

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap jalan, dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometrikerjanya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dilakukan perencanaan ini adalah untuk menghasilkan suatu desain jalan yang baik, ekonomis, serta mampu memberikan pelayanan lalu lintas yang optimal saat jalan ini digunakan.

Dengan data yang ada dilakukan perhitungan geometrik berupa perencanaan terhadap alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal dengan menggunakan peraturan yang terdapat dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) tahun 1997. Perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Metoda Standard Bina Marga terbaru yang di keluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga kementerian Pekerjaan Umum.

2.1.2 Data peta topografi

Peta topografi pada perencanaan ini digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Sama seperti halnya dengan mengukur bangunan teknik sipil lainnya yaitu melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta beda tinggi (vertikal), pengukuran untuk

perencanaan ini juga mempertimbangkan jarak yang panjang, sehingga pengaruh lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan.

Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain. Sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

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

2.1.3. Data Lalu Lintas

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

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 melintas jalan tersebut,

namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktot ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam).

Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Untuk hal itu yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a. survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas kan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan.

2.1.4. Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASHTO (*The American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone*

Penetrometer). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis :

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = (\text{CBR Rata} - \text{CBR min})/R \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah :

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

b. Cara grafis

Prosedur cara grafis sebagai berikut :

- Tentukan nilai CBR terendah
- Tentukan beberapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabellaris mulai dari CBR terkecil hingga terbesar
- Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan persentase dari 100%
- Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- Nilai CBR segmen merupakan nilai pada keadaan 90%

2.1.5. Data Penyelidikan Material

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

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Penyelidikan lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

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

- 1) Tanah berbutir kasar
Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.
- 2) Tanah berbutir halus
Dilapangan tanah kelompok ini untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.2 Klasifikasi Jalan

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

2.2.1. Klasifikasi menurut fungsi jalan

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

a. Jalan Arteri

Jalan Arteri Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. (R. Desutama. 2007). Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Primer adalah :

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

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

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

b. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan antar kota kedua dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan kota jenjang ketiga. (R. Desutama. 2007)

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

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

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

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

- a) Kecepatan rencana > 20 km/jam.
- b) Lebar jalan $> 7,0$ m.

c. Jalan Lokal

Jalan Lokal Primer adalah ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang di bawahnya. (R. Desutama, 2007)

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

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

Jalan Lokal Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau kawasan sekunder ketiga dan seterusnya dengan perumahan.

Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Lokal Sekunder adalah :

- a. Kecepatan rencana > 10 km/jam.
- b. Lebar jalan $> 5,0$ m.

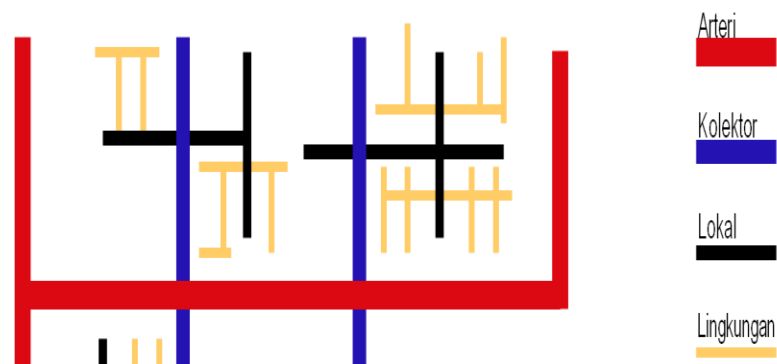
d. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri seperti pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Ciri-ciri Jalan Lingkungan

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

(Sumber : UU No.38 Tahun 2004)



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.2.2. Klasifikasi menurut kelas jalan

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

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

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

$$P_n = P_o + (1+i)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana : P_n = jumlah kendaraan pada tahun ke n

P_o = jumlah kendaraan pada awal tahun

i = Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n = Umur rencana

Setelah di dapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. Nilai faktor ekivalensi dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Nilai Faktor Ekivalensi Kendaraan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya,1997)

Kelas jalan sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR 1997) dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (SMP)
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1500 – 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	-

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

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

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

a. Kelas I

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

b. Kelas II

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

c. Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (hotmix) atau yang setarap, dimana

dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

d. Kelas II B

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

e. Kelas II C

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

f. Kelas III

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

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satu ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam menyalurkan kendaraan dengan dimensi maksimum tertentu.

Tabel 2.5 Klasifikasi menurut kelas jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	>10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		13	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

(Sumber : RSNI Geometrik Jalan Perkotaan No.T/14/2004)

Klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut, secara umum dapat dilihat dalam Tabel 2.5

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

- a). Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- b). Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.6. Klasifikasi menurut medan jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang (%)
Datar (D)	0 – 9,9
Perbukitan (B)	10,0 – 24,9
Pegunungan (G)	>25,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan 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 penentuan tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

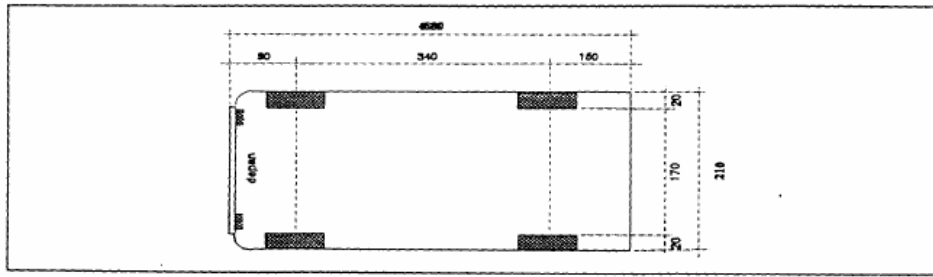
2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Adapun dimensi Kendaraan Rencana dapat dilihat pada Tabel 2.7.

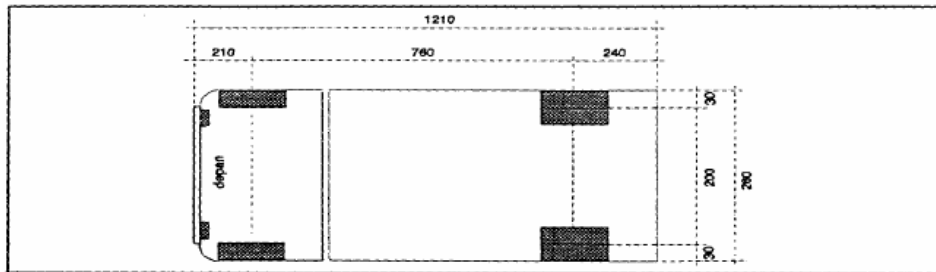
Tabel 2.7. Dimensi Kendaraan Rencana

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

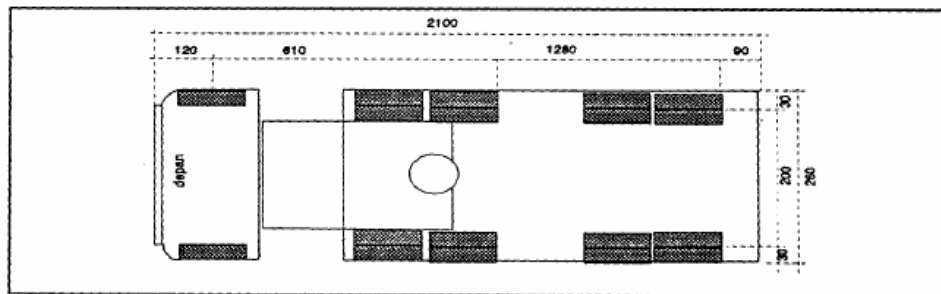
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_r) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan, yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu lintas lengang dan pengaruh samping jalan tidak berarti.

