

BAB 2

Landasan Teori

2.1 Pengertian umum

Dalam perkembangan teknologi yang begitu pesat di Indonesia banyak bangun proyek yang berhubungan dengan teknologi tinggi. Pada dasarnya hal ini dapat dicapai apabila pelaksanaan proyek tersebut didasari dengan perencanaan yang matang dan dapat di pertanggung jawabkan.

Jalan Tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Penyelenggaraan jalan tol sendiri dimaksudkan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan keadilan, yang dapat dicapai dengan membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pengguna jalan. Sedangkan tujuan dari jalan tol yakni untuk meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya.

2.2 Klasifikasi Jalan

Jalan umum menurut fungsinya berdasarkan pasal 8 Undang-undang No 38 tahun 2004 tentang Jalan dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

a. Jalan Lokal

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

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

c. Jalan Arteri

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

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No 038/T/BM/1997, disusun pada tabel 2.1 berikut :

Table 2.1 Ketentuan Klasifikasi : Fungsi, Fkelas Beban, Medan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	
Lokal	IIIC	Tidak Ditentukan
Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	< 25

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Administratif) sesuai PP

: Jalan Nasional, Jalan Provinsi No. 26 / 1985

Jalan Kabupaten/Kotamadya

Jalan Desa dan Jalan Khusus

: Datar = D, Perbukitan =B dan Pegunungan = G Keterangan

2.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) pada ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan –kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan tanpa pengaruh samping jalan yang berarti.

Table 2.2(V_r) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Klasifikasi Medan

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r , 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 : TPGJAK No 038/T/BM/1997

Table 2.3 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu

VLHR (smp hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)	Lebar jalur (m)
<3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000-10000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10000-25000	7	2	7	2	7	2	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2n x 3,5*)	2,5	2 x 7*	2	2n x 3,5*)	2	**)	**)	-	-	-	-

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

Keterangan :

= Mengacu pada persyaratan ideal **)

= 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ m, dimana n = Jumlah lajur *)

per jalur

= Tidak ditentukan -

2.4 Perencanaan Geometrik

2.4.1 Alinyemen Horizontal

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua bagian jalan, yaitu : bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- Lingkaran (Full Circle = F-C)
- Spiral-Lingkaran-Spiral (Spiral – Circle - Spiral = S-C-S)
- Spiral-Spiral (S-S)

a. Jari – Jari Tikungan Minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus penghitungan lengkung horizontal dari buku TPGJAK :

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e + f)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\dots\dots\dots (2.2) \quad D_d = \frac{1432,4}{R_d}$$

: R_d : Jari-jari lengkung (m) Keterangan

D_d : Derajat lengkung (°)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

$$(2.3) \dots\dots\dots = 0,192 - (0,00065 \times V_r) \quad f_{\max}$$

$$(2.4) \dots\dots\dots R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{\max} + f_{\max})}$$

$$(2.5) \dots\dots\dots D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V_r^2}$$

: Jari-jari tikungan minimum, (m) : R_{\min} Keterangan

: Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam) V_r

: Superelevasi maksimum, (%) e_{\max}

: Koefisien gesekan melintang maksimum f_{\max}

: Derajat lengkung (°) D_d

: Derajat maksimum Untuk perhitungan, digunakan D_{\max}
 $e_{\max} = 10\%$ sesuai tabel

Table 2.3 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) Untuk $e_{\max} = 10\%$

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – Jari Minimum R_{\min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

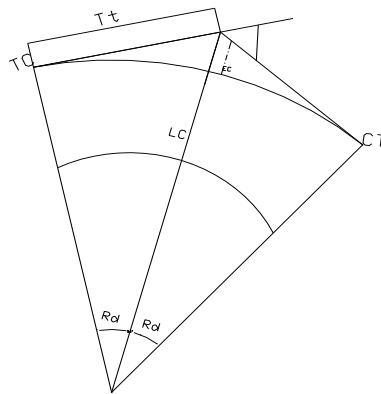
Untuk kecepatan rencana < 80 km/jam berlaku $f_{\max} = - 0,00065 V + 0,192$

$$= - 0,00125 V + 0,24$$

80 – 112 km/jam berlaku f_{\max}

2.4.1 Alinyemen Horizontal

a. Bentuk busur lingkaran Full Circle (F-C)



gambar 2.1 Lengkung Full Circle

- = Sudut tikung Δ Keterangan:
- = Titik pusat tikung O
- = Tangen to Circles TC
- = Circle to tangent CT
- = Jari – jari busur lingkaran R_d
- = Panjang tangen (jarak dari TC ke PI atau PI ke TC) T_t
- = Panjang busur lingkaran L_c
- = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran E_c

Table 2.4 Jari-Jari Tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin	2500	1500	900	500	350	250	130	60

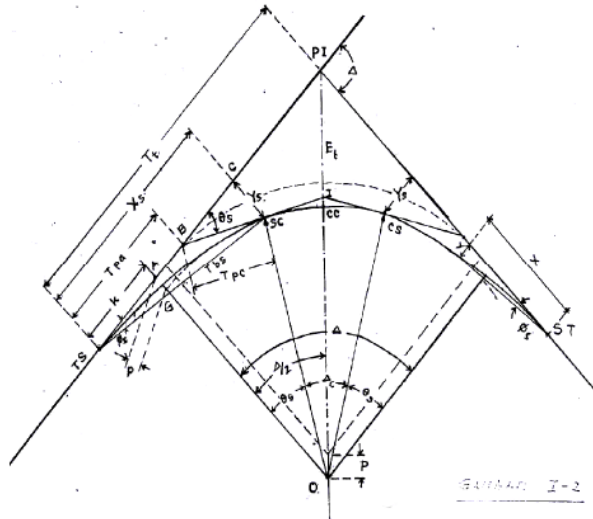
Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

(2.6)..... $T_c = R_c \tan \frac{1}{2}\Delta$

(2.7)..... $E_c = T_c \tan \frac{1}{4}\Delta$

(2.8)..... $L_c = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R$

b. Tikungan Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)



gambar 2.2 Lengkung Spiral Circle Spiral

Keterangan :

- = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST ke SC Xs
- = Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung Ys
- = Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST Ls
- = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS) Lc
- = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST Ts
- = Titik dari tangen ke spiral TS
- = Titik dari spiral ke lingkaran SC
- = Jarak dari PI ke busur lingkaran Es
- = Sudut lengkung spiral θ_s
- = Jari-jari lingkaran Rd
- = Pergeseran tangen terhadap spiral p
- = Absis dari p pada garis tangen spiral k

(2.9)..... = $\frac{Ls x 360}{2 x R d x 2 \pi}$ θ_s

(2.10).....	$= \Delta PI - (2 \times \theta_s)$	Δc
(2.11).....	$= L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R d^2}\right)$	X_s
(2.12).....	$= \frac{L_s^2}{6 \times R d}$	Y_s
(2.13).....	$= Y_s - R d \times (1 - \cos \theta_s)$	p
(2.14).....	$= X_s - R d \times \sin \theta_s$	K
(2.15).....	$= \frac{R d + p - R r}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)}$	E_t
(2.16).....	$= (R d + p) \times \tan \frac{1}{2}\Delta + K$	T_t
(2.17).....	$= \frac{\Delta c \times 2 \times \pi \times R d}{360}$	L_c
(2.18).....	$= L_c + (2 \times L_s)$	L_{tot}

