

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian di analisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jendral Bina Marga. (Hamirhan Saodang, 2010)

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan / biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.(Silvia Sukirman, 1999).

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan.(Silvia Sukirman, 1999).

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

2.1.1 Data Peta Topografi

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

Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan raya.

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

1. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemingkunan rute alternatif dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran meliputi:
 - a. Penentuan titik-titik kontrol *vertikal* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 - c. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang di maksud dan di sebutkan serta tata guna tanah disekitar trase.
 - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol di atas.

2.1.2 Data Lalu Lintas

Data lalulintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalulintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalulintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam

penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis keadaan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2004).

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

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

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

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

mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan. (Shirley L. Herdasin, 2000)

2.1.3 Data penyelidikan tanah

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

1. Pengujian

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

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah:

Dengan:

$$CBR_{\text{Segmen}} = CBR_{\text{Rata-rata}} - \left(\frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

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

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen.

CBR_{maks} = CBR maksimum dalam satu segmen.

CBR_{min} = CBR minimum dalam satu segmen.

F = koefisien yang disajikan pada tabel 2.1

Nilai F tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen.

Nilai F untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

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

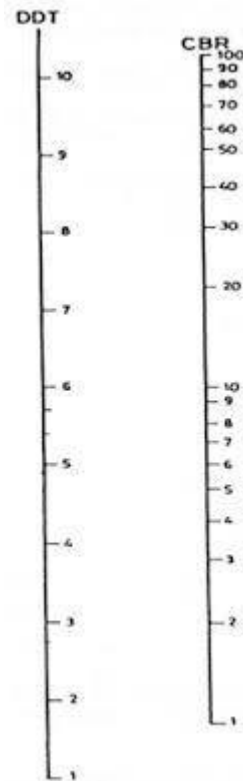
(sumber: Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova 1993*)

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

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

Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik kolerasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linear, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada Gambar 2.1 Sebagai berikut



Gambar 2.1 Korelasi antara DDT dan CBR

(sumber: Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova* 1993)

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \dots \dots \dots (2.2)$$

2. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association Of State Highway and Transportation Official*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian laboratorium dan lapangan

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat-sifat *Indeks (Indeks properties)* yaitu meliputi SG (*Spesifik Gravity*), WN (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (angka pori), n (Porositas), DS (Derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASHTO
- c. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - 1) Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - 2) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
- d. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - 1) *Liquid Limit* (LL) = Batas Cair
 - 2) *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis
 - 3) *Indeks Plastis* (IP) = LL - PL
- e. Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - a. Pemadatan standar
 - b. Pemadatan modifikasi
 - c. Di lapangan dicek dengan *Sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
- f. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan W_{opt} , CBR Lapangan : DCP \rightarrow CBR Lapangan

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Untuk menentukan bahan konstruksi jalan atau *highway* material, dilakukan survey pada lokasi-lokasi sumber material (quairr) yang berada pada daerah sepanjang trase jalan dengan pertimbangan ekonomois, tetapi apabila tidak ditemui maka dilakukan survey pada daerah disekitarnya. Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

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

pemeriksaan laboratorium.

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

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

- a. Tanah berbutir kasar

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

- b. Tanah berbutir halus

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

2.2 Klasifikasi Jalan

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

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi 3 yaitu, klasifikasi jalan menurut fungsi jalan, klasifikasi jalan menurut kelas jalan, dan klasifikasi jalan menurut medan jalan.

2.2.1 Klasifikasi .Jalan Menurut Fungsi Jalan

1. Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan yaitu jalan angkutan lingkungan dengan ciri-ciri seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Ciri-ciri Jalan Lingkungan

Jalan	Ciri-ciri
Lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perjalanan jarak dekat 2. Kecepatan Rata-rata rendah

(Sumber : UU No.38 Tahun 2004)

2.2.2 Klasifikasi Jalan menurut kelas jalan

Klasifikasi kelas jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu untuk menerima terberat (MST) dalam satuan ton dapat dilihat dalam Tabel 2.3.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan.

Tabel 2.3 Klasifikasi Kelas Jalan Berdasarkan MST

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

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan Dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp)
1	Jalan Arteri	I	>20.000
2	Jalan Kolektor	II A	6.000 - 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	<2.000
3	Jalan Lokal	III	-

(Sumber : Department Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1970)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan klasifikasi jalan berdasarkan medan dapat dilihat dalam tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)

2.3 Bagian-Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (Wc)

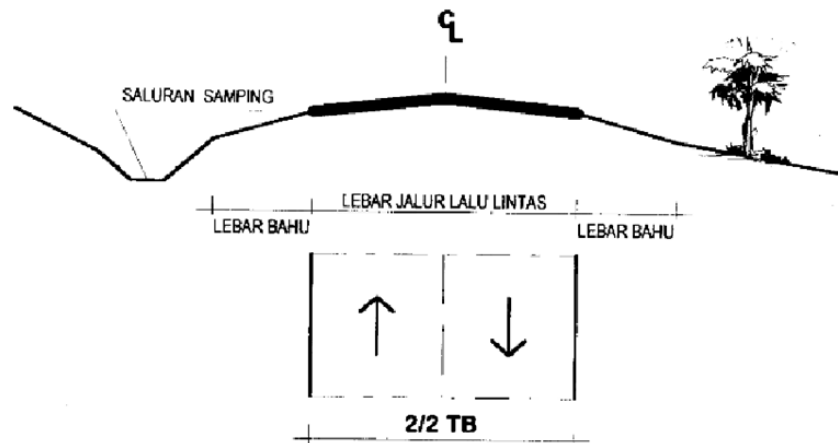
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (Ws)

Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

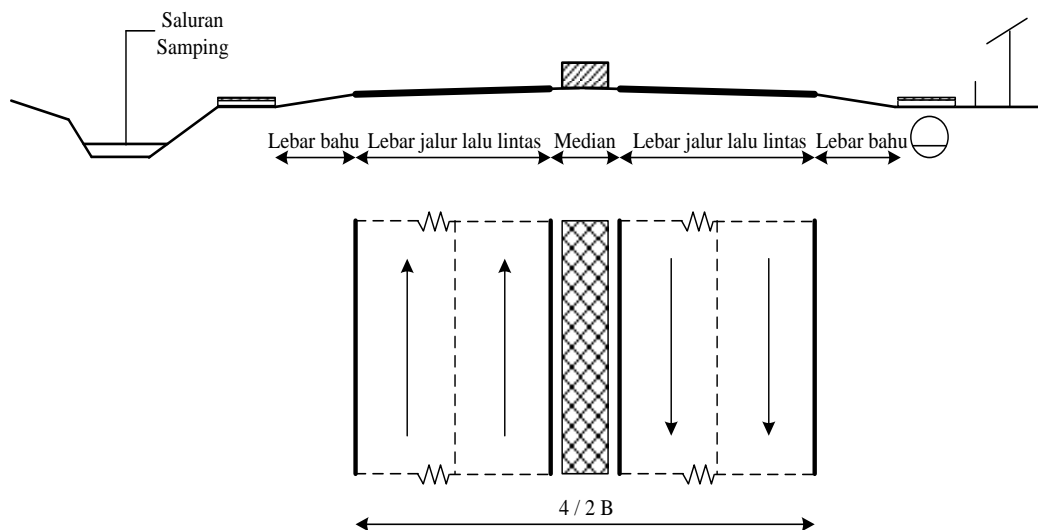
3. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / Ditinggikan).



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB

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



Gambar 2.3 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

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

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

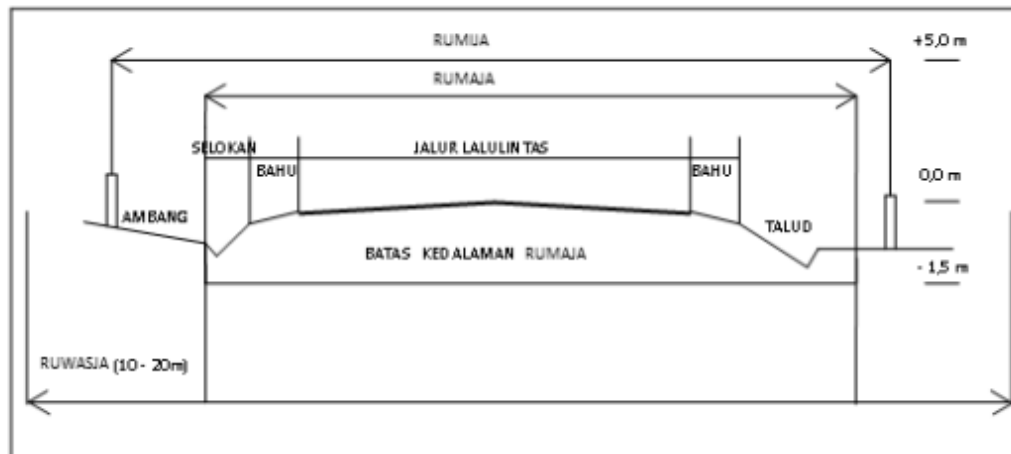
VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.000 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA				TIDAK DITENTUKAN	
> 25.000	2nx3,5	2,0	2x7,0	2,0	2nx3,5	2,0	PERSYARATAN IDEAL					

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

2.3.1 Ruang Penguasaan Jalan

- a. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman.
- b. Ruang Milik Jalan (Rumija) adalah ruang yang meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Rumija dibatasi oleh lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.
- c. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) adalah lajur lahan yang berada di bawah pengawasan penguasa jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengamanan konstruksi jalan dalam hal ruang ruas milik jalan tidak mencukupi. Ruwasja yaitu sepanjang jalan di luar Rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari

sumbu jalan seperti jalan Arteri minimum 20 meter, jalan Kolektor minimum 15 meter, jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2.4 Rumaja, Rumija, Ruwasja di lingkungan jalan antar kota

2.4 Parameter Perancangan Geometrik jalan

Dalam perancangan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (Silvia Sukirman, 1999).

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 antar lain :

2.4.1 Kendaraan Rencana

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. (Silvia Sukirman, 1999)

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu :

- a. Kendaraan Ringan/Kecil adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan jarak as 2,0 - 3,0 meter. Meliputi mobil penumpang, mikrobus, pick-up.
- b. Kendaraan Sedang adalah kendaraan yang mempunyai dua as ganda dengan jarak as 3,5 - 5,0 m. Meliputi bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan Berat adalah bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6,0m.

