

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (*L. Hendarsin Shirley, 2000*).

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

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian di analisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometric yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (*Hamiran Saodang 2010*).

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak

kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan (*Silvia Sukirman, 1999*).

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya. Data-data ini sangat diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya karena data-data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan ketebalan perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.2 Klarifikasi Jalan

2.2.1 Klarifikasi Menurut Fungsi Jalan

Berdasarkan Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia No.34 tahun 2006 tentang jalan, klarifikasi jalan menurut fungsinya terbagi menjadi empat jalan, yaitu:

1. Jalan arteri adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan utama yang menempuh perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-ratanya tinggi, serta jalan masuk atau aksesnya dibatasi jumlahnya secara berdaya guna. Dari peran dan fungsinya ini, jalan arteri harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Kecepatan rencana atau kendaraan di atasnya lebih dari 60 km/jam.
 - Lebar badan jalan melebihi 8 meter.
 - Kapasitas jalan harus lebih besar dibandingkan volume lalu lintas rata-rata.
 - Kecepatan rencana dan kapasitas jalan dicapai dengan membatasi jalan masuk secara efisien.
 - Lalu lintas dan kegiatan lokal tidak boleh mengganggu lalu lintas jalan.
 - Jalan arteri meskipun memasuki kota tidak boleh terputus.
2. Jalan kolektor adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan pengumpul atau pembagi. Jalan kolektor mempunyai ciri yaitu kendaraan

yang melintas menempuh jarak sedang, kecepatannya sedang dengan jumlah jalan masuk yang dibatasi. Melihat dari fungsi dan perannya maka jalan kolektor harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Kecepatan rencana atau kendaraan di atasnya lebih dari 40 km/jam.
 - Lebar badan jalan harus lebih dari 7 meter.
 - Volume lalu lintas rata-rata tidak boleh lebih besar dari kapasitas jalan, maksimal sama.
 - Kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak boleh terganggu dengan cara membatasi jalan masuk secara efisien.
 - Kegiatan dan lalu lintas jalan tidak boleh mengganggu lalu lintas jalan.
 - Meskipun memasuki kota, jalan kolektor tidak boleh terputus.
3. Jalan lokal adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan lokal atau setempat. Ciri jalan lokal adalah kendaraan yang melintas menempuh jarak dekat, kecepatannya rendah, dengan jumlah jalan masuk yang tidak dibatasi.

Dari segi peran dan fungsinya, jalan lokal harus memenuhi syarat seperti :

- Tidak terputus apabila memasuki wilayah desa.
 - Lebar badan jalan lokal lebih dari 6 meter.
 - Kecepatan rencana atau kendaraan di atas 20 km/jam.
4. Jalan lingkungan adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan setempat atau lingkungan dengan perjalanan jarak dekat serta kecepatannya yang rendah.

2.2.2 Klarifikasi Menurut Kelas Jalan

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya seperti peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang akan di capai pada akhir tahun rencana

dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan. Adapun rumus yang akan digunakan dalam menghitung nilai LHR umur rencana yaitu :

$$P_n = P_o + (1 + i)^n$$

Dimana : P_n = Jumlah kendaraan pada tahun ke n

P_o = Jumlah kendaraan pada awal tahun

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n = Umur rencana

Setelah didapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor equivalensi (FE) (Tabel 2.1), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut.

Tabel 2.1 Nilai Faktor Equivalensi Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Datar/perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, jeep, station wagon	1,00	1,00
2	Pick-up, bus, truk kecil	1,20-2,40	1,90
3	Bus dan truk besar	1,20-5,00	2,20-6,00

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Kelas jalan diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan. Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas yaitu:

1. Jalan Kelas I

Jalan Kelas I adalah jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.

2. Jalan Kelas II

Jalan Kelas II adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.

3. Jalan Kelas III A

Jalan kelas 3 A ini merupakan jalan arteri yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2.5 milimeter atau 2,5 meter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter atau 18 meter, dan muatan sumbu terberatnya yang diizinkan adalah 8 ton.

4. Jalan Kelas III B

Jalan kelas 3 A ini merupakan jalan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2.5 milimeter atau 2,5 meter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter atau 18 meter, dan muatan sumbu terberatnya yang diizinkan adalah 8 ton.

5. Jalan Kelas III C

Jalan lokal dan jalan lingkungan adalah jalan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk kedalamnya kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2.100 milimeter atau 2.1 meter, ukuran panjang tidak lebih dari 9.000 milimeter atau 9 meter (dalam artian 1/2 dari jalan kelas sebelumnya), dan muatan sumbu terberat yang diizinkan yakni 8 ton.

Tabel 2.2. Klarifikasi Menurut Kelas Jalan

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

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

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut peraturan perencanaan geometrik jalan raya (PPGJR, 1997). Dapat dikelompokkan berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Klasifikasi Jalan Berdasarkan VLHR

VLHR (SMP/Hari)	Faktor-K (%)	Faktor-F(%)
>50.000	4-6	0,90-1
30.000-50.000	6-8	0,80-1
10.000-30.000	6-8	0,80-1
5.000-10.000	8-10	0,60-0,80
1.000-5.000	10-12	0,60-0,80
<1.000	12-16	<0,60

(Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

2.2.3 Klarifikasi Menurut Spesifikasi Penyediaan Prasarana

Menurut UU RI no.38 Tahun 2004 berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Jalan Bebas Hambatan (*Freeway*)

Jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus atau tidak terputus dengan pengendalian sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

2. Jalan Raya (*Highway*)

Jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.

3. Jalan sedang (*Road*)

Jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil (*Street*)

Jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5,5 (lima setengah) meter.

Tabel 2.4. Spesifikasi Jalan Berdasarkan Penyediaan Prasarana Jalan

Kelas Jalan (Berdasarkan Penyediaan Prasarana Jalan)	Spesifikasi Jalan				
	Diperuntukkan bagi lalu – lintas	Pengendalian Akses	Persimpangan Sebidang	Jumlah Lajur Minimum	Lebar Lajur atau Lajur Minimum
JALAN BEBAS HAMBATAN	Umum, Menerus, Jarak Jauh	Terkontrol Penuh	Tidak Ada	2 Lajur Per Arah	3,5 m Per Lajur
JALAN RAYA		Terbatas	Ada	2 Lajur Per Arah	3,5 m Per Lajur
JALAN SEDANG	Umum, Jarak Sedang	-	Ada	2 Lajur Untuk 2 Arah	Jalur Min 7,00
JALAN KECIL	Umum, Setempat	-	Ada	2 Lajur Untuk 2 Arah	Lajur Min 5,50

(Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.2.4 Klarifikasi Menurut Status

Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, maka sesuai dengan kewenangan/status, maka jalan umum dikelompokkan sebagai berikut:

1. Jalan Nasional terdiri dari:
 - a. Jalan Arteri Primer
 - b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi
 - c. Jalan Tol
 - d. Jalan Strategis Nasional

Penyelenggaraan Jalan Nasional merupakan kewenangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, yaitu di Direktorat Jenderal Bina Marga yang dalam pelaksanaan tugas penyelenggaraan jalan nasional dibentuk Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional sesuai dengan wilayah kerjanya masing-masing. Sedangkan untuk wilayah Jawa Tengah dan DIY dilaksanakan oleh Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII yang berkantor di Jalan Murbei Barat I Sumurboto Banyumanik Semarang.

Sesuai dengan kewenangannya, maka ruas-ruas jalan nasional ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam bentuk Surat Keputusan (SK) Menteri PUPR.

2. Jalan Provinsi

Penyelenggaraan Jalan Provinsi merupakan kewenangan Pemerintah Provinsi. Jalan Provinsi terdiri dari:

- a. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota
- b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota
- c. Jalan Strategis Provinsi
- d. Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

Ruas-ruas jalan provinsi ditetapkan oleh Gubernur dengan Surat Keputusan (SK) Gubernur.

3. Jalan Kabupaten

Penyelenggaraan Jalan Kabupaten merupakan kewenangan Pemerintah Kabupaten. Jalan Kabupaten terdiri dari:

- a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
- b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
- c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
- d. Jalan strategis kabupaten.

Ruas-ruas jalan kabupaten ditetapkan oleh Bupati dengan Surat Keputusan (SK) Bupati.

4. Jalan Kota

Jalan Kota adalah jalan umum pada jaringan jalan sekunder di dalam kota, merupakan kewenangan Pemerintah Kota. Ruas-ruas jalan kota ditetapkan oleh Walikota dengan Surat Keputusan (SK) Walikota.

5. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan perdesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

2.2.5 Klarifikasi Menurut Medan Jalan

Berdasarkan kondisi sebagian besar kelandaian-kelandaian medan yang diukur tegak lurus terhadap garis kontur, maka untuk perencanaan geometrik medan jalan diklarifikasikan sebagai berikut :

1. Medan datar, kemiringan medan $< 3\%$
2. Medan perbukitan, kemiringan medan 3-25 %
3. Medan pegunungan, kemiringan medan $> 25\%$

Tabel 2.5. Klarifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	pegunungan	G	> 25

(Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.2.6 Sistem Jaringan

Sistem jaringan jalan terdiri dari dua sistem yaitu sistem jaringan primer dan sistem jaringan sekunder.

- a. Sistem Jaringan Primer, adalah sistem jaringan jalan dengan perannya sebagai pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di kanca nasional, dengan cara menghubungkan semua titik awal jasa distribusi yang berupa pusat-pusat kegiatan.
- b. Sistem Jaringan Sekunder, adalah sistem jaringan jalan yang melayani distribusi barang dan jasa untuk masyarakat diwilayah perkotaan.

