

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan Raya

Jalan raya adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah. Jalan merupakan prasarana yang sangat menunjang kebutuhan hidup masyarakat, jalan merupakan prasarana angkutan darat yang sangat penting dalam memperlancar kegiatan hubungan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, maupun antara kota dengan desa dan antara satu desa dengan desa lainnya.

Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang jelek. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana, pemeliharaan jalan rutin maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan / keawetan sampai umur rencana (*Suwardo & Sugiharto, 2004*).

Survey kondisi perkerasan perlu dilakukan secara periodik baik struktural maupun nonstruktural untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan yang ada. Pemeriksaan nonstruktural (fungsional) antara lain bertujuan untuk memeriksa kerataan (*roughness*), kekasaran (*texture*), dan kekesatan (*skid resistance*). Pengukuran sifat kerataan lapis permukaan jalan akan bermanfaat di dalam usaha menentukan program rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Di Indonesia pengukuran dan evaluasi tingkat kerataan jalan belum banyak dilakukan salah satunya dikarenakan keterbatasan peralatan. Karena kerataan jalan berpengaruh pada keamanan dan kenyamanan pengguna jalan maka perlu dilakukan pemeriksaan kerataan secara rutin sehingga dapat diketahui kerusakan yang harus diperbaiki (*Suwardo & Sugiharto, 2004*).

Penilaian tipe dan kondisi permukaan jalan yang ada merupakan aspek yang paling penting dalam penentuan sebuah proyek, sebab karakteristik inilah yang

akan menentukan satuan nilai manfaat ekonomis yang ditimbulkan oleh adanya perbaikan jalan.

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

2.2 Perencanaan Geometrik Jalan

Ditinjau secara keseluruhan perencanaan geometrik harus dapat menjamin keselamatan maupun kenyamanan dari pemakaian jalan. Untuk dapat menghasilkan suatu rencana jalan yang baik dan mendekati keadaan yang sebenarnya diperlukan suatu data dasar yang baik pula.

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 dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku (*Saodang, 2010*). Selain itu perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (*Shirley L. Hendarsin, 2000*).

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

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi

dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman dan efisien pelayanan arus lalu lintas serta memaksimalkan biaya pelaksanaan ruang, bentuk dan ukuran. Jalan dapat dikatakan baik apabila dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan tersebut.

Perencanaan geometrik adalah bagian dari perencanaan jalan dimana geometrik atau dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya yang disesuaikan dengan tuntutan serta sifat-sifat lalu lintas. Melalui perencanaan geometrik ini perencanaan berusaha menciptakan hubungan yang baik antar waktu dan ruang, sehubungan dengan kendaraan yang bersangkutan, sehingga dapat menghasilkan efisiensi, keamanan, serta kenyamanan yang paling optimal dalam batas-batas pertimbangan ekonomi yang paling layak. Perencanaan geometrik secara umum adalah bagian dari perencanaan jalan yang bersangkutan dengan dimensi nyata dari bentuk fisik dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya, masing-masing disesuaikan dengan tuntutan serta sifat-sifat lalu lintas untuk memperoleh modal layanan transportasi yang mengakses hingga ke rumah-rumah.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-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 (*Sukirman & Silvia, 1994*).

2.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Perencanaan Geometrik Jalan

Di dalam proses perencanaan geometrik, ada beberapa langkah yang akan diambil oleh seorang perencana akan banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan dengan sebaik-baiknya.

2.3.1 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 jalan pada suatu segmen jalan yang

ditinjau. Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh ada perencanaan konstruksi perkerasan (*Hamirham Saodang, 2004: 34*).

Analisis dan lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapaitas jalan. Unsur lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas, sedangkan unsur lalu lintas di atas roda disebut dengan kendaraan.

Volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar agar aman dan nyaman. Namun apabila jalan dibuat terlalu lebar, sedangkan volume lalu lintasnya rendah, cenderung akan membahayakan.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati / melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (kendaraan / hari, kendaraan / jam). Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya, jumlah lalu lintas perhari, pertahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk mendapatkan data LHR.

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

2.3.2 Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk Secara umum trase jalan pada daerah perbukitan, selalu mengikuti kontur dari topografi, sehingga banyak berkelok-kelok karena untuk mempertahankan

kelandaian memanjang (grade) jalan. Namun demikian yang paling utama adalah grade disesuaikan dengan persyaratan yang ada, agar kendaraan-kendaraan berat masih bisa melaluinya (*Hamirham Saodang, 2004 : 47*).

Data peta topografi dalam perencanaan jalan raya yaitu pengukuran route yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini semua dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta pengukuran beda tinggi (vertikal). Akan tetapi pengukuran teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang. Sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga dipertimbangkan (*Shirley L. Hendarsin, 2000*).

2.3.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium.

Data penyelidikan tanah didapatkan dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, yang meliputi pekerjaan :

a. Penelitian

Penelitian data tanah yan terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan 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 disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara grafis dan cara analisis.

1. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.1 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 Nova 1993*)

2. Cara Grafis

Prosedur dari cara grafis adalah sebagai berikut :

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

b. Analisis

Melakukan analisa ada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

c. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- Sifat-sifat Indeks (Indeks Properties)

Yaitu meliputi G_s (Specific Gravity), W_N (Water Natural Content), γ (Berat Isi), e (Angka Pori), n (Porositas), S_r (Derajat Kejenuhan).

- Klasifikasi USCS dan AASTHO

- Analisa ukuran butir (Grain Size Analysis)

- ✓ Analisa saringan (Sieve Analysis)

- ✓ Hidrometer (Hydrometer Analysis)

- Batas-batas Atterberg (Atterberg Limits)

- ✓ Liquid Limit (LL) = Batas Cair

- ✓ Plastic Limit (PL) = Batas Plastis

- ✓ Indeks Plastic (IP) = $LL - PL$

- Pematatan : γ_d maks dan W_{opt}

- ✓ Pematatan Standar

- ✓ Pematatan Modifikasi

- ✓ Dilapangan di cek dengan sondcone $\pm 100\%$ γ_d maks

- CBR Laboratorium (CBR Rencana), berdasarkan pematatan γ_d .

- Maks dan $W_{optimum}$

- ✓ CBR Lapangan : DCP \rightarrow CBR Lapangan

2.3.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material yang berfungsi untuk rencana bahan konstruksi lapisan perkerasan dan material filler untuk subdrain, yang ukuran maupun mutunya diperoleh dari uji laboratorium mekanika tanah dan mekanika buatan.

2.3.5 Data-data Penunjang Lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat diwakili.

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik

Unsur jalan raya untuk tinjauan komponen geometrik direncanakan berdasarkan karakteristik-karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan berada.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang akan dibicarakan dalam bab ini, seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (*Sukirman Silvia, 1994*).

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik (*Hamirham Saodang, 2004 : 21*).

Dilihat dari bentang ukuran, dan daya, dari kendaraan-kendaraan yang menggunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana

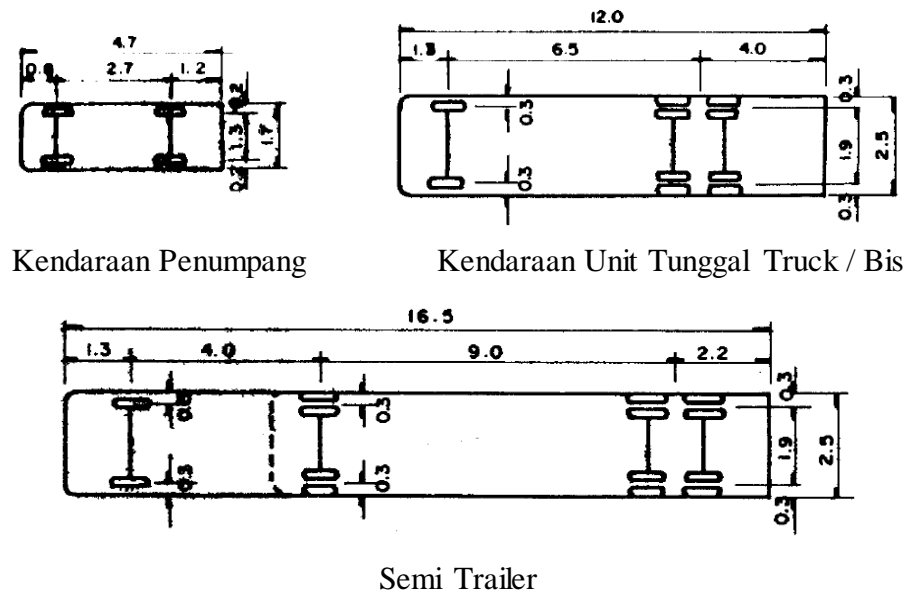
akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (U turn). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan (Sukirman Silvia, 1994).

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain :

1. Dimensi Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam beberapa kategori, yaitu :

- a. Kendaraan ringan / kecil, adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 – 3,00 meter. Meliputi mobil penumpang, microbus, pick up, dan truck kecil sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar dengan jarak as 3,5 – 5,00 meter. Meliputi bus kecil, truck dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan besar / berat, yaitu bus besar dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,00 – 6,00 meter.
- d. Truck besar, yaitu truck dengan tiga gandar dan truck kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,50 meter.
- e. Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga.



(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan", Januari 1988)

Gambar 2.1Kendaraan Rencana

Tabel 2.2Ukuran Kendaraan Rencana

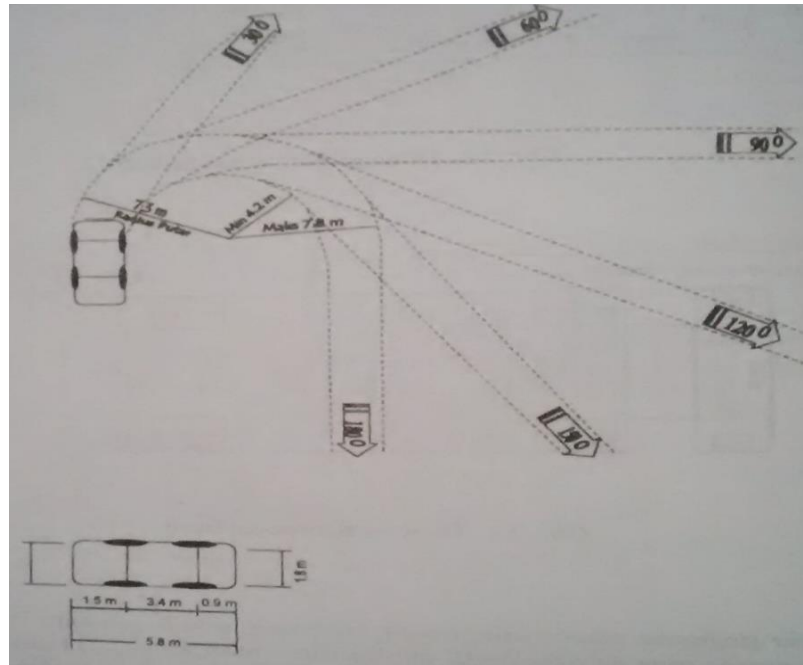
Jenis Kendaraan	Panjang Total	Lebar Total	Tinggi	Depan Tergantung	Jarak Gandar	Belakang Tergantung	Radius Putar Min
Kendaraan Penumpang	4,7	1,7	2,0	0,8	2,7	1,2	6
Truk/Bus Tanpa Gandengan	12,0	2,5	4,5	1,5	6,5	4,0	12
Kombinasi	16,5	2,5	4,0	1,3	9,0	2,2	12

4,0 (Depan)
(Belakang)

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan", Januari 1988)

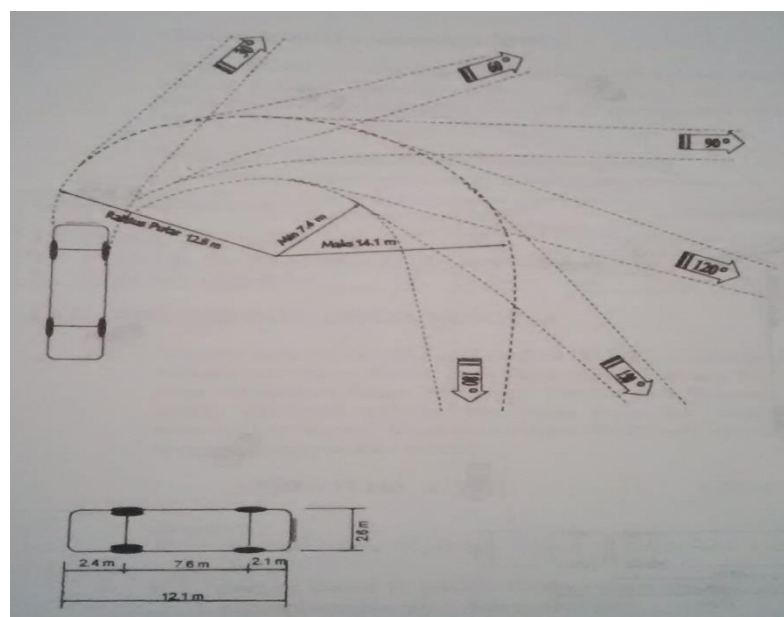
2. Jarak Putar (Manuver) Kendaraan

Setiap kendaraan mempunyai jangkauan putaran, pada saat kendaraan yang bersangkutan menikung atau memutar pada suatu tikungan jalan.



