BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geomtrik Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (UU No 38 tahun 2004 tentang jalan).

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagran dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Untuk merencanakan geometrik jalan yang akan digunakan untuk keperluan lalulintas tidak hanya memperhatikan keamanan dan ekonomisnya biaya, tetapi juga nilai strukturnya. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan, yaitu 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, efesiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan (Silvia Sukirman, 1999).

Perencanaan geometrik jalan meliputi perencanaan alinyemen horizontal, perencanaan alinyemen vertikal, dan superelevasi sesuai klasifikasi Bina Marga. Dalam perencanaan geometrik jalan sangat diperlukan data-data pendukung data lalulintas harian, data peta topografi (peta kontur), data CBR, data curah hujan, data pendukung lainnya. Dengan adannya data-data ini, kita menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

Secara umum, perencanaan jalan meliputi perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur jalan. Perencanaan struktur jalan, dibagi menjadi 2 macam (Departemen Pekerjaan Umum, 1987), yaitu:

a. Perencanaan perkerasan jalan baru (*New Construction*);

b. Peningkatan perkerasan jalan lama (*Overlay*).

2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi:

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Menurut fungsinya jalan diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

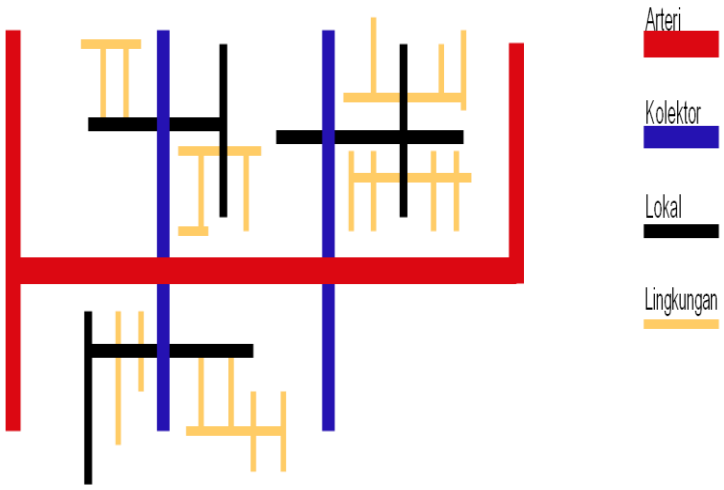
Jalan yang melayani angkutan pengumpul /pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

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

d. Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek ,kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Fungsi Jalan	**Sistim Jaringan Jalan**	**Persyaratan Teknis**
Jalan Arteri	Primer	Jalan Arteri Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 60 km/jam dengan lebar minimum 11 m.
	Sekunder	Jalan Arteri Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 30 km/jam dengan lebar minimum 11 m.
Jalan Kolektor	Primer	Jalan Kolektor Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 40 km/jam dengan lebar minimum 9 m.
	Sekunder	Jalan Kolektor Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 20 km/jam dengan lebar minimum 9 m.
Jalan Lokal	Primer	Jalan Lokal Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 20 km/jam dengan lebar minimum 6,5 m.
	Sekunder	Jalan Lokal Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 10 km/jam dengan lebar minimum 6,5 m. Jalan Lokal Sekunder yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar minimum 3,5 m.
Jalan Lingkungan		Tidak diatur dalam PP tentang Jalan

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 11.1 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.2. Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (TON)
1.	Jalan Arteri	I II III A	>10 10 8
2.	Jalan Kolektor	III A III B	8

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2.3. Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu lintas Harian Rata-rata (smp)
1.	Jalan Arteri	I	> 20.000
2.	Jalan Kolektor	II A II B II C	6.000 - 20.000 1500 - 8000 < 2000
3.	Jalan lokal	III	-

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

a. Medan jalan di klasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.4. Klasifikasi Jalan menurut medan jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Perbukitan	B	3 – 25
3.	Pergunungan	G	> 25

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

c. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP.No.26/1985 adalah :

a. Jalan Nasional,
b. Jalan Propinsi,
c. Jalan Kabupaten
d. Jalan Kotamadya,
e. Jalan Desa,
f. Jalan Khusus.

Tabel 2.5. Klasifikasi Jalan menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Status	**Keterangan**
Jalan Nasional	Jalan arteri dan kolektor yang menghubung ibukota Propinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional
Jalan Propinsi	Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota Kabupaten / Kota,atau antar ibu kota kabupaten / kota, Jalan yang bersifat strategis Regional
Jalan Kabupaten	ibukota kaJalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan kabupaten

	dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar Pusat Kegiatan Lokal, serta jalan strategis lokal.
Jalan Kota	Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam Kota.
Jalan Desa	Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.
Jalan Khusus	Jalan bukan untuk lalu lintas umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok masyarakat.

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, Volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik Jalan.

Berikut ini adalah paramater yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya, yaitu :

1) Kendaraan Rencana

   Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk , ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi :

   Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

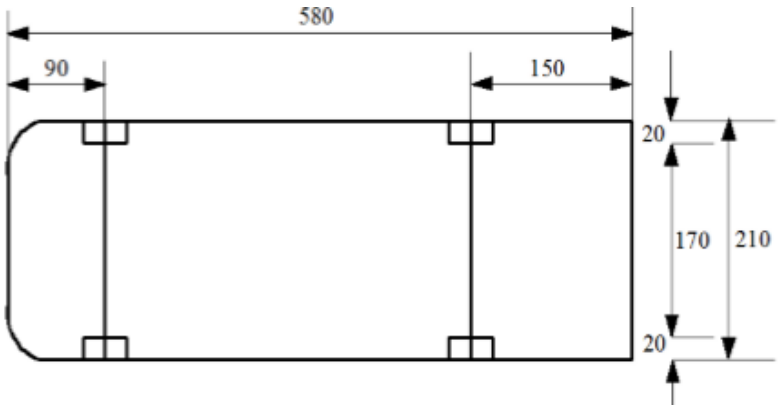
   a. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
   b. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as.
   c. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan. Tabel 2.6. Gambar 2.2 s.d. Gambar 2.4 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

Tabel 2.6. Dimensi Kendaraan Rencana

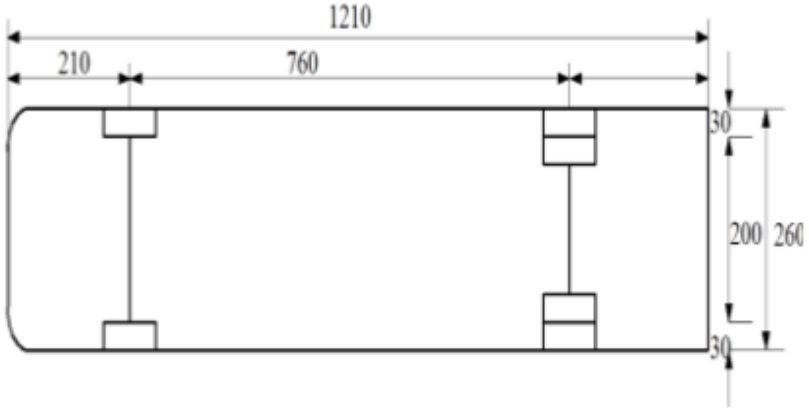
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (Cm)			Tonjolan (Cm)		Radius Putar (Cm)		Radius Tonjolan (Cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Max.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	710
Sedang	410	260	1210	210	240	720	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



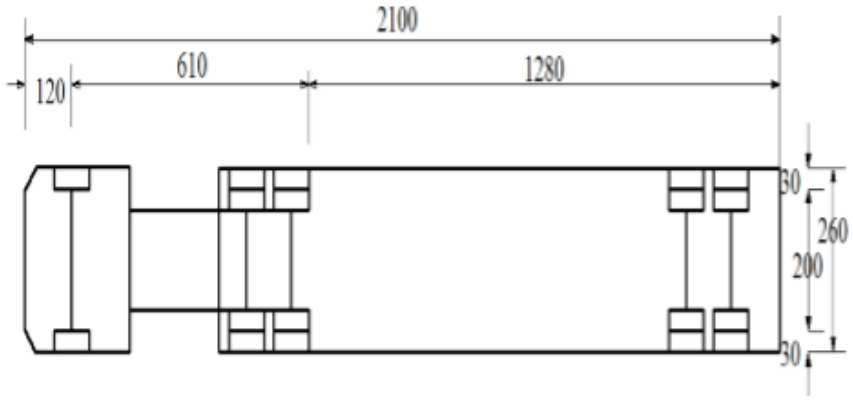
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2) Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana, VR, 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.

Tabel 2.7. Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan medan jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana, Vr , Km / Jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	50 - 60	20 - 30

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3) Volume Lalulintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu (hari, jam atau menit).

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari.

a. Satuan Mobil Penumpang

Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal ini kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan mengguankan SMP (Hendarsin, 2000).

Tabel 2.8 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaran	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk ringan (< 5 ton)	2,0
Truk ringan (> 5 ton)	2,5
Truk berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

b. Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada periklaku lalu lintas (Emp mobil penumpang =1,0)

Table 2.9 Nilai faktor Eqivalensi Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, *Station Wagon*	1,00	1,00
2	*Pick-up,* Bus Kecil, Truk Kecil	1,20-2,40	1,90
3	Bus dan Truk Besar	1,20-5,00	2,20-6,00

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

a. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

Lalu lintas harian rata-rata Tahunan (LHRT) adalah adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{Jumlah\ lalu\ lintas\ dalam\ 1\ tahun}{365\ \text{hari}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

b. Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu lintas Harian Rata-Rata (LHR) adalah : Hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHRT} = \frac{Jumlah\ lalu\ lintas\ dalam\ 1\ tahun}{\text{Lamanya Pengamatan}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

4) Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan Jarak Pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Dilihat dari kegunaanya jarak pandangan dapat di bedakan atas :

1. Jarak Pandangan Henti (Jh) yaitu jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi

adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. jarak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

a) Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

   d1 = V x t .....(2.3)

Dimana :

d1 = Jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

d1 = 0,278 .V .t (m)

b) Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti. Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.8 sebagai berikut :

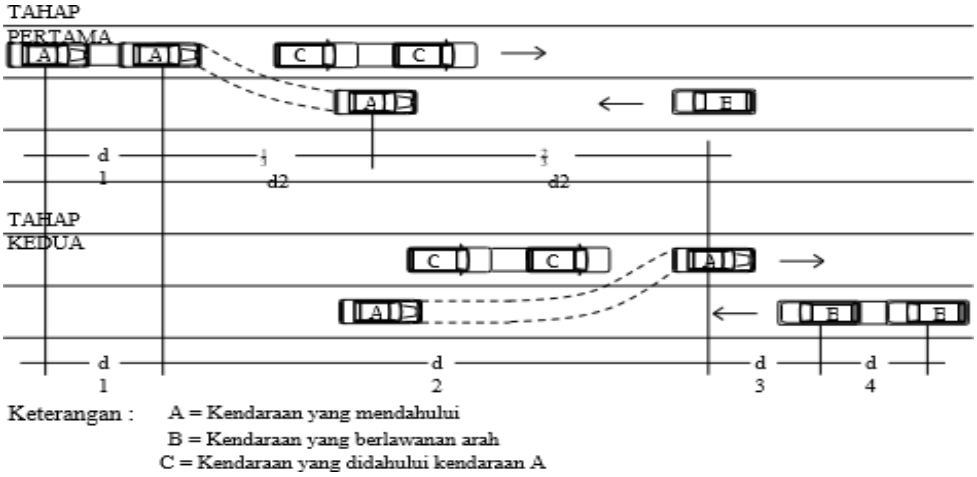
Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

Vr (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2. Jarak Pandangan Menyiap (Mendahului) (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.5).