2.2.7 Bagian-bagian Jalan

Menurut Ditjen Bina Marga, 2017. Bagian-bagian jalan terdiri dari:

a. Ruang manfaat jalan

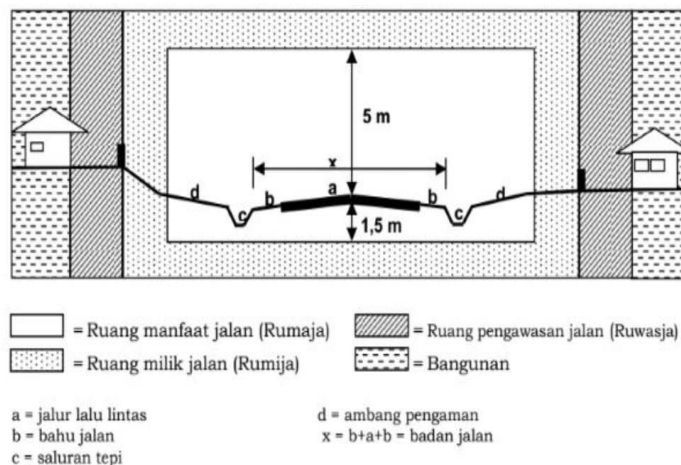
Pada ruang manfaat jalan meliputi beberapa bagian seperti saluran tepi jalan, badan jalan, dan ambang pengamanannya.

b. Ruang Milik Jalan

Pada ruang milik jalan meliputi beberapa bagian seperti ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.

c. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan adalah ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.



Gambar 2.1 Ruang Pengawasan Jalan

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik

Dalam pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (No.38/TBM/1997). Bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai fungsinya. Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu;

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak padangan, ruang yang cukup bagi maneuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perencanaan ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometric jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimension dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometric. Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

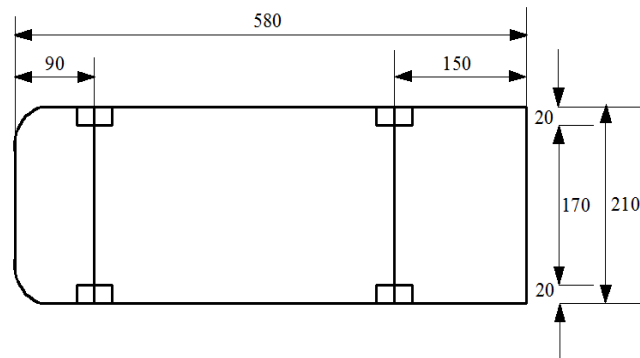
- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truck 3 as tandem dan bus besar 2 as.
- c. Kendaraan besar, wakili oleh truck semi-trailer.

Sebagai referensi untuk ukuran kendaraan rencana untuk kendaraan penumpang, truk atau bis tanpa gandengan dan semi trailer diatur oleh Bina Marga didalam peraturan 007/BM/2009 dan AASHTO 2004.

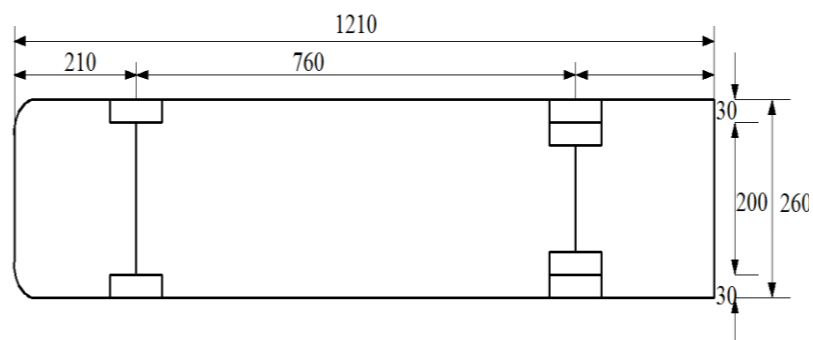
Tabel 2.6. Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis		Dimensi kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius putarmin. (m)
Bina Marga	Kode AASHTO	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	P	1,3	2,13	5,79	0,91	1,52	7,31
Bus	S-Bus 11	3,2	2,44	10,91	0,76	3,66	11,86
Truk 2 as	SU	4,1	2,44	9,15	1,22	1,83	12,80
Truk 3 as		4,1	2,44	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	WB-12	4,1	2,44	13,87	0,91	0,86	12,20
Truk 5 as	WB-15	4,1	2,44	16,79	0,91	0,62	13,72

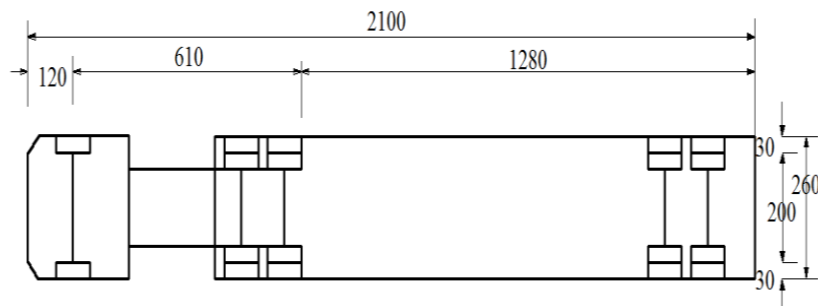
(Sumber: no.007/BM/2009AASHTO 2004)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan. Kecepatan rencana tergantung pada :

1. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
2. Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
3. Cuaca
4. Adanya gangguan dari kendaraan lain
5. Batasan kecepatan yang di ijinan.

Klarifikasi golongan medan terdapat pada tabel 2.5. Dan kecepatan rencana berdasarkan medan jalan terdapat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Kecepatan Rencana (V_r) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan rencana (V_r), Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Local	40-70	30-50	20-30

(Sumber: tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, departemen pu Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.3 Volume Lalu Lintas

Sukirman (1999) dalam “Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan” menyebutkan bahwa, volume suatu lalu lintas akan menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas untuk kebutuhan desain kapasitas geometrik jalan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) dengan cara menyesuaikan nilai smp pada setiap jenis kendaraan ataupun menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Dari data lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang diperoleh kita dapat mengklasifikasikan jalan tersebut.

Tabel 2.8. Klasifikasi Kelas Jalan

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Utama Sekunder	I	>20.000
	II A	6.000 – 2.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Penghubung	III	-

(Sumber: PPGJR, 1997)

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

Lalu Lintas Harian Rata – rata Tahunan adalah lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan 24 jam dalam satu tahun penuh

Dengan rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam satu tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Dengan rumus umum :

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

c. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan smp / hari.

Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/ jam yang digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan, sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{VJR} = \frac{\text{LHR}}{24} \dots\dots\dots(2.3)$$

d. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (*sukirman, 1999:46*). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu satu jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar yang menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1999) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (smp/ jam) } \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : C = Kapasitas (smp/ jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/ jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = Faktor Penyesuaian Pemisah arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.9. Kapasitas Dasar Ruas Jalan (CO)

Tipe jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/ jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Perlajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Perlajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(Sumber: MKJI, 1997)

e. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/ jam)

C = Kapasitas (smp/ jam)

Tabel 2.10. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar lajur lalu lintas efektif (Cw) (m)	FCw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2 D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	100
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,91	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,50	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	
	10,0	1,29	1,21	
11,0	1,34	1,27		

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.11. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisah Arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %			50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Jalan perkotaan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FCsp	Jalan luar kota	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FCsp	Jalan bebas hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.12. Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping Untuk jalan dengan bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD Atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.13. Tingkat pelayanan jalan

Tingkat pelayanan	Karakteristik	Batas lingkup (Q/C)
A	Arus bebas; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang di kehendaki	0,00-0,20
B	Arus stabil; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20-0,44
C	Arus stabil; kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45-0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebanyakan bergerak relative kecil	0,75-0,84
E	Arus tidak stabil; kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85-1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.4 Satuan Mobil Penumpang

Setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda, karena suatu dimensi, percepatan, kecepatan, maupun kemampuan gerakan yang dimiliki masing - masing kendaraan berbeda, dan pengaruh geometrik jalan.

Oleh sebab itu, untuk menyamakan satuan dari masing - masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut satuan mobil penumpang (SMP). Besarnya smp yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian MKJI dapat dilihat pada tabel 2.14 dan pada tabel 2.15

Tabel 2.14 Faktor Satuan Mobil Penumpang

NO	Jenis Kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1	Kendaraan ringan - Sedan/ Jeep - Oplet - Mikrobus - Pick – up	LV	1.00	1.00
2	Kendaraan Berat - Bus standar - Truk sedang - Truk berat	HV	1.20	1.30
3	Speda Motor	MC	0.25	0.40
4	Kendaraan Tak Bermotor - Becak - Sepeda - Gerobak, dll	UM	0.80	1.00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.15 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/ Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	0,8

(Sumber: MKJI, 1997)

2.3.5 Ekivalen Mobil Penumpang

Ekivalen mobil penumpang merupakan suatu faktor konversi jenis kendaraan di bandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya yang berhubungan pada dampaknya terhadap perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.17 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis kendaraan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station	1,0	1,0
2	Wagon	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Pick up, Bus kecil, Truck kecil. Bus dan Truck	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.6 Jarak Pandangan

Kenyamanan dan keamanan pengemudi agar bisa melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung terhadap jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan. (Sukirman, 1999)

Jarak pandang terbagi menjadi dua, yaitu Jarak Pandang henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak Pandang Henti merupakan suatu jarak minimum yang dibutuhkan oleh setiap pengemudi dalam menghentikan kendaraannya dengan aman saat melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jarak Pandang Henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm, diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandangan henti (J_h) terdiri dari jarak tanggap dan jarak pengereman. Sebagai berikut:

- a. Jarak tanggap (J_{ht}), merupakan suatu jarak yang dilalui/ ditempuh oleh kendaraan dimulai saat pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- b. Jarak pengereman (J_{hr}), merupakan suatu jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan dimulai saat pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak Pandang Henti (J_h) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = (J_{ht}) + (J_{hr}) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- V_R : kecepatan rencana (km/Jam)
- T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik
- g : percepatan gravitasi, ditctapkan 9,8 m/det²
- f : koefisien gesek memanjang perkrasan jalan aspal,
AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$
(f semakin kecil jika V_R semakin r inggi, dan sebaliknya). Bina
Marga menetapkan $f = 0,35 - 0, 55$.
- G : Percepatan gravitasi, dietapkan 9,8 m/det²
- T : Waktu tanggap 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254f} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254(f \pm L)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana $L =$ Landai Jalan (%) atau persatuan



Gambar 2.5 Jarak Pandang Henti

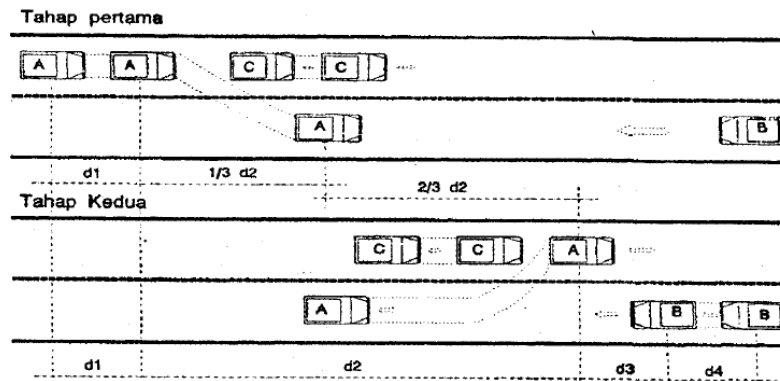
Tabel 2.18 Jarak Pandang Henti Minimum

V (km/jam)	1120	1100	880	660	550	440	330	220
J _h minimum (m)	2250	1175	1120	775	555	440	227	116

(Sumber : Ditjen Bina Marga, No.038/T/BM/1997)

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

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



Gambar 2.6 Jarak Pandang Mendahului

A : Kendaraan yang mendahului

B : Kendaraan yang berlawanan arah

C : Kendaraan yang didahului kendaraan A

Jarak pandang mendahului (J_d), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$(J_d) = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.10)$$

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 beda berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2(m)$.

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d_1 = 0,278 (V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2}) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$d_2 = 0,278 V_R \cdot T_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ meter} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

T_1 = waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$ waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = percepatan rata-rata km/jam/ detik $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil (10-15Km/jam).

V_R = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului Kecepatan Rencana (km/jam).

d_1 = Jarak kebebasan

d_4 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Tabel 2.19 Besaran d_3 (m)

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
$d_3(m)$	30	55	75	90

(Sumber : Ditjen Bina Marga No.038/T/BM/1997)

2.3.7 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari

komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (Hamirhan Saodang, 2004).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Data volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor equivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam), volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) menurut Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017. Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas (i) pada tahun 2015-2035 dapat dilihat pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan, 2017)

2.3.8 Data Peta Topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya (*Hamirhan Saodang, 2004*).

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat-tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

- a. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran meliputi:
 1. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 3. Pengukuran penampang melintang (cross section) dan penampang memanjang.

4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

2.3.9 Data Penyelidikan Tanah

Data Penyelidikan tanah di dapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

1) Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

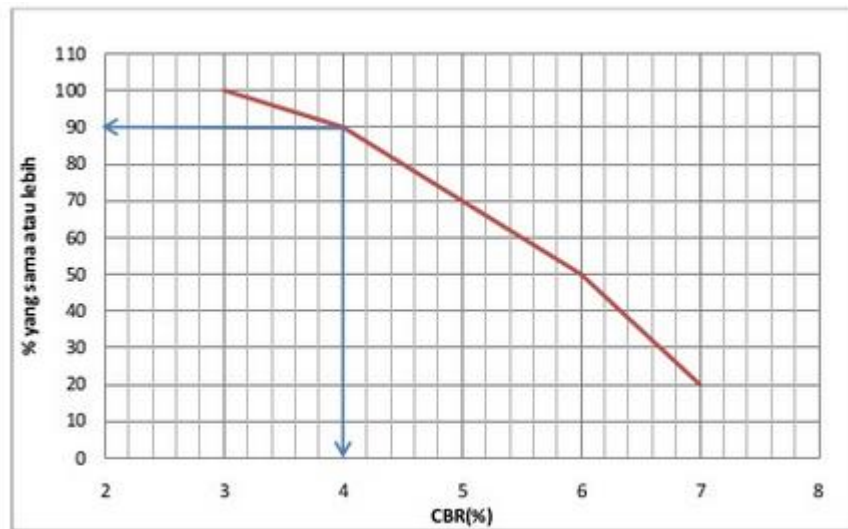
$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots(2.15)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.23 dibawah ini.

Tabel 2.21 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
10	3,18

(Sumber :Silvia Sukirman, Perkerasan lentur jalan raya, 1959)



Gambar 2.7 Grafik CBR 90%

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai CBR terendah.
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

2.3.10 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut:

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium.

2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu;

- a. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan kerikil.

- b. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara visual antara lempung dan lanau kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya (*L.Hendarsin Shirley, 2000*).

2.3.11 Median

Jalan raya yang mempunyai 4 jalur atau lebih harus mempunyai median. Fungsi utama median adalah untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan, dengan demikian memungkinkan kecepatan yang tinggi, guna membatasi belokan U agar lalu lintas lancar, untuk membentuk jalur belok kanan pada persimpangan dan untuk mengurangi sorotan lampu.

Median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan Lebar median jalan dapat dilihat pada Tabel 2.22 berikut :

Tabel 2.22 Lebar Median Jalan

Kelas	1 & 1*	2	3 & 3*
Lebar minimum mutlak median	0,5	0,5	0,5
Lebar minimum standar batas	2	1,5	1

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.3.12 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah suatu potongan jalan yang tegak lurus pada sumbu jalan yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang (Silvia Sukirman, 1999). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way*) adalah keseluruhan bagaian perkererasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus di peruntukkan oleh rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah Jadi jumlah lajur minimal untuk 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas (*Silvia Sukirman, 1999*).

Jumlah jalur yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan rencana volume lalu lintas harian ditentukan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.23 Jumlah Jalur Lalu Lintas

VLR (smp/hr)	Medan	Fungsi	Lajur
≥ 138.000			6
$36.000 \leq 138.000$	D,		4
< 36.000	B	Jalan Arteri	2
≥ 156.000			6
$41.000 \leq 156.000$			4
< 41.000	G		2
≥ 36.000	D,		4
≤ 36.000	B	Jalan Kolektor	2
≥ 41.000			4
≤ 41.000	G		2

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

b. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian mafaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat dan pendukung samping bagi lapis pondasi tanah, pondasi atas dan pondasi permukaan. Fungsi utama bahu jalan adalah:

1. Untuk melindungi bagian utama jalan
2. Sebagai tempat berhenti kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti untuk berorientasi terhadap jurusan yang akan dituju.
3. Menyediakan ruang bebas samping bagi lalu lintas.
4. Meningkatkan jarak pandangan pada tikungan.
5. Sebagai trotoar jika tidak ada trotoar.
6. Tempat meletakkan rambu-rambu lalu lintas, dll.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- b) Bahu kanan/bahu dalam (*right linner shoulder*), adalah bahu yang terletak ditepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.

Tabel 2.24 Penentuan lebar bahu jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	minimum	Ideal	minimum	Ideal	minimum
	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)
<3.000	1,5	1	1,5	1	1	1
3.000-10000	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1
10000-25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2,5	2	2	**)	-	-

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

c. Trotoar

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus di gunakan untuk pejalan kaki (pedestrian). Untuk keamanan pejalan kaki maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas. Lebar trotoar tergantung pada kondisi, dan sebaiknya selebar 3,0 m.

d. Talud

Talud berfungsi untuk menahan badan jalan. Talud juga merupakan lereng parit yang dapat bertindak sebagai bagian dari bahu. Talud dapat terdiri dari tanah, rumput atau pasangan penahan tanah.

e. Drainase

Drainase dibuat untuk mengendalikan 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).

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama "Situasi jalan" atau "trase jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (*Silvia Sukirman, 1999*)

Adapun aspek-aspek penting dalam alinyemen horizontal diantaranya sebagai berikut:

1. Gaya sentrifugal.
2. Bentuk-bentuk busur peralihan.
3. Bentuk-bentuk tikungan seperti *Full Circle*, *Spiral Circle Spiral*, dan *Spiral-Spiral*.
4. Diagram superelevasi.
5. Pelebaran perkerasan pada tikungan.
6. Jarak pandang pada tikungan.

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Tikungan yang digunakan yaitu, *Full Circle (FC)*, *Spiral Circle Spiral (SCS)* dan *Spiral Spiral (SS)*.