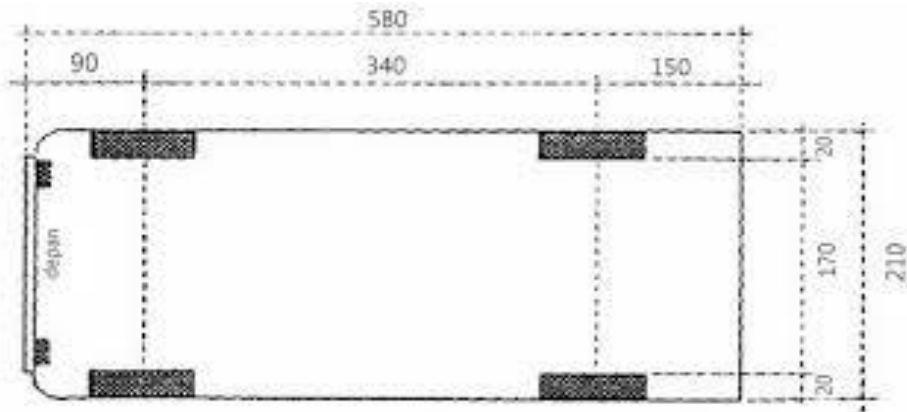
Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

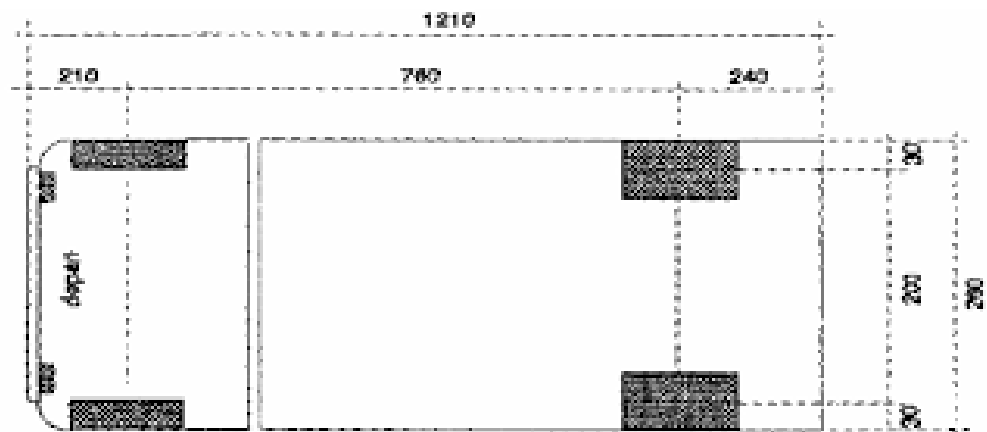
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Dirjen Bina Marga, 1997)

Gambar 2.5 s.d Gambar 2.7 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan



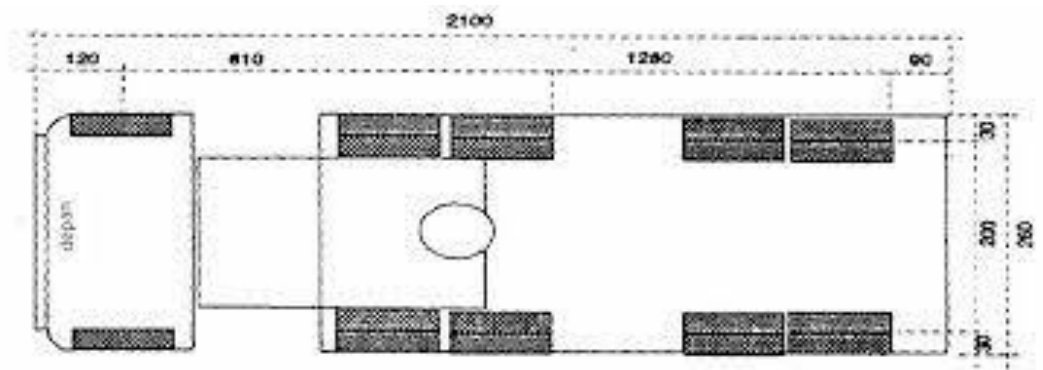
Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.7 Dimensi Kendaraan Besar

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

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perancangan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (Silvia Sukirman, 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah

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

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk perancangan geometrik (alinyemen). Spesifikasi standar kecepatan masing-masing kendaraan sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan dapat ditetapkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (V_r)

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, Dirjen Bina Marga 1997)

2.4.3 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan overlay lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapisan aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi). (Silvia Sukirman, 1999).

2.4.4 Volume Lalu lintas Rencana

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume" Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (Silvia Sukirman, 1999).

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

a. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.9 Satuan Mobil Penumpang (smp)

No	Jenis Kendaraan	Nilai smp
1	Sepeda	0,5
2	Mobil penumpang/sepeda motor	1,0
3	Truk Ringan (<5 ton)	2,0
4	Truk Sedang (≥ 5 ton)	2,5
5	Truk Berat (> 10 ton)	3,0
6	Bus	3,0
7	Kendaraan tak bermotor	7,0

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

b. Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalulintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan lainnya, emp = 1,0)

Tabel 2.10 Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jep Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick Up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

2.4.5 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas

Faktor pertumbuhan lalulintas berdasarkan data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat digunakan (2015-2035) menurut manual desain perkerasan jalan (revisi Juni 2017) nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 2.11 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

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

(Sumber : Manual desain perkerasan jalan, 2017)

2.4.6 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua jarak pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd). Menurut Sukirman (1999) jarak pandang berguna untuk:

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

Dilihat dari kegunaannya jarak pandang dapat dibedakan atas :

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Jh terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

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

$$D1 = V \cdot t \dots\dots\dots(2.3)$$

$$D2 = 0,278 \cdot V \cdot t \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

- b. jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jhm dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

- 1). untuk jalan datar

$$Jhm = 0,278 V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 f} \dots\dots\dots(2.5)$$

- 2). untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$Jhm = 0,278 V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254(f \pm L)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Jh = (Jht = \frac{V_R}{3,6} T) + (Jhr = \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2 \cdot g \cdot f_p}) \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana:

V_R : kecepatan rencana (km/jam)

T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g : percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

f : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal = $0,35-0,55$

L : kelandaian jalan dalam (%)

$D1$: jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

Adapun jarak pandang henti (J_h) minimum yang dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

V_R	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h	250	175	120	75	55	40	27	16

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

2. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Seperti terlihat pada Gambar 2.5. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. J_d dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.8)$$

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 $2/3 d_2$ (m)

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d_1 = 0,278 T_1 (V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2}) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V_R \cdot T_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$d_3 = \text{diambil antara 30 - 100 meter} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$d_4 = 2/3 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

T1 = Waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$

T2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

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

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului

V_R = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului ∞ Kecepatan rencana (km/jam)

d1 = jarak kebebasan

d2 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Tabel 2.13 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

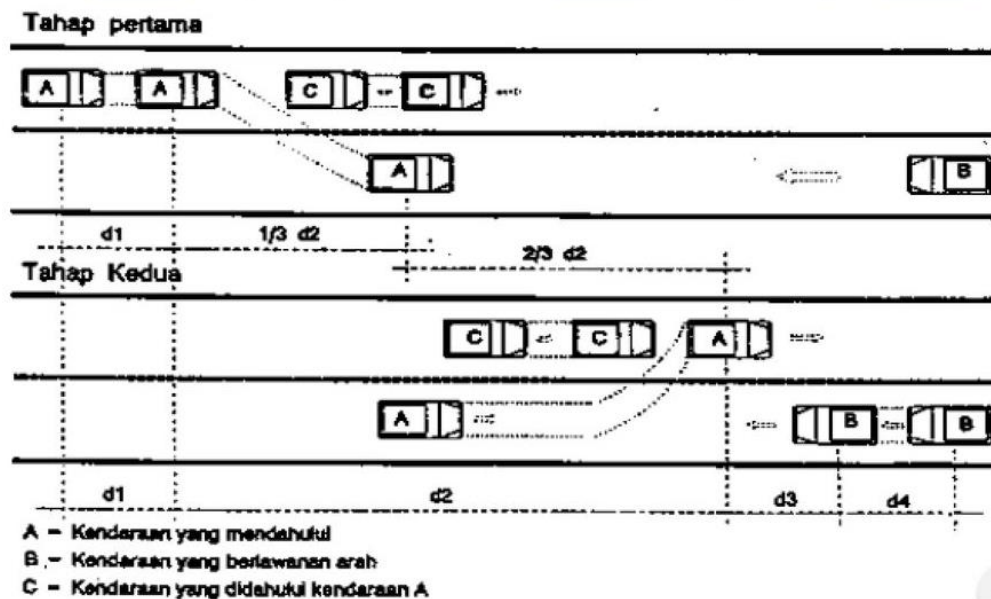
VR(km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.14 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

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



Gambar 2.8 Jarak pandang mendahului

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

2.5 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Perencanaan trase jalan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemnetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan-perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan.

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Syarat Ekonomis

Dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis yaitu:

- 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.

2.6 Alinyemen Horizontal

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

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui Dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus dari suatu ruas jalan harus dapat ditempub dalam waktu S 2,5 menit (sesuai V_r) dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat kelelahan.

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.15

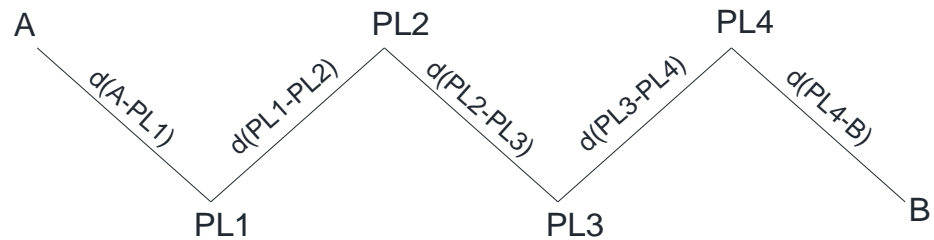
Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Kecepatan Rencana V_r , Km/Jam		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

2.6.1 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.9 Koordinat dan jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah:

1. Titik awal proyek dengan simbol A
2. Titik P1.1, P1.2, P1.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal
3. Titik akhir proyek dengan simbol B

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah:

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana: d =Jarak titik A ke P1.1

$X2$ =Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

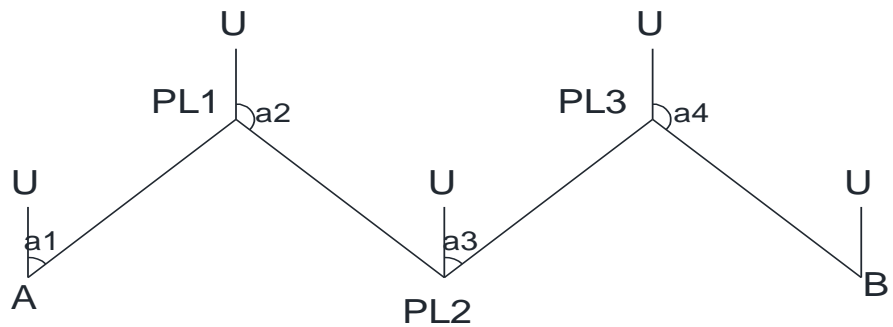
$X1$ =Koordinat titik A pada sumbu X

$Y2$ =Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

$Y1$ =Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

2.6.2 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (Δ)

Sudut Jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut Jurusan dapat dilihat pada gambar 2. di bawah ini:



Gambar 2.10 Sudut Jurusan (α)

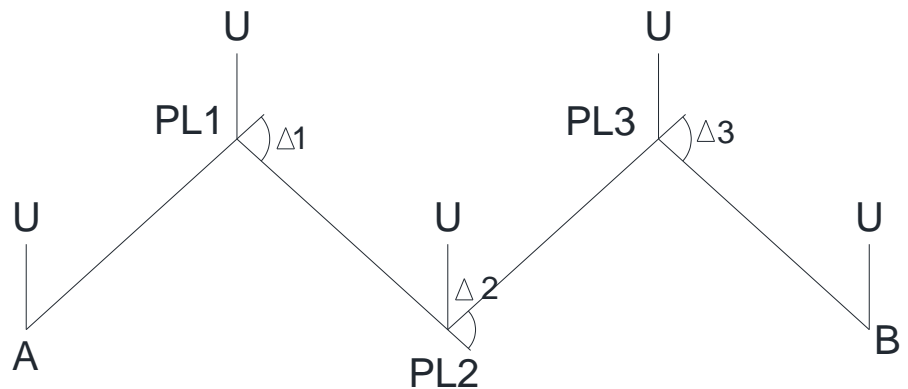
- $\alpha_1 = \alpha(A-P_1 1)$
- $\alpha_2 = \alpha(P_1-P_1 2)$
- $\alpha_3 = \alpha(P_1 2-P_1 3)$
- $\alpha_4 = \alpha(P_1 3-B)$