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



Gambar 2.5 Diagram Pergerakan Kendaraan untuk Mendahului

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Jd, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

Jd= dl + d2 + d3 + d4 ……(2.4)

dimana :

d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan 2/3 d2 (m).

Tabel 2.11 Panjang Minimum Jarak Mendahului

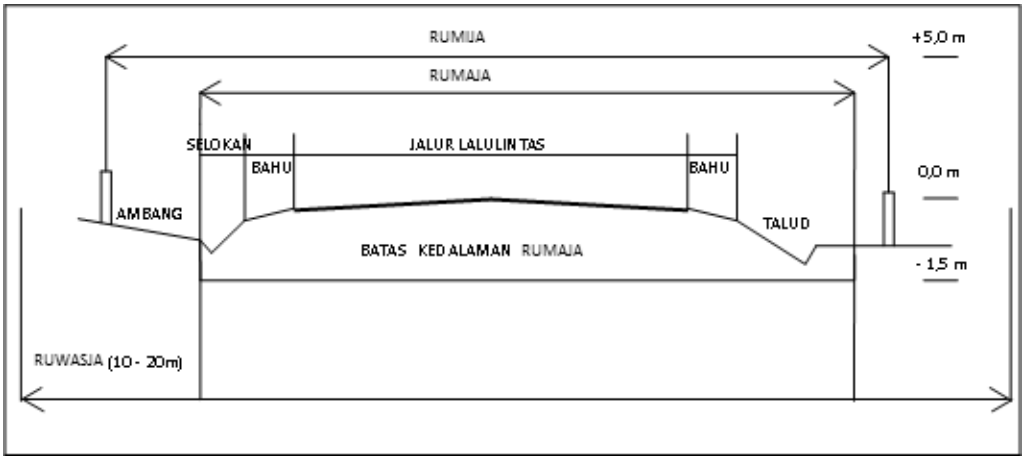
Vr (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd Min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.4 Bagian Bagian Jalan

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), Bagian bagian jalan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA) meliputi badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamannya, badan jalan meliputi jalur lalu lintas dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan
    a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan.
    b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
    c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.
2. Ruang Milik Jalan (RUMIJA) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang di kuasai oleh Pembina jalan dengan suatu hak tertentu. dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter
3. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA) adalah sejalur tanah tertentu yang terletak diluar daerah milik jalan. Yang penggunaannya diawasi oleh pembina jalan, dengan maksud agar tidak mengganggu pandangan pengemudi dan konstruksi jalan.
    a. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA) adalah ruang sepanjang jalan di luar ruwasja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut
        - Jalan Arteri minimum 20 meter.
        - Jalan Kolektor minimum 15 meter.
        - Jalan Lokal minimum 10 meter.
    b. Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.6 Rumaja, Rumija, dan Ruwasja di Lingkungan Jalan antar Kota

2.5 Penampang Melintang

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), penampang melintang jalan merupakaan bagian bagian yang terdiri dari :

1) Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasn jalan. Jalur lalu lintas dapat berupa :

a. Median
b. Bahu
c. Trotoar
d. Pulau Jalan
e. Separator

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

a. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
b. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
c. 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B/TB)
d. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n12 B)

di mana n = jumlah lajur

Keterangan :

TB = tidak terbagi

B = terbagi

Lebar Jalur Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.13 menunjukkan lebar jalur dan bahu sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktuwaktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.12 Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m		Lebar Minimum (m)	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3.000	6	1.5	4.5	1	6	1.5	4.5	1	6	1	4.5	1
3.000-10000	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	2nx3,5 *)	2.5	2x7.0	2	2nx3 ,5 *)	2	**)	**)	-	-	-	-

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Keterangan **) = mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi

- = tidak terbagi

2) Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

a. 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
b. 4– 5% untuk perkerasan krikil

Tabel 2.13 Lebar Lalur Jalan Ideal

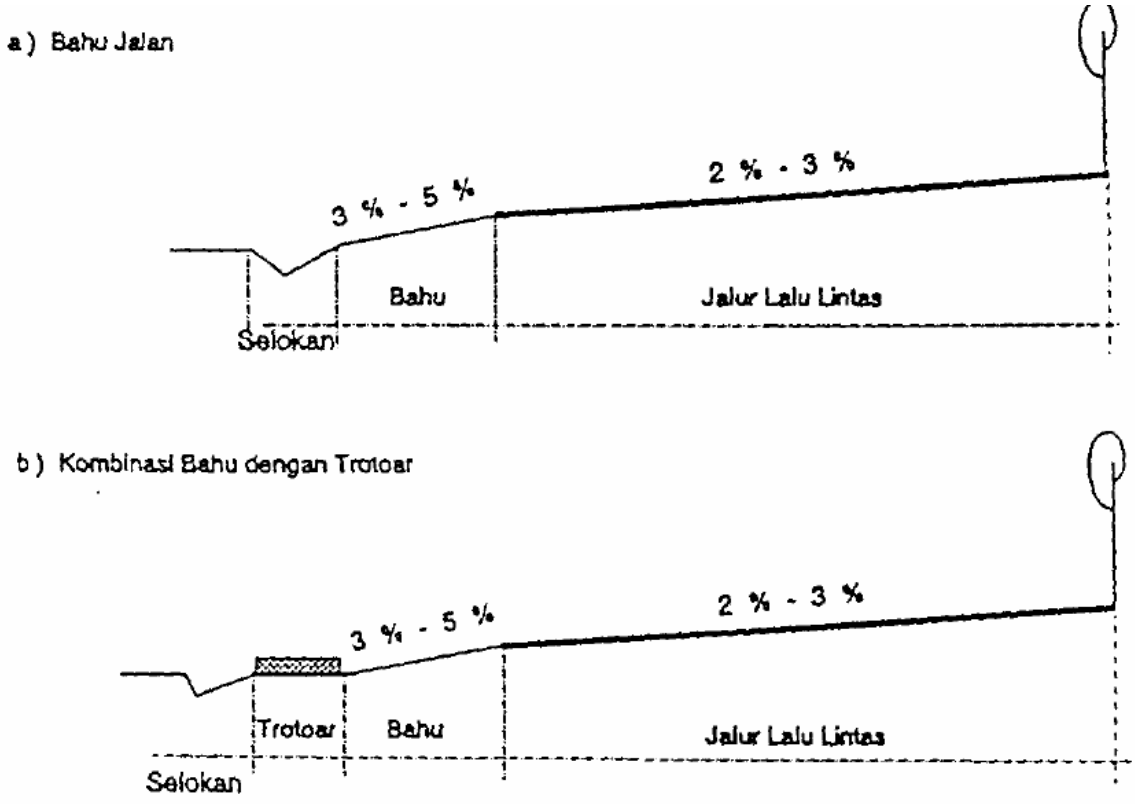
Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (M)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A. III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

3) Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (Lihat Gambar 2.7). Kemiringan bahu jalan normal antara 3 – 5%. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

a. Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan tempat parker darurat
b. Ruang bebas samping bagi lalu-lintas
c. Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas



Gambar 2.7 Bahu Jalan

4) Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median.

Adapun fungsi median adalah untuk :

a. Ruang lapak tunggu penyebrang jalan
b. Penempatan fasilitas jalan
c. Tempat prasarana kerja sementara
d. Penghijauan
e. Tempat berhenti darurat (jika cukup luas)
f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

5) Fasilitas pejalan kaki

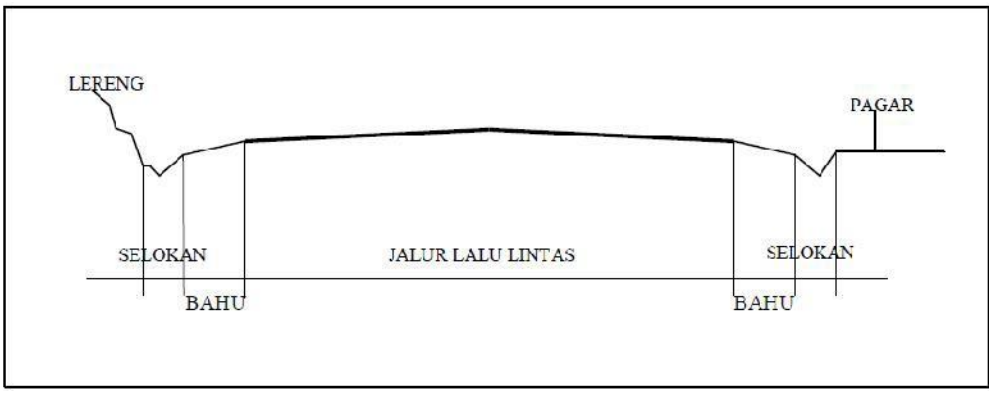
Fasilitas pejalan kaki berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas. Jika Fasilitas pejalan kaki diperlukan maka perencanaanya mengacu kepada Standar Perencanaan Gemetrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1997.

6) Selokan

Selokan dibuat untuk mengarlirkan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan)

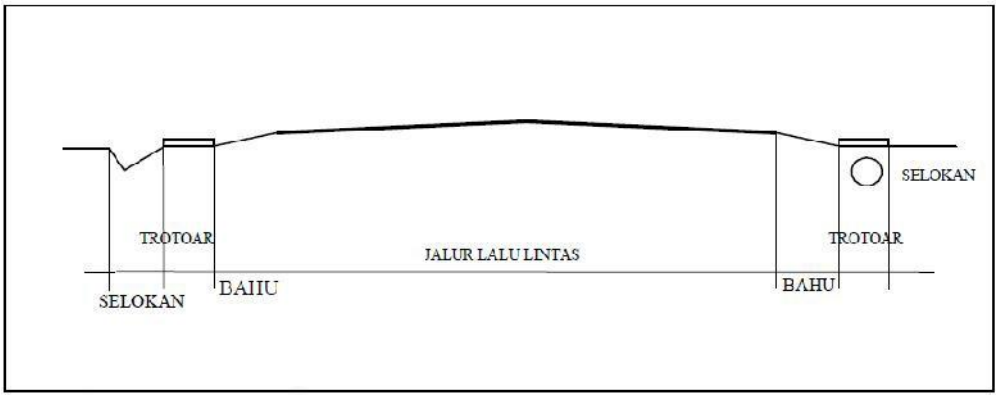
7) Lereng

Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.



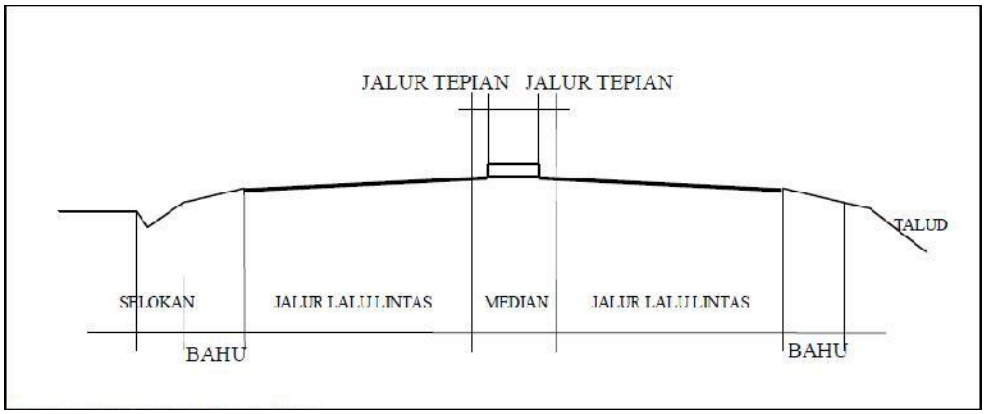
Gambar 2.8 Tipikal Penampang Melintang Jalan

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.9 Tipikal Penampang Melintang Jalan Yang Dilengkapi Trotoar

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.10Tipikal Penampang Melintang Jalan Yang Dilengkapi Median.