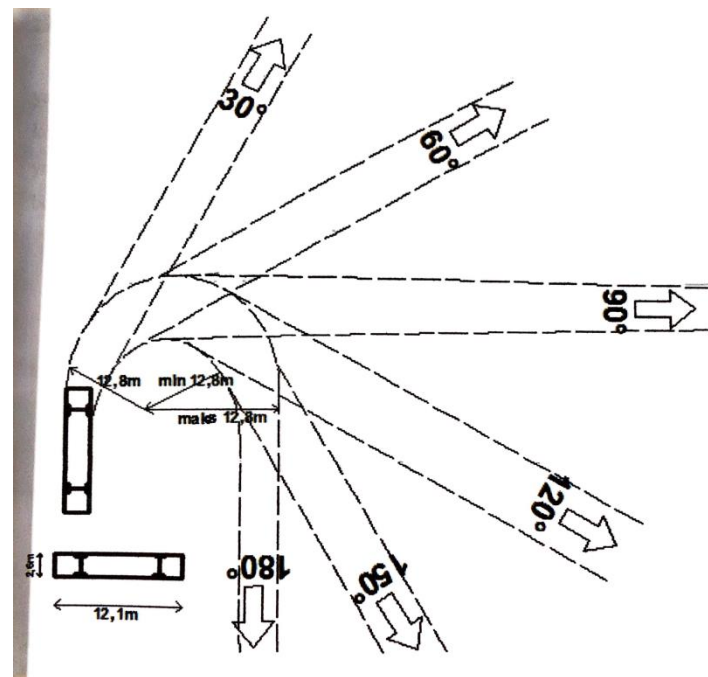
Gambar 2.2 Jari-jari Kendaraan Kecil

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)



Gambar 2.3 Jari-jari Kendaraan Sedang

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)



Gambar 2.4 Jari-jari Kendaraan Besar

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti (*Hamirhan Saodang, 2004 : 33*).

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

Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang di tikungan jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dll. Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana

sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut (Sukirman Silvia, 1994).

Kecepatan rencana, V_R , pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan berpengaruh samping jalan yang tidak berarti. Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel 2.3 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana (v_R) sesuai dengan fungsi dan klasifikasi medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana V_R , Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 - 120	60 – 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 – 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 – 50	20 - 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2.4.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP / hari. Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP / jam, dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dalam buku Hamirhan Saodang (2004) adalah sebagai berikut :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

Keterangan :

K = Disebut faktor K, adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk.

F = Disebut faktor F, adalah faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam, dalam satuan jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari (*Hamirhan Saodang, 2004 : 27*).

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit).

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya (*Sukirman Silvia, 1994*).

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

- Lalu Lintas Harian Rata – Rata.
- Volume Jam Perencana.
- Kapasitas.

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

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

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam tahun}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/ hari/ 2 arah atau kendaraan/ hari/ 2 arah untuk jalan 2 jalur 2 arah, SMP/ hari/ 1 arah atau kendaraan/ hari/ 1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

2. Lalu-lintas harian rata-rata (LHR)

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan (*Sukirman Silvia, 1994*).

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalulintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Tabel 2.4 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Rata-rata

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
> 50. 000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

(*Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997*)

2.4.4 Penentuan Lebar Jalur dan Lajur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari lajur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan roda empat atau lebih dalam satu arah. Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan dua arah adalah dua dan pada umumnya disebut sebagai sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalu lintas untuk satu arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas (*Silvia Sukirman, 1999 : 22*).

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas

kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa:

1. Median.
2. Bahu.
3. Trotoar.
4. Pulau jalan.
5. Separator.

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukkannya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.5 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu jalan

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimu		Ideal		Minimu		Ideal		Minimu	
	Jal	Ba	Jal	Ba	Jal	Ba	Jal	Ba	Jal	Ba	Jal	Ba
	ur	hu	ur	hu	ur	hu	ur	hu	ur	hu	ur	Ba Hu
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**) **)		-	-	-	-
>25.000	2n	2,5	2 x	2,0	2n	2,0	**) **)		-	-	-	-
	x		7,0		x							
	3,5		*)		3,5							
	*)				*)							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

- Keterangan: **) : Mengacu pada persyaratan ideal
 *) : 2 jalur terbagi, masing – masing $n \times 3,5$ m,
 di mana n = Jumlah lajur per jalur
 - : Tidak ditentukan

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

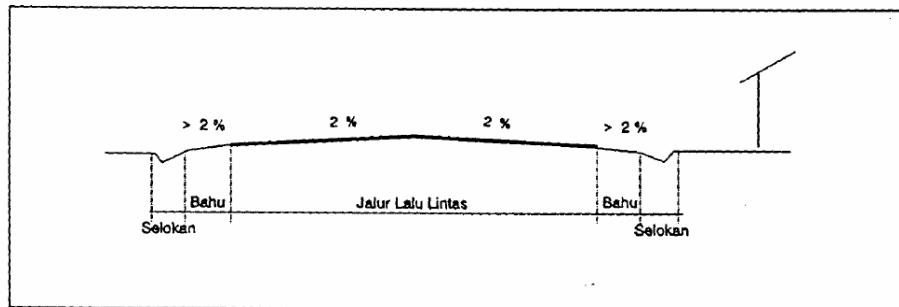
Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.5 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencananya, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2.6 Lebar Lajur Jalan Ideal

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/TBM/1997)



Gambar 2.5 Kemiringan Melintang Jalan Normal

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)

2.4.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJP/LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar lajur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut tentu saja menuntut daerah manfaat jalan yang lebih lebar pula (*Sukirman Silvia, 1994*).

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 keadaan yaitu :

1. Tingkat pelayanan A

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
- b. Volume & kepadatan lalu lintas rendah.
- c. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.

2. Tingkat pelayanan B

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas stabil.
- b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.

3. Tingkat pelayanan C

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas masih stabil.
- b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.

4. Tingkat pelayanan D

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil.
- b. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.

5. Tingkat pelayanan E

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
- b. Volume kira-kira dengan kapasitas.
- c. Sering terjadi kemacetan.

6. Tingkat perjalanan F

Dengan ciri-ciri adalah sebagai berikut :

- a. Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
- b. Sering terjadi kemacetan dan Arus lalu lintas rendah.

2.4.6 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang dipedukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan sesuatu tindakan untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman (*Hamirham Saodang, 2004*).

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

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak Pandang Henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan begitu 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 atas dua komponen, yaitu :

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

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

$$J_h = (J_{ht}) + (J_{hr})$$

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

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p}$$

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 perkerasan jalan aspal, AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$ (f semakin kecil jika V_R semakin r inggi, dan sebaliknya) Bina Marga. Menetapkan $f = 0,35 - 0, 55$.

Rumus diatas dapat disederhanakan rnenjadi :

- Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{VR^2}{254f}$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

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

Dimana :

L : Landai Jalan (%) atau persatuan

Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti Minimum

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

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 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 (*Hamirhan Saodang, 2004 : 40*).

Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_R dapat dilihat pada tabel 2.8 dan 2.9 dibawah ini :

Tabel 2.8 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang (d₃)

V (km/jam)	50 – 65	65 - 80	80 - 95	95 – 100
J _h Minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber : *TCPGAK No.038/T/BM/1997*)

Tabel 2.9 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan V_R

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

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

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

$$(J_d) = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Rumus yang dipergunakan adalah :

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

$$d_2 = 0,278 V_R \cdot T_2$$

d_3 = antara 30 – 100 meter

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

dimana:

d_1 : Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d_2 : Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).

d_3 : 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 yang berlawanan yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m).

dimana :

T_1 : Waktu dalam detik, $2,12 + 0,026 V_R$ waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik) , $6,56 + 0,048 V_R$.

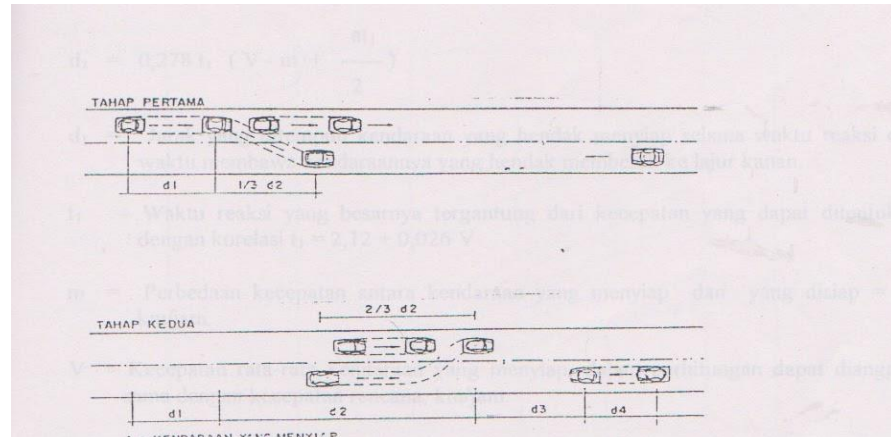
a : Percepatan rata-rata km/jam/detik $2,952 + 0,0036 V_R$

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
Rencana (km/jam).

d_1 : Jarak kebebasan

d_4 : Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan



Gambar 2.6 Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997*)

Dimana :

A : Kendaraan yang mendahului

B : Kendaraan yang berlawanan arah

C : Kendaraan yang didahului kendaraan A

2.4.7 Daerah Bebas Samping di Tikungan

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 (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997). Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

(1) Jika $J_h < L_t$

$$E = R \left\{ 1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right) \right\}$$

(2) Jika $J_h > L_t$

$$E = R \left\{ 1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right) \right\} \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right)$$

Dimana :

R : Jari-jari tikungan (m)

J_h : Jarak pandang henti (m)

L_t : Panjang Tikungan (m)

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama "situasi jalan" atau "trase jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut tangen), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (*Silvia Sukirman, 2004*).

Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya entrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan trase jalan yang diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakaiannya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus mempertimbangkan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Syarat Ekonmis
 - a. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
 - b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat meneka biaya.

2. Syarat Teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus perlu mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038/T/BM/1997*)

2.5.1 Penentuan Trase Jalan

a. Faktor Topogorafi

Topografi merupakan dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi penentuan trase jalan, seperti : landai jalan, jarak pandang, panampang melintang dan lain-lainnya.

Bukit, lembah, sungai dan danau sering memberikan pembatas terhadap lokasi dan perencanaan trase jalan. Hal demikian perlu dikaitkan pula pada kondisi medan yang direncanakan.

Kondisi medan sangat diperlukan oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Tikungan

Jari-jari tikungan dan pelebaran perkerasan sedemikian rupa sehingga terjamin keamanan jalannya kendaraan-kendaraan dan pandangan bebas yang cukup luas.

2. Tanjakan

Adanya tanjakan yang cukup curam dapat merugikan kecepatan kendaraan dan kalau tenaga tariknya tidak cukup, maka berat muatan kendaraan harus dikurangi, yang berarti mengurangi kapasitas angkutan dan sangat merugikan. Karena itu diusahakan supaya tanjakan dibuat landai sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Tabel 2.11 Pengelompokan Medan dan Kemiringan

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

(Sumber : PPGJR No. 13/1970/BM)

Daerah datar memiliki beberapa hal antara lain :

- Geometrik mudah.
- Drainase perlu mendapat perhatian.

Daerah perbukitan / pegunungan memiliki beberapa hal antara lain :

- Geometrik agak terbatas, sebab sumbu jalan sudah agak tertentu.
- Drainase mudah.
- Kadang perlu ditambah lajur pendakian (climbing lane) untuk menampung kendaraan yang berjalan lambat (truk).

b. Faktor Geologi

Kondisi geologi suatu daerah dapat mempengaruhi pemilihan suatu trase jalan. Adanya daerah-daerah yang rawan secara geologis seperti; daerah patahan atau daerah bargeak baik vertical maupun horizontal akan merupakan daerah yang tidak baik untuk dibuat suatu trase jalan dan memaksa suatu rencana trase jalan untuk dirubah atau dipindahkan.

Keadaan tahah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk geometrik jalan misalnya; daya dukung tanah dasar yang jarak dan muka air yang tinggi. Kondisi iklim juga dapat mempengaruhi penetapan lokasi dan bentuk geometric jalan(PPGJR No. 13/1970/BM).

c. Faktof Tata Guna Lahan

Tata guna lahan merupakan hal yang paling mendasar dalam perencanaan suatu lokasi jalan, karena ini perlu adanya suatu musyawarah yang berhubungan langsung dengan masyarakat berkait tentang pembebasan tanah sarana trasportasi.

Dengan demikian akan merubah kualitas kehidupan secara keseluruhan dari suatu daerah dan nilai lahannya yang akan berujud lain. Akibat bangunya suatu lokasi jalan baru pembebasan lahan ternyata sering menimbulkan permasalahan yang sulit dan controversial. Pada prinsipnya pembebasn tanah untuk suatu lokasi ialah sama seperti pembeli tanah untuk kegiatan ekonomi lainnya, yang akan menggantikan penggunaan selanjutnya.

Maka secara prinsip itu tidak akan lebih sulit dari pada membeli sebidang tanah untuk pembanguna aparteman baru, pabrik dan sebagainya, tapi karena suatu pembangunan akan memerlukan sebidang tanah yang harus panjang rute dimana jalan tadi akan dibangun, oleh karena itu maka tanah yang harus dibeli adalah merupakan tanah-tanah lokasi tertentu saja dan bukan tanah yang berlokasi sembarang (PPGJR No. 13/1970/BM).

d. Faktor Lingkungan

Dalam beberapa tahun belakangan ini semakin terbukti bahwa banyak kegiatan produksi manusia mempunyai pengaruh terhadap lingkungan.