Sudut Jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{(XP_{1.1}-XA)}{(YP_{1.1}-YA)} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\Delta = 90 \text{ arc tg} \frac{(YP_{1.1}-YA)}{(XP_{1.1}-XA)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sudut bearing (Δ) diperoleh dalam menentukan tikungan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah ini:



Gambar 2.11 Sudut Bearing (Δ)

$$\Delta 1 = (\alpha 2- \alpha 1)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 3- \alpha 2)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 4- \alpha 3)$$

2.6.3 Menentukan Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk Menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.5

2.6.4 Tikungan

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

1. Jari-jari Lengkung Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari - jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.16 dibawah ini :

Tabel 2.16 Panjang Jari-Jari Minimum Untuk $e_{maks} = 10\%$

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/7/BM/1997)

Jari-jari tikungan minimum (Rmin) ditetapkan sebagai berikut:

$$Rmin = \frac{v^2}{127(e maks+f maks)} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$D_{maks} = \frac{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum

f_{maks} = Koefisien maksimum

2. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul kerana kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak di adakan kemiringan. Untuk jari-jari yang di jinkan tanpa adanya superelevasi dapat dilihat pada tabel 2.17

Tabel 2.17 Jari-jari yang di jinkan tanpa superelevasi (Lengkung Peralihan)

Kecepatan Rencana – V_r (Km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/7/BM/1997)

3. Lengkung Peralihan

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

Secara praktis hal ini tidak mungkin dilakukan oleh ban kendaraan, karena harus membuat sudut belokan tertentu pengemudi memerlukan

jangka waktu tertentu, berarti perlu jarak tertentu pula. Demikian pula gaya sentrifugal akan timbul secara mendadak yang akan membahayakan pengemudi.

Oleh sebab itu agar kendaraan tidak menyimpang dari lajunya, dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari $R = \infty$ ke $R = R_c$ yang disebut lengkung peralihan

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

$$L_s = \frac{V R}{3.6} T \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.18)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V R^3}{R_c C} T - 2,272 \frac{V R - e}{c} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.19)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{V R}{3.6 r_e} V R \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

VR = Kecepatann rencana (km/jam)

E = Superelevasi

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

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

E_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi Normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

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

Untuk $V_R \geq 280$ km/jam, $r_e = 0,025$ m/m/dt

Tabel 2.18 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, Dirjen Bina Marga, 1997)

4. Bentuk – bentuk Tikungan

Suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali.

Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Jenis ini digunakan hanya pada tikungan dengan radius lengkung yang besar dan sudut tangen relatif kecil. Tikungan full circle memiliki sudut tikungan yang besar dan tidak memiliki lengkung peralihan. Dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Lengkung peralihan
- 2) Kemiringan melintang (superelevasi)
- 3) Pelebaran perkerasan jalan
- 4) Kebebasan samping

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya. Namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal

Rumus - rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* ini, yaitu :

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.21)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.23)$$

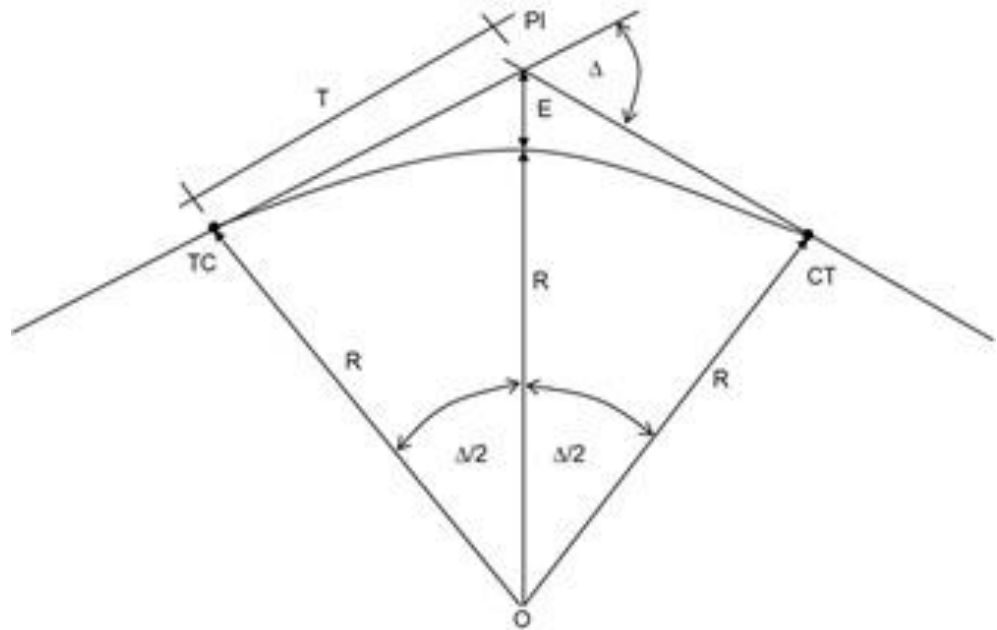
Di mana : Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

T_c = Panjang tangen dari TC ke PI atau PI ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

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



Gambar 2.12 Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

O = Titik pusat lingkaran

R_c = Jari-jari tikungan (m)

T = Jarak TC-PI atau PI-CT

E_c = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

L_c = Panjang lengkung (CT-TC),(m)

PI = Titik potong antara 2 garis tangen

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

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

Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perencanaan suatu jalan, karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya. Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah - daerah perbukitan atau pegunungan, karena jenis tikungan ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

-Kemiringan antar jalan kota = 0,10

-Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,08

Rumus - rumus yang digunakan dalam menghitung perencanaan tikungan *spiral-circle-spiral* ini adalah :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.24)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.25)$$

$$E_s = (R+p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \quad (\text{m}) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\Theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} \quad (^\circ) \dots \dots \dots (2.27)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\Theta_s \quad (^\circ) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6R} - R(1 - \cos\Theta_s) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^2}{40R^2} - R(\sin\Theta_s) \dots\dots\dots(2.30)$$

$$Lc = \frac{\Delta c}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Ts = (R+p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.32)$$

$$L = Lc + 2 \cdot Ls \dots\dots\dots(2.33)$$

Di mana :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS ke SC (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)

T_s = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST), (m)

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = Jari-jari lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

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

L = panjang tikungan SCS, (m)

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^\circ$)

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

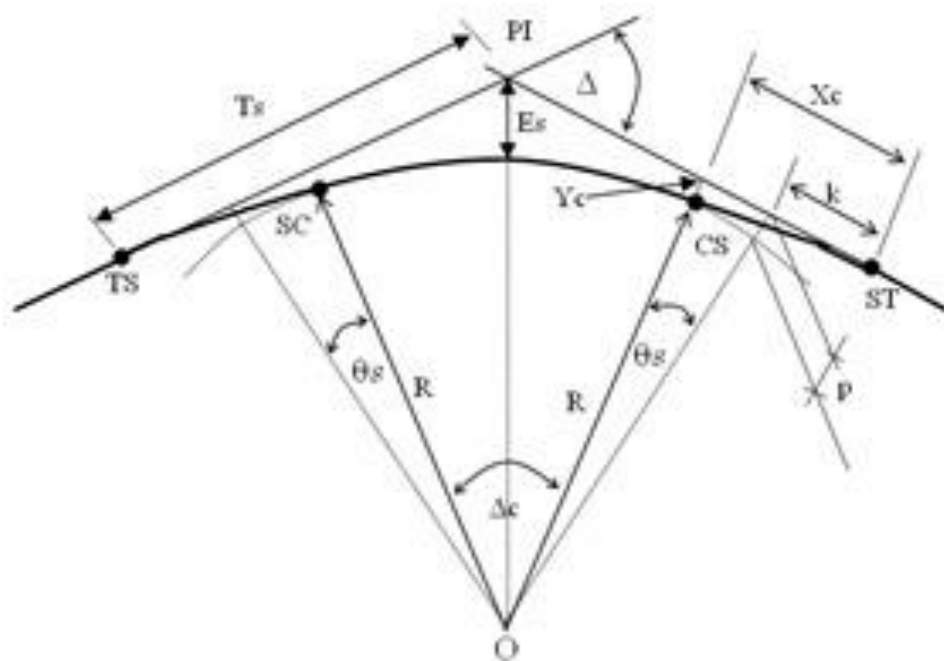
Δc = sudut lengkung circle ($^\circ$)

Kontrol:

Jika diperoleh $L_c < 25$ m , maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika P yang di hitung dengan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24.Rc} < 0.25 \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$

Bentuk tikungan *spiral-circle-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.13 di Bawah ini :



Gambar 2.13 Tikungan *Spiral - Circle- Spiral* (SCS)

c. Tikungan Spiral -Spiral

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung Horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS.

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral Circle Spiral*, yaitu :

$$\Theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c=0 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$L_s = \frac{\Theta_s}{28,648}, R \text{ atau } L_s = \frac{\Theta_s \pi R}{90} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta +k \dots\dots\dots(2.36)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.37)$$

$$L = 2.L_s \dots\dots\dots(2.38)$$

$$K = k^* . L_s \dots\dots\dots(2.39)$$

$$P = p^* . L_s \dots\dots\dots(2.40)$$

Tabel untuk menilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.19 di bawah ini

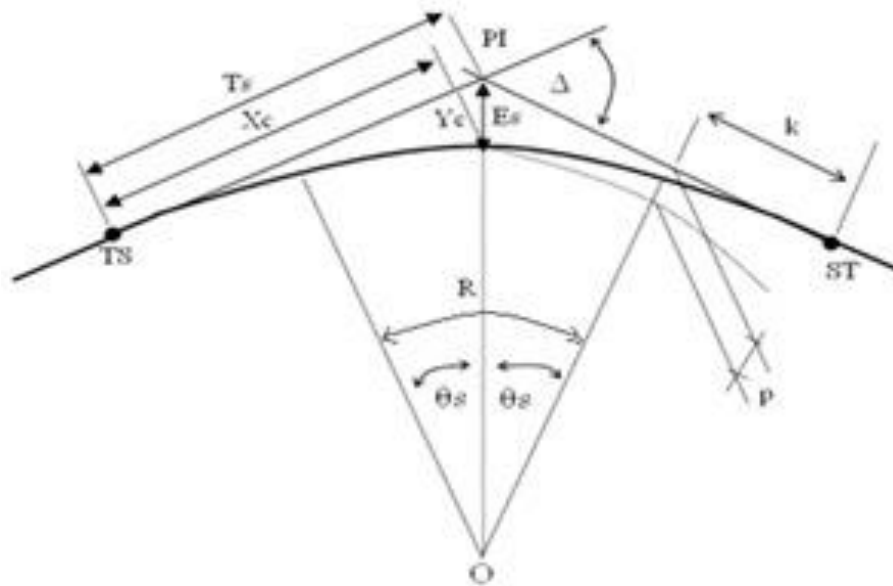
Tabel 2.19 Tabel untuk p dan k untuk $L_s = 1$