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukan arah dari jalan yang bersangkutan. (Sukirman, 1999).

2.6.1 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan trase jalan harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pamakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut :

1) Syarat Ekonomis
   a. Penentuan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
   b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya pemindahan material tersebut.
2) Syarat Teknis

   Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan (keselamatan) dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu yang perlu diperhatikan adalah keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai keadaan kondisi topografi elevasi muka tanah pada daerah tersebut. Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu ≤ 2,5 menit (sesuia VR).

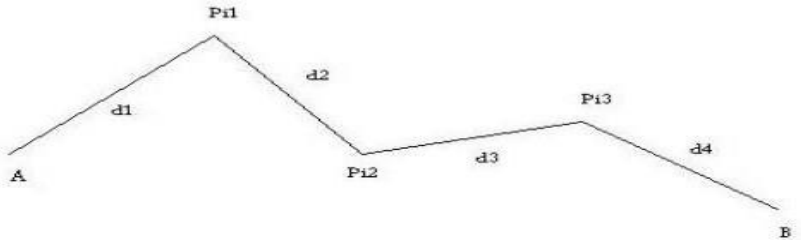
Tabel 2.14 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maximum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6.2 Penentuan Koordinat Titik dan Jarak

Penentuan titik-titk penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal.



Gambar 2.11 Penentuan Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik A sebagai titik awal proyek.
- Titik PI 1, PI 2, …, PI n sebagai titik potong (*point of intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik B sebagai titik akhir proyek

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d1 = jarak titik A – titik PI 1

d2 = jarak titik P1 – titik P2

d3 = jarak titik P2 – titik P3

d4 = jarak titik P3 – titik B

Rumus yang dihitung menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(\mathrm{Xb} - \mathrm{Xa})^2 + (\mathrm{Yb} - \mathrm{Ya})^2} \quad \text{.....(2.5)}$$

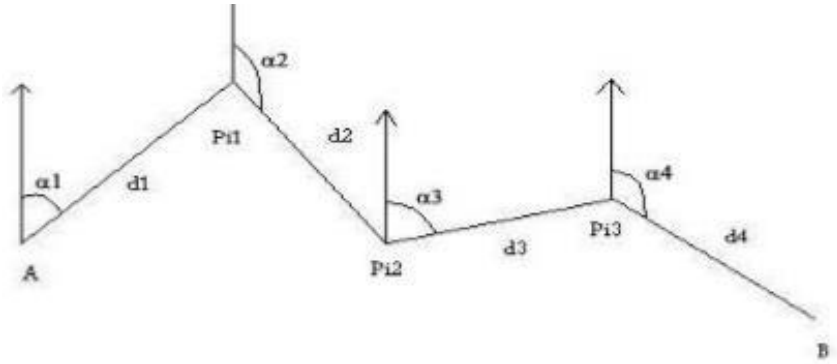
Dimana :

d = jarak antara titik (m)

Xa/Ya = koordinat pada titik awal garis tangen

Yb/Yb = koordinat pada titik akhir/perpotongan tangen

2.6.3 Menentukan Sudut Jurusan antara dua tangen



Gambar 2.12 Penentuan Sudut Jurusan antara dua tangen

Dalam perencaan suatu geometrik kita perlu menghitung berapa nilai sudut antara dua tangen (Δ) yang kemudian digunakan untuk perhitungan tikungan. Untuk menghitung nilai delta, terlebih dahulu kita harus mencari nilai alfa dengan rumus :

$$\alpha_1 = arc\tan\left(\frac{(Xb - Xa)}{(Ya - Yb)}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

$$\Delta_1 = \alpha_2 \pm \alpha_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

Dimana :

α_1 = Sudut jurusan

Δ_1 = Sudut azimuth

Xa/Ya = koordinat pada titik awal garis tangen

Yb/Yb = koordinat pada titik akhir/perpotongan tangen

2.6.4 Tikungan dengan Jari-jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Gaya sentrifugal ini dapat diimbangi dengan gaya yang berasala dari :

1. Komponen berat kendaraan akibat kemingingan melintang permukaan jalan.
2. Gesekan samping antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.

Tabel 2.15 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan) untuk emak = 10 %

Vr, km/jam	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min}	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6.5 Lengkung penuh / *Full Circle*

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 ditunjukan pada tabel 2.14

Tabel 2.16 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Rumus yang digunakan pada tikungan full circle yaitu :

$$R_{min} = \frac{V^2}{127\ (e_{max} + fmax)} \quad \ldots\ldots (2.8)$$

$$D_{max} = \frac{1432{,}39}{R_{min}} \quad \ldots\ldots (2.9)$$

$$\mathrm{D} = \frac{1432{,}39}{Rc} \quad \ldots\ldots (2.10)$$

$$e = -\left(\frac{e_{max}}{D^2{}_{max}} x D^2\right) + \left(\frac{2\,.\,e_{max}}{D_{max}} x D\right) \quad \ldots\ldots (2.11)$$

$$Ls = \frac{V_R}{3{,}6}\ T \quad \ldots\ldots (2.12)$$

$$Ls = 0{,}022\ \frac{{V_R}^3}{Rc\,.\,C} - 2{,}727\ \frac{V_R\,.\,e}{C} \quad \ldots\ldots (2.13)$$

$$Ls = \frac{(e_m - e_n)}{3{,}6\,.\,r_e}\, x\, V_R \quad \ldots\ldots (2.14)$$

$$\mathrm{Lc} = \frac{\pi}{180}\,\Delta.\,R \quad \ldots\ldots (2.15)$$

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2}\Delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.16)$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4}\Delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.17)$$

Dimana

Δ = sudut tangen

Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT

Rc = Jari-jari Lingkaran

Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

C = Perubahan percepatan

fmax = Koefisien gesekan melintang = – 0,000652 x V + 0,192

T = Waktu tempuh (3 detik)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det3

e = Super elevasi (%)

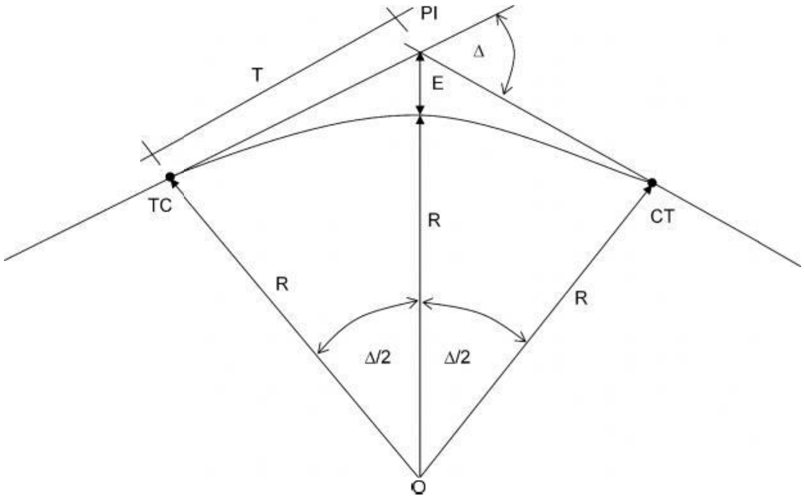
em = Superelevasi Maksimum (%)

en = Superelevasi normal (%)

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan sebagai berikut :

- Untuk VR≤ 70 km/jam nilai re mak = 0,035 m/m/det
- Untuk VR≥ 80 km/jam nilai re mak = 0,025 m/m/det

Tikungan FC hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar. Komponen-komponen untuk tikungan lingkaran penuh dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Lengkung full circle

2.6.6 Lengkung *Spiral-Circle-Spiral*

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (clothoid)banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S – C – S. Panjang lengkung peralihan (Ls), menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$Ls = \frac{V_R}{3,6}\ T \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.18)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi shortt, sebagai berikut :

$$Ls = 0,022\ \frac{{V_R}^3}{Rc\ .C} - 2,727\ \frac{V_R\ .e}{C} \ \ldots\ldots\ldots\ldots (2.19)$$

Berdasarkan tingkat kelandaian :

$$Ls = \frac{(e_m - e_n)}{3,6\ .r_e} x\ V \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.20)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det3

e = Super elevasi (%)

em = Superelevasi Maksimum (%)

en = Superelevasi normal (%)

re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan sebagai berikut :

- Untuk VR≤ 70 km/jam nilai re mak = 0,035 m/m/det
- Untuk VR≥ 80 km/jam nilai re mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral –circle – spiral* yaitu :

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{Rc} \quad \ldots\ldots (2.21)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\, x\, \theta_s \quad \ldots\ldots (2.22)$$

$$L_C = \frac{\Delta_c}{180} \text{ x } \pi\, x\, Rc \quad \ldots\ldots (2.23)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 \,.\, Rc} - \text{Rc} \,(\, 1 - \text{Cos}\, \theta_s \,) \quad \ldots\ldots (2.24)$$

$$K = Ls\left(1 - \frac{Ls^3}{40 \,.\, Rc^2}\right) - \text{Rc} \sin\, \theta_s \quad \ldots\ldots (2.25)$$

$$T_s = (\, Rc + p\,) \tan \frac{1}{2}\, \Delta + \text{K} \quad \ldots\ldots (2.26)$$

$$E_s = (\, Rc + p\,) \text{ x} \sec \frac{1}{2}\, \Delta - \text{Rc} \quad \ldots\ldots (2.27)$$

$$X_S = Ls\left(1 - \frac{Ls^2}{40 \,.\, Rc^2}\right) \quad \ldots\ldots (2.28)$$

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6 \,.\, Rc} \quad \ldots\ldots (2.29)$$

$$L_{Total} = L_C + 2 \,.\, L_s \quad \ldots\ldots (2.30)$$

Kontrol : $L_{Total} < 2\, Ts$ ……… (2.31)

Dimana :

Ls = Panjang Lengkung Peralihan

Xs = absis titik Sc pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

Lc = panjang busur lingkaran

Ts = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau titik ST

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = sudut lengkung spiral

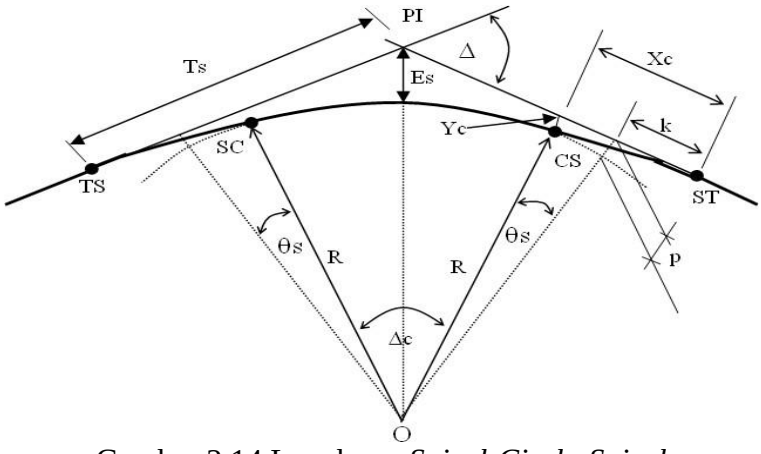
Δ = sudut tangen

Rc = jari-jari lingkaran

P = pergeseran tangen terhadap spiral

K = absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh Lc < 25 m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S – C – S, tetapi digunakan lengkung S – S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan. Komponen-komponen untuk tikungan spiral – circle – spiral dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.14 Lengkung *Spiral-Circle-Spiral*