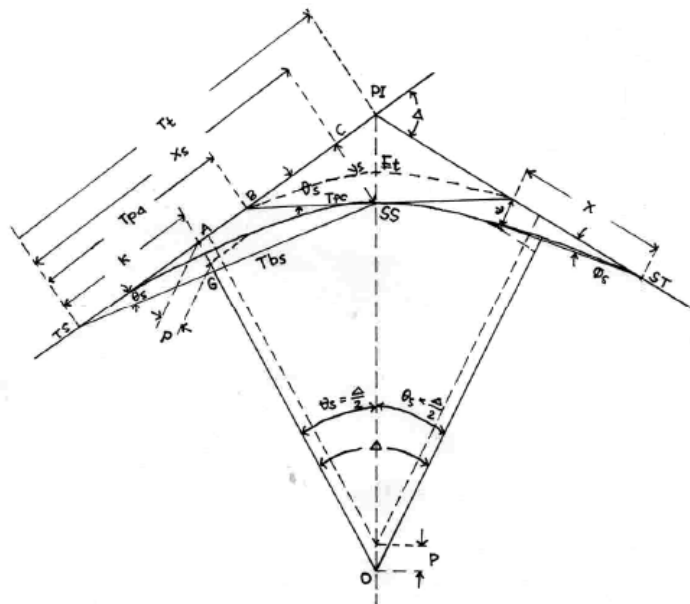
Jika P yang dihitung dengan rumus di bawah, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S.

$$(2.19) \dots\dots\dots = \frac{L_s^2 < 0,25 m}{24 R d} \quad P$$

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

Untuk $L_s = L_s$ maka $P = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$

c. Tikungan Spiral – Spiral (S – S)



gambar 2.3 Lengkung Spiral Spiral

Untuk bentuk spiral-spiral berlaku rumus sebagai berikut:

(2.20)..... = 0 dan $\theta_s = \frac{1}{2}\Delta$ Lc

(2.21)..... = 2 x Ls L_{tot}

Untuk menentukan θ_s rumus sama dengan lengkung peralihan

(2.22)..... = $\frac{\Delta c x \pi x R}{90}$ Lc

P, K, Ts, dan Es rumus sama dengan lengkung peralihan.

Table 2.5 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superelevasi (emaks = 10% Metode Bina Marga)

D (o)	R (m)	V=50		V=60		V=70		V=80		V=90	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
00.25	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
00.50	2865	LN	0	LN	0	LP	40	LP	50	LP	50
0,052	1910	LN	0	LP	40	LP	40	0.020	50	0.025	50
01.00	1432	LP	30	LP	40	0.021	40	0.027	50	0.033	50
01.25	1146	LP	30	LP	40	0.025	40	0.033	50	0.040	50
01.50	955	LP	30	0.023	40	0.030	40	0.038	50	0.047	50
0,094	819	LP	30	0.026	40	0.039	40	0.044	50	0.054	50
02.00	716	0.021	30	0.029	40	0.047	40	0.049	50	0.060	50
02.50	573	0.026	30	0.036	40	0.055	40	0.059	50	0.072	60
03.00	477	0.030	30	0.042	40	0.062	50	0.068	60	0.081	70
03.50	409	0.035	30	0.048	40	0.068	50	0.076	60	0.089	80
04.00	358	0.039	30	0.054	40	0.074	50	0.082	70	0.095	80
04.50	318	0.043	30	0.059	40	0.079	60	0.088	60	0.099	80
05.00	286	0.048	30	0.064	40	0.088	60	0.093	70	0,069	90
06.00	239	0.055	40	0.073	50	0.094	70	0.098	80	Dmaks=5.12	
07.00	205	0.062	40	0.080	50	0.098	70	Dmaks=6.82			
08.00	179	0.068	40	0.086	60	0.099	70				
09.00	159	0.074	50	0.091	60	Dmaks=9.12					
10.00	143	0.079	50	0.095	60						
11.00	130	0.083	50	0.098	60						
12.00	119	0.087	50	0,069	60						
13.00	110	0.091	60	Dmaks=12.7							
14.00	102	0.093	60								
15.00	95	0.096	60								
16.00	90	0.097	60								
17.00	84	0.099	60								
18.00	80	0.099	60								
19.00	75	Dmaks=18.8									

Sumber : TPGIAK No 038/T/BM/1997

A.Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (Sesuai Vr).

Table 2.6 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang bagian lurus maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

B.Landai Relatif

Landai relatif (L/M) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan.

Menurut Bina Marga, landai relatif :

$$(2.23) \dots\dots\dots = \frac{h}{L_s} \quad 1/m$$

$$\dots\dots\dots = \frac{(e+e_n)}{L_s} \quad 1/m$$

Dengan:

- = landai relatif 1/m
- = panjang lengkung peralihan L_s
- = lebar jalur 1 arah, m B
- = superelevasi, m/m' E
- = kemiringan melintang normal m/m' en

Besarnya landai relatif maksimum dipengaruhi oleh kecepatan dan tingkah laku pengemudi.

Table 2.7 Nilai Kelandaian Relatif Maksimum

Kecepatan Rencana km/jam	Kelandaian Relatif Maksimum Bina Marga (luar kota)
20	Jan-50

30	Jan-75
40	1/100
50	1/115
60	1/125
80	1/150

Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, oleh Silvia Sukirman, 1994

Dari batasan landai relatif maksimum dapat ditentukan panjang lengkung peralihan minimum yang dibutuhkan :

Landai Relatif : $1/m = h/L_s$

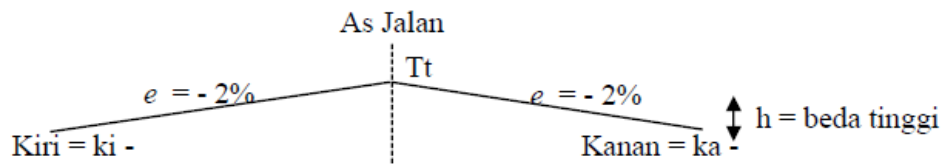
M.m maksimum

$$\frac{(e + e_n)B}{L_s} \leq \frac{1}{m_{maks}}$$

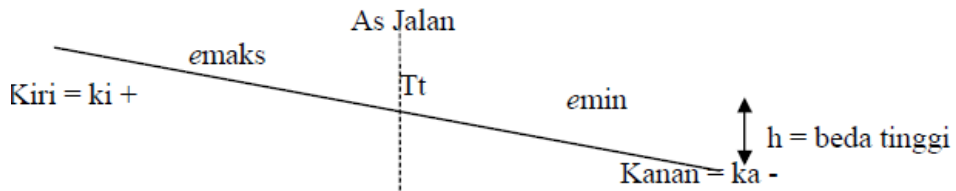
$$L_s \geq (e + e_n)B \cdot m_{maks}$$

C.Diagram Superelevasi

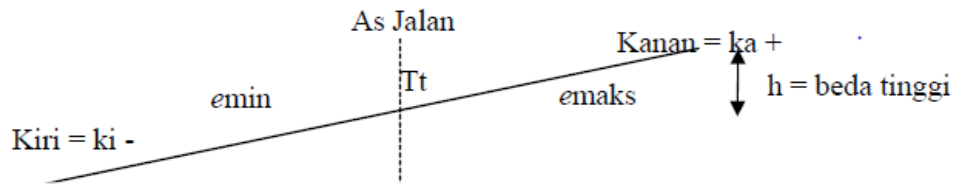
Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau *Normal Trawn* yaitu diambil minimum 2 % baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan. Hal ini dipergunakan untuk sistem drainase aktif. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan di beri tanda (-).