2.4.1 Menentukan Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *Autocad*.

2.4.2 Bagian Jalan Lurus Maksimum

Panjang maksimum pada bagian lurus, harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan mempertimbangkan keselamatan bagi para pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.25 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum(m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Ditjen Bina Marga, No. 038/T/BM/1997)

2.4.3 Menghitung Panjang Garis Tangen

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal tau penampang memaniang jalan dan potongan melintang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004)

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

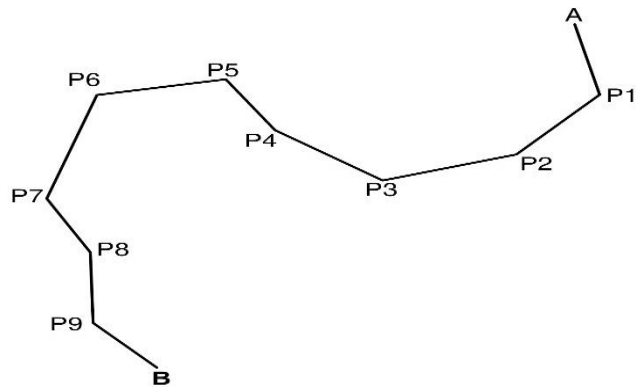
$$d = \sqrt{(X_2 - \hat{X}_1)^2 + (Y_2 - \hat{Y}_1)^2} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

d = Jarak titik A titik P1

X_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

- X_1 = Kordinat titik A pada sumbu X
- Y_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y_3 = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase Dari Titik A-B

2.4.4 Menghitung Sudut Azimuth (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

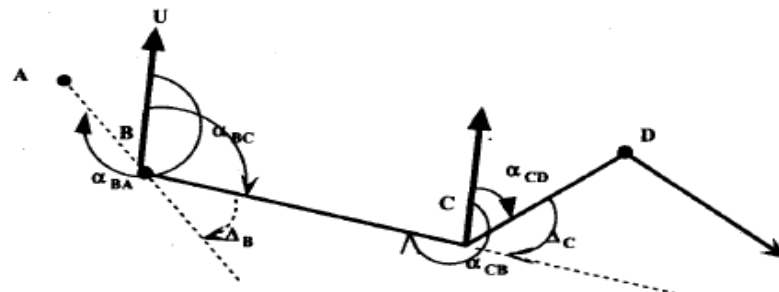
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{p1} - X_A}{Y_{p1} - Y_A} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\alpha_{p1} = \text{arc tg} \frac{X_{p2} - X_{p1}}{Y_{p2} - Y_{p1}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{p1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots(2.21)$$



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Bearing

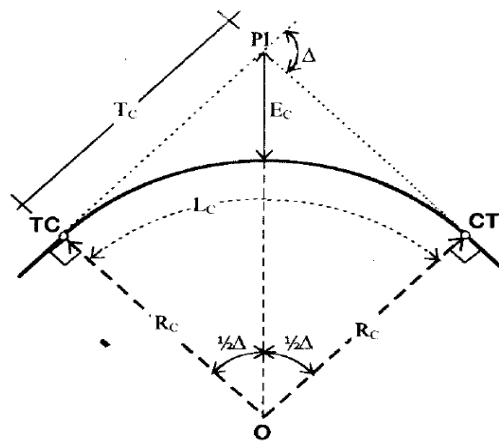
2.4.5 Bentuk-bentuk Tikungan

1. Lingkaran (*Full Circle = FC*)

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

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Lengkung peralihan
- b. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- c. Pelebaran perkerasan jalan
- d. Kebebasan samping



Gambar 2.10 *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$Fm = - 0,00065 \cdot Vr + 0,192 \text{ (untuk kec. } <80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots(2.22)$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} Ls}{Ls} - en \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Rmin = \frac{Vr^2}{127 (e maks+f maks)} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Dmaks = \frac{181913,53 (e maks+f maks)}{Vr} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2.e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.29)$$

$$E_c = R \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.30)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \frac{ep+en}{L_s} \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s} \dots\dots\dots(2.31)$$

Kontrol = 2. $T_c > L_c$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

O = Sudut Pusat Lingkaran ($^\circ$)

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)

2. *Spiral Circle Spiral* (SCS)

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba bentuk lurus kebentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkara (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

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

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots(2.32)$$

Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c.C} T - 2,727 \frac{V_R-e}{C} \dots\dots\dots(2.33)$$

b. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6re} V_R \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

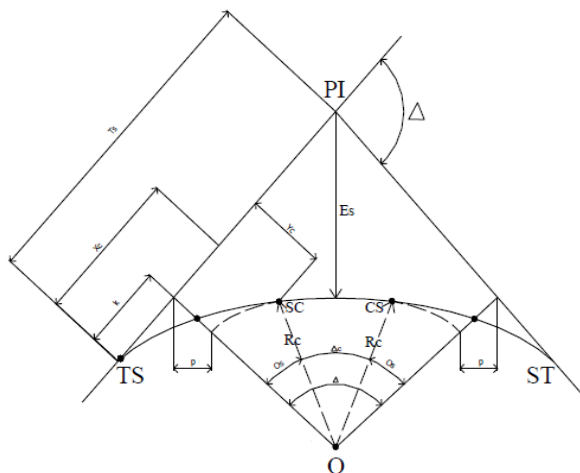
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk V ≤ 70 km/jam, Γ_e = 0,035 m/m/dt

Untuk V_R ≥ 80 km/jam, Γ_e = 0,025 m/m/dt



Gambar 2.11 *Spiral Circle Spiral*

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan Spiral Circle Spiral ini adalah :

$$F_m = - 0,00065. V_r + 0,192 \text{ (untuk } kec. < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots(2.35)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2.emax}{Dmax} D \dots\dots\dots(2.39)$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40Rc^2}\right) \dots\dots\dots(2.40)$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6 Rc} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$\theta_s = \frac{90 Ls}{\pi Rc} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$\Delta c = \Delta - 2.\theta_s \dots\dots\dots(2.43)$$

$$P = \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \text{Cos } \theta_s) \dots\dots\dots(2.44)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 Rc^2} - Rc \text{Sin } \theta_s \dots\dots\dots(2.45)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan^{1/2}\Delta + k \dots\dots\dots(2.46)$$

$$Es = (Rc + p) \sec^{1/2}\Delta + Rc \dots\dots\dots(2.47)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc \dots\dots\dots(2.48)$$

$$L_{tot} = Lc + 2 Ls \dots\dots\dots(2.49)$$

Kontrol = Ltotal < 2. Ts

Keterangan :

Xs = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari Ts ke SC (jarak lurus lengkung peralihan). (m)

Ys = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung. (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik Ts ke SC atau CS ke ST). (m)

Lc = Panjang busur lingkungan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST). (m)

Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)

TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)

Es = Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Rc = Jari-jari lingkaran.(m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis dari p pada garis tangen spiral (m)

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.22

3. *Spiral - Spiral (SS)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti berikut.

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{\text{kec}} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$R_{\text{min}} = \frac{V_r^2}{127(e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913,53(e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_r} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$E = -\frac{e_{\text{max}}}{D^2 \cdot \text{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\text{max}}}{D_{\text{max}}} D \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.55)$$

Untuk menentukan nilai Ls dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a. Berdasarkan table Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots(2.56)$$

b. Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.57)$$

c. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.58)$$

d. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_{s4} = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot VR \dots\dots\dots(2.59)$$

$$L_s \text{ yang digunakan adalah sebagai berikut : } L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$L_{s5} > L_{s \text{ min}}$, maka Ls yang digunakan Ls5

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.60)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots\dots\dots(2.61)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R c} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R c}{90} \dots\dots\dots(2.63)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R c} - R c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.64)$$

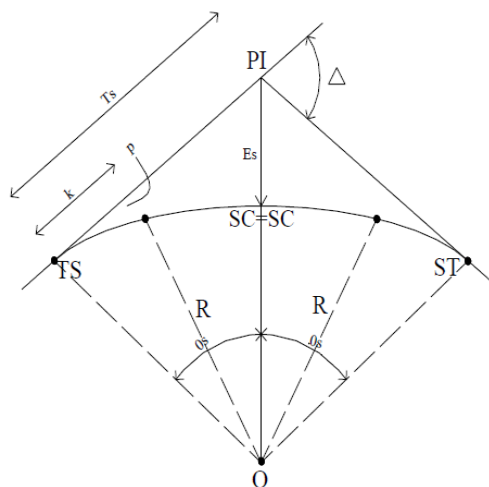
$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R c^2} - R c \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.65)$$

$$T_s = (R c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.66)$$

$$E_s = (R c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + R c \dots\dots\dots(2.67)$$

Keterangan :

- R = Jari-jari tikungan (m)
 Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)
p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)
k = absis pada garis tangen spiral (m)
 T_s = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)
 E_s = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)
 L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST (m)
 L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST (m)
 T_s = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST (m)



Gambar 2.12 *Spiral – Spiral*

2.4.6 Tikungan Dengan Jari-jari Minimum

Ketika kendaraan melewati tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang akan menyebabkan suatu kendaraan tidak stabil. Sebagai penyeimbang bagi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Ketika kendaraan telah melewati daerah superelevasi, akan terjadilah suatu gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang dapat menyebabkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{v^2}{127 (e+f)} \dots\dots\dots (2.68)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.69)$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung (m)

D = Derajat Lengkung ($^\circ$)

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

$$R_{min} = \frac{v_r^2}{127 (e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots (2.70)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks}+f_{maks})}{v_r} \dots\dots\dots (2.71)$$

Dimana : R_{min} = Jari-jari tikungan minimum (m)

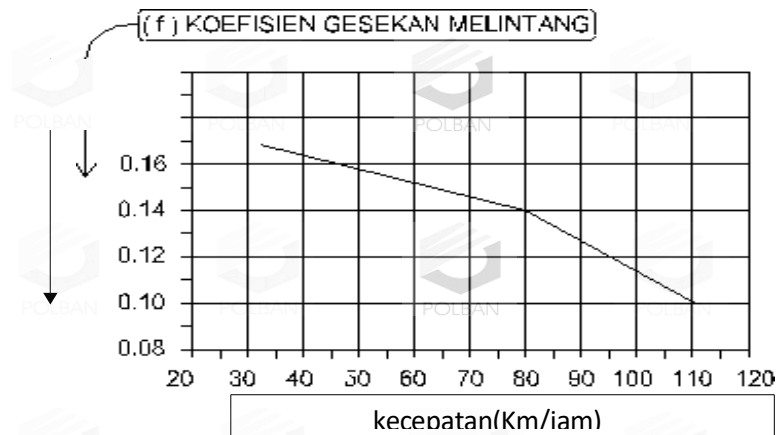
V_r = Kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

E_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

F_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

D_{maks} = Derajat Maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ dan f_{maks} sesuai gambar 2.11 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.26.