Untuk perencanaan jalan antar kota, nilai V_r ditetapkan dengan berdasar pada klasifikasi (fungsi) dan medan jalan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (V_R), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R - km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu-lintas harian rata-rata (VLHR), adalah perkiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu- lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per hari (smp/hari).

a. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

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

Tabel 2.9 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

b. Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konservasi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (Ekivalen mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.10 Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

No.	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep 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 Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Satuan Volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar jalur adalah :

a) Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

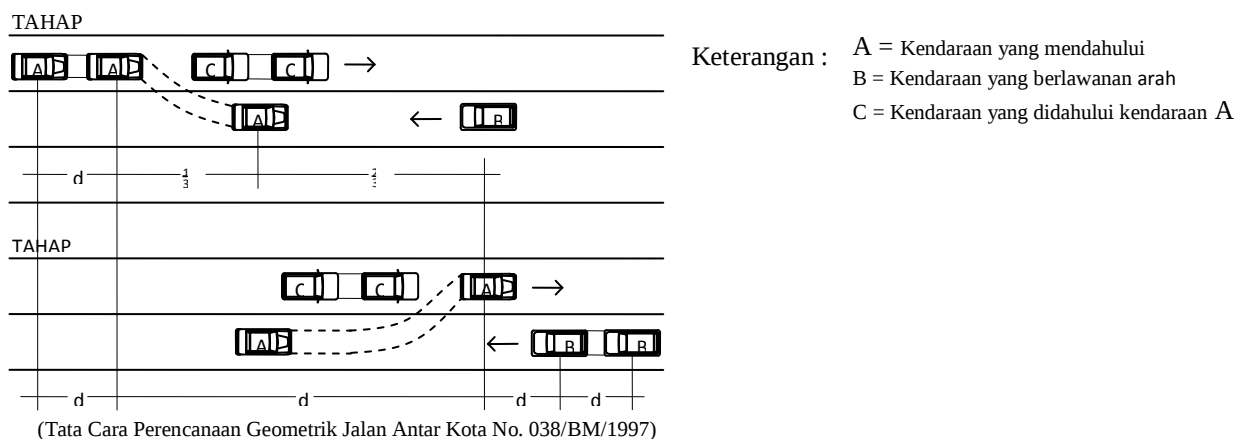
Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.3)$$

b) Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR)

Adalah Hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.5 Proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului

2.3.4 Bagian-bagian Jalan

Suatu Jalan Raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

a. DAMAJA (Daerah Manfaat Jalan)

Merupakan ruas sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman ruang bebas tertentu yang ditetapkan oleh Pembina Jalan dan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, pemisahan jalur, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman timbunan dan galian gorong-gorong perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya.

Lebar Damaja ditetapkan oleh Pembina Jalan sesuai dengan keperluannya. Tinggi minimum 0,5 meter dan kedalaman minimum 1,5 meter diukur dari permukaan perkerasan.

b. DAMIJA (Daerah Milik Jalan)

Merupakan ruas sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh Pembina Jalan guna peruntukkan daerah manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun menambahkan jalur lalu lintas dikemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.

Lebar Damija sekurang-kurangnya sama dengan lebar Damaja. Tinggi atau kedalaman, yang diukur dari permukaan jalur lalu lintas, serta penentuannya didasarkan pada keamanan, pemakaian jalan sehubungan dengan pemanfaat satu Daerah Milik Jalan, Daerah Manfaat Jalan serta ditentukan oleh Pembina Jalan.

c. DAWASJA (Daerah Pengawasan Jalan)

Merupakan ruas disepanjang jalan di luar Daerah Milik Jalan yang ditentukan berdasarkan kebutuhan terhadap pandangan pengemudi, ditetapkan oleh Pembina Jalan.

Daerah Pengawasan Jalan dibatasi oleh :

Lebar diukur dari As Jalan.

1. Untuk Jalan Arteri Primer tidak kurang dari 20 meter.
2. Untuk Jalan Arteri Sekunder tidak kurang dari 20 meter.
3. Untuk Jalan Kolektor Primer tidak kurang dari 15 meter.
4. Untuk Jalan Kolektor Sekunder tidak kurang dari 7 meter.
5. Untuk Jalan Lokal Primer tidak kurang dari 10 meter.
6. Untuk Jalan Lokal Sekunder tidak kurang dari 4 meter.
7. Untuk Jembatan tidak kurang dari 100 meter ke arah hulu dan hilir.

Tinggi yang diukur dari permukaan jalur lalu lintas dan penentuannya didasarkan pada keamanan pemakai jalan baik di jalan lurus, maupun di tikungan dalam hal pandangan bebas pengemudi, ditentukan oleh Pembina Jalan.

Tabel 2.11 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**))	-	-	-	-
>25.000	2nx3,5 ^{*)}	2,5	2nx7,0 ^{*)}	2,0	2nx3,5 ^{*)}	2,0	**))	**))	-	-	-	-

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Keterangan : **) = Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 Jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ m, di mana n = Jumlah lajur per jalur

- = tidak ditentukan

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut :

- a. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- b. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- c. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) $\times 1,5$.
- e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
- f. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.4.1 Penentuan Trase Jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

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

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

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi lokasi jalan, sehingga dapat

dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.4.2 Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R).

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.4.3 Bagian Tikungan

Dalam merencanakan sebuah tikungan haruslah memenuhi beberapa kriteria, antara lain :

a) Jari – jari minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e) . Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

b) Jenis – jenis Tikungan

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

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

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

a.) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R , yang berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dalam tata cara ini digunakan bentuk spiral. Panjang lengkung peralihan (L) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

1. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_R).

2. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur angsur pada lengkung peralihan dengan aman.
3. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui r_{e-max} yang ditetapkan sebagai berikut:
 - a. Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0.035$ m/detik.
 - b. Untuk $V_R \leq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0.025$ m/detik.
4. L_s ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- a.) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

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

V_R = Kecepatan rencana (km/jam).

- b.) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \cdot \frac{V_R^3}{R C} - 2.727 \cdot V_R^e / C \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

R_c = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1,0 m/dt³

(disarankan 0,4 m/dt³)

- c.) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3.6 r_e} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam),

e_m = superelevasi maximum,

e_n = superelevasi normal,

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang.