Kemiringan normal pada bagian jalan lurus



Kemiringan melintang pada tikungan belok kanan

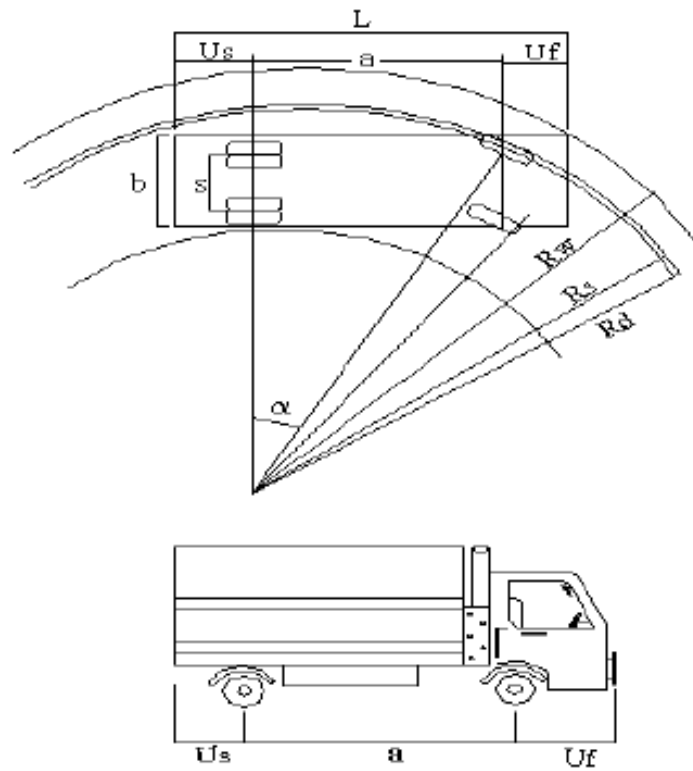


Kemiringan melintang pada tikungan belok kiri

gambar 2.4 superelevasi

D. Pelebaran Perkerasan

Pelebaran perkerasan dilakukan pada tikungan-tikungan yang tajam, agar kendaraan tetap dapat mempertahankan lintasannya pada jalur yang telah disediakan. Gambar dari pelebaran perkerasan pada tikungan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



gambar 2.5 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Rumus yang digunakan :

- (2.24)..... = $n(b' + c) + (n+1) Td + Z$ B
- (2.25)..... = $b + b''$ b'
- (2.26)..... = $Rd^2 - \sqrt{Rd^2 - p^2}$ b''
- (2.27)..... = $\sqrt{Rd^2 - A(2p + A)} - Rd$ Td
- (2.28)..... = $B.W$ E

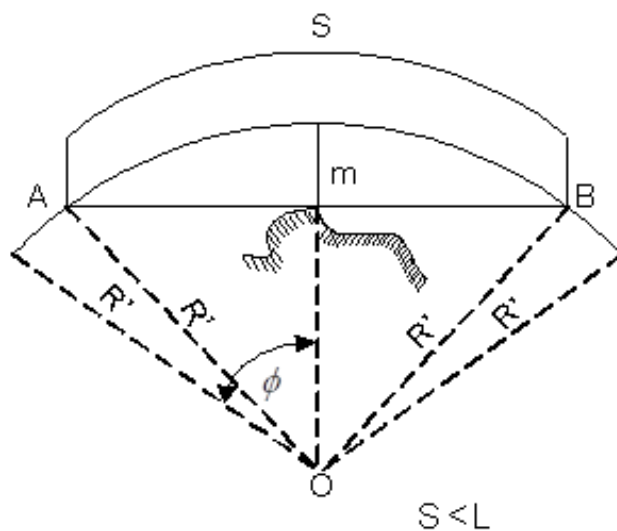
Keterangan:

- = Lebar perkerasan pada tikungan B
- = Jumlah jalur lalu lintas n
- = Lebar lintasan truk pada jalur lurus b
- = Lebar lintasan truk pada tikungan b'
- = Jarak As roda depan dengan roda belakang truk p
- = Tonjolan depan sampai bumper A

- = Lebar perkerasan W
- = Lebar melintang akibat tonjolan depan Td
- = Lebar tambahan akibat kelelahan pengemudi Z
- = Kebebasan samping c
- = Pelebaran perkerasan ϵ
- = Jari-jari rencana Rd

E. Jarak Pandangan Pada Lengkung Horizontal

Jarak pandangan pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam sering kali dihalangi gedung – gedung, hutan – hutan kayu, tebing galian dan lain sebagainya.



gambar 2.6 Pandangan Atau Kebebasan Samping Pada Lengkung Horizontal

untuk $s \leq L$

- = garis pandangan Garis AB
- = jarak pandangan Lengkung AB
- = jarak kebebasan samping (m) m
- = setengah sudut pusat lengkung sepanjang L θ
- = jarak pandang (m) S
- = panjang busur lingkaran (m) L
- = radius sumbu lajur sebelah dalam (m) R'

Rumus :

$$(2.29) \dots\dots\dots = \frac{\pi\phi R'}{90} \quad S$$

$$(2.30) \dots\dots\dots = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{28,65 S}{R'} \quad \phi$$

$$(2.31) \dots\dots\dots = R' (1 - \cos \phi) \quad m$$

2.4.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (Tanjakan) dan kelandaian negatif (Turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (Datar).

a. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Table 2.8 Kelandaian Maksimum Yang Diijinkan

Kelandaian maksimum %	3	3	4	5	8	9	10	10
Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

b. Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.

c. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh Vr.

Table 2.9 Panjang Kritis (m)

Kecepatan pada 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

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

2.4.3 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari :

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

1) Jarak minimum

Jh adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan Jh.

2) Asumsi tinggi

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm, yang diukur dari permukaan jalan.

3) Rumus yang digunakan

Jh dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

- = Kecepatan rencana (km/jam) Vr
- = Waktu tanggap, ditetapkan 2.5 detik T
- = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9.8 m/det² g
- = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan fp
perkerasan

jalan aspal, ditetapkan 0.28–0.45 (menurut AASHTO), fp akan semakin kecil jika kecepatan (Vr) semakin tinggi dan sebaliknya. (Menurut Bina Marga, fp = 0.35–0.55).