Gambar 2.13 Grafik nilai (f), untuk $e_{maks} = 6\%$, 8% dan 10%
(menurut AASHTO)

Tabel 2.26 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superlevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$ metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V=90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	LP	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	LP	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	LP	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	819	LP	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	716	LP	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	573	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	477	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	409	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	358	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	318	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	286	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	239	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks=5,12	
7.000	205	0.062	45	0.080	60	0.094	60	Dmaks=6,82			
8.000	179	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	159	0.074	45	0.091	60	0.099	60				
10.000	143	0.079	45	0.095	60	Dmaks=9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	Dmaks=12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	D maks=18,8									

(Sumber : Sukirman, 1999)

Tabel 2.27 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk emaks = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin(m)	600	370	280	110	80	50	30	15

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

Tabel 2.28 Tabel p dan k untuk Ls = 1

θ_s (*)	p*	k*	Θ_s (*)	p*	k*	Θ_s (*)	p*	k*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998176	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0124307	0,4996735	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4996312	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0565200	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23,5	0,0356088	0,4970788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24,0	0,0364288	0,4969479	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25,0	0,0380807	0,4966766	38,5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25,5	0,0389128	0,4965360	39,0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26,0	0,0397489	0,4963922	39,5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26,5	0,0405893	0,4962450	40,0	0,0651522	0,4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27,0	0,0414340	0,4960945			

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.4.7 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan merupakan suatu lengkung yang disisipkan di antara bagian lurusjalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R. Lengkung peralihan berfungsi mencegah perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang ada pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (*Shirley, 2000*)

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan $L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T$ (2.72)

2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal
 $L_s = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C}$ (2.73)

3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian
 $L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot VR$ (2.74)

Keterangan :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R = Jari-jari busur lingkaran

C = Perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det²

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

E = Superelevasi

Em = Superelevasi maksimum

Re = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

Untuk $VR \leq 70$ km/jam r_e maks = 0,035 m/m/det

Untuk $VR \geq 80$ km/jam re maks = 0,025 m/m/det.

Tabel 2.29 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

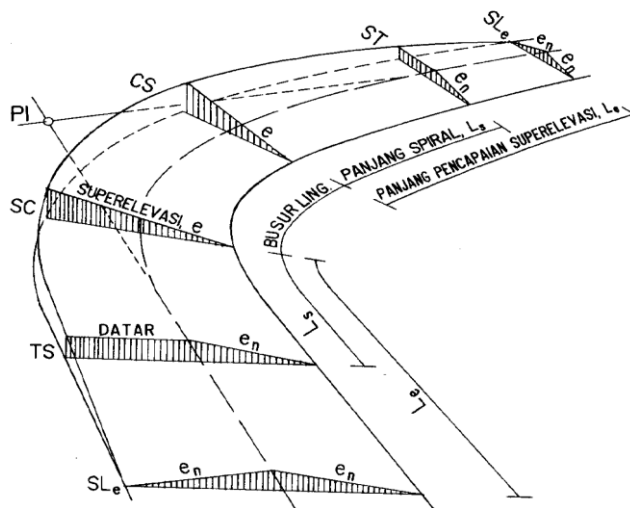
VR (km/h)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin(m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.4.8 Pencapaian Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang harus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).

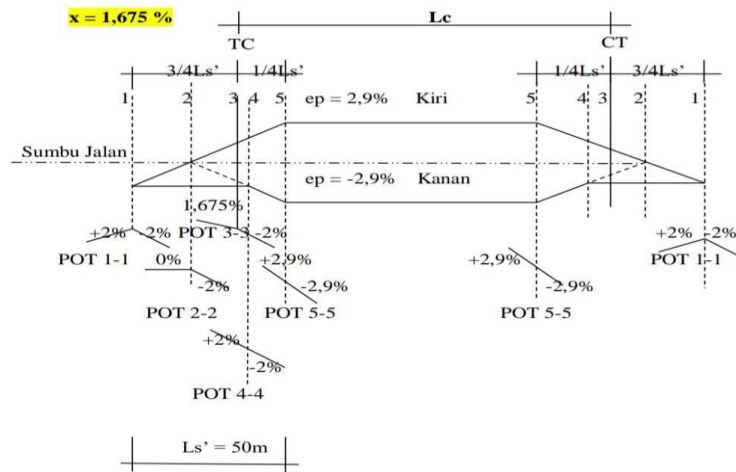


Gambar 2.14 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

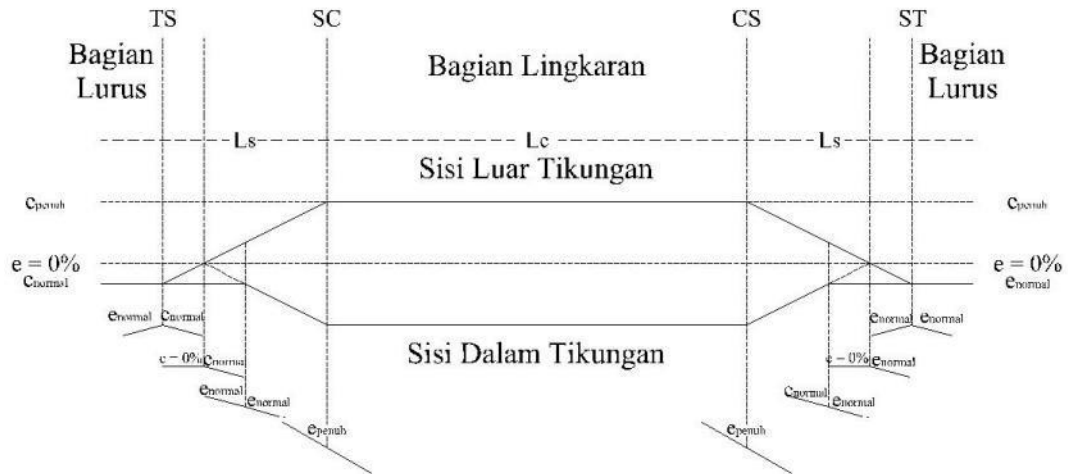
Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang

dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

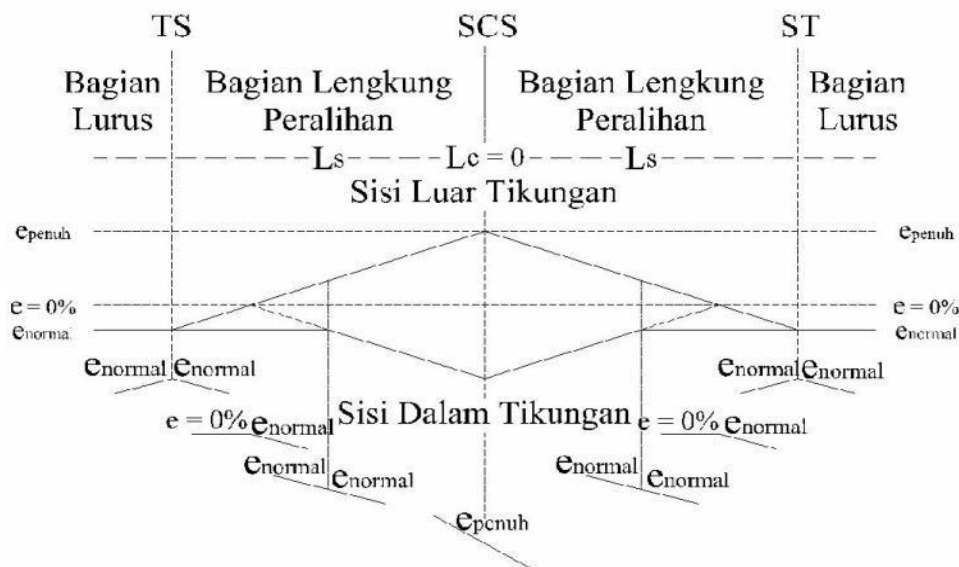
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.17 Pencapaian Superrelevansi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.9 Bagian Jalan Lurus Maksimum

Panjang maksimum pada bagian lurus, harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan mempertimbangkan keselamatan bagi para pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.30 Panjang Bagian Lurus Maksimum

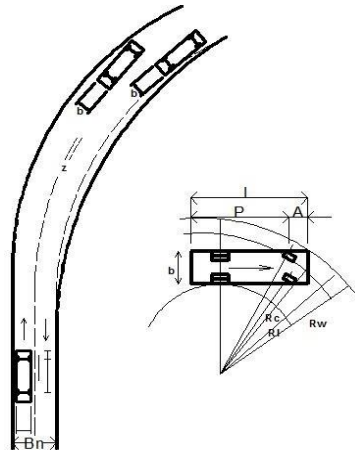
Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Ditjen Bina Marga, No. 038/T/BM/1997)

2.4.10 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 106)

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.18 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots \dots \dots (2.75)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots \dots \dots (2.76)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots \dots \dots (2.77)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots \dots \dots (2.78)$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