2.6.7 Lengkung *Spiral- Spiral*

(Spiral – Spiral = S – S) yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

Untuk *Spiral – Spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} . \Delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.32)$$

$$L_{Total} = 2 . L_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.33)$$

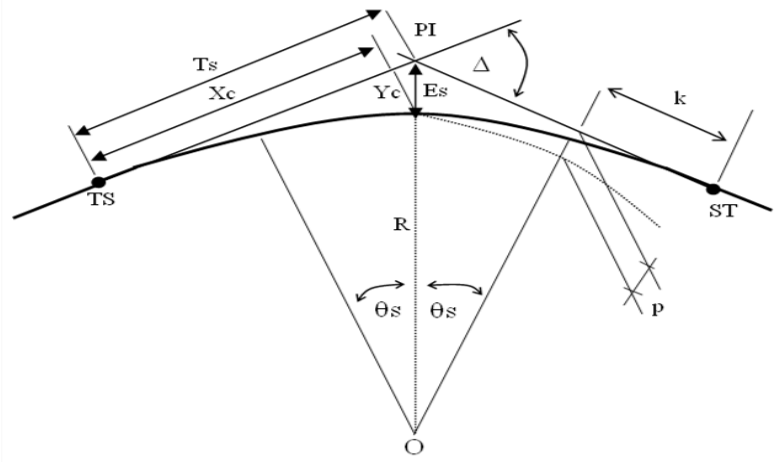
Untuk menentukan Ls, dapat menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{\theta_s . \pi . Rc}{90} \text{ atau } L_s = \frac{\theta_s . Rc}{28{,}648} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.34)$$

Kontrol : $L_{Total} < 2 . Ts$ $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.35)$

Sedangkan untuk nilai p, k, Ts, dan Es dapat juga menggunakan rumus (2.24) sampai (2.27) (SCS).

Komponen-komponen untuk tikungan Spiral – Spiral dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Lengkung *Spiral- Spiral*

2.6.8 Kemiringan Melintang

Menurut Sukirman (1999), Jari-jari tikungan (Rmin) Ditentukan dengan nilai superelevasi maksimum sedangkan faktor yang mempengaruhi keadaan seperti :

a. Keadaan cuaca.
b. Jalan yang Berada di daerah yang sering hujan.
c. Keadaan Medan seperti datar, berbukit atau pegunungan.

Untuk jari-jari lengkung yang besarnya antara dua nilai ekstrim tersebut di atas pada kecepatan rencana tertentu, besarnya superelevasi harus ditetapkan

sedemikian rupa dengan maksud dapat didistribusikan secara logis antara faktor gesekan melintang dan superelevasi. karena pertimbangan faktor drainase, maka untuk jalan lurus diperlukan lereng e=2% dapat dipertahankan pada tikungan tertentu seperti tikungan yang tumpu. ini termasuk pada jam tikungan serta kecepatan yang ditetapkan (Hendarsin, 2000).

2.6.9 Diagram Superelevasi

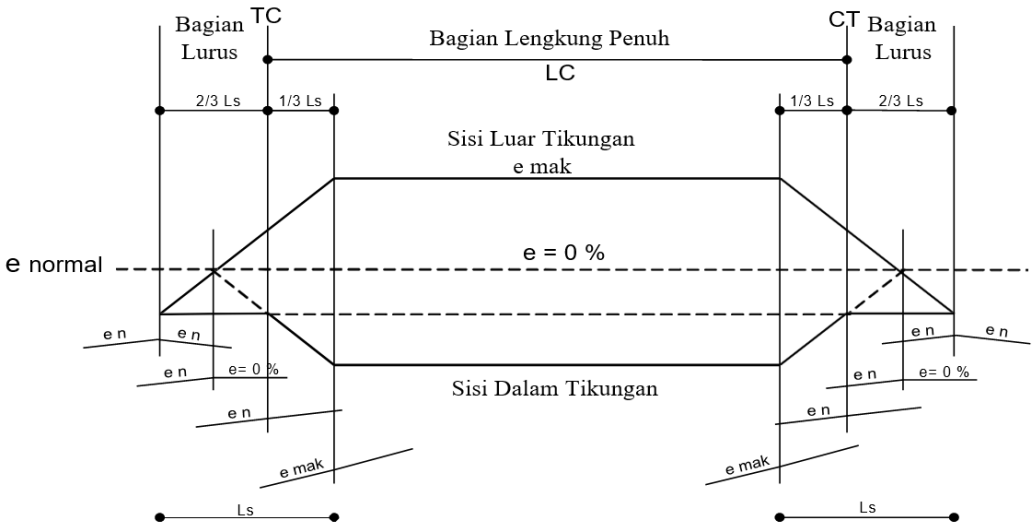
Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pads kecepatan V, dan nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Pencapaian Superelevasi, proses tahpan diagram superelevasi pada masing-masing tikungan adalah sebagai berikut :

a. *Superelevasi* dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (*superelevasi*) pada bagian lengkung,
b. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal samapi lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
c. Pada tikungan *full circle* , pencapaian *superelevasi* dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang 2/3 Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang 1/3 Ls.
d. Pada tikungan *spiral-spiral*. Pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
e. Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

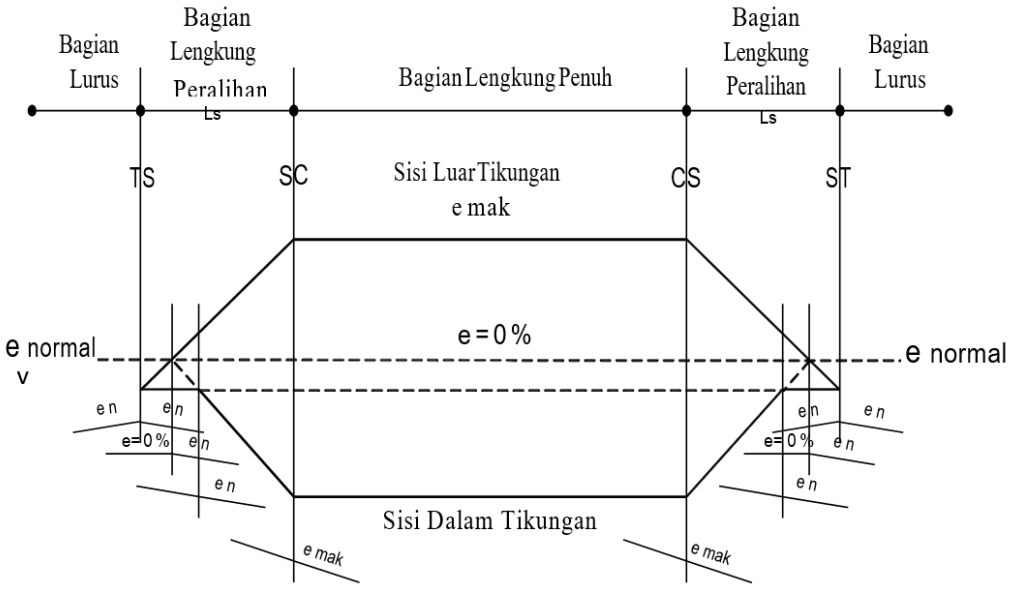
Metoda atau tata cara untuk melakukan superelevasi, yaitu dengan mengubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu:

1) Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
2) Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.
3) Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

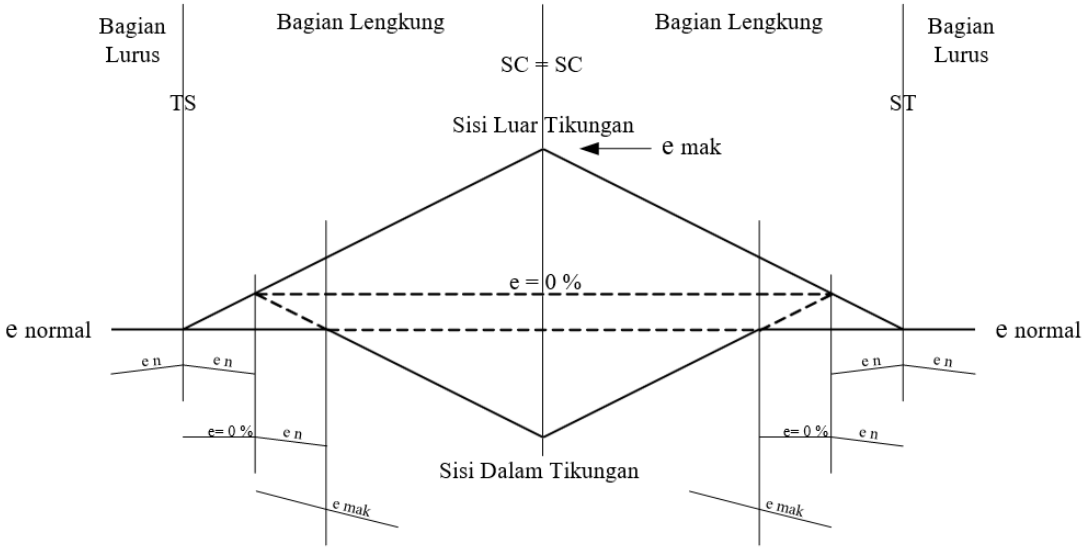
Adapun gambar diagram superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.16, 2.17, dan 2.18 sebagai berikut :



Gambar 2.16 Metoda Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.17 Metoda Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.18 Metoda Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan *Spiral- Spiral*

2.6.10 Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai ralatif. Pencapaian tikungan jenis *Full circle* untuk dapat meggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif (Ls') dihitung berdasarkan landau relative maksimum. Ls' dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ls = (e + e_n).B.{}^{1}/_{m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.36)$$

Dimana :

${}^{1}/_{m}$ = landau relative (%)

e = superelevasi (m/m')

e = kemiringan melintang normal (m/m')

b =lebar lajur (m)

2.6.11 Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan kendaraan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Rumus yang digunakan :

Rc = Radius Lajur sebelah dalam - $^1/_4$ lebar perkerasan + $^1/_2$ b……(2.37)

B = $\sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1{,}25\right)^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64)} + 1{,}25$ ……(2.38)

$Z = \frac{0{,}105\ x\ v}{\sqrt{R}}$ ……(2.39)

Bt = n (B + C) + Z ……..……(2.40)

Δb = Bt – Bn ……..……(2.41)

Dimana :

b = Lebar kendaraan, (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut ∝, m

R = radius lajur sebelah dalam/jari-jari tikungan, (m)

V = kecepatan, (km/jam)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

Bt = lebar total perkerasan di tikungan

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

n = jumlah lajur

B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)

C = kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m)

2.6.12 Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga Jh dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan ditikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

1) Jika Jh<Lt :

$$E = R' \left\{1 - \text{Cos}\left(\frac{90^{\circ} Jh}{\pi R'}\right)\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.42)$$

Dimana :

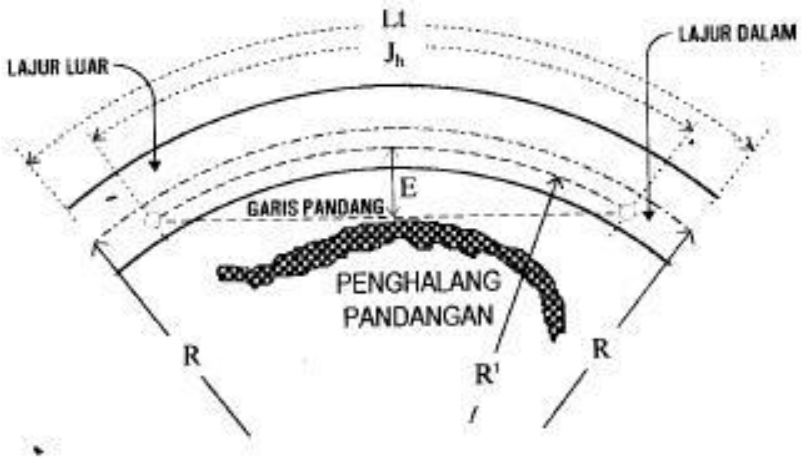
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m) → $R' = R - \frac{1}{4} . Bn$