Untuk jalan datar :

$$(2.32) \dots\dots\dots = \frac{0,278 \times Vr \times T + Vr^2}{254 \times fp} \quad Jh$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$(2.33) \dots\dots\dots = \frac{0,278 \times Vr \times T + Vr^2}{254 \times (fp \pm L)} \quad Jh$$

Dimana : L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Table 2.10 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

Vr, km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum, (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

b. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

1) Jarak mendahului adalah Jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kejalur semula.

2) Asumsi tinggi

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 105 cm.

3) Rumus yang digunakan

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

Dimana :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampaidengan kembali kejalur semula (m)

d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengankendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Rumus yang digunakan :

(2.34)..... = $0,278 \times T1 \times Vr - m + \frac{\alpha x T1}{2}$ d1

(2.35)..... = $0,278 \times Vr \times T2$ d2

(2.36).....= antara 30 – 100 m d3

(2.37).....= $\frac{2}{3} \times d2$ d4

Dimana :

$T1 =$ Waktu dalam (detik), $\infty 2.12 + 0.026 \times Vr$ T1

$T2 =$ Waktu kendaraan berada dijalur lawan, (detik) $\infty 6.56 + 0.048 \times Vr$

$A =$ Percepatan rata-rata km/jm/dtk, (km/jm/dtk) $\infty 2.052 + 0.0036 \times Vr$

$m =$ Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10-15 km/jam)

Table 2.11 Jarak Pandang Mendahului (Jd) Berdasarkan Vr

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

Sumber : TPGJAK No 038/T/BM/1997

$=g1 - g2$ (perbedaan aljabar landai) A

$=$ Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian Lengkung Ev

(2.38)..... = $\frac{\text{elevasi akhir} - \text{elevasi awal} \times 100\%}{\text{Sta akhir} - \text{sta awal}}$ g

(2.39)..... = $g2 - g1$ A

(2.40)..... = $\frac{A \times L}{800}$ Ev

(2.41)..... = $\frac{A \times x^2}{200 \times L}$ y

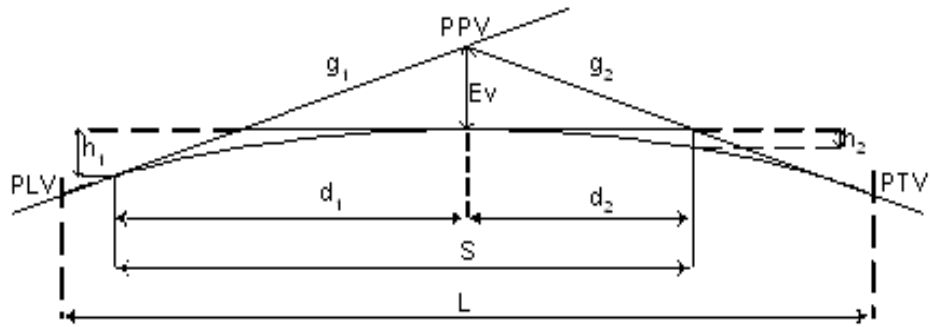
2.4.4 Lengkung Vertikal

Lengkung Vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti.

d. Lengkung vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu:

Jarak pandang berbeda seluruhnya dalam daerah lengkung ($s < 1$).



gambar 2.7 Jarak Pandang Pada Lengkung Cembung

- 1) Berdasarkan jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung
($S < L$)

Jarak Pandangan henti menurut Metode Bina marga

$$(2.42) \dots\dots\dots = \frac{A \cdot S^2}{399} \quad L$$

Jarak Pandangan menyiap menurut Metode Bina marga:

$$(2.43) \dots\dots\dots = \frac{A \cdot S^2}{960} \quad L$$

- 2) Berdasarkan jarak pandangan berada diluar dan didalam daerah lengkung
($S > L$)

Jarak Pandangan Henti Menurut Bina Marga

$$(2.44) \dots\dots\dots = 2 \cdot S - \frac{399}{A} \quad L$$

Jarak Pandangan menyiap Menurut Bina Marga

$$(2.45) \dots\dots\dots = 2 \cdot S - \frac{960}{A} \quad L$$

Berdasarkan Kebutuhan akan Drainase

$$(2.46) \dots\dots\dots = 50 \cdot A \quad L$$

Berdasarkan Kenyamanan 3 Detik Perjalanan

$$(2.47) \dots\dots\dots \frac{Vr}{3,6} \times t = \frac{60}{3,6} \times 3$$

Table 2.12 Nilai C1 Untuk Beberapa h1 dan h2 Berdasarkan Bina Marga

	Bina Marga '90	
	JPH	

Tinggi mata pengemudi (h1)(m)	1.20	1.20
Tinggi Objek (h2)(m)	0.10	1.20
Konstata	399	960

Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya, oleh Silvia Sukirman, 1994.

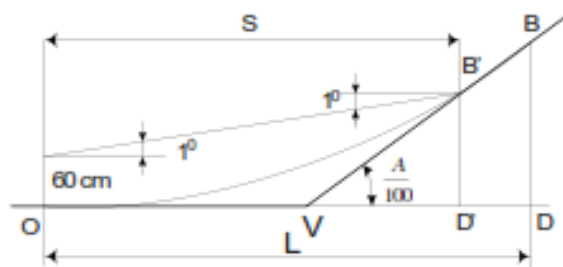
JPH = Jarak Pandangan Henti

JPM = Jarak Pandangan Menyiap

b. Lengkung vertikal cekung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

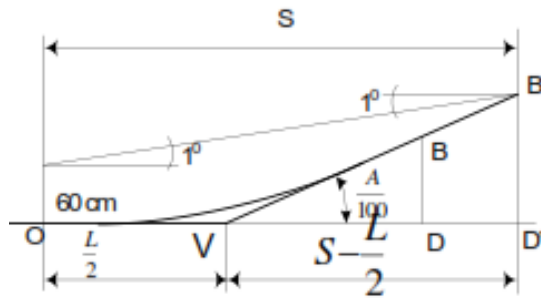
1) Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan < L.



gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cekung

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A}{100} - \frac{L}{2} && DB \\
 &= \left(\frac{S}{L}\right)^2 (DB) && D'B' \\
 &= \frac{S^2 A}{200L} && D'B' \\
 &= 0,0175 && \text{Tg } 1^\circ \\
 &= 0,60 + S \text{ tg } 1^\circ && \frac{S^2 A}{200L} \\
 (2.48) \dots\dots\dots &= \frac{S^2 A}{120 + 3,50S} && L
 \end{aligned}$$

2) Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan > L.



gambar 2.9 Lengkung Vertikal Dengan Jarak Pandang hePenyinaran Lampu

Depan >L

$$= \frac{A}{100} (S - \frac{1}{2}L) \quad D'B'$$

$$= 0,60 + S \text{ tg } 1\alpha$$

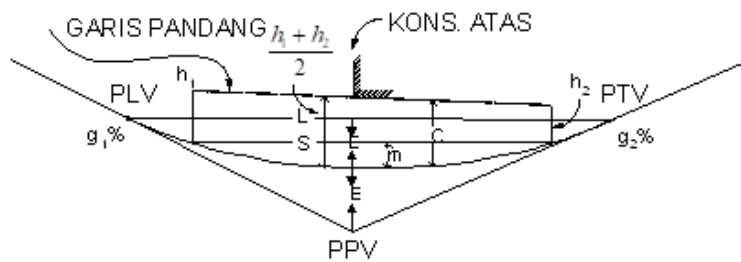
$$= 0,60 + 0,0175 S$$

$$\frac{A}{100} (S - \frac{1}{2}L) = 0,60 + 0,0175 S$$

$$(2.49) \dots\dots\dots = 2S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \quad L$$

Jarak pandangan S < L

Diasumsikan titik PPV berbeda di bawah bangunan



gambar 2.10 Jarak Pandang bebas Dibawah Bangunan

pada lengkung vertikal cekung dengan S<L.