C = Lebar kebebasan samping dikiri dan kanan kendaraan = 1,0m

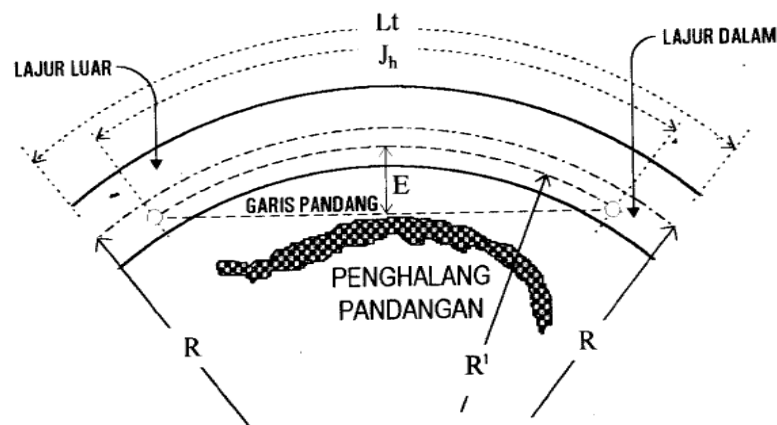
2.4.11 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah

bebas samping). Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

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

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



Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.79)$$

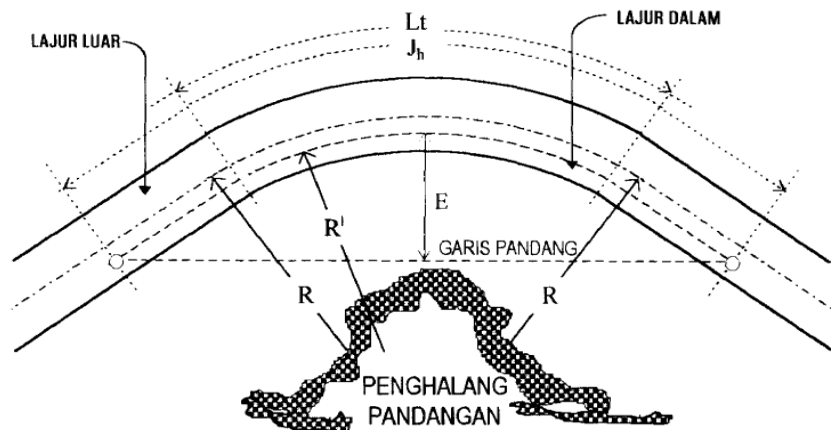
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.20 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.80)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \Theta \dots \dots \dots (2.81)$$

Dimana :

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

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_d = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.4.12 Menentukan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

- a. Setiap 100 m, untuk daerah datar.
- b. Setiap 50 m, untuk daerah bukit.
- c. Setiap 25 m, untuk daerah gunung.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi 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 standard).

Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas. Jika pada alinyemen horizontal (bagian tikungan), maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truk dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan juga besarnya landai.

2.5.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksud agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek.

Panjang maksimum landai yang masih diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus lalu lintas yang berarti biasanya disebut dengan istilah panjang kritis landai Panjang ini mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat. Pada tabel 2.31 dapat dilihat landai maksimum.

Tabel 2.31 Landai Maksimum

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

(Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Landai maksimum saja tidak cukup merupakan faktor penentu dalam suatu perencanaan alinyemen vertical, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian yang besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan pada kendaraan truk yang cukup berarti, jika kelandaian tersebut dibuat panjang pada jalan yang cukup panjang tetapi sebaliknya akan kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja.

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (VR) lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004). Tabel panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.26.

Tabel 2.32 Panjang Kritis (m)

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

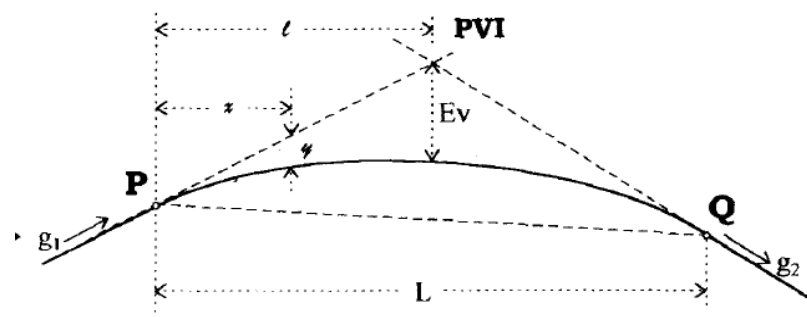
(Sumber: geometrik jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

2.5.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama *Point of Vertical Intersection* (PVI) atau sering disebut Point Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut:

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak ditengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.21 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_2 - g_1 \dots\dots\dots(2.82)$$

$$EV = \frac{A \cdot L}{800} \dots\dots\dots(2.83)$$

$$EPLV = EPV \pm g \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots(2.84)$$

$$Y = \frac{A \cdot (x)^2}{200 \cdot L} \dots\dots\dots(2.85)$$

Dimana :

x = Jarak dari titik PLV ketitik yang ditinjau STA

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA,

(m)

L =Panjang lengkung vertikal varabola, yang merupakan jarak proyeksidari titik PLV dan titik PTV, (STA)

g_1 = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g_2 = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

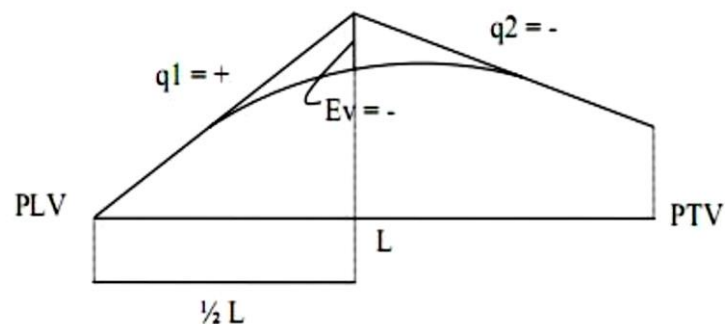
A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertical cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangent berada dibawah permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- (1). Jarak pandang
- (2). Drainase
- (3). Kenyamanan



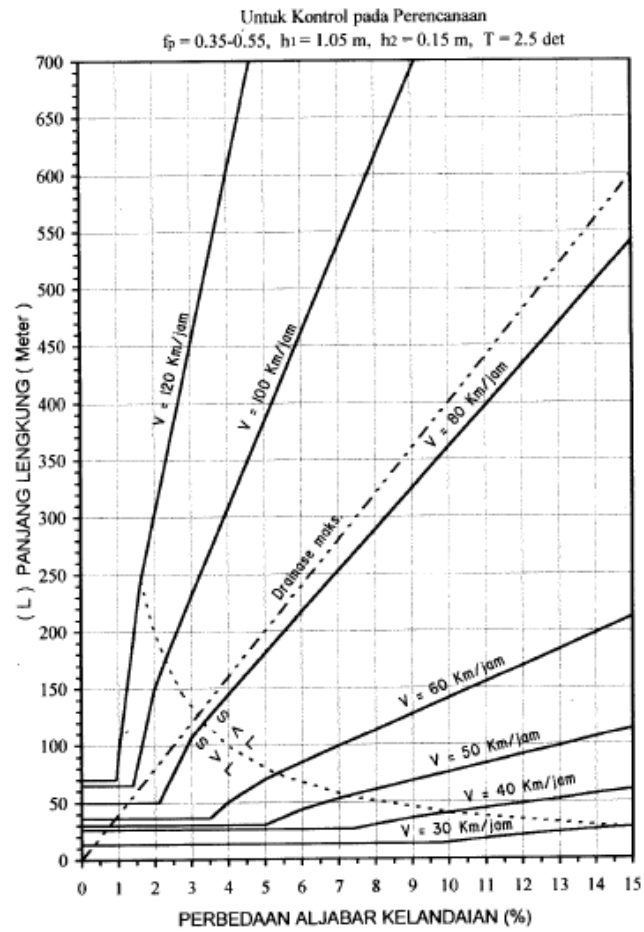
Gambar 2.22 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.33.

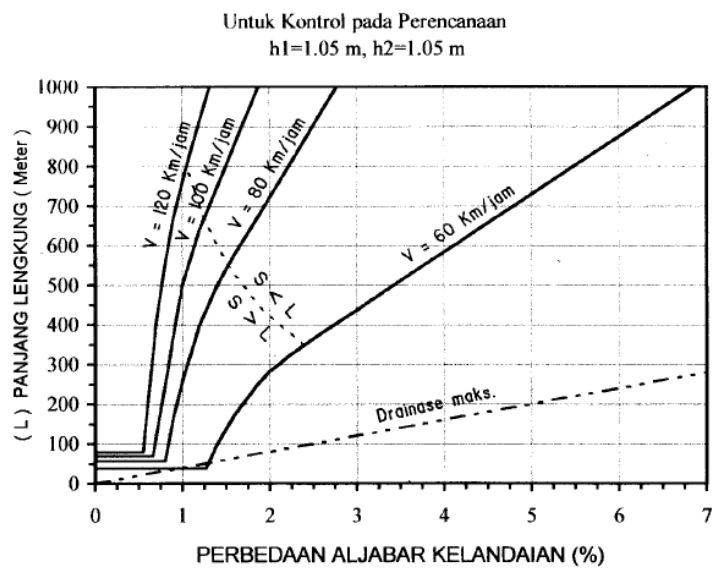
Tabel 2.33 Ketentuan Tinggi Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h_1 (m) Tinggi Mata	h_2 Tinggi Objek
Henti (J_h)	1,05	0,15
Mendahului (J_d)	1.05	1,05

(Sumber : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)