Θ_s ($^\circ$)	P*	K*	Θ_s ($^\circ$)	P*	K*
0,5	0,0007272	0,4999987	20,5	0,0307662	0,4977983
1,0	0,0014546	0,4999949	21,0	0,0315644	0,4976861
1,5	0,0021280	0,4999886	21,5	0,0323661	0,4975708
2,0	0,0029098	0,4999797	22,0	0,0331713	0,4974525
2,5	0,0036378	0,4999683	22,5	0,0339801	0,4973311
3,0	0,0043663	0,4999543	23,0	0,0347926	0,4972065
3,5	0,0050953	0,4999377	23,5	0,0356088	0,4970788
4,0	0,0058249	0,4999187	24,0	0,0364288	0,4969479
4,5	0,0065551	0,4998970	24,5	0,0372528	0,4968138

Sambungan tabel 2.19

Θ_s ($^\circ$)	P*	K*	Θ_s ($^\circ$)	P*	K*
5,0	0,0072860	0,4998728	25,0	0,0380807	0,4966766
5,5	0,0080170	0,4998461	25,5	0,0389128	0,4965360
6,0	0,0087506	0,4998167	26,0	0,0397489	0,4963922
6,5	0,0094843	0,4997848	26,5	0,0405893	0,4962450
7,0	0,0102190	0,4997503	27,0	0,0414340	0,4960945
7,5	0,0109550	0,4997132	27,5	0,0422830	0,4959406
8,0	0,0116922	0,4996735	28,0	0,0431365	0,4957834
8,5	0,0124307	0,4996312	28,5	0,0439949	0,4956227
9,0	0,0131706	0,4995862	29,0	0,0448572	0,4954585
9,5	0,0139121	0,4995387	29,5	0,0457245	0,4952908
10,0	0,0146551	0,4994884	30,0	0,0465966	0,4951192
10,5	0,0153997	0,4994365	30,5	0,0474735	0,4949448
11,0	0,0161461	0,4993800	31,0	0,0483554	0,4947665
11,5	0,0168943	0,4993218	31,5	0,0492422	0,4945845
12,0	0,0176444	0,4992609	32,0	0,0501340	0,4943988
12,5	0,01839650	0,4991973	32,5	0,0510310	0,4942094
13,0	0,0191507	0,4991310	33,0	0,0519333	0,4940163
13,5	0,0199070	0,4990619	33,5	0,0528408	0,4938194
14,0	0,0206655	0,4989901	34,0	0,0537536	0,4936187
14,5	0,0214263	0,4989155	34,5	0,0546719	0,4934141
15,0	0,0221896	0,4988381	35,0	0,0555957	0,4932057
15,5	0,0229553	0,4987580	35,5	0,0565250	0,4929933
16,0	0,0237236	0,4986750	36,0	0,0574601	0,4927769
16,5	0,0244945	0,4985892	36,5	0,0584008	0,4925566
17,0	0,0252681	0,4985005	37,0	0,0593473	0,4923322
17,5	0,0260445	0,4984090	37,5	0,0602997	0,4921037
18,0	0,0268238	0,4983146	38,0	0,0612581	0,4918711
18,5	0,0276060	0,4982172	38,5	0,0622224	0,4916343
19,0	0,0283913	0,4981170	39,0	0,0631929	0,4913933
19,5	0,0291797	0,4980137	39,5	0,0641694	0,4911480
20,0	0,0299713	0,4979075	40,0	0,0651522	0,4908985

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



Gambar 2.14 Tikungan Spiral – Spiral (SS)

Keterangan :

E_s = Jarak dari P1 ke lingkaran

TS = Titik dari tangen ke *spiral*

T_s = Panjang Tangen dari titik P1 ke titik TS atau ke titik ST

Y_c = Titik dari *spiral* ke lingkaran

R = Jari-jari Lingkaran

k = Absis dari P pada garis tangen spiral

P = Pergesekan tangen terhadap spiral

2.6.5 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu yang berfungsi untuk mempermudah dalam

pekerjaan atau pelaksanaan di lapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (e_n) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan Full Circle (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan 4 L_s' dibagian Jurus (kiri TC atau kanan CT) dan % L_s' ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan $2/3 L_s'$ di bagian Jurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/3 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

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

Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada tabel 2.20 di bawah ini :

Tabel 2.20 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

D(*)	R (m)	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V=90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks=5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks=6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks=9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks=12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks=18,85									

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

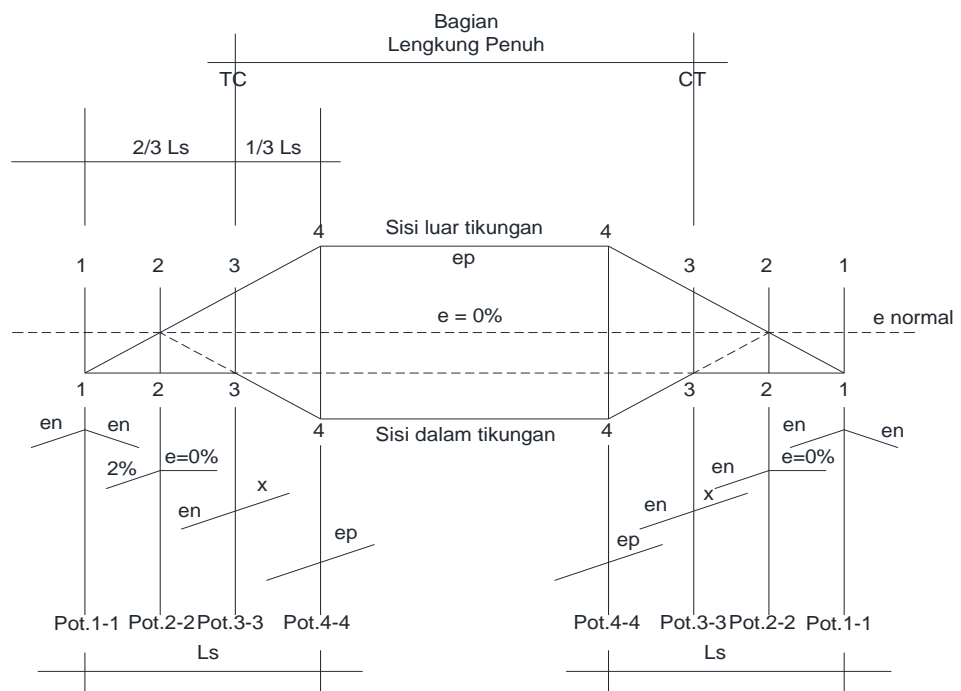
Keterangan :

LN = Lereng jalan normal, diasumsikan 2%

LP = Lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal 2%

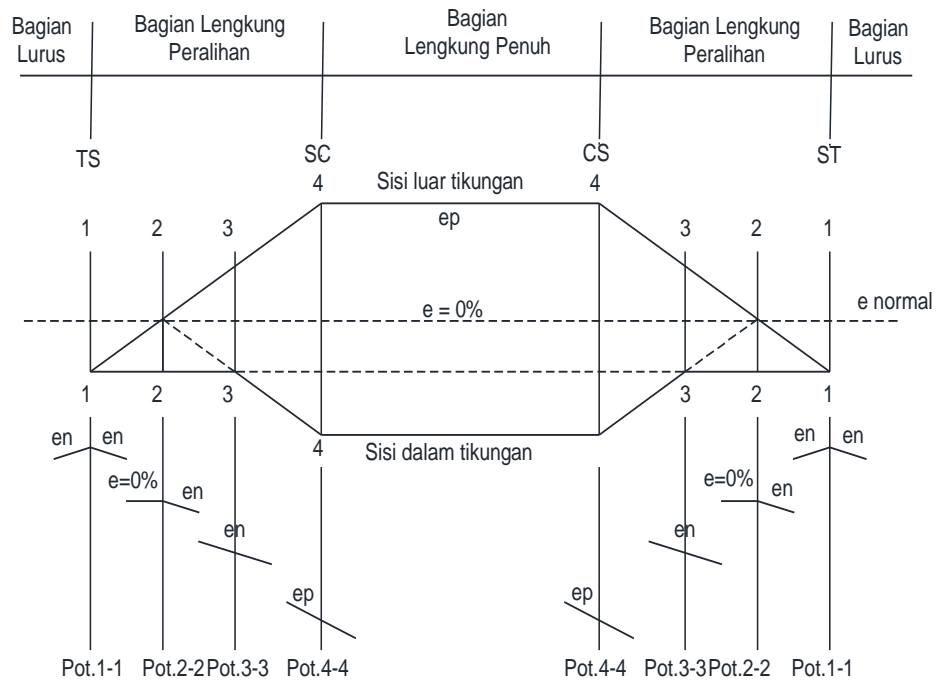
Ls = Diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Short landai relatif maksimum, jarak tempuh 3 detik dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m

1. Superelevasi tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini :



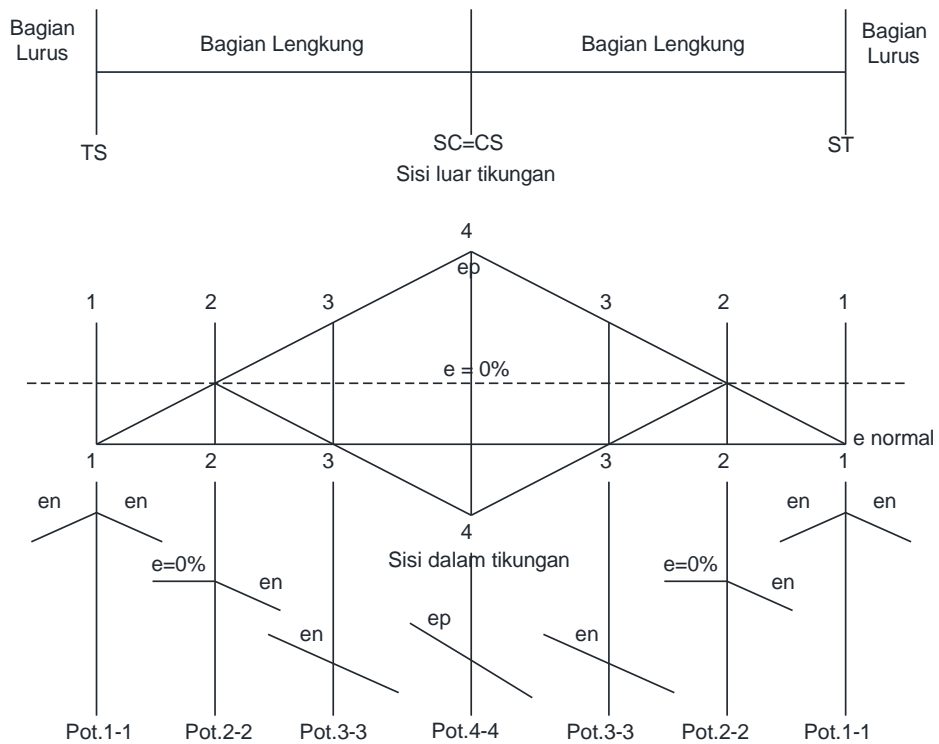
Gambar 2.15 Superelevasi tikungan *Full Circle*

2. Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.16 di bawah ini :



Gambar 2.16 Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. Superelevasi tikungan *Spiral-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.17 di bawah ini :



Gambar 2.17 Superelevasi tikungan *Spiral- Spiral*

Keterangan :

1. Potongan I, kemiringan permukaan perkerasan jalan bersifat normal, yaitu sebagian miring kekiri dan sebagian lagi miring kekanan.
2. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan 1 menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.