Rumus:

$$= \frac{m}{E} ; E = \frac{AL}{800} \quad \left(\frac{S}{L}\right)^2$$

$$= \frac{AL}{800} \quad \left(\frac{S}{L}\right)^2$$

$$= \frac{S^2 A}{800 m}; m = \frac{S^2 A}{800 m} \quad L$$

Jika jarak bebas dari bagian bawah bangunan atas ke jalan adalah C, maka :

$$= C - \frac{h_1 - h_2}{2} \quad m$$

$$= C - \frac{h_1 - h_2}{2} \quad \frac{S^2 A}{800 L}$$

$$(2.50) \dots\dots\dots = \frac{S^2 A}{800 C - 400 (h_1 - h_2)} \quad L$$

Jika ; h1 = 1,80 m, h2 = 0,50 m, C = 5,50 m, maka :

$$(2.51) \dots\dots\dots = \frac{AS^2}{3480} \quad L$$

Jarak pandangan

Diasumsikan titik PPV berada di bawah bangunan

pada lengkung vertikal cekung dengan S < L

: Rumus

$$= \frac{E + m}{2E} \quad \frac{S}{L}$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{m}{2E} \quad \frac{S}{L}$$

$$= \frac{AL}{800} \quad E$$

$$= C - \frac{(h_1 - h_2)}{2} \quad m$$

$$(2.52) \dots\dots\dots = 2S - \frac{800 C - 400 (h_1 - h_2)}{S^2 A} \quad L$$

Jika ; h1 = 1,80 m, h2 = 0,50 m, C = 5,50 m, maka

$$(2.53) \dots\dots\dots = 2S - \frac{3480}{A} \quad L$$

Berdasarkan Bentuk Visual Lengkung Vertikal Cekung

$$L = \frac{AV^2}{380}$$

V = kecepatan rencana, km/jam.

A = perbedaan aljabar landai.

L = panjang lengkung vertikal cekung.

d. Galian dan Timbunan

Cara menghitung volume galian maupun timbunan didasarkan dari gambar potongan melintang. Dari gambar-gambar tersebut dapat dihitung luas galian dan timbunan, sedangkan masing-masing jarak antara profil dapat dilihat dari potongan memanjang.:

Selanjutnya perhitungan dibuat dalam tabel seperti contoh berikut:

Table 2.13 Contoh Untuk Perhitungan Volume Galian Timbunan

pot	sta	Luas penampang melintang (m ²)				Jarak (m)	Volume (m ³)	
		G	T	Rata-rata			G	T
				G	T			
	1	AG1	AT1					
				AG1+AG2	AT1+AT2	J	$J \left(\frac{AG1 + AG2}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT1 + AT2}{2} \right)$
	2	AG2	AT2	2	2			
				AG2+AG3	AT2+AT3	J	$J \left(\frac{AG2 + AG3}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT2 + AT3}{2} \right)$
				2	2			
Jumlah							$J \left(\frac{AG1 + AG2}{2} \right) +$	$J \left(\frac{AT1 + AT2}{2} \right) +$
							$J \left(\frac{AG2 + AG3}{2} \right)$	$J \left(\frac{AT2 + AT3}{2} \right)$

2.5 Perencanaan Drainase

Perencanaan drainase merupakan satu kesatuan yang sulit dipisahkan dalam perencanaan jalan raya, karena dengan adanya sistem drainase yang baik diharapkan dapat membuang limpasan air hujan dari permukaan jalan yang dapat mempengaruhi keawetan jalan dan keamanan bagi para pengguna jalan.

Dasar perencanaan drainase pada jalan Samarang – Kamojang yaitu dengan mengumpulkan data-data curah hujan maksimum pada stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi perencanaan.

Data yang ideal adalah data yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Tetapi dalam praktek sangat sering dijumpai data yang tidak lengkap, hal ini dapat disebabkan beberapa hal, antara lain:

- a. Kerusakan alat
- b. Kelalaian petugas

- c. Penggantian alat
- d. Bencana (pengrusakan) dan sebagainya

Dalam memperkirakan besarnya data yang hilang, harus diperhatikan pula pola penyebaran hujan pada stasiun yang bersangkutan maupun stasiun-stasiun sekitarnya.

Rumus yang digunakan untuk mencari data curah hujan yang hilang:

$$P_x = \frac{1}{n} (P_A + P_B + P_C) \dots\dots\dots (2.54)$$

dengan :

= curah hujan yang hilang, P_x

= curah hujan pada stasiun A,B,C, P_A, P_B, P_C

= jumlah stasiun. n

2.5.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk suatu daerah dapat dihitung dengan metode rata-rata aljabar, cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan disekitar daerah bersangkutan.

$$(2.55) \dots\dots\dots R = 1/n(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah

n = jumlah titik atau pos pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan ditiap titik pengamatan

2.5.2 Analisis Frekuensi

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa akan datang akan masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Table 2.14 Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^2 = 0.159$
	$Cv = 0.06$
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
	$Cv = 0.3$
Gumble	$Cs = 1.139$
	$Ck = 5.4$
Normal	$Cs = 0$
	$Ck = 3$

Distribusi Gumble

(2.56)..... $X_T = \bar{X} + \left[\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \right] \times STDEV$

(2.57)..... $X_T = \bar{X} + (K) \times STDEV$

(2.58)..... $Y_{Tr} = -\ln \left[\ln \frac{Tr}{Tr-1} \right]$

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada periode Tr

Ytr = factor Ln dari Tr

Yn = reduce mean factor

Sn = reduce standard deviation

S = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

Table 2.15 Nilai Yn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5402	0,5402	0,541	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5463	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5504	0,5504	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,553	0,5535	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5561	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,558	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5595	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599

Sumber : *Desain Drainase Dan Bangunan Pelengkap*

Table 2.16 Nilai Sn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	0,0628	1,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	0,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	0,1413	1,1436	1,1436	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	0,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	0,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	0,1859	1,1866	1,1863	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	0,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	0,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206

Sumber : *Desain Drainase Dan Bangunan Pelengkap*

Distribusi Normal

(2.59) $X_T = \bar{X} + K_T \cdot STDEV$

Keterangan :

XT = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

X = Nilai rata-rata hitung variant

STDEV = Deviasi standar nilai variant

KT = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada table Reduksi Gauss

Table 2.17 Nilai Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.952	-1.64
1.110	0.901	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.752	-0.67
1.430	0.699	-0.52
1.670	0.599	-0.25
2.000	0.500	0
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

Distribusi Log Pearson Tipe III

(2.60) $\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV$

(2.61) $X_T = 10^{(\overline{\log(X)} + K \cdot STDEV)}$

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Variabel standar bergantung Cs dan G

