

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik merupakan bagian dari suatu perencanaan konstruksi jalan, yang meliputi rancangan pola arah dan visualisasi dimensi nyata dari suatu trase jalan beserta bagian-bagiannya, disesuaikan dengan persyaratan parameter pengendara, kendaraan dan lalu lintas. Melalui perencanaan geometrik, diusahakan untuk dapat menciptakan hubungan serasi antara faktor-faktor yang berkaitan dengan parameter tersebut diatas, sehingga akan dihasilkan suatu efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang paling optimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak. (Hamirhan Saodang, 2004)

Perencanaan geometrik secara umum, menyangkut aspek-aspek perencanaan elemen jalan seperti lebar jalan, tikungan, kelandaian jalan, dan jarak pandangan serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut, baik untuk suatu ruas jalan, maupun untuk perlintasan diantara dua atau lebih ruas-ruas jalan. Perencanaan geometrik akan lebih memperhatikan beberapa parameter yang terkait langsung dengan karakteristik lalulintas dan turunannya, berbeda dengan perencanaan struktur jalan, yang lebih menyoroti faktor kekuatan akibat beban dari lalulintas tersebut.

Dalam perencanaan jalan raya, pola dan bentuk geometrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Dalam tinjauan pembangunan berkelanjutan, perencanaan geometrik adalah fase lanjutan dari langkah penyiapan suatu prasarana jalan secara utuh, yang kemudian akan diikuti dengan serangkaian fase selanjutnya yang lebih menekankan pada langkah membangun struktur jalan sesuai dengan kriteria fungsional. (Hamirhan Saodang, 2004)

Perencanaan geometrik jalan meliputi perencanaan alinyemen horizontal, perencanaan alinyemen vertikal, dan superelevasi sesuai klasifikasi Bina Marga. Dalam perencanaan geometrik jalan sangat diperlukan data-data pendukung

seperti data lalu lintas (LHR), data peta topografi (peta kontur), data CBR, data curah hujan, angka pertumbuhan, dan data pendukung lainnya.

2.1.1 Data lalu lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang diperlukan untuk merencanakan suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan bergantung pada komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Hasil dari analisa data lalu lintas pada akhirnya akan menentukan kapasitas jalan, namun haruslah beriringan dengan perencanaan geometrik, karena hal tersebut sangat berkaitan satu sama lain.

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

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

1. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada dan diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
2. Survey asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan kepada pengguna jalan yang melintas untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan. (L. Henarsin Shirley, 2000).

2.1.2 Data peta topografi

Data peta topografi didapat dari pengukuran kondisi ketinggian elevasi muka tanah yang dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didaptkannya trase jalan yang sesuai dengan standar pekerjaan. Pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

1. Pekerjaan pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran :
 - a. penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang jalan (*cross section*) dan penampang memanjang jalan.
 - d. Perhitungan perencanaan dan desain jalan dalam penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 Data penyelidikan tanah

Penyelidikan tanah di lapangan dibutuhkan untuk data perancangan pondasi bangunan jalan. Dari data yang di peroleh sifat-sifat teknis tanah dipelajari, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis kapasitas dukung dan penurunan. Ketelitian penyelidikan tanah tergantung dari besarnya beban bangunan, tingkat keamanan yang di inginkan, kondisi lapisan tanah dan biaya yang tersedia untuk penyelidikan. Tujuan penyelidikan tanah antara lain:

1. Menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan perancangan struktur yang akan di bangun diatasnya.
2. Menentukan kapasitas dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.
3. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi.

4. Untuk mengetahui muka air tanah
5. Untuk memprediksi besarnya penurunan
6. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah.

Data penyelidikan tanah didapatkan dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, dengan melaksanakan penelitian data tanah.

1. Penelitian data tanah

Pengambilan data CBR (*California Bearing Ratio*) dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara analisis dan grafis.

a. Metode Analisis

Beberapa metode analitis dapat digunakan untuk menentukan CBR_{segmen} antara lain:

1. Berdasarkan nilai simpangan baku dan nilai rata-rata dari CBR yang ada dalam satu segmen.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - K \cdot s$$

Dengan :

CBR_{segmen} = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR rata-rata dalam satu segmen

S = nilai simpangan baku dari seluruh data yang ada dalam satu segmen

K = Konstanta yang ditentukan berdasarkan tingkat kepercayaan yang digunakan.

2. Metode *Japan Road Ass*^[Japan Road Ass]

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

Dengan:

CBR_{segmen} = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR rata-rata dalam satu segmen

CBR_{maks} = CBR maksimum dalam satu segmen

CBR_{min} = CBR minimum dalam satu segmen

R = konstanta seperti pada tabel 2.1, berdasarkan jumlah data CBR titik pengamatan dalam satu segmen.

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

(Sumber : Japan Road Ass)

b. Cara Grafis

Nilai CBR_{segmen} dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen.

CBR_{segmen} adalah nilai CBR dimana 90% dari data yang ada dalam segmen memiliki nilai CBR lebih besar dari nilai CBR_{segmen} . (Silvia Sukirman, 2010)

Langkah-langkah menentukan CBR_{segmen} menggunakan metode grafis adalah sebagai berikut :

- Tentukan nilai CBR terkecil
- Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data sengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris.

- Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
- Gambarkan grafik hubungan antara nilai CBR dengan persentase dari butir 3
- Nilai CBR segmen adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi 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. Klasifikasi jalan dibagi menjadi beberapa kelompok (TPJAK, 1997), yaitu :

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsinya

Klasifikasi jalan, menurut fungsinya terbagi atas :

1. Jalan Arteri

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

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

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

4. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek dan kecepatan rendah).

2.2.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST, Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR.

1. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan bersarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST ini dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut 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	

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

2. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas Lalu Lintas Harian (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi kelas jalan dalam LHR ini dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Arteri	I	> 20.000
2	Kolektor	II A	6.000 sampai 20.000
		II B	1500 sampai 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	-

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

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagai besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan menurut medan jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan diatur menjadi beberapa golongan, berdasarkan pendanaan dari pemerintah yaitu:

1. Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibukota - ibukota provinsi
2. Jalan provinsi, merupakan jalan yang menghubungkan antara tempat atau kota didalam suatu provinsi.

3. Jalan kabupaten/ kota, merupakan jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.
4. Jalan desa, merupakan jalan yang ada dilingkungan suatu desa.
5. Jalan khusus, merupakan jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/badan hukum/perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

2.3 Bagian-Bagian Jalan

Bagian-bagian jalan secara umum meliputi daerah manfaat jalan, daerah milik jalan, dan daerah pengawasan jalan.

1. Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) yaitu meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan.

- a. lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- b. tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
- c. kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalan

2. Daerah milik jalan (Damija)

Damija merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh Pembina Jalan dengan suatu hak tertentu. Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning.

Sejalur tanah tertentu diluar Daerah Manfaat Jalan tetapi di dalam Daerah Milik Jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasaan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran Daerah Manfaat Jalan dikemudian hari.

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

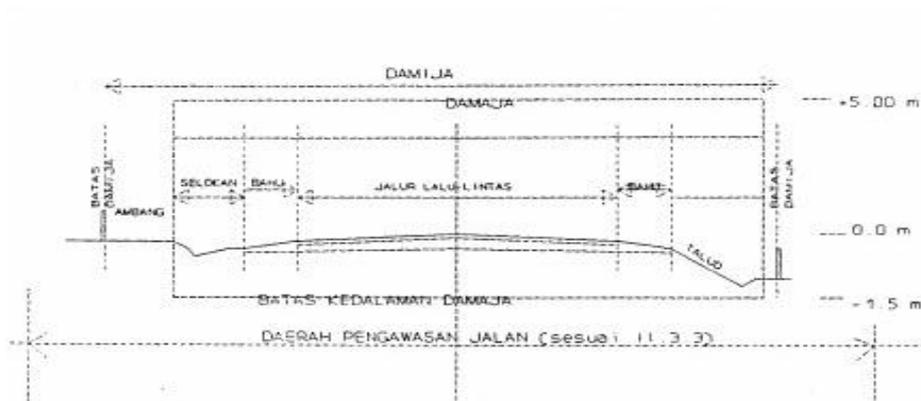
- a. lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
 - b. lahan ruang milik jalan harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah antarkota dan 30 meter di daerah perkotaan.
 - c. lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurang-kurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi.
 - d. Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol.
3. Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja)

Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah sejalur tanah tertentu yang terletak diluar Daerah Milik Jalan, yang penggunaannya diawasi oleh Pembina Jalan, dengan maksud agar tidak mengganggu pandangan pengemudi dan konstruksi bangunan jalan, dalam hal tidak cukup luasnya Daerah Milik Jalan. Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

Adapun ketentuan untuk Dawasja adalah sebagai berikut :

- a. Jalan arteri minimum 20 meter.
- b. Jalan kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan lokal minimum 10 meter

Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Damaja, Dawija dan Dawasja

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota)

2.4 Kriteria Perencanaan

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 perencanaan geometrik jalan terdapat 3 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.

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

2.4.1 Kendaraan rencana

Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/ truk, semi trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran

kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

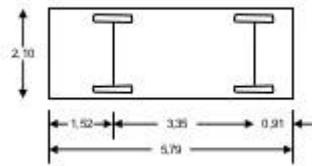
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (*U turn*). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan.

Tabel 2.5 Nilai Dimensi Kendaraan Rencanaan

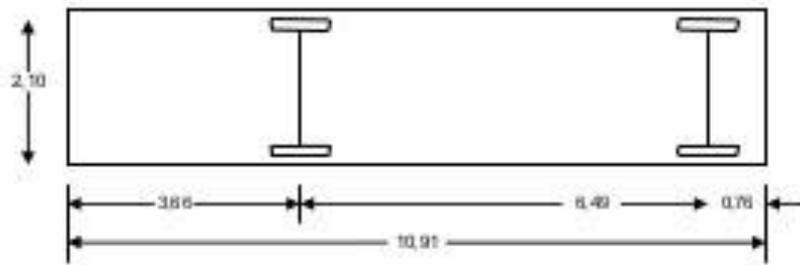
Jenis Kendaraan	Simbol	Dimensi Kendaraan		Dimensi Tonjolan			Radius Putar Minimum	Radius Tonjolan Minimum
		Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang		
Mobil Penumpang	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,3	4,4
Truk AS Gandeng	SU	4,1	2,4	9,0	1,1	1,7	12,8	8,6
Bis Gandengan	A-BUS	3,4	2,5	18,0	2,5	2,9	12,1	6,5
Truk Semitrailer Kombinasi Sedang	WB-12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,2	5,9
Truk Semitrailer Kombinasi Besar	WB-15	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,7	5,2
Convensional School Bus	SB	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,9	7,3
City Transit Bus	CB	3,2	2,5	12,0	2,0	2,3	12,8	7,5

(Sumber : Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)

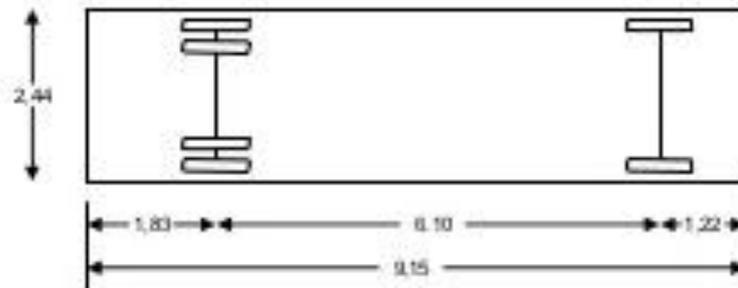
Dimensi standar kendaraan rencana untuk desain jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan seperti diilustrasikan pada Gambar 2.2 hingga Gambar 2.6 .



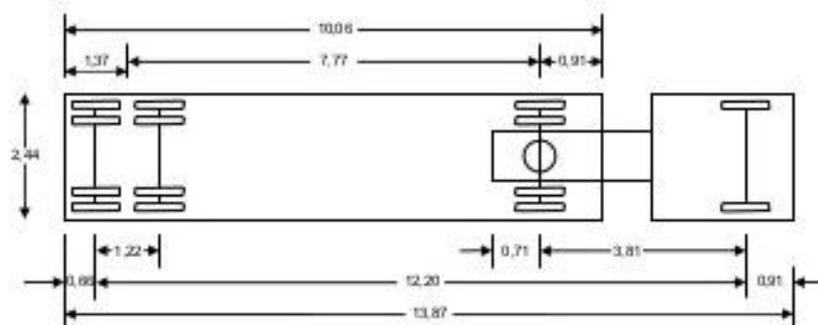
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Mobil Penumpang
(Sumber : *Geometri Jalan Perkotaan, 2004*)



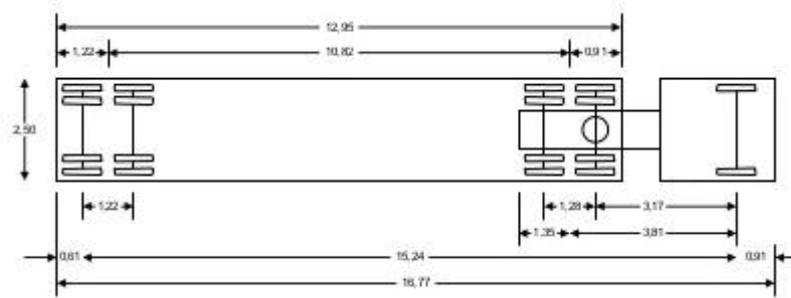
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Truk As Tunggal
(Sumber : *Geometri Jalan Perkotaan, 2004*)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Bus Sekolah
(Sumber : *Geometri Jalan Perkotaan, 2004*)



Gambar 2.5 Kendaraan Semitrailer Kombinasi Sedang (WB-12)
(Sumber : *Geometri Jalan Perkotaan, 2004*)



Gambar 2.6 Kendaraan Semitrailler Kombinasi Besar (WB-15)

(Sumber : Geometri Jalan Perkotaan, 2004)

2.4.2 Kecepatan rencana

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

Kecepatan rencana bergantung pada kondisi jalan, perilaku pengemudi dan kendaraannya, keadaan fisik dan medan jalan, cuaca sekitar, Adanya gangguan dari kendaraan lain, dan batas kecepatan yang diizinkan. Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel 2.6 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) sesuai dengan Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

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

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

2.4.3 Volume lalulintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalulintas digunakan “volume”. Volume lalulintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit).

Volume lalulintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalulintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya. (Silvia Sukirman, 2010)

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

1. Satuan Mobil Penumpang

Satuan Mobil Penumpang SMP adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.7 Ekivalensi Mobil Penumpang (smp)

NO	Jenis Kendaraan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
3	Bus dan Truk Besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

(Sumber : *Geometri Jalan Perkotaan, 2004*)

Salah satu satuan volume lalulintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah Lalulintas Harian Rata-rata. Lalulintas Harian Rata-Rata adalah volume lalulintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis Lalulintas

Harian Rata-Rata, yaitu Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR).

a. Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

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

Rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalulintas dalam satu tahun}}{365}$$

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

b. Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR)

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan

Rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

2.4.4 Penentuan lebar jalur dan lajur lalulintas

Jalur lalulintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalulintas kendaraan. Jalur lalulintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalulintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan roda empat atau lebih dalam satu arah. Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan dua arah adalah dua dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalulintas untuk satu arah minimal terdiri dari 1 lajur lalulintas untuk menentukan lebar jalur dan bahu jalan dapat dilihat dalam tabel 2.8 dan tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
> 25.000	2n x 3,5	2,5	2 x 7,0	2,0	2n x 3,5	2,0						

$2n \times 3,5 \gg 2 = 2$ jalur; $n =$ jumlah lajur per lajur; $n \times 3,5 =$ lebar per lajur

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

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

Tabel 2.9 Lebar Lajur Ideal

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

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

2.4.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh tingkat keamanan dan kenyamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar jalur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih

tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut menuntut daerah manfaat jalan yang lebar pula.

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

1. Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas bebas tanpa hambatan.
 - b. Volume dan kepadatan lalulintas rendah.
 - c. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas stabil.
 - b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalulintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
3. Tingkat Pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas masih stabil.
 - b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalulintas, sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.
4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas sudah mulai tidak stabil.
 - b. Perubahan volume lalulintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
5. Tingkat Pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas sudah tidak stabil.
 - b. Volume kira-kira sama dengan kapasitas.
 - c. Sering terjadi kemacetan.
6. Tingkat Pelayanan F, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - b. Sering kali terjadi kemacetan dan Arus lalulintas rendah.

2.4.6 Jarak Pandang Kendaraan

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandang terbagi menjadi dua bagian, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d).

1. Jarak pandang henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan. (Hamirham Saodang, 2004: 39) jarak pandang henti terdiri dari dua komponen, yaitu adalah sebagai berikut :

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

Jarak pandang henti (J_h), dalam satuan meter, dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti dalam buku Hamirhan Saodang (2004) berikut ini :

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

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

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

Dimana :

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

F_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan
 0,28 – 0,45 (f semakin kecil jika V_R semakin tinggi). Bina marga
 Menetapkan $f = 0,35 - 0,55$

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar

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

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

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

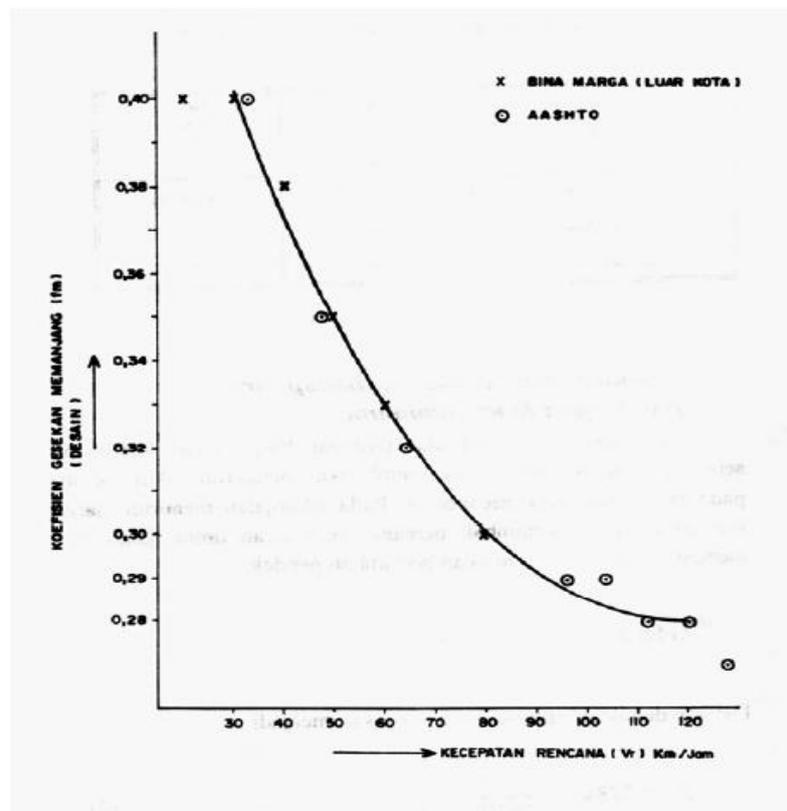
Dimana L = landai jalan (%) atau perseratusan

Nilai jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_R pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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



Gambar 2.7 Diagram koefisien gesekan memanjang jalan (f_p)

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula. J_d dihitung berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

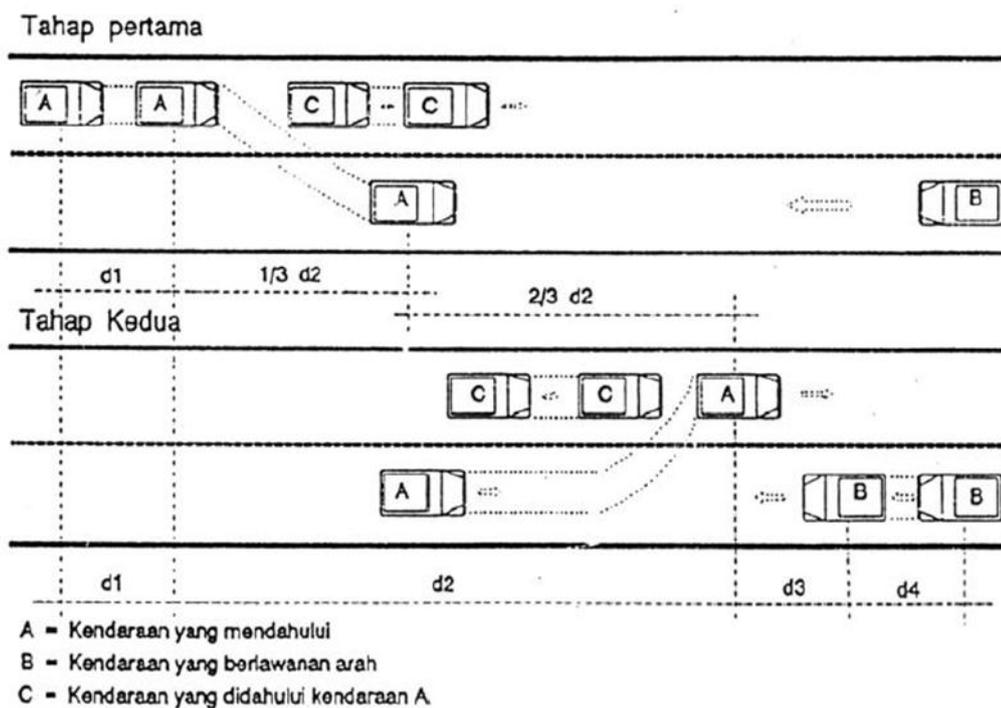
Jarak pandang mendahului standar pada jalan dua lajur dan dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu :

- Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disalip dengan kecepatan yang sama.

- c. Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- d. Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- e. Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.

Ilustrasi gerakan mendahului pada jalan tak terbagi, dikemukakan pada gambar dibawah ini :

Gambar 2.8 ilustrasi gerakan mendahului pada jalan tak terbagi



(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

No.038/T/BM/1997)

Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_R dapat dilihat pada tabel 2.11 dan 2.11 dibawah ini :

Tabel 2.11 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang (d_3)

1	50 – 65	65 - 80	80 - 95	95 – 100
Jh Minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_R

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

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

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

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

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V - m + \frac{aT_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot t_2$$

d_3 = diambil 30 – 100 meter (berdasarkan buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)

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

Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

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

T_1 = waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = percepatan rata-rata, $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

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

2.4.7 Daerah bebas samping di tikungan

- 1) Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.
- 2) Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h Dipenuhi.
- 3) Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

a. Jika $J_h < L_t$

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

b. Jika $J_h > L_t$

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

di mana: R = Jari jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang Tikungan (m)

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri atas garis-garis lurus (biasa disebut “tangen”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2004)

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Geometri pada bagian lengkung didesain sedemikian rupa dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan, maka alinyemen horizontal harus diperhitungkan secara akurat.

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

1. Syarat Ekonomis

- 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

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus perlu mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai 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*)

2.5.1 Menentukan koordinat dan jarak

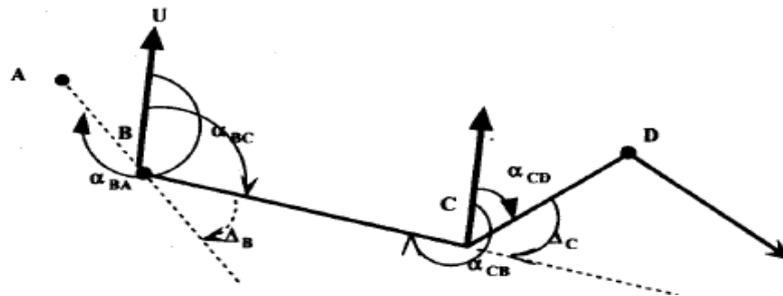
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen horizontal dan vertikal adalah sebagai berikut :

1. Alinyemen horizontal dan vertikal terletak pada satu fase, sehingga tikungan tampak alami dan pengemudi dapat memperkirakan bentuk alinyemen berikutnya.
2. Bila tikungan horizontal dan vertikal tidak terletak dalam satu fase, maka pengemudi akan sukar untuk memperkirakan bentuk jalan selanjutnya dan bentuk jalan terkesan patah disuatu tempat.
3. Tikungan yang tajam sebaiknya tidak diadakan di bagian atas lengkung vertikal cembung atau di bagian bawah lengkung vertikal cekung. Alinyemen vertikal akan menghalangi pengemudi pada saat mulai memasuki awal tikungan.
4. Pada jalan yang lurus dan panjang sebaiknya tidak dibuatkan lengkung vertikal cekung atau kombinasi dari lengkung vertikal cekung.
5. Kelandaian yang landai dan pendek sebaiknya tidak diletakkan di antara dua kelandaian yang curam, sehingga mengurangi jarak pandang pengemudi.

6. Jangan menempatkan bagian lurus pendek pada puncak lengkung cembung karena akan memberikan efek loncatan pada pengemudi.
7. Hindarkan menempatkan awal dari tikungan mendekati puncak dari lengkungan cembung.
8. Hindari menempatkan posisi jembatan dibagian lengkung cekung atau diawal puncak bagian lengkung cembung. Apalagi kalau jembatan pada alinyemen horizontal berada pada suatu tikungan. Hal ini sangat menyulitkan pengemudi mengemudi kendaraan akibat loncatan kendaraan keatas, ataupun dalam kasus terakhir akan menerima gaya sentrifugal yang akan terjadi pada kendaraan yang cukup besar (karena sulit sekali memberikan pencapaian superelevasi pada jembatan).

Setelah merencanakan alinyemen, maka diperlukan perhitungan koordinat azimuth dan jarak. koordinat azimuth dapat dihitung dengan rumus berikut ini.



Gambar 2.9 Contoh Koordinat Azimuth

(Sumber : Hamirhan Saodang, Kontruksi Jalan Raya, 2004)

$$\alpha_{BA} = \text{arc tg} \frac{X_A - X_B}{Y_A - Y_B}$$

$$\alpha_{BC} = \text{arc tg} \frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B}$$

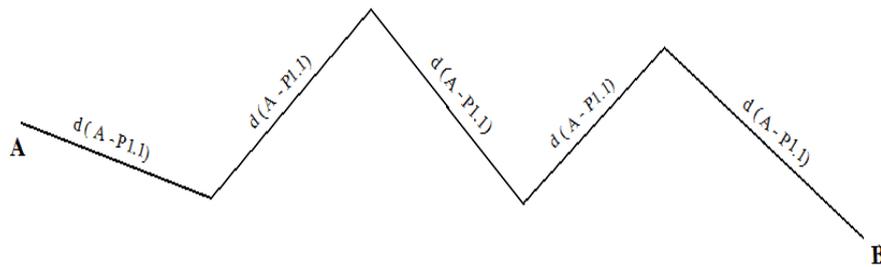
$$\Delta_B = 180^\circ - (\alpha_{BA} - \alpha_{BC})$$

$$\alpha_{CB} = \text{arc tg} \frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B}$$

$$\alpha_{CD} = \text{arc tg} \frac{X_D - X_C}{Y_D - Y_C}$$

$$\Delta_C = (\alpha_{CB} - \alpha_{CD}) - 180^\circ$$

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



Gambar 2.10 Koordinat dan Jarak

(Sumber : Hamirhan Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

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

Dimana :

d = Jarak titik A ke titik P1

X_2 = Koordinat titik P1. 1 pada sumbu X

X_1 = Koordinat titik A pada sumbu X

Y_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

Y_1 = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.5.2 Tikungan

Dalam perencanaan geometrik jalan. Alinyemen horizotal didesain berdasarkan penentuan trase jalan, penentuan koordinat titik dan jarak, penentuan sudut tangen, dan perancangan tikungan. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu :

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

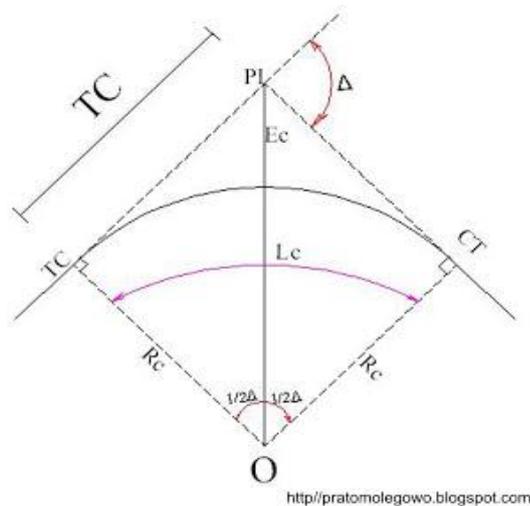
Tidak semua lengkung dapat dibuat berbentuk busur lingkaran sederhana (*Full Circle*), hanya lengkung dengan radius yang besar yang diperbolehkan. Pada tikungan yang tajam, dimana radius lengkung kecil dan superelevasi yang dibutuhkan besar, lengkung dengan bentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar

dan menyebabkan timbulnya kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar. Efek negatif tersebut dapat dikurangi dengan membuat lengkung peralihan. Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat digunakan untuk radius lengkung yang besar (disarankan $>$, dimana superelevasi yang dibuthkan kurang atau sama dengan 3%). (Hamirhan Saodang, 2004: 81) Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.14 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

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

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



Gambar 2.11 Tikungan *Full Circle*

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

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu :

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$Lc = \frac{\Delta \cdot \pi}{180^\circ} Rc, \text{ atau}$$

$$Lc = 0,01745 \cdot \Delta \cdot Rc$$

$$Ec = \frac{Rc (1 - \cos \frac{\Delta}{2})}{\cos \frac{\Delta}{2}}, \text{ atau}$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta$$

Keterangan :

Δ = sudut tangent ($^\circ$)

Tc = panjang tangent jarak dari TC ke PI atau PI ke TC (m)

Rc = jari-jari lingkaran (m)

Ec = jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S)

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) adalah lengkung peralihan berbentuk spiral (clothoid) yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = Rc diakhir spiral (kanan SC). Titik Ts adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran. Tikungan ini terdiri dari 1 (satu) lengkung lingkaran dan 2 (dua) lengkung spiral.

Rumus yang digunakan untuk tikungan jenis ini adalah :

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{Ls}{R}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \theta_s$$

$$Lc = \frac{\Delta_c}{180} \pi R$$

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6R}$$

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

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 R^2} - R \sin \theta s$$

$$p = Ys - R (1 - \cos \theta s)$$

$$Ts = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$Es = \frac{R+p}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R$$

$$L \text{ total} = Lc + 2 Ls$$

Keterangan :

Xc = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS - SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)

Yc = koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen (m)

Ls = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST) (m)

Lc = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS) (m)

Ts = jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)

Δ = sudut tikungan ($^{\circ}$)

Δc = sudut lengkung circle ($^{\circ}$)

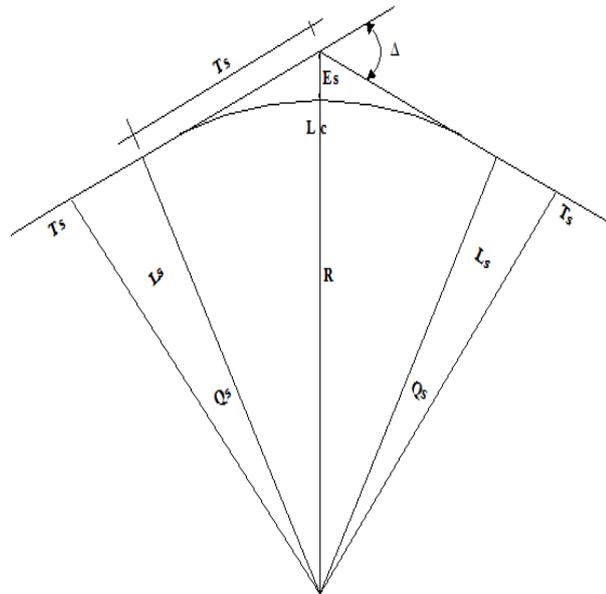
θs = sudut lrgkung spiral ($^{\circ}$)

R = jari-jari tikungan (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis p pada garis tangen spiral (m)

L = panjang tikungan (m)



Gambar 2.12 Tikungan Spiral-Circle-Spiral

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

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

Tikungan *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berhimpit dengan CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \beta$. R_c yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang diisyaratkan.

Jika dari kenyamanan, maka jenis tikungan ini paling tidak nyaman, jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut Δ relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.

Rumus-rumus untuk lengkung berbentuk *spiral-circle-spiral* dapat juga dipergunakan untuk lengkung spiral-spiral asalkan memperhatikan hal diatas. Adapun rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu :

$$k = k^* \times L_s$$

$$p = p^* \times L_s$$

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

$$E_s = (R+p) \sec \frac{\Delta}{2} - R$$

$$L_{tot} = 2 L_s$$

Keterangan :

R = jari-jari tikungan (m)

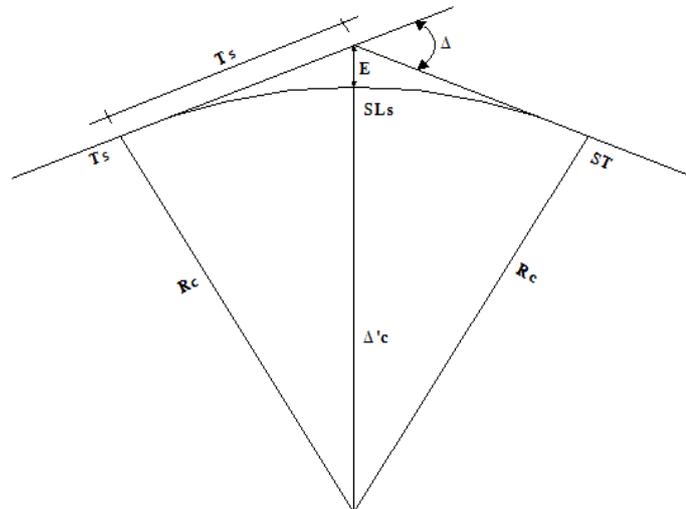
Δ = sudut tikungan ($^{\circ}$)

p = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

Ts = jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)



Gambar 2.13 Tikungan *Spiral-Spiral*

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

Tabel 2.15 Besaran p^* dan k^*

qs (*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*	qs(*)	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	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4943141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	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	0.495360	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 : *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova*)

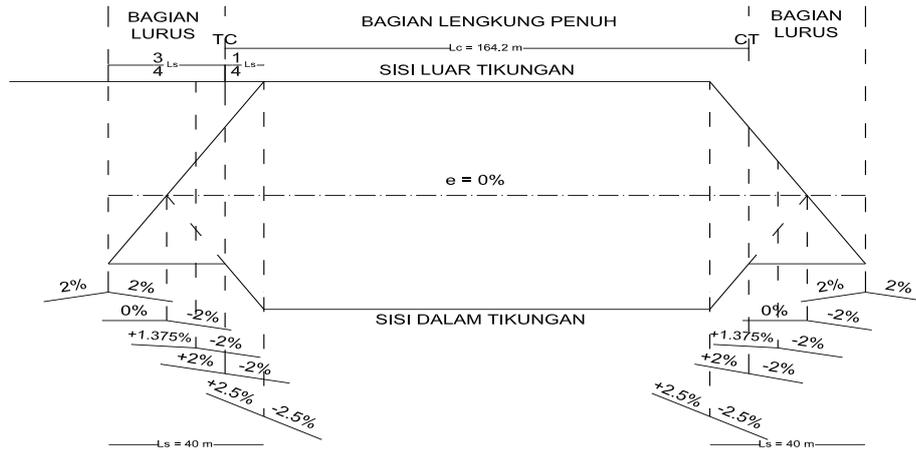
4. Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (e_n) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari R_{min} tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan VR.

Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan. Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 6%. Bina Marga menempatkan $3/4$ L_s' di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/4$ L_s' ditempatkan dibagian lengkung (kanan TC atau kiri CT), sedangkan AASTHO menempatkan $2/3$ L_s' di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/3$ L_s' ditempatkan dibagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Adapun diagram superelevasi ini terbagi kedalam tiga bentuk, yaitu :

a. Tikungan *Full Circle*

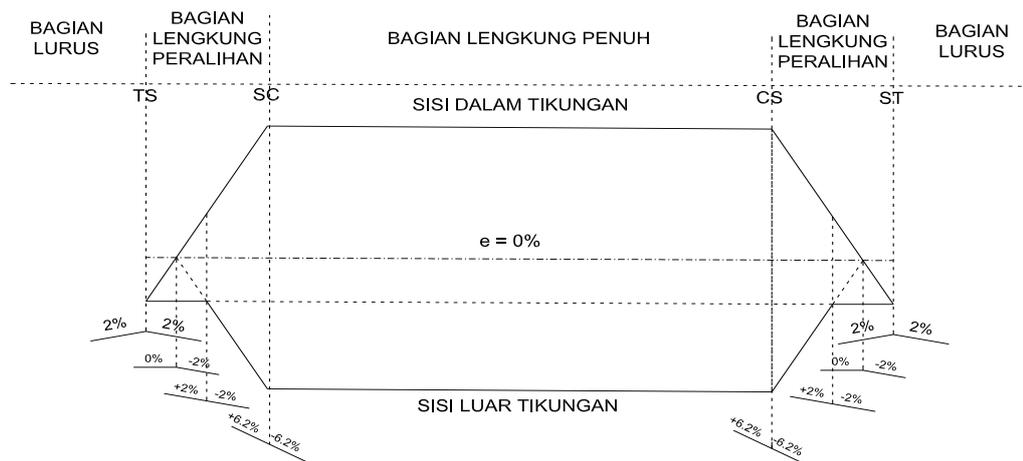
Pada tikungan FC, karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s').



Gambar 2.14 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan FC
(Sumber : TPGJAK, 1997)

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

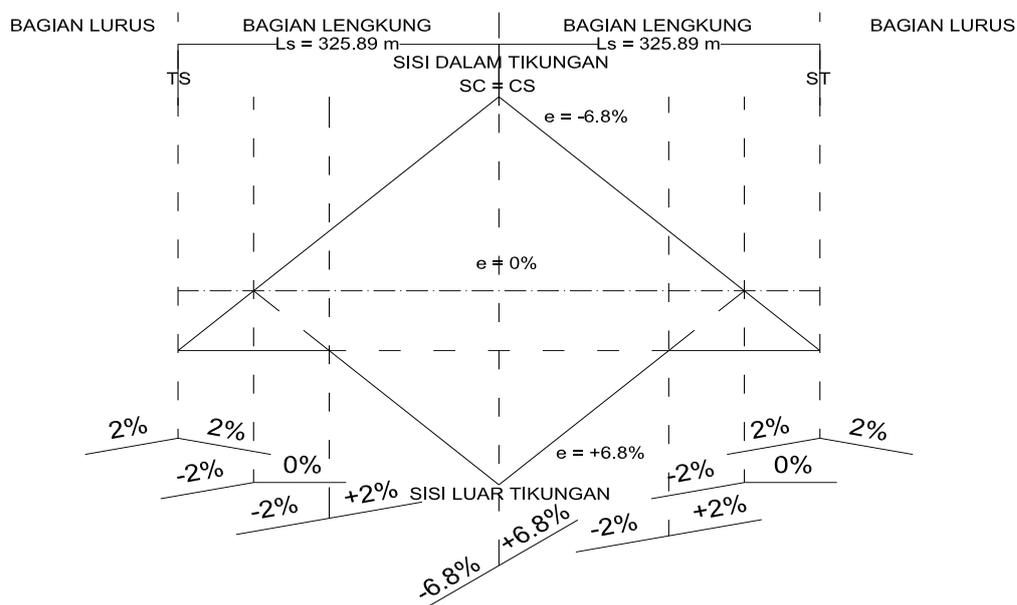
Pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.



Gambar 2.15 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan SCS
(Sumber : TPGJAK, 1997)

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

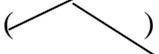
Pada tikungan *Spiral-Spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian *spiral*.



Gambar 2.16 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan SS

(Sumber : TPGJAK, 1997)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain :

- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear mulai dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan TS yang berbentuk () pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan FC.
- Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian *spiral*.
- Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari cukup besar untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN).

6. Panjang bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR) berdasarkan Tabel 2.14 sebagai berikut :

Tabel 2.15 Panjang Tikungan Minimum

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

(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 2009*)

7. Pelebaran perkerasan pada tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena :

- a. Pada waktu membelok yang diberi belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- b. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bempur depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan,\
- c. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut diatas maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya truk tunggal merupakan jenis kendaraan yang dipergunakan sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi

pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut.

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

$$B = n (b' + c) + (n - 1) Td + Z$$

$$b' = b + b''$$

$$b'' = R - \sqrt{R^2 + p^2}$$

$$Td = \sqrt{R^2 + A(2p + A)} - R$$

$$Z = 0.105 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

$$dB = B - Bn$$

Dimana :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m)

R = jari-jari rencana (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

n = jumlah lajur lintasan

c = kebebasan samping (c = 0.8)

b = lebar lintasan kendaraan sedang (b = 2.6)

b' = lebar lintasan kendaraan sedang pada tikungan

p = jarak as depan-belakang kendaraan sedang (p = 7.6)

A = tonjolan depan sampai bumper (A = 2.1)

Td = lebar melintang akibat tonjolan depan (m)

Z = lebar tambahan akibat kelainan pengemudi (m)

Bn = lebar perkerasan pada bagian lurus (m)

dB = pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan (m)

8. 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. Apabila kondisi medan mengizinkan maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut.

Dalam memperhitungkan jarak kebebasan samping, ada dua kondisi jarak pandangan yang dapat dijadikan acuan, yaitu berdasarkan jarak pandang henti dan berdasarkan jarak pandang menyiap. Dalam hal memutuskan mana yang dipergunakan tergantung dari beberapa pertimbangan antara lain, kondisi medan, keamanan dan kenyamanan serta biaya yang tersedia.

Daerah kebebasan 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 J_h .

Daerah bebas samping dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

b. Jika $J_h > L_t$

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

Keterangan:

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

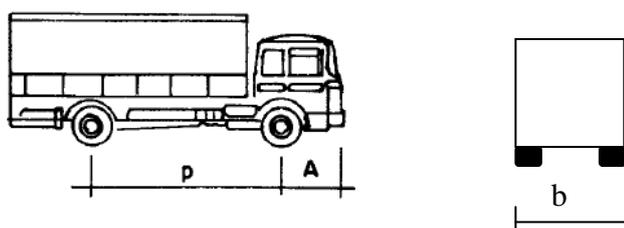
R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

9. Pelebaran perkeran di tikungan

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



Gambar 2.17 Bentuk Dimensi Kendaraan

Keterangan :

p = jarak antar gandar = 6,5 meter

A = tonjolan depan kendaraan = 1,5 meter

b = lebar kendaraan = 2,5 meter

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

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

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

Keterangan :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

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

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

Keterangan :

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

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

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

Keterangan :

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

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

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

Keterangan :

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

R = Jari-jari tikungan

$$\Delta b = B_t - B_n$$

Keterangan :

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

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

10. Penomoran (*stationing*)

Penomoran (*stationing*) adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- a. Untuk daerah datar, dibuat jarak patok +/- 100 meter
- b. Untuk daerah perbukitan, jarak patoknya dibuat +/- 50 meter
- c. Untuk daerah pergunungan, jarak patoknya adalah +/- 25 meter
- d. Untuk daerah lengkung, jarak patoknya harus dibuat lebih pendek menurut keperluan yang berkaitan dengan faktor ketelitian.

Nomor jalan (Sta jalan) ini memiliki fungsi yang sama dengan patok km di sepanjang jalan. Perbedaannya adalah :

- a. Patok km merupakan petunjuk arah yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibu kota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal pekerjaan (proyek) sampai dengan akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan ruas jalan tersebut

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing – masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia Sukirman, 1994)

Perencanaan aliyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Aliyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli

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

Aliyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari gari-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai.

2.6.1 Kelandaian alinyemen vertikal

Kelandaian pada alinyemen vertikal terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.15

Tabel 2.16 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan – jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sedangkan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,3 – 0,5%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran sampin, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

3. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel 2.16 sebagai berikut :

Tabel 2.17 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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

4. Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana, sedangkan kendaraan lainnya masih dapat

bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dilakukan pertimbangan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

Penempatan lajur pendakian dilakukan sebagai berikut :

- a. Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan-kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan-kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan.
- b. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.
- c. Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut : disediakan pada jalan arteri atau kolektor, dan apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.
- d. Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana.
- e. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter.
- f.

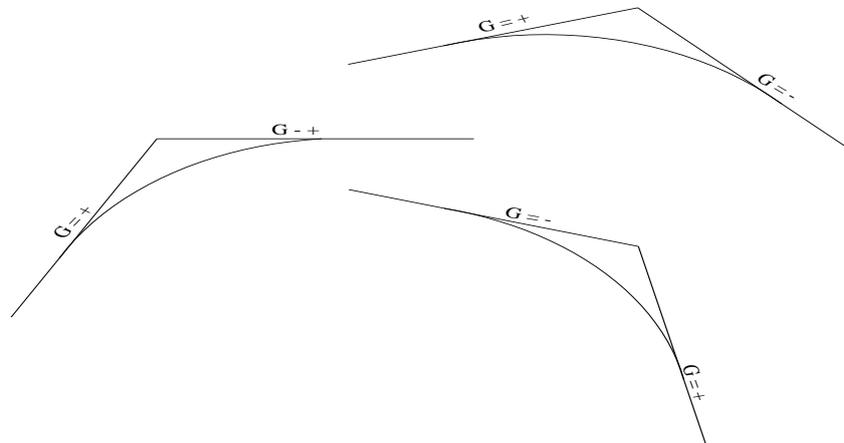
2.6.2 Lengkung vertikal

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

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

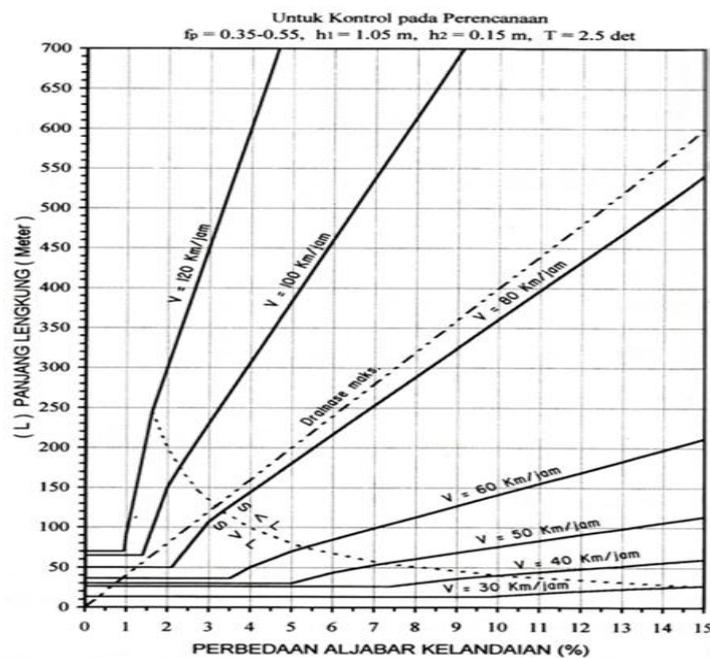
Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai kelandai berikutnya.

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



Gambar 2.19 Alinyemen Vertikal Cembung
(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

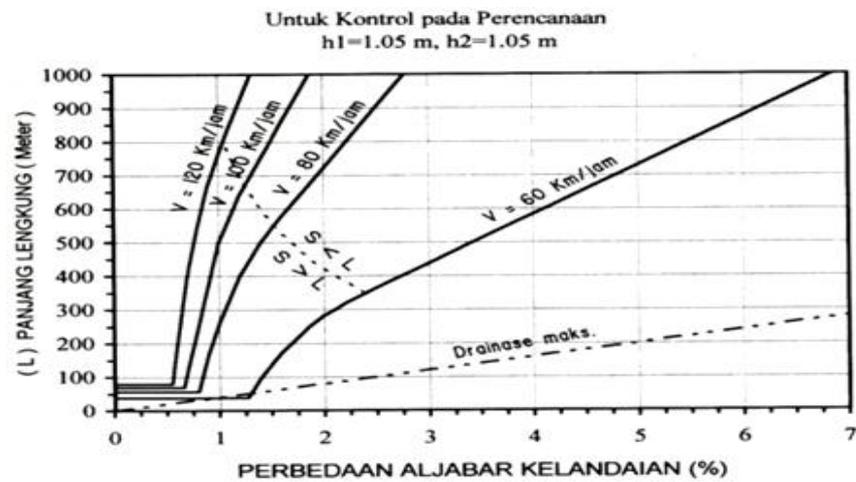
Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.25 (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan

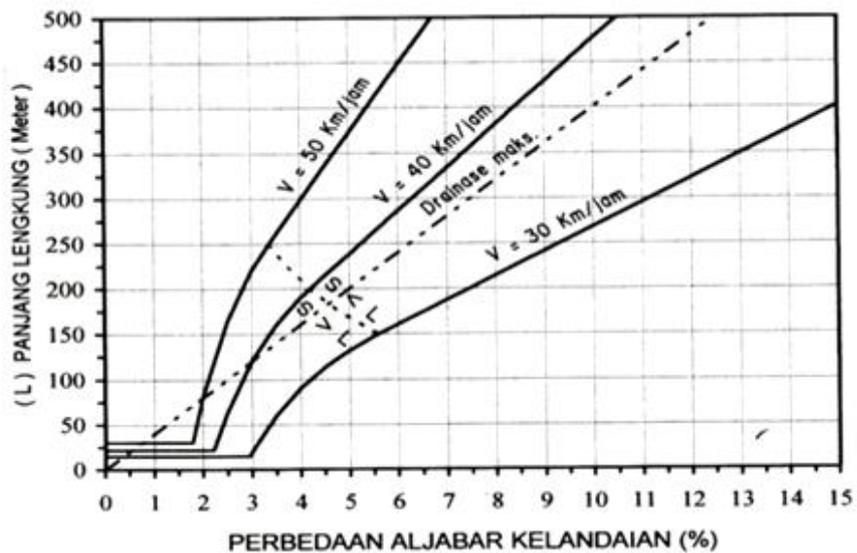
Jarak Pandang Henti

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)



Gambar 2.21 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

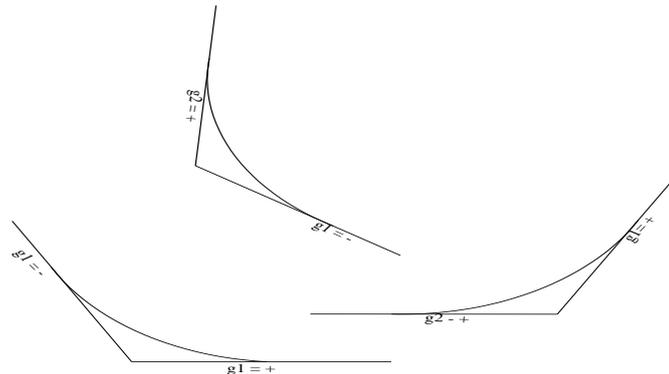


Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

b. Lengkung Vertikal Cekung

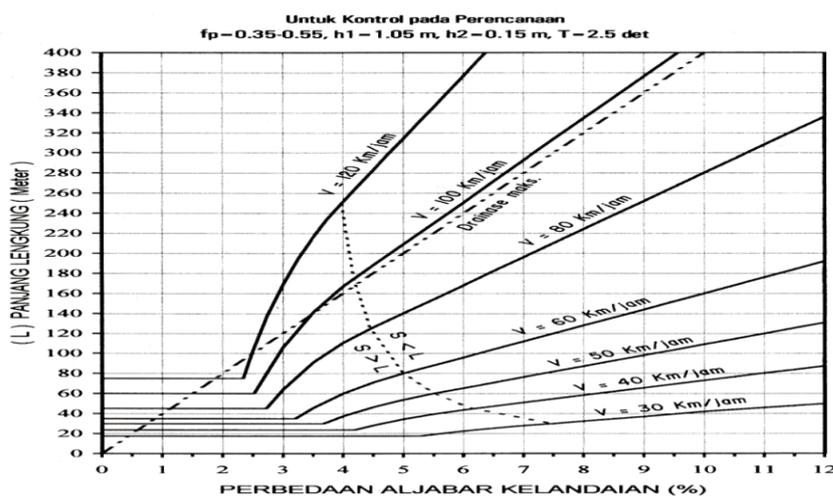
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cekung

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.19 sebagai berikut :



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya,2004)

2.6.3 Jarak pandangan pada alinyemen vertikal

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

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan seringkali terhalang oleh bagian bawah dari bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandang henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi kendaraan truk yaitu 1,80 meter dengan tinggi objek 0,50 meter (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertikal minimum 5 meter. Dalam perencanaan disarankan untuk mengambil ruang bebas \pm 5,50 meter. Untuk memberi kemungkinan adanya lapisan tambahan (overlay) di kemudian hari. Untuk menghitung jarak pandangan pada lengkung vertikal cekung digunakan rumus berikut ini.

$$E_v = \frac{A \times L}{800}$$

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

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

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

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

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

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

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

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

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Permukaan tanah pada umumnya tidak mampu menahan beban kendaraan di atasnya sehingga diperlukan suatu konstruksi yang dapat menahan dan mendistribusikan beban lalu lintas yang diterimanya. Teknologi pembuatan terus berkembang sehingga sampai saat ini orang mencampur terlebih dahulu antara batuan dan aspal kemudian di hamparkan dan dipadatkan. Dengan campuran ini di dapatkan campuran yang padat dan memiliki stabilitas yang tinggi.

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



Gambar 2.25 Lapisan Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya, 2004)



Gambar 2.26 Lapisan Perkerasan Lentur Pada Timbunan
(Sumber : Hamirham Saodang, Kontruksi Jalan Raya, 2004)

1. 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 :

- a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d. 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. Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan , hujan, dingin, dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan dibawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, disebut lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercampur dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

- a. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan
- b. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
- c. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
- d. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3. 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 :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai CBR sama atau lebih besar dari 20%, serta *Indeks Plastis (IP)* sama atau lebih kecil dari 10%.
- b. Efisiensi penggunaan material relatif murah, agar lapis diatasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul dipondasi
- d. Lapis perta,a, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- e. Lapis *filter* untuk mencegah partiket-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) adalah merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari

lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat berbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbunan 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. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

2.8.1 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana adalah jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari satulajur atau lebih. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.18 Jumlah Lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 4,5 \text{ m}$	1 lajur
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2 lajur
$8,00 \text{ m} \leq L \leq 11,25 \text{ m}$	3 lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6 lajur

(Sumber : SNI 03-1732-1989)

2. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Tabel 2.19 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana (DL)

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

(Sumber : SNI 03-1732-1989)

Keterangan : *) Mobil Penumpang

***) Truk dan Bus

3. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekivalen setiap kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem) dan tiga sumbu (triple).

penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

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 2.25
3. Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat.
Rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0

Tabel 2.20 Tingkat Reliabilitas untuk bermacam – macam klasifikasi jalan

Kalsifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	perkotaan	Antar kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

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 2.25
3. Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat.
Rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0

Tabel 2.21 Deviasi normal standar (Z_R)

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	-0,000	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)

4. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.26 dibawah ini :

Tabel 2.22 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur
pada Akhir Umur Rencana (IP_t)

Klasifikasi jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk berapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.27 dibawah ini :

Tabel 2.23 Indeks Pelayanan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/ Ac) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston Modifikasi/ AC-mod)	≥ 4
Lapis Tipis beton aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

2.8.2 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

1. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta

Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
material pilihan	84	12				10			0,080

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

2. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalulintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.33 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.25 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalulintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalulintas 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 (Lataston/HRS)
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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

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

3. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

2.26 Tebal minimum 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 (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB(<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete (LC)</i>	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0

3. 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 Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

4. Persamaan Dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks Tebal Perkerasan*, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}}$$

$$+ 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

W_{18} (W_t) = yaitu volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana

Z_R = yaitu deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_0 = yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP = yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

Mr = yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

IP_f = yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

5. Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18}) adalah sesuai prosedur.

6. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh *drainase*.

7. Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

8. Perhitungan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

D_1, D_2, D_3 = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inci) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

m_1, m_2 = koefisien *drainase* lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

9. Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.

- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (I_{pt}) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas 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 diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis..

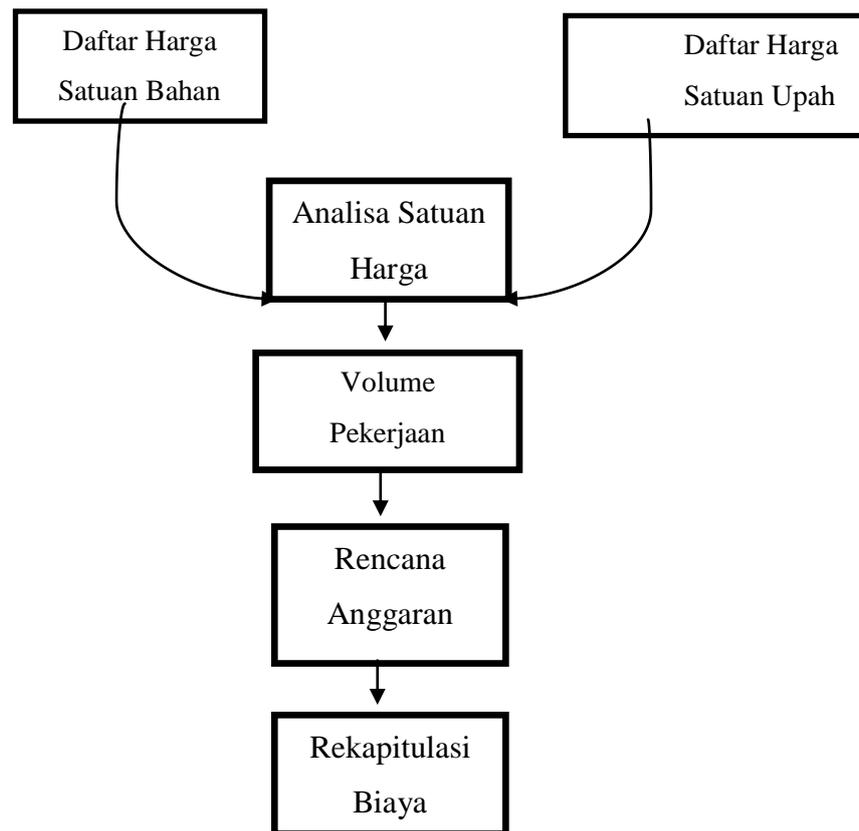
2.9 Manajemen Proyek

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.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *owner estimate* (OE) atau *engineer estimate* (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya.

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan atau material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi



Gambar 2.27 Tahap penyusunan rencana anggaran biaya (RAB)
 (sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

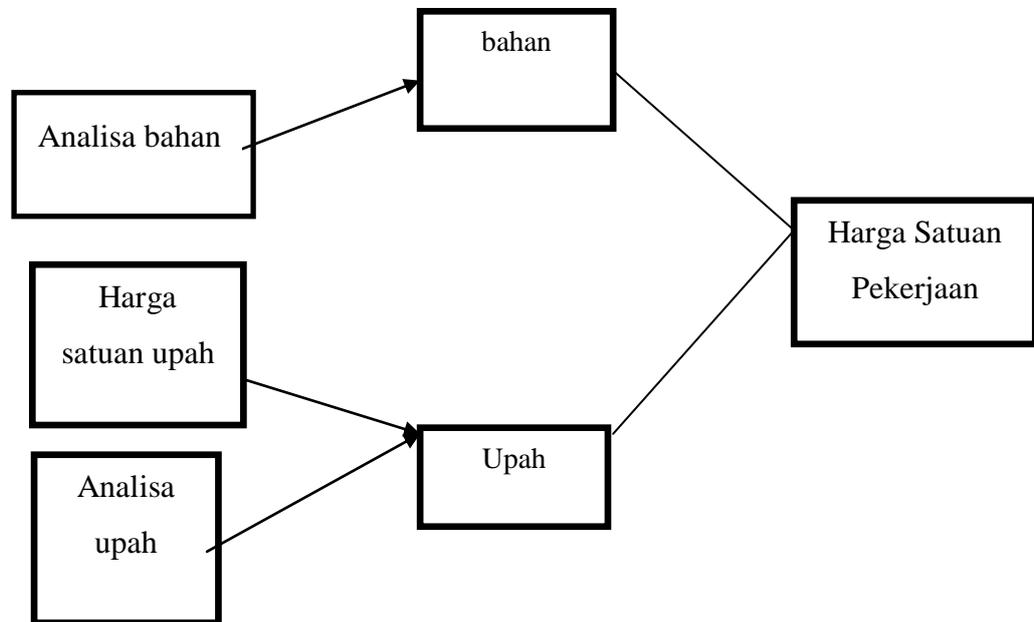
2.9.1 Daftar harga satuan bahan dan Upah

Harga satuan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

2.9.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa. Analisa bahan merupakan perhitungan banyaknya volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Sedangkan analisa upah merupakan perhitungan banyaknya tenaga yang dibutuhkan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

Untuk lebih memahami pengertian dari analisa satuan harga pekerjaan dapat dilihat pada gambar 2.27 sebagai berikut :



Gambar 2.28 Skema Harga Satuan Pekerjaan

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.9.3 Perhitungan volume pekerjaan

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

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 *stasioning* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (*trase* jalan).
2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.

3. Gambarkan potongan melintang (*cross section*) pada titik stasioning, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9.4 Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari proyek konstruksi yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya suatu konstruksi yang sama akan berbeda-beda di setiap daerah, karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

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

2.9.6 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.

Dalam menyusun rencana kerja, perlu di pertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksanaan pekerjaan.

- b. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan
- c. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilahan jenis material yang akan digunakan harus dilakukan dia awal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu untuk pengadaan, misalnya material pabrikan biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan material konstruksi.
- d. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan pendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis, kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.
- e. Gambar kerja, selain gambar rencana, pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian-bagian tertentu. Untuk itu, perlu dilakukan pendataan bagian-bagian yang memerlukan gambar kerja.
- f. Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan.

Adapun jenis-jenis *schedule* atau rencana kerja, yaitu :

1. Bagan balok (*bar chart*)

Adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

2. Kurva S

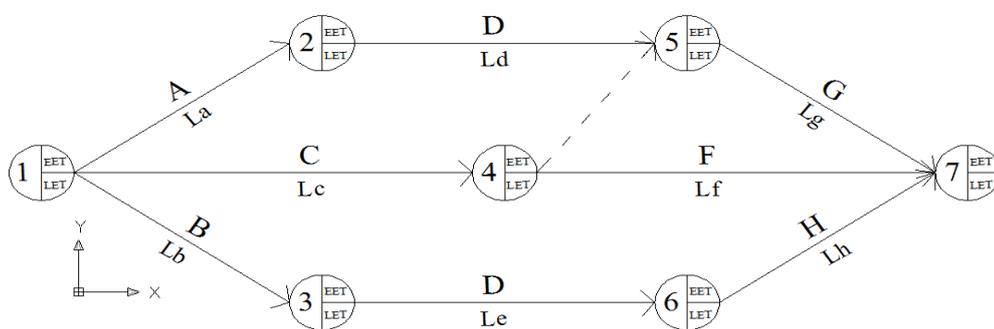
Adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya *persentase*

pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

3. Jaringan Kerja/ *Network Planning* (NWP)

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

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



Gambar 2.29 Network Planning

keterangan :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan

atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

- b.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanh putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  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.
- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.