Pengaruh ini harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan kegiatan tersebut secara keseluruhan, salah satu kegiatan produktif dari ialah membangun sarana jalan. Oleh karena itu pembangunan jalan harus mempertimbangkan faktor andal (Analisis mengenai dampak lingkungan) (PPGJR No. 13/1970/BM).

2.5.2 Menentukan Koordinat Dan Jarak

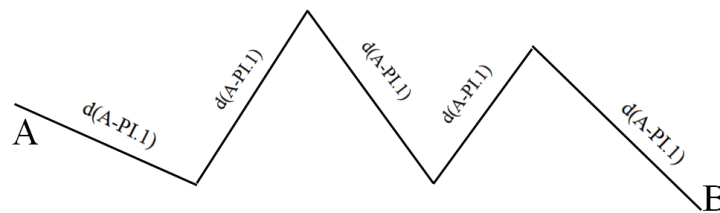
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang (*Hamirhan Saodang, 2004 : 128*).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen menurut *Hamirhan Saodang (2004)* adalah sebagai berikut :

1. Alinyemen horizontal dan vertikal terletak pada satu fase, sehingga tikungan tampak alami dan pengemudi dapat memperkirakan bentuk alinyemen berikutnya.
2. Bila tikungan horizontal dan vertikal tidak terletak dalam satu fase, maka pengemudi akan sulit untuk memperkirakan bentuk jalan selanjutnya dan bentuk jalan terkesan patah di suatu tempat.
3. Tikungan yang tajam sebaiknya tidak diadakan di bagian atas lengkung vertikal cembung atau di bagian bawah lengkung vertikal cekung. Alinyemen vertikal akan menghalangi pengemudi pada saat mulai memasuki awal tikungan.
4. Pada jalan yang lurus dan panjang sebaiknya tidak dibuatkan lengkung vertikal cekung atau kombinasi dari lengkung vertikal cekung.

5. Kelandaian yang landai dan pendek sebaiknya tidak diletakkan di antara dua kelandaian yang curam, sehingga mengurangi jarak pandang pengemudi.
6. Jangan menempatkan bagian lurus pendek pada puncak lengkung cembung karena akan memberikan efek loncatan pada pengemudi.
7. Hindarkan menempatkan awal dari tikungan mendekati puncak dari lengkung cekung.
8. Hindari menempatkan posisi jembatan dibagian lengkung cekung atau di awal puncak bagian lengkung cembung. Apalagi kalau jembatan pada alinyemen horizontal berada pada suatu tikungan. Hal ini sangat menyulitkan pengendara menguasai kendaraan akibat loncatan kendaraan ke atas, ataupun dalam kasus terakhir akan menerima gaya sentrifugal yang akan terjadi pada kendaraan yang cukup besar (karena sulit sekali memberikan pencapaian superelevasi pada jembatan).

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini (*Hamirhan Saodang, 2004*).



Gambar 2.7 Koordinat dan Jarak

(Sumber : *Hamirhan Saodang, Konstruksi Jalan Raya 2004*)

$$d = \sqrt{(X_2^2 - X_1) + (Y_2^2 - Y_1)}$$

Dimana :

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

2.5.3 Menentukan Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangen (Δ)

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

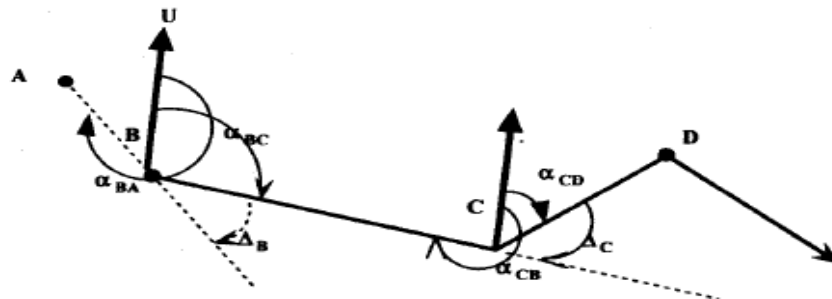
$$\alpha_A = \arctan \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A}$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A$$

$$\alpha_{P1} = \arctan \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}}$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1}$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A (\text{terbesar}) - \text{Azimuth } \alpha_{P1} (\text{terkecil})$$



Gambar 2.8 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

(Sumber : Kontruksi jalan raya, 2004)

2.5.4 Tikungan

Dalam perencanaan geometrik jalan Alinyemen horizontal didesain berdasarkan penentuan trase jalan, penentuan koordinat titik dan jarak, penentuan sudut tangen, dan perancangan tikungan.

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya yang melempar kendaraan-kendaraan yang disebut gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangan hal-hal sebagai berikut :

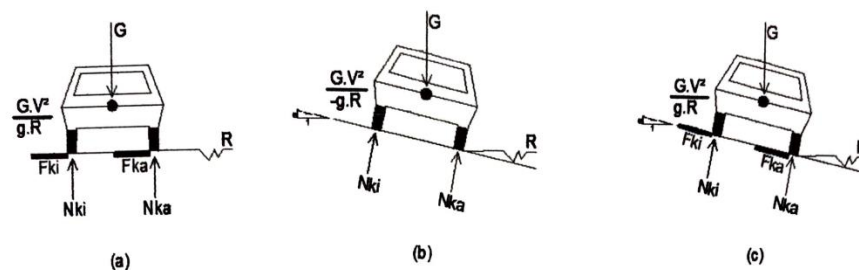
1. Jari-jari Minimum

Bila kendaraan melintas suatu tikungan dengan suatu kecepatan tertentu, kendaraan akan menerima gaya sentrifugal yang akan mengurangi kenyamanan pengendara. Gaya ini dapat diimbangi dengan menyediakan suatu kemiringan melintang jalan atau superelevasi yang bertujuan untuk memperoleh komponen gaya berat yang dapat mengeliminir gaya sentrifugal tersebut. Makin besar superelevasi makin besar pula komponen gaya berat yang dapat mengimbangi gaya sentrifugal tersebut.

Beberapa hal yang membatasi superelevasi maksimum pada suatu jalan raya adalah sebagai berikut :

- a. Keadaan Cuaca.
- b. Keadaan Medan.
- c. Keadaan Lingkungan.
- d. Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Untuk daerah yang licin akibat sering turun hujan dan berkabut sebaiknya diberikan e maksimum = 8 % dan di daerah perkotaan yang sering terjadi kemacetan lalu lintas dianjurkan untuk menggunakan e maksimum berkisar 4 – 6 %. Menurut Bina Marga untuk jalan di luar kota menganjurkan untuk menggunakan nilai e maksimum 8 % dan 10 %. Nilai e maksimum 10 % digunakan untuk kendaraan dengan kecepatan > 30 km/jam, sedangkan nilai e maksimum 8 % digunakan untuk kendaraan dengan kecepatan 30 km/jam dan untuk jalan di dalam kota digunakan e maksimum 6 %.



Gambar 2.9 Gaya Sentrifugal Pada Kendaraan

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Dari gambar diatas, dapat diturunkan rumus yang mengkorelasikan kemiringan superelevasi, koefisien gesek (f), kecepatan (V) dan radius lengkungan (R), berupa :

$$e + f = \frac{V^2}{g \times R}$$

Jika V dinyatakan dalam km/jam , $g = 9,81 \text{ m/det}^2$, dan R dalam meter maka didapat rumus umum sebagai berikut :

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R}$$

Sehingga didapat harga radius minimum adalah :

$$R \text{ minimum} = \frac{V^2}{127 \times (e \text{ maks} + f \text{ maks})}$$

$$\text{Atau } D \text{ maks} = \frac{1432,39}{R}$$

Radius yang diambil untuk pelaksanaan sebaiknya jauh lebih besar dari pada angka yang diperoleh dengan menggunakan rumus diatas. Jadi R minimum hanya sebagai patokan pemilihan radius saja. Bina Marga memberikan nilai radius minimum pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Panjang Jari-jari Minimum Dibulatkan

VR	120	100	80	60	50	40	30	20
(km/jam)								
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

2. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Telah dijelaskan bahwa, kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul karena kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak diadakan kemiringan.

Tabel 2.13 Jari-jari Yang Diizinkan Tanpa Superelevasi (Lengkung Peralihan)

Kecepatan Rencan Vr (km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

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

3. Lengkung Peralihan

Perubahan arah, yang harus diikuti oleh suatu kendaraan yang melintasi bagian lurus menuju suatu lengkungan berupa busur lingkaran, secara teoritis harus dilakukan dengan mendadak, yaitu R tidak berhingga menuju R tertentu.

Secara praktis hal ini tidak mungkin dilakukan oleh ban kendaraan, karena harus membuat sudut belokan tertentu pengemudi memerlukan jangka waktu tertentu, berarti perlu jarak tertentu pula. Demikian pula gaya sentrifugal akan timbul secara mendadak yang akan membahayakan pengemudi.

Oleh sebab itu agar kendaraan tidak menyimpang dari lajunya, dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari $R = \infty$ ke $R = R_c$ yang disebut lengkung peralihan. Adapun nilai yang diambil adalah sebagai berikut :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T$$

–Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \times \frac{V^2}{R \times C} - 2,727 \times \frac{V_R^2}{C}$$

–Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times T_e} \times V_r$$

Dimana :

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

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

R = Jari-jari lingkungan (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

T_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $T_e = 0,035 \text{ m}^m/dt$

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $T_e = 0,025 \text{ m}^m/dt$

4. Bentuk-bentuk Tikungan

Umumnya di Indonesia yang sesuai standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu :

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

Tikungan *Full Circle* (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian dari suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil superelevasi yang besar (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Tidak semua lengkung dapat dibuat berbentuk busur lingkaran sederhana (*Full Circle*), hanya lengkung dengan radius yang besar yang diperbolehkan. Pada tikungan yang tajam, dimana radius lengkung kecil dan superelevasi yang dibutuhkan besar, lengkung dengan bentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar dan menyebabkan timbulnya kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar. Efek negatif tersebut dapat dikurangi dengan membuat lengkung peralihan. Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat

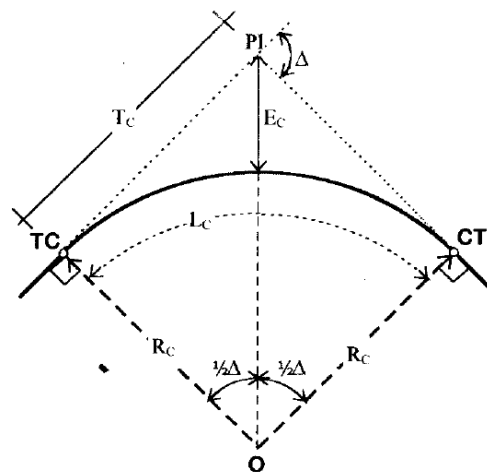
digunakan untuk radius lengkung yang besar (disarankan $>$, dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3 %) (Hamirhan Saodang, 2004 : 81).

Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14 Jari-Jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000)



Gambar 2.10 Tikungan Full Circle

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000)

Keterangan :

Δ : Sudut tikungan

O : Sudut Pusat Lingkaran

T_c : Panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT

- R_c : Jari-jari lingkaran
 L_c : Panjang Busur Lingkaran
 E_c : Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

Berdasarkan Buku Konstruksi Jalan Raya, Hamirhan Saodang (2004), untuk menghitung rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2}\Delta$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{2}\Delta$$

$$L_c = \frac{\Delta \pi R_c}{360^\circ}$$

Keterangan :

- Δ : Sudut tikungan
 T_c : Panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT
 R_c : Jari-jari lingkaran
 L_c : Panjang Busur Lingkaran
 E_c : Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$, $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran, yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan, maka dibuatlah tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S).

Panjang lengkung peralihan (L_s) menurut perencanaan geometrik jalan antar kota 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini yaitu :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T$$

– Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \times \frac{V^2}{R \times C} - 2,727 \times \frac{V_R^2}{C}$$

– Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times \tau_e} \times V_r$$

Dimana :

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

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

R = Jari-jari lingkungan (m)

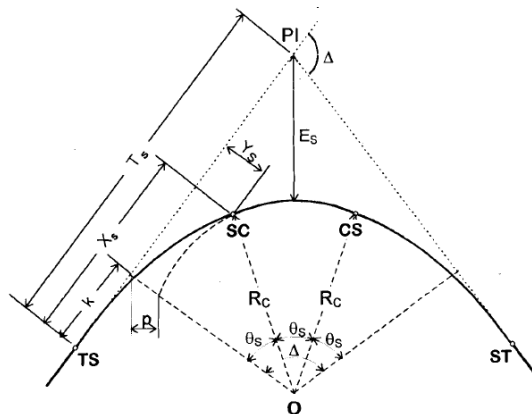
e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

τ_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $\tau_e = 0,035$ m^m/dt

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\tau_e = 0,025$ m^m/dt



Gambar 2.11 Tikungan S-C-S

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000)

Rumus yang digunakan adalah :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2}\right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + R_c$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$

Keterangan :

X_s : Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC(jarak lurus lengkung peralihan), (m).

Y_s : Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung, (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).

TS : Titik dari tangen ke spiral, (m).

SC : Titik dari spiral ke lingkaran.

E_s : Jarak dari P1 Ke busur lingkaran, (m).

Δ_s : Sudut lengkung circle (°).

θ_s : Sudut lengkung spiral, (°).