STDEV = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

Table 2.18 Distribusi Log Pearson III Untuk Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.998	2.453	2.891	3.312	4.290
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	-0.2673	0.017	0.2900	0.836	1.270	1.6417	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	-0.2547	0.033	0.3053	0.850	1.258	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	-0.2413	0.050	0.3177	0.853	1.245	1.5767	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	-0.2280	0.066	0.3290	0.855	1.231	1.5435	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	-0.2140	0.083	0.3407	0.856	1.216	1.5085	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	-0.2007	0.099	0.3517	0.857	1.200	1.4733	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	-0.1860	0.116	0.3630	0.857	1.183	1.4372	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	-0.1720	0.132	0.3733	0.856	1.166	1.4010	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	-0.1577	0.148	0.3833	0.854	1.147	1.3637	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	-0.1433	0.164	0.3933	0.852	1.128	1.3263	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	-0.1140	0.195	0.4113	0.844	1.086	1.2493	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	-0.0850	0.225	0.4273	0.832	1.041	1.1718	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	-0.0557	0.254	0.4417	0.817	0.994	1.0957	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	-0.0263	0.282	0.4543	0.799	0.945	1.0200	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.0287	0.330	0.4707	0.752	0.844	0.8807	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.0673	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Dikutip dari Ir. CD. Soemarto, B.I.E. Dipl. HE / Hidrologi Teknik

Distribusi Log Normal

(2.62) $\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot STDEV$

(2.63) $X_T = 10^{(\overline{\log(X)} + K \cdot STDEV)}$

Keterangan :

XT = CH/intensitas hujan pada Tr

K = Varaibel reduksi Gauss

STDEV = Standard deviation

Tr = tahun ulangan (2 tahun, 5 tahun dst)

2.5.3 Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi (*goodness of fit*)

Kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian dan dengan *confidence interval*(tingkat interval kepercayaan) tertentu dapat menggunakan Metode Chi-Square dan Metode Kolmogorov-Smirnov

Uji Chi-Square

(2.64) $X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$

(2.65) $K = 1 + 3,322 \times \text{Log}(n)$

(2.66) $Dk = K - (p + 1)$

Keterangan :

- χ^2 : Parameter Chi-Kuadrat terhitung. χ^2
- E_f : Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya. E_f
- O_f : Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama. O_f
- N : Jumlah sub kelompok. N
- D_k : Derajat kebebasan. D_k
- P : Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2. P
- K : Jumlah kelas distribusi. K
- N : Banyaknya data. N

$\chi^2_{\text{terhitung}} < \chi^2_{\text{kritis}}$, berarti metode distribusi yang diperiksa dapat diterima.

Kolmogorov-Smirnov

$$\Delta = \text{maksimum} | P_{\text{teoritis}} - P_{\text{empiris}} | \dots\dots\dots (2.67)$$

Apabila nilai $\Delta < \Delta_{\text{kritis}}$ sesuai harga kritis uji Kolmogorov-Smirnov seperti Tabel 2.21 maka distribusi teoritisnya dapat diterima

Perhitungan probabilitas dengan rumus Weibul

$$P = \frac{m}{n+1} 100\% \dots\dots\dots (2.68)$$

- = probabilitas (%) P
- = nomor urut data dari seri data yang telah disusun m
- = banyak data. n

Table 2.19 Harga Kritis chi-Square

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno (1995)

Table 2.20 Harga Kritis Kolmogorov Smirnov

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
> 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber SNI 2015-2016 debit banjir rencana

2.5.4 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (‘) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Menentukan Intensitas Hujan dengan Menggunakan Metode mononbe Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian. Rumus ini dihasilkan di Jepang.

$$(2.69) \dots\dots\dots I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

- = intensitas hujan (mm/jam) I
- = lamanya hujan (jam) t
- = curah hujan maksimum harian (mm) R24

2.5.5 Debit Puncak Aliran

Metode rasional praktis, Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 5.000 hektar

$$(2.70) \dots\dots\dots Qr = \frac{1}{36} C . I . A$$

Keterangan:

- = debit puncak aliran (m3/s); Qr
- = koefisien limpasan; C
- = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam); I
- = luas daerah aliran (km²). A

2.5.6 Koefisien Pengaliran (C)

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan :

$$(2.71) \dots\dots\dots C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3+\dots+Cn.An.Fk}{A1+A2+A3+\dots+An}$$

Keterangan:

A1,A2,A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

C1,C2,C3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

Table 2.21 Harga Koefisien Pengaliran Dan Harga Faktor Limpasan

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefiesien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	bahan		
1	jalan beton & jalan aspal	0.70 - 0.95	
2	jalan kerikil & jalan tanah	0.40 - 0.70	
3	bahu jalan :		
	tanah berbutir halus	0.40 - 0.65	
	tanah berbutir kasar	0.10 - 0.20	
	batuan masif keras	0.70 - 0.85	
	batuan masif lunak	0.60 - 0.75	
	tata guna lahan		
1	daerah perkotaan	0.70 - 0.95	2
2	daerah pinggir kota	0.60 - 0.70	1.5
3	daerah industry	0.60 - 0.90	1.2
4	permukiman padat	0.40 - 0.60	2
5	permukiman tidak padat	0.40 - 0.60	1.5
6	taman dan kebun	0.20 - 0.40	0.2
7	persawahan	0.45 - 0.60	0.5
8	perbukitan	0.70 - 0.80	0.4
9	pegunungan	0.75 - 0.90	0.3

Sumber Pd.T-02-2006-B

2.5.7 Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc)

$$(2.72) \quad T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots$$

$$(2.73) \quad t_1 = (2/3.3,28.Lo \frac{nd}{\sqrt{S}})^{0,167} \dots\dots\dots$$

$$(2.74) \quad t_2 = \frac{L}{60.V} \dots\dots\dots$$

dengan :

- = Waktu konsentrasi (menit) Tc
- = Waktu inlet (menit) t₁
- = Waktu aliran (menit) t₂
- = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m) Lo
- = Kemiringan daerah pengaliran S
- = Panjang saluran L
- = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/dt) V
- = Koefisien hambatan Nd

Table 2.22 Kecepatan Aliran Air Yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Materialnya

No	Jenis bahan	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lanau alivial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,1
7	Kerikil kasar	1,2
8	Batu-batu besar	1,5
9	Pasangan batu	1,5
10	Beton	1,5
11	Beton betulang	1,5

Sumber : Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap

Table 2.23 Hubungan Kondisi Permukaan Dengan Koefisien Hambatan

No	Kondisi lapisan permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1

No	Kondisi lapisan permukaan	Nd
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Sumber : *Desain Drainase dan Bangunan Pelengkap*

2.6 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) atau sering disebut juga perkerasan betonsemen adalah suatu susunan konstruksi perkerasan yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung atau tidak bersambung. Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat daya dukung tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Pelat beton semen memiliki sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan dibawahnya.