2. Kemiringan Melintang

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

$$L_s' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$1/m$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

3. Kebebasan Samping

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

a) Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.9)$$

b.) Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

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

θ = Setengah sudut pusat sepanjang L, ($^{\circ}$)

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = Jarak pandangan, (m)

L = Panjang tikungan, (m)

2.4.4. Jenis Tikungan

a. Tikungan *Full Circle (FC)*

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal. Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai Tabel 2.14

Tabel 2.14 Jari – Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

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

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fm)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots (2.13)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B.m \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Ec = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc dan PI

R = Jari-jari

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

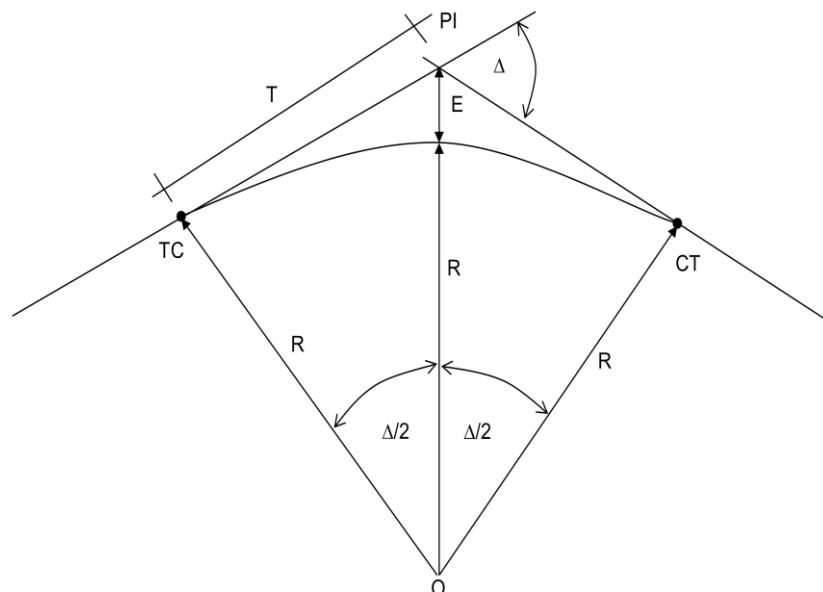
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

m = Landai relatif = $2 \cdot V + 40$



Gambar 2.6 Tikungan *Full circle*

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

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

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

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

Adapun Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral circle-spiral*, yaitu :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fm)} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots (2.21)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.24)$$

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.26)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\Delta = \Delta - 2\phi \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

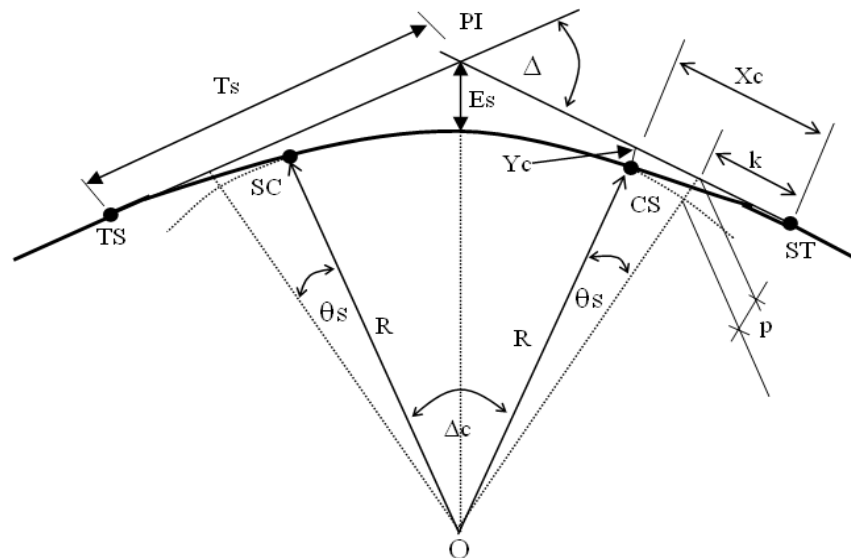
- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen
- T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral
- R = Jari-jari
- E_s = Jarak PI ke busur lingkaran
- L_c = Panjang lengkung lingkaran
- L_s = Lengkung peralihan fiktif
- D = Derajat lengkung
- V = Kecepatan
- B = Lebar jalan
- C = Perubahan percepatan
- f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$
- m = Landai relatif = $2.V + 40$

Kontrol :

$$L_c > 20 \text{ m}$$

$$L > 2 T_s$$

Jika $L < 20 \text{ m}$, gunakan jenis tikungan *spiral-spiral*



Gambar 2.7. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fm)} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots (2.31)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B.m \dots\dots\dots (2.32)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R.c} - 2,727 \cdot \frac{V.e}{c} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Ls' = \frac{\theta_s \cdot \pi}{90} \cdot R \dots\dots\dots (2.34)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.35)$$

$$Es = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.36)$$

$$L = 2.Ls \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

Ls' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

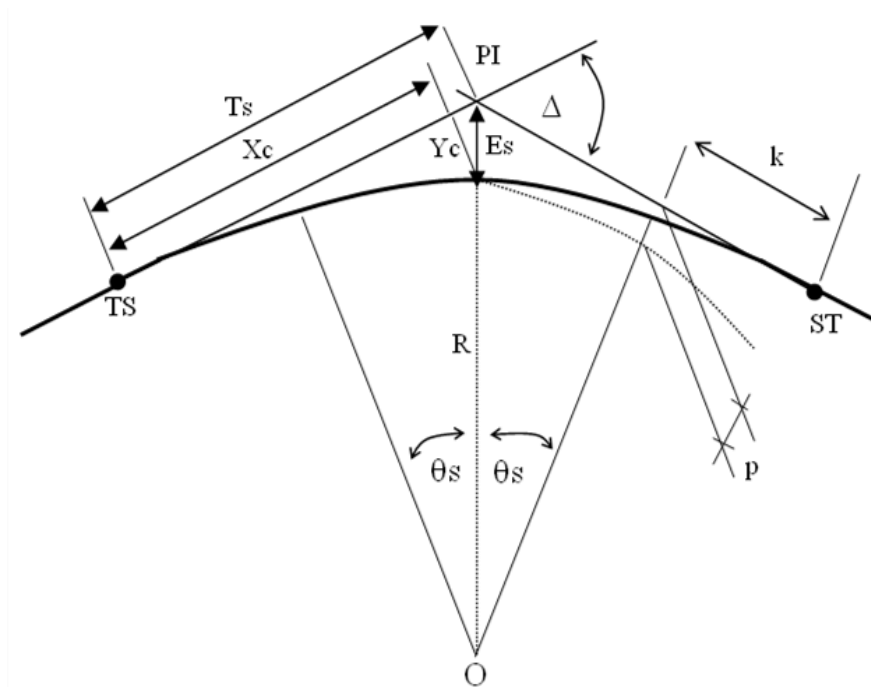
V = Kecepatan

B = Lebar Jalan

C = Perubahan percepatan

fm = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

m = Landai relatif = $2.V + 40$



Gambar 2.8. Tikungan *Spiral – Spiral*

2.4.5 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya di lapangan.