R_c : Jari-jari lingkaran, (m).

p : Pergeseran tangen terhadap spiral, (m).

k : absis dari p pada garis tengen spiral, (m).

L : Panjang tikungan SCS, (m).

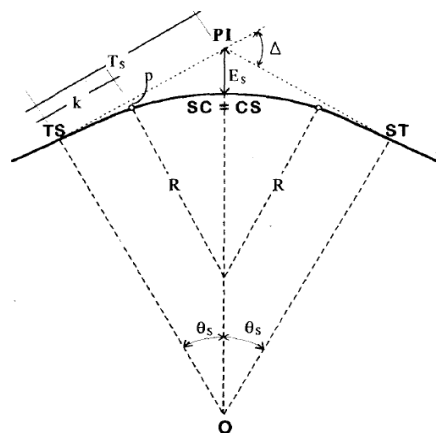
Kontrol :

Jika diperoleh $L_c < 20$ meter, sebaiknya tidak digunakan bentuk spiral – Circle – Spiral, tetapi digunakan lengkung Spiral – Spiral dan jika P dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24 \times R_c} < 0,25 \text{ maka digunakan tikungan jenis FC.}$$

3. Tikungan *Spiral-Spiral* (S-S)

Tikungan *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur, sehingga titik SC berhimpit dengan CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \beta$. R_c yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Jadi dalam buku *Silvia Sukirman* (1999) tabel tabel 4.6 – tabel 4.9 hanya dipergunakan untuk menentukan besarnya superelevasi yang dibutuhkan saja. Panjang lengkung peralihan L_s yang dipergunakan haruslah yang diperoleh dari persamaan 18, sehingga bentuk lengkung adalah lengkung spiral dengan sudut $\theta_s = \frac{1}{2} \beta$.



Gambar 2.12 Tikungan S-S

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)

Rumus-rumus untuk lengkung berbentuk spiral-circle-spiral dapat dipergunakan juga untuk lengkung spiral-spiral asalkan memperhatikan

hal yang tersebut di atas. Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung bentuk lengkung spiral-spiral menurut *Hamirhan Saodang* (2004) ini berlaku rumus, adalah sebagai berikut :

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2}\Delta$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c}$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + R_c$$

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)

Untuk $L_s = 1$ m dan θ_s tertentu, R_c dari perhitungan :

$$p = p^* \cdot L_s ; k = k^* \cdot L_s$$

Tabel 2.15 Besaran p^* dan k^* (Menurut J. Barnett)

$\theta\sigma$	p^*	k^*	$\theta\sigma$	p^*	k^*
0,5	0,00073	0,5	20,5	0,03094	0,4978
1	0,00146	0,49999	21	0,03174	0,49768
1,5	0,00215	0,49999	21,5	0,03255	0,49757
2	0,00293	0,49998	22	0,03336	0,49745
2,5	0,00366	0,49997	22,5	0,03417	0,49733
3	0,00439	0,49995	23	0,03499	0,4972
3,5	0,00513	0,49994	23,5	0,03581	0,49708
4	0,00586	0,49992	24	0,03663	0,49695
4,5	0,00659	0,4999	24,5	0,03746	0,49681
5	0,00733	0,49987	25	0,03829	0,49667
5,5	0,00806	0,49985	25,5	0,03913	0,49653
6	0,0088	0,49982	26	0,03997	0,49639
6,5	0,00954	0,49978	26,5	0,04081	0,49624
7	0,01028	0,49982	27	0,04166	0,49609
7,5	0,01102	0,49975	27,5	0,04251	0,49594
8	0,01176	0,49971	28	0,04337	0,49578
8,5	1,0125	0,49967	28,5	0,04423	0,49562
9	0,01325	0,49963	29	0,0451	0,49545
9,5	0,01399	0,49959	29,5	0,04597	0,49529
10	0,01474	0,49949	30	0,04685	0,49512
10,5	0,01549	0,49944	30,5	0,04773	0,49494
11	0,01624	0,49938	31	0,04861	0,49476
11,5	0,01699	0,49932	31,5	0,0495	0,49458
12	0,01775	0,49926	32	0,0504	0,49439
12,5	0,0185	0,4992	32,5	0,0513	0,4942
13	0,01926	0,49913	33	0,0522	0,49401
13,5	0,02002	0,49906	33,5	0,05312	0,49381
14	0,02078	0,49899	34	0,05403	0,49361
14,5	0,02155	0,49891	34,5	0,05495	0,49341
15	0,02232	0,49884	35	0,05495	0,4932
15,5	0,02309	0,49876	35,5	0,05682	0,49299
16	0,02386	0,49867	36	0,05775	0,49277
16,5	0,02463	0,49859	36,5	0,0587	0,49255
17	0,02541	0,4985	37	0,05965	0,49233
17,5	0,02619	0,49841	37,5	0,06061	0,4921
18	0,02698	0,49831	38	0,06157	0,49186
18,5	0,02776	0,49822	38,5	0,06254	0,49163
19	0,02855	0,49812	39	0,06351	0,49139
19,5	0,02934	0,49801	39,5	0,06449	0,49114
20	0,03014	0,49791	40	0,06548	0,49089

Sumber : Direktorat Rekayasa Jalan Raya

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004 : 77)

2.5.5 Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelevasi dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan (*Hamirhan Saodang, 2004 : 79*).

Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi menurut *Hamirhan Saodang* (2004) yaitu :

1. Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar.
2. Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar.
3. Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar.

Untuk jalan raya yang mempunyai median (jalan raya terpisah), pencapaian kemiringan didasarkan pada lebar serta bentuk penampang melintang median yang bersangkutan dan dapat dilakukan dengan menggunakan ketiga cara tersebut diatas yaitu :

1. Masing-masing perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan menggunakan sumbu jalan masing-masing jalur jalan sebagai sumbu putar.
2. Kedua perkerasan diputar sendiri-sendiri dengan sisi median sebagai sumbu putar, sedangkan median dibuat dalam kondisi datar.
Seluruh jalur jalan termasuk median diputar dala satu bidang yang sama, dan sumbu putarnya adalah sumbu median.

Superelevasi tidak diperlukan jika radius tikungan cukup besar. Dalam kondisi begitu, cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal atau bahkan tetap sebagai lereng normal.

Tabel 2.16 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi Yang Dibutuhkan

(e maksimum = 10%, untuk metode Bina Marga)

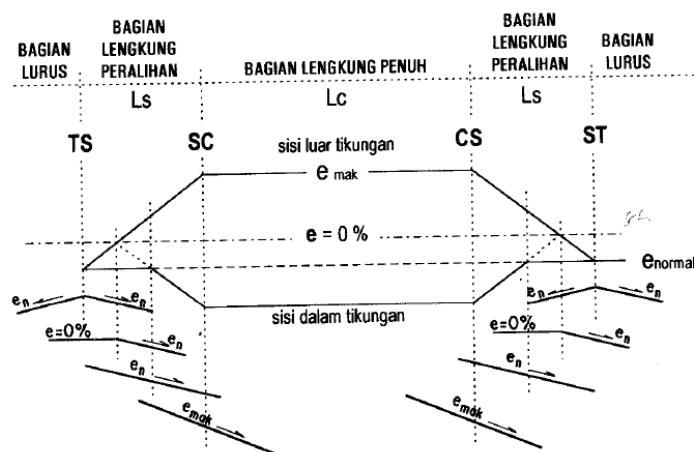
D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	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	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75

4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	179	0.074	45	0.091	60	0.099	60				
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 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	D maks = 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 : Hamirhan Saodang, 2004)

a. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

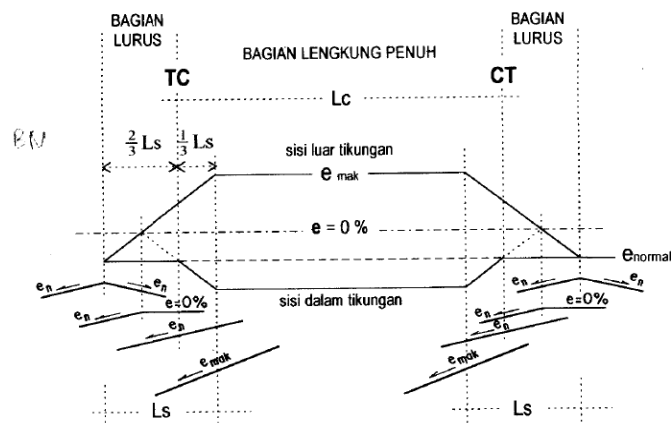
Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).



Gambar 2.13 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan SCS
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000*)

b. Tikungan *Full Circle* (FC)

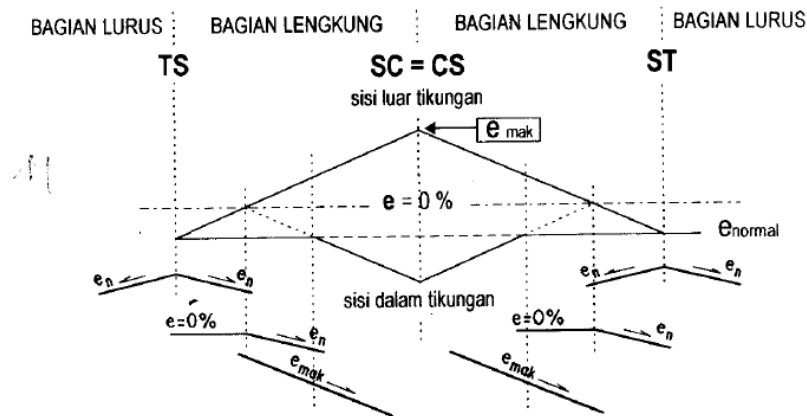
Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.



Gambar 2.14 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan FC
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000*)

c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.



Gambar 2.15 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan SS

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000*)

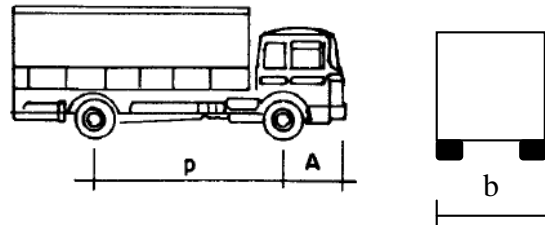
2.5.6 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan seringkali tidak mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan. Hal tersebut disebabkan oleh :

1. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan.
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal di atas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran jalan.

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk

mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan (Shirley L. Hendarsin, 2000).



Gambar 2.16 Bentuk Dimensi Kendaraan

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

Keterangan :

p : Jarak antar gandar = 6,5 meter

A : Tonjolan depan kendaraan = 1,5 meter

b : Lebar kendaraan = 2,5 meter

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b$$

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

Keterangan :

B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc : Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b$$

Keterangan :

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

B_n : Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b : Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$B_t = n (B + C) + Z$$

Keterangan :

n : Jumlah jalur lalu lintas

B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C : Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan 1,0 m

Z : Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

Keterangan :

V : Kecepatan Rencana (km/jam)

R : Jari-jari tikungan

$$\Delta b = B_t - B_n$$

Keterangan :

Δb : Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan yang akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

Jarak pandang pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam seringkali terhalang oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lainnya.

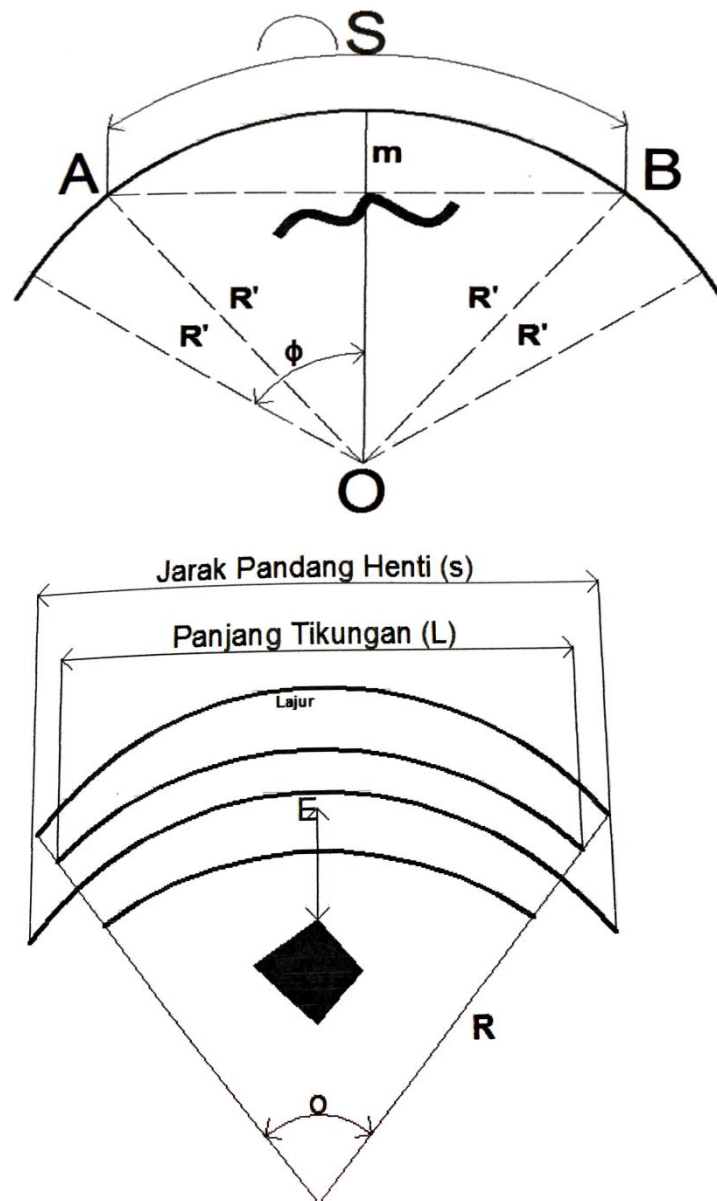
Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dimana jarak pandangan berada di dalam lengkung (*Hamirhan Saodang, 2004*).

$$S = \frac{2\phi}{360} 2\pi R' = \frac{\pi \cdot \phi \cdot R'}{90}$$

$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{90}{\pi} \frac{DS}{1432,39} = \frac{DS}{50}$$

2.5.7 Jarak Pandang Pada Lengkung Horizontal

Jarak pandang pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam seringkali terhalang oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lainnya. Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dimana jarak pandangan berada di dalam lengkung, dimana jarak pandang S lebih kecil dari pada tikungan yang bersangkutan L, atau keadaan dimana jarak pandangan S lebih besar dari tikungan L, sehingga jarak pandangan sebagian merupakan lengkung sepanjang L, dan sisanya merupakan garis lurus (*Hamirhan Saodang, 2004*).



Gambar 2.17 Jarak Pandang Pada Lengkung Horizontal

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Untuk menghitung jarak pandangan pada lengkung horizontal dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{\pi x^2 x R'}{90}$$

$$M = R' (1 - \cos \frac{\theta}{2})$$

Keterangan :

\varnothing = Setangan sudut pusat lengkung sepanjang L

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

S = Jarak pandangan (m)

L = Panjang busur lingkaran (m)

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

2.5.8 Stationing

Penomoran (Stationing) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu di awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Sta jalan dimulai dari 02+000 m yang berarti 2 km dan 0 m dari awal pekerjaan. Sta 05+500 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 5 km dan 500 meter dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- Setiap 100 m pada medan datar.
- Setiap 50 m pada medan berbukit.
- Setiap 25 m pada rneclan pegunungan.

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting jadi terdapat Sta titik TC, dan Sta titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. Sta titik TS, Sta titik SC, Sta titik CS. Dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral-busur lingkaran, dan spirial (*Sukirman Silvia, 1999*).

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan (*Silvia Sukirman, 1994*).

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi keadaan tanah tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu, sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya. Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit di atas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali dilanda banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan di atas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan diusahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggungjawabkan. Jalan yang terletak di atas lapisan tanah yang lunak harus pula diperhatikan akan kemungkinan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan yang mungkin terjadi.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai (*Silvia Sukirman, 1994*).

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian pada alinyemen vertikal dibagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Kelandaian Minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu-lintas, landai ideal adalah landai datar (0%). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandai yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- a. Landai datar untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.

- b. Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
- c. Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping (*Silvia Sukirman, 1994*).

2. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti (*Shirley L. Hendarsin, 2000*).

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truck yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.14.

Tabel 2.17 Kelandaian Maksimum yang diijinkan

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

(*Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038/T/BM/1997*)

3. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Panjang Kritis

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

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038/T/BM/1997*)

4. Lajur Pendakian

Pada jalan-jalan berlandai dan volume yang tinggi, seringkali kendaraan-kendaraan berat yang bergerak dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana menjadi penghalang kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan sekitar kecepatan rencana. Untuk menghindari hal tersebut perlulah dibuatkan lajur pendakian. Lajur pendakian adalah lajur yang disediakan khusus untuk truk bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan dengan kecepatan lebih rendah, sehingga kendaraan lain dapat mendahului kendaraan yang lebih lambat tanpa mempergunakan lajur lawan (*Sukirman Silvia, 1999*).

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana, sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dilakukan pertimbangan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan. Penempatan lajur pendakian dilakukan sebagai berikut :

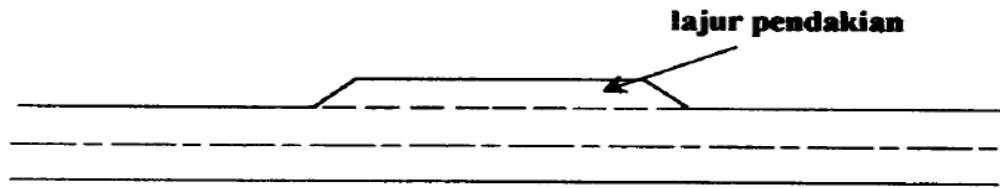
- a. Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truck-truck yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan-kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan-kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan.

- b. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.
- c. Penempatan lajur kelandaian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :
- Disediakan pada jalan arteri atau kolektor.
 - Apabila panjang kritis terlampui.
 - Jalan memiliki VLHR > 15.000 SMP/hari.
 - Persentase truck > 15%.
- d. Lebar lajur pendakian sama dengan lebar jalur rencana.
- e. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter.

Tabel 2.19 Panjang Kritis Untuk Kelandaian yang Melebihi Kelandaian Maksimum Standar

		Kecepatan Rencana (km/jam)									
		80	60	50	40	30	20				
5%	500m	6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m
6%	500m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m
7%	500m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m
8%	420m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m	13%	250 m

(Sumber : Sukirman Silvia, Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan 1999)



Gambar 2.18 Lajur Pendakian

(Sumber : Sukirman Silvia, *Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan 1999*)

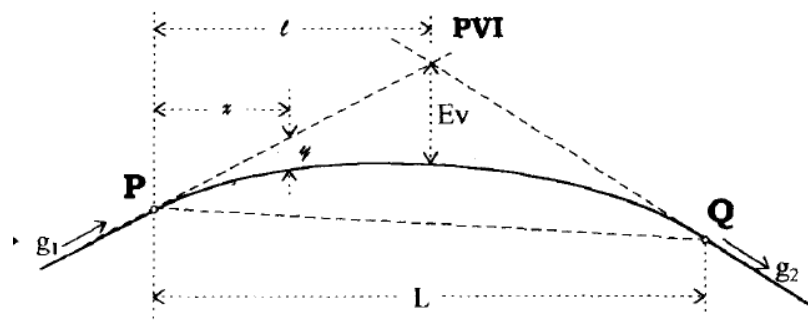
2.6.2 Lengkungan Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai-kelandaian berikutnya.

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

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



Gambar 2.19 Tipikal Vertikal

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000*)

Rumus yang digunakan :

$$x = \frac{Lg_1}{g_1 - g_2} = \frac{Lg_1}{A}$$

$$y = \frac{Lg_1}{2(g_1 - g_2)} = \frac{Lg_1}{2A}$$

Dimana :

x : Jarak dari P ke titik yang ditinjau pada Sta, (Sta)

y : Perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta (m)

L : Panjang lengkung vertikal parabola yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik Q (Sta)

g_1 : Kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 : Kelandaian tangen dari titik Q (%)

Rumus diatas untuk lengkung simetris :

$(g_1 \pm g_2) : A$: perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

Kelandaian menaik (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

$$Ev = \frac{AL}{800}$$

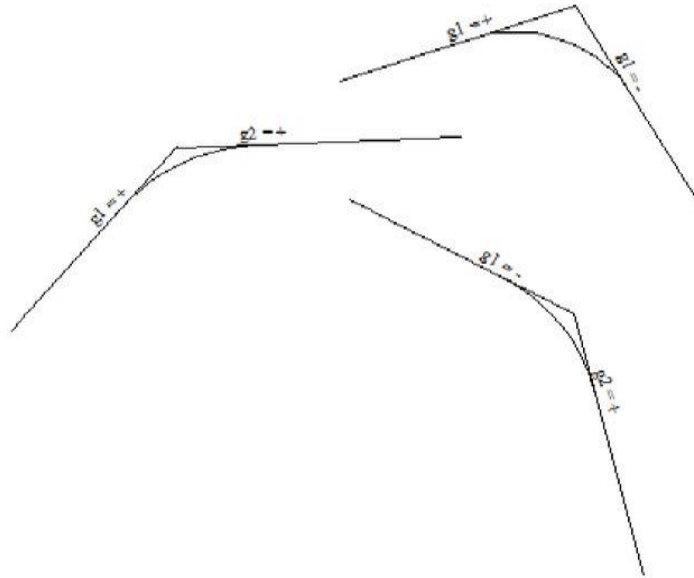
Untuk : $x = \frac{1}{2} L$

$$y = Ev$$

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.20 Alinyemen Vertikal Cembung

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

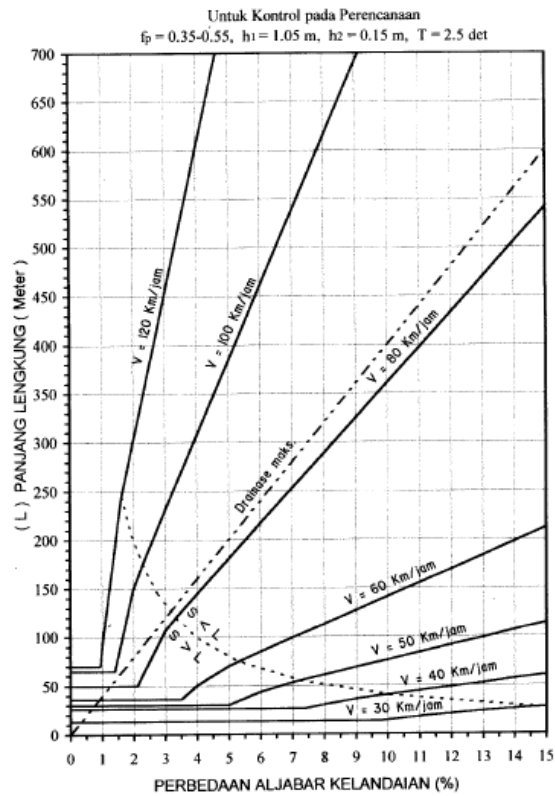
Ketentuan tinggi menurut Bina Marga 1997 untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.20.

Tabel 2.20 Ketentuan Tinggi Untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h_1 (m) Tinggi mata	h_2 (m) Tinggi obyek
Henti (J_h)	1,05	0,15
Mendahului (J_d)	1,05	1,05

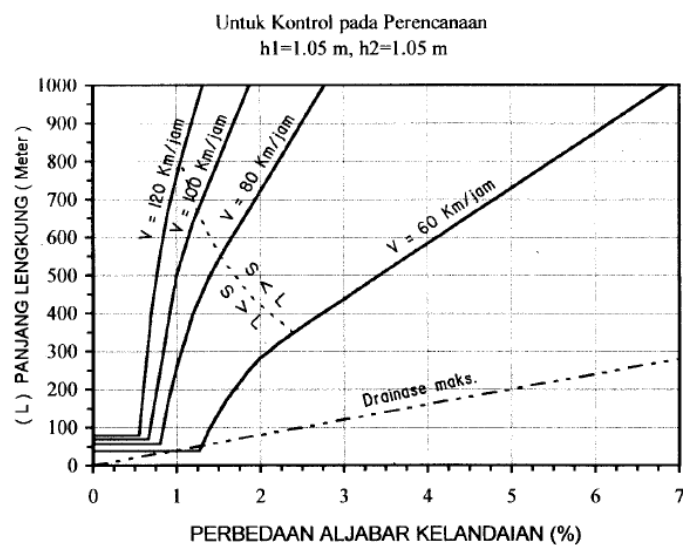
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

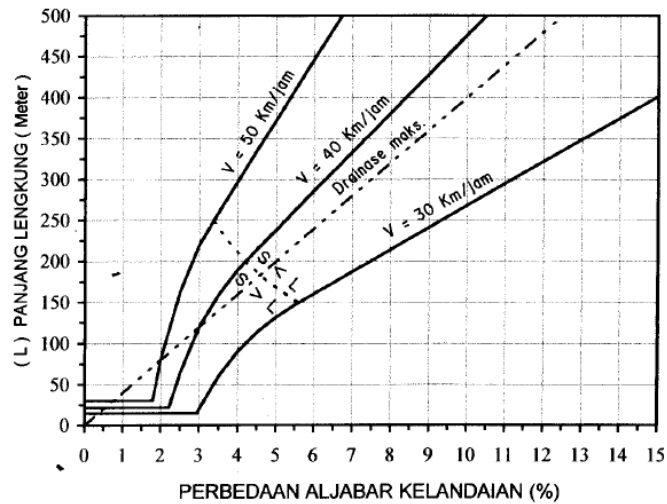
Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.21 dan gambar 2.22 seperti dibawah ini (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)





Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

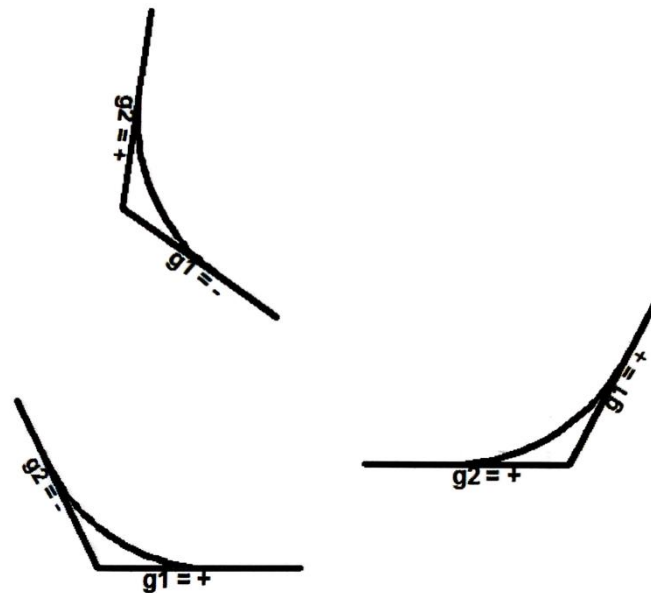
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

2. Lengkung Vertikal Cekung

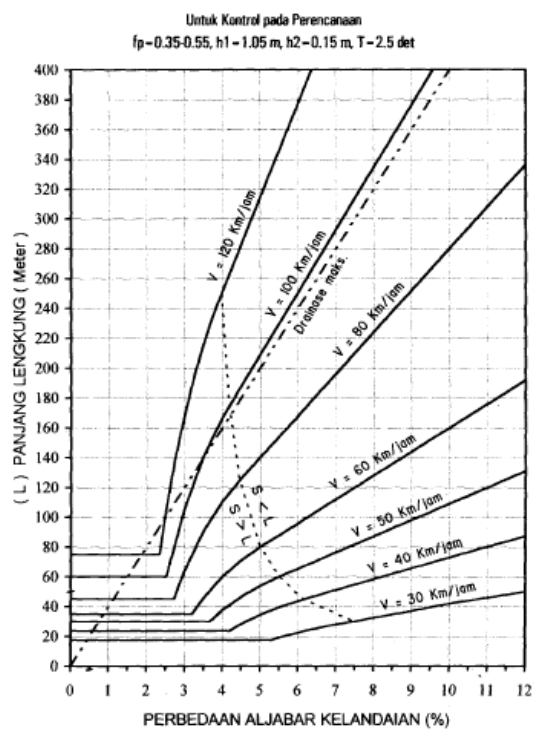
Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

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

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.23 dan gambar 2.24 dibawah ini.



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cekung



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_h)

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

2.6.3 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.

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

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. panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi truk yaitu 1,80m dan tinggi objek 0,50 m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertikal minimum 5 m, disarankan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu $\pm 5,5$ m, untuk memberi kemungkinan adanya lapisan tambahan dikemudian hari.

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

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

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

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

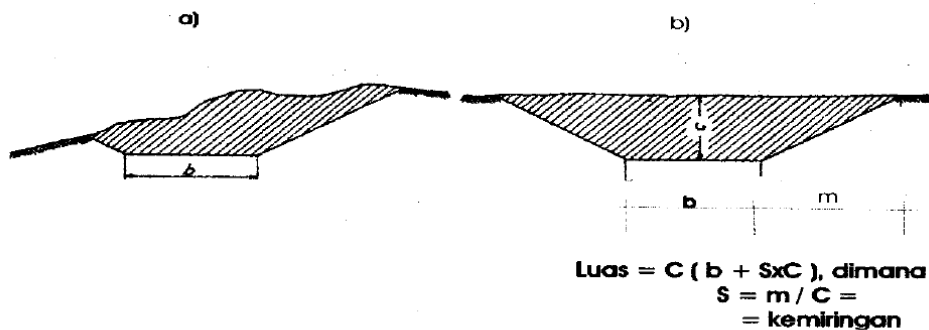
$$m = C - \frac{h_1 h_2}{2}$$

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Metoda untuk mencari luas penampang galian/timbunan pada setiap Stasion, dapat dilakukan dengan cara:

- Untuk penampang yang tidak beraturan, luas penampang dicari dengan menggunakan alat planimeter, atau dengan cara sederhana, menggambarkan Penampang pada kertas milimeter-blok, kemudian hitung kumulatif kotak yang tercakup area penampang, kemudian kalikan dengan skala.



Gambar 2.25 Menghitung Luas Penampang

(Sumber :Saodang Hamirhan, *Konstruksi Jalan Raya*, 2010)

- Untuk penampang yang beraturan, gunakan rumus planimetri biasa.
- Perhitungan volume tanah

Perhitungan volume tanah pada pekerjaan galian dan timbunan, biasa dilakukan dengan metoda Double End Areas (luas ujung rangkap), yaitu dengan mengambil rata-rata luas kedua ujung penampang dari Sta.1 dan Sta.2, kemudian dikalikan jarak kedua Stasion. Ini dilakukan untuk semua titik stasion yang berada pada rancangan trase jalan (Saodang Hamirhan, 2010).

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

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

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Pekerjaan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Perkerasan jalan adalah lapisan atau badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (*Silvia Sukirman, 2010*).

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah, dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu, dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi tiga kategori yaitu :

1. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan kaku (Rigid Pavement) adalah suatu perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah di atas tanah dasar. Karena memakai beton sebagai bahan bakunya, perkerasan jenis ini juga biasa disebut sebagai jalan beton. Dalam konstruksinya, plat

beton sering dinamakan lapis pondasi sebab adanya kemungkinan lapisan aspal beton di atasnya sebagai lapis permukaan.

Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) adalah perkerasan jalan yang memanfaatkan semen sebagai bahan pengikatnya. Karena sifat semen yang kaku, itulah kenapa ini dinamakan sebagai perkerasan kaku. Lapisan-lapisan yang membentuk perkerasan ini terdiri dari lapisan pondasi bawah, lapisan pelat beton, dan lapisan permukaan. Prinsip kerjanya yaitu beban yang mengenai lapisan permukaan bakal diteruskan ke bawah melalui lapisan pelat beton, kemudian ke lapisan pondasi bawah, hingga menuju ke lapisan tanah yang keras.

Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) adalah Perkerasan yang memakai semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikat dimana pelat beton dengan atau tanpa tulangandiletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah sehingga beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku (Rigid Pavement), terdiri dari plat beton, dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, di atas tanah dasar yang di lapsi bahan berbutir seperti batu kerikil berupa agregat dan lapisan Lean Concrete (LC) yang merupakan bagian dari lapisan dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton semen sering juga dianggap sebagai lapis pondasi, kalau di atasnya masih ada lapisan aspal.

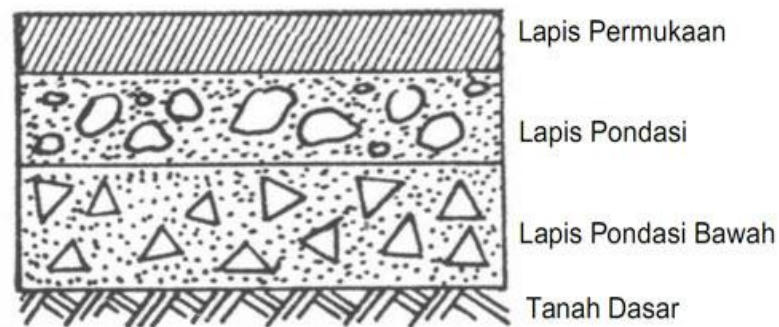
Konstruksi perkerasan kaku (Rigid Pavement) adalah lapis perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat antar materialnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar denganatau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dilimpahkan ke pelat beton, konstruksi ini jarang digunakan karena biaya yang cukup mahal, tetapi biasanya digunakan pada proyek-proyek jalan layang.

2. Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di

bawahnya. Bebankendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa bebanterbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ketanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.

Konstruksi perkerasan lentur (Flexible Pavement) adalah lapis perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat antar material. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan meneruskan serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Lihat gambar 2.26 dibawah ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

3. Perkerasan Komposit (Composite Pavement)

Perkerasan komposit (Composite Pavement), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku. Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudahdiperkeras) (*Shirley L. Hendarsin, 2000*).

Perkerasan komposit (Composite Pavement) yaitu perkerasan dengan menggunakan dua bahan, maksudnya menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

Konstruksi perkerasan komposit (Composite Pavement) adalah lapis perkerasan yang berupa kombinasi antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku. Perkerasan lentur berada diatas perkerasan kaku, atau kombinasi berupa perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.8.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.27 dan gambar 2.28 dibawah ini :



Gambar 2.27 Lapisan Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli



Gambar 2.28 Lapisan Perkerasan Lentur Pada Timbunan

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Berikut ini adalah beberapa jenis lapisan yaitu :

1. Lapisan Permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas yang berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus dan lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah. Jenis lapisan permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia adalah lapisan bersifat nonstructural dan bersifat struktural. Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri

memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Jenis-jenis Lapis Permukaan (Surface Course) terdapat beberapa macam yaitu :

a. Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis Aspal Beton (LASTON) adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

b. Lapis Penetrasi Makadam (LAPEN)

Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN) adalah merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.

c. Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG)

Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG) adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin.

d. Hot Rolled Asphalt (HRA)

Hot Rolled Asphalt (HRA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

e. Laburan Aspal (BURAS)

Laburan Aspal (BURAS) adalah merupakan lapis penutup terdiri dengan ukuran butir maksimum dari lapisan aspal taburan pasir 9,6 mm atau 3/8 inch.

f. Laburan Batu Satu Lapis (BURTU)

Laburan Batu Satu Lapis (BURTU) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum 20 mm.

g. Laburan Batu Dua Lapis (BURDA)

Laburan Batu Dua Lapis (BURDA) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.

h. Lapis Aspal Beton Pondasi Atas (LASTON ATAS)

Lapis Aspal Beton Pondasi Atas (LASTON ATAS) adalah merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu, dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

i. Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah (LASTON BAWAH)

Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah (LASTON BAWAH) adalah pada umumnya merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan pada temperatur tertentu.

j. Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON)

Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal padat antara 25 sampai 30 mm.

k. Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR)

Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

1. Aspal Makadam

Aspal Makadam adalah merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan/atau agregat pengunci bergradasi terbuka atau seragam yang dicampur dengan aspal cair, diperam dan dipadatkan secara dingin.

2. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan yang berfungsi sebagai penahan gaya lintang dari beban roda, lapisan peresapan dan bantalan terhadap lapisan permukaan. Lapisan ini harus mampu menahan beban serta pengaruh-pengaruhnya dan membagi atau meneruskan beban tadi kepada lapisan di bawahnya.

Jenis-jenis lapis pondasi atas yang umum dipergunakan di Indonesia, adalah sebagai berikut :

1. Pondasi Macadam.
2. Pondasi Telford.
3. Penetrasi Macadam (Lapen).
4. Aspal Buton Pondasi (Asphalt Concrete Base atau Asphalt Treated Base).

3. Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah yaitu:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Lapis perkerasan.
- e. Lapisan pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar.

f. Lapisan untuk partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

Jenis- jenis agregat lapis pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia, antara lain :

1. Sirtu atau Pitrun Kelas A
2. Sirtu atau Pitrun Kelas B
3. Sirtu atau Pitrun Kelas C

4. Lapisan Tanah Dasar (Subgrade)

Lapisan tanah dasar adalah tanah permukaan semula, permukaan tanah galian ataupun tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan yang lain. Lapisan ini terletak diatas tanah timbunan atau tanah galian yang sebelumnya diadakan perbaikan tanahnya sesuai dengan syarat yang telah ditentukan.

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan. Ditinjau dari muka tanah asli, maka tanah dasar dibedakan atas :

- a. Lapisan tanah dasar berupa tanah galian.
- b. Lapisan tanah dasar berupa tanah timbunan.
- c. Lapisan tanah dasar berupa tanah asli.

2.8.2 Kriteria Perancangan

1. Pengertian MDP 2017

Manual Desain Perkerasan adalah metode mekanistik empiris yang telah digunakan secara meluas di berbagai negara yang berkembang. Metode Manual Desain Perkerasan juga dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

Bagian 1 yaitu Umur Rencana, Pemilihan Struktur Perkerasan, Lalu Lintas, Drainase Perkerasan, Desain Pondasi Jalan, Desain Perkerasan, Masalah Pelaksanaan yang Mempengaruhi Desain, dan Prosedur Desain. Sedangkan bagian 2 (Rehabilitasi Perkerasan) yaitu Lalu Lintas, Kondisi Perkerasan Eksisting, Drainase Perkerasan Eksisting, Pemilihan Struktur Perkerasan, Desain Tebal Overlay, Desain Ketebalan Pengupasan dan Pelapisan Ulang (mill and inlay), Desain Rekonstruksi Perkerasan, Masalah Pelaksanaan dan Kinerja Perkerasan.

2. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel 2.21 adalah sebagai berikut ini.

Tabel 2.21 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
	Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	Pondasi jalan	
Perkerasan lentur	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	40
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Catatan :

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus

dilakukan analisis dengan discounted lifecycle cost yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan discounted lifecycle cost terendah.

2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

3. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.22 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.

Tabel 2.22 Pemilihan Jenis 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 (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2

AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil – medium..
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu / Burda.

a. Perkerasan Aspal Beton dengan Cement Treated Base (CTB)

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis fondasi CTB karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis fondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis fondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA, tergantung pada harga setempat dan kemampuan kontraktor. CTB dapat menghemat penggunaan aspal dan material berbutir, dan kurang sensitif terhadap air dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir.

LMC (Lean Mix Concrete) dapat digunakan sebagai pengganti CTB, dan akan memberikan kemudahan pelaksanaan di area kerja yang sempit misalnya pekerjaan pelebaran perkerasan atau pekerjaan pada daerah perkotaan. Kendaraan bermuatan berlebihan merupakan kondisi nyata yang harus diantisipasi. Beban yang demikian dapat menyebabkan keretakan sangat dini pada lapis CTB. Oleh sebab itu desain CTB hanya didasarkan

pada nilai modulus kekakuan CTB (Stiffness Modulus) pada tahap post fatigue cracking tanpa mempertimbangkan umur pre-fatigue cracking.

Konstruksi CTB membutuhkan kontraktor yang kompeten dengan sumber daya peralatan yang memadai. Perkerasan CTB hanya dipilih jika sumber daya yang dibutuhkan tersedia. Ketebalan lapisan aspal dan CTB yang diuraikan pada Bagan Desain - 3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi.

CTB harus dilaksanakan dalam satu lapisan, tidak boleh dibuat dalam beberapa lapisan.

b. Perkerasan Beton Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

Perkerasan aspal beton dengan lapis fondasi CTB cenderung lebih murah daripada dengan lapis fondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 - 30 juta ESA, namun kontraktor yang memiliki sumber daya untuk melaksanakan CTB adalah terbatas. Bagan Desain - 3B menunjukkan desain perkerasan aspal dengan lapis fondasi berbutir untuk beban hingga 200 juta ESA5.

c. Perkerasan Beton Aspal dengan Aspal Modifikasi

Aspal Modifikasi (SBS) direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (Wearing Course) pada jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun >10 juta ESA. Tujuan penggunaan aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan, umur fatigue dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat beban lalu lintas berat.

Aspal Modifikasi hanya boleh digunakan, jika sumber daya untuk pencampuran dan penyimpanan secara benar tersedia.

d. Lapis Fondasi dengan Aspal Modifikasi

Prosedur desain mekanistik dapat digunakan untuk menilai sifat lapis fondasi (AC - Base) yang menggunakan aspal modifikasi. Desain yang

dihasilkan dapat digunakan apabila didukung oleh analisis discounted lifecycle cost.

e. HRS – WC Tebal ≤ 50 mm di atas Lapis Fondasi Berbutir

HRS-WC tebal ≤ 50 mm diatas Lapis Fondasi Berbutir merupakan solusi yang tepat biaya untuk jalan baru atau rekonstruksi dengan beban lalu lintas sedang (< 1 juta ESA) tetapi membutuhkan kualitas konstruksi yang tinggi khususnya untuk LFA kelas A (solusi ini kurang efektif dari segi biaya namun jumlah kontraktor yang kompeten melaksanakannya lebih banyak daripada pilihan sub).

4. Lalu Lintas

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (Historical Growth Data) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.23 dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 2.23 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

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (Cumulative Growth Factor):

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR-1}}{0,01 \times i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

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 i_1 % selama periode awal (UR_1 tahun) dan i_2 % selama sisa periode berikutnya ($UR - UR_1$), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 \times i_1)^{UR-1}}{0,01 \times i_1} + (1 + 0,01 \times i_1)^{(UR-1)} \times (1 + 0,01 \times i_2) \times \left\{ \frac{(1+0,01 \times i_1)^{(UR-UR_1)} - 1}{0,01 \times i_2} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i_1 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)

i_2 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR_1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Formula diatas 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:

$$R = \frac{(1+0,01)^{Q-1}}{0,01 \times i} + (UR - Q) \times (1 + 0,01 \times i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots (2.3)$$

b. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

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). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasilokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

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. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.24 Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 2.24 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

c. 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 yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut tabel 2.25 Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

Tabel 2.25 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatra				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Sul. Utara 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	
BB	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
BA	0.95	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	0.55
BB	4.5	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.5	8.5	3.4	4.7	4.9	9.0	2.9	4.0	3.0	4.0	2.5	3.0	3.0
7A1	10.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	5.9	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	6.4	19.1	3.8	4.8	4.9	9.7	3.9	6.0	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	8.0	11.9	6.5	8.8	8.8
7C2A	18.8	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	42.6	6.1	8.0	13.4	24.2	6.5	8.5	-	-	-	-	17.0	28.8	9.3	13.8	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-

d. 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 :

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

ESA_{TH-1} : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (Equivalent Standard Axle) pada tahun pertama

LHRJK : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)

VDFJK : Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 2.25

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.24)

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

5. Drainase Perkerasan

a. Dampak Drainase Perkerasan Terhadap Lapisan Perkerasan

Secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan “faktor m” $\geq 1,0$ kecuali jika kondisi di lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan maka tebal lapis fondasi agregat 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 fondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

Tebal desain lapis pondasi agregat

$$= \frac{(\text{Tebal Berdasarkan Perhitungan atau Bagan Desain})}{m} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

b. Tinggi Minimum Timbunan Untuk Drainase Perkerasan

Tinggi minimum permukaan tanah dasar di atas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.26

Tabel 2.26 Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir

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

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas 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 fondasi (Subbase). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.27 Koefisien Drainase ‘ m ’ Untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai ' m ' untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1.0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.0	
3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak.	1.0	
4. 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	
5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralir. Tidak ada sistim outlet. Ketentuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0.4	

6. Desain Fondasi Jalan

a. Pengukuran Daya Dukung dengan DCP (Dynamic Cone Penetration Test)

Pengujian daya dukung dengan DCP tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut :

1. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan. Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai

yang lebih dapat diandalkan. Pengujian DCP juga digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak (Lampiran H). Pengujian penetrometer atau piezometer juga dapat digunakan.

Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan, kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200 – 1500 kg/m³) di bawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan. Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum

Setelah penyesuaian harus diingat bahwa akurasi nilai DCP pada musim kemarau adalah rendah. Dengan pertimbangan tersebut, untuk mengurangi ketidakpastian nilai DCP akibat pengaruh musim kemarau, disarankan untuk mengadakan pengujian DCP pada musim hujan.

Tabel 2.28 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar Terhadap Kondisi Musim

Musim	Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0.90
Masa transisi	0.80
Musim kemarau	0.70

$$\text{Nilai } CBR_{\text{desain}} = (CBR \text{ hasil pengujian DCP }) \times \text{faktor penyesuaian}$$

b. Lapis Penopang (Capping Layers)

Bagan Desain - 2 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6% yang digunakan untuk pengembangan Katalog Desain tebal perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk

kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal. Pertimbangan-pertimbangan di bawah ini berlaku dalam pelaksanaan lapis penopang.

a) Persyaratan umum :

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang harus berupa bahan timbunan pilihan. Jika lapisan tersebut terletak di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus berupa material berbutir dengan kepekaan terhadap kadar air rendah.

2. Dapat berfungsi sebagai lantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.

3. Tebal minimum 600 mm untuk tanah ekspansif.

4. Elevasi permukaan lapis penopang harus memenuhi persyaratan Tabel 2.26 (tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir)

5. Kedalaman alur roda pada lapis penopang akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.

6. Mencapai ketebalan tertentu sehingga permukaan lapis penopang dapat dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat berat.

b) Metode pemadatan Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan mencapai tingkat kepadatan yang ditentukan atau yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Pada bagian bawah lapis penopang kepadatan yang mungkin dapat dicapai cenderung lebih kecil daripada 95% kepadatan kering maksimum. Pada perkerasan kaku pemadatan maksimum yang mungkin dicapai lapis penopang sangat penting untuk meminimalkan retak akibat perbedaan penurunan lapis penopang setelah pelaksanaan.

c) Geotekstil Jika tanah asli jenuh atau cenderung akan jenuh pada masa pelayanan, geotekstil sebagai pemisah harus dipasang di antara lapis penopang dan tanah asli. Material lapis penopang yang terletak langsung di atas geotekstil harus material berbutir.

Tabel 2.29 Desain Pondasi Jalan MinimumBagan Desain - 2: Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 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 pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

- (1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.
(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2,5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2,5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2,5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (Klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

7. Desain Perkerasan

a. Struktur Perkerasan

Desain perkerasan berdasarkan beban lalu lintas rencana dan pertimbangan biaya rendah ditunjukkan pada :

- Bagan Desain – 3, Perkerasan Lentur
- Bagan Desain – 4, Perkerasan Kaku
- Bagan Desain – 5, Perkerasan Berbutir dengan Laburan
- Bagan Desain – 6, Perkerasan Semen Tanah
- Bagan Desain – 7, Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Kerikil

Solusi lain dapat dipilih untuk menyesuaikan kondisi dengan setempat. Namun demikian, disarankan untuk tetap menggunakan bagan tersebut diatas sebagai langkah awal unuk semua desain.

Catatan dibawah ini berlaku untuk perkerasan baru (Manual Bagian I) dan rehabilitasi (Manual Bagian II) :

Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (Deterioration Model) dan pendekatan desain yang digunakan. Gunakan nilai ESA yang sesuai sebagai input dalam proses perencanaan :

- Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T -01-2002-B atau metode AASHTO 1993 (Pendekatan Statistik Empirik).
- Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelapuran tipis (seperti Burtu atau Burda), perkerasan tanpa penutup (Unsealed Granular Pavement) dan perencanaan tebal overlay berdasarkan grafik lendutan untuk kriteria alur (Rutting).
- Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain dengan pendekatan Mekanistik Empiris) termasuk perencanaan tebal overlay berdasarkan grafik lengkung lendutan (Curvature Curve) untuk kriteria retak lelah (Fatigue).
- Desain perkerasan kaku menggunakan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat (Heavy Vehicle Axle Group, HVAG) dan bukan nilai ESA sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

b. Bagan Desain

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis pondasi CTB, karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis pondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis pondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA.

Ketebalan lapisan aspal dan CTB yang diuraikan pada Bagan Desain - 3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi.

Tabel 2.30 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹Bagan Desain - 3. Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESAs lihat bagan desain 3A – 3B dan 3C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESAs)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	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

Catatan:

1. Kelenturan-kelenturan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
2. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESAs. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
3. Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan *life cycle cost* yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak).
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yangizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC BC harus dihamper dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

Tabel 2.31 Desain Perkerasan Lentur dengan HRS¹

Bagan Desain - 3A. Desain Perkerasan Lentur dengan HRS ¹		
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁴ CESA _s)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	125

¹ Bagan Desain -3A merupakan alternatif untuk daerah yang HRS menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material yang sesuai (*gap graded mix*).

² HRS tidak sesuai untuk jalan dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESAs

³ Kerikil alam dengan atau material stabilisasi dengan CBR > 10% dapat merupakan pilihan yang paling ekonomis jika material dan sumberdaya penyedia jasa yang mumpuni tersedia. Ukuran material LFA kelas B lebih besar dari pada kelas A sehingga lebih mudah mengalami segregasi. Selain itu, ukuran butir material kelas B yang lebih besar membatasi tebal minimum material kelas B. Walaupun dari segi mutu material kelas A lebih tinggi daripada kelas B, namun dari segi harga material LFA kelas A dan B tidak terlalu berbeda sehingga untuk jangka panjang LFA kelas A dapat menjadi pilihan yang lebih kompetitif.

Tabel 2.32 Desain Perkerasan Lentur – Aspal Dengan lapis Pondasi Berbutir

Bagan Desain - 3B. Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir
(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain- 3 dan 3A)

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	≥ 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		

Catatan Bagan Desain - 3B:

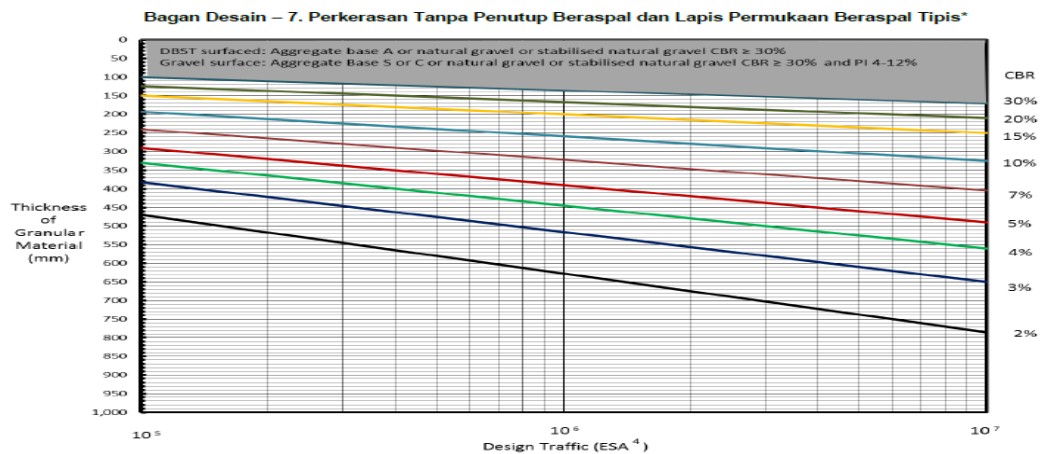
- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain- 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan desain 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

Tabel 2.33 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A

Bagan Desain - 3C Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar CBR ≥ 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 ≥ 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 ≥ 10	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR ≥ 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

c. Menentukan Kebutuhan Lapisan (Sealing) Bahu Jalan



Gambar 2.29 Grafik Desain Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal Dan Permukaan Beraspal Lapis

8. Masalah Pelaksanaan Yang Mempengaruhi Desain

Untuk menghasilkan perkerasan yang baik, mutu konstruksi yang disyaratkan harus tercapai. Pelaksanaan yang buruk tidak dapat dikoreksi dengan membuat “penyesuaian desain” (pavement design adjustments). Sebagai contoh, kepadatan lapisan yang tidak memenuhi syarat tidak dapat dikompensasi dengan menambah tebal rencana perkerasan.

Bab ini menjelaskan permasalahan pelaksanaan yang mempengaruhi desain dan pilihan desain perkerasan.

a. Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan pada Tabel 2.34. Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 2.34 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC - Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

2.9 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :

2.9.1 Klasifikasi Jalan Raya Menurut Bina Marga

Klasifikasi jalan raya menurut *Bina Marga tertuang dalam undang-undang nomer 38 tahun 2004 mengenai jalan, dalam UU tersebut mengelompokkan jalan berdasarkan :*

1. Klasifikasi jalan menurut peran dan fungsi,
2. Klasifikasi jalan menurut wewenang,
3. Klasifikasi jalan menurut kelas atau muatan sumbu,

1. Klasifikasi jalan menurut peran dan fungsi

Berdasarkan peran dan fungsinya jalan raya dibagi menjadi :

a. Jalan Arteri

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 diatasnya 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.

b. Jalan Kolektor

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 diatasnya lebih dari 40 km/jam.
- Lebar badan jalan harus lebih dari 7 meter.
- Volume lalu lintas rata-rata tidak boleh lebih besar dari kapaitas jalan, maksimal harus sama.
- Kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak boleh terganggu dengan cara membatasi jalan masuk secara efisien.
- Kegiatan dan lalu litas tidak boleh mengganggu lalu lintas jalan.
- Meskipun memasuki kota, jalan kolekor tidak boleh terputus.

c. Jalan Lokal

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 diatas 20 km/jam.

d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan umum dengan fungsi untuk melayani angkutan setempat atau lingkungan dengan perjalanan jarak dekat serta kecepatannya yang rendah.

2. Klasifikasi jalan menurut wewenang

Tujuan pengklasifikasian menurut wewenang adalah untuk memastikan kepastian hukum penyelenggara jalan apakah dibawah wewenang pemerintah daerah atau pemerintah pusat. Berdasarkan wewenangnya, jalan raya diklasifikasikan menjadi :

a. Jalan Nasional

Jalan nasional adalah jalan kolektor dan jalan arteri yang tergabung dalam sistem jaringan jalan primer. Fungsi jalan nasional ini adalah untuk menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan tol maupun jalan strategis berskala nasional.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi adalah jalan kolektor yang ada dalam sistem jalan primer. Jalan provinsi mempunyai fungsi sebagai penghubung ibukota provinsi dengan ibukota kota/kabupaten, antar ibukota kabupaten/kota, hingga jalan strategis tingkat provinsi.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten adalah jalan lokal yang tergabung dalam sistem jaringan jalan primer. Jalan kabupaten berfungsi sebagai penghubung ibukota kabupaten dengan kecamatan, antar kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat

kegiatan lokal, antar pusat kegiatan daerah / lokal, hingga jalan umum dan jalan strategis tingkat kabupaten.

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum yang terdapat dalam sistem jaringan jalan sekunder. Jalan kota berfungsi sebagai penghubung antarpusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, hingga antar pusat pemukiman dalam kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan umum dengan fungsi sebagai penghubung kawasan dan antar pemukiman yang ada di desa, hingga jalan lingkungan.

3. Klasifikasi jalan menurut kelas atau muatan sumbu

Pengklasifikasian jalan yang terakhir adalah berdasarkan kelasnya atau muatan sumbunya, dari segi ini jalan dibagi menjadi :

a. Jalan Kelas I

Jalan kelas I adalah jalan arteri yang bisa untuk dilewati oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan bermuatan yang lebarnya tidak lebih dari 2,5 meter. Sedangkan panjang sendiri tidak lebih dari 18 meter, muatan sumbu maksimal yang diizinkan pada jalan ini adalah tidak lebih dari 10 ton. Di Indonesia jenis jalan ini masih belum digunakan, namun di berbagai negara maju telah banyak dikembangkan bahkan hingga mencapai muatan sumbu sebesar 13 ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan kelas II adalah jalan arteri yang bisa untuk dilewati oleh kendaraan bermotor termasuk kendaraan bermuatan. Dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2,5 meter dengan panjang tidak lebih dari 18 meter, dan muatan sumbu maksimalnya mencapai 10 ton. Jenis jalan ini cocok diaplikasikan untuk lalu lintas angkutan peti kemas.

c. Jalan Kelas IIIA

Jalan kelas III A adalah jalan kolektor maupun arteri yang bisa untuk dilalui kendaraan bermotor termasuk kendaraan bermuatan. dengan ukuran lebar yang tidak lebih dari 2,5 meter dengan panjang tidak lebih dari 18 meter, dengan muatan sumbu terberatnya adalah 8 ton.

d. Jalan Kelas IIIB

Jalan kelas III B adalah jalan kolektor yang bisa untuk dilalui oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan dengan muatan. Lebar tidak lebih dari 2,5 meter dengan panjang tidak lebih dari 12 meter dan muatan sumbu terberatnya maksimal 8 ton.

e. Jalan Kelas IIIC

Jalan kelas III C adalah jalan lingkungan dan jalan lokal yang bisa untuk dilalui oleh kendaraan bermotor maupun kendaraan bermuatan. lebar yang tidak melebihi 2,1 meter yang panjangnya tidak lebih dari 9 meter, untuk muatan terberatnya adalah sekitar 8 ton.

2.9.2 Jenis-Jenis Jalan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Berdasarkan sistem jaringan dan kegiatan yang dilakukan pada sebuah jalan, maka dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

a. Jalan Primer

Jalan primer adalah jenis jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan. Jalan primer melayani pergerakan antar pusat kegiatan dimana pusat kegiatan terdiri atas tiga macam yaitu sebagai berikut :

- Pusat Kegiatan Nasional (BKN)
- Pusat Kegiatan Wilayah (PKW)
- Pusat Kegiatan Lokal (PKL)

b. Jalan Sekunder

Jalan sekunder merupakan jalan yang melayani pergerakan untuk area bukan pusat kegiatan seperti jalan di kawasan perkotaan. Jalan sekunder juga

biasanya menjadi cabang dan perpanjangan dari jalan primer yang melayani kegiatan lain dalam sistem urban. Jalan sekunder menghubungkan zona antarkawasan di dalam perkotaan yang diatur secara berjenjang sesuai dengan fungsi kawasan yang dihubungkannya.

2.10 Bagian Ruang Jalan

Pada pekerjaan jalan terdapat beberapa macam bagian ruang jalan adalah sebagai berikut :

a. Ruang manfaat jalan (RUMAJA)

Adalah suatu area atau ruang yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan dan terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, serta ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan (median) atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan, termasuk jalurpejalan kaki. Ambang pengaman jalan terletak di bagian paling luar, dari ruang manfaat jalan, dan dimaksudkan untuk mengamankan bangunan jalan.

b. Ruang milik jalan (RUMIJA)

Adalah sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan (RUMAJA) yang masih menjadi bagian dari ruang milik jalan yang dibatasi oleh tanda batas ruang milik jalan yang dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan pada masa yang akan datang.

c. Ruang pengawasan jalan (RUWASJA)

Adalah ruang tertentu yang terletak di luar ruang milik jalan yang penggunaannya diawasi oleh penyelenggara jalan agar tidak mengganggu pandangan pengemudi, konstruksi bangunan jalan apabila ruang milik jalan tidak cukup luas, dan tidak mengganggu fungsi jalan. Terganggunya fungsi jalan disebabkan oleh pemanfaatan ruang pengawasan jalan yang tidak sesuai dengan peruntukannya.

d. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

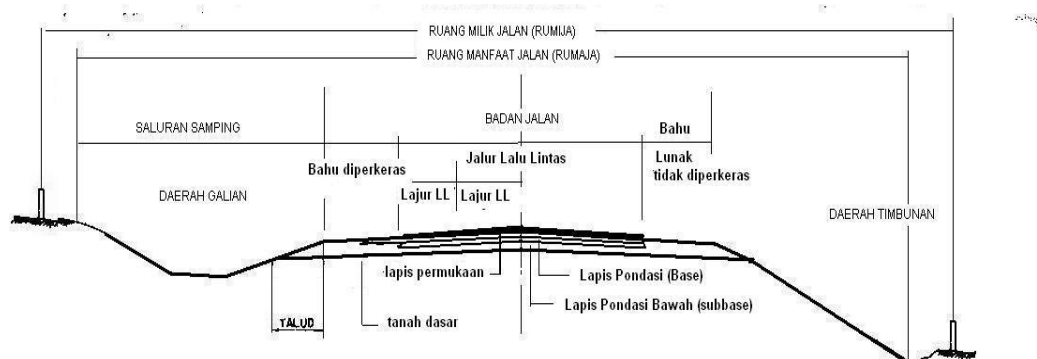
Daerah ini merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman ruang bebas tertentu yang ditetapkan oleh Pembina Jalan. Daerah manfaat jalan hanya digunakan untuk perkerasan jalan, bahu jalan, saluran samping, tereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap lainnya.

e. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Daerah ini merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh Pembina Jalan dengan suatu hak tertentu sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku. Daerah milik jalan digunakan untuk Daerah Manfaat Jalan, pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas dikemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.

f. Daerah Pengawas Jalan

Daerah ini merupakan ruang sepanjang jalan yang dimaksudkan agar pengemudi mempunyai pandangan bebas dan badan jalan aman dari pengaruh lingkungan, misalnya air dan bangunan liar (tanpa surat izin). Seperti gambar 2.33 dibawah ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.30 Posisi Damija, Damaja dan Dawasja

(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

2.11 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (*Wulfram I. Ervianto, 2005 : 21*).

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 se jelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut dengan 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 Owner Estimate (OE) atau Engineer Estimate (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantiya.

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

2.11.1 Rencana Kerja Dan Syarat-Syarat Kerja (RKS)

Rks atau betek adalah keterangan tertulis secara terperinci mengenai suatu pekerjaan yang mencakup segi teknis dan administratif. Uraian dalam RKS harus dibuat selengkap mungkin dengan maksud agar didalam pelaksanaan pekerjaan

tidak timbul kesulitan. Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga cukup jelas, terperinci, mudah dipahami dan tidak menimbulkan keragu-raguan (*Balai Penerapan Teknologi Konstruksi Direktorat Jendral Konstruksi Kementerian PUPR*).

Ada 3 macam bagian RKS yaitu :

1. Syarat / peraturan umum
2. Syarat / peraturan administrasi
3. Syarat / peraturan teknis

2.11.2 Daftar Harga Satuan Bahan Dan Upah

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun biaya suatu proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan (*H. Bachtiar Ibrahim, 1993*).

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

2.11.3 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuanupah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

2.11.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

Volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut kubikasi pekerjaan. Jadi volume pekerjaan (kubikasi) suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan (*H. Bachtiar Ibrahim, 1993*).

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

1. Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3. Gambarkan potongan melintang (*cross station*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
4. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.11.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama

akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja (*H. Bachtiar Ibrahim, 1993*).

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

1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

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

2) Anggaran Biaya Teliti

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

2.11.6 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya (*Wulfram I. Ervianto, 2002*).

Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.11.7 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Untuk

menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada.

Rencana kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis-jenis Rencan Kerja (*Time Schedule*) adalah sebagai berikut :

a. Bagan Balok (*Barchart*)

Bagan balok (*Barchart*) adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolm arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. *Barchart* ditunjukan dengan diagram batang yang dapat menunjukan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan (Wulfram I. Ervianto, 2002).

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

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 antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran (Wulfram I. Ervianto, 2002).

c. Jaringan Kerja / Network Planning (NWP)

Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain (Wulfram I. Ervianto, 2002).

Network Planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti Ms. Project.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- 1) Urutan Pekerjaan Yang Logis

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

- 2) Biaya Untuk Mempercepat Pekerjaan

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

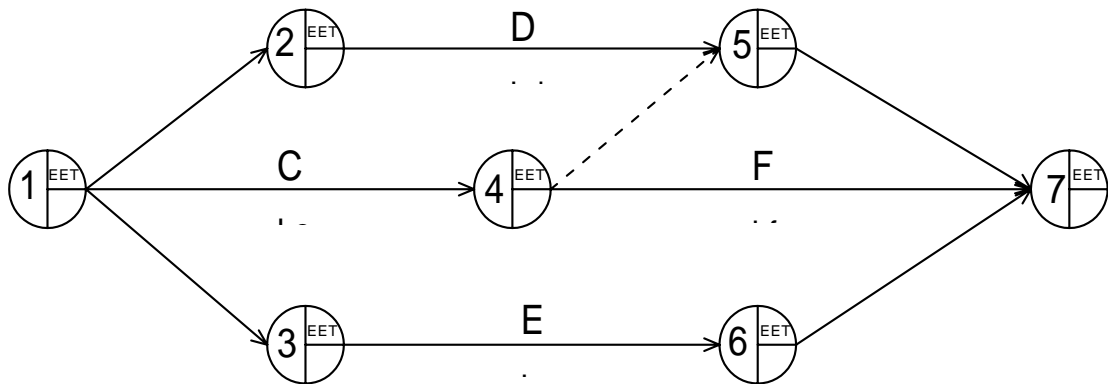
- 3) Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- 4) Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan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

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

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.

7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

Gambar Network Planning dapat dilihat pada gambar 2.34 dibawah ini :

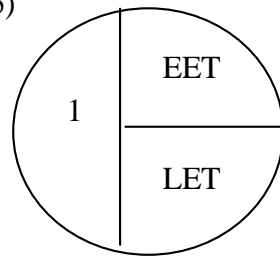


Gambar 2.31 Sketsa Network Planning

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

- 1) (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan.
- 2) \longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*Critical Path*) waktu.
- 3) \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 4) $- - - \rightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

5)



1 = Nomor Kejadian

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

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

A, B, C, D, E, F merupakan kegiatan, sedangkan yang dibawahnya merupakan durasi dari ke