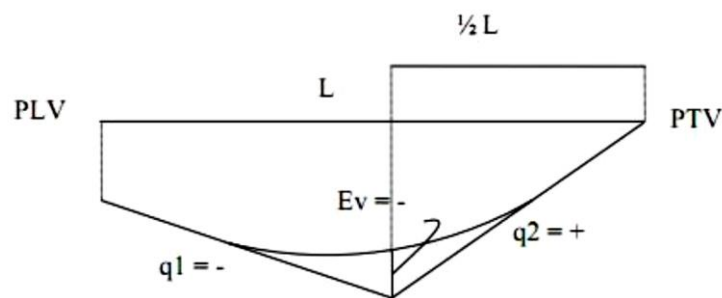
Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)

b. Lengkung Vertikal Cekung

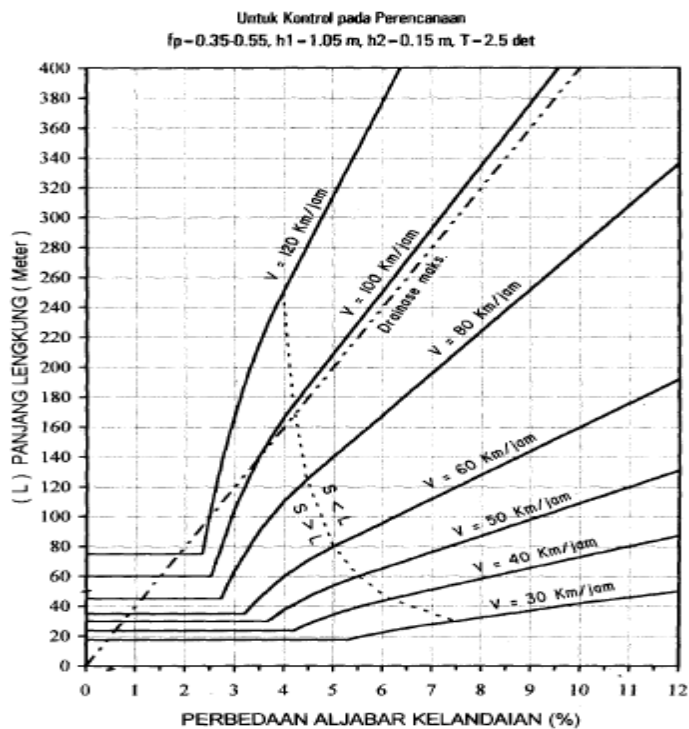
Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

- 1) Jarak sinar lampu besar dari kendaraan.
- 2) Kenyamanan pengemudi.
- 3) Ketentuan drainase.
- 4) Penampilan secara umum.



Gambar 2.25 Lengkung Vertikal Cekung

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times Lv \dots \dots \dots (2.86)$$



Gambar 2.26 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.5.3 Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal

Jarak pandang pada alinyemen vertikal dapat dibagi menjadi dua yaitu jarak pandang pada alinyemen vertikal cekung dan jarak pandang pada alinyemen vertikal cembung.

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, untuk menghitung jarak pandangan dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{100 \times L}{A} (2 \times h_1 - h_2)} \dots \dots \dots (2.87)$$

Dimana jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti Bina Marga $h_1 = 10$ cm atau 0,10 m dan $h_2 = 120$ cm atau 1,20 m.

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut.

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E} \dots \dots \dots (2.88)$$

$$E = \frac{AL}{800} \dots \dots \dots (2.89)$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800 m}{AL} \dots \dots \dots (2.90)$$

$$L = \frac{S^2 A}{800 M} \text{ dan } m = \frac{S^2 A}{800 l} \dots \dots \dots (2.91)$$

$$m = C - \frac{h_1 h_2}{2} \dots \dots \dots (2.92)$$

2.6 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan antar kota diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.34 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	B	L		
0+100	C	D			
				$\frac{A + C}{2} \times L = E$	$\frac{B + D}{2} \times L = F$
JUMLAH				ΣE	ΣF

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. (Shirley, 2000: 208)

2.7.1 Jenis Perkerasan

Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terdiri atas dua macam, yaitu:

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan

di letakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Keuntungan menggunakan perkerasan kaku adalah:

- a) Umur pelayanan panjang dengan pemeliharaan yang sederhana,
- b) Durabilitas baik,
- c) Mampu bertahan pada banjir yang berulang, atau genangan air tanpa terjadinya kerusakan yang berarti. (*Silvia Sukirman, 1995*)

Kerugian menggunakan perkerasan kaku adalah:

- a) Kekesatan jalan kurang baik dan sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan,
- b) Memberikan kesan silau bagi si pengguna jalan,
- c) Membutuhkan lapisan tanah dasar yang memiliki penurunan (*settlement*) yang homogen agar pelat beton tidak retak. (*Silvia Sukirman, 1995*)

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur adalah:

- a) Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) terbatas,
- b) Mudah diperbaiki,
- c) Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja,
- d) Memiliki tahanan geser yang baik,
- e) Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan,
- f) Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan. (*Silvia Sukirman, 1995*)

Kerugian menggunakan perkerasan lentur adalah:

- a) Tebal struktur perkerasan lebih tebal dari pada perkerasan kaku,

- b) Kelenturan dan saifat kohesi berkurang selama masa pelayanan,
- c) Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku,
- d) Tidak baik digunakan jika sering digenangi air. e. Membutuhkan agregat lebih banyak (Silvia Sukirman, 1995)



Gambar 2.27 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli



Gambar 2.28 Perkerasan Lentur pada timbunan

1) Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masapelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masapelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisantersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan dibawah.

2) Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3) Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.

d) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4) Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masapelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah:

- a) Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
- b) Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
- c) Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
- d) Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
- e) Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.7.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapis perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapis perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base course*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan

perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana pelengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan. Salah satunya adalah Metode Bina Marga Tahun 2017.

2.7.3 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk member lapisan perkerasan baru.

Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

2.7.4 Analisis Volume dan Data Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survey yang selanjutnya di proyeksikan ke depan sepanjang tahun perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

1. Beban gandar kendaraan komersial.
2. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata-rata (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data *survey* volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k.

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui

atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

System klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survey Pencacahan Lalu Lintas (PdT-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan structural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhatikan dalam analisis.

2.7.5 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel 2.35 dapat digunakan (2015-2035).

Tabel 2.35 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*):

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR}-1}{0,01 \cdot i} \dots\dots\dots(2.93)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan 1,% selama periode awal (UR1 tahun) dan 12% selama sisa periode berikutnya (UR-UR1). faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR1-1}}{0,01 \cdot i_1} + (1 + 0,01i_1)^{(UR1-1)}(1 + 0,01i_2) \left\{ \frac{(1+0,01i_2)^{(UR-UR1)-1}}{0,01i_2} \right\} \dots (2.94)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i1 = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 1 (%)

i2 = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 2 (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1(tahun)

Formula di atas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0.85$)

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR) faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{Q-1}}{0,01 \cdot i} + (UR - Q)(1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \dots (2.95)$$

2.7.6 Lalu Lintas Pada Lajur Utama

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam.

Tabel 2.36 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.7 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survey beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh karena itu, survey beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

Tabel 2.37 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi penyediaan Prasarana jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.38 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.8 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

Menggunakan VDF masing masing kendaraan Niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.96)$$

Dengan :

ESA_{TH-1} : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama.

LHR_{JK} : Lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan.

VDF_{JK} : Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga.

DD : Fator distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

2.7.9 Drainase Perkerasan

1) Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan

Secara umum perencanaan harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan "faktor m" $\geq 1,0$ kecuali jika kondisi lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan, maka tebal lapis pondasi agregat bawah permukaan harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase "m" sesuai ketentuan AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002 B.

Bagan desain yang dalam manual ini ditetapkan dengan asumsi bahwa drainase berfungsi dengan baik. Apabila kondisi drainase menyebabkan nilai m lebih kecil dari 1 maka tebal lapis pondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

$$\text{Tebal desain lapis agregat} = \frac{\text{tebal berdasarkan perhitungan atau bagan desain}}{m} \dots \dots \dots (2.97)$$

Dalam proses desain, pengguna koefisien drainase m yang lebih besar dari 1 tidak digunakan kecuali jika ada kepastian bahwa mutu pelaksanaan untuk mencapai kondisi tersebut dapat dipenuhi.

2) Tinggi minimum timbunan untuk drainase

Tabel 2.39 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar muka diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	
Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan kecil	400	NA

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Apabila timbunan terletak diatas tanah jenuh air, sedangkan ketentuan tersebut tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis pondasi (sub base). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.40 Koefisien drainase “m” untuk tebal lapis berbutir

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	Nilai “m” untuk desain
Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu diatas muka air banjir)	1,0
Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1,0
Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak	1,0
Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0,7
Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirkan. Tidak ada system outlet. Ketentuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0,4

(Sumber: Dirjen BinaMarga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.10 Pemilihan Struktur Perkerasan

Tabel 2.41 Pemilihan Tipe Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR $\geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan Lalu lintas rendah (daerah perdesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
ACWC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas Lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-

Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat-jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada tabel 2.41 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

2.7.11 Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

1. Tebal lapis berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

2. Bahu tanpa pengikat lapis berbutir kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara -12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm, maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

3. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan

- a. Mempersiapkan data lalu lintas harian rata-rata.
- b. Menentukan kumulatif beban (ESA).

Terdapat beberapa langkah untuk menentukan nilai ESA, yaitu :

- 1) Menentukan nilai faktor ekivalen beban (VDF) aktual dan normal.
- 2) Perhitungan lalu lintas.
- 3) Menentukan nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R).

- 4) Menghitung nilai ESA.
- c. Menentukan tipe perkerasan.
- d. Menentukan segmen tanah dasar.
- e. Menentukan struktur pondasi perkerasan.