Lapisan-lapisan perkerasan kaku meliputi :

a. Lapisan Pelat Beton (*Concrete Slab*)

Lapisan pelat beton terbentuk dari campuran semen, air dan agregat. Bahan-bahan yang digunakan untuk pekerjaan beton harus diuji terlebih dahulu dan harus bersih dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, minyak, bahan organik, dll

b. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah dapat berupa bahan berbutir agregat atau bahan pengikat seperti semen dan kapur. Lapisan pondasi bawah tidak dimaksudkan untuk ikut menahan beban lalu lintas, tetapi lebih berfungsi sebagai lantai kerja.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi bawah yaitu:

- Menyediakan lapisan yang seragam, stabil, dan permanen sebagai lantai kerja (*working platform*).
- Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada pelat beton.

- Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butiran-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan, atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal pelat beton karena beban lalu lintas.

c. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Persyaratan tanah dasar untuk perkerasan kaku sama dengan pada perkerasan lentur, baik mengenai daya dukung, kepadatan, maupun kerataannya. Daya dukung ditentukan dengan pengujian CBR, apabila tanah dasar mempunyai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang lapisan pondasi bawah.

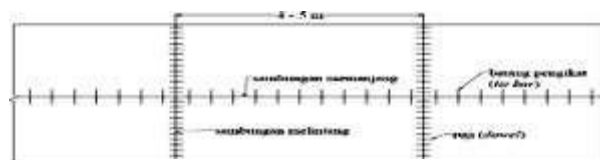
2.6.1 Jenis Perkerasan Kaku

Berikut ini adalah jenis perkerasan kaku :

1. Perkerasan beton semen, yaitu perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapis aus

- a. Perkerasaan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) / *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*

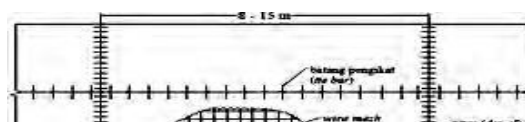
Jenis perkerasan beton semen ini dibuat tanpa tulangan dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang guna mencegah retak beton. Umumnya perkerasaan ini lebarnya 1 lajur dengan panjang 4-5 m. Perkerasaan ini tidak menggunakan tulangan, namun menggunakan ruji (dowel) dan batang pengikat (tie bar).



gambar 2.11 Perkerasan Beton Tanpa Tulangan

- b. Perkerasaan *Concrete Pavement (JRCP)*

Jenis perkerasaan beton semen ini dibuat dengan tulangan, yang ukuran pelatnya berbentuk persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat berkisar antara 8-15 m.

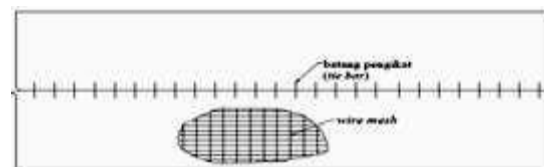


gambar 2.12 Perkerasan Beton

Bersambung Dengan Tulangan

c. Perkerasan Beton Menerus Dengan Tulangan (BMDT) / *Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)*

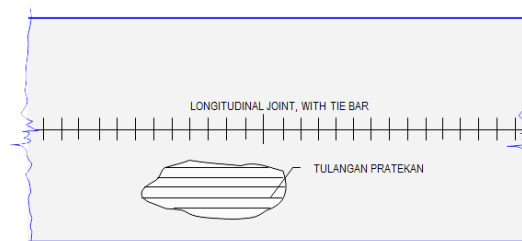
Jenis perkerasan beton semen ini dibuat dengan tulangan. Pelat beton menerus yang hanya dibatasi adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat beton lebih dari 75 m.



gambar 2.13 Perkerasan Beton Menerus
Dengan Tulangan

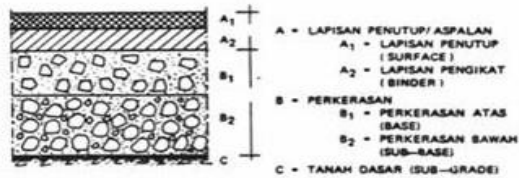
d. Perkerasan Beton Prategang (BP) / *Prestressed Concrete Pavement (PCP)*

Jenis perkerasan beton semen ini dibuat tanpa tulangan susut, yang ada hanya tulangan-tulangan prategang, umumnya tanpa tulangan melintang. Lebih banyak digunakan untuk *airport* (lapangan terbang, untuk *apron*, *taxiway*, dan *runway*). Untuk jalan raya tebal PCP cukup ± 15 cm saja.



gambar 2.14 Perkerasan Beton Prategang

2. Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku dengan plat beton semen sebagai lapis pondasi dan aspal beton sebagai lapis permukaan

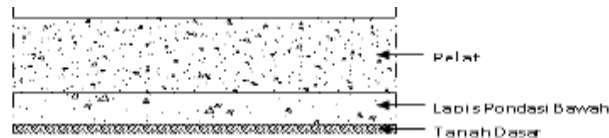


gambar 2.15 Perkerasan Komposit

2.6.2 Perhitungan Perkerasan Kaku

Pada konstruksi perkerasan kaku, struktur utama perkerasan adalah lembaran pelat beton yang pada perkerasan lentur lapis ini setara dengan kombinasi dari lapis aus, lapis permukaan, dan lapis pondasi. Konstruksi perkerasan ini disebut "kaku" karena pelat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas dan didesain untuk jangka waktu sampai 40 tahun. Konstruksi perkerasan kaku terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan, yaitu :

1. Plat Beton
2. Lapisan Pondasi
3. Lapisan Tanah Dasar



gambar 2.16 Struktur Lapisan Perkerasan

2.6.3 Dasar – Dasar Desain

Tebal plat dihitung supaya mampu menahan tegangan yang diakibatkan beban roda, perubahan suhu dan kadar air, serta perubahan volume lapisan dibawahnya. Penerapan prinsip "fatigue" (kelelahan) untuk mengantisipasi beban berulang, dimana semakin besar jumlah beban lalu lintas mengakibatkan ratio tegangan (perbandingan tegangan lentur beton akibat beban roda dengan kuat lentur beton "MR") semakin kecil. Faktor-faktor yang berpengaruh :

- Peranan dan tingkat pelayanan
- Lalu lintas
- Umur rencana
- Kapasitas jalan
- Tanah dasar

- Lapis pondasi bawah
- Bahu
- Kekuatan beton

1. Lalu Lintas

Hanya diperhitungkan terhadap kendaraan niaga. Persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$JKNH = 365 \times JKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{{}^e\log(1+i)} \quad \text{Untuk } i \text{ tetap}$$

$$R = \frac{(1+i)^m - 1}{{}^e\log(1+i)} + (n+m)(1+i)^{m-1} \quad \text{Untuk } i \text{ berhenti}$$

$$R = \frac{(1+i')^m - 1}{{}^e\log(1+i)} + \frac{(1+i)^m [(1+i')^{n-m} - 1]}{{}^e\log(1+i')} \quad \text{Untuk } i \text{ berubah}$$

Keterangan :

- JKN = Jumlah kendaraan niaga
 JKNH = JKNH harian saat jalan dibuka
 R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
 n/m = Tahun rencana
 i/i' = Pertumbuhan lalu lintas

