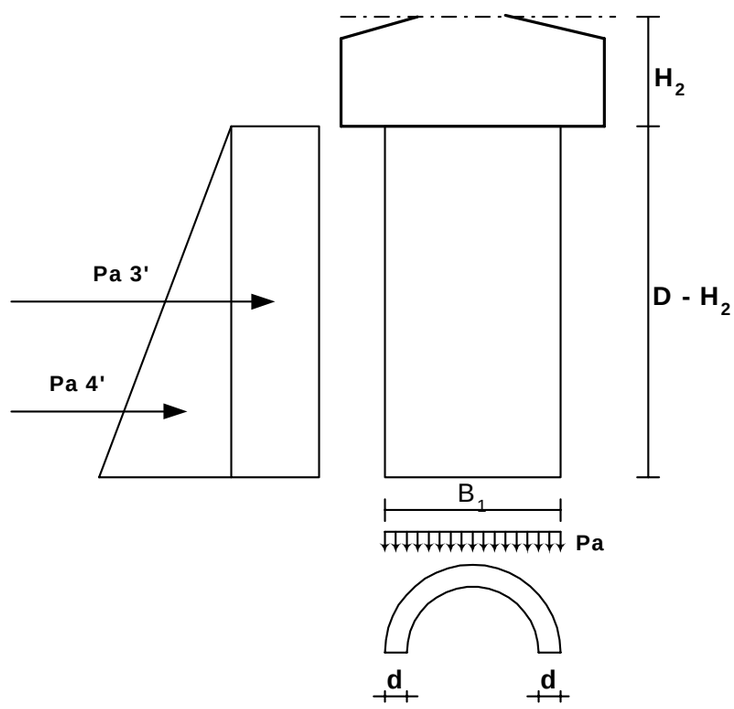
Dimana

Pa = Tekanan aktif tanah

Pp = Tekanan pasif tanah

FS = Faktor Keamanan

- **Perhitungan Tebal Dinding Sumuran**



$Pa_3 = [(q + \gamma_1 . H_1 + \gamma_2 . H_2) ka_1 - 2 C_2 . \sqrt{Ka_2}) D . 2 . L$

$Pa_4 = \frac{1}{2} . \gamma_2 . ka_2 . D^2 . 2 . B_1$

$Pa = Pa_3' + Pa_4'$

$2 . d . \sigma b = Pa . B_1$

$$d = \frac{Pa \cdot B_1}{2 \cdot \sigma_b}$$

dimana :

d = Tebal dinding sumuran (minimum 12 cm)

σ_b = Tegangan ijin beton yang digunakan

B_1 = Diameter sumuran

Pa = Tekanan aktif tanah

- **Tulangan Dinding Sumuran**

  Momen akibat tekanan aktif tanah terhadap dasar pondasi

  $M_1 = Pa_1 . (D - H_2) / 2$

  $M_2 = Pa_2 . (D - H_2) / 3$

  $Mu = M_1 + M_2$

Perhitungan kebutuhan tulangan untuk dinding sumuran menggunakan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

Besaran pada kedua sumbu dihitung dengan rumus dibawah ini, kemudian dipetakan ke grafik yang sesuai dengan kondisi perencanaan.

Untuk sumbu vertikal $= \frac{P'u}{\phi \times A_{agr} \times 0,85 \times f'c}$

Untuk sumbu horisontal $= \frac{P'u}{\phi \times A_{agr} \times 0,85 \times f'c} \times \frac{e_t}{h}$

$e_t = \frac{Mu}{P}$

keterangan :

P'u = Gaya normal yang bekerja pada sumuran

A_{agr} = Luas penampang dinding sumuran

f'c = kekuatan beton (mutu beton)

e_t = eksentrisitas

h = diameter sumuran

Mu = Momen yang bekerja pada sumuran

P = Gaya vertikal dari jembatan

Nilai yang dibaca adalah niali r. Tulangan yang diperlukan $A_{s\ tot}$ ditentukan dengan β.r, dimana β tergantung pada mutu beton. Nilai βditunjukkan dalam grafik-grafik.

Penulangan geser sumuran

Tabel nilai ϕ Vc

F'c	15 Mpa	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa	35 Mpa
ϕ Vc	0,387 Mpa	0,488 Mpa	0,500 Mpa	0,548 Mpa	0,592 Mpa

Vv = Vu / (ϕ x A gr)

Dimana :

ϕ Vc = Tegangan geser yang dapat ditahan oleh beton

Vv = Tegangan yang terjadi pada beton

Vu = Gaya vertikal pada beton

Jika Vv < dari ϕ Vc, maka kekuatan cukup untuk menahan tegangan geser yang terjadi, jika Vv > ϕ Vc maka perlu tulangan geser untuk menahan tegangan geser yang tidak mampu ditahan oleh beton.

- **Tegangan yang terjadi pada tanah**

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

dimana :

σ = Tegangan yang terjadi

P = Gaya vertikal dari jembatan

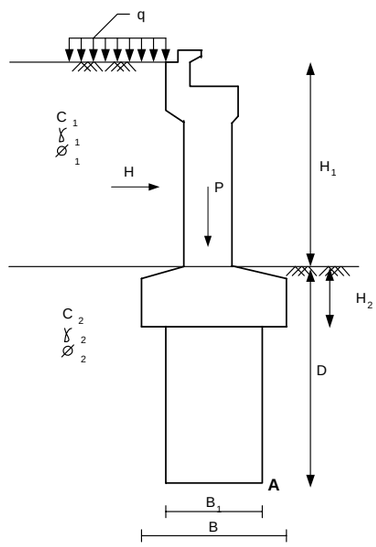
A = Luas penampang pondasi sumuran

M = Momen yang bekerja pada pondasi

W = Momen lawan

- **Kontrol Stabilitas Abutment dan Pondasi**

Kontrol terhadap guling



$$\frac{Mv}{Mh} > 1,5$$

Mv = Momen akibat gaya vertikal terhadap titik A

Mh = Momen akibat gaya horisontal terhadap titik A

Kontrol terhadap geser

$$\frac{P \times \mu}{H} > 1,5$$

P = Gaya vertikal jembatan

H = Gaya horisontal jembatan

μ = Koefisien geser (0,65)

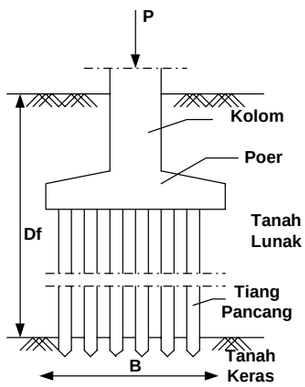
Kontrol terhadap daya dukung tanah

$\sigma < q_{ult}$

σ = Tegangan yang terjadi

q_{ult} = daya dukung tanah

3. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)



Apabila lapisan atas berupa tanah lunak (humus / organic / peat) dan terdapat lapisan tanah keras yang dalam, maka dibuat tiang-tiang yang dimasukkan ke dalam tanah sehingga mencapai tanah keras. Tiang-tiang tersebut disatukan oleh poer / pile cap. Bentuk penampang tiang dapt berupa lingkaran, segi empat, segi delapan atau tidak beraturan.

2.7.5 Struktur Pelengkap dan Pendukung

Sarana pelengkap dan pendukung sangat berguna untuk menunjang bangunan pokok agar dapat berfungsi dengan baik. Sedangkan bangunan pelengkap tersebut sebagai berikut:

1 Sandaran Railling

Railling jembatan berfungsi sebagai pagar pengaman bagi para pemakai jalan.Selain itu juga menambah nilai estetika suatu jembatan.

2 Saluran drainase / saluran pembuang

Saluran ini befungsi untuk mengalirkan air dari lapisan pekerasan jalan kelua jembatan

3 Oprit

Merupakan jalan pelengkap untuk masuk ke jembatan dengan kondisi disesuaikan agar mampu memberikan keamanan saat peralihan dari ruas jalan menuju jembatan.Oprit jembatan dilengkapi dengan dinding penahan tanah dari sisi kanan dan kirinya.

4 Trotoar

Totoar ini befungsi sebagai tempat berjalan bagi para pejalan kaki yang melewati jembatan agar tidak teganggu lalu lintas kendaraan.