

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jalan merupakan suatu prasarana penghubung darat meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas bagi kendaraan, orang dan hewan. (SNI 03-6967-2003)

Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap yang ditujukan untuk Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Prasarana lalu lintas dan angkutan jalan adalah ruang lalu lintas, terminal dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan dan pengamanan jalan serta fasilitas pendukung.

2.2 Klasifikasi dan Lalu Lintas Jalan Raya

2.2.1 Umum

Jalan pada umumnya dapat digolongkan dalam klasifikasi menurut fungsinya dimana peraturan ini mencakup tiga golongan penting, yaitu jalan utama, jalan sekunder, dan jalan penghubung.

a. Jalan Utama

Jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi antara kota-kota yang penting atau antara pusat-pusat produksi dan pusat-pusat *eksport*. Jalan-jalan dalam golongan ini harus direncanakan untuk dapat melayani lalu lintas yang cepat dan berat.

b. Jalan Sekunder

Jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota penting dan kota-kota kecil, serta melayani daerah-daerah di sekitarnya.

c. Jalan Penghubung

Jalan untuk keperluan aktivitas daerah yang juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan dari golongan yang sama atau yang berlainan.

Dalam hubungan dengan perencanaan geometriknya, ketika golongan jalan tersebut dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya sangat ditentukan oleh perkiraan besarnya lalu lintas yang diharapkan akan ada pada jalan tersebut.

2.2.2 Klasifikasi kelas jalan

Berdasarkan TPGJAK (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

a. Klasifikasi menurut fungsi jalan yaitu terbagi atas :

1. Jalan Arteri

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

2. Jalan Kolektor

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

3. Jalan Lokal

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

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

Pada SNI tentang Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, kelas jalan dijelaskan sebagai berikut :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997)

c. Klasifikasi menurut medan jalan

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebgiaan besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.2 .

Tabel 2.2 Golongan Medan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997)

d. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dan ibu kota kabupaten.

3. Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan serta jalan umum dalam jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten.
4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang fungsinya menghubungkan pusat pelayanan kota, pusat pelayanan dengan persil serta antar pemukiman dalam kota.
5. Jalan desa adalah jalan umum yang berfungsi menghubungkan wilayah pemukiman dalam desa.
6. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

2.3 Bagian-Bagian Jalan

a. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) dibatasi oleh :

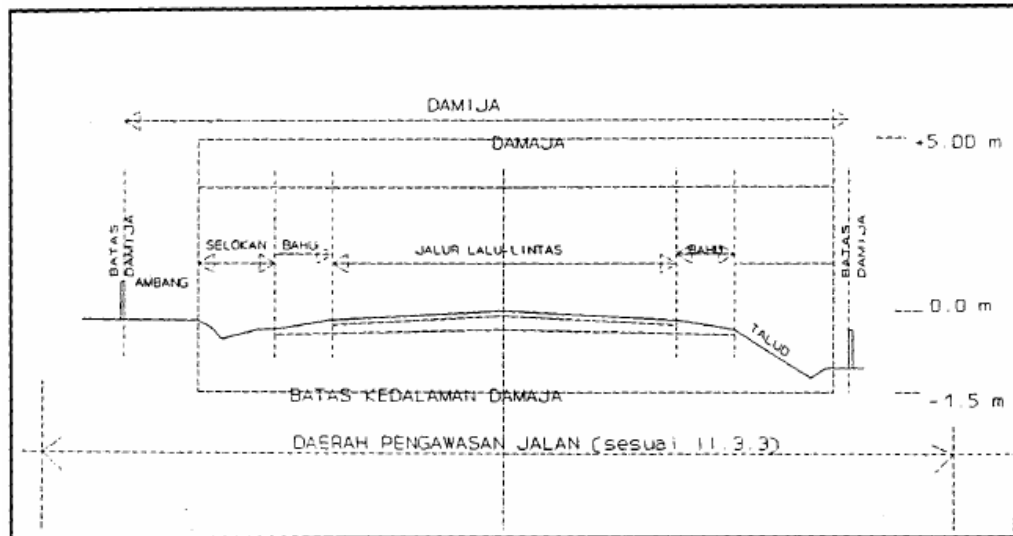
1. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
2. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

b. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang Daerah Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter

c. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

1. Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:
 - a) Jalan Arteri minimum 20 meter,
 - b) Jalan Kolektor minimum 15 meter,
 - c) Jalan Lokal minimum 10 meter.
2. Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak bebas. Bagian jalan dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Damaja, Damija dan Dawasja dilingkungan jalan antar kota

2.4 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertical sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman,1999)

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan (Sukirman,1999) data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.4.1 Melengkapi data dasar

Data dasar yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan adalah Peta topografi berkontur yang akan menjadi peta dasar perencanaan jalan, dengan perbedaan tinggi setiap garis kontur yang disarankan tidak lebih dari lima meter. Adapun peta lainnya yang menjadi penunjang perencanaan geometrik seperti, peta geologi yang memuat informasi daerah labil dan daerah stabil, peta tata guna lahan yang memuat informasi ruang peruntukan jalan, dan peta jaringan jalan.

2.4.2 Identifikasi lokasi jalan

Berdasarkan data dasar yang didapatkan, tetapkan:

- a. Kelas medan jalan
- b. Titik awal dan akhir perencanaan
- c. Pada peta dasar perencanaan, identifikasi daerah-daerah yang layak dilintasi jalan berdasarkan struktur mekanik tanah, struktur geologi, dan pertimbangan pertimbangan lainnya yang dianggap perlu.

2.4.3 Penetapan kriteria perencanaan geometrik

Dalam perencanaan geometrik terdapat beberapa kriteria perencanaan seperti kendaraan rencana, satuan mobil penumpang, volume lalu lintas, kecepatan rencana, dan jarak pandang. Kriteria tersebut merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

a. Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori:

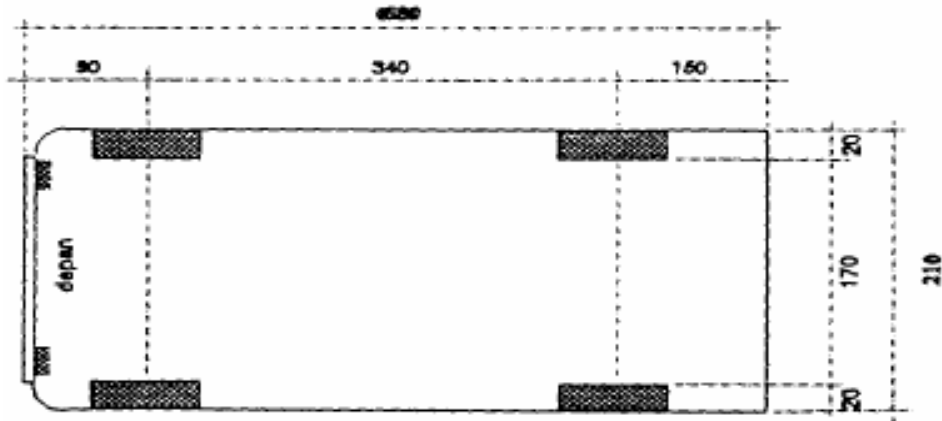
1. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang
2. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as
3. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Radius Putar	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Mak	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1400

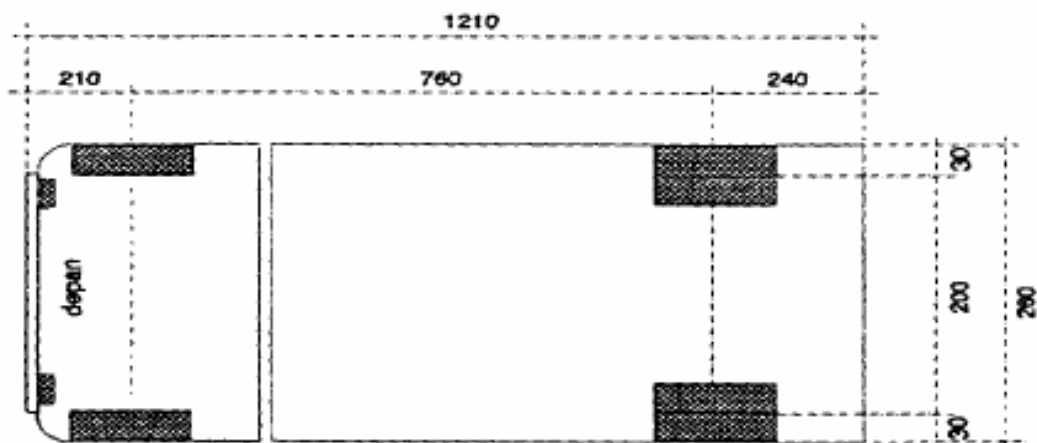
(Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997*)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Gambar 2.2 s.d. Gambar 2.4 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.



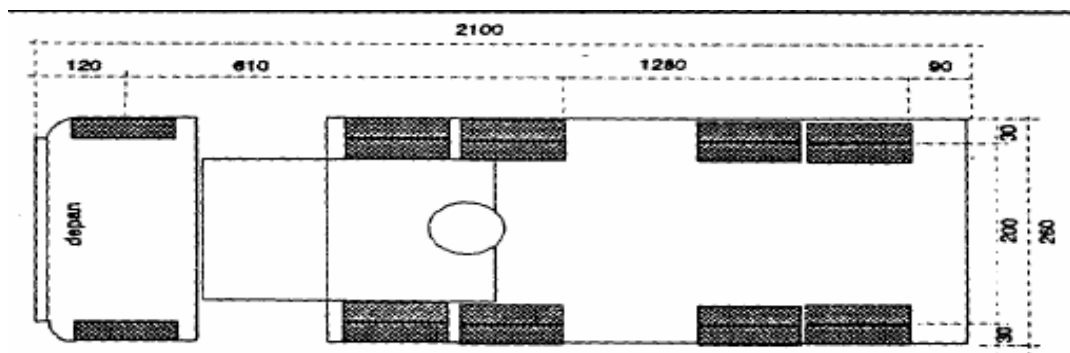
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

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

Gambar 2.5 sampai dengan 2.7 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan.

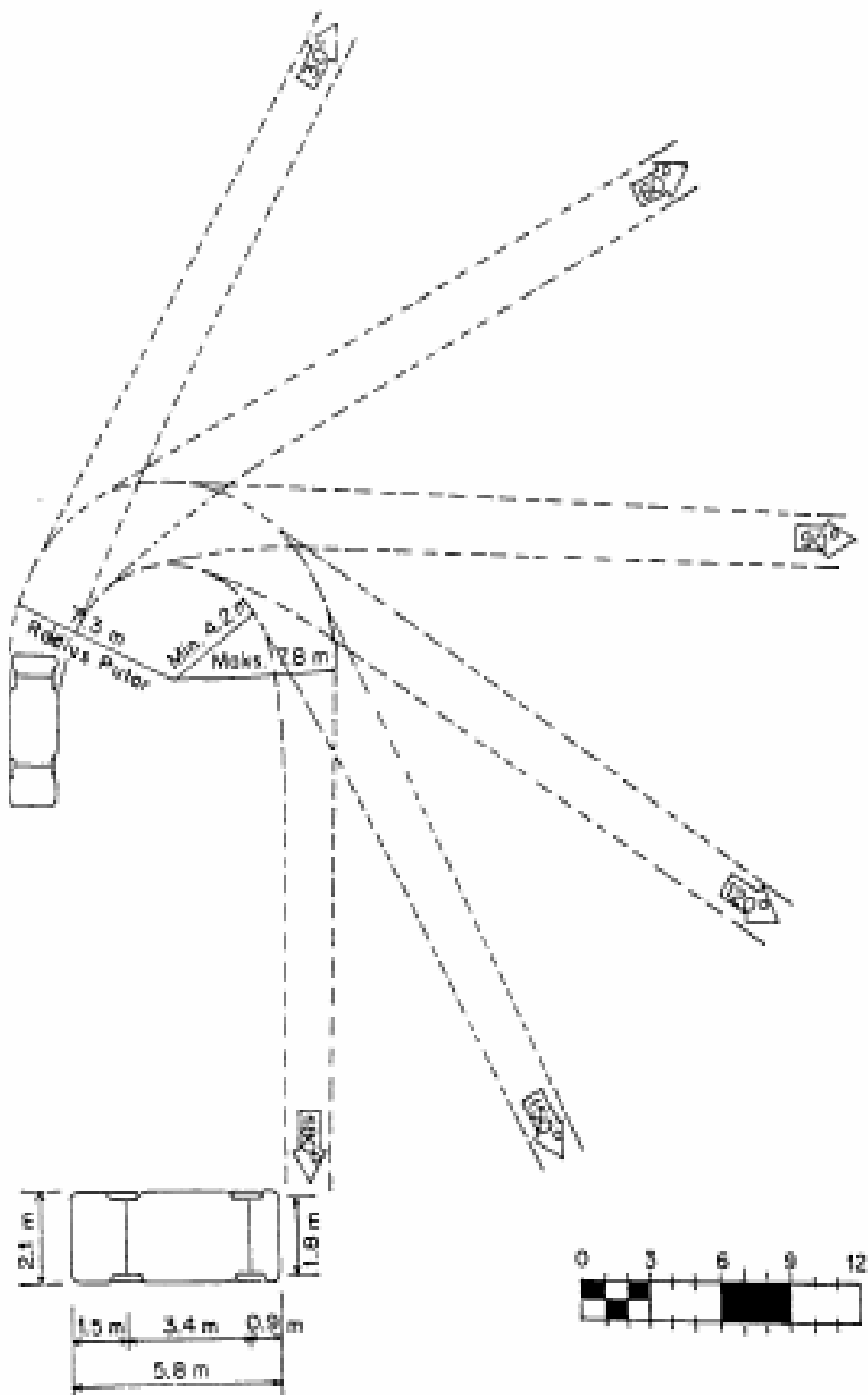
b. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

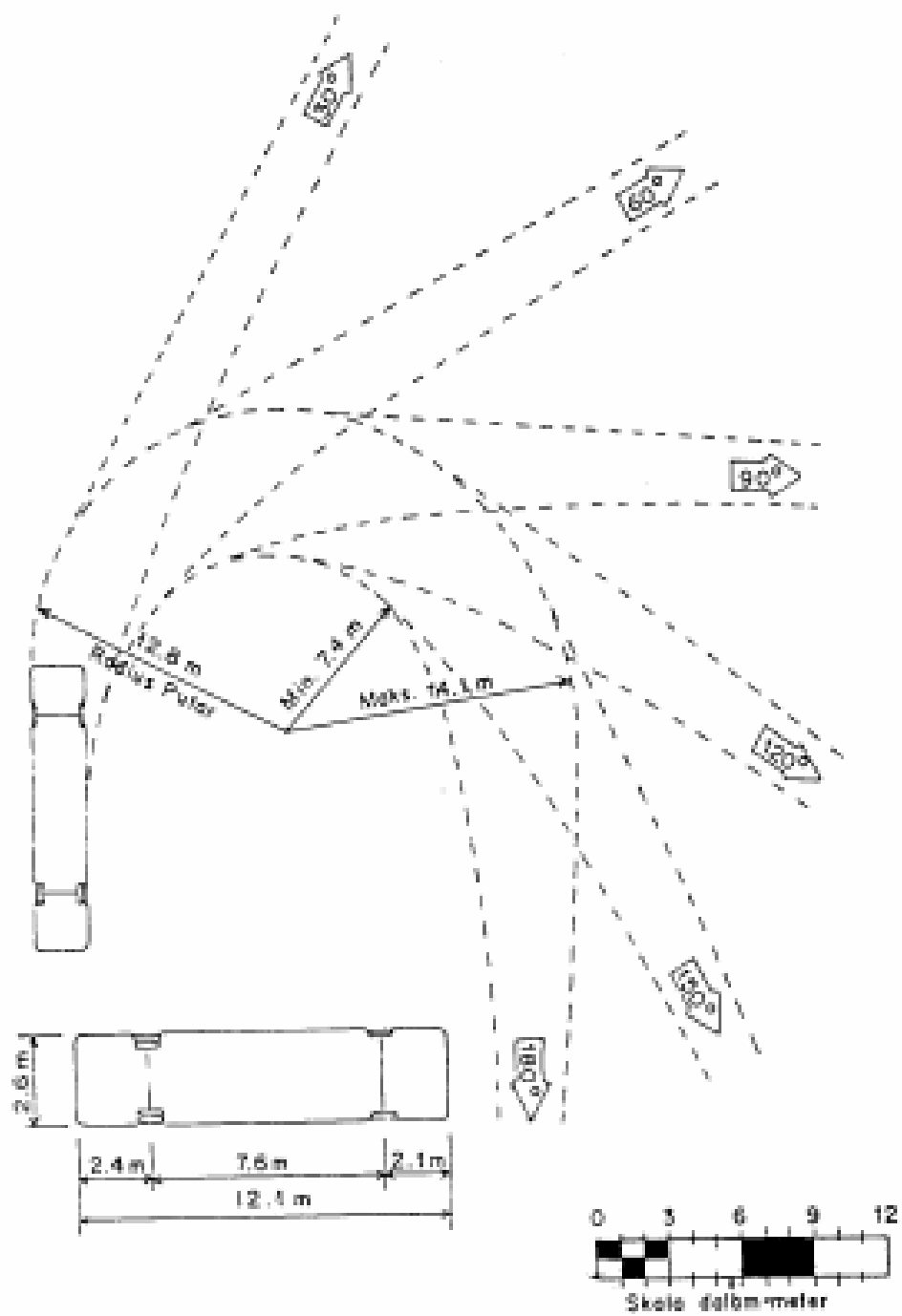
Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) Km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 100	60 – 80	40 - 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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



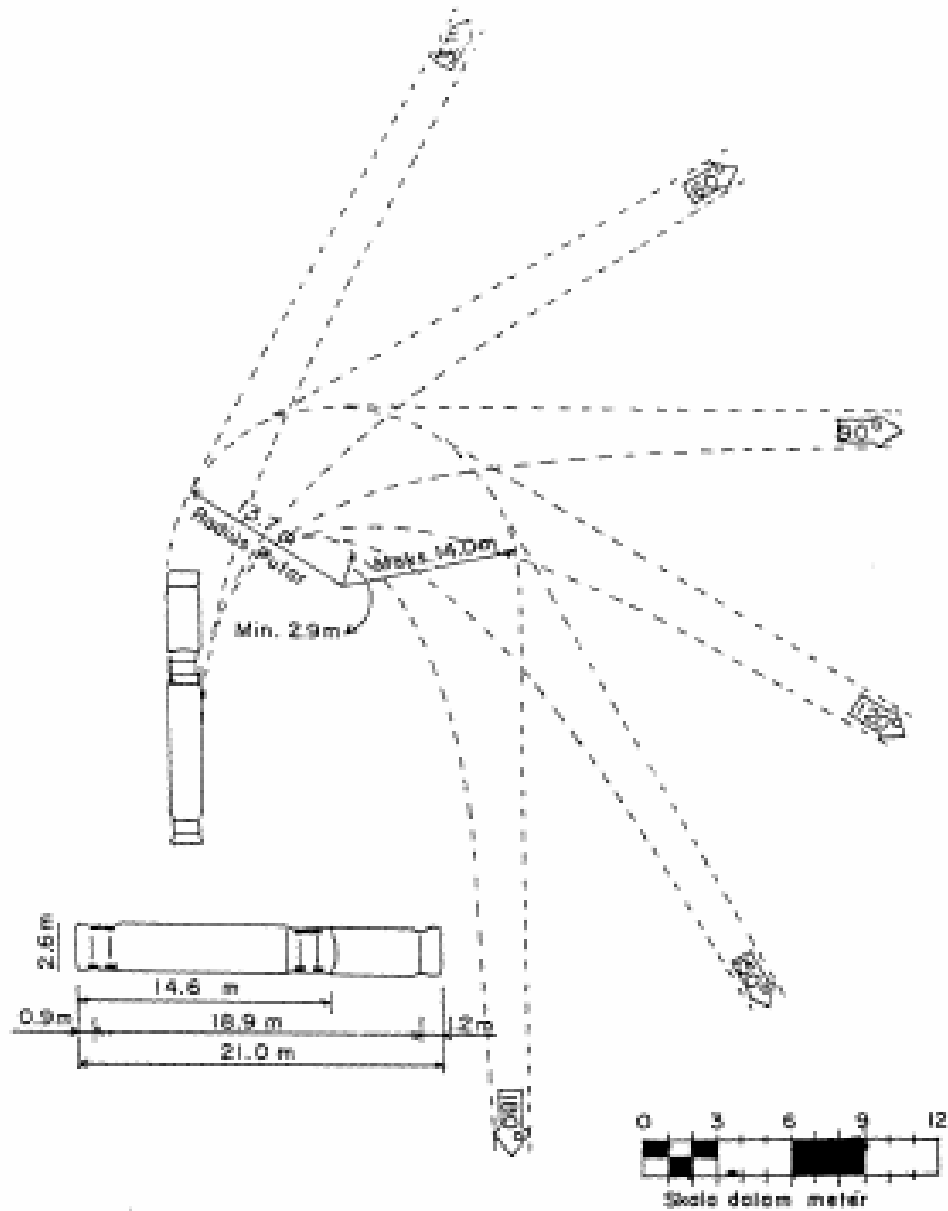
Gambar 2.5 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.6 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.7 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar

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

c. Satuan mobil penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon.	1,0	1,0
2.	Pick-Up, Bus Kecil, Truck	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Kecil Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

d. Volume Lalu Lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan volume, volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan, namun apabila jalan terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya.

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

1. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)

LHR adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. LHR diperoleh dari analisa data survei asal-tujuan dan volume lalu lintas disekitar jalan tersebut.

Lalu lintas harian rata-rata dihitung menggunakan rumus berikut :

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Volume Jam Perencanaan

Arus lalu lintas yang bervariasi dari jam ke jam dalam satu hari menyebabkan diperlukannya perencanaan volume lalu lintas dalam satu jam, perencanaan tersebut dinamakan volume jam perencanaan.

Volume Jam perencanaan dinyatakan dalam satuan SMP/Jam dan dihitung menggunakan rumus :

$$VPJ = K \times LHR \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana, K adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk. Nilai K dapat bervariasi antara 10 – 15 % untuk jalan antar kota, sedangkan untuk jalan dalam kota faktor K akan lebih kecil (TPGJAK, 1997)

3. Kapasitas.

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama satu jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Sukirman, 1999). Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ideal dengan kondisi dari jalan yang direncanakan.

2.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat 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. (Hendarsin, 2000) . Jarak pandangan terdiri dari :

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi kendaraan untuk menghentikan kendarannya. Guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan, maka disetiap panjang jalan harus memiliki jarak pandang henti minimum.

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

Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jala. Jh terdiri atas dua elemen jarak, yaitu :

1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang di tempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman (Jhm) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pegemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Tabel 2.6 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 27)

b. Jarak pandang mendahului (Jd)

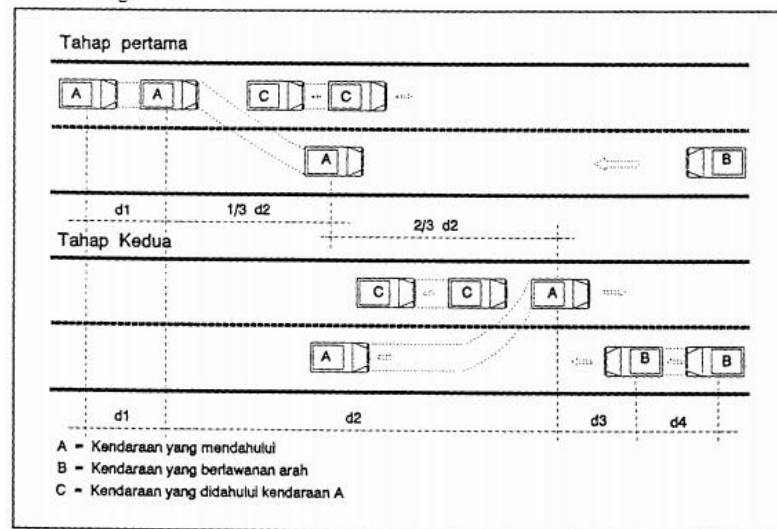
Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (Hendarsin, 2000)

Tabel 2.7 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm.