2. Tanah Dasar

Parameter yang digunakan adalah modulus reaksi tanah dasar (K) yang didapat melalui metode pengujian AASTHO T.222-81 atau dari kolerasi nilai CBR. Nilai K minimal adalah 2 kg/cm³. Sifata yang perlu diperhatikan dari tanah dasar adalah kembang susut, intrusi dan pumping, dan keseragaman daya dukung tanah dasar. Apabila digunakan

lapis pondasi bawah maka digunakan nilai K gabungan. Untuk satu ruas jalan, nilai modulus rencana digunakan persamaan :

$$K_o = k - 2S \text{ jalan tol}$$

$$K_o = k - 1.64S \text{ jalan arteri}$$

$$K_o = k - 1.28S \text{ jalan kolektor/lokal}$$

Faktor keseragaman (FK) dianjurkan < 25 %

Tabel 2.24 Perkiraan Nilai Modulus Elastisitas Lapis Pondasi

Jenis Bahan	Modulus Elastisitas		
	Gpa	Psi	Kg/cm ²
Granular	0.055-0.138	8000-20000	565-1410
Lapis pondasi distabilisasi semen	3.5-6.9	50000-1000000	35210-70420
Tanah distabilisasi semen	2.8-6.2	40000-900000	28170-63380
Lapis pondasi diperbaiki aspal	2.4-6.9	350000-1000000	24650-70420
Lapis pondasi diperbaiki aspal emulasi	0.28-2.1	40000-300000	2815-21125

3. Kekuatan Beton

Untuk desain perkerasan kaku kekuatan beton yang dipertimbangkan adalah kekuatan lentur (*flexural Strength*) umur 28 hari yang didapat dari pengujian menggunakan metode ASTM C-78 atau korelasi dari nilai kuat tekanan beton umur 28 hari sbk 28.

Korelasi kuat lentur dan kuat tekan beton dinyatakan dalam persamaan

$$MR_{28} = \frac{\sigma_{bk_{28}}}{11} + 9$$

Nilai MR 28 disyaratkan 40 kg/cm² atau minimal 30 kg/cm² (kondisi memaksa)

Table 2.25 Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga Pada Jalur Rencana

Jumlah Jalur	Kendaraan Niaga	
	1 Arah	2 Arah

1 Jalur	1	1
2 Jalur	0.7	0.5
3 Jalur	0.5	0.475
4 Jalur	-	0.45
5 Jalur	-	0.425
6 Jalur	-	0.4

Table 2.26 Faktor Keamanan

Peranan Jalan	FK
Jalan Tol	1.2
Jalan Arteri	1.1
Jalan Kolektor/Lokal	1

Table 2.27 Perbandingan Tegangan Dan Jumlah Penulangan Beban Yang Diijinkan

Perbandingan Tegangan*	Repetisi Beban Ijin	Perbandingan Tegangan*	Repetisi Beban Ijin
0.51	400000	0.69	2500
0.52	300000	0.7	2000
0.53	240000	0.71	1500
0.54	160000	0.72	1100
0.55	130000	0.73	850
0.56	100000	0.74	650
0.57	75000	0.75	490
0.58	57000	0.76	360
0.59	42000	0.77	270
0.6	32000	0.78	210
0.61	24000	0.79	160
0.62	18000	0.8	120
0.63	14000	0.81	90
0.64	11000	0.82	70
0.65	8000	0.83	50
0.66	6000	0.84	40
0.67	4500	0.85	30

0.68	3500		
------	------	--	--

*tegangan akibat beban dibagi kuat lentur tarik (MR)

* untuk perbandingan tegangan ≤ 0.50 repetisi beban ijin adalah tidak terhingga

4. Perhitungan Tulangan

Tujuan tulangan :

- Mengurangi retakan
- Mengurangi sambungan plat
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Tulangan pada perkerasan beton bersambung

$$A_s = \frac{1200 F L H}{f_s}$$

As = Luas Tulangan (cm²/m)

F = Koefisien gesek plat dan lapis bawahnya

L = Jarak antar sambungan (m)

H = Tebal plat (m)

Fs = Tegangan tarik baja (kg/cm²)

Table 2.28 koefisien Gesek Plat Beton dan lapis Dibawahnya

Jenis Pondasi	KoefisienGesek
Burtu, Lapen dan konst.sejenis	2.2
Aspal beton, Lataston	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

Tulangan pada perkerasan beton menerus

$$P_s = \left(\frac{100f_t}{f_y - n \cdot f_t} \right) (1.3 - 0.2F)$$

P_s = presentase tulangan yang diperlukan terhadap penampang beton, minimum presentase adalah 6%.

F_t = Kuat tarik beton (0.4-0.5 M_{RO})

F_y = Tegangan leleh beton rencana

F = Koefisien gesek pelat dan lapis bawahnya

N = Angka ekivalen antara baja dan beton

E_c = modulus elastisitas beton

E_s = modulus elastisitas baja

Table 2.29 Korelasi Kuat Tekan Beton Dan Angka Ekivalen Antara Baja Dan Beton

Kuat Tekanan Beton	N
115 – 140	22
145 – 170	1.8
175 – 225	1.8
235 – 285	1.8
≥ 290	1.8

Sistem perencanaan tulangan pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- 1) Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah (selanjutnya disebut : pelat satu arah/ *one way slab*)
 - a) Konstruksi pelat satu arah. Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever (*luifel*) dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan. Karena momen lentur hanya bekerja pada 1 arah saja, yaitu searah bentang L, maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang

searah bentang L tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok (pada saat pengecoran beton) tidak berubah dari tempat semula maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini lazim disebut : tulangan bagi. Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok dipasang dekat dengan tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi dipasang di bagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok. Tepat pada lokasi persilangan tersebut, kedua tulangan diikat kuat dengan kawat binnedraad. Fungsi tulangan bagi, selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu beton.

- b) Simbol gambar penulangan. Pada pelat kantilever, karena momennya negatif, maka tulangan pokok (dan tulangan bagi) dipasang di atas. Jika dilihat gambar 2.43 penulangan Tampak depan, maka tampak jelas bahwa tulangan pokok dipasang paling atas (dekat dengan tepi luar beton), sedangkan tulangan bagi menempel di bawahnya. Tetapi jika dilihat pada gambar 2.44 Tampak Atas, pada garis tersebut hanya tampak tulangan horizontal dan vertikal bersilangan, sehingga sulit dipahami tulangan mana yang seharusnya dipasang di atas atau menempel di bawahnya.
- 2) Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (disebut pelat dua arah/*two way slab*)
- a) Konstruksi pelat 2 arah. Pelat dengan tulangan pokok 2 arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang 2 arah. Contoh pelat 2 arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur bekerja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang (l_x) dan bentang (l_y), maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan lagi. Tetapi pada pelat di daerah

tumpuan hanya bekerja momen lentur 1 arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan ini tetap dipasang tulangan pokok dan bagi, seperti terlihat pada gambar dibawah. Bentang (l_y) selalu dipilih $>$ atau $=$ (l_x), tetapi momennya M_{ly} selalu $<$ atau $=$ M_{lx} , sehingga tulangan arah (l_x) (momen yang besar) dipasang di dekat tepi luar (urutan ke-1)