Menentukan struktur pondasi perkerasan dapat dilihat pada tabel tabel berikut:

Tabel 2.42 Bagan Desain -2: Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR tanah dasar (%)	Kelas kekuatan tanah dasar	Uraian Struktur Pondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilitas semen
			< 2	2 – 4	>4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 4	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		--	--	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)				400	500	600
Perkerasan di atas tanah lunak	SG1	Lapis Penopang	1000	1100	1200	
		Atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	100	1250	1500	

(Sumber: Dirjen BinaMarga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.43 Bagan Desain -3 : Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C		Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³		
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA ₅)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpegikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.44 Bagan Desain -3A : Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA ₆)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadem	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ⁵	150	125

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.45 Bagan Desain -3B : Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	$\geq 2 - 4$	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.46 Bagan Desain -3C : Penyesuaian Tabel Lapis Pondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $CBR \geq 7\%$ (Hanya untuk Bagan Desain -3B)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B								
Subgrade $CBR \geq 5.5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade $CBR > 7 - 10$	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade $CBR \geq 10$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade $CBR \geq 15$	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber: Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.12 Jenis-jenis Material

Beberapa jenis material yang sering digunakan pada konstruksi jalan antara lain:

1. Sirtu/Agregat

Berbagai macam bahan yang digunakan untuk pekerjaan lapisan ATB, dijelaskan pada uraian-uraian dibawah ini. Merupakan hasil dari percobaan

di laboratorium dan penerapan dilapangan yang tertulis dalam Job Mix Formula (JMF) yang disesuaikan dengan persyaratan-persyaratan didalam spesifikasi.

- Persyaratan umum agregat

Agregat yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- 1) Bahan yang digunakan dalam pembuatan *Hot Mix* terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal.
- 2) Agregat haruslah bersih, keras dan awet serta mempunyai pekat terhadap aspal 95%.
- 3) Agregat halus yang digunakan harus bersih, keras dan bebas dari gumpalan lempung dan dapat berupa pasir alam maupun pasir buatan.
- 4) Aspal adalah bahan pengikat agregat dan merupakan penutup lapis perkerasan dari pengaruh air. Umumnya digunakan aspal dengan penetrasi 60/70 atau 70/100.

- Persyaratan khusus agregat

Bahan-bahan harus terlebih dahulu diperiksa mutu dan gradasinya, sehingga bahan yang digunakan hanyalah yang memenuhi persyaratan.

1) Agregat Kasar

Agregat yang digunakan adalah batu pecah yang kering, dengan persyaratan sebagai berikut:

- Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin los angles pada putaran harus mempunyai nilai minimum 40%.
- Kelekatan terhadap aspal harus lebih besar dari 95%.
- Indeks kepipihan agregat maksimum 25%.
- Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%.
- Berat jenis semu atau apparent agregat minimum 2.5%.
- Gumpalan lempung agregat maksimum 0.25% .
- Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5%

Yang termasuk agregat kasar dalam pembuatan dan perencanaan ATB ini adalah splite dan screen.

- a. Splite adalah agregat atau batu pecah dari hasil stone crusher yang lolos saringan No. dan tertahan saringan No. 8. sifat dan fungsi splite dalam campuran ATB ini adalah sebagai agregat kasar yang memperkeras permukaan jalan dan menunjang stabilitas kekuatan lapisan ATB.
- b. Screen adalah agregat atau batu pecah yang begradasi medium 3/8 samapai No. 8. sifat dan fungsi screen dalam campuran ATB ini adalah sebagai bahan pengisi diantara agregat kasar dan halus serta untuk menunjang stabilitas kekuatan lapisan ATB.

2) Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir bersih, bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering.

Agregat halus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

- Berat jenis semua (apparent) maksimum 2.50.
- Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%.

Yang termasuk agregat halus dalam pembuatan dan perencanaan campuran ATB ini adalah pasir dan abu batu.

a. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir alam atau buatan yang harus bebas dari lempung 1%, bersih dan keras. Kegunaan pasir dalam campuran ini adalah sebagai bahan pengisi pada campuran ATB dan memperkecil rongga udara.

b. Abu Batu

Abu batu adalah agregat dari hasil stone crusher yang begradasi lolos saringan No. 4 sifat dan fungsi abu batu dalam pembuatan dan pencampuran ATB ini adalah untuk memperkecil rongga udara pada campuran ATB dan juga berfungsi sebagai bahan pengisi.

2) Aspal

Aspal yang digunakan adalah jenis aspal minyak atau aspal semen. Aspal yang digunakan untuk campuran ATB adalah jenis aspal keras, sedangkan untuk lapisan perekat digunakan aspal cair yaitu campuran aspal dengan:

a. Aspal keras

Aspal yang digunakan untuk campuran ATB adalah aspal dengan penetrasi 60/70 atau aspal dengan penetrasi 80/100 yang memenuhi persyaratan pada tabel persyaratan aspal keras.

b. Aspal cair

Aspal yang digunakan untuk lapisan peresap dan lapisan pengikat adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk lapisan peresap pengikat (prime coat) digunakan aspal cair dengan campuran 30/70 yaitu 30% minyak tanah dan 70% aspal.
- 2) Untuk lapisan pengikat (tack coat) digunakan aspal cair dengan campuran 40/60 yaitu 40% minyak tanah dan 60% aspal.

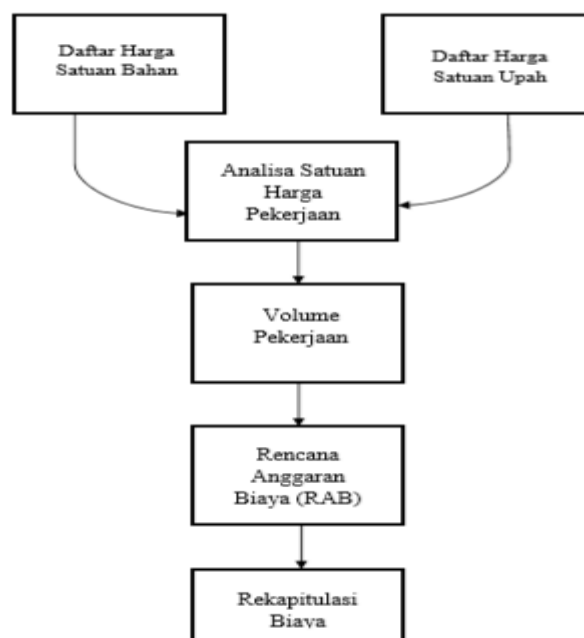
2.8 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya.

Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk

merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.28



Gambar 2.29 Tahapan Estimasi Biaya

2.8.1 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.

2.8.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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 agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah:

1. 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.

2. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu;

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

2.8.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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 samakan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

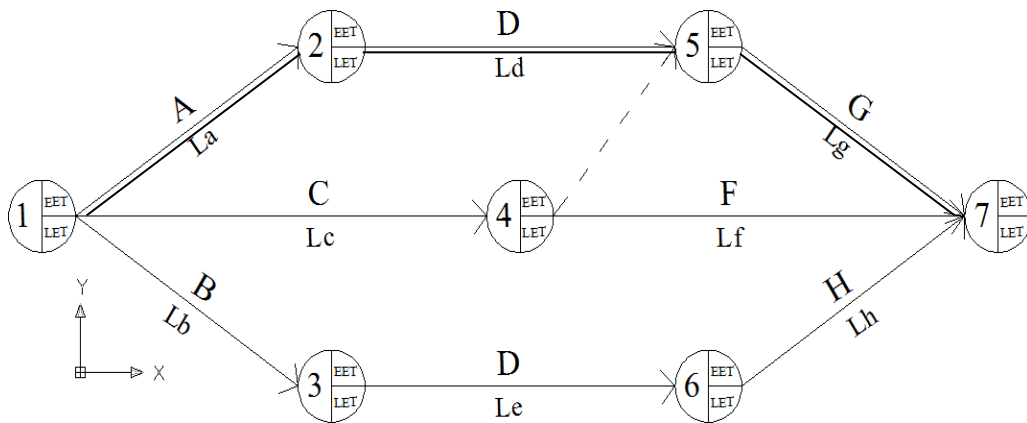
- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.8.5 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang *engineering*, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin.

Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

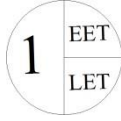
- Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.



Gambar 2.30 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

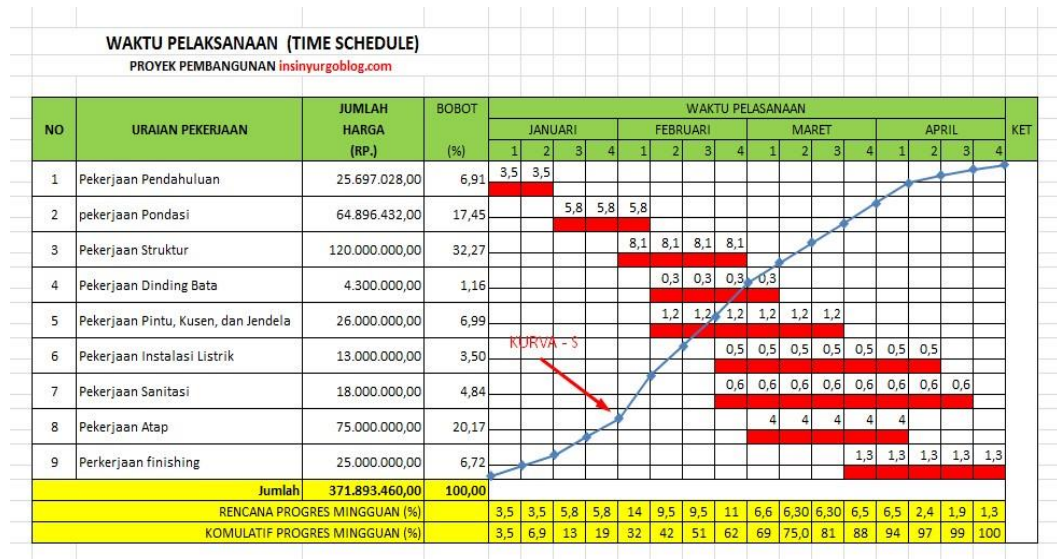
- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).

- d. \rightarrow (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oang putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = NomorKejadian
 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.
- f. 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.

2.8.6 *Barchart* dan Kurva S

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahn-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan (*Wulfram, 2002*).

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan dan jumlah harga penawaran (*Wulfram, 2002*).

Gambar 2.31 Kurva S dan *Barchart*