3. Potongan III, bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.
4. Potongan IV, baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Kondisi seperti ini akan bertahan sampai sepanjang lengkung circle (khusus tikungan SS hanya pada satu titik), yaitu sampai titik CS. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur kembali kebentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi kebentuk potongan I, yakni bentuk normal.

2.6.6 Kemiringan Melintang

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

2.6.7 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 mengijinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengijinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan.

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan 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 di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.41)$$

Di mana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

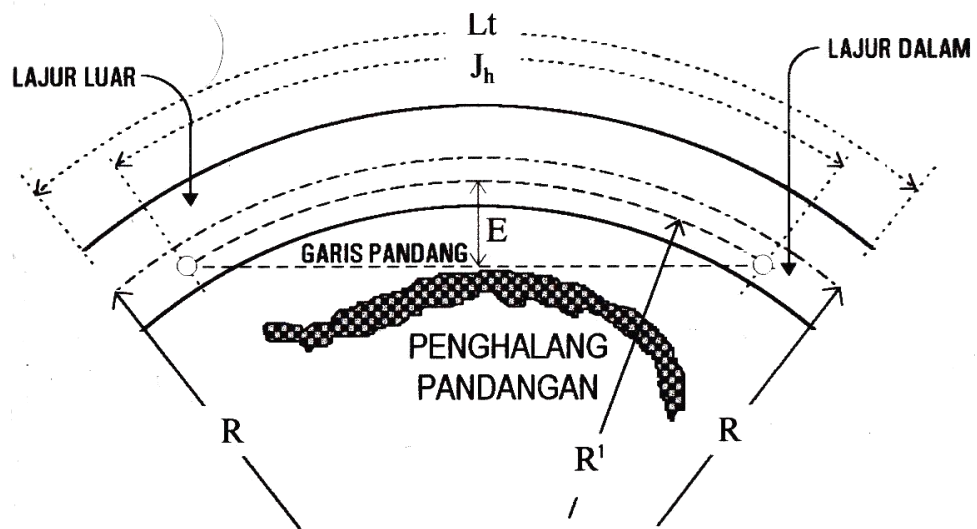
L_t = Panjang tikungan (m)

Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.21 dibawah ini :

R (m)	V _r = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h = 16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	R _{min} =50
300					2,3	6,0	R _{min} =3	0
250				1,5	2,8	7,2	50	
200				1,9	3,5	R _{min} =2		
175				2,2	4,0	10		
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	R _{min} =1			
100			2,0	3,8	15			
90			2,2	4,2				
80			2,5	2,7				
70		1,5	2,8	R _{min} =8				
60		1,8	3,3	0				
50		2,3	3,9					
40		3,0	R _{min} =5					
30		R _{min} =3	0					
20	1,6	0						
15	2,1							
	R _{min} =15							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika $J_h < L_t$:



Gambar 2.18 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h < L_t$

2. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

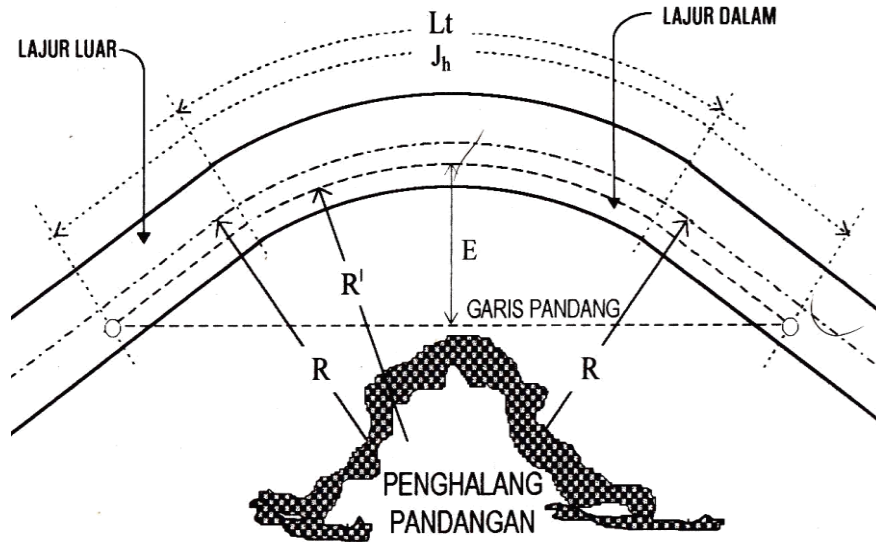
Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.22 di bawah ini :

Tabel 2.22 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R (m)	$V_r = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	$R_{min}=50$
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{min}=3$	0
250			1,8	2,9	4,7	10,1	50	
200			2,2	3,6	5,8	$R_{min}=2$		
175		1,5	2,6	4,1	6,7	10		
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	$R_{min}=1$			
100		2,6	4,5	7,2	15			
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{min}=8$				
60	2,2	4,3	7,4	0				
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{min}=50$					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{min}=3$						
15	8,4	0						
	$R_{min}=15$							

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

Berikut adalah gambar kebebasan samping jika $J_h > L_t$



Gambar 2.19 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h > L_t$

2.6.8 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

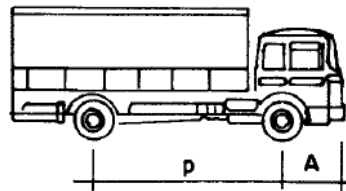
Pelebaran perkerasan pada tikungan direncanakan untuk menghindari kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan tidak mengalami off tracking (keluar jalur) tepatnya lintasan roda belakang pada saat membelok.

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan dibagian lurus. Pada jalan dua lajur sebaiknya terdapat pelebaran jalan, terutama pada tikungan tajam karena hal-hal sebagai berikut:

1. Kecenderungan pengemudi terlempar keluar dari tepi perkerasan.
2. Meningkatkan Jebar efektif kendaraan karena ban depan dan belakang tidak melintasi satu garis.
3. Pertambahan lebar karena posisi kendaraan yang miring terhadap as jalan.

Pelebaran jalan ditikungan menurut Bina Marga mempertimbangkan sebagai berikut:

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak berputar kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
- Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.



Gambar 2.20 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 geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut :

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

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

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

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

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

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut :

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.46)$$

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

Dimana :

Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari-jari tikungan

2.7 Alinyemen Vertikal

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang jalan. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen 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 di atas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali di landa banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan di atas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan di usahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan.

Perlu pula diperhatikan bahwa alinyemen vertikal yang direncanakan itu akan berlaku untuk masa panjang, sehingga sebaiknya alinyemen vertikal yang dipilih tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki, menurun, dan biasa disebut landai dengan dinyatakan persen. Menurut Silvia Sukirman (1999) perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti :

1. Kondisi tanah dasar
2. Keadaan medan

3. Fungsi jalan
4. Muka air banjir
5. Muka air tanah
6. Kelandaian yang masih memungkinkan

Pada umumnya gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan. Pendakian dan penurunan yang terjadi memberikan pengaruh terhadap gerak kendaraan.

2.7.1 Kelandaian Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan, sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang jalan diperlukan suatu kelandaian minimum. Dalam menentukan landai minimum ini terdapat dua tinjauan, yaitu :

1. Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

Dari tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan alinyemen vertikal sangat dianjurkan :

1. Landai datar, untuk jalan di atas timbunan tanpa kerb.
2. Landai 0,15%, untuk jalan di atas timbunan, medan datar dengan kerb.
3. Landai min 0,3 - 0,5%, untuk jalan pada daerah galian dengan kerb.

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7-8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar, sedangkan untuk truk akan lebih besar pengaruhnya. Kelandaian minimum ditinjau dari kepentingan drainase jalan. Dalam perencanaan landai minimum Silvia Sukirman (1999) menyarankan :

1. 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.
2. 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.
3. Untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

2.7.2 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.23 di bawah ini :

Tabel 2.23 Landai Maksimum

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

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

2.7.3 Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga

penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_R). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)

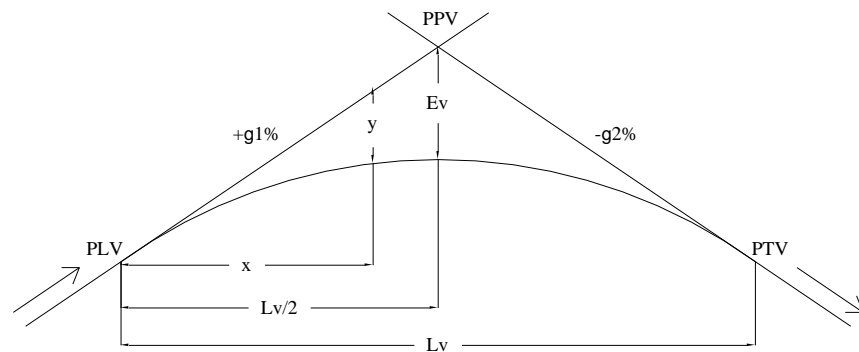
Tabel 2.24 Panjang Landai Kritis

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

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

2.7.4 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal

Keterangan :

PPV = titik perpotongan kelandaian g_1 dan g_2

PLV = titik awal lengkung parabola.

PTV = titik akhir lengkung parabola.

g = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

Ev = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran
(PV1 - m) meter.

- L_v = panjang lengkung vertikal
 x = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau
 y' = besarnya penyimpangan/defleksi (jarak vertikal)
 antara garis kemiringan dengan lengkung

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

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 \cdot L_v} x^2 \dots\dots\dots(2.48)$$

Dimana :

- x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
 y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m)
 g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)
 L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

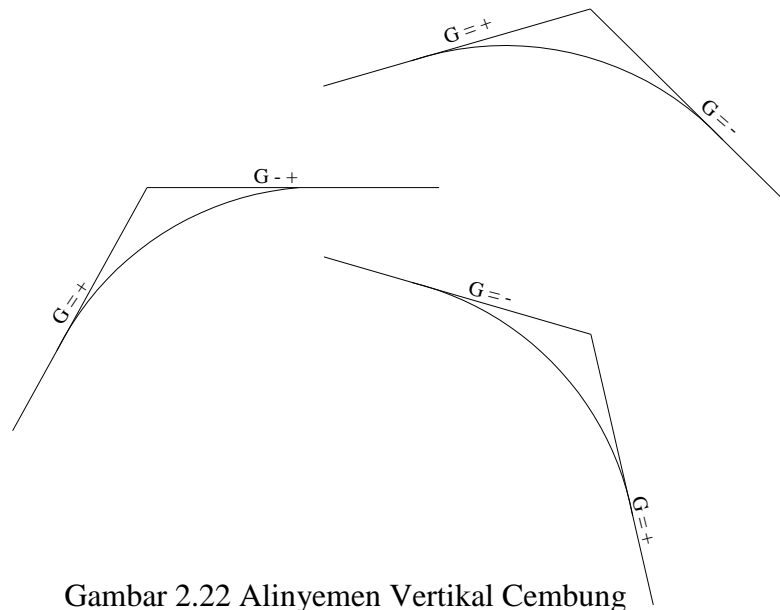
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai berikut :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots(2.49)$$

Lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam, yaitu :

1. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2.22 Alinyemen Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung (LV), dapat diperoleh dengan rumus:

Panjang L_v berdasarkan J_h . (dalam meter)

$$J_h < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399}$$

$$J_h > L, \text{ maka } L_v = 2J_h - \frac{399}{A}$$

Panjang L berdasarkan J_d . (dalam meter)

$$J_d < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840}$$

$$J_d > L, \text{ maka } L_v = 2 \cdot J_d - \frac{840}{A}$$

Keterangan:

J_h = jarak pandang henti (m)

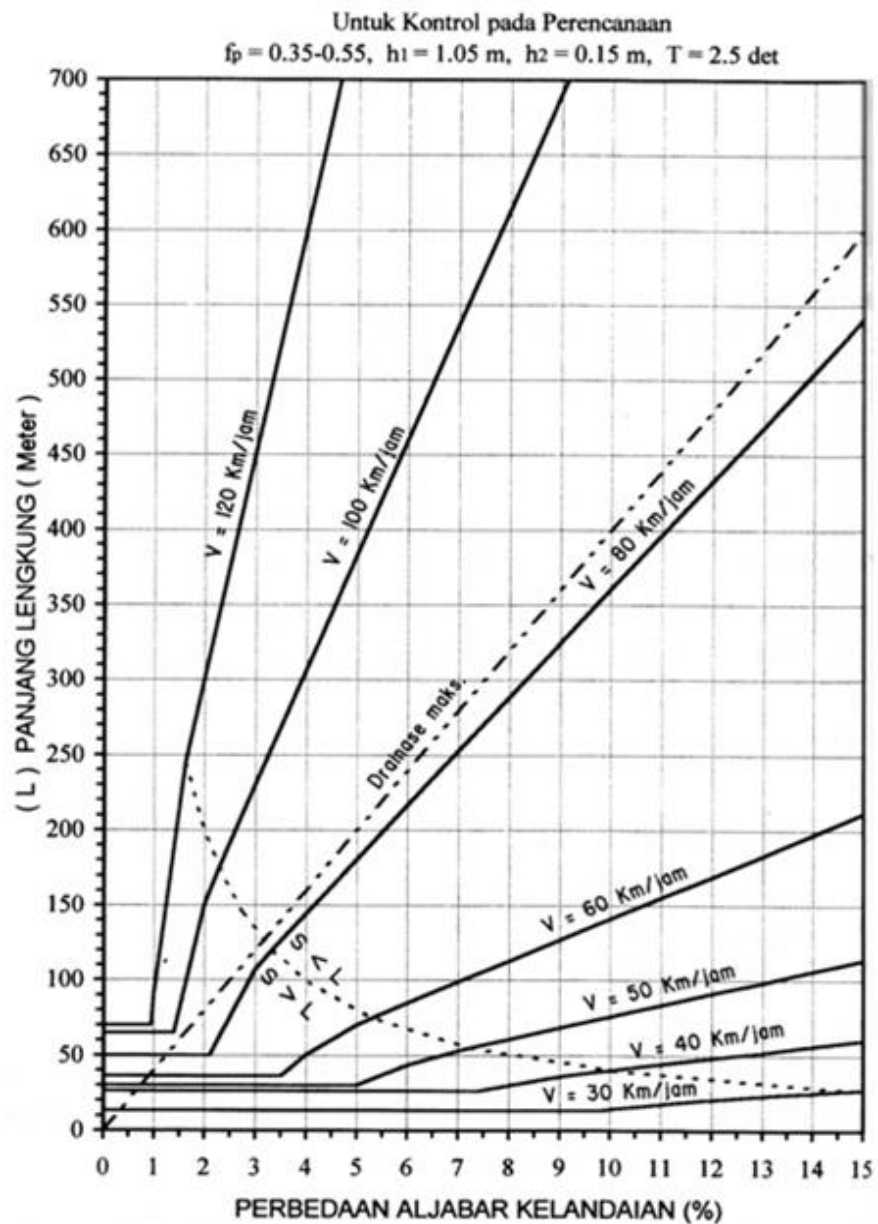
J_d = jarak pandang mendahului (m)

g_1, g_2 = kemiringan / tangent (%)

L_v = panjang lengkung (m)

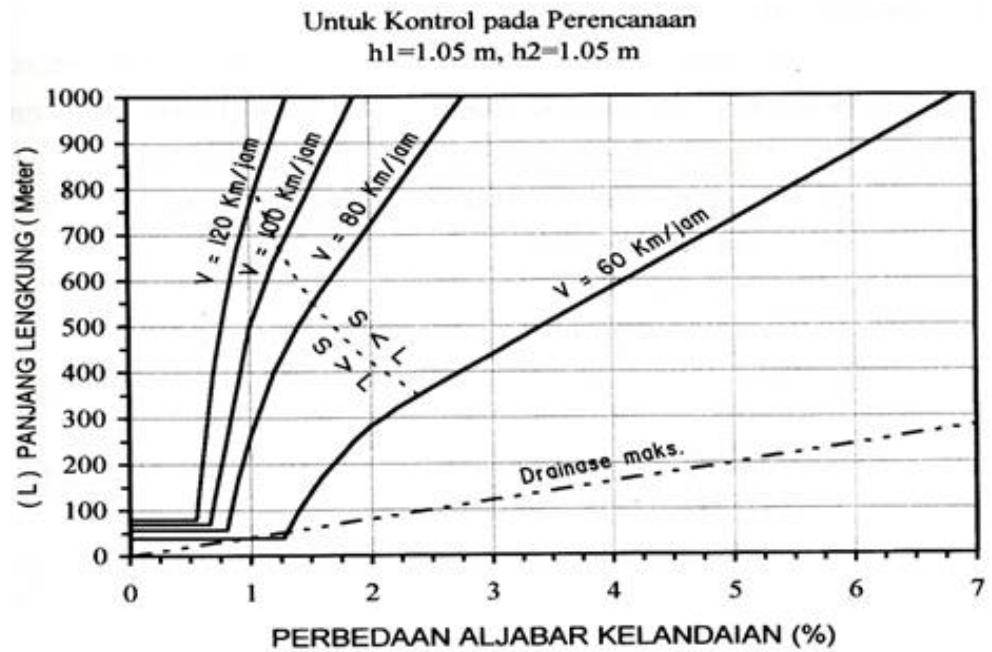
A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana $A = g_1 \pm g_2$

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.23 (untuk jarak pandang henti)



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

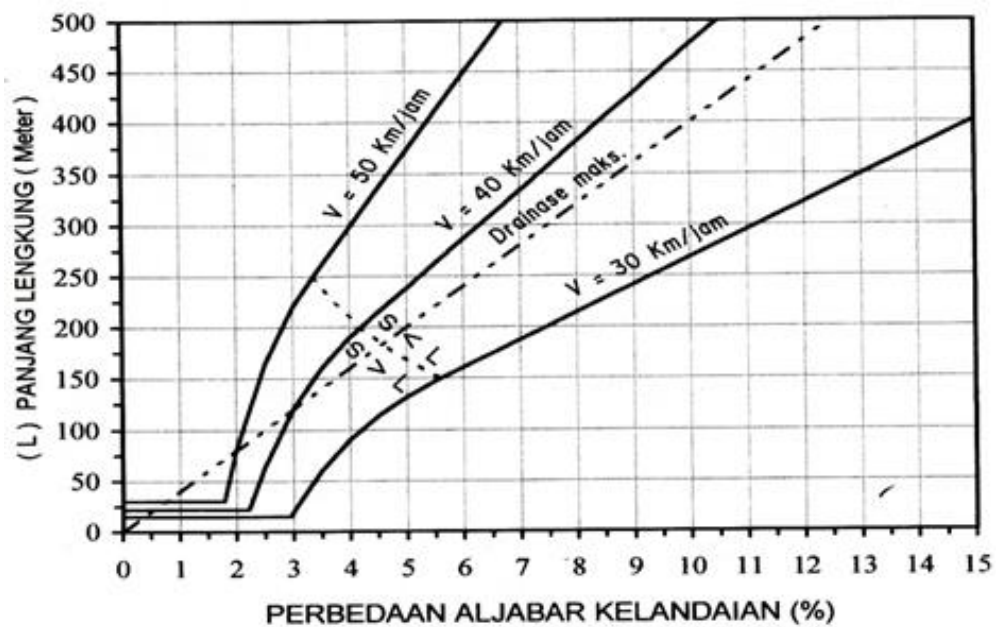
(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)



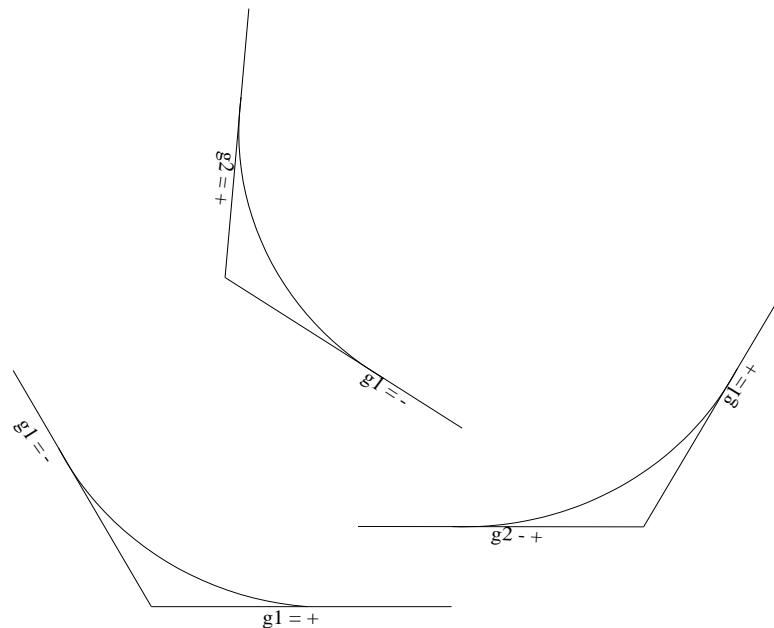
Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

2. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.26 di bawah ini :



Gambar 2.26 Alinyemen Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung (L), dapat diperoleh dengan rumus:

Panjang L berdasarkan Jh. (dalam meter)

$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot Jh^2}{120 + 3,5 Jh}$$

$$Jh > L, \text{ maka } L = 2Jh - \frac{120 + 3,5 Jh}{A}$$

Keterangan:

Jh = jarak pandang henti (m)

Jd = jarak pandang mendahului / menyiap (m)