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.19 Daerah bebas samping untuk Jh<Lt

2) Jika Jh>Lt :

$$E = R' \left\{1 - \text{Cos}\left(\frac{90^{\circ} J_h}{\pi R'}\right)\right\} + \frac{1}{2}(J_h - L_t)\, Sin\left(\frac{90^{\circ} J_h}{\pi R'}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (2.43)$$

Dimana :

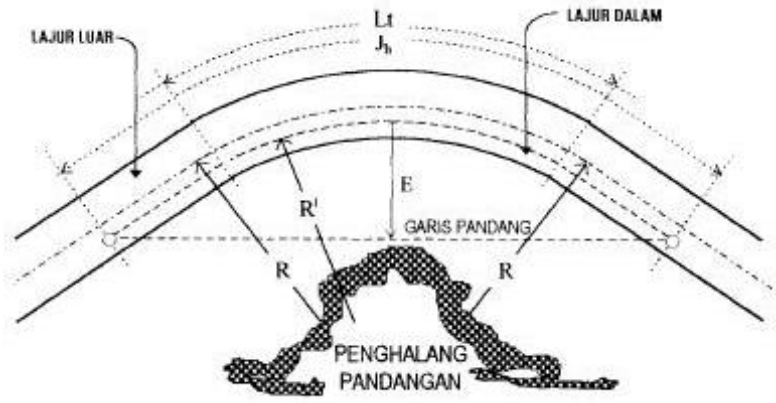
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m) → $R' = R - \frac{1}{4} . Bn$

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.20 Daerah bebas samping untuk Jh>Lt

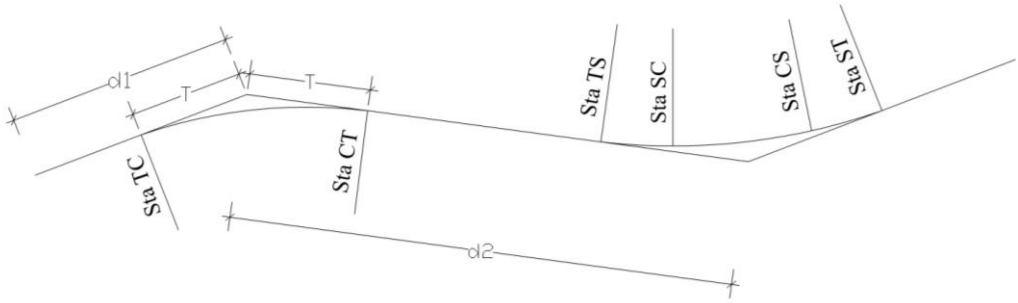
2.6.12 Stasioning

Menurut Sukirman (1999), Penomoran (Stasioning) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai saran komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

1) Setiap 100 m, untuk daerah datar.
2) Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
3) Setiap 25 m, utuk daerah gunung.

Nomor jalan (sta jalan) ini sama fungsinya dnegan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang di ukur dari patok km 0, yang umumya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok sta merupakan petunjuk jarak yang di ukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.



Gambar 2.21 Sistem penomoran jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan. Profil ini menggambarkan tingggi rendahnya jalan terhadap keadaan muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh, untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standar. (Hamirhan Saodang, 2004).

2.7.1 Landai Maksimum

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (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 Vr.

Tabel 2.17 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

V_R (Km/Jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.7.2 Panjang Landai Kritis

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

Tabel 2.18 Panjang Landai Kritis

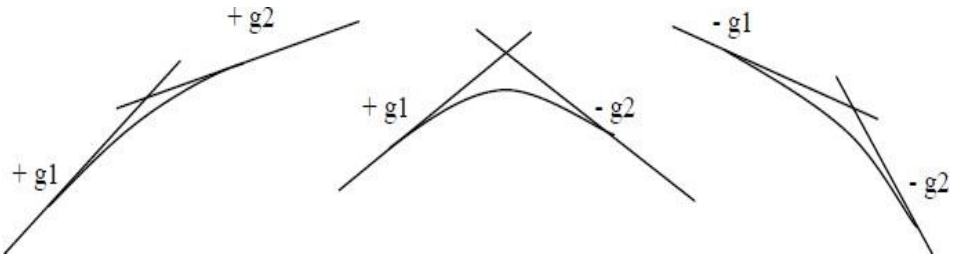
Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.7.3 Lengkung Vertikal

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

a. Lengkung vertikal cembung



Gambar 2.22 Lengkung Vertikal Cembung

Rumus-rumus yang berlaku pada lengkung vertikal cembung adalah sebagai berikut:

- Panjang Lv berdasarkan Jh. (dalam meter)

  Jh < $Lv, maka\ Lv = \frac{A.Jh^2}{399}$ ……..……..……(2.44)

  Jh < $Lv, maka\ Lv = 2Jh - \frac{399}{A}$ ……(2.45)

- Panjang Lv berdasarkan Jd. (dalam meter)

  Jd < $Lv, maka\ Lv = \frac{A.Jd^2}{840}$ ……..(2.46)

  Jd < $Lv, maka\ Lv = 2Jd - \frac{840}{A}$ ……(2.47)

Dimana :

Jh = jarak pandang henti (m)

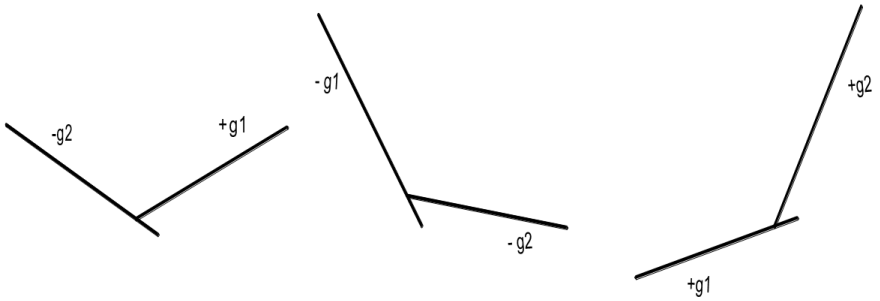
Jd = jarak pandang mendahului/menyiap (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana A= g1-g2

g1, g2 = kemiringan / tangen (%)

Lv = panjang lengkungan (m)

b. Lengkung vertikal cekung



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cekung

Penentuan panjang lengkung vertikal cekung ini mempertimbangkan empat kriteria, yaitu :

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

Rumus-rumus yang berlaku pada lengkung vertikal cekung adalah sebagai berikut :

- Jh < Lv, $maka\ Lv = \frac{A.Jh^2}{120+3{,}5\ Jh}$ ……(2.48)
- Jh < Lv, $maka\ Lv = 2Jh - \frac{120+3{,}5Jh}{A}$ ……(2.49)

Dimana :

Jh = jarak pandang henti (m)
A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana A= g1-g2
g1, g2 = kemiringan / tangen (%)
Lv = panjang lengkungan (m)

2.8 Perhitungan Galian dan Timbunan

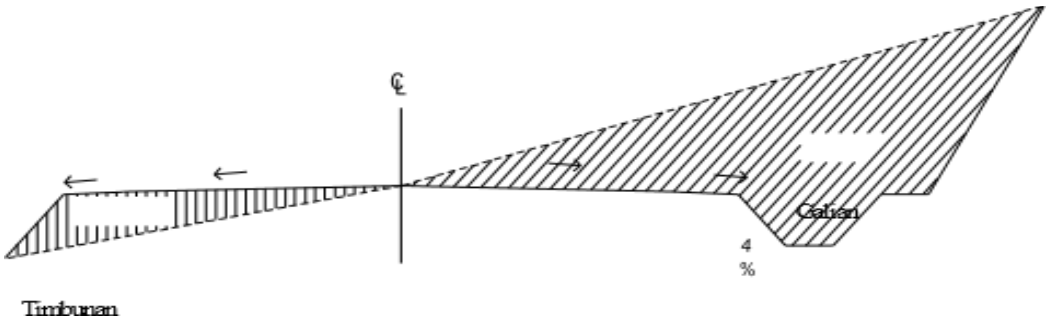
Untuk alasan ekonomis maka dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari

hasil galian yang ada dilokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncankan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

a. Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
b. Gambar profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.



Gambar 2.24 Galian dan Timbunan

c. Gambar potongan melintang (*crosssection)* pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
d. Hitungan volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

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

Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada di atasnya menyebar ke lapisan di bawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- Beban / gaya vertikal (berat kendaraan dan muatannya)
- Beban / gaya horizontal (gaya rem kendaraan)
- Getaran – getaran roda kendaraan

2.9.1 Jenis Konstruksi dan Perkerasan

berdasarkan bahan pengikatnyakonstruksi perkerasan jalan terbagi menjadi:

a. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement)*

   Yaitu, Perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikatnya.

b. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement)*

   Yaitu, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisanperkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar.

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement)*

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

2.9.2 Kriteria Konstruksi Perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut :

1. Syarat untuk lalu lintas
   a. Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.

b. Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
c. Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban dan permukaan jalan.
d. Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

2. Syarat kekuatan struktural
   a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
   b. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
   c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat dialirkan.
   d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

2.9.3 Pekerasan Kaku *(Rigid Pavement)*

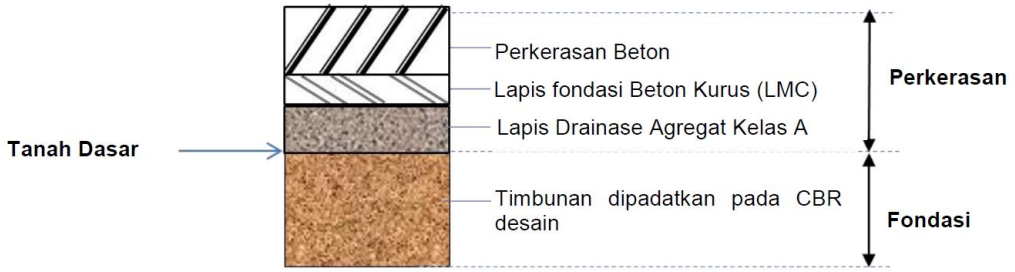
Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasar(batu pecah) + pasir + semen + air dan additive atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement) biasanya terdiri dari plat beton semen (slab) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan slab dalam menanggung momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya modulus elastisitas slab yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas. Menurut Manual Desain Perkerasan

(revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017 dan Berdasarkan Pd T-14-2003 gambar tipikal perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

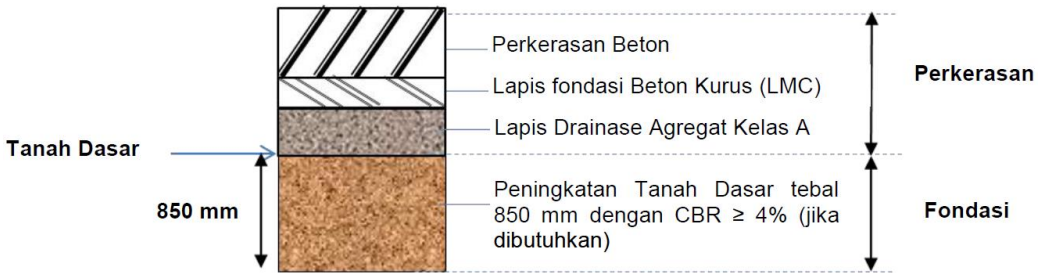
Gambar 2.25 Gambar tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli

(Sumber : Kementrian PUPR Direktorat Jendral Bina Marga Tentang Manual Desain Perkerasan (Revisi Juni 2017) No 04/SE/Db/2017)



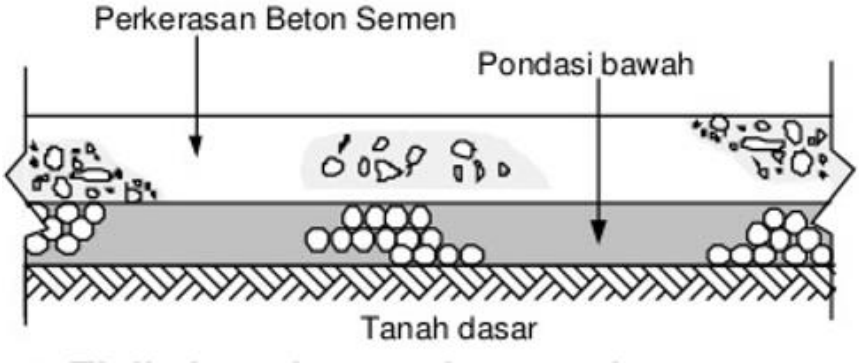
Gambar 2.26 Gambar tipikal perkerasan kaku pada timbunan

(Sumber : Kementrian PUPR Direktorat Jendral Bina Marga Tentang Manual Desain Perkerasan (Revisi Juni 2017) No 04/SE/Db/2017)



Gambar 2.27 Gambar tipikal perkerasan kaku pada galian

(Sumber : Kementrian PUPR Direktorat Jendral Bina Marga Tentang Manual Desain Perkerasan (Revisi Juni 2017) No 04/SE/Db/2017)



Gambar 2.28 Gambar tipikal perkerasan beton semen

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

Metode untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasari oleh perkiraan sebagai berikut:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalulintas selama umur rencana.
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar(k).
3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
4. Jenis bahu jalan.
5. Jenis perkerasan.
6. Jenis penyaluran beban.

Selain beberapa pertimbangan diatas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku.

1. Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
    a. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
    b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
    c. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
    d. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
    e. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
    f. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import.*
    g. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perekerasan aspal sehingga dari segi lingungan/*environment* lebih menguntungkan

2. Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
    a. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai riding comfort yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
    b. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan disiang hari,dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
    c. Perbaikan kerusakan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalulintas.
    d. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
    e. Pelapisan ulang/*overlay* tidak mudah dilakukan.
    f. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
    g. Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan grinding machine atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.9.4 Jenis dan Sifat Pekerasan Kaku

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasanyangmempunyai lapisan dasar beton dari Portland cement. Perkerasan kaku berfungsi menerima beban alulintas yang berada diatasnya dan menyebar kelapisan bawah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasar. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003 ada empat jenis perkerasan kaku:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.
4. Perkerasan beton semenpra-tegang dengan tulang serat baja/fiber.

2.9.5 Persyaratan Teknik Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut Departemen Permukiman Dan Prasara Wiliyah 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu :

1) Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03- 1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, 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 %. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunnakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{segmen} = \frac{CBR_{rata-rata}\,(\,CBR_{Maks} - CBR_{Min})}{R} \quad \text{……(2.50)}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada table 2.16

Tabel 2.19 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber Suryadharma, 1999)

b. Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data bermacam – maam jenis pada suatu jalan tertentu. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam

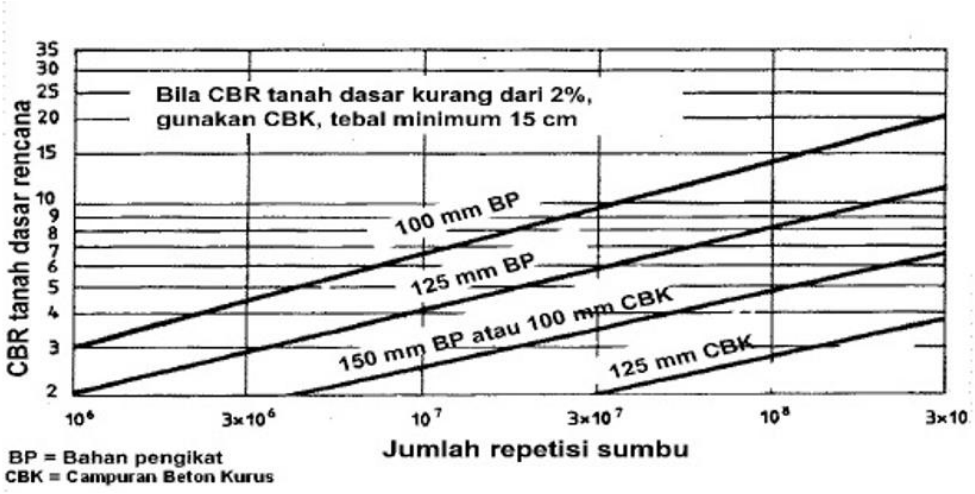
100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angkap yaitu 90%.

2) Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi 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 dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau pumping pada sambungan pada tepi- tepi pelat beton. Adapun bahan– bahan yang dipergunakan untuk mendesain pondasi bawah pada perkerasan kaku dapat berupa :

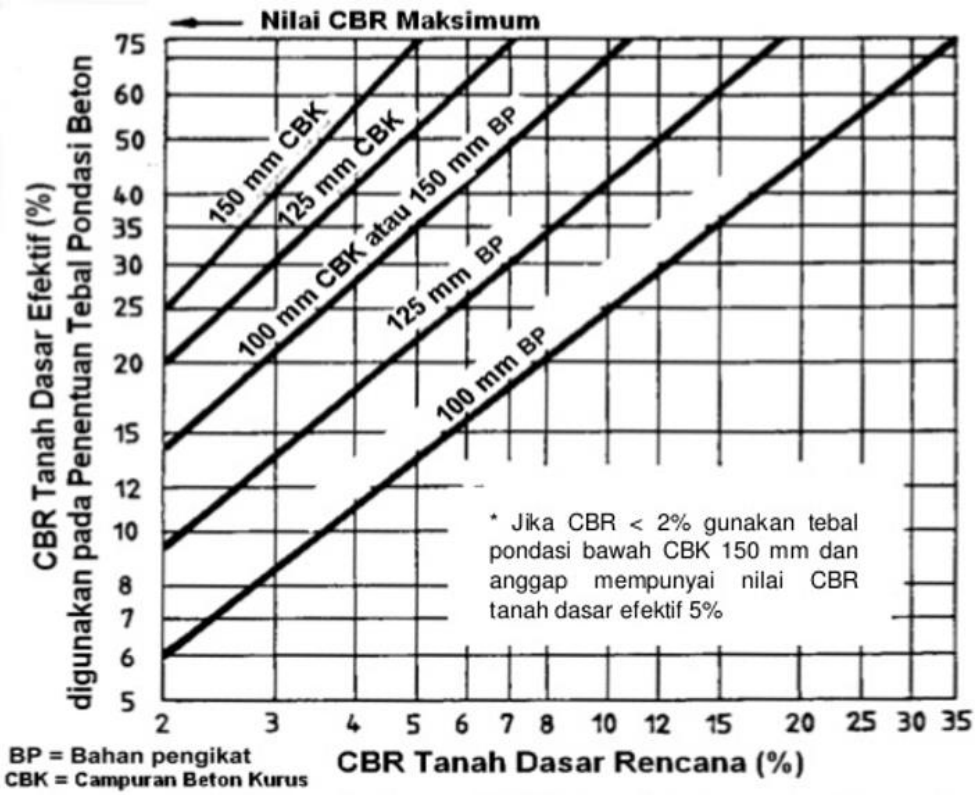
a. Bahan berbutir Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas
b. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%. B Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*).
    - Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
    - Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
    - Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5Mpa (55kg/cm2).
c. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete)* Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50kg/cm2) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 kg/cm2) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi

bawah harus menggunakan campuran beton kurus(CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.28 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar



Gambar 2.29 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)



Gambar 2.30 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

3) Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTMC-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 Mpa (30-50kg/cm2). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 Mpa (50-55kg/cm2). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 Mpa (2,5kg/cm2) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

Fcf = K (f c')0.50 dalam Mpa atau

Fcf = 3,13 K (f c')0.50 dalam Mpa atau

Dimana :

fc' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm2)

fcf = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm2)

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 pecah

4) Lalu Lintas

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-lintasharus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalulintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perancangan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perancangan terdiri atas 3 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)

5) Lajur Rencana Dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki

tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefsien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.20

Tabel 2.20 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C)

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5{,}50$ m	1 lajur	1	1
$5{,}50 \text{ m} \le L_p < 8{,}25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8{,}25 \text{ m} \le L_p < 11{,}25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11{,}23 \text{ m} \le L_p < 15{,}00$ m	4 lajur	-	0,45
$15{,}00 \text{ m} \le L_p < 18{,}75$ m	5 lajur	-	0,425
$18{,}75 \text{ m} \le L_p < 22{,}00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

6) Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas sena nilai ekonomi 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 beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

7) Pertumbuhan Lalu Lintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.51)$$

Dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

8) Lalu Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif 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 survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

JSKN = JSKNH x 365 x R x C …….(2.52)

Dimana :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH: Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka

R : Faktor penumbuhan lalu lintas yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan

9) Faktor Keamanan Bebas (FKB)

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti telihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.21 Faktor Keamanan Bebas (FKB)

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

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

2.9.6 Sambungan

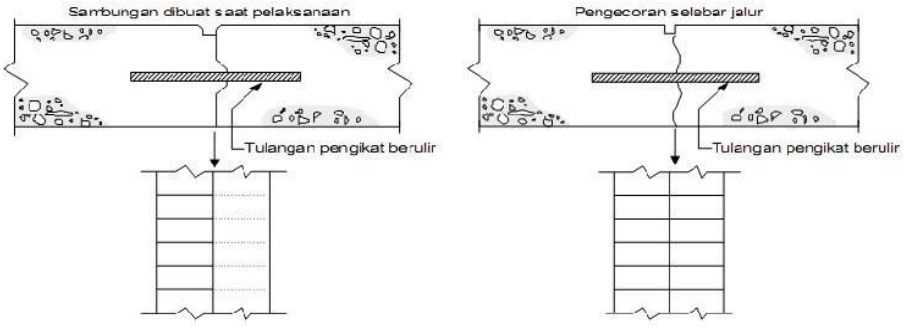
Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

   Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.30

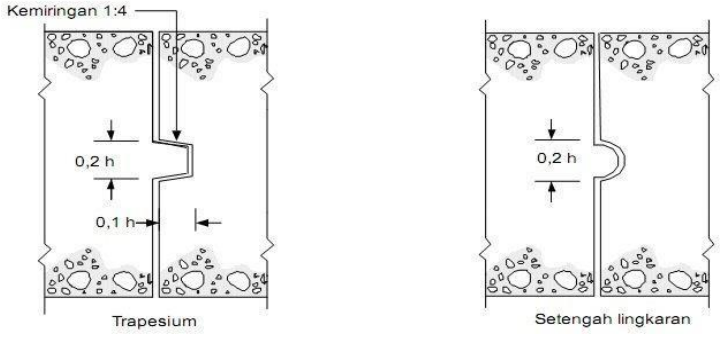


Gambar 2.31 Tipikal Sambungan Memanjang.

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

   Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.9.



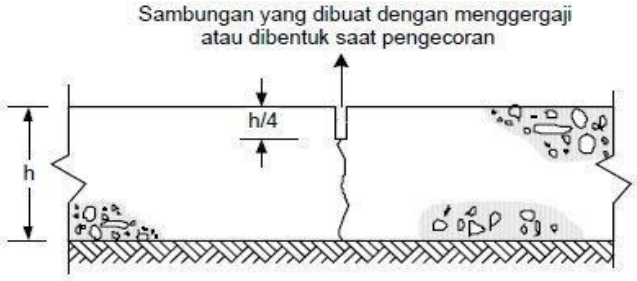
Gambar 2.32 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

3. Sambungan susut memanjang
4. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

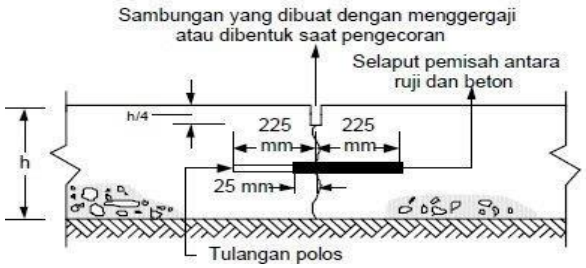
5. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.10 dan gambar 2.11.



Gambar 2.33 Sambungan susut melintang tanpa ruji

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)



Gambar 2.34 Sambungan susut melintang dengan ruji

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.22

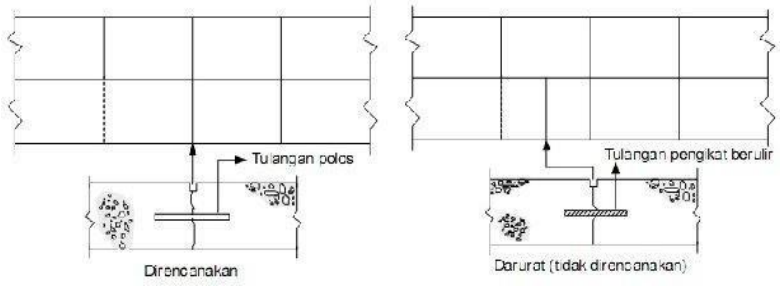
Tabel 2.22 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton, h (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 : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

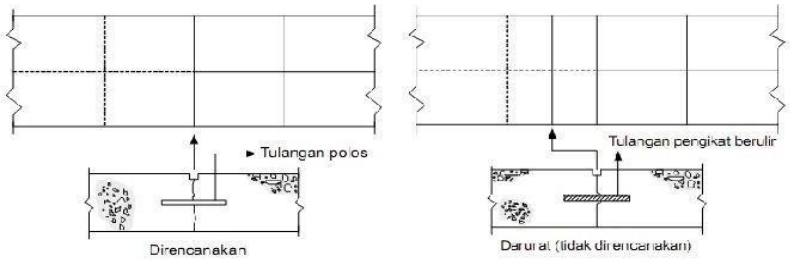
6. Sambungan pelaksanaan melintang

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



Gambar 2.35 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur.

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

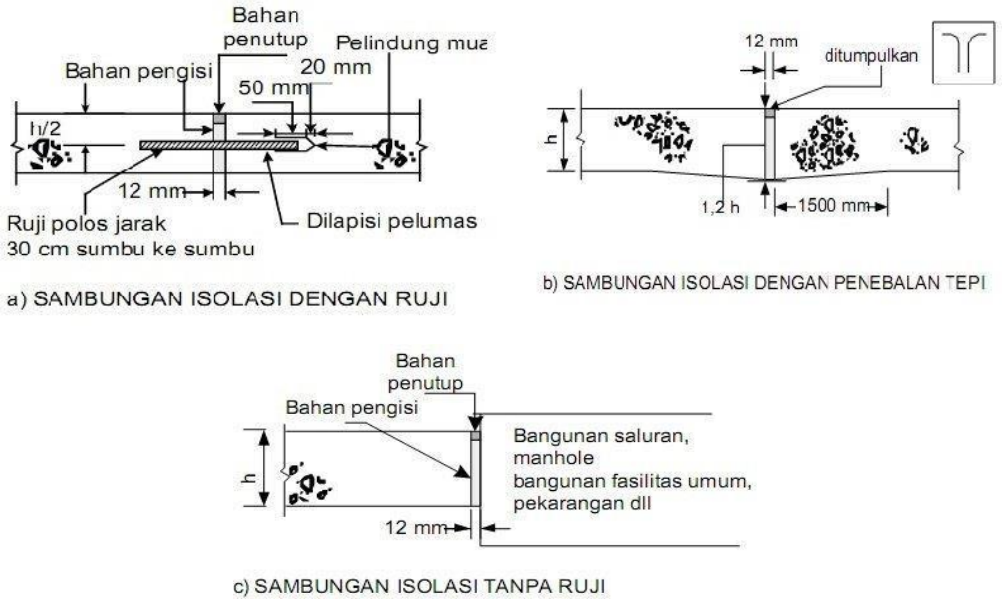


Gambar 2.36 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

7. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.36.

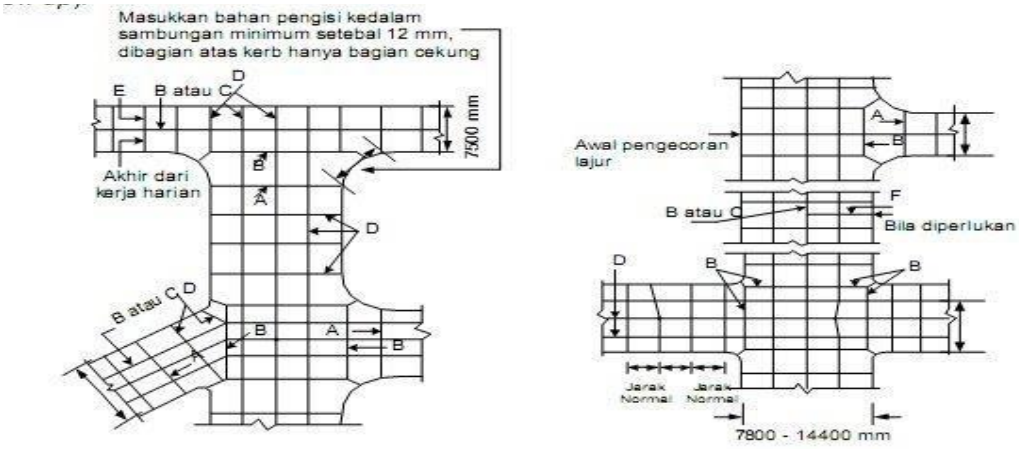


Gambar 2.37 Sambungan Isolasi

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

8. Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan.



Gambar 2.38 Detail potongan melintang sambungan perkerasan

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

Keterangan :

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

2.9.7 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 dalam hal 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 dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

   Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \,.\, L \,.\, M \,.\, g \,.\, h}{2 \,.\, f_s} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.53)$$

   Dimana :

   As : luas penampang tulangan baja (mm2/m lebar pelat)

   Fs : kuat-tarik ijin tulangan (MPa).

   g : gravitasi (m/detik2).

   h : tebal pelat beton (m)

   L : jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/ tepi bebas pelat (m)

   M : berat per satuan volume pelat (kg/m3)

   μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah.

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

a. Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \,.\, f_{ct} \,.\, (1{,}3 - 0{,}2\,\mu)}{f_y - n \,.\, f_{ct}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.54)$$

Dimana :

Ps : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

Fct : kuat tarik langsung beton = (0,4 —0,5 Fcf) (kg/cm2)

Fy : tegangan leleh rencana baja (kg/cm2)

n : angka ekivalensi antara baja dan beton (Es/Ec), dapat dilihat pada Tabel 1 atau dihitung dengan rumus

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

Es : modulus elastisitas baja = 2,1 x 10^{6} (kg/cm2)

Ec : modulus elastisitas beton = 14850 $\sqrt{f'c}$ (kg/cm2)

Tabel 2.23 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n)

$f'c$ (kg/cm2)	n
175 – 225	10
235 – 285	8
290 - Keatas	3

(Sumber : Departemen Permukiman Dan Prasarana Wiliyah, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 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 :

$$L_{cr} = \frac{{f_{ct}}^2}{n \,.\, P^2 \,.\, u \,.\, f_b \,(\, \varepsilon_s \,.\, E_c - f_{ct} \,)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.55)$$

Dimana :

Lcr : jarak teoritis antara retakan (cm).

P : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

U : perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d.

f_b : tegangan lekat antara tulangan dengan beton = (1,97 $\sqrt{f'c}$ /d) (kg/cm2)

ε_s : koefisien susut beton = (400.10 ^{6}).

f_{ct} : kuat tarik langsung beton = (0,4 - 0,5 fcf) (kg/cm2)

n : angka ekivalensi antara baja dan beton (Es/Ec),

Es : modulus elastisitas baja = 2,1 x 10 ^{6} (kg/cm2)

Ec : modulus elastisitas beton = 14850 $\sqrt{f'c}$ (kg/cm2)

Perlu jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 1 2 mm dan 20 mm.

b. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan rumus persamaan (8). Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.

b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

c. Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.9.8 Bahu Jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.10 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamana pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.10.1 Drainase

Menurut Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan 2006, Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air pada permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk menentukan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah , biasanya menggunkan bantuan gaya gravitasi yang terdiri atas saluran samping dan gorong – gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan seperti : sunur resapan air hujan atau kolam tampungan sementara.

2.10.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan 2006, hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah ini:

1) Plot rute jalan di peta topografi (L)
   a. Plot rute jalanrencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yangakan dilalui dapat dipelajari.
   b. Kondisi terrain diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

2) Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong,jembatan,dll.) Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.

3) Segmen panjang segmen saluran(L)
   Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
   a. Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
   b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
   c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis

4) Luas Daerah Layanan(A)
   a. Perhitungan luasdaerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
   b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
   c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah disekitar (A3).
   d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l1) lebar bahu jalan(l2) dan daerah

sekitar (l3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncakbukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar(A3).

5) Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi didaerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6) Faktor Limpasan (fk)

a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.24.