Gambar 2.8 Jarak Pandang Mendahului

Jd dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu reaksi oleh kendaraan yang hendak mendahului dan membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.
- d_2 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang mendahului selama berada dalam lajur kanan.
- d_3 = Jarak bebas yang ada antara kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan mendahului dilakukan.
- d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah selama $2/3$ dari waktu yang diperlukan oleh kendaraan mendahului berada pada lajur sebelah kanan atau sama dengan $2/3 d_2$.

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

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

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

Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “*tangen*”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu:

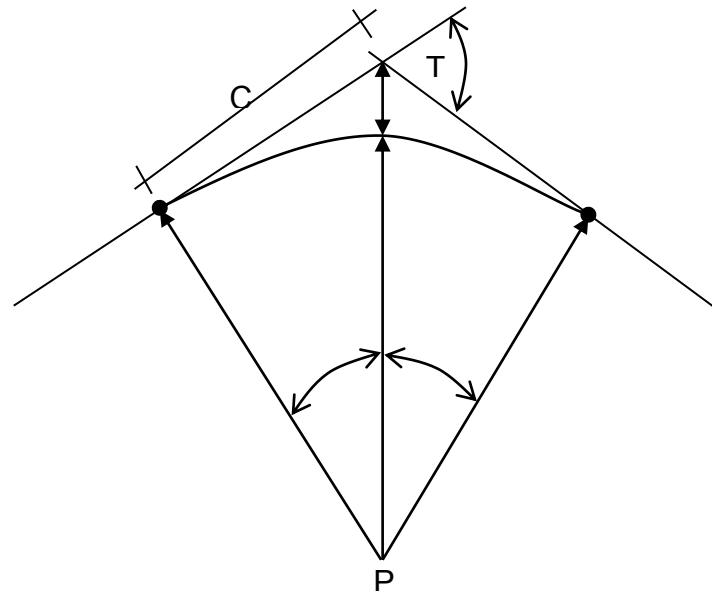
a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.9 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
<i>R min (m)</i>	2500	1500	900	500	350	250	130	660

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



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.4)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.5)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

Δ = Sudut *tangen* (°).

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 ke CT (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

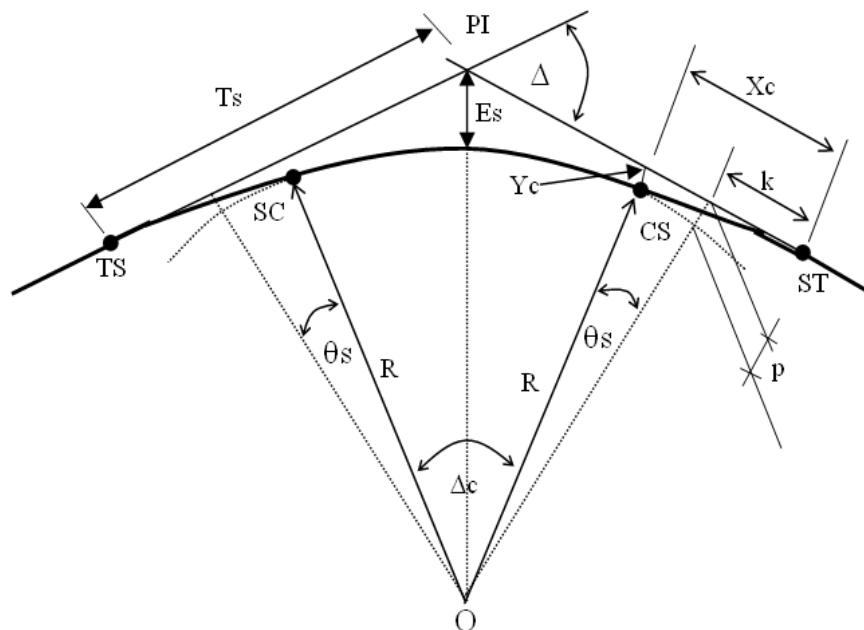
E_c = Panjang luar P1 ke busur lingkaran (m).

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

b. Tikungan *Spiral-circle-spiral* (SCS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*Circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya *sentrifugal* dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral-circle-spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.



Gambar 2.10 Sketsa Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan:

1. Kemiringan tikungan maksimum
2. Koefisien gesekan melintang maksimum

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.7)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.8)$$

$$L_c = \frac{\Delta'}{360} 2 \pi R \dots\dots\dots(2.9)$$

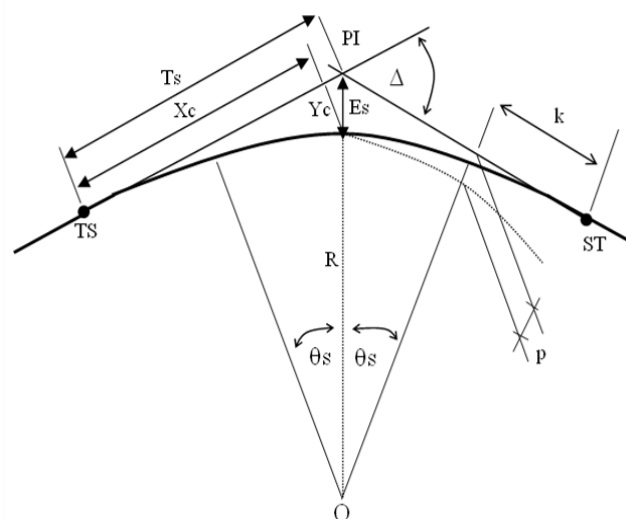
$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).
- Ys = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m).
- Ls = Panjang lengkung peralihan (m).
- L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).
- Ts = Panjang *tangen* (titik P1 ke TS atau ke ST) (m).
- TS = Titik dari *tangen* ke spiral (m).
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).
- Es = Jarak dari PI ke lingkaran (m).
- R = Jari-jari lingkaran (m).
- P = Pergeseran *tangen* terhadap *spiral* (m).
- K = Absis dari p pada garis *tangen spiral* (m).
- S = Sudut lengkung *spiral* (°).

3. Tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horisontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS.



Gambar 2.11 Skema Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$L_s = \frac{\theta s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.11)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.12)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.13)$$

$$TS = (R+P) \times \text{tg } \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.14)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - 50 \dots\dots\dots(2.15)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran.

T_s = Panjang *tangen* dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m).

TS = Titik dari *tangen* ke *spiral* (m).

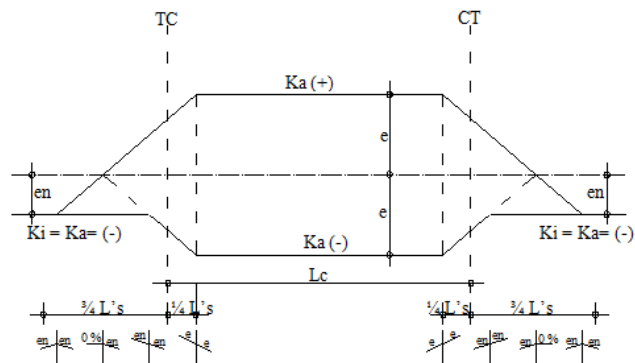
SC = Titik dari *spiral* ke lingkaran (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

4. Kemiringan melintang pada lengkung horizontal (Superelevasi)

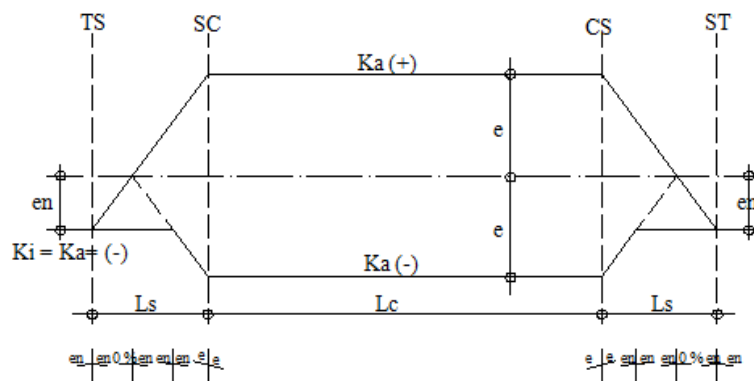
Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya *sentrifugal* diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. (Hendarsin, 2000)

Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.



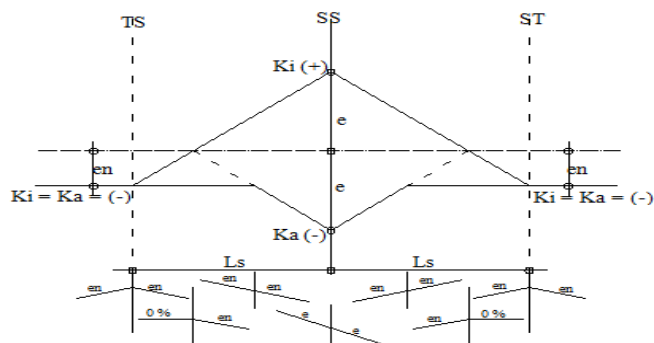
Gambar 2.12 Diagram Superelevasi *Full Circle*

(Sumber: <http://komunitassipilmenuis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi Spiral – Circle – Spiral

(Sumber: <http://komunitassipilmenuis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)



Gambar 2.14 Diagram Superelevasi Spiral – Spiral

(Sumber: <http://komunitassipilmenuis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)

e. Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

1. Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
2. Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
3. Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan:

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b' \dots\dots\dots(2.17)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25})^2 + 64 - (\sqrt{(Rc^2 - 64)} - 1,25) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$B_t = n (B + c) + Z \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m).

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

b = Lebar kendaraan rencana (m).

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m).

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R = Radius lengkung (m).

n = Jumlah lajur.

C = Kebebasan samping (0,8 m)

f. Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada:

1. Jari-jari tikungan (R).
2. Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
3. Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diizinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

a) Berdasarkan jarak pandang henti

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.22)$$

b) Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot L}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

E = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m).

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_h = Jarak pandang henti (m).

Jd = Jarak pandang menyiap (m).

L = Panjang tikungan (m).

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Landai vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

a. Landai maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

1. Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti
2. 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
3. Kelandaian maksimum untuk berbagai V_r

Tabel 2.10 Landai Maksimum

V_r (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maximum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/TBM/1997)

b. Lengkung vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

1. Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian
2. Menyediakan jarak pandang henti

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk

memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik. Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung didapat dengan perbandingan dari *offset* vertikal dari PPV yang bernilai tertentu. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya *defleksi* (y') antara garis kemiringan (*tangen*) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus :

$$g = \frac{(\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir})}{(\text{STA awal} - \text{STA akhir})} \times 100\%$$

$$A = g_2 - g_1$$

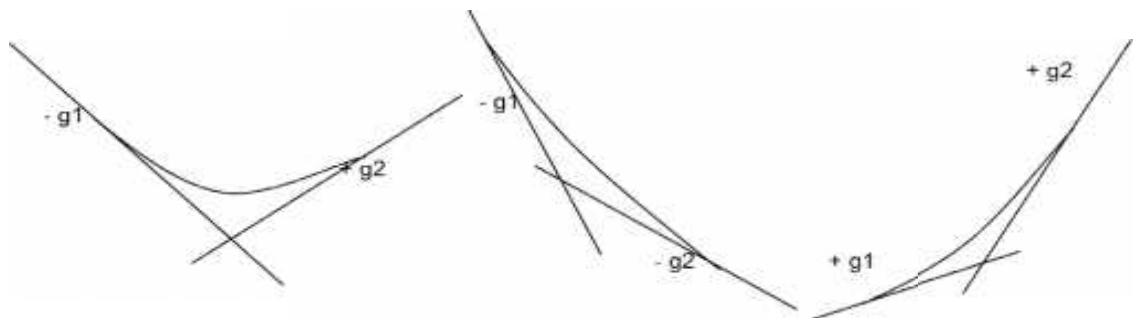
$$jH = 0,694 \times Vr + 0,004 \times \frac{Vr^2}{fp}$$

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800}$$

$$y' = \frac{A \times Lv}{200 \times Lv}$$

a) Lengkung Vertikal Cekung

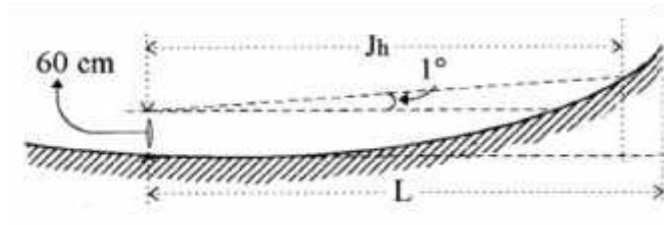
Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



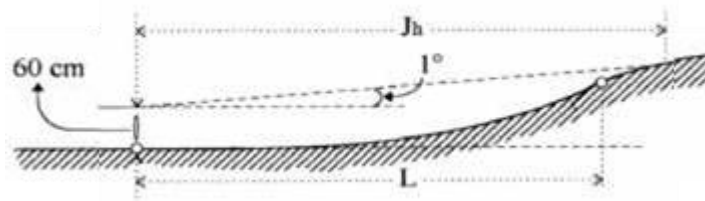
Gambar 2.15 Lengkung Vertikal Cekung

Penentuan panjang lengkung vertikal cekung dilakukan dengan mempertimbangkan empat kriteria, yaitu jarak sinar lampu besar dari

kendaraan kenyamanan pengemudi, ketentuan drainase, penampilan secara umum.

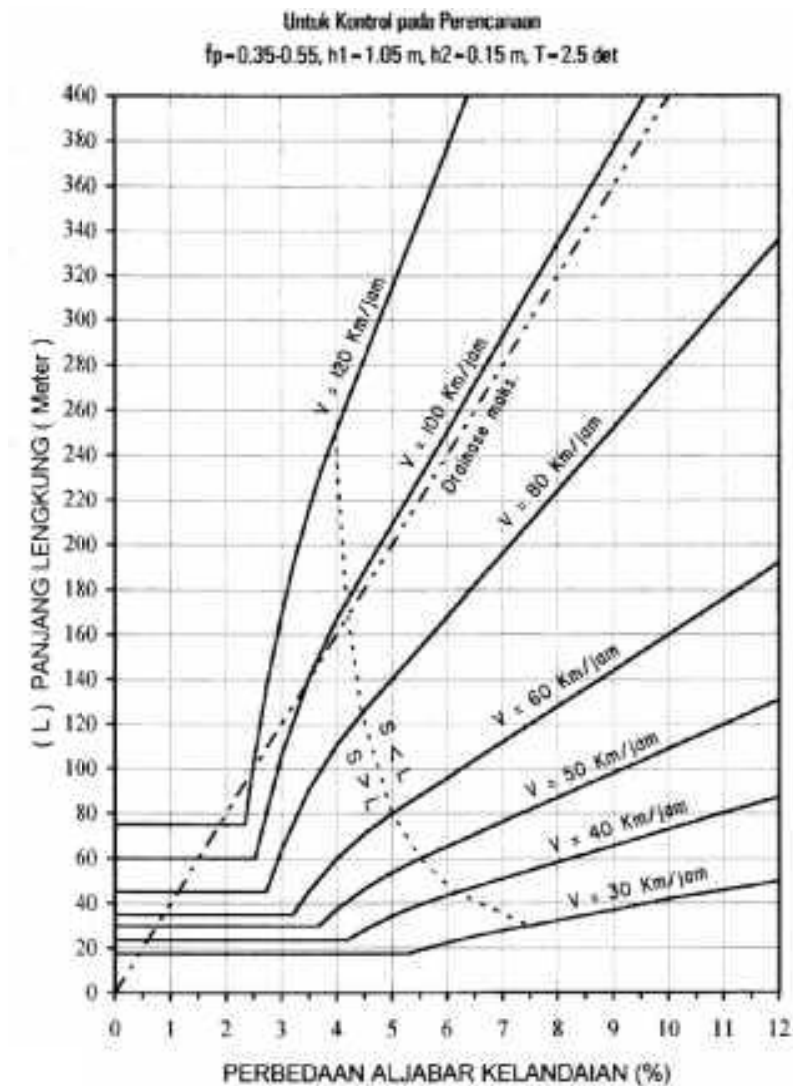


Gambar 2.16 Lengkung Vertikal Cekung untuk $J_h < L$



Gambar 2.17 Lengkung Vertikal Cekung untuk $J_h > L$

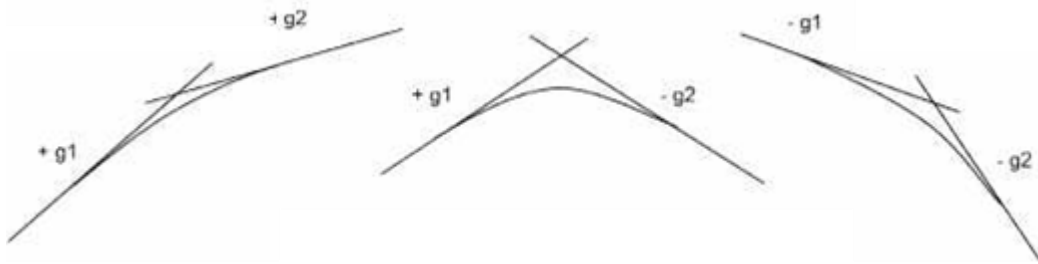
Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase, sebagaimana tercantum dalam gambar dibawah ini.



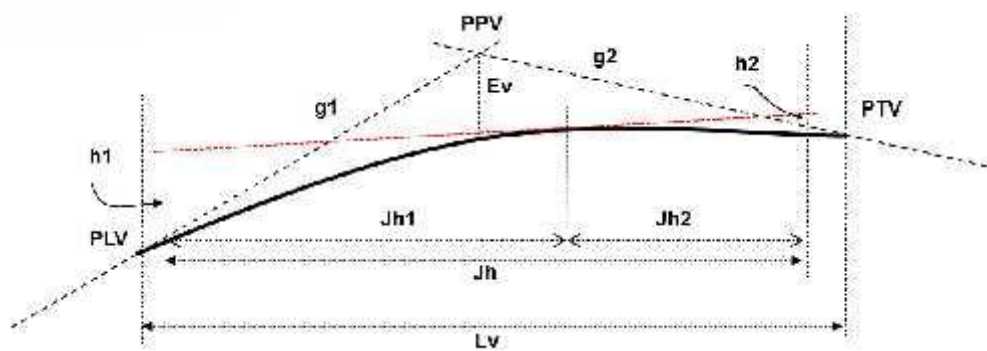
Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak pandang henti (J_h)

b) Lengkung Vertikal Cembung

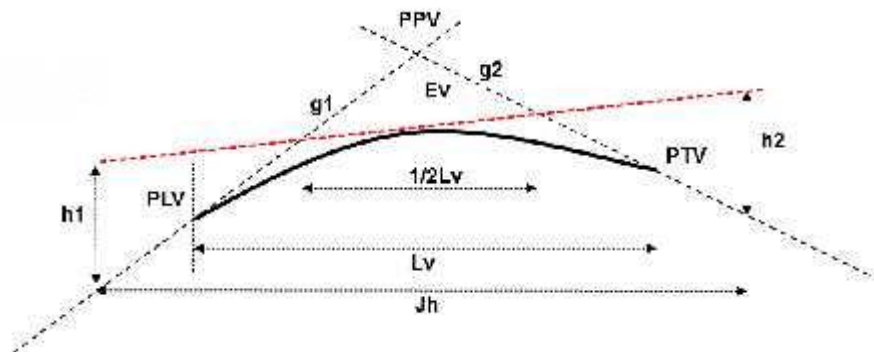
Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.19 Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cembung untuk $J_h < L_v$



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung untuk $J_h > L_v$

Dimana :

J_h = jarak pandang henti (m)

J_d = jarak pandang mendahului/menyiap (m)

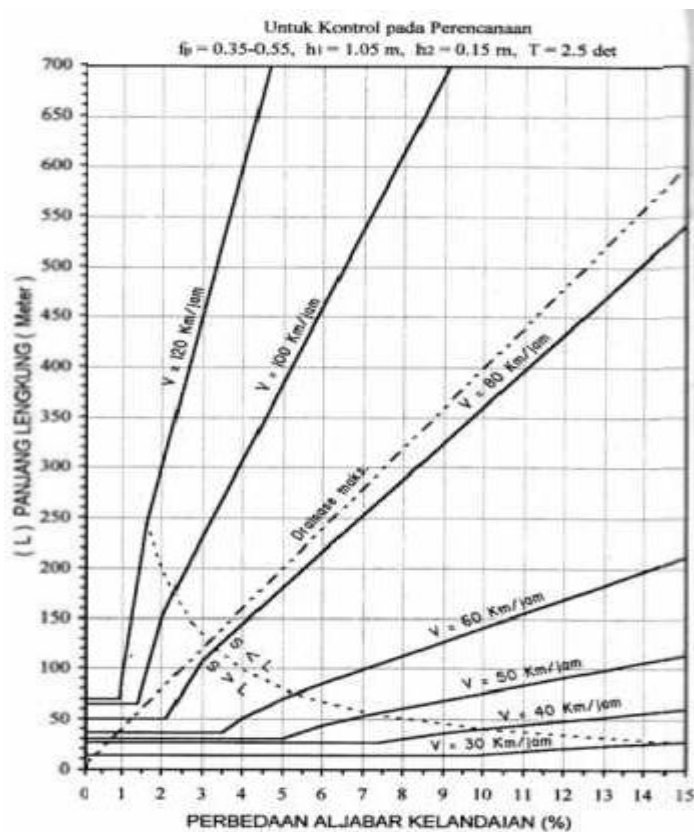
g_1, g_2 = kemiringan / *tangen* (%)

L_v = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana

$$A = g_1 \pm g_2$$

Panjang lengkung vertikal cembung, L_v ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti) untuk memperoleh harga L_v yang sesuai pada grafik tersebut dengan cara tetapkan kecepatan rencana V (kph), tentukan harga $A = (g_2-g_1)$, dari harga A yang diperoleh pilih angka yang sama pada sumbu x grafik (perbedaan aljabar landai (%)), tarik garis vertikal dari skala angka tersebut sehingga memotong kurva V , pada titik potong tersebut, tarik garis horizontal ke kanan sehingga memotong sumbu y (panjang lengkung), dan lihat angka yang ditunjukkan pada skala yang merupakan harga L_v .



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian (*cut*) sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Untuk mendapatkan volume galian dan timbunan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya :

a. Penentuan *stationing*

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik *stationing* (patok-patok km) disepanjang ruas jalan.

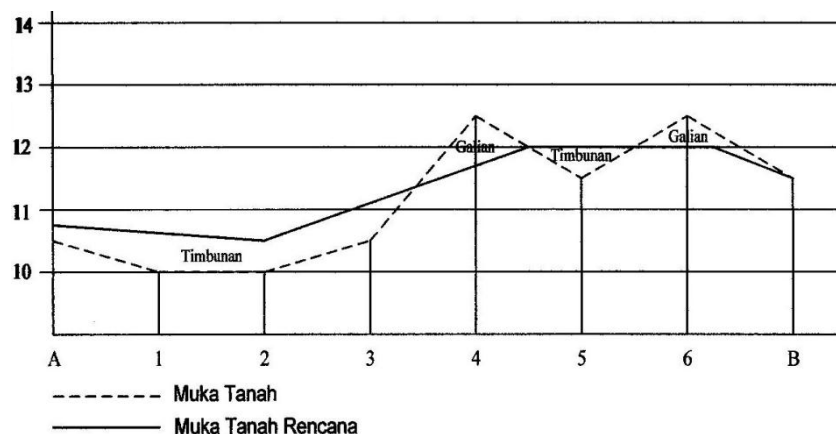
Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:

1. Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m
2. Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m
3. Untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.

b. Profil memanjang

Profil memanjang ini memperlihatkan kondisi elevasi dari muka tanah asli dan permukaan tanah jalan yang direncanakan.

Profil memanjang direncanakan dengan menggunakan skala horizontal 1:1000 dan skala vertikal 1:100.

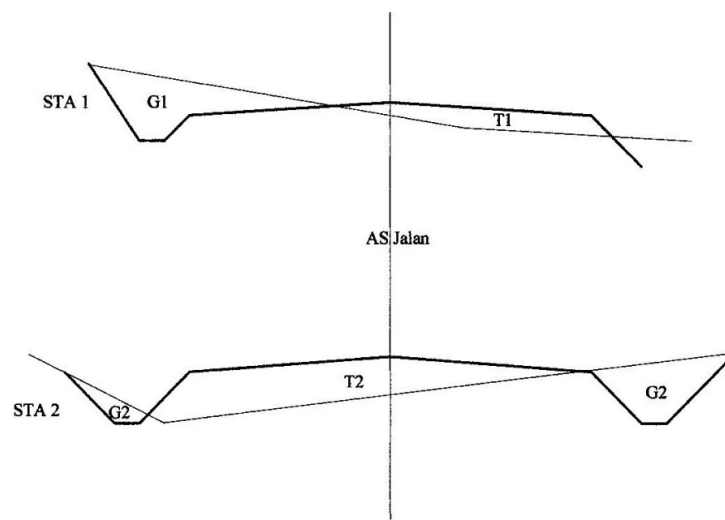


Gambar 2.23 Potongan memanjang

c. Profil melintang

Profil melintang (*cross section*) digambarkan untuk setiap titik *stationing* (patok) yang telah ditetapkan. Profil ini menggambarkan bentuk permukaan tanah asli dan rencana jalan dalam arah tegak lurus as jalan secara horizontal. Kondisi permukaan tersebut diperlihatkan sampai sebatas minimal separuh daerah penguasaan jalan kearah kiri dan kanan jalan tersebut.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota No. 038/TBM/1997 menetapkan bagian-bagian profil melintang diantaranya adalah jalur lalu lintas, median dan jalur tepian (kalau ada). Bahu jalur pejalan kaki, selokan dan lereng. Informasi yang dapat diperoleh dari hasil penggambaran profil melintang ini adalah luas dari bidang-bidang galian atau timbunan yang dikerjakan pada titik tersebut.



Gambar 2.24 Profil melintang

d. Menghitung volume galian dan timbunan

Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dihitung luas penampang galian ataupun timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat *planimetri* atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk bangun-bangun sederhana, misalnya bangun

segitiga, segi empat dan trapesium atau dengan menggunakan program komputer seperti *autocad* kemudian dijumlahkan.

Perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antara sta, maka harga volume galian dan timbunan juga semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antara Sta, maka semakin jauh ketidak tepatan hasil yang diperoleh.

Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan dalam waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahal biaya pembuatan jalan yang direncanakan.

2.9 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban berulang roda kendaraan. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih, selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan.

Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya menyebar kelapisan dibawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- a. Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan berat muatannya).
- b. Beban/gaya horisontal (gaya rem kendaraan)
- c. Getaran-getaran roda kendaraan.

2.10 Jenis konstruksi perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. (Sukirman, 1999)

2.11 Kriteria konstruksi perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman, nyaman kepada penggunaan jalan, oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut :

a. Syarat untuk lalu lintas

1. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
2. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
3. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan dan permukaan jalan.
4. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

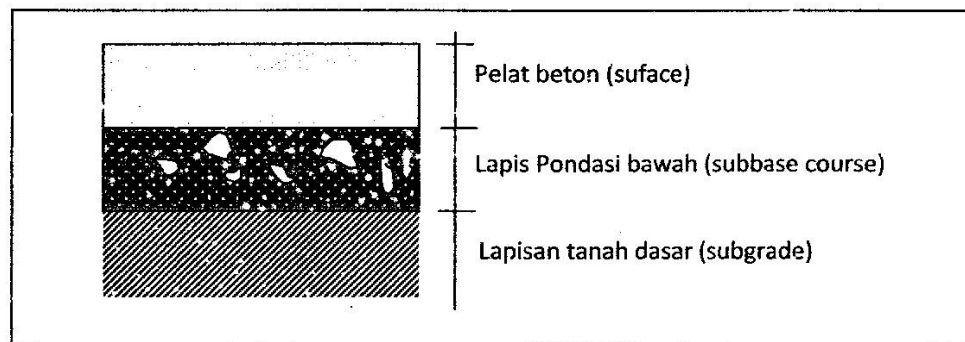
b. Syarat kekuatan sturktural

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar
2. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada dipermukaan jalan dapat cepat dialirkan
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen. (Sukirman, 1999)

2.12 Perkerasan Kaku

2.12.1 Pengertian perkerasan kaku

Perkerasan kaku merupakan salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan bahan campuran agregat dengan semen sebagai bahan pengikatnya.



Gambar 2.25 Susunan lapisan perkerasan kaku

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (*surface*) berupa plat (*slab*) beton semen, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang sudah dipadatkan.

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan tersebut diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan dari beton itu sendiri, karena beban lalu lintas yang diterima sebagian besar akan dipikul oleh pelat beton. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Metode perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada:

- a. Perkiraan volume lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana
- b. Kekuatan tanah dasar yang dinamakan CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- c. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah, diperlukan untuk menopang konstruksi, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar.
- e. Jenis bahu jalan.
- f. Jenis perkerasan.
- g. Jenis penyaluran beban.

2.12.2 Jenis dan fungsi perkerasan kaku

- a. Jenis perkerasan kaku

Perkerasan kaku/beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah

dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. (Puslitbang jalan dan jembatan; 2003)

Menurut buku Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton. Semen Departemen PU, perkerasan kaku/beton semen dibedakan kedalam 4 jenis :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
 2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
 3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
 4. Perkerasan beton semen pra-tegang (dengan tulangan serat baja/*fiber*)
- b. Fungsi perkerasan kaku
1. Memikul beban roda kendaraan
 2. Sebagai *running surface* yang memenuhi aspek keselamatan dan aspek ketahanan terhadap pengaruh lalu lintas dan cuaca, dengan sedikit pemeliharaan untuk suatu periode yang panjang.
 3. Melindungi lapisan struktur dibawahnya dari kemungkinan masuknya air serta kemungkinan perubahan kadar air, sehingga akan membantu tetap terpeliharanya kestabilan *subgrade* selama unsur perkerasan.

2.12.3 Persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku

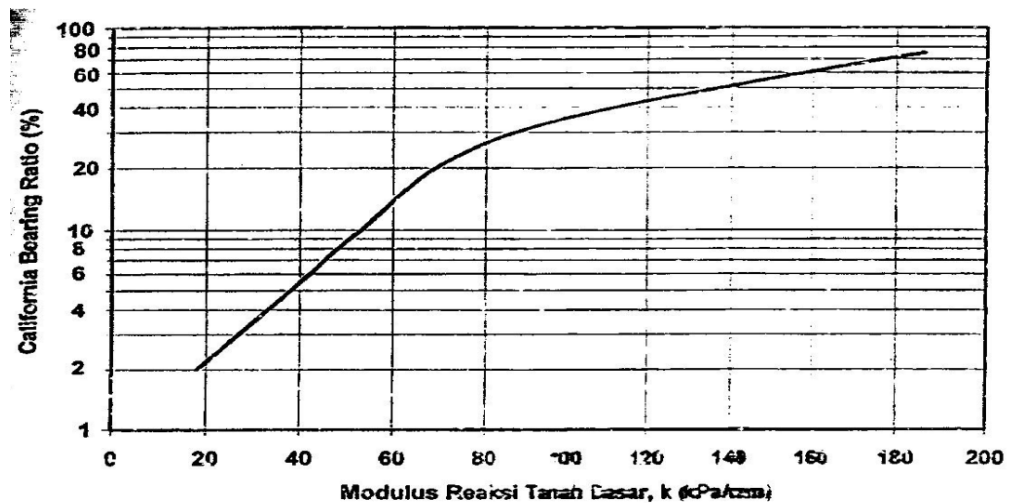
a. Kekuatan lapisan tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR lapangan ataupun CBR laboratorium, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-mix concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5% (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen PU; 2002).

Sebagaimana dijelaskan diatas untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, daya dukung tanah dasar diperoleh dengan nilai CBR, seperti halnya pada perencanaan perkerasan lentur, meskipun pada umumnya dilakukan dengan menggunakan nilai (k) yaitu modulus reaksi tanah dasar.

Modulus reaksi tanah dasar (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 diatas perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut gambar 2.26

Bila nilai (k) lebih besar dari 140 kPa/mm (14kg/cm³), maka nilai (k) dianggap sama dengan nilai CBR 50%.



Gambar 2.26 Grafik korelasi nilai (k) dengan CBR

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar (k) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = k - 2.S \text{ (untuk jalan tol) } \dots\dots\dots (2.25)$$

$$k^{\circ} = k - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri) } \dots\dots\dots (2.26)$$

$$k^{\circ} = k - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal) } \dots\dots\dots (2.27)$$

Faktor keseragaman (Fk) :

$$Fk = \frac{s}{k-} \times 100\% < 25\% \text{ (dianjurkan) } \dots\dots\dots (2.28)$$

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{n \frac{(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

k° = Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili suatu seksi jalan

$k = \frac{\sum k}{n}$ = modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi jalan

k = Modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

n = Jumlah data k

S = Standar deviasi

b. Pondasi bawah

Tujuan digunakannya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku adalah untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian atau penyusutan serta mencegah keluarnya air atau pumping pada sambungan atau tepi-tepi pelat beton.

Adapun bahan-bahan untuk pondasi bawah dapat berupa :

1. Bahan berbutir :

Persyaratan dan gradasi butiran pondasi bawah sesuai dengan kelas B yang diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan izin 3% - 5%.

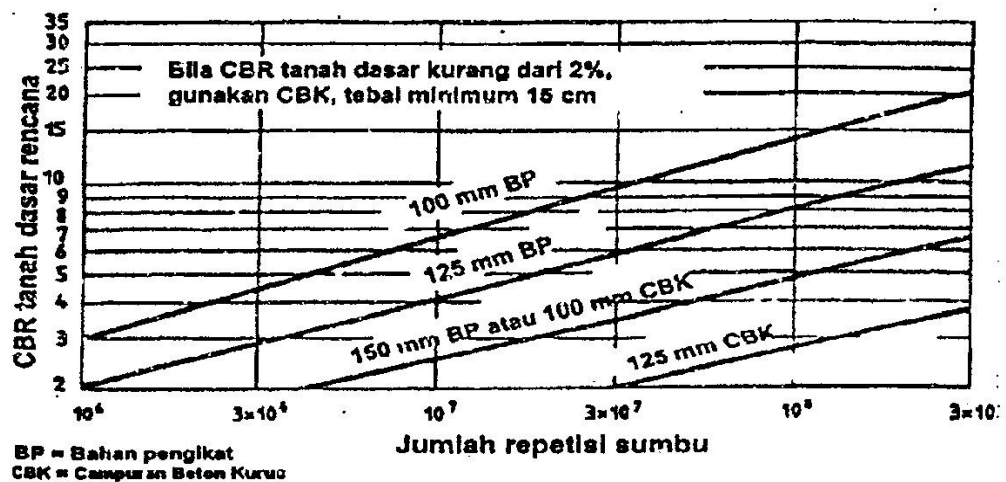
2. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat, dapat berupa :

- a. Stabilisasi dengan material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat berupa : semen, kapur, serta abu terbang.
- b. Campuran beraspal bergradasi padat
- c. Campuran beton kurus giling padat, yang harus mempunyai kuat tekan berkarakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).
- d. Campuran beton kurus

Campuran beton kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK).

Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 2.27 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku terhadap repetisi sumbu

c. Beton semen

Kekuatan beton semen dinyatakan dalam nilai ku pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal at tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 - 5 Mpa (30 - 50 kg/cm²)

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K \times (f'c)^{0,05} \text{ (dalam Mpa)} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f'c)^{0,05} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²).

f_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²).

K = Konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah 0,75 untuk agregat pecah.

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen harus sesuai dengan AASHTO M6-97 untuk agregat halus, dan AASHTO M80-87 untuk agregat kasar.

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dibatasi hingga seperempat dari tebal perkerasan beton semen. Ukuran nominal agregat kasar yang didasarkan pada ketebalan perkerasan diperlihatkan pada tabel 2.21

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dikombinasikan dengan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan

2. Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton umumnya tipe I yang harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan.

Tabel 2.11 Ukuran Nominal Agregat Kasar Terhadap Tebal Perkerasan

No	Ukuran Agregat Kasar (mm)	Tebal Perkerasan (cm)
1	19,0	10,0 - 15,0
2	26,5	15,0 - 17,5
3	37,5	>17,5

(Sumber : Litbang PU, Perkerasan Beton semen untuk jalan dengan lalu lintas Rendah dan menengah, 2003)

3. Air

Air harus bersih terbebas dari segala hal yang dapat merugikan dan dapat merusak kekuatan, waktu seting atau keawetan beton serta kekuatan beton serta kekuatan dan keawetan tulangan.

4. Bahan tambah

Bahan tambah harus sesuai dengan persyaratan ASTM C-494 untuk *water reducing* dan SNI 03-2496-1991 untuk *airetraining*.

2.12.4 Lalu lintas untuk perkerasan kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu, sebagai berikut :

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- c. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- d. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

2.12.5 Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan tabel 2.13

Tabel 2.12 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan Dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumla Lajur (n)	Kofisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m ≤ Lp < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m ≤ Lp < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,25 m ≤ Lp < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaam Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2002)

2.12.6 Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan

Klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Umumnya perkerasan kaku/beton semen dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.12.7 Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e \log(1+i)} \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas perahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui tabel 2.14

Tabel 2.13 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Reencana (Tahun)	Laju pertumbuhan lalulintas (i) pertahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan perkerasan Beton Semen Dep PU)

2.12.8 Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah komulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKN \times 356 \times R \times C \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga Selama Umur Rencana

JSKNH = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga per Hari pada saat Jalan dibuka

- R = Faktor Pertumbuhan komulatif
 C = Koefisien distribusi kendaraan

2.12.9 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat rehabilitasi perencanaan seperti terlihat pada tabel 2.15

Tabel 2.14 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No	Penggunaan	Nilai Fkb
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan <i>route alternatif</i> , maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU)

2.12.10 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasikan gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

2.12.11 Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m.

Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.34)$$

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75 \dots\dots\dots (2.35)$$

Keterangan :

A_t = luas penampang tulangan per meter anjang sambungan (mm^2)

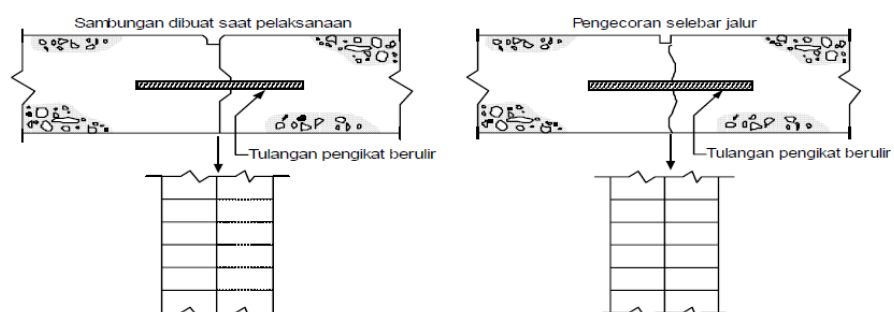
B = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal pelat (m)

I = Panjang batang pengikat (mm)

Φ = diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

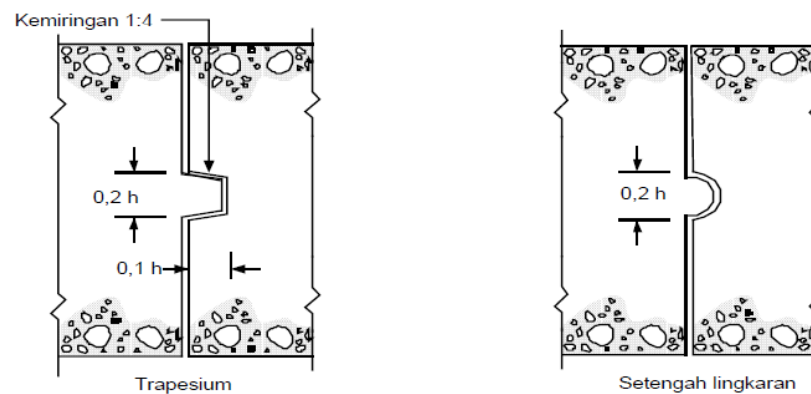
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.



Gambar 2.28 Tipikal sambungan memanjang

2.12.12 Sambungan pelaksana memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian.. Sambungan penghamparan pelat beton disebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.



Gambar 2.29 Ukuran Standar penguncian sambungan memanjang

2.12.13 Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

2.12.14 Sambungan susut melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.31 dan gambar 2.32

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan

tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

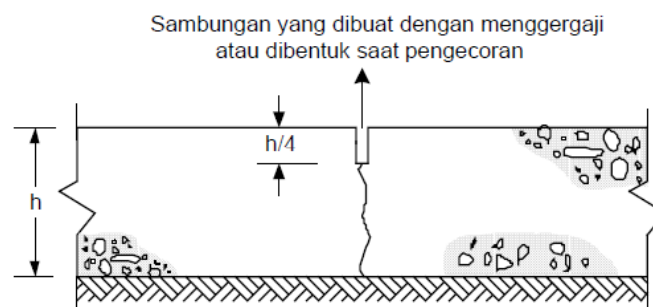
Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm.

Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

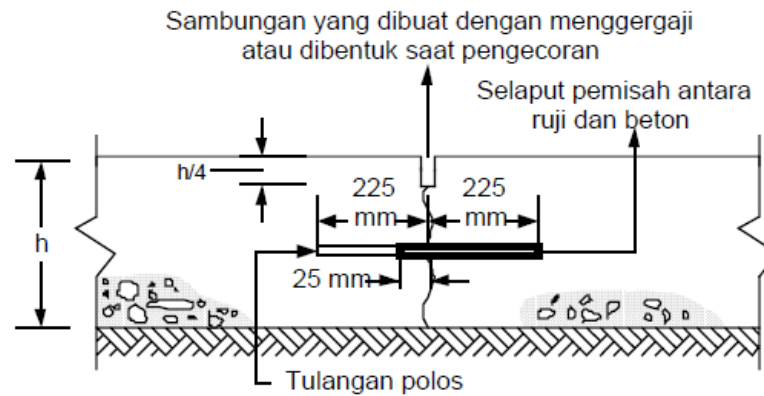
Tabel 2.15 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

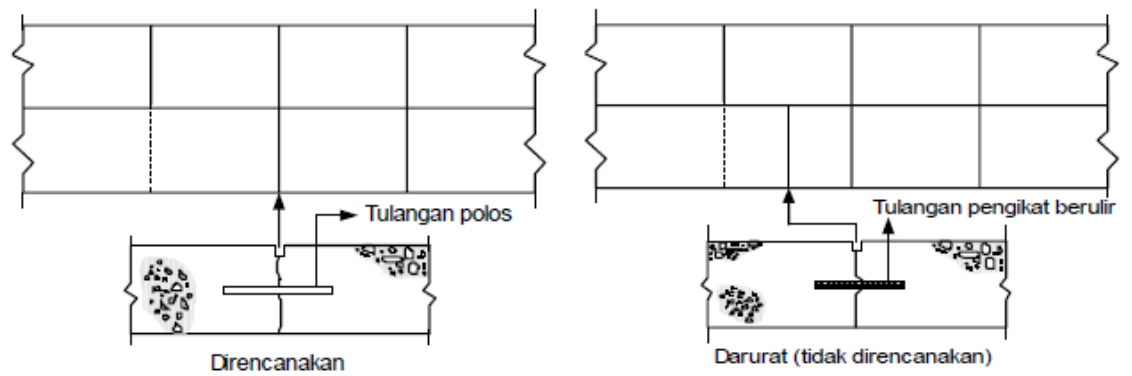
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU)



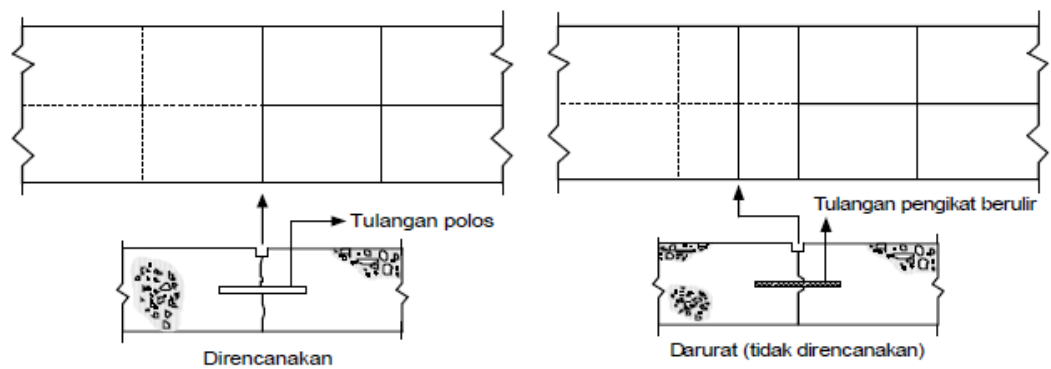
Gambar 2.30 Sambungan susut melintang tanpa ruji



Gambar 2.31 Sambungan susut melintang dengan ruji



Gambar 2.32 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

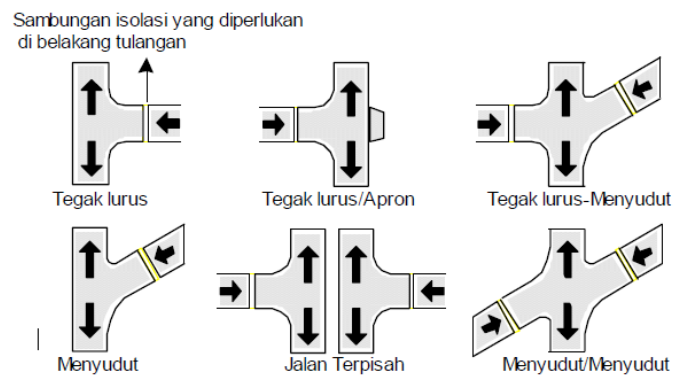


Gambar 2.33 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

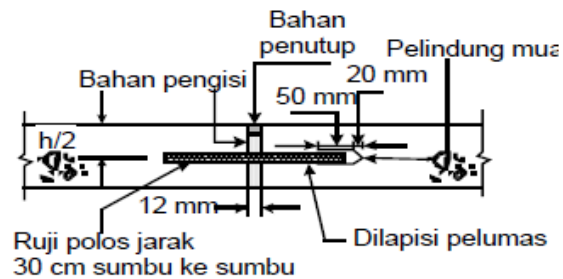
2.12.15 Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan jalan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya.

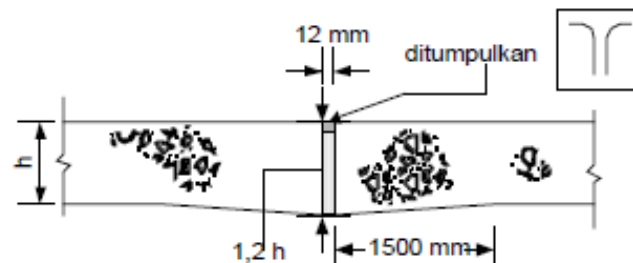
Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini



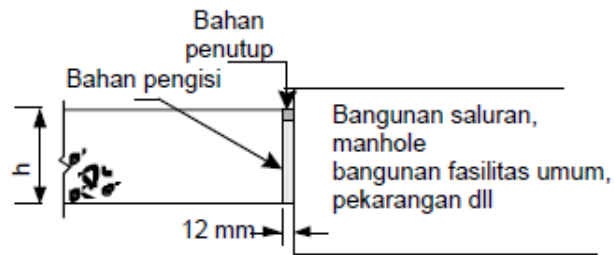
Gambar 2.34 Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi



Gambar 2.35 Sambungan isolasi dengan ruji



Gambar 2.36 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi



Gambar 2.37 Sambungan isolasi tanpa ruji

Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas.

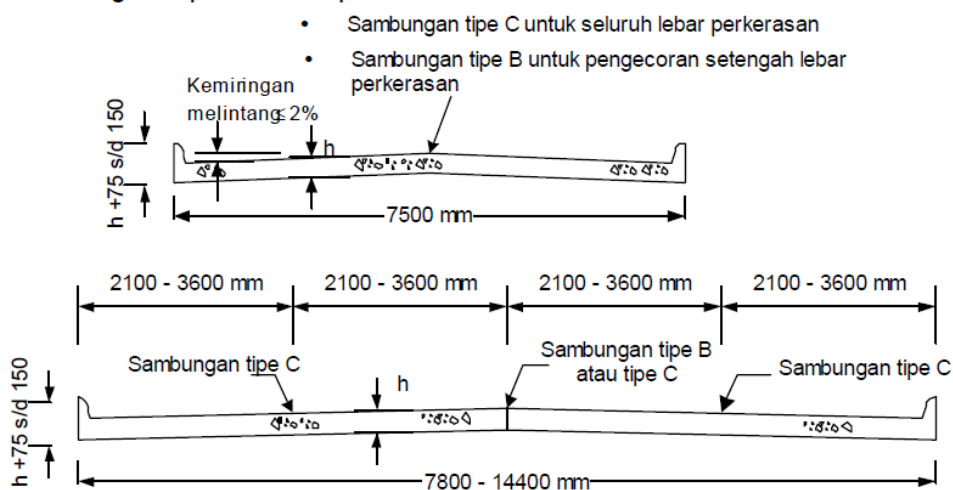
2.12.16 Pola sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin.
- Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan *manhole* atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang

berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau diantara dua sudut.

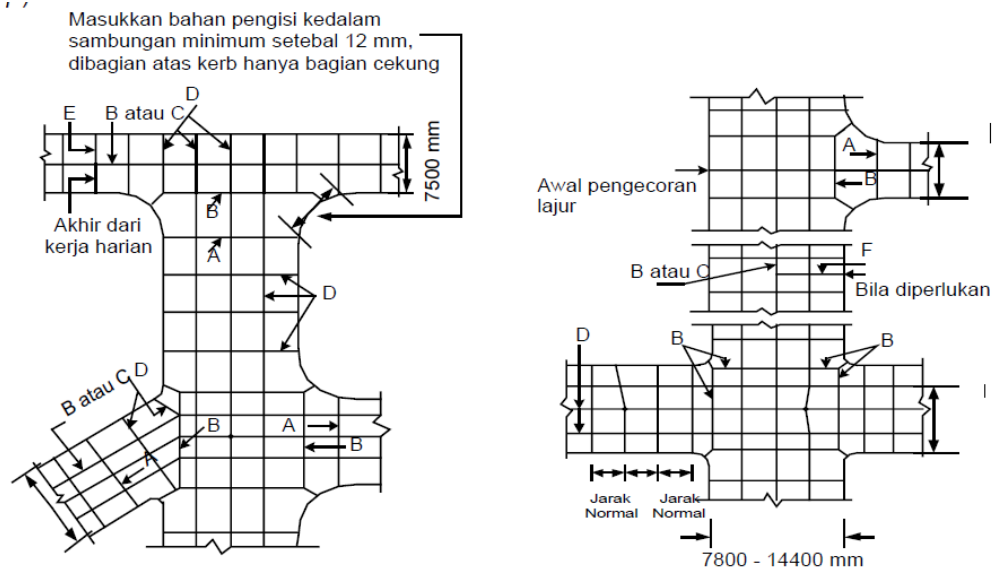
- i. Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- j. Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditekankan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 11b.
- k. Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi *manhole* harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.



Gambar 2.38 Potongan melintang perkerasan dan lokasi sambungan

2.12.17 Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 2.39 Detail Potongan melintang sambungan perkerasan

Keterangan gambar 2.35

- A = Sambungan isolasi
- B = Sambungan pelaksanaan memanjang
- C = Sambungan susut memanjang
- D = Sambungan susut melintang
- E = Sambungan susut melintang yang direncanakan
- F = Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan

2.12.18 Perencanaan tebal pelat

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu:

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu-lintas yang diperlukan

adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

Tebal pelat taksiran dipilih, dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana . Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan di ulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

2.12.19 Perencanaan tulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

1. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
2. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
3. Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu di pasang di beberapa tempat tertentu untuk mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkrakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan, yang tidak dapat dihindari meskipun dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

1. Pelat dengan betuk tak lazim. Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar bebebntuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
2. Pelat dengan sambungan tidak sejalur
3. Pelat berlubang

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

A_s = Luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

F_s = Kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

G = Gravitasi (m/detik^2).

H = Tebal pelat beton (m)

L = Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M = Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1. Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot 91,3 - 0,2\mu}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots(2.37)$$

Tabel 2.16 Nilai Koefisien Gesek (μ)

Type material dibawah slab	koefisien gesek (μ)
Burtu, Lapen & konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, laston	1,8
Stabilitas kapur	1,8
Stabilitas aspal	1,8
Stabilitas semen	1,8
Koral sungai	1,8
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Perencanaan Jalan Raya 2 , 2003)

Keterangan :

P_s = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

f_{ct} = Kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 f_c) (kg/cm^2)

f_y = Tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n = Angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel

μ = Koefisien gesekan antara baja dan beton dengan lapisan dibawahnya

E_s = Modulus elastis baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm^2)

E_c = Modulus elastis beton = $1485 f_c$ (kg/cm^2)

Tabel 2.17 Hubungan Kuat Tekan Beton Dan Angka Ekivalen Baja Dan Beton (N)

f_c (kg/cm^2)	N
175 – 225	10
235 – 285	8
290 – ke atas	6

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU*, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6 % luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan.

Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots \dots \dots (2.38)$$

Keterangan :

L_{cr} = Jarak teoritis antara retakan

- P = Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton
- Fb = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97 \frac{\sqrt{f_c}}{d} / d)$ (kg/cm²)
- u = Aperbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d.
- es = koefisien susut beton = (400. 10⁶).
- fct = kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 fct).
- n = angka ekuivalensi antara baja dan beton (es/Ec).
- Es = modulus elastisitas baja = 2,1 x 10⁶ (kg/cm²).
- Ec = Modulus elasyisitas beton = 1485 fc (kg/cm²)

Dengan catatan :

- a) Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan diatas harus memberikan hasil antara 150-250 cm.
- b) Jarak antar tulangan = 100 mm – 225 mm.
- c) Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm - 20 mm.

2. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.36) Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut : (Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2003)

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm.

2.13 Perencanaan Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan. Sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkana air permukaan ataupun bawah tanah, biasanya

menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan.

Pada perencanaan drainase dikenal adanya istilah sistem drainase atau serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air atau tempat peresapan buatan. Bangunan system drainase dapat terdiri atas saluran penerima saluran pembawa air berlebih, saluran pengumpul dan badan air penerima.

Agar aliran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai, dll), maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu.

a. Desain saluran samping

Langkah perencanaanya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan frekuensi hujan rencana pada masa ulang T (tahun)

Untuk menentukan frekuensi curah hujan digunakan cara atau Metode Gumbel, cara ini digunakan apabila data curah hujan tersedia dengan lengkap, sehingga diperoleh perhitungan hujan rata-rata sesuai dengan jumlah tahun pengamatan. Untuk perhitungan cara Gumbel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(R-\bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$\bar{R}t = \bar{R} + \frac{Yt-Yn}{Sn} \cdot Sx \dots\dots\dots (2.41)$$

$$K = \frac{Yt-Yn}{Sn} \dots\dots\dots (2.42)$$

Keterangan :

- \bar{R} = Curah hujan harian rata – rata
- Sx = Standar deviasi
- $\bar{R}t$ = Hujan rencana untuk periode ulang T tahun
- Yt = Faktor reduksi (table 2.19)
- Yn = Angka reduksi rata-rata (table 2.20)
- Sn = Angka reduksi standar deviasi (table 2.21)

K = Faktor frekuensi (nilai K bisa dilihat pada (tabel 2.19))

Tabel 2.18 Faktor Frekuensi (K)

T	YT	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0.1355	-0.1434	-0.1478	-0.1506	-0.1526
5	1,1499	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2,2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2,9702	2.6064	2.4078	2.302	2.2348	2.1881
25	3,1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.444	2.3933
50	3,9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4,6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6533

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

Tabel 2.19 Angka Reduksi Rata-Rata (Yn)

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,4952	0,5236	0,5362	0,5436	0,5485	0,5521	0,5548	0,5569	0,5586	0,56
1	0,4996	0,5252	0,5371	0,5442	0,5489	0,5524	0,555	0,557	0,5587	
2	0,5035	0,5268	0,538	0,5448	0,5493	0,5527	0,5552	0,5572	0,5589	
3	0,507	0,5283	0,5388	0,5453	0,5497	0,553	0,5555	0,5574	0,5591	
4	0,51	0,5296	0,5396	0,5458	0,5501	0,5533	0,5557	0,5576	0,5592	
5	0,5128	0,5309	0,5402	0,5463	0,5504	0,5535	0,5559	0,5578	0,5593	
6	0,5157	0,532	0,541	0,5468	0,5508	0,5538	0,5561	0,558	0,5595	
7	0,5181	0,5332	0,5418	0,5473	0,5511	0,554	0,5563	0,5581	0,5596	
8	0,5202	0,5343	0,5424	0,5477	0,5515	0,5543	0,5565	0,5583	0,5598	
9	0,522	0,5353	0,543	0,5481	0,5518	0,5545	0,5567	0,5585	0,5599	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

Tabel 2.20 Angka Reduksi Standar Deviasi (Sn)

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,9496	1,0628	1,1124	1,1413	1,1607	1,1747	1,1854	1,1938	1,2007	1,2065
1	0,9676	1,0696	1,1159	1,1436	1,1623	1,1759	1,1863	1,1945	1,2013	
2	0,9833	1,0754	1,1193	1,1458	1,1638	1,177	1,1873	1,1953	1,202	
3	0,9971	1,0811	1,1226	1,148	1,1658	1,1782	1,1881	1,1959	1,2026	
4	1,0095	1,0864	1,1255	1,1499	1,1667	1,1793	1,189	1,1967	1,2032	
5	1,0206	1,0915	1,1285	1,1519	1,1681	1,1803	1,1898	1,1973	1,2038	
6	1,0316	1,0961	1,1313	1,1538	1,1696	1,1814	1,1906	1,198	1,2044	
7	1,0411	1,1004	1,1339	1,1557	1,1708	1,1824	1,1915	1,1987	1,2049	
8	1,0493	1,1047	1,1363	1,1574	1,1721	1,1834	1,1923	1,1994	1,2055	
9	1,0565	1,1086	1,1388	1,159	1,1734	1,1844	1,193	1,2001	1,206	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

2. Waktu kosentrasi (T_c)

Adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh pada titik terjauh dalam suatu *catchmen area* untuk menuju ke titik *outlet*. Waktu kosentrasi terbagi atas dua, yaitu (t_0 atau t_1) adalah waktu untuk mencapai awal saluran (*inlet*) dan (t_d atau t_2) waktu pengaliran dalam saluran.

Rumus yang digunakan diantaranya :

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$t_d = L/60.V \dots\dots\dots(2.44)$$

$$T_c = t_0 + t_c \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan :

L_0 = Jaarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

Nd = koofisien hambatan

S = Kemiringan daerah pengaliran/ kemiringan tanah

V = kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Catatan : Nilai kemiringan saluran (S) disesuaikan dengan kelandaian jalan dengan nilai minimal = 0,5 %. Untuk nilai nd diambil dari tabel 2.21 dan nilai V diambil dari tabel 2.22

Tabel 2.21 Nilai koofisien hambatan (nd)

Kondisi permukaan	nd
Lapisn semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis & gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	08

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

3. Intensitas hujan selama waktu kosentrasi

Curah hujan dalam jangka waktu pendek dinyatakan dalam intensitas, yaitu tinggi air per satuan waktu (mm/jam, mm/menit).

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.45)$$

Keterangan

- I_t = Intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm)
- T_c = Waktu kosentrasi (jam)

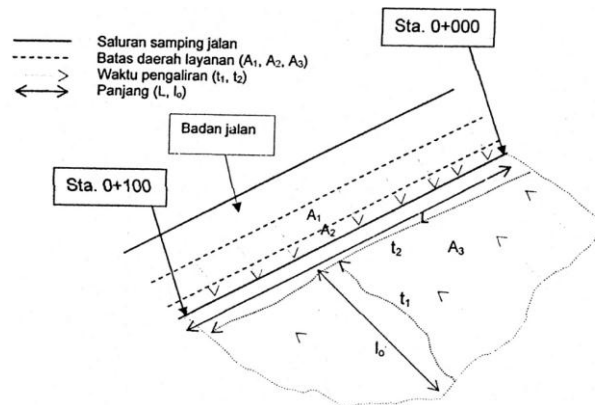
Tabel 2.22 Kecepatan Aliran Izin (V)

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006)

4. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan (*catchmen area*) pada perencanaan saluran samping jalan dan *culvert* adalah daerah pengaliran (*drainage area*) yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan), sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke *culvert* atau sungai.



Gambar 2.40 Penempatan segmen antar *stationing*

5. Koefisien pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan (C), adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan.

Apabila koefisien pengaliran terdiri lebih dari satu jenis kondisi permukaan pengaliran, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \dots\dots\dots(2.46)$$

Keterangan :

- C1, C2 = Koefisien pengaliran sesuai jenis permukaan
- A1, A2 = Luas daerah pengaliran (km²)
- C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran

6. Debit limpasan

Debit limpasan adalah jumlah pengaliran limpasan yang masuk kedalam saluran samping, rumus yang digunakan adalah :

$$Q_r = \frac{C.It.A}{3,6} \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan :

- Q = Debit limpasan (m³/detik)
- C = Koefisien pengaliran (table 2.33)
- It = Intensitas hujan selama waktu kosentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran/ tangkapan (km²)

7. Perencanaan dimensi saluran samping

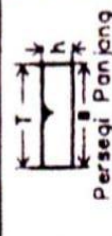

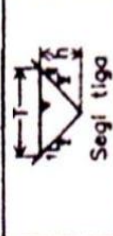



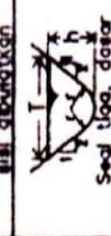
Bentuk penampang saluran samping yang akan didesain adalah bentuk trapesium dengan kemiringan talud.

Tabel 2.23 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	BAHAN	
1	Jalan beton dan aspal	0,70 – 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3	Bahu jalan :	
	a. Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	b. Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	c. Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	d. Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
	TATA GUNA LAHAN	
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
3	Daerah industry	0,60 – 0,90
4	Pemukiman padat	0,60 – 0,80
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
7	Persawahan	0,45 – 0,60
8	Perbukitan	0,70 – 0,80
9	Pegunungan	0,75 – 0,90

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 9)

Tabel 2.41 Unsur-Unsur Geometris Penampang Ekonomis Saluran

Penampang	Luas A	Keliling basah O	Jari-jari hidroliis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidroliis D	Faktor penampang Z
 Persegi Panjang	Bh	$B+2h$	$\frac{Bh}{B+2h}$	B	h	$Bh^{1.5}$
 Trapezium	$(B+zh)h$	$B+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$	$B+2zh$	$\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$	$\frac{[(B+zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2zh}}$
 Segi tiga	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$1/2 h$	$\frac{\sqrt{2} zh^{2.5}}{2}$
 Lingkaran	$1/2 (\theta - \sin\theta) d_0^2$	$1/2 \theta d_0$	$1/4 (1 - \frac{\sin\theta}{\theta}) d_0$	$(\sin \frac{1}{2} \theta) d_0$ or $2\sqrt{h(d_0-h)}$	$1/6 (\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2} \theta}) d_0$	$\frac{\sqrt{2} (\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32 (\sin \frac{1}{2} \theta)^{0.5}} d_0^{2.5}$
 Parabola	$1/2 Th$	$T + \frac{8}{3} h^2$	$\frac{2T^2 h}{3T^2 + 8h^2}$	$\frac{3}{2} \frac{A}{h}$	$2/3 h$	$2/9 \sqrt{6} Th^{1.5}$
 Persegi panjang alas parabola	$(\frac{\theta}{2}-2)r^2 + (B+2r)h$	$(\theta-2)r + B + 2h$	$\frac{(\frac{\theta}{2}-2)r^2 + (B+2r)h}{(\theta-2)r + B + 2h}$	$B+2r$	$\frac{(\frac{\theta}{2}-2)r^2}{B+2r} + h$	$\frac{[(\frac{\theta}{2}-2)r^2 + (B+2r)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2r}}$
 Segi tiga, dasar dibulatkan	$\frac{T^2 - L^2}{4Z} (1 - z \cot^2 \alpha)$	$\frac{T}{Z} \sqrt{1+z^2} - \frac{2L}{Z} (1 - z \cot^2 \alpha)$	$\frac{A}{O}$	$2[z(h-r) + r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{T}$	$A \sqrt{\frac{A}{T}}$

*) Perkiraan yang paling cocok untuk interval $0 < \alpha < 1$, bila $x = 4h/T$. Bila $x > 1$, dipakai hubungan $P = (T/2) \sqrt{1+x^2} + 1/x \ln(x + \sqrt{1+x^2})$

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 9)

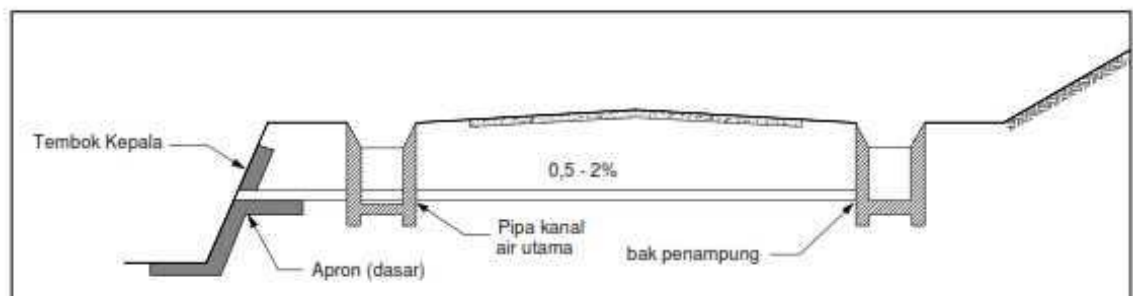
Tabel 2.25 Kemiringan Talud Berdasarkan Debit

NO	Debit Air (m ³ /dtk)	Kemiringan (1: z)
1	0,00 – 0,75	1: 1
2	0,75 – 15	1 : 1,5
3	15 – 80	1: 2

(Sumber : Perencanaan sistem drainase Dep PU, 2006)

b. Gorong-gorong

1. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya
2. Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
3. Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu:
 - a) pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung
 - b) apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
 - c) bak penampung diperlukan pada kondisi pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi pertemuan lebih dari dua arah aliran



Gambar 2.42 Bagian Kontruksi Gorong-gorong

4. Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar.
5. Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% – 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran
6. Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dengan disain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perancangan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :

Jalan Tol	: 25 tahun
Jalan Arteri	: 10 tahun
Jalan Kolektor	: 7 tahun
Jalan Lokal	: 5 tahun
7. Untuk daerah-daerah yang berpasir, bak kontrol dibuat/direncanakan sesuai dengan kondisi setempat
8. Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka. Perhitungan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit-debit yang masuk gorong-gorong tersebut
9. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm; Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan tergantung tipedengan kedalaman minimum 1m -1,5 m dari permukaan jalan
10. Kecepatan minimum dalam gorong-gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi.

2.14 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

2.14.1 Harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan

pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

2.14.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat

2.14.3 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu

kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

2.14.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

a. Anggaran biaya kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti

b. Anggaran biaya teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

1. Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

2. Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan / menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan

3. Harga satuan pekerjaan

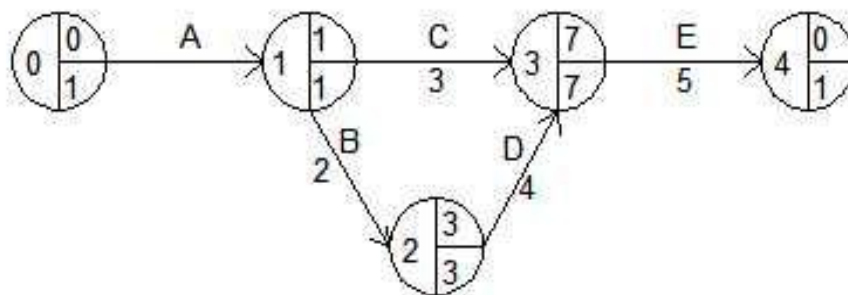
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW

2.14.5 Rekapitulasi biaya

Rakapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir. Pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.14.6 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-yiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.42 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- a. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- c. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (critical path) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

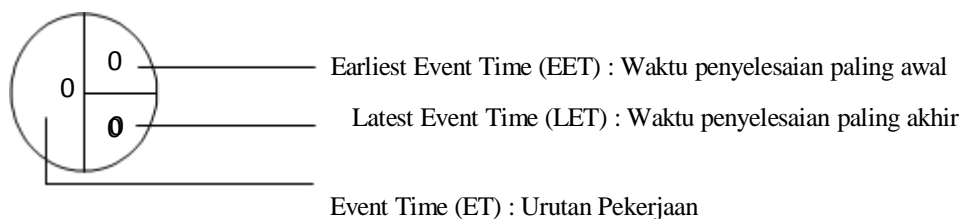
Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

- a. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack / kelonggaran waktu.
- b. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan – pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.
- c. Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :
 1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan
 2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti
 3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama
 4. Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai

5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu. Kemudian mengikutinya
6. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
7. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan
8. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- a. \longrightarrow (Arrow) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resource tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan
- b. \longrightarrow (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*) waktu
- c. \bigcirc (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- d. $- - - - - >$ (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan
- e. aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu netwo



Gambar 2.43 Simbol Kejadian

2.14.7 Barchart

Menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan. Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.14.8 Kurva S

Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.