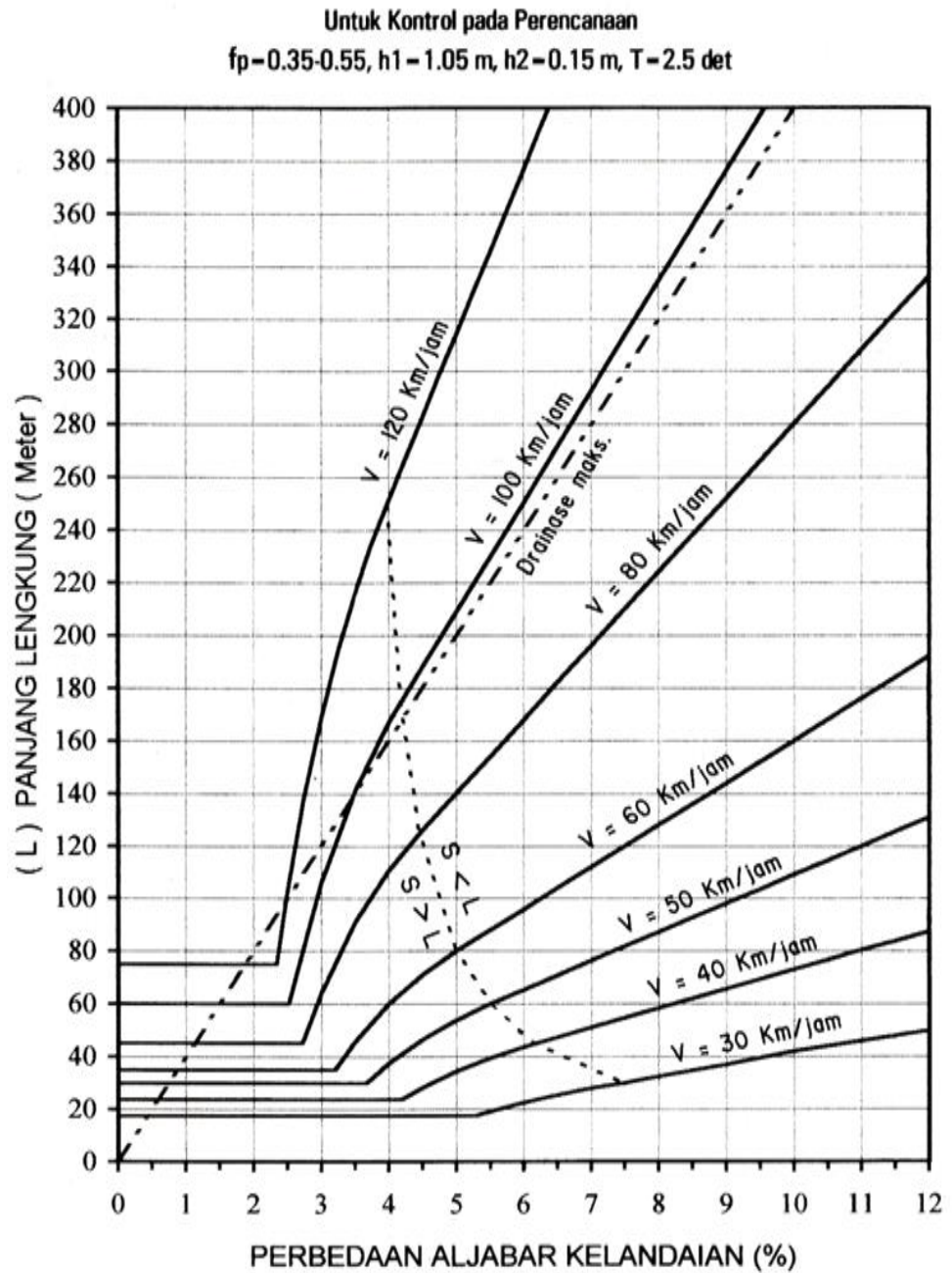
g1, g2 = kemiringan / tangen (%)

Lv = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana $A = g1 \pm g2$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak

pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik gambar 2.27 dibawah ini :



Gambar 2.27 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada dilokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu :

- a. Penentuan jarak patok (*stationing*), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal.
- b. Penggambaran profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka perkerasan yang direncanakan.
- c. Penggambaran profil melintang (*cross section*) pada setiap titik stationing, sehingga memungkinkan untuk menghitung luas bagian galian ataupun timbunan yang ada pada potongan tersebut. Pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu planimetri.
- d. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar stationing tersebut.

Tabel 2.25 Perhitungan Galian Timbunan

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

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

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

Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku

2. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

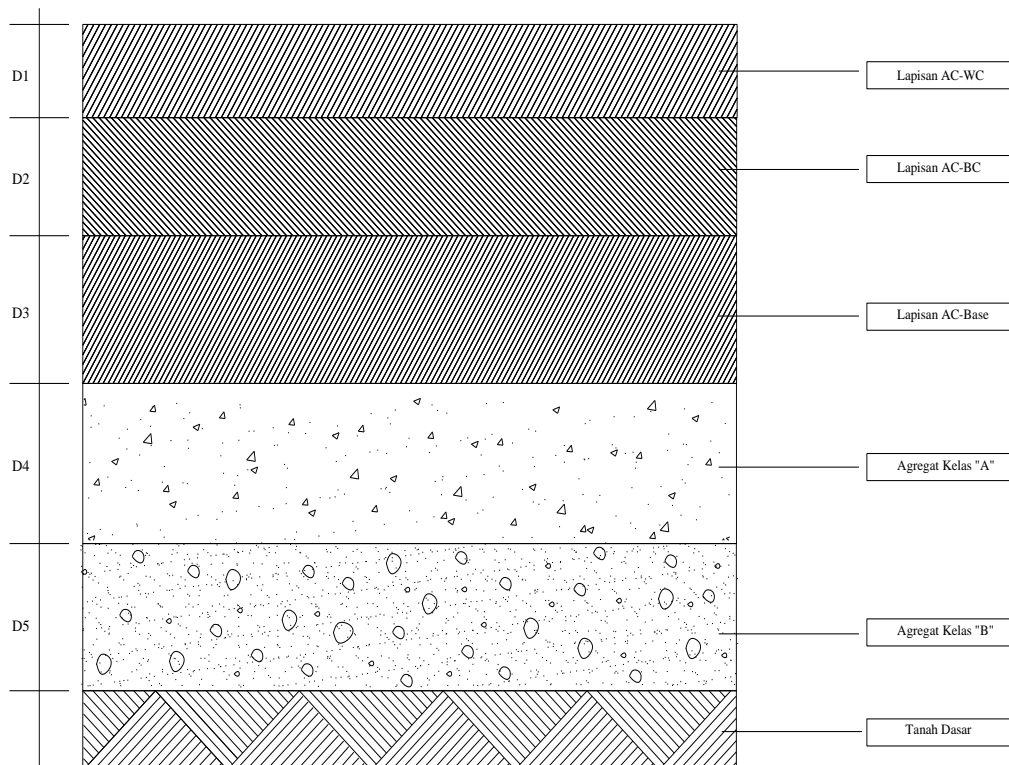
3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.9.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.28 di bawah ini :



Gambar 2.28 Lapisan Perkerasan Lentur

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah 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. Lapis perkerasan penahan roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk

menahan roda selama masa pelayanan.

- b. Lapis kedap air, air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus, lapisan ulang yang langsung menderita gesekan akibat roda kendaraan
- d. Lapisan-lapisan yang menyebabkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih jelek.

Untuk memenuhi fungsi di atas, 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.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

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

- a. Sebagai perletakkan terhadap lapisan permukaan.
- b. Melindungi lapisan di bawahnya 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 adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan

- lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanent*) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat kembang susut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata, sukar ditentukan secara pasti ragam tanah yang sangat berbeda sifat dan kelembabannya.
- d. Lendutan atau lendutan balik.

Ada tiga tipe lapisan tanah dasar :

- 1) Tanah dasar tanah galian
- 2) Tanah dasar tanah timbunan
- 3) Tanah dasar tanah asli

2.9.2 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel 2.26 lebar perkerasan berikut ini :

Tabel 2.26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber: Tebal Struktur Perkerasan Lentur, Silvia Sukirman, 2010)

2. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian koefisien distribusi kendaraan ditentukan dari tabel 2.27 sebagai berikut :

Tabel 2.27 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	0,30	0,30	0,40	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

(Sumber: Tebal Struktur Perkerasan Lentur, Silvia Sukirman, 2010)

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*).

Faktor ekivalen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{LEF} = \frac{W_{t18}}{W_{t\mu}}$$

$$\text{Log} \frac{W_{t18}}{W_{t\mu}} = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (L_{\mu}+L_2) + 4,33 \log L_2 + \frac{\text{Log}10 \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{\frac{0,4 + 0,081 (L_{\mu} + L_2)}{(SN+1)^{5,19} \cdot L_2^{3,23}}}$$

$$- \frac{\text{Log}10 \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{0,081 (18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana :

LEF = angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan sumbu kendaraan.

W_{t18} = angka beban sumbu μ pada akhir waktu t.

W_{18} = angka 18 kip (80 kn) beban sumbu tunggal.

L = beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda

L = kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk poros triple)

SN = nilai struktural yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan

ΔIP = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana dengan indeks pelayanan akhir rencana

IP_f = indeks pelayanan jalan (min 1,5)

4. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian kedalam proses perancangan

perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan dapat di lihat pada tabel 2.28 di bawah ini :

Tabel 2.28 Tingkat Reabilitas untuk Bermacam-macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85,0 – 99,9	80 – 99,0
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Beberapa konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah – langkah berikut :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.28
- Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat, rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.29 Deviasi Normal Standar (Z_R) untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan

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	99,00	- 3,090
85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5. Kinerja Perkerasan

Pada metoda ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan indeks pelayanan “IP” saat ini (*Present Serviceability Indeks*, PSI) yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*Roughness*) dan keausan (alur, retak, dan tambalan). Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir. Indeks pelayanan awal (IPo) diperoleh berdasarkan perkiraan penggunaan jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun dapat dilihat pada tabel 2.31. Indeks pelayanan akhir (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat. Untuk jalan utama, indeks pelayanan akhir digunakan minimum 2,5 sedangkan untuk jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0 dapat dilihat pada tabel 2.30.

Tabel 2.30 Indeks Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (IPt)
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$
Arteri	$\geq 2,5$

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.31 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Klasifikasi Jalan	IPo
Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (AC-Mod)	$\geq 4,0$
Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	$\geq 4,0$

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

6. Drainase

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \cdot md \cdot 24 \dots\dots\dots(2.51)$$

Keterangan :

t = Time-to-drain (jam)

T50 = Time factor

md = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai time faktor (T50) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope, SR*), resultan panjang pengaliran (*resultant length, LR*) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada gambar 2.28. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (*Sx*) dan kemiringan memanjang (*S*).

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor, S1*) dengan persamaan berikut :

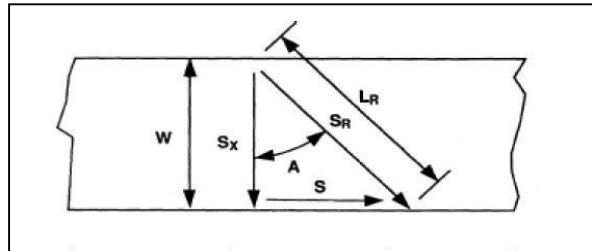
$$S1 = \frac{LR \cdot SR}{H} \dots\dots\dots(2.52)$$

Keterangan :

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.53)$$

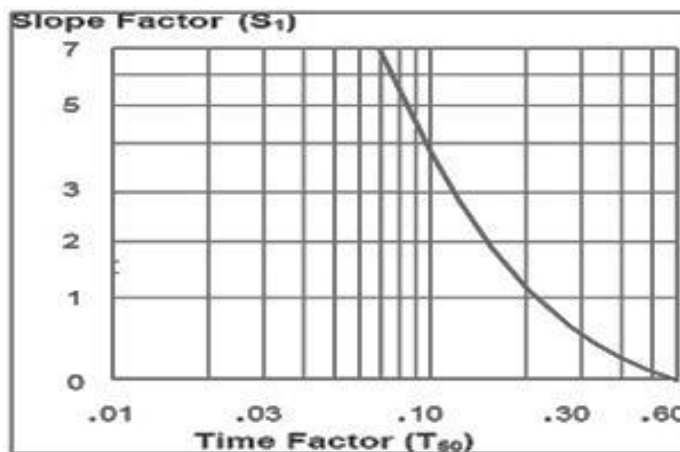
$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.54)$$

H = Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.29 Geometri Jalan (ERES-1999 dalam LRRB-2009)
 (Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.30, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.30 Grafik *Time Factor* Untuk Derajat Kejenuhan 50%
 (FHWA, 2006)
 (Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Nilai “ m_d ” pada Persamaan 2.74 dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_d = \frac{ne \cdot LR^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

n_e = Porositas efektif lapisan drainase

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai

Gambar 2.31

L_R = Resultan panjang (feet)

H = tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.56)$$

Keterangan :

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P_{200} = Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen

D_{10} = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

N = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

1. Menghitung porositas material.

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots(2.57)$$

Keterangan:

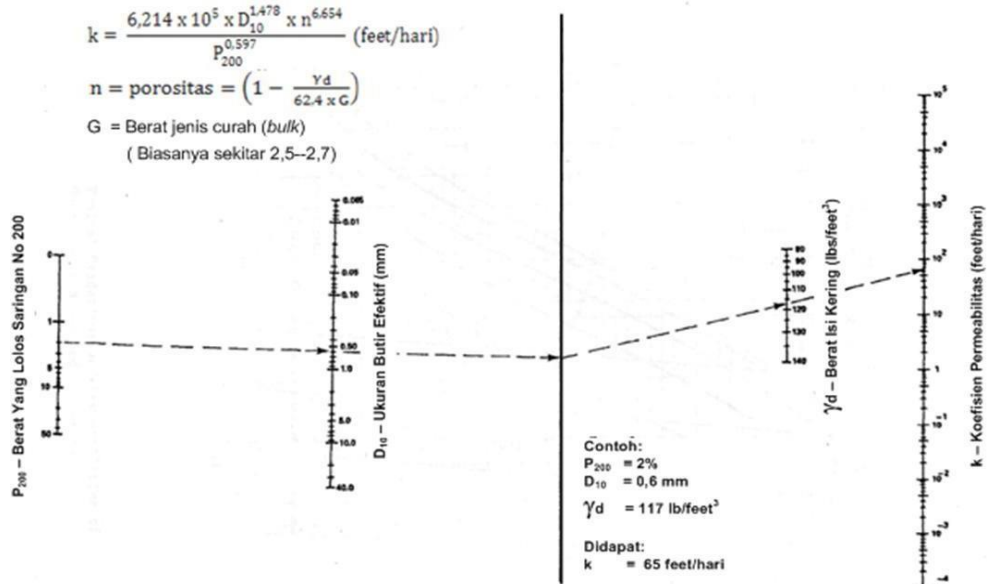
n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

G = Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5--2,7.....(2.58)

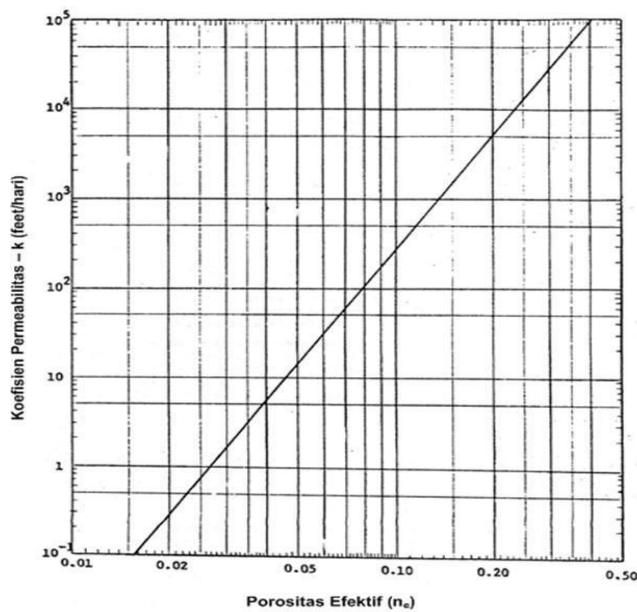
2. Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.31



Gambar 2.31 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granural Dan Material Filter (FHWA, 1990)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)



Gambar 2.32 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, n_e (FHWA, 1990)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

3. Menghitung resultan kemiringan (*slope resultant*).

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.59)$$

Keterangan :

S_R = Resultan kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_X = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)4. Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$L_R = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.60)$$

Keterangan :

L_R = Resultan panjang (feet)

W = Lebar lapisan drainase (feet)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_X = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)5. Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S₁)6. Persamaan untuk menghitung faktor “m_d”7. Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain*

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:

1. Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Gambar 2.31
2. Hitung nilai porositas material (n)
3. Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar 2.32
4. Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R)
5. Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R)
6. Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, S₁)
7. Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T₅₀) dari hasil perhitungan S₁ berdasarkan pada Gambar 2.30

8. Hitung faktor “ m_d ”
9. Hitung nilai *Time-to-drain* (t)
10. Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.30
11. Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh

Tahapan perhitungan dalam penentuan koefien drainase pada perkerasan lentur

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32 Definisi kualitas drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	air tidak akan mengalir

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Tabel 2.33 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 2.33 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.9.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

1. Metode AASHTO

Metode ini dikembangkan berdasarkan pengujian skala penuh yang dilakukan oleh AASHO (*American Association Of State Highway Official*) yang sekarang bernama AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Official*).

2. Metode Asphalt Institute

Pada prinsipnya perencanaan perkerasan dengan metode ini terlebih dahulu harus ditentukan *Initial Traffic Number* (ITN) kemudian dihitung *Design Traffic Number* (DTN), selanjutnya akan diperoleh ketebalan perkerasan yang akan direncanakan.

3. Metode Bina Marga

Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI – 2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.9.4. Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan

1. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.34 dibawah ini :

Tabel 2.34 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kpa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x 1000 psi)							
1. Lapis permukaan ¹									
Laston modifikasi									
Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
Lapis antara modifikasi	3.500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
Laston									
Lapis aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
Lapis antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
Lataston									
Lapis aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. Lapis pondasi									
Lapis pondasi laston modifikasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
Lapis pondasi laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
Lapis pondasi lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis pondasi LAPEN								0,190	
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling</i>)					300			0,270	

Sambungan Tabel 2.34

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kpa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x 1000 psi)							
<i>Foam Bitumen</i>)									
Beton padat giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB(<i>Cement Treated Recycling</i>)	5.300	776		45			0,210		
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTSB(<i>Cement Treated SubBase</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling SubBase</i>)	4.270	619		30			0,160		
Tanah semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾			0,145		
Tanah kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾			0,140		
Agregat kelas A	200	29				90	0,135		
3. Lapis pondasi bawah									
Agregat kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52		0,104	

Sambungan Tabel 2.34

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kpa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x 1000 psi)							
Pemadatan manual						32			0.074
Material pilihan (<i>Selected Material</i>)	84	12				10			0,080

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- a. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang di modifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir) termasuk asbuton campuran panas.
- b. Diameter benda uji 6 inchi.
- c. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari.
- d. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm.
- e. Pengujian modulus elastisitas menggunakan UMATTA pada temperatur 25°C, beban 2500 N.

2. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya sesuai dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.35 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalulintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.35 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu Lintas Rencana (Juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan Kendaraan \geq 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)
\geq 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

3. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal tipis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tebal praktis. Pada gambar 2.36 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.36 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis aus	1,6	4,0

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
- 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 (AC-Base)	2,9	7,5
- Lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- Lapis pondasi LAPEN	2,5	6,5
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- Beton padat giling (BPG/RCC)	6,0	15,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</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
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
- Agregat kelas A	4,0	10,0
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 (<i>Selected Material</i>)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

4. Persamaan Dasar

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

$$\begin{aligned} \text{Log}(W_{18}) = & Z_R + S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_t}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + \\ & 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07 \\ & \dots\dots\dots(2.61) \end{aligned}$$

Di mana :

W_{18} = Volume lalu lintas selama umur rencana

Z_R = Deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan
(R)

S_o = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja

ΔIP = Perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur perencanaan
(IP_o) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t)

M_R = Modulus resilien tanah dasar efektif (psi)

IP_t = Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

5. Estimasi Lalulintas

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

6. Tingkat Pelayanan Dan Pengaruh Drainase

Untuk menetapkan tingkat pelayanan dalam proses perancangan dan pengaruh drainase adalah sesuai dengan prosedur.

7. Modulus Resilien Tanah Dasar Efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat pengaruh musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR kemudian di korelasikan dengan nilai modulus resilien.

8. Pemilihan Tebal Lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relatif setiap perkerasan dengan persamaan berikut :

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Di mana :

$a_1; a_2; a_3$ = Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

$D_1; D_2; D_3$ = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah (inchi)

$m_2; m_3$ = Koefisien drainase untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah

Angka 1-1;1-2;1-3 = Masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

9. Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama dan hendaknya dirancang Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan digunakan.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (I_{p_t}) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang 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_{p_t}) yang telah dipilih. Hasil iterasi telah selesai apabila prediksi rencana lalu lintas relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis

perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis bawah dan lapis atas. Dengan menyelisikan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas 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 di atas lapisan pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

2.10 Manajemen Proyek

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

Adapun yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

1. RKS (Rencana Kerja dan Syarat)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (*owner*).

a. Syarat-syarat umum

Menjelaskan pasal-pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut. Syarat-syarat administrasi

b. Syarat-syarat administrasi

Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.

Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut : Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.

Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut : ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat-syarat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sangsi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi

c. Syarat teknis

Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan *finishing*. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana Anggaran Biaya merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran

biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas

a. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

b. Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya

c. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan kontruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

1) Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

2) Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

d. Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya

e. Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

3. Rencana Pelaksanaan

a. NWP

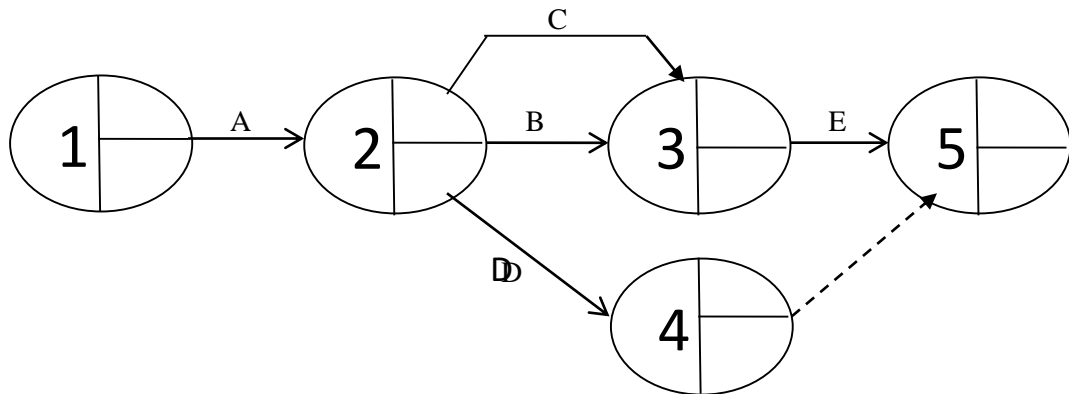
Dalam *Network planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya. Pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 1). Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
- 2). Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek


dengan tambahan waktu

- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat



Gambar 2.33 Sketsa *Network planning*

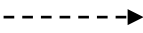
Keterangan :

a) 


(*Arrow*) anak panah, merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resource* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

b) 

(*Node/event*) lingkaran, yang berarti saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini merupakan permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

c) 

(*Dummy*) anak panah dengan garis putus-putus, artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

d) 

EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal

dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

- e) LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebeumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f) A, B, C, D merupakan kegiatan.

b. *Barchart*

Barchart, berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya wakyu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamnya penggunaan suatu alat dan bahn yang diperlukan sehingga tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

c. Kurva S

Dibuat berdasarkan bobot setia pekerjaan dan lam waktu yang diperlukan sampai akhir pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan.