BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

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. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia (Hamiran Saodang, 2010).

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

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

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi

bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan (Silvia Sukarman, 1999).

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

2.1.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan kontruksi perkerasan (Hamirhan Saodang, 2004).

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

Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya jumlah lalu lintas per hari per tahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk

mendapatkan data LHR. Volume lalu lintas menyatakan jumlah lalu lintas perhari dalam satu tahun untuk kedua jurusan, yang disebut juga lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHR = jumlah lalu lintas dalam satu tahun.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor eqivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang diperoleh dari hasil pendataan (kend/jam). Dengan kata lain dapat disimpulkan juga bahwa LHR dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP). Satuan mobil penumpang adalah jumlah mobil yang digantikan tempatnya oleh kendaran lain dalam kondisi jalan, lalu lintas dan pengawasan yang berlaku. LHR ini memerlukan penyelidikan lapangan selama 24 jam selama satu tahun dan dilaksanakan tiap tahun dengan mencatat tiap jenis kendaraan. Sifat lalu lintas meliputi lambat dan cepatnya kendaraan bersangkutan, sedangkan komposisi lalu lintas menggambarkan jenis kendaraan yang melaluinya. Dari Lalu Lintas Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
2. Survey asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatka gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan.

2.1.3 Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan perencanaan geometrik jalan. Data

peta topografi yang didapat akan di gunakan untuk menentukan kecepatan sepanjang ruas jalan yang direncanakan sesuai dengan daerahnya.

Disanping itu Data Peta Topografi juga merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perencanaan geometrik seperti kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka standart perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan topografi dan keadaan fisik serta penggunaan daerah yang dilaluinya. Misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase atau mengadakan timbunan yang tinggi (*elevated high way*) dan hal ini juga dapat terjadi bila terdapat tanah dasar dengan permukaan air tanah yang tinggi. Berdasarkan hal ini jenis medan dibagi menjadi 3 golongan umum berdasarkan besarnya kelerengan melintang dalam arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan, dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi medan dan besarnya kelerengan melintang

No	**Jenis Medan**	**Notasi**	**Kemiringan Medan (%)**
1	Datar	D	0% - 9,9%
2	Perbukitan	B	10% - 24,9%
3	Pegunungan	G	>25%

(Sumber : Muhammad Nurdin, Jurnal Teknik Sipil, 2013)

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

a. Pekerjaan Perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.

b. Kegiatan Pengukuran yang meliputi :
    1. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang di pasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
    2. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
    3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan.

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

2.1.4 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

   Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrm)*. Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

   a. Cara analisis

      Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

      $CBR_{segmen} = (CBR_{rata\text{-}rata} - CBR_{min}) / R$ .....(2.1)

      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 2.2 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 Sukarman, Perkerasan lentur jalan raya, 1995)

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

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

Contoh hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 8; 6; 2; 6; 2; 2; 3; 2; 2; 4; 3; 4; 3; 2; 2; 4; 3; 4; 4; 2; 2; 3; 3; 4; 2; 2; 2; dan 3, dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No	**CBR**	**Jumlah yang sama atau Lebih Besar**	**Presenstase yang Sama atau Lebih Besar (%)**
1	2	8	(8/8) x 100% = 100 %
2	3	7	(7/8) x 100% = 87,5 %
3	4	6	(6/8) x 100% = 75 %
4	6	2	(2/8) x 100% = 25 %
5	8	1	(1/8) x 100% = 12,5 %

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

2. Analisa

   Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan kontruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

   Uji bahan kontruksi untuk mendapatkan :

   a. Sifat–sifat Indeks *(indeks Properties)* yaitu meliputi : Gs *(Specific gravity)*, WN *(Water Natural Content)*, ɣ (berat isi), e (angka pori), n (*Porositas*), Sr (derajat kejenuhan).
   b. Klasifikasi USCS dan AASTHO (*Clasification of Soil)*
      1. Analisa ukuran butir (*Graim Size Analysis*)
         a. Analisa Saringan (*sieve Analysis*)
         b. Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
      2. Batas-batas Atteberg (Atteberg Limits)
         a. *Liquid Limit* (LL) = batas cair
         b. *Plastic Limit* (PL) = batas plastis
         c. *Indeks Plastis* (IP) = LL – PL .....(2.2)
      3. Pemadatan : ɣ d maks dan W_{opt}
         a. Pemadatan standar
         b. Pemadatan modifikasi
         c. Dilapangan di cek dengan sandcone ± 100 % ɣ d maks

4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan ɣ d maks dan W_{opt}

   Wet = Wt / Vt → ɣ d wet / (1 + W) .....(2.3)

   CBR lapangan : DCP → CBR lapangan

2.1.5 Data Penyelidikan Material

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

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemerikasaan laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan.

   Pengidentifikasikan material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

   a. Tanah berbutir kasar

      Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.

   b. Tanah berbutir halus

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

2.1.6 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. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat

dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai sepanjang trase jalan rencana. (L.Hendarsin Shirley, 2000)

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasikan sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

Klasifikasi berdasarkan Undang-undang No. 38 tahun 2004, mengenai jalan dapat dilihat dibawah ini :

1. Jalan Arteri

Jalan Arteri Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua.

Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Primer adalah :

1) Kecepatan rencana ≥ 60 km/jam.
2) Lebar badan jalan ≥ 8,0 m.
3) Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.

6) Jalan primer tidak terputus walaupun memasuki kota.

Jalan Arteri Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder lainnya atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Sekunder adalah :

1) Kecepatan rencana ≥ 30 km/jam.
2) Lebar jalan ≥ 8,0 m.
3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata-rata.
4) Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat.

2. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota kedua dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga.

Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Kolektor Primer adalah :

1) Kecepatan rencana ≥ 40 km/jam.
2) Lebar badan jalan ≥ 7,0 m.
3) Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
4) Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
5) Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
6) Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.

Jalan Kolektor Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder

ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Kolektor Sekunder adalah :

1) Kecepatan rencana ≥ 20 km/jam.
2) Lebar jalan ≥ 7,0 m.

3. Jalan Lokal

Jalan Lokal *Primer* adalah ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang di bawahnya. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Primer adalah

1) Kecepatan rencana ≥ 20 km/jam.
2) Lebar badan jalan ≥ 6,0 m.
3) Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa.

Jalan Lokal Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Sekunder adalah

1) Kecepatan rencana ≥ 10 km/jam.
2) Lebar jalan ≥ 5,0 m.

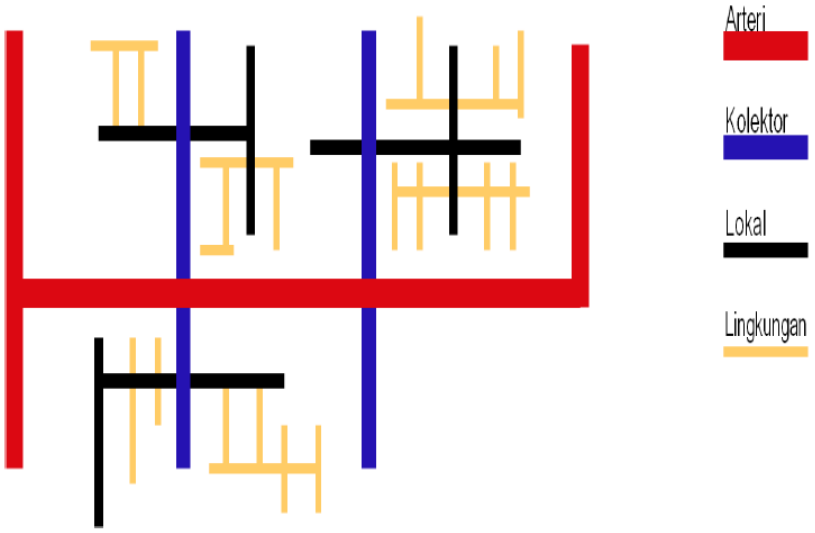
4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri seperti pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Ciri-ciri Jalan Lingkungan

Jalan	**Ciri-ciri**
Lingkungan	1. Perjalanan jarak dekat 2. Kecepatan rata-rata rendah

(Sumber : UU No.38 Tahun 2004)



Gambar 2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan beton.

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No	**Fungsi**	**Kelas**	**Muatan Sumbu Terberat (MST) ton**
1	Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	8
3	Lokal	III C	8

(*Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)*

Kelas I : Jalan kelas I yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter,dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.

Kelas II : Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter,ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang di izinkan 10 ton

Kelas III A : Jalan kelas III A yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2.500 milimeter,dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Kelas III B : Jalan kelas III B yaitu jalan kolektor yang dapat di lalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter,ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter,dan muatan sumbu terberat yang dizinkan 8 ton.

Kelas III C : Jalan kelas III C yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

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

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir umur rencana. LHR akhir umur rencana adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah kendaraan mulai dan saat merencanakan dan pelaksanaan jalan itu dikerjakan.

Adapun rumus yang akan digunakan dalam menghitung nilai LHR umur rencana yaitu :

$Pn = Po + (1+i)^n$.....(2.4)

Dimana : Pn = jumlah kendaraan pada tahun ke n

Po = jumlah kendaraan pada awal tahun

i = angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n = umur rencana

Setelah di dapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor eqivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. Nilai faktor eqivalensi dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2.6 Nilai Faktor Eqivalensi Kendaraan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut peraturan perencanaan geometrik jalan raya (PPGJR, 1997). Dapat dikelompokkan berdasarkan volume lalulintas harian rata-rata (VLHR) .

Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalulintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Klasifikasi Jalan Berdasarkan VLHR

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

(*Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)*

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1997) dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.8 Klasifikasi Kelas Jalan berdasarkan LHR dalam Satuan SMP

No	**Klasifikasi Jalan**	**Kelas**	**Lalulintas Harian (smp)**
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3.	Jalan penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

Dalam menghitung besarnya volume lalu lintas untuk keperluan penetapan kelas jalan kecuali untuk jalan-jalan yang tergolong dalam kelas II C dan III, kendaraan yang tidak bermotor tak diperhitungkan dan untuk jalan-jalan kelas II A dan I, kendaraan lambat tak diperhitungkan.

Khusus untuk perencanaan jalan-jalan kelas I sebagai dasar harus digunakan volume lalu lintas pada saat-saat sibuk. Sebagai volume waktu sibuk yang digunakan untuk dasar suatu perencanaan ditetapkan sebesar 15 % dari volume harian rata-rata.

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

c. Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton *(hotmix)* atau yang setarap, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

d. Kelas II B

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan dari penetrasi berganda atau yang setarap dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tapi tanpa kendaraan tak bermotor.

e. Kelas II C

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.9 dibawah ini :

Tabel 2.9 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	0 – 9,9
2	Perbukitan	B	10 – 24,9
3	Pegunungan	G	>25

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalanantar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3 Kriteria Perencanaan Jalan

Dalam perencanaan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Dalam perencanaaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perencanaan yang ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Selain dari pada itu, dalam perencanaan geometrik jalan juga terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, Volume dan kapasitas jalan, serta tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

Berikut ini adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perancanaan geometrik jalan antara lain :

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokan kedalam 3 kategori :

a. Kendaraan kecil (LV)

   Kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan sedang (MHV)

   Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem kalsifikasi Bina Marga)

c. Kendaraan besar (LB – LT)

   1. Bus Besar (LB)

      Bus denga dua atau tiga gandar denga jarak 5,0 – 6,0 m

   2. Truk Besar (MC)

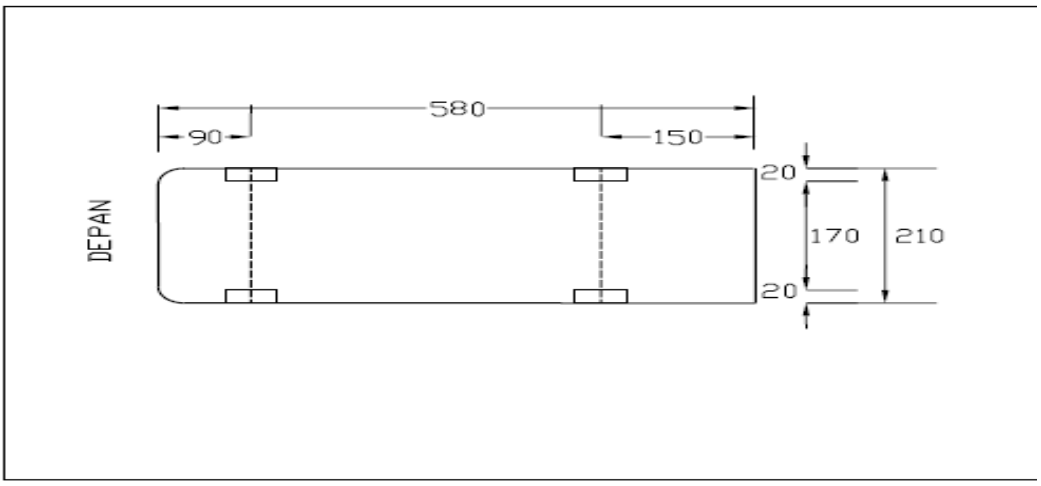
      Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) < 3,5 (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukan pada tabel 2.10 :

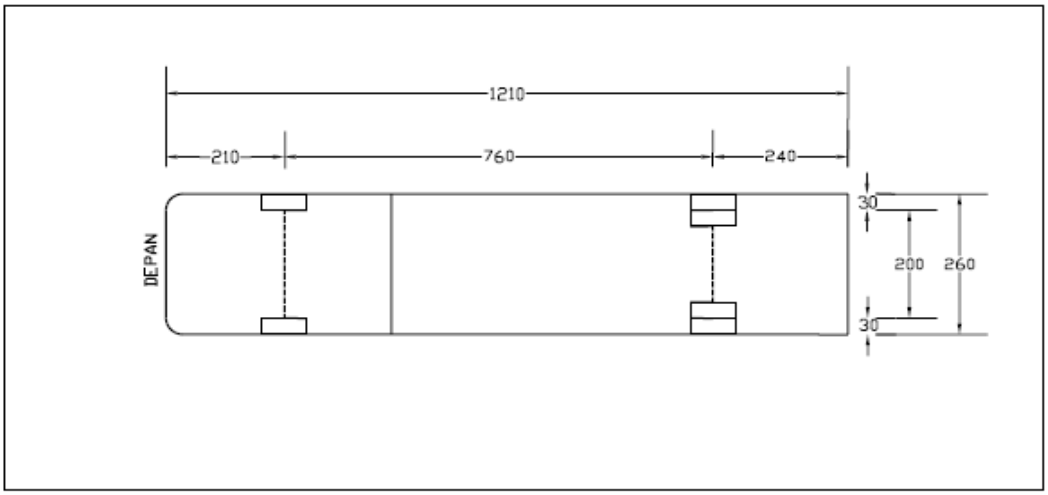
Tabel 2.10 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

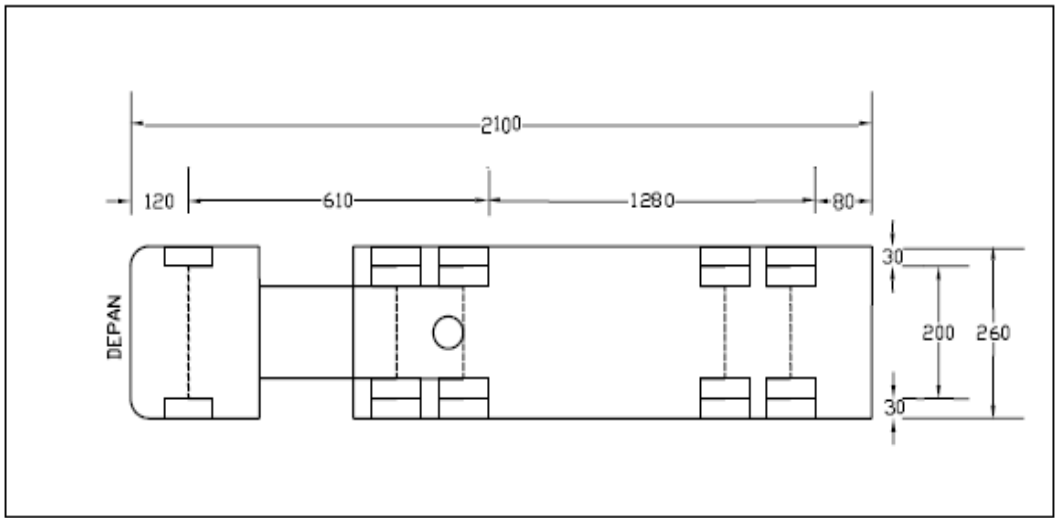
(sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan, dirjen binamarga, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Selain itu kecepatan juga dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti: tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain-lain.

Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain :

a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
c. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
d. Cuaca
e. Adanya gangguan dari kendaraan lain
f. Batasan kecepatan yang di izinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.11 :

Tabel 2.11 Kecepatan rencana (Vr) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan.

Fungsi Jalan	**Kecepatan Rencana V (km/jam)**		
	Datar	**Bukit**	**Gunung**
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, dirjen binamarga, 1997)

2.3.3 Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (smp) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan mimiliki satu smp. Atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan smp (Hendarsin, 2000).

SMP untuk jenis-jenis kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.12 :

Tabel 2.12 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	**Nilai SMP**
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.3.4 Volume Lalu Lintas

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

2.3.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas enam kendaraan yaitu :

1. Tingkat Pelayanan A, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
    b. Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
    c. Kepadatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi
2. Tingkat Pelayanan B, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas stabil
    b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lau lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi
3. Tingkat Pelayanan C, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas stabil
    b. Kecepatan perjalanan sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya
4. Tingkat Pelayanan D, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil
    b. Volume kira-kira sama dengan kapasitas
    c. Sering terjadi kemacetan
5. Tingkat Pelayanan E, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil
    b. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan

6. Tingkat Pelayanan F, dengan ciri-ciri :
    a. Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah
    b. Sering terjadi kemacetan
    c. Arus lalu lintas rendah

2.4 Penentuan trase jalan

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

1. Syarat Ekonomis

   Didalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut ini :

   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 menekan biaya.

2. Syarat Teknis

   Tujuannya 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.

2.5 Bagian-Bagian Jalan

suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagaian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

1. Daerah manfaat jalan (damaja)

Daerah ,manfaat jalan (Damaja) yaitu daerah meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Daerah manfaat jalan (Damaja) dibatasi antara lain oleh:

a. lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan.

b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan

c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter dibawah muka jalan.

2. Daerah milik jalan (Damija)

Daerah milik jalan (damija) adalah ruang yang di batasi oleh lebar yang sama dengan damaja di tambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

3. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

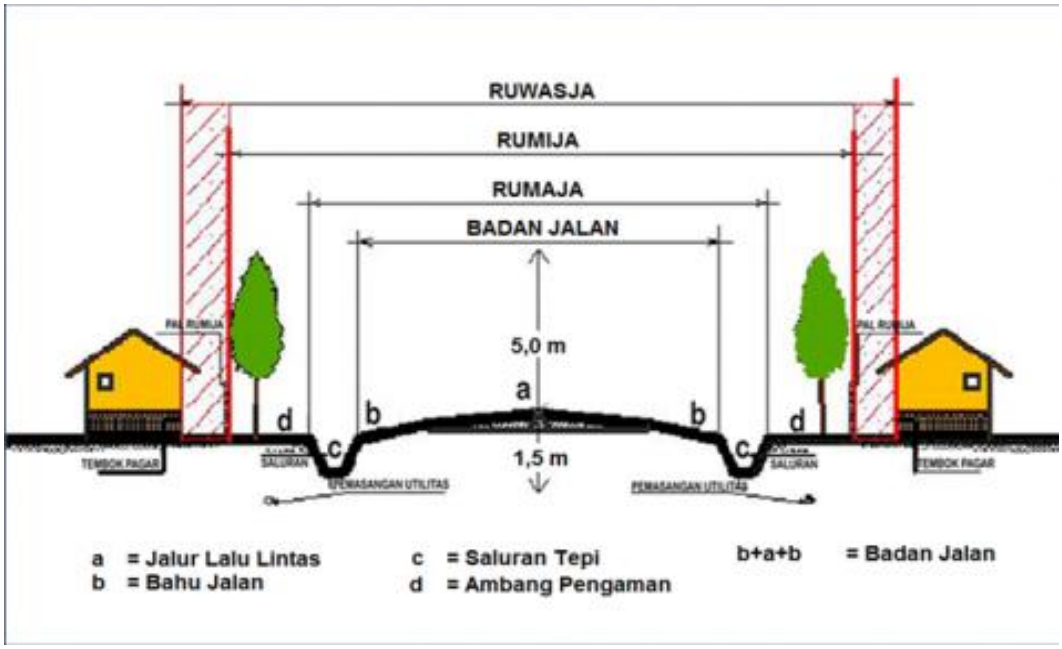
Daerah pengawasan jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Jalan arteri minimum 20 meter

b. Jalan kolektor minimum 15 meter

c. Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Bagian-Bagian Jalan

2.6 Alinyemen horizontal

Alinyemen adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dapat dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1). Sedapat mungkin hindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisah oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.

2). Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan sampai tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.

3). Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.

4). Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus di usahakan agar jari-jari (R1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R2) x 1,5.

5). Hindarkan sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak.

6). Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

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

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 ≤ 2,5 menit (sesuai Vr). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.13 dibawah ini :

Tabel 2.13 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)

Pada umumnya ada tiga jenis tikungan yang sering digunakan yaitu dapat dilihat dibawah ini :

1. Full Circle (FC)
2. Spiral Circle Spiral (SCS)
3. Spiral-Spiral (SS)

2.6.1 Penentuan Golongan Medan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.14 dibawah in :

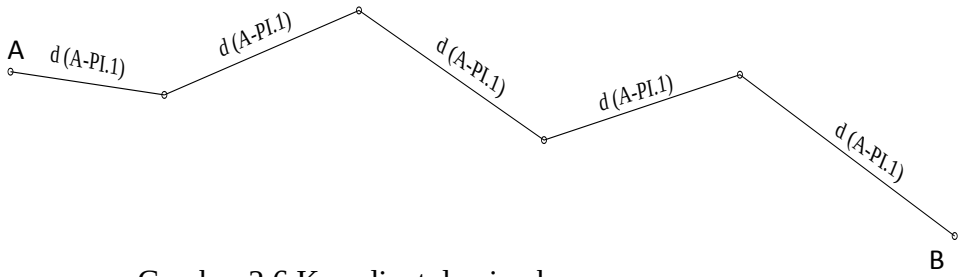
Tabel 2.14 Klasifikasi golongan medan

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

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

2.6.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rancana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah



Gambar 2.6 Koordinat dan jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

1. Titik awal proyek dengan simbol A.
2. Titik PI 1, PI 2,..... PI n sebagai titik potong (*Point of Intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
3. Titik akhir Proyek dengan simbol B.

Jarak yang dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d1 = Jarak titik A ke titik PI 1.

d2 = Jarak titik PI 1 ke titik PI 2.

d3 = Jarak titik PI 2 ke titik PI 3.

d4 = Jarak titik PI 3 ke titik B.

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y2 - Y1)^2} \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana : d = Jarak titik A ke titik PI 1

X2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X

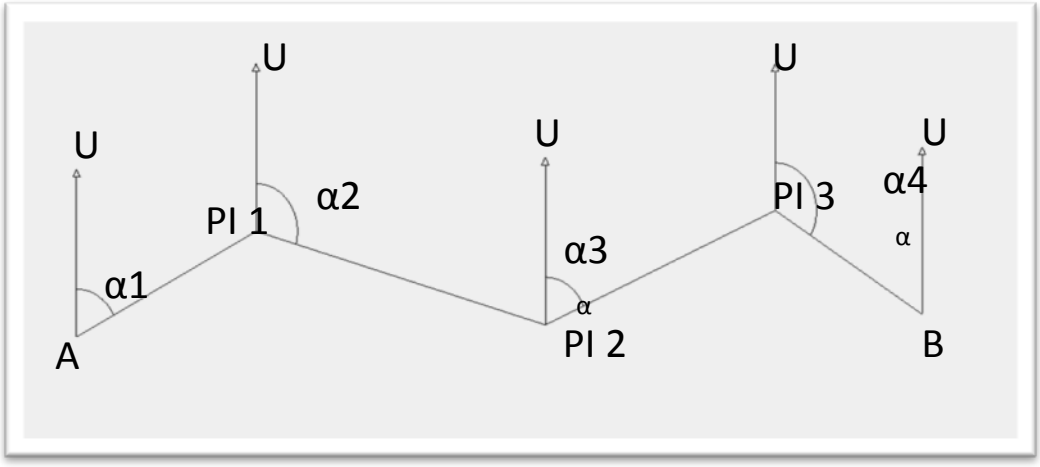
X1 = Koordinat titik A pada sumbu X

Y2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

Y1 = Koordinat titik A pada sumbuY

2.6.3 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (∆)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7 Sudut jurusan (α)

α1 = α(A – PI 1)

α2 = α(PI 1 – PI 2)

α3 = α(PI 2 – PI 3)

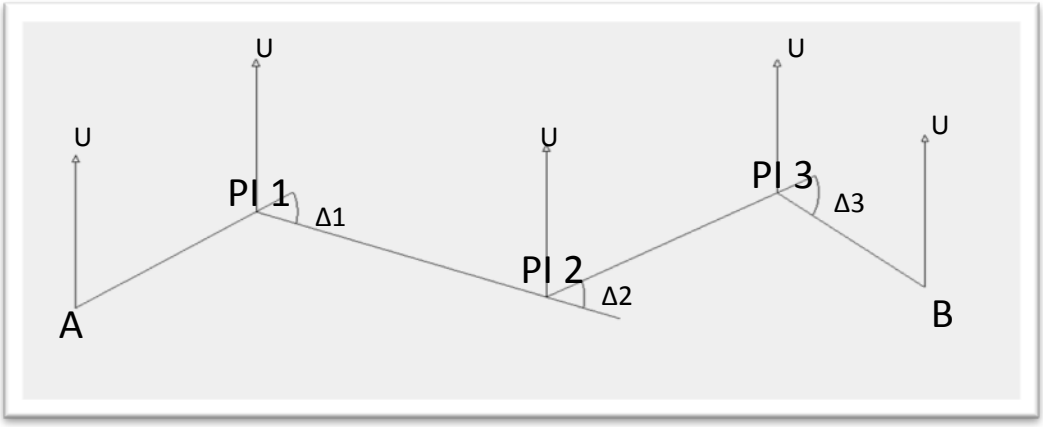
α4 = α(PI 4 – B)

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = arc\ tg \frac{(XPI.1 - XA)}{(YPI.1 - YA)} \quad \text{.....(2.6)}$$

$$\alpha = 90 - arc\ tg \frac{(YPI.1 - YA)}{(XPI.1 - XA)} \quad \text{.....(2.7)}$$

Sudut Bearing (Δ) diperlukan dalam menentukan tikungan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 Sudut Bearing (Δ)

Δ1 = (α2 – α1)

Δ2 = (α3 – α2)

Δ1 = (α4 – α3)

2.6.4 Tikungan

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

1. Jari-jari lengkung minimum

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

aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.15 :

Tabel 2.15 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 10%

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

2. Jenis-Jenis Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

A. Tikungan *full circle*

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

1. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R, yang berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian

lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungangan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggali tikungan.

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral *(clothoid).* Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

a. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR).
b. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
c. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (re) dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-max yang ditetapkan sebagai berikut :
    1. Untuk vR ≤ 70 km/jam, re-max = 0.035 m/detik
    2. Untuk vR ≤ 80 km/jam, re-maz = 0.025 m/detik
d. Ls ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar :
    1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan :

Ls = VR3.6 T ..... (2.8)

Dimana : T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

VR = kecepatan rencana (km/jam)

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

Ls = 0.022 $VR3R\ C$ - 2.727 ..... (2.9)

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

Ls = ($em-$)3.6 re .....(2.10)

Dimana : VR = kecepatan rencana (km/jam)

em = superelevasi maximum

en = superelevasi normal

re = tingkat perbahan kemiringan melintang

2. Kemiringan Melintang

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

Ls' = (e + en) . B . 1/m ..... (2.11)

Dimana: 1/m = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

en = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

3. Kebebasan Samping

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

a. Berdasarkan jarak pandang henti :

$$M = R (1 - \cos \theta) \quad \text{.....(2.12)}$$

b. Berdasarkan jarak pandang mendahului :

$$M = R (1 - \cos \theta) + \tfrac{1}{2} (S - L) \sin \theta \quad \text{.....(2.13)}$$

Dimana : M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

Θ = setengah sudut pusat sepanjang L, (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.16 :

Tabel 2.16 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari harga di atas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$R_{min} = \frac{V^2}{127\ (e\ max + fm)} \quad \text{.....(2.14)}$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \quad \text{.....(2.15)}$$

$$e = -\frac{e\ max}{D^2\ max} . D^2 + \frac{2\ e\ max}{D\ max} . D \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.16)$$

$$L's = (e + en).{}^1/_2 . B . m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.17)$$

$$L's = 0{,}022.\frac{V^3}{R.c} - 2{,}727.\frac{V.e}{c} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.18)$$

Tc = R tan ½ .....(2.19)

Ec = T tan ¼ (m).....(2.20)

Lc = $\frac{\pi}{180}\Delta R$ (m).....(2.21)

Dimana : □ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc dan PI

R = Jari-jari

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

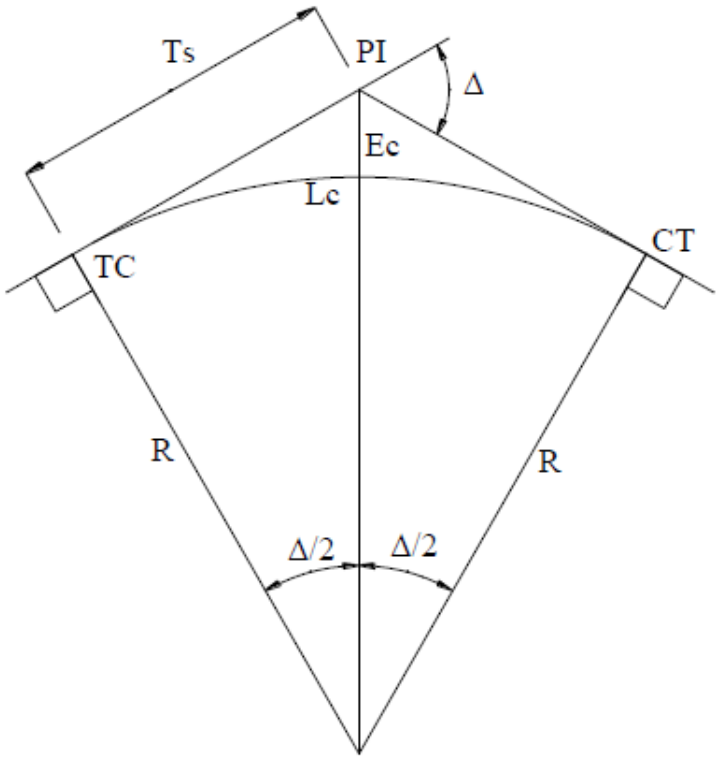
B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

fm = Koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625 V

m = Landai relatif = 2.V + 40

Komponen-komponen untuk tikungan Full Circle dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

B. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Spiral-circle-spiral adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke circle yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal.

Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai delam perencanaan suatu jalan, karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman. Adapun jari-jari yang di ambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya

kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu :

1. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

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

1. Kemiringan tikungan maksimum
2. Koefisien gesekan melintang maksimum

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

1. Bedasarkan waktu tempuh maksumun (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung ;

   $Ls = \frac{V_R}{3.6} T$ (m).....(2.22)

2. Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut ;

   $Ls = 0{,}022 \frac{V_R^3}{Rc.C} T - 2{,}727 \frac{V_R - e}{C}$ (m).....(2.23)

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian ;

   $Ls = \frac{(em - en)}{3.6re} V_R$ (m).....(2.24)

Dimana : T = Waktu tempuh (3 detik)

Rc = Jari-jari busur lingkaran (m)

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

Γe = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, Γe = 0,035 m/m/dt

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

Rumus–rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan spiral-circle-spiral ini adalah :

$$R\ min = \frac{V^2}{127.(e+fm)} \quad \text{.....(2.25)}$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung minimum (m)

e = Kemiringan tikungan (%)

fm = Koefisien gesek melintang maksimum

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

Adapun harga *fm* tiap kecepatan seperti tercantum pada tabel 2.17 dibawah ini :

Tabel 2.17 Harga *fm*

V	30	40	60	80	100	120
fm	0.17125	0.1650	0.1525	0.14	0.1275	0.115

(sumber : geometrik jalan, Hamirhan Soedang 2004)

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \quad \text{.....(2.26)}$$

$$e = -\frac{e\ max}{D^2\ max}.D^2 + \frac{2\ e\ max}{D\ max}.D \quad \text{.....(2.27)}$$

Ts = (R + P) tan ½ Δ + k (m).....(2.28)

$$Es = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \quad \text{(m).....(2.29)}$$

Ltot = Lc + 2 Ls (m).....(2.30)

$$Lc = \frac{\Delta}{360}.2\pi R \quad \text{(m).....(2.31)}$$

$$2\theta s = \frac{Ls}{2\pi R} x\ 360 \quad (^o)\text{.....(2.32)}$$

$$\Delta c = \Delta - 2.\theta s \quad (^o)\text{.....(2.33)}$$

p = Ys – R (1- Cos θs) (m).....(2.34)

k = Xs – R Sin θs (m).....(2.35)

$$Ys = \frac{Ls^2}{6.R} \quad \text{(m).....(2.36)}$$

$$Xs = Ls\left(1 - \frac{Ls^2}{40R^2}\right) \quad \text{(m).....(2.37)}$$

Keterangan :

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

Ys = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada garis tangent

Ls = Panjang lengkung peralihan

L’ = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS)

Ts = Panjang Tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST)

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke tangen

Es = Jarak dari PI ke lingkaran

Rc = Jari-jari lingkaran

P = Pergeseran tangen terhadap spiral

K = Absis dari p pada garis tangen spiral

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

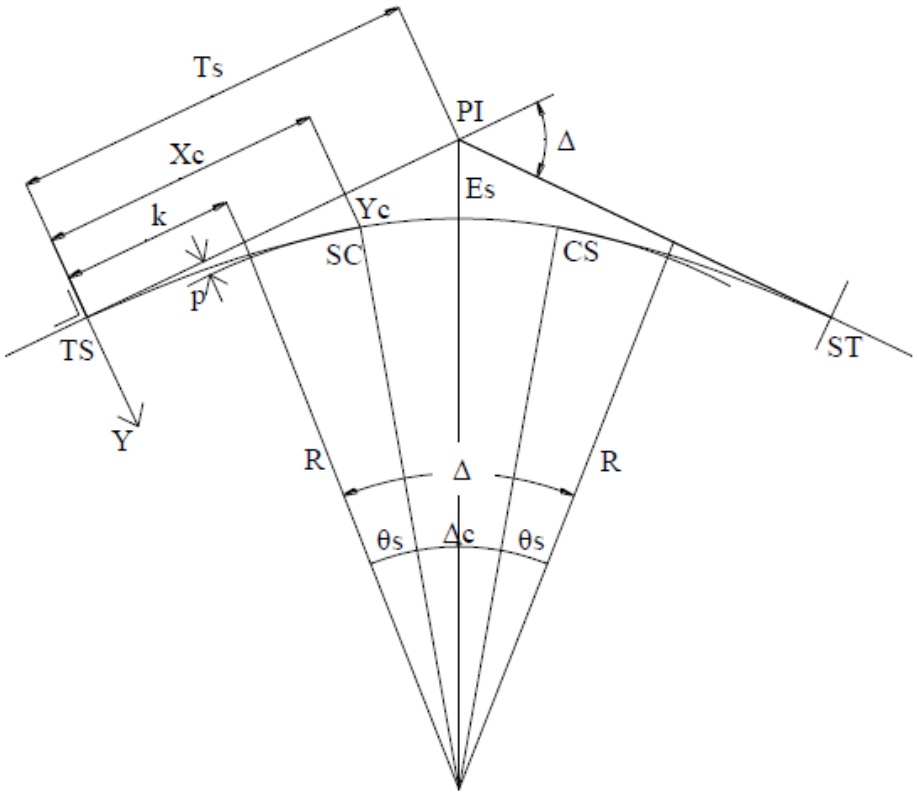
θs = Sudut lengkung spiral

Kontrol :

Jika diperoleh Lc < 20 m, maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika p yang dihitung dengan rumus ;

$p = Ls^2 / 24.Rc < 0.25$ maka digunakan tikungan jenis FC.

Bentuk tikungan Spiral-Circle-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

C. Tikungan *Spiral-Spiral*

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

Ls = $\frac{\theta s}{28{,}648} . Rc$ (m)..... (2.38)

Ts = (R + P) tan ½ Δ + k (m).....(2.39)

Es = $\frac{R+P}{\cos 1/2\Delta} - R$ (m).....(2.40)

L = 2. Ls (m).....(2.41)

K = k* . Ls.....(2.42)

P = p* . Ls.....(2.43)

Keterangan :

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran

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

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

Rc = Jari-jari lingkaran

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

p = pergeseran tangen terhadap spiral

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.18 dibawah ini :

Tabel 2.18 : TABEL p dan k

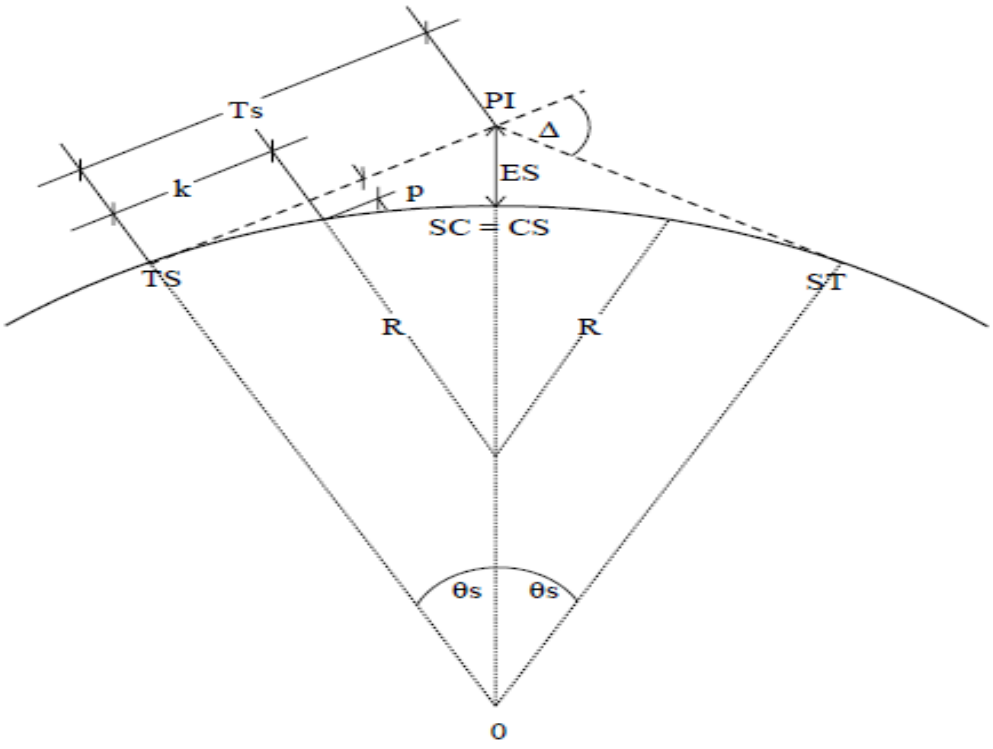
UNTUK LS = 1

qs (^{o})	p*	k*	qs (^{o})	p*	k*	qs (^{o})	p*	k*
0.5	0.0007272	0.4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1.0	0.0014546	0.4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2.0	0.0029098	0.4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2.5	0.0036378	0.4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3.0	0.0043663	0.4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3.5	0.0050953	0.4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4.0	0.0058249	0.4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4.5	0.0065551	0.4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5.0	0.0072860	0.4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5.5	0.0080178	0.4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6.0	0.0094843	0.4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6.5	0.0102191	0.4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7.0	0.0102191	0.4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7.5	0.0109550	0.4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141

8.0	0.0116922	0.4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.0555957	0.4932057
8.5	0.0124307	0.4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9.0	0.0131706	0.4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9.5	0.0139121	0.4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10.0	0.0146551	0.4994884	23.5	0.0356088	0.4970788	37.0	0.0593473	0.4923322
10.5	0.0153997	0.4994356	24.0	0.0364288	0.4969479	37.5	0.0602997	0.4921037
11.0	0.0161461	0.4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11.5	0.0168943	0.4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12.0	0.0176444	0.4992609	25.5	0.0389128	0.4965360	39.0	0.0631929	0.4913933
12.5	0.0183965	0.4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13.0	0.0191507	0.4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13.5	0.0199070	0.4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(sumber : Peraturan perencanaan geometrik jalan raya, 1997)

Bentuk tikungan spiral-spiral dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 Tikungan Spiral- Spiral

2.6.5. Kemiringan melintang

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh ke atas permukaan jalan cepat mengalir ke samping dan masuk kedalam selokan, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapisan permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan kontruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang berkisar antara 2 % - 4 %.

2.6.6 Menentukan Stationing (STA)

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

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

2.6.7 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaannya dilapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (en) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan Full Circle (FC) 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 panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (Ls'). Bina Marga menempatkan 3/4 Ls' di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan 1/4 Ls' ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan 2/3 Ls' di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan 1/3 Ls' ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Pada Tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier mulai dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superlevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari (R) cukup besar untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat di tabel dibawah ini :

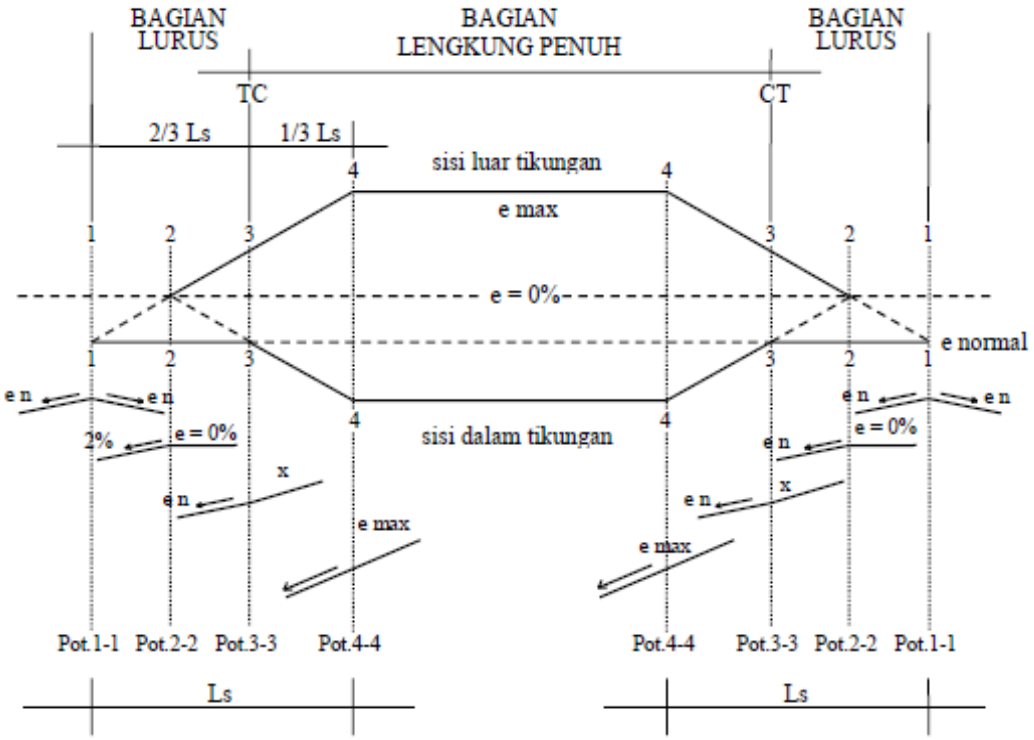
Tabel 2.19 : Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maks = 10 %, metode Bina Marga)

D	R	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
(°)	(m)	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	D maks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	D maks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	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	50	D maks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	D maks = 18,85									

LN = lereng jalan normal, diasumsikan 2 %
LP = lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal 2 %
Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi *Shortt* landai relative maksimum, jarak tempuh 3 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m

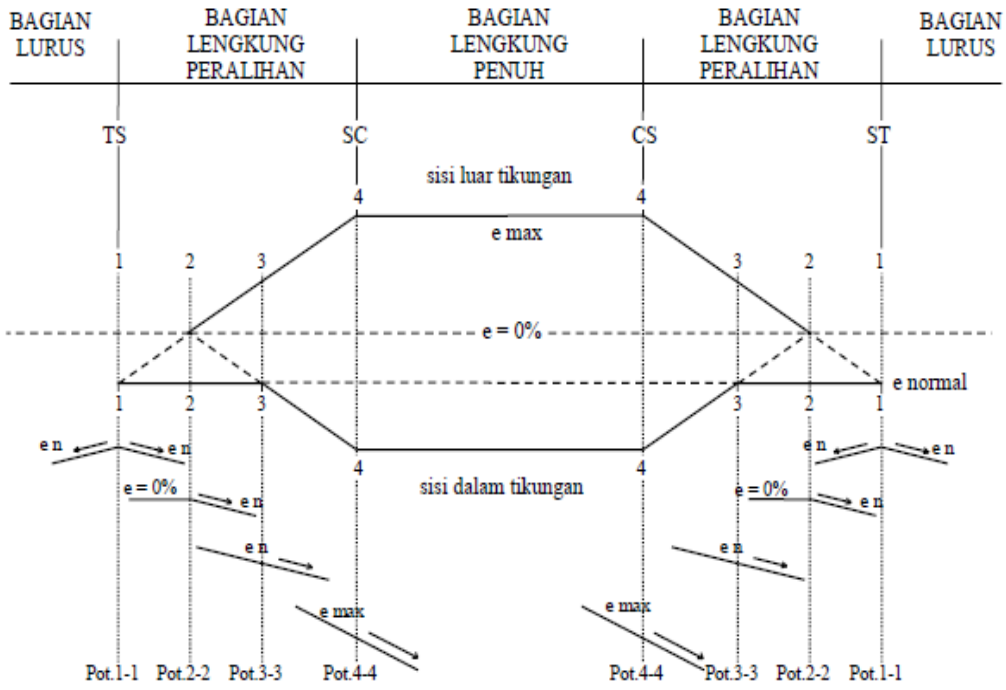
Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova

Tikungan Full Circle dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



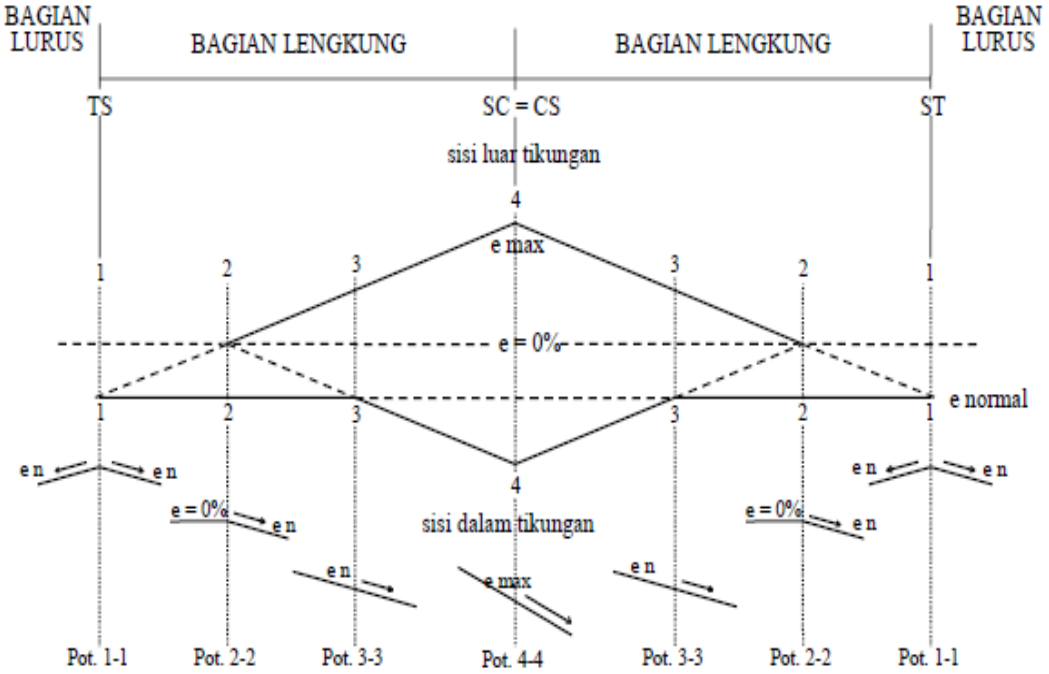
Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

Tikungan Spiral-Circle-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Tikungan Spiral-Spiral dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan :

Potongan I, Kemiringan permukaan perkerasan jalan tersebut bersifat normal, yaitu sebagian miring kearah kiri dan sebagian lagi miring kearah kanan.

Potongan II, Pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.

Potongan III; Bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.

Potongan IV; Baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur kembali kebentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi kebentuk potongan I, yakni bentuk normal.

2.6.8 Perlebaran perkerasan jalan pada tikungan

Perlebaran 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 akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

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

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1{,}25\right\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64)} + 1{,}25 \text{ (m)} \quad \text{.....(2.44)}$$

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Dimana nilai radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah in :

Rc = R – ¼ Bn + ½ b (m).....(2.45)

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Bt = n (B + C) + Z (m).....(2.46)

Dimana : n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

Δb = Bt – Bn

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah in :

$Z = 0{,}015 \frac{V}{\sqrt{R}}$ (m).....(2.47)

Dimana : V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan

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

2.6.9 Jarak pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya.

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan Jarak Pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

a. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.

b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.

c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.

d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas. Adapun jarak-jarak pandang tersebut adalah :

1. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya.

Jarak panjang henti diformulasikan dengan berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diatas permukaan jalan. Jarak Pandang Henti (Jh) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = 0{,}694\ V_R + 0{,}004\ \frac{V_R^2}{fp} \quad \text{..... (2.48)}$$

Dimana : V*R* = kecepatan rencana (km/jam)

fp = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0{,}694\ V_R + 0{,}004\ \frac{V_R^2}{fp \pm L} \quad \text{.....(2.49)}$$

Dimana : Jh = Jarak pandang henti (m)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

Fp = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100.

Nilai Jarak pandang henti (Jh) minimun dapat dilihat berdasarkan nilai Vr pada tabel 2.20 dibawah ini :

Tabel 2.20 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

2. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului di ukur 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 Vr dapat dilihat pada tabel 2.21 dan 2.22 dibawah ini:

Tabel 2.21 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V (km/jam)	50–65	65–80	80–95	95 – 110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.22 Panjang jarak Pandang Mendahului berdasarkan Vr

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

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

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

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

a. Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
b. Sebelum penyiap berada dijalur lawan, ia telah menurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
c. Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
d. Penyiapan dilakukan dengan "start terlambat" dan bersegera untuk kembali kejalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
e. Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

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

$Jd = d_l + d_2 + d_3 + d_4$.....(2.50)

$d_1 = 0{,}278\ t_1\ (V\text{-}m + \frac{al_1}{2})$.....(2.51)

$d_2 = 0{,}278.V.\ t_2$..... (2.52)

d_3 = diambil 30 - 100 meter

(berdasarkan buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)

$d_4 = \frac{2}{3} d_2$.....(2.53)

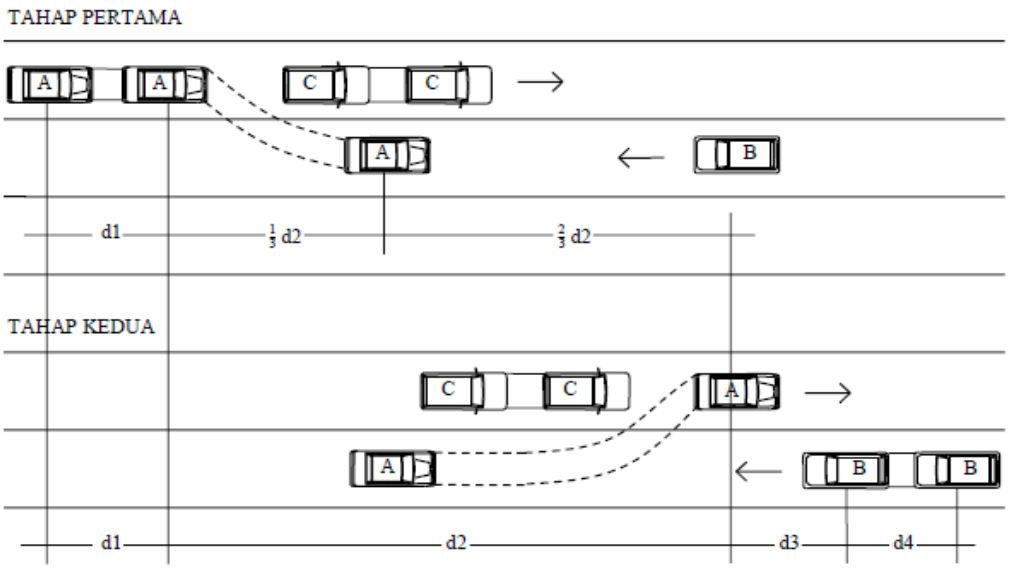
Dimana :

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

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

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

d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan 213 d2 (m).



Gambar 2.15 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan, jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

2.6.10 Kebebasan samping pada tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan Jh.

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

a. Jika Jh < Lt

$$E = R' \left(1 - Cos\frac{28{,}65\ Jh}{R'}\right) \quad \text{.....(2.54)}$$

Dimana : E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak Pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

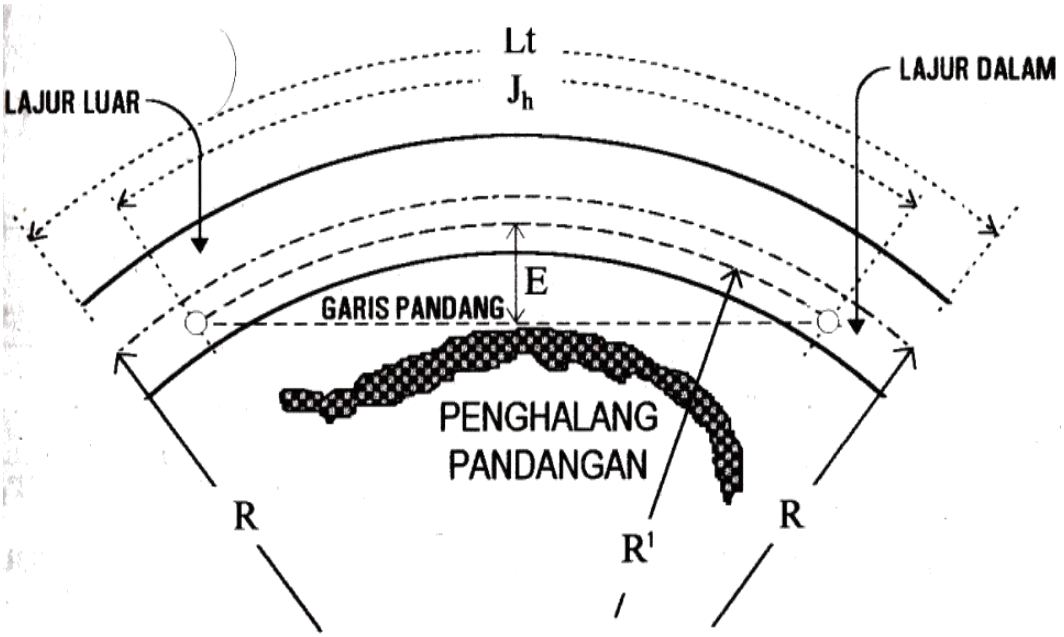
Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.23 dibawah ini :

Tabel 2.23 Nilai E untuk Jh<Lt

R (m)	V_R=20	30	40	50	60	80	100	120
	J_h=16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1.6
3000								2.6
2000							1.9	3.9
1500							2.6	5.2
1200						1.5	3.2	6.5
1000						1.8	3.8	7.8
800						2.2	4.8	9.7
600						3.0	6.4	13.0
500						3.6	7.6	15.5
400					1.8	4.5	9.5	R_{min}=500
300					2.3	6.0	R_{min}=350	
250				1.5	2.8	7.2		
200				1.9	3.5	R_{min}=210		
175				2.2	4.0			
150				2.5	4.7			
130			1.5	2.9	5.4			
120			1.7	3.1	5.8			
110			1.8	3.4	R_{min}=115			
100			2.0	3.8				
90			2.2	4.2				
80			2.5	4.7				
70		1.5	2.8	R_{min}=80				
60		1.8	3.3					
50		2.3	3.9					
40		3.0	R_{min}=50					
30		R_{min}=30						
20	1.6							
15	2.1							
	R_{min}=15							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika Jh < Lt :



Gambar 2.16 Daerah bebas samping di tikungan untuk Jh < Lt

b. Jika Jh > Lt

$$E = R'\left(1 - Cos\frac{28{,}65\ Jh}{R'}\right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} Sin\frac{28{,}65\ Jh}{R'}\right) \quad \text{.....(2.55)}$$

Dimana : E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak Pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

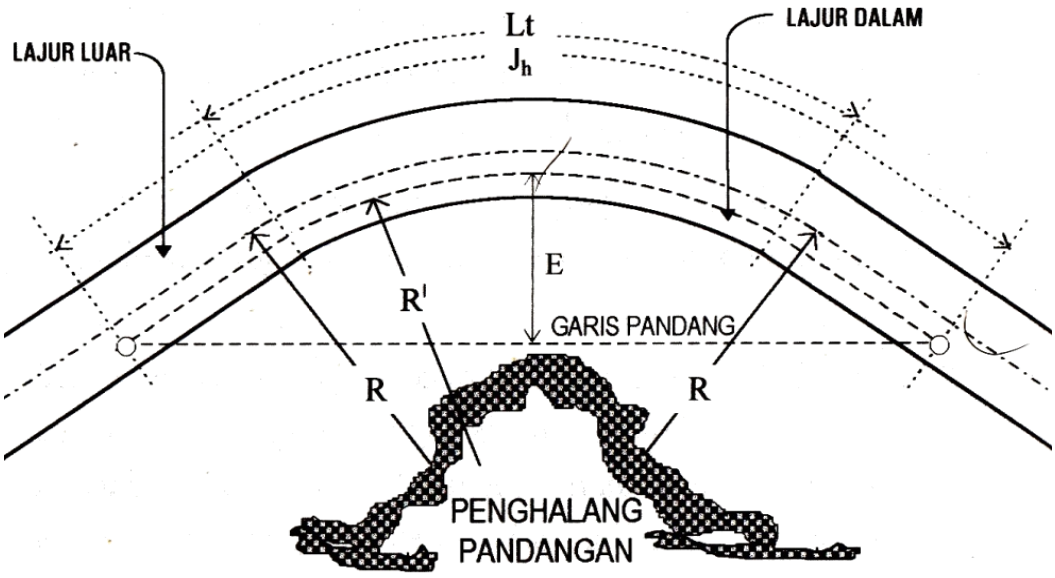
Nilai E (m) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.24 Nilai E untuk Jh>Lt

R(m)	V_R=20	30	40	50	60	80	100	120
	J_h=16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1.9
3000							1.6	3.1
2000							2.5	4.7
1500						1.5	3.3	6.2
1200						2.1	4.1	7.8
1000						2.5	4.9	9.4
800					1.5	3.2	6.1	11.7
600					2.0	4.2	8.2	15.6
500					2.3	5.1	9.8	18.6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R_{min}=500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R_{min}=350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R_{min}=210		
175		1,5	2.6	4.1	6.7			
150		1.7	3.0	4.8	7.8			
130		2.0	3.5	5.5	8.9			
120		2.2	3.7	6.0	9.7			
110		2.4	4.1	6.5	R_{min}=115			
100		2.6	4.5	7.2				
90	1.5	2.9	5.0	7.9				
80	1.6	3,2	5.6	8.9				
70	1,9	3,7	6,4	R_{min}=80				
60	2.2	4.3	7.4					
50	2.6	5.1	8.8					
40	3,3	6,4	R_{min}=50					
30	4.4	8.4						
20	6.4	R_{min}=30						
15	8,4							
	R_{min}=15							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika Jh > Lt :



Gambar 2.17 Daerah bebas samping di tikungan untuk Jh > Lt

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

$$M = R (1 - \cos \theta) + \tfrac{1}{2} (S - L) \sin \theta \quad \text{..... (2.56)}$$

Dimana : M = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

Θ = setengah sudut pusat sepanjang L, (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

2.7 Alinyemen Vertikal

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

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung

cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar).

Kalau pada alinyemen horizontal bagian yang kritis adalah pada tikungan, maka pada alinyemen vertikal bagian kritis justru pada bagian lurus. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah :

1. Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal (tanjakan dan turunan).
2. *Grade* (kemiringan memanjang) min = 0,5 %.
3. *Grade* (kemiringan memanjang) maximum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.25 Panjang Kritis

Grade (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kristis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

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

4. Penentuan elevasi jalan rencana harus memperhatikan kemungkinan terjadinya galian dan timbunan serta volume galian dan timbunan diusahakan sama sejauh kriteria perencanaan terpenuhi.

Alinemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.7.1 Kelandaian maksimum

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

jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.26 di bawah ini :

Tabel 2.26 Landai Maksimum

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

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya,1997)

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang,2004). Tabel Panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.27 dibawah ini:

Tabel 2.27 Tabel Panjang Kritis

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

(Sumber:Geometrik jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

2.7.2 Lengkung Vertikal

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

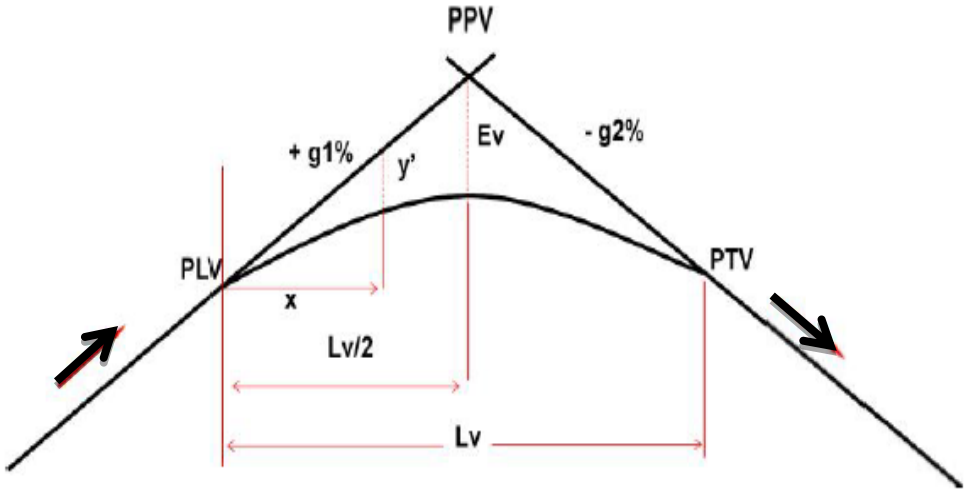
1. Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian.
2. Menyediakan jarak pandang henti.

b. Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.28 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang seperti yang ada dibawah ini :

Tabel 2.28 Panjang Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
<40	1	20-30
40-60	0,6	40-80
>60	0,4	80-150

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



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus;

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200.L}\right].X^2 \quad \text{.....(2.57)}$$

Dimana : x = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y' = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m).

g1, g2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%).

Lv = panjang lengkung vertikal (m).

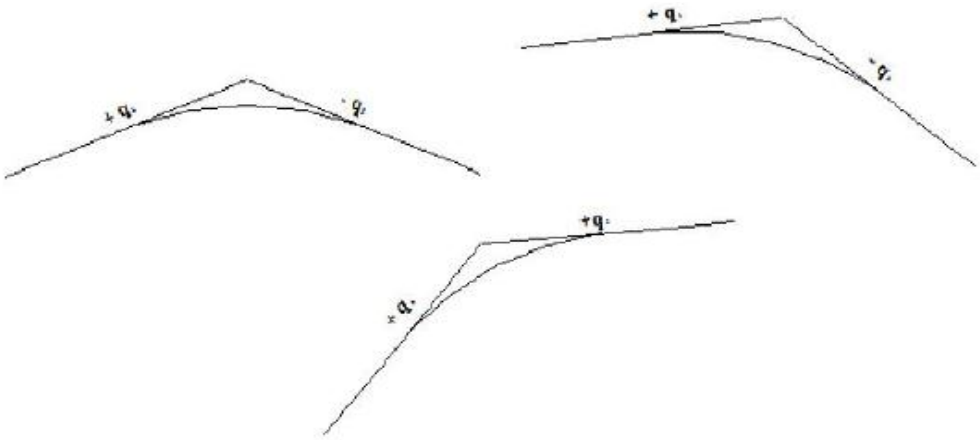
Untuk x = ½ lv, maka y' = Ev dirumuskan sebagai;

$$Ev = \frac{(g2 - g1)Lv}{800} \quad \text{.....(2.57)}$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu ;

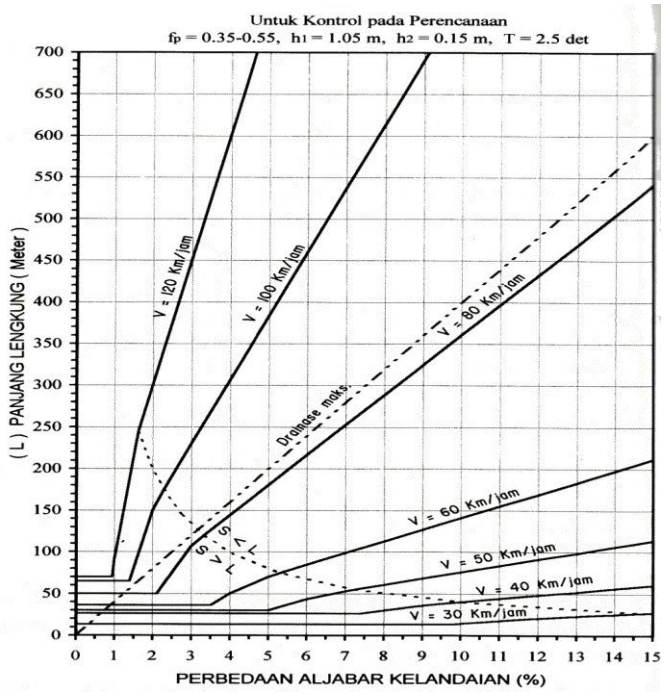
a. Lengkung vertikal cembung.

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di atas permukaan jalan.

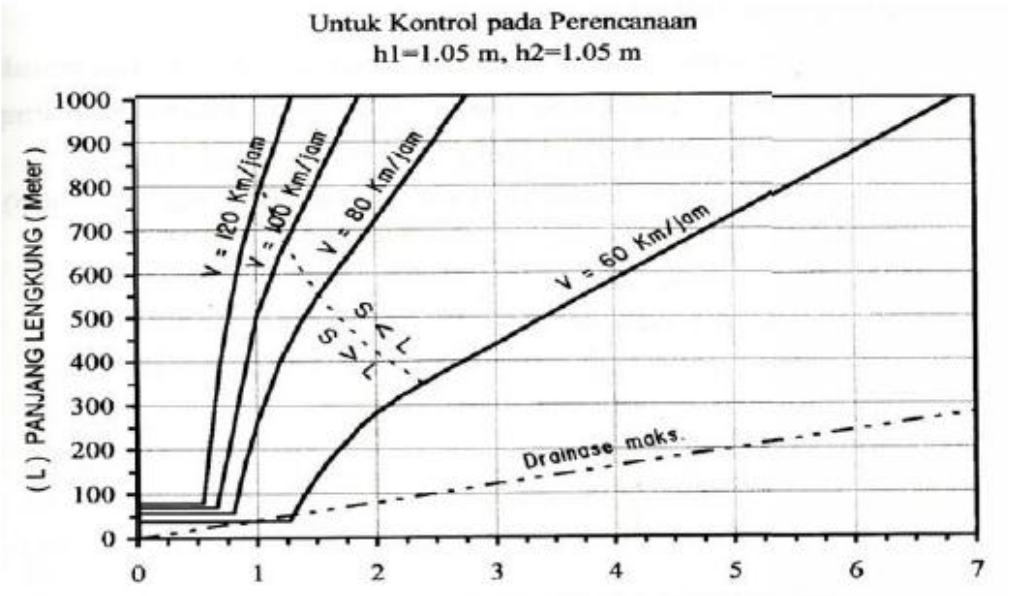


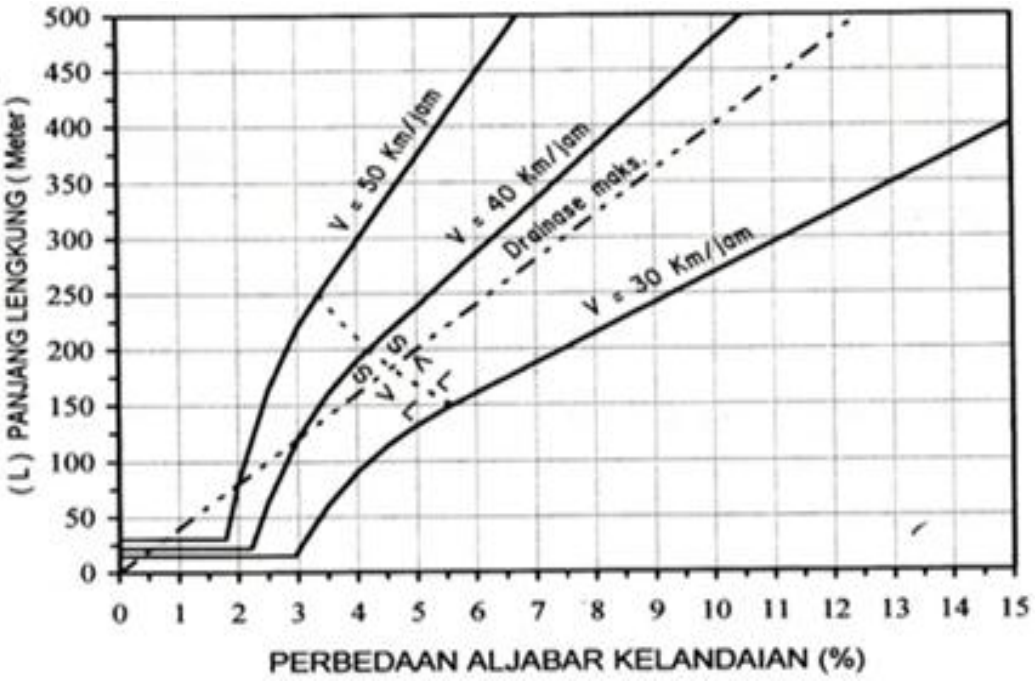
Gambar 2.19 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung (Lv) dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.20 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik pada Gambar 2.21 (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini :



Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)

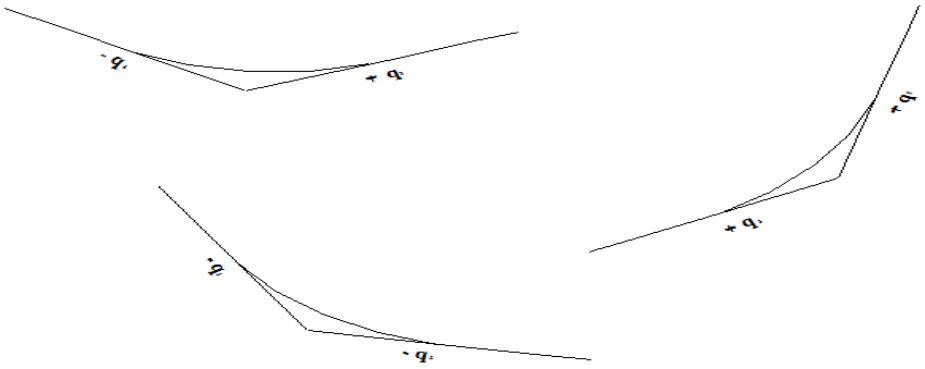




Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

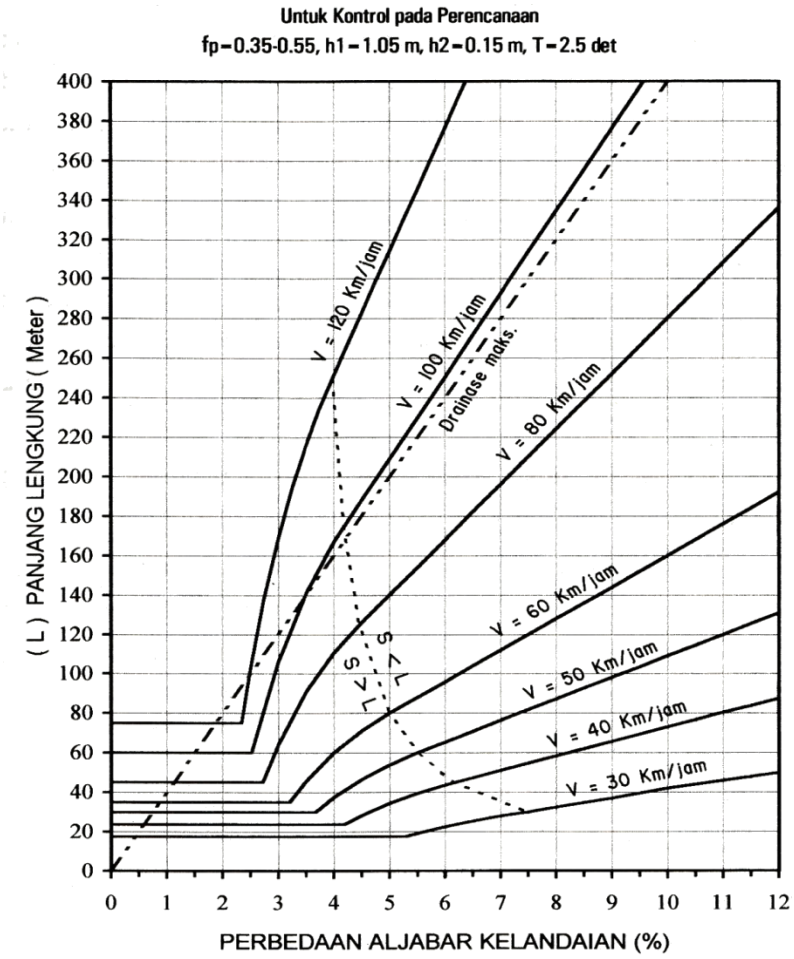
b. Lengkung vertikal cekung.

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambbar 2.22 dibawah ini :



Gambar 2.22 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.23 dibawah ini :



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

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 horizontal 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. Gambar potongan melintang (*cross section*) 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.

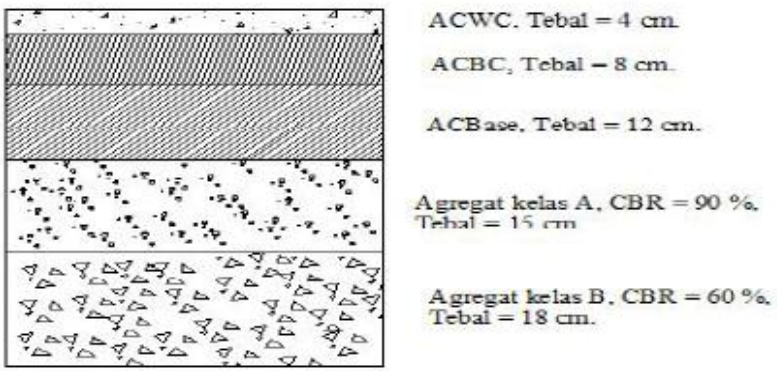
2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan–bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang.
2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat
3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.9.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan.



Gambar 2.24 Lapisan Perkerasan Lentur

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

b. Lapisan Pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

1. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
2. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
3. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan – lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan).

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.

2.9.2 Metode perencanaan tebal perkerasan

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

   Yang secara terus menerus mengalami perubahan terakhir pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku "AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986".*

b. Metode Asphalt Institute

   Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1.*

c. Metode Bina Marga, Indonesia

   Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.9.3 Langkah – langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

a. Menentukan Indeks Permukaan

Indeks permukaan ini menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan. Adapun beberapa ini IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini :

IP = 2,5 : menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

IP = 2,0 : menyatakan tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 1,5 : menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 1,0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu-lintas kendaraan.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 2.29 dibawah ini :

Tabel 2.29 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IPt)
Bebas hambatan	≥ 2,5
Arteri	≥ 2,5
Kolektor	≥ 2,0

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan Tabel 2.30.

Tabel 2.30 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP0
Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Modifikasi/ AC-Mod)	≥ 4,0
Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	≥ 4,0

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

b. Tingkat Kepercayaan/reliabilitas (R)

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian ke dalam proses perencanaan. Adapun tabel di bawah ini memperlihatkan tingkat reabilitas yang di rekomendasikan.

Tabel 2.31 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 - 99,90	80 - 99,90
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

(1) Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.

(2) Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada Tabel 4.

(3) Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,40 – 0,50.

Tabel 2.32 Deviasi normal standar (ZR)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R
50,00	0	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

c. Koefisien Drainase

Tujuan utama dari perencanaan perkerasan jalan agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar pengaruh dari air. Pada tabel di bawah ini memperlihatkan definisi umum mengenai kultas drainase.

Tabel 2.33 Definisi kualitas drainase

KUALITAS DRAINASE	AIR HILANG DALAM
Baik Sekali	2 Jam
Baik	1 Hari
Sedang	1 Minggu
Jelek	1 Bulan
Jelek Sekali	air tidak akan mengalir

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif adalah koefisien drainase (m) dan disertakan dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D). Tabel dibawah ini memperlihatkan nilai koefisien drainase (m).

Tabel 2.34 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan subbase pada perkerasan lentur.

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan diperngaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Baik Sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,65	0,60
Jelek Sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

(Sumber : ASSTHO 1993)

d. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalulintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari satu lajur atau lebih. Jika jalan tidak mempunyai pembatas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.35 :

Tabel 2.35 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
L < 5,50 m	1 lajur
5,50 m ≤ L < 8,25 m	2 lajur
8,25 m ≤ L 11,25 m	3 lajur
11,25 m ≤ L < 15,00 m	4 lajur
15,00 m ≤ L < 18,75 m	5 lajur
18,75 m ≤ L < 22,00 m	6 lajur

(Sumber : ASSTHO 1993)

Persentase kendaraan pada lajur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien distribusi kendaraan , untuk jenis kendaraan ringan dan berat. Koefisien distribusi kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.36 :

Tabel 2.36 Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,000	1,000	1,000	1,000
2 lajur	0,600	0,500	0,700	0,500
3 lajur	0,400	0,400	0,500	0,475
4 lajur	-	0,300	-	0,450
5 lajur	-	0,250	-	0,425
6 lajur	-	0,200	-	0,400

(Sumber : ASSTHO 1993)

Keterangan :

Berat total kendaraan ringan < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

Berat total kendaraan berat ≥ 5 ton, mislnya : bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

e. Koefisien kekuatan relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah dapat dilihat pada tabel 2.37.

Tabel 2.37 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a_1	a_2	a_3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Asbuton/Lasbutag
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			*Hot Rolled Asphalt*
0,26			340			Aspal Macadam
0,25						Lapen (mekanis)
0,20						Lapen (manual)
			590			Laston Atas
	0,28		454			
	0,26		340			
	0,24					Lapen (mekanis)
	0,23					Lapen (manual)
	0,19					
	0,15			22		Stab. tanah dengan semen
	0,13			18		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,15			22		
	0,13			18		
	0,14					Pondasi macadam (basah)
	0,12				100	Pondasi macadam (kering)
					60	
	0,14					Batu pecah (kelas A)
	0,13				100	Batu pecah (kelas B)
	0,12				80	Batu pecah (kelas C)
					60	
						Sirtu/pitrun (kelas A)
		0,13			70	Sirtu/pitrun (kelas B)
		0,12			50	Sirtu/pitrun (kelas C)
		0,11			30	
						Tanah/Lempung kepasiran
		0,10			20	

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Keterangan:

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau modified asphalt. Diameter benda uji 6 inchi
2. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari, Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
3. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA.

f. Pemilihan tipe Lapisan Beraspal

Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan. pada tabel 2.38 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal.

Tabel 2.38 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	*Tipe Lapisan Beraspal*	
	Kecepatan kendaraan 20 – 70 km/jam	*Kecepatan kendaraan ≥ 70 km/jam*
< 0,3	*Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah*	
0,3 – 1,0	*Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)*	*Lapis tipis beton aspal*
10 - 30	*Lapis Beton Aspal (Laston/AC)*	*Lapis Beton Aspal (Laston/AC)*
≥ 30	*Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)*	*Lapis Beton Aspal (Laston/AC)*

(Sumber : ASSTHO 1993)

Catatan: untuk lokasi setempat setempat dengan kecepatan kendaraan < 20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku

g. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Untuk mengetahui tebal minimum lapisan perkerasan dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.39 – Tebal minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi Lapen	2,5	6,5
Agregat Kelas A	4,0	10,0
CTB	6,0	15,0
CTRB	6,0	15,0
CMRFB	6,0	15,0
CTSB	6,0	15,0
CTRSB	6,0	15,0
Beton Padat Giling	6,0	15,0
Beton Kurus	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
1. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,0
Agregat Kelas C	6,0	15,0

Konstruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (selected Material)	6,0	15,0

(Sumber : ASSTHO 1993)

h. Persamaan dasar

Penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log (W18)} = \text{ZR . S0} + 9{,}36 \times \log10\,(\text{SN} + 1) - 0{,}2 + \frac{Log10\left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IPf}\right]}{0{,}4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \cdot \log10\,(\text{MR}) - 8{,}07 \quad \text{.....(2.58)}$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 adalah volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

ZR adalah deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R).

S0 gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPf).

MR adalah modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

IPf adalah indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

i. Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibar variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

j. Perhitungan

$$SN = a_{1.1}\, x\, D_{1.1} + a_{1.2} x\, D_{1.2} + a_2\, x\, D_2 x\, m_2 + a_3\, x\, D_3\, x\, M_3 \text{...(2.59)}$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$ adalah koefisien kekuatan LP, LPB dan LPA

$D_1 D_2 D_3$ adalah tebal LP, LPA, LPB (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan

$m_1 m_2$ adalah koefisien drainase LP, LPA dan LPB

k. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Untuk perkerasan lentur struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakilli segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPt) yang telah dipilh. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan kontruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh

bagian perkerasan yang terletak di atas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 MPa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang prakti

Tabel 2.40 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,0

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	1816	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	2724	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009
8	3632	0,030	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	4540	0,075	0,085	0,900	0,085	0,079	0,076
12	5448	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	6356	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	7264	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	8172	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9080	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	9988	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	10896	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	11804	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	12712	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	13620	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	14528	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	15436	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6

36	16344	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	17252	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	18160	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	19068	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	19976	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	20884	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	21792	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	22700	113,0	108,0	97,0	86,0	81,0	82,0

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Tabel 2.41 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan IPt = 2,0

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
6	2724	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	3632	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
10	4540	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	5448	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012
14	6356	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	7264	0,041	0,048	0,050	0,046	0,042	0,040
18	8172	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	9080	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	9988	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158

24	10896	0,227	0,244	0,260	0,252	0,239	0,231
26	11804	0,322	0,340	0,360	0,353	0,338	0,329
28	12712	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	0,455
30	13620	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	14528	0,810	0,823	0,843	0,842	0,829	0,819
34	15436	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	16344	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17252	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	18160	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	19068	2,77	2,37	2,64	2,62	2,66	2,70
44	19976	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	20884	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	21792	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	22700	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	23608	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	24516	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	25424	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	26332	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	27240	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	28148	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	29056	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	29964	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9
68	30872	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	31780	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3

72	32688	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	33596	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8
76	34504	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	35412	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	36320	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	37228	61,6	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	38136	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	39044	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	39952	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	40860	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Tabel 2.42 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu triple dan IPt = 2,0

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	2724	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
8	3632	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007
10	4540	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	5448	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	6356	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	7264	0,010	0,012	0,012	0,010	0,009	0,009
18	8172	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015

20	9080	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	9988	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	10896	0,049	0,058	0,060	0,055	0,051	0,048
26	11804	0,068	0,080	0,083	0,077	0,071	0,068
28	12712	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	13620	0,125	0,140	0,149	0,140	0,131	0,126
32	14528	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	15436	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	16344	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	17252	0,346	0,368	0,390	0,381	0,364	0,353
40	18160	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	19068	0,538	0,560	0,587	0,580	0,561	0,548
44	19976	0,662	0,682	0,710	0,705	0,686	0,673
46	20884	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	21792	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987
50	22700	1,17	1,18	1,20	1,20	1,19	1,18
52	23608	1,40	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
54	24516	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	25424	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	26332	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	27240	2,67	2,64	2,59	2,57	2,60	2,63
62	28148	3,10	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	29056	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	29964	4,13	4,05	3,89	3,83	3,90	3,99

68	30872	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	31780	5,40	5,28	5,03	4,90	5,00	5,15
72	32688	6,15	6,00	5,68	5,52	5,63	5,82
74	33596	6,97	6,79	6,41	6,20	6,33	6,56
76	34504	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36
78	35412	8,88	8,63	8,09	7,75	7,90	8,23
80	36320	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	37228	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2
84	38136	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	39044	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	39952	15,5	15,0	13,8	13,0	13,2	13,8
90	40860	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

2.10 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.

1. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

   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.

2. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

   Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing – masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

3. 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. 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 :

   a. Penentuan stationing
   b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal)
   c. Gambarkan potongan melintang (*cross section*)
   d. Hitung volume galian dan timbunan

4. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

   Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

5. 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.

6. Rencana Kerja *(Time Schedule)*

   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 *time schedule* atau rencana kerja :

a. Bagan Balok (*Barchart*)

   Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukan skala waktu.

b. Kurva S

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

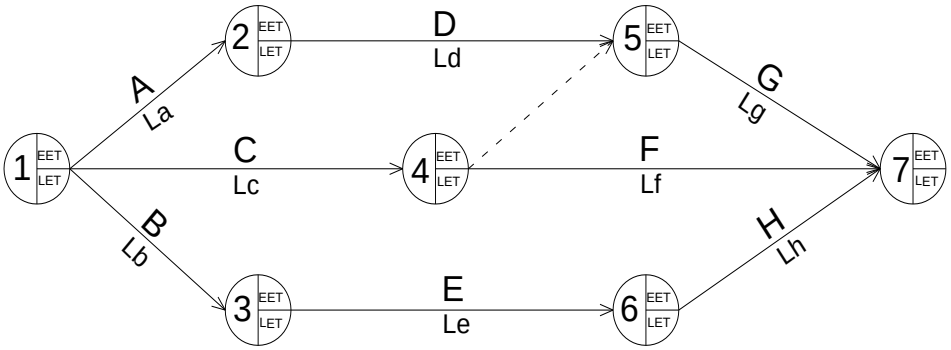
c. Jaringan Kerja / *Network planning* (NWP)

   NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. 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 dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

   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. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesainnya proyek dengan tambahan waktu.
   4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Gambar *Network planning* dapat dilihat pada gambar 2.26 dibawah ini :



Gambar 2.26 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

1. (*Arrow*), Simbol ini merupakan aktifitas atau pekerjaan dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu.
2. (*Node / event*), artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah awal atau akhir dari suatu kegiatan
3. (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
4. (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.
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.

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