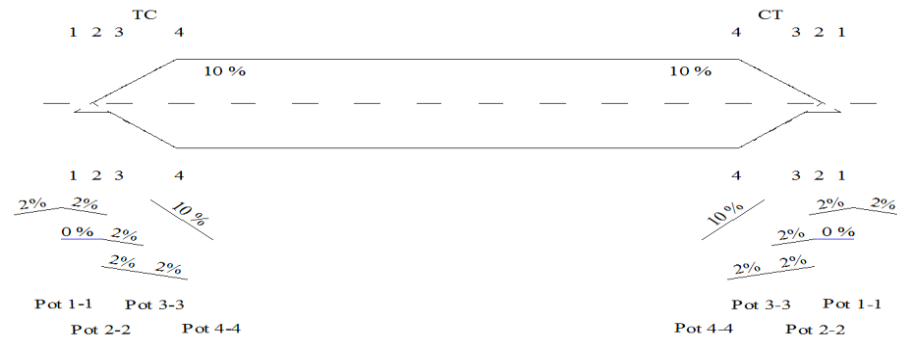
a. Pencapaian Superelevasi

- 1) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- 2) Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- 3) Pada bagian *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$. Pada tikungan *spiral-*

spiral, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

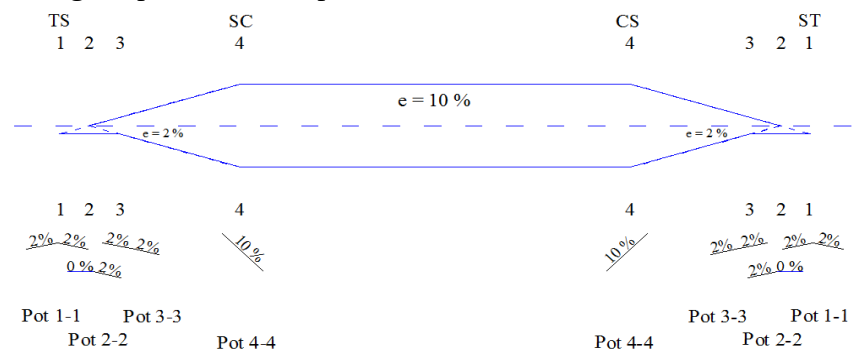
b. Diagram Superelevasi

1. Tikungan *Full circle*



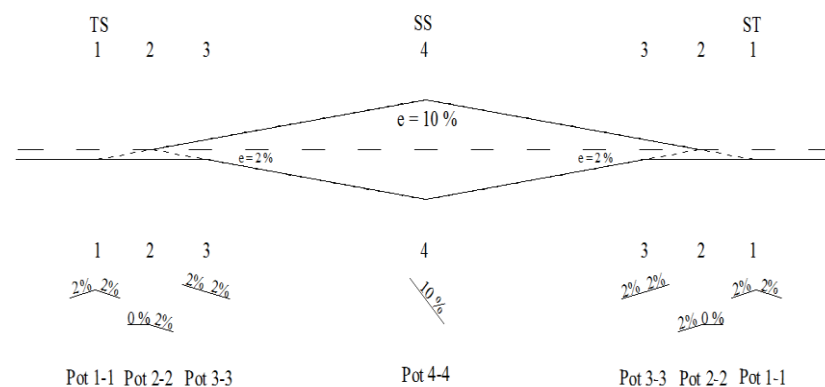
Gambar 2.9. Diagram Superelevasi *Full Circle*

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.10. Diagram Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*

3. Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 2.11. Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*

2.4.6 Jarak Pandang

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

Panjang Jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandang. Jarak pandang berguna untuk :

- a. Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada di jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman pengatur lalu lintas yang diperlakukan pada setiap segmen jalan.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut :

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Yaitu jarak minimum yang diperlakukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Adapun Jarak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

a) Jarak tanggap

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

$$d_1 = V \times t \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

d_1 = jarak darisat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

$d_1 = 0,278.V.t$ (m)

b) Jarak pengereman

Jarak Pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh faktor ban, sistem pengereman itu sendiri, kondisi muka jalan, dan kondisi perkerasan jalan.

$$G.f_m.d_2 = \frac{GV^2}{2g} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$d_2 = \frac{V^2}{2g.f_m} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

F_m = Koefisien gesekan antar ban dan muka jalan dalam arah memanjang

d_2 = Jarak mengerem (m)

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

t = 9,81 m/det²

G = Berat kendaraan (ton)

Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2.15 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Jarak pandang henti (Jh) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.41)$$

Untuk Jalan datar :

$$Jh = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_P} \dots\dots\dots(2.42)$$

Untuk Jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_P \pm L} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

f_P = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Jh = Jarak pandang henti, (m)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

2. Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Pada jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 TB), kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan mendahului dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukkan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan

aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului.

Jarak pandang mendahului (J_d) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total.

Jarak pandangan mendahului (J_d) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu :

- a.) Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- b.) Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya.
- c.) Mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- d.) Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- e.) Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- f.) Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- g.) Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- h.) Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.44)$$

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 (m)

Adapun rumus estimasi d_1, d_2, d_3 , dan d_4 adalah sebagai berikut :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(VR - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots \dots \dots (2.45)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot VR \cdot T_2 \dots \dots \dots (2.46)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d_4 = 2/3 \cdot d_2 \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana :

T_1 = waktu dalam (detik) = $2,12 + 0,026 VR$

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

a = percepatan rata-rata (km/jam/detik) = $2,052 + 0,0036 VR$

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

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada Tabel 2.16. sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada Tabel 2.17.

Tabel 2.16 Panjang Minimum Jarak Mendahului

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.17 Jarak Pandang Mendahului Untuk Jalan Kota

Kecepatan (km/jam)	Jarak Pandang Mendahului standar (m)	Jarak pandang mendahului minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan tahun 1992)

2.4.7 Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

- Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (off tracking).
- Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
- Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal-hal tersebut maka pada tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan.

Pada umumnya truk tunggal sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi di jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Pelebaran perkerasan pada tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana. Dalam peraturan perencanaan geometrik jalan raya, mengenai hal ini dirumuskan :

$$B = n (b' + c) + (n-1) \cdot T_d + Z \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan

N = Jumlah jalur lalu lintas

B' = Lebar lintasan truk pada tikungan

T_d = Lebar melintang akibat tonjolan depan

C = Kebebasan samping

2.4.8 Stationing

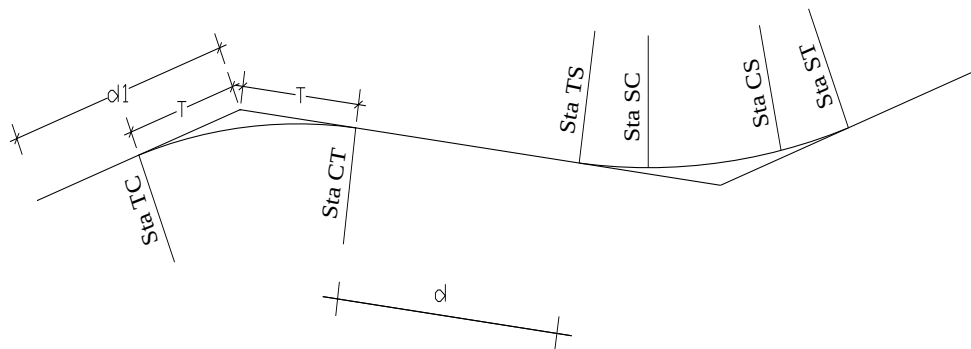
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA Jalan) dibutuhkan sebagai saran komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

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

Nomor jalan (STA Jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibu kota provinsi atau kota madya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
2. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.



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

Gambar 2.12 Sistem Penomoran Jalan

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan (proyeksi tegak lurus bidang gambar). Alinyemen vertikal disebut juga profil / penampang memanjang jalan yang terdiri dari landai (tanjakan/turunan) dan lengkung. Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal, yaitu :

$$Y' = \pm \left[\frac{g_2 - g_1}{2L} \right] X^2 \dots\dots\dots (2.49)$$

Lengkung vertikal terbagi atas :

- 1) Lengkung vertikal cembung
- 2) Lengkung vertikal cekung

$$EV = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana :

$$A = (g_1 + g_2)$$

L = Panjang lengkung vertikal

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar).

(Shirley L. Hendarsin, 2000).

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

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

Tabel 2.18 Panjang Kritis

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

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

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

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

2.5.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

a. Landai Minimum

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 - 0,50 %.

b. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum Yang Diiijinkan

Kecepatan Rencana (km/jam)	100	80	60	50	40	30	20
Landai Maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	9

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

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

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).

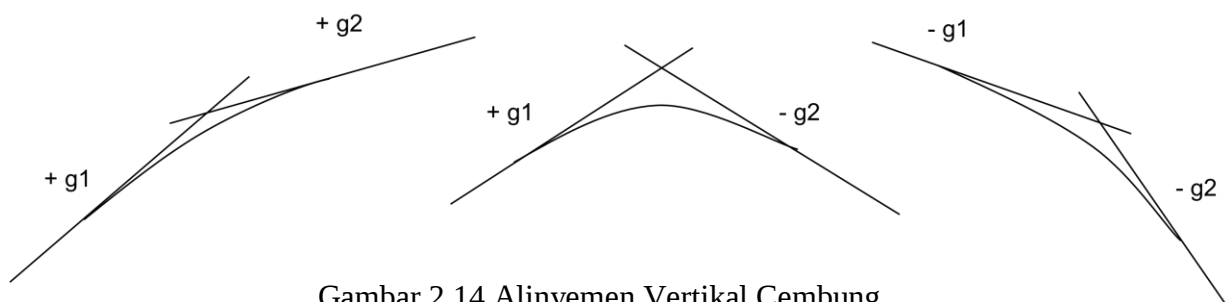
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots(2.52)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu ;

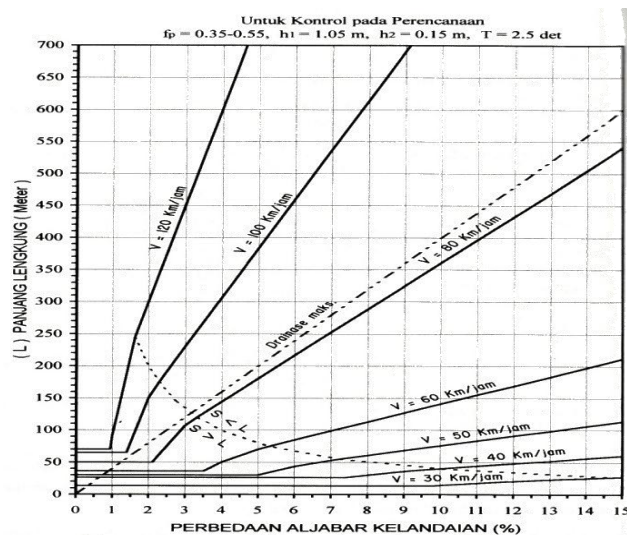
a. Lengkung vertikal cembung.

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

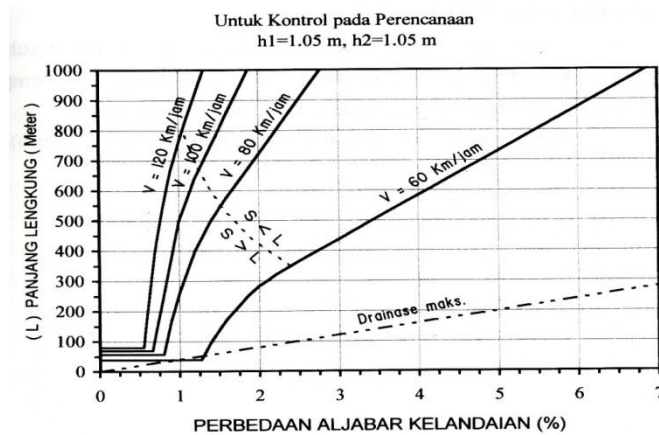


Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung

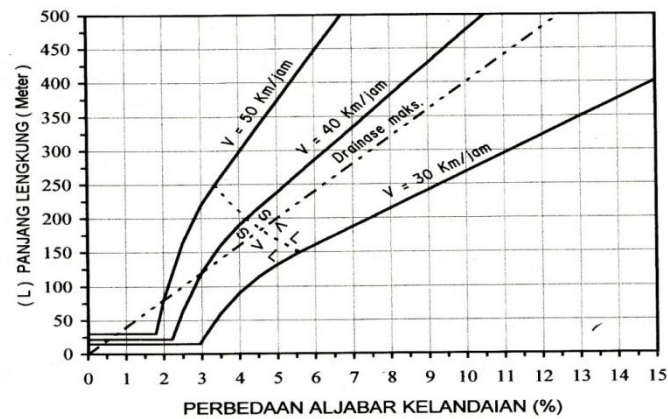
Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung, L_v dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik I pada Gambar 2.15 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik II dan III pada Gambar 2.16 dan 2.17 (untuk jarak pandang menyiap) dibawah ini :



Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung



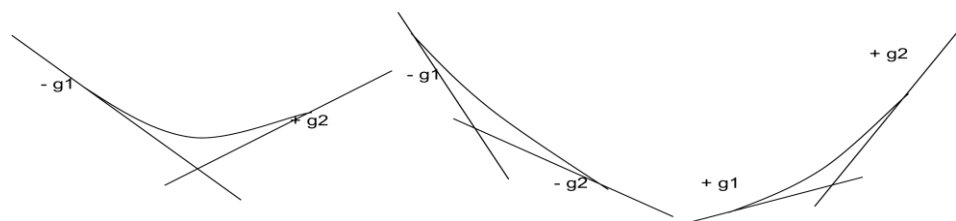
Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti



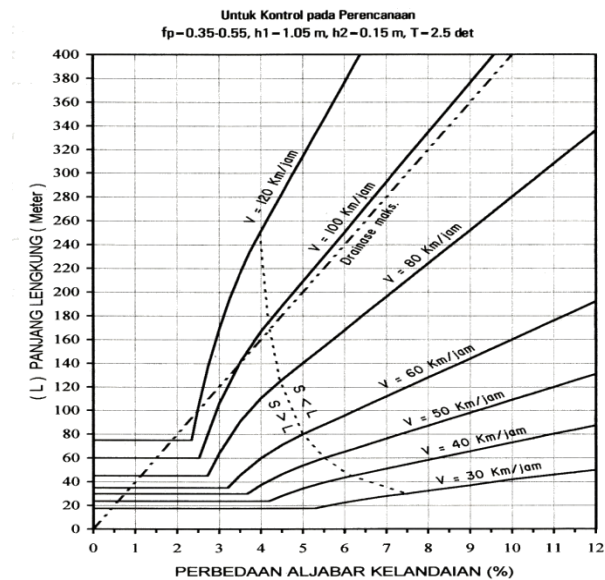
Gambar 2.17 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Menyiap

b. Lengkung vertikal cekung.

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



Gambar 2.18 Alinyemen Vertikal Cekung



Gambar 2.19 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.6 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

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

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar, yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah, beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

2. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Di dalam tugas akhir ini penulis akan membahas mengenai perencanaan tebal perkerasan lentur. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

- a. Lapisan permukaan (*surface course*), adalah lapisan yang terletak paling atas disebut dengan lapis permukaan yang berfungsi sebagai :
 - Lapis perkerasan penahan beban roda, lapis mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
 - Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
 - Lapis aus (*wearing course*), lapis yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
 - Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Bahan yang digunakan pada lapis permukaan antara lain :

- Laston (Lapis Aspal Beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.
 - Lasbutag (Lapis Aspal Buton dan Agregat), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton, dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisnya antara 3-5 cm.
 - Penetrasi Macadam, merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Diatas lapen, ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4-10 cm.
- b. Lapisan pondasi atas (*base course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, yang berfungsi sebagai :
- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
 - Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan yang digunakan pada lapisan pondasi atas, antara lain :

1. Agregat kelas A
2. Agregat kelas B
3. Agregat kelas C, dan
4. Laston (Lapis Aspal Beton).

Stabilitas terdiri dari :

1. Agregat dengan semen (*Cement Treated Base*).
2. Agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*).
3. Agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*).

c. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*), adalah lapisan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi sebagai :

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Efisiensi penggunaan material.
- Mengurangi tebal lapisan di atasnya.
- Untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Bahan yang digunakan pada lapis pondasi bawah, antara lain :

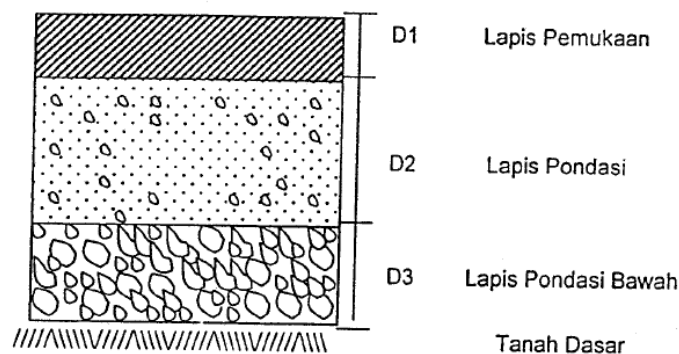
1. Sirtu kelas A
2. Sirtu kelas B
3. Sirtu kelas C

Stabilitas terdiri dari :

1. Agregat dengan semen (*Cement Treated Base*).
2. Agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*).
3. Agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*).

d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*), adalah lapisan tanah asli yang dipadatkan, jika tanah aslinya baik dan di atasnya akan diletakkan lapis pondasi bawah. Daya dukung tanah dasar ditentukan oleh nilai CBR untuk perencanaan *Flexible Pavement*.

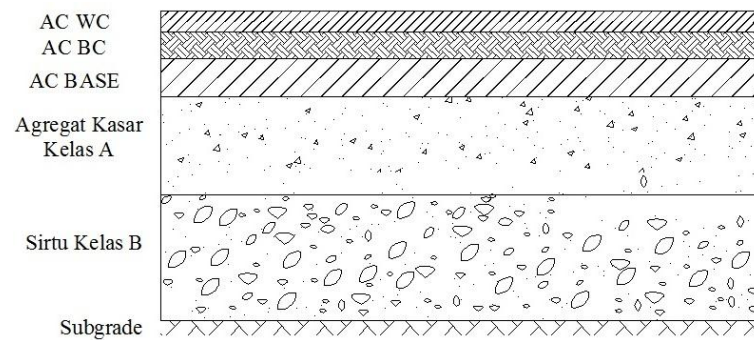
Adapun Konstruksi perkerasan lentur seperti terlihat pada Gambar 2.20



Sumber: Depkimpraswil, 2002

Gambar 2.20 Konstruksi Perkerasan Lentur

Sedangkan susunan lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah sebagai diperlihatkan pada Gambar 2.21



Gambar 2.21 Lapisan Perkerasan Lentur

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum)

2.7.1 Kriteria Perancangan

1. Perhitungan Nilai CBR

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = (\text{CBR Rata} - \text{CBR min})/R \dots\dots\dots(2.53)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.21 nilai R untuk perhitungan CBR segmen adalah :

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

Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya

b. Cara Grafis

Prosedur perhitungan CBR dengan cara grafis adalah sebagai berikut :

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

2. Jumlah lajur dan beban lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.22

Tabel 2.22. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

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

3. 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 (D_L) dapat menggunakan sesuai Tabel 2.23

Tabel 2.23 Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

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

Keterangan : *) Mobil Penumpang

*) Truk dan Bus

4. Faktor Ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan tiga sumbu (*triple*). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$LEF = \frac{W_{tx}}{W_{t18}} \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (L_x + L_2) + 4,33 \log L_2 + \frac{\log(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t})}{0,40 + \frac{0,081(L_x + L_2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_2^{3,23}}} - \frac{\log(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t})}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

LEF = adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban

sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu standar.

W_{tx} = adalah angka beban sumbu x pada akhir waktu t .

W_{18} = adalah angka 18-kip (80 kN) beban sumbu tunggal.

L_x = adalah beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem) atau satu sumbu triple.

L_2 = adalah kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk poros *tripel*).

SN = adalah nilai struktural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari pondasi atas dan pondasi bawah.

ΔIP = adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (I_{po}) dengan indeks pelayanan pada akhir rencana (I_{pt}).

I_{pt} = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,50).

5. Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (W_{18})

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (W_{18}) diberikan dalam kumulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana, lalu lintas pada lajur rencana ini diberikan persamaan berikut lalu lintas pada lajur rencana :

$$W_{18} = 365 \times DL \times W_{18} \dots \dots \dots (2.56)$$

Keterangan :

W_{18} = akumulasi lalu lintas pada lajur rencana pertahun.

DL = faktor distribusi lajur pada lajur rencana (tabel 2.23)

W_{18} = adalah akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari, sesuai dengan persamaan berikut:

$$W_{18} = \sum_i^n BSi \cdot LEFi \dots \dots \dots (2.57)$$

Keterangan :

BSi = adalah beban setiap sumbu.

$LEFi$ = adalah faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan.

6. Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (W_t atau W_{18}).

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.58)$$

Keterangan :

W_t = W_{18} = adalah jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana.

W_{18} = adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana.

n = umur pelayanan (tahun).

g = perkembangan lalu lintas (%)

7. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, perkerasan akan bertahan selama umur rencana.

Tabel 2.24 Tingkat Reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
Bebas Hambatan	85,0 – 99,9	80,0 – 99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95

Penerapan 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 2.24

- Pilih standar (S_o) yang harus mewakili kondisi setempat, rentang nilai S_o adalah 0,35 – 0,45.

8. Deviasi Normal Standar (Z_R)

Tabel 2.25 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan.

Tingkat Kepercayaan R(%)	Deviasi Normal Standar (Z_R)	Tingkat Kepercayaan R(%)
50,00	-0,000	90,00
60,00	-0,253	91,00
70,00	-0,524	92,00
75,00	-0,674	93,00
80,00	-0,841	94,00
85,00	-1,037	95,00

Tabel 2.25 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan

Standar Normal (Z_R)	Tingkat Kepercayaan R(%)	Deviasi Normal Standar (Z_R)
-1,282	96,00	-1,751
-1,340	97,00	-1,881
-1,405	98,00	-2,054
-1,476	99,00	-2,327
-1,555	99,90	-3,090
-1.645	99,99	-3,750

9. Analisa drainase bawah permukaan

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

$$t = T_{50} \times M_d \times 24 \dots \dots \dots (2.59)$$

Keterangan :

t = adalah *time-to-drain*.

T_{50} = adalah *time factor*

M_d = adalah faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapis drainase.

Nilai time factor (T_{50}) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, S_R), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, L_R) dan ketebalan dari lapisan drainase. Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (S_1) dengan persamaan:

$$S_1 = \frac{LR \times SR}{H} \dots \dots \dots (2.60)$$

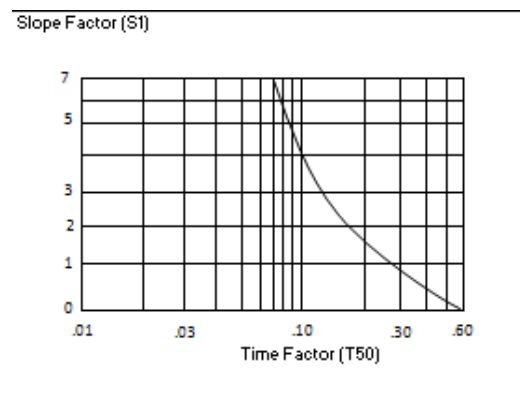
Keterangan :

S_R = adalah $(S^2 + S_x^2)^{1/2}$

L_R = adalah $W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2}$

H = adalah tebal lapisan permeabel (feet)

Untuk menentukan nilai T digunakan grafik T_{50} seperti pada gambar



Gambar 2.22 Grafik *Time Factor*

Nilai M_d pada persamaan 2.44 dapat dihitung dengan persamaan :

$$M_d = \frac{Ne \times LR^2}{kH} \dots \dots \dots (2.61)$$

Keterangan :

Ne = adalah porositas efektif lapisan drainase.

k = adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai persamaan 2.47

L_R = adalah resultan panjang (feet)

H = tebal lapisan permeabel (ft)

$$k = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan :

k = adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari.

P_{200} = adalah berat agregat yang lolos saringan no.200 dalam persen.

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

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

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup :

a. Menghitung porositas material :

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62.4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots(2.63)$$

Keterangan :

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

γ_d = adalah kepadatan kering dalam lb/ft³

G = adalah berat jenis curah (bulk) biasanya 2,5 -2,7.

b. Menghitung porositas efektif lapisan drainase :

Nilai porositas (N_e) dapat menggunakan grafik untuk menentukan porositas efektif, N_e (FHWA,1990)

c. Menghitung resultan kemiringan (*Slope resultant*).

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.64)$$

Keterangan :

S_R = adalah resultan kemiringan (%)

S = adalah kemiringan memanjang lapisan drainase (%).

S_x = adalah kemiringan melintang lapisan drainase (%)

d. Menghitung resultan panjang (*Length resultant*).

$$L_R = W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan :

L_R = adalah resultan panjang (feet)

W = adalah lebar lapisan drainase (feet)

S = adalah kemiringan memanjang lapisan drainase (%).

S_x = adalah kemiringan melintang lapisan drainase (%).

e. Persamaan untuk menghitung nilai *time-to-drain* digunakan persamaan 2.59

f. Persamaan untuk menghitung nilai *Slope factor* (S_1), digunakan persamaan 2.60

g. Persamaan untuk menghitung faktor “Md” digunakan persamaan 2.61

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

1. Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan persamaan 2.62
2. Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (N_e) dengan gambar
3. Hitung resultan kemiringan (slope resutan, SR) dengan menggunakan persamaan 2.64
4. Hitung resultan panjang (length resultant, LR) dengan menggunakan persamaan 2.65
5. Hitung slope factor (S_1), dengan menggunakan persamaan 2.60
6. Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil perhitungan S_1 .berdasarkan pada Gambar 2.22
7. Hitung faktor Md dengan menggunakan persamaan 2.61
8. Hitung nilai *time-to-drain* dengan menggunakan persamaan

9. Dari nilai “t” yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.27
10. Nilai koefisien drainase (m) yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan diatas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati jenuh sesuai dengan Tabel 2.28

Tabel 2.26 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).

Pada Tabel 2.28 Koefisien Drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur untuk perancangan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 2.27 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)

10. Kinerja Perkerasan

Pada metoda ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan indeks pelayanan “IP” saat ini (present serviceability index, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan keausan (alur, retak dan tambahan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik). Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir. Indeks pelayanan awal (Ipo) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Indeks pelayanan akhir (Ipt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat.

Tabel 2.28 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (Ipt)

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

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	ITS (KPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000 psi)							
- 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 lastaston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
- Lapis pondasi LAPEN								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
- Beton padat giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
- CTB	5.350	776		45				0,210	
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	4.450	645		35				0,170	
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	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
• Pemadatan Manual						32			0,074
- Material Pilihan (Selected Material)	84	12				10			0,080

Keterangan :

- 1) = Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi, seperti : aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton.
- 2) = Diameter benda uji 6 inci.
- 3) = Kuat tekan beton umur 28 hari.
- 4) = Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm.
- 5) = Pengujian modulus elastisitas menggunakan alat UMMATA pada temperatur 25°C, beban 2500 N.

13. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan.

Tabel 2.31 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan kendaraan : 20-70 km/jam	Kecepatan ≥ 70 km/jam
$< 0,3$	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3-10	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10-30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
≥ 30	Lapis beton aspal modifikasi (Laston Mod./AC-Mod.)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

14. Ketebalan minimum lapisan perkerasan.

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

Tabel 2.32 Tebal minimum lapisan perkerasan

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

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)
Laston		
- Lapis aus	1,6	4,0
- Lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis aus	1,2	3,0
2. Lapis pondasi		
- Lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- Lapis pondasi laston	2,9	7,5
- Lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- Lapis pondasi LAPEN	2,5	6,5
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)	6,0	15,0
- Beton padat giling (BPG/RCC)	6,0	15,0
- CTB (Cement Treated Base)	6,0	15,0
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	6,0	15,0
- CTSB (Cement Treated Subbase)	6,0	15,0
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	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 (Selected Material)	6,0	15,0

2.7.2 Prosedur Perancangan Perkerasan Lentur

1. Umum

Metoda ini ditujukan untuk perancangan perkerasan lentur yang baru atau rekonstruksi perkerasan lama serta memberikan kesempatan kepada perancang dalam memilih alternatif perancangan yang paling optimum. Konsep kinerja perkerasan yang berlaku saat ini mencakup peninjauan terhadap kinerja fungsional, kinerja structural dan keselamatan.

2. Penentuan nilai struktural yang diperlukan :

a. Persamaan dasar

$$\begin{aligned} \text{Log } (W_{18}) &= Z_R + S_o + 9,36 \times \log (SN+1) - 0,20 + 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log \\ &(L_x + L_2) + 4,33 \log L_2 + \frac{\log \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log 10 (M_R) - 8,07 \\ &\dots\dots\dots (2.66) \end{aligned}$$

b. Estimasi lalu lintas

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

c. Tingkat pelayanan dan pengaruh drainase

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

d. Modulus resilen tanah dasar aktif

Untuk menentukan modulus resilien akibat pengaruh musim, dapat dilakukan dengan pengujian laboratorium dan pengujian CBR, kemudian dikolerasikan dengan nilai modulus resilien sesuai persamaan:

Modulus Resilien untuk CBR rendama < 10%

$$MR = 1500 \times CBR \text{ (Psi)} \dots\dots\dots (2.67)$$

dan Modulus Resilien untuk CBR rendaman > 10% $MR = 3000 \times CBR \text{ (Psi)} \dots\dots\dots (2.68)$

e. Pemilihan tebal lapisan

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

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.69)$$

Dimana :

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

D_1, D_2, D_3 = adalah tebal lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah (inchi).

m_2, m_3 = adalah koefisien drainase untuk lapisan permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah sesuai Table 2.33.

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

f. Analisis perancangan tebal lapisan

Struktur perkerasan hendaknya dirancang dengan tahapan perhitungan sebagai berikut :

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian dihitung modulus reaksi tanah dasar (M_R).
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, dan perkembangan lalu lintas, untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan cara coba-coba. Nilai SN dengan indeks pelayanan akhir yang telah dipilih.
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas.

$$\overline{D1}^* \geq \frac{\overline{SN_1}}{a_1}$$

$$\overline{SN_1}^* \geq a_1 \cdot D_1 \geq \overline{SN_1}$$

$$D2^* \geq \frac{\overline{SN_2} - \overline{SN_1}}{a_2 \cdot m_2}$$

$$\overline{SN_1}^* + \overline{SN_2} \geq \overline{SN_2}$$

$$D3^* \geq \frac{\overline{SN}_3 - \{\overline{SN}_1 + \overline{SN}_2\}}{a_3 \cdot m_3}$$

Tabel 2.33 Faktor Ekvivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	1816	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	2724	0.011	0.017	0.017	0.013	0.01	0.009
8	3632	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	4540	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.08
12	5448	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	6356	0.328	0.358	0.399	0.388	0.36	0.342
16	7264	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	8172	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	9080	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	9988	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	10896	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	11804	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	12712	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	13620	10.3	9.50	7.90	6.80	7.00	7.80
32	14528	13.9	12.80	10.50	8.80	8.90	10.00
34	15436	18.4	16.90	13.70	11.30	11.20	12.50
36	16344	24.0	22.00	17.70	14.40	13.90	15.50
38	17252	30.9	28.30	22.60	18.10	17.20	19.00
40	18160	39.3	35.90	28.50	22.50	21.10	23.00
42	19068	49.3	45.00	35.60	27.80	25.60	27.70
44	19976	61.3	55.90	44.00	34.00	31.00	33.10
46	20884	75.5	68.80	54.00	41.40	37.20	39.30
48	21792	92.2	83.90	65.70	50.10	44.50	46.50
50	22700	112.0	102.00	79.00	60.00	53.00	55.00

Tabel 2.34 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	1816	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	2724	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	3632	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	4540	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	5448	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	6356	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	7264	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	8172	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	9080	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	9988	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	10896	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	11804	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	12712	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	13620	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	14528	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	15436	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	16344	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	17252	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	18160	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	19068	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	19976	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	20884	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	21792	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	22700	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	23608	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	24516	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	25424	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	26332	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	27240	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	28148	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	29056	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	29964	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	30872	25.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	31780	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2

Tabel 2.35 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu triple dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1816	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	2724	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	3632	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	4540	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	5448	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	6356	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	7264	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	8172	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	9080	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	9988	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	10896	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	11804	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	12712	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	13620	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	14528	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	15436	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	16344	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	17252	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	18160	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	19068	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	19976	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	20884	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.836
48	21792	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	22700	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	23608	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	24516	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	25424	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	26332	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	27240	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	28148	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	29056	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	29964	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	30872	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	31780	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	32688	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	33596	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	34504	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71

2.8 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagan dari jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknik, antara lain saluran samping, gorong-gorong (*culvert*), tempat parkir, pagar pengaman, dan dinding panahan tanah.

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

1. Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase, yaitu :

a. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada di permukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi :

- Saluran samping
Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan
- Saluran pembuang
Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuang yang lebih rendah seperti sungai, rawa, atau kolam
- Saluran penangkap
Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan
- Gorong – gorong
Gorong – gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada di bawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya

b. Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada di bawah permukaan jalan yang biasa berfungsi sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air.

2. Jembatan

Jembatan adalah bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan.

Pada jembatan, diperbedakan bangunan bawah ialah bagian – bagian yang menjadi penunjang dan dasar dari bangunan atas yaitu : kepala jembatan, tiang – tiang dan pemikul jembatan. Beban – beban yang diteruskan oleh bangunan bawah ke tanah bawah. Bangunan atas menerima beban dari lalu lintas, kadang – kadang dengan tambahan banting dan tekanan angin kemudian diteruskan pada bangunan bawah ditambah dengan berat konstruksinya.

2.9 Manajemen Proyek

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

a. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

b. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

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

c. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

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

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

d. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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

e. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

f. Rencana Kerja (*Time Schedule*)

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

Adapun jenis-jenis *time schedule* atau rencana kerja :

1. Bagan Balok (*Barchart*)

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

2. Kurva S

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

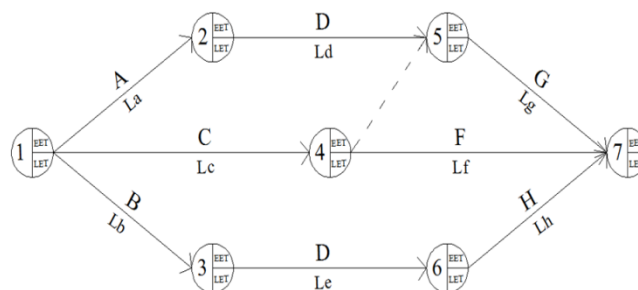
3. Jaringan Kerja/*Network planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat emnunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

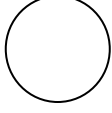
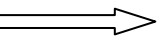
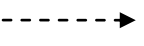
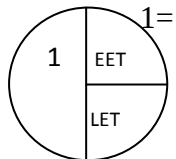
- a). Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- b.) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- c.) Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- d.) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Gambar Networking Planning dapat dilihat pada gambar nomor gambar dibawah ini :



Gambar 2.23. Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

- 1.)  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- 2.)  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya sat, peristiwa, atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- 3.