Tabel 2.24 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (c)	Faktor Limpasan fk
	Bahan		
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3.	Bahu jalan		-
	– Tanahberbutir halus	0,40 – 0,65	-
	– Tanahberbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	– Batuan industri keras	0,70 – 0,35	-
	– Batuan industri lunak	0,60 – 0,75	-
	Tata Guna Lahan		
1.	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2.	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3.	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4.	Pemukiman padat	0,60 – 0,80	2,0
5.	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6.	Taman & 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 : Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

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

$$C = \frac{C_1 . A_1 + C_2 . A_2 + C_3 . A_3 . Fk}{A_1 + A_2 + A_3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.56)$$

Dimana :

C_1, C_2, C_3 = koefisien pengaliranyang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1 , A_2, A_3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan Kondisi permukaan

fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

7) Waktu konsentrasi (T_c)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini :

$$T_c = T_1 + T_2 \quad \ldots\ldots (2.57)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3}\ x\ 3{,}28\ x\ I_0\ x\ \frac{nd}{\sqrt{i_s}}\right)^{0{,}167} \quad \ldots\ldots (2.58)$$

$$t_2 = \frac{L}{60\ x\ V} \quad \ldots\ldots (2.59)$$

Dimana :

Tc = waktu Konsentrasi (menit)

t1 = waktu untuk mencapaai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t2 = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

L = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (panjangs aluran dalam (m)

nd = koefisien hambatan (lihat Tabel 2.25)

is = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.25 koefisien hambatan (Nd) Berdasarkan Kondisi Lapis Permukaan

No	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1.	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3.	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6.	Hutan gundul	0,60
7.	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,80

(Sumber : Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

Tabel 2.26 Kecepatan Aliran air yang diizinkan

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

(Sumber : Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)

8) Analisa Hidrologi

a. Data curah hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang tedetak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan,maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

Untuk menentukan frekuensi curah hujan digunakna 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 digunakann rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} \quad \ldots\ldots (2.60)$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum ((Ri - \bar{R})^2}{n - 1}} \quad \ldots\ldots (2.61)$$

$$Rt = \bar{R} + \frac{Yt - Yn}{Sn} . Sx \quad \ldots\ldots (2.62)$$

Dimana :

$\bar{R}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

Sx = Standar deviasi

Sn = Standar deviasi yang diperkirakan

Rt = Curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun (mm)

Ri = Curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)

Yn = *Reduce mean*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)

Yt = Variasi yang berkurang (*Reduce Variable*), untuk berbagai periode ulang

n = lamaya pengamatan

Tabel 2.27 Variasi yang berkurang (*Reduce Variate*)

Periode Ulang (Tahun)	*Reduce Variate*, Yt
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919
5000	8,539
10000	9,921

(Sumber : Sosrodarsono, 1999)

Tabel 2.28 Standar deviasi yang diperkirakan (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	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0315	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065									

(Sumber : Nemec, 1972)

Tabel 2.29 Harga rata-rata yang diperkirakan (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,513	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,528	0,53	0,53	0,582	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,538	0,539	0,54	0,54	0,541	0,5418	0,5424	0,543
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,545	0,546	0,547	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,55	0,55	0,55	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,553	0,553	0,554	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,556	0,556	0,556	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0.5569	0,557	0,5572	0,557	0,558	0,558	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,559	0,559	0,559	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56									

(Sumber : Nemec, 1972)

c. Intensitas Curah Hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991,metode perhitungan debit banjir.

$$I = \frac{R24}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.63)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R24$ = Besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm)/24 jam

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

9) Debit Aliran Air (Q)

$$Q = \frac{1}{3,6} C \; x \; I \; x \; A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.64)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m3/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C1,C2,C3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiriatas A1, A2, A3

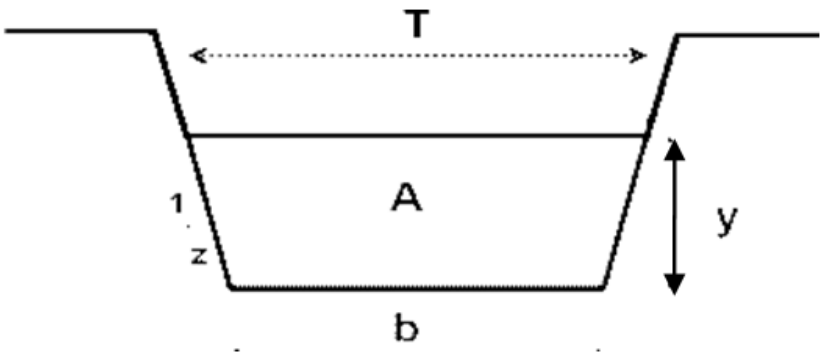
10) Perencanaan Dimensi Saluran Samping

Betuk penampang saluran samping ayng akan didesain adalah bentuk trapezium dengan ketentuan kemiringan talud seperti Tabel 2.34

Tabel 2.30 Kemiringan Talud Berdasarkan Debit

No	Debit Air, Q ($m^3/detik$)	Kemiringan talud (1 : m)
1	0,00 – 0,75	1:1
2	0,75 - 15	1:1,5
3	15 - 80	1:2

(Sumber : Departemen Pekerjaaan Umum Tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006)



Gambar 2.39 Penampang Saluran Trapesium

a. Debit yang mengalir

$Q = V\,x\,A$ ..... (2.65)

$Ad = \frac{Q}{V}$ ..... (2.66)

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$ ..... (2.67)

$R = \frac{A}{P}$ ..... (2.68)

Dimana :

Q = debit aliran ($m^3/detik$)

V = kecepatan rata-rata aliran ($m^3/detik$)

Ad = luas penampang basah saluran (m^2)

R = Radius Hidrolis (m)

i = Kemiringan Saluran

b. Penampang Ekonomis

- Luas penampang saluran ekonomis

  $Ae = (b + z\,.\,y)y$ ..... (2.69)

  $T = b + 2\,.\,z\,.\,y$ ..... (2.70)

- Penampang ekonomis saluran trapesium

  $Ae = b + 2.z.y = 2.y\sqrt{z^2 + 1}$ ..... (2.71)

c. Tinggi jagaan (W)

$W = \sqrt{0{,}5\,.\,y}$ ..... (2.72)

Dimana :

A = Luas penampang melintang (m^2)

B = lebar saluran (m)

T = lebar puncak (m)

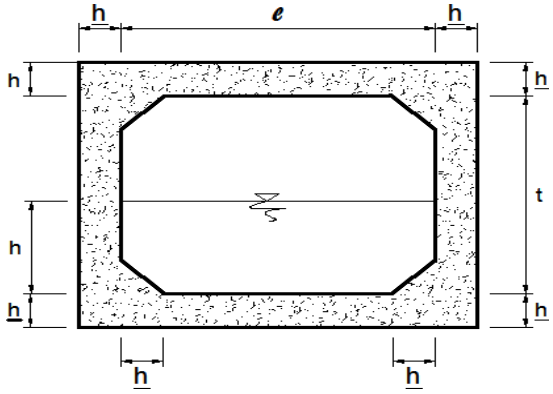
Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

2.10.4 Desain Gorong-gorong

Fungsi gorong-horong adalah mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi lainya. Untuk itu desainnya harus juga memopertimbangkan factor hidrolis dan struktur supaya gorong-gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban lalu lintas dan timbunan tanah.



Gambar 2.40 Penampang gorong-gorong persegi

Tabel 2.31 Ukuran Dimensi gorong-gorong

Tipe Single		
L	t	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Departemen Pekerjaaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2005)

Perencanaan dimensi gorong-gorong persegi (*Box Culvert)* dapat menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$A = \frac{Q}{V}$ ……..(2.73)

b = 2 . h …… (2.74)

A = I x h^2 …… (2.75)

$I = \frac{R_{24}}{24} . \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3}$ …… (2.76)

Tinggi jagaan (W)

$W = \sqrt{0{,}5\ h}$ …….. (2.77)

Dimana :

Q = debit aliran ($m^3/detik$)

V = kecepatan rata-rata aliran ($m^3/detik$)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

h = tinggi muka air (m)

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24}= rata rata curah hujan maksimum

Tc = waktu konsentrasi (menit)

W = tinggi jagaan (m)

2.11 Rencana Kerja dan Syarat, Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

2.11.1 Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Penyusun rencana kerja dan syarat (RKS) merupakan penjelasan tertulis perencanaan seara keseluruhan yang meliputi :

1. Keterangan menganai pekerjaan.
2. Keterangan mengenai pemberian tugas.
3. Keterangan mengenai perancangan.
4. Keterangan mengenai pengawas bangunan.

2.11.2 Daftar 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.

2.11.3 Analisa Satuan Harga Perencanaan

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

   - 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.
   - Pendekatan off the job, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.11.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjakan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

2.11.5 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 di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

   Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran biaya teliti

   Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, seusai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyususnan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m2. Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

   Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- Bestek

  Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat.
- Gambar bestek

  Gunanya untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.
- Harga satuan pekerjaan

  Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan Analisa BOW.

2.11.6 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan beserta biayanya**.**

2.11.7 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan suatu kegiatan yang ditujukan untuk merencankan, mengorganisasikan, mengarahkan dan melakukan pengawasan serta mengendalikan suatu sumber daya yang terbatas sehingga mampu mencapai tujuan yang telah ditentukan dan mendapatkan ahsil yang optimal dalam tenggang waktu tertentu dan memperhatikan keselamatan kerja.

Macam-macam manajemen proyek yang sering digunakan dalam pekerjaan proyek konstruksi yaitu sebagai berikut :

1) *Network Planning* (NWP)

   Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap 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 lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP adalah :

a. Merencanakan dan mengawasi proyek secara logis.
b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
c. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu), dan alternative-alternatif lain penyelesaian proyek dengan hambatan 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.

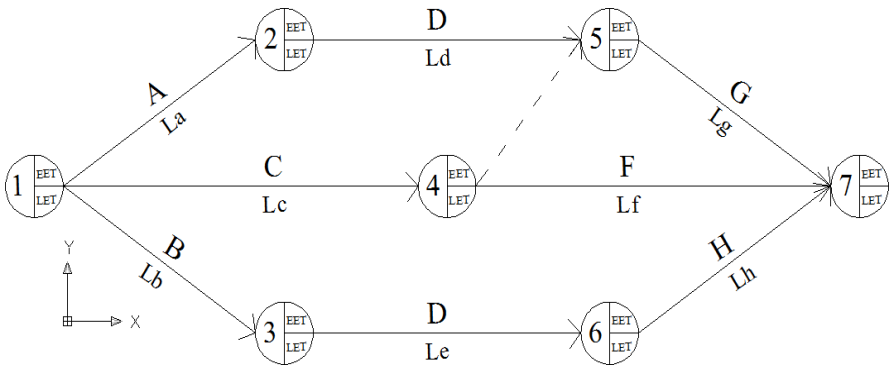
   Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
b. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

   Ini berguna apabila pekerjaan-pek erjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
b. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
c. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
d. Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
e. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu. kemudian mengikutinya.
f. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
g. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

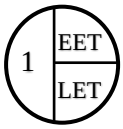
h. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.41 Sketsa *Network planning*

Beberapa Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran *Network Planning* (NWP) :

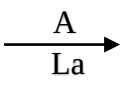
- (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- (Arrow) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesainnya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukan urutan-urutan
- (Double arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (critical path).
- (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus- putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan 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 network.

- 

1 = Nomor Kejadian

EET (Earliest Event Time) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (Laetest Event Time) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

- 

A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2) Barchat

Diagram barchat mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning.* Barchart ditujukan dengan diagram batang yang dapat menunjukan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat menunjukan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

No	Uraian Kegiatan	Minggu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pekerjaan Persiapan	X					
2	Pekerjaan Pelaksanaan		X	X	X		
3	Pekerjaan Akhir					X	X

Gambar 2.42 Contoh *Barchart*

3) Kurva S

Setelah Bar Chart didapatkan, kegiatan selanjutnya yang dapat dilakukan adalah pembuatan Kurva S. Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dengan Kurva S kita dapat mengetahui progress pada setiap waktu.Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan.Untuk setiap barchart yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat Kurva “S”.Bentuk dari Kurva “S”

biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek. Kurva S diperlukan untuk menggambarkan progress pada moment tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam Kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progress yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

Bila Kurva S dari rencana progress dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan-tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana. Berikut adalah tahapan dalam penyusunan kurva S :

1. Siapkan data :
    a. Diagram batang (barchart)
    b. Biaya seluruh kegiatan/pekerjaan.
2. Buat distribusi penyerapan biaya tiap kegiatan (pekerjaan) sesuai durasi tiap kegiatan (pekerjaan) dalam diagram batang.
3. Hitung jumlah penyerapan biaya tiap satu satuan waktu.
4. Hitung jumlah penyerapan biaya kumulatif tiap satu satuan waktu.
5. Hitung rasio biaya kumulatif tiap satu satuan waktu terhadap total biaya seluruh kegiatan (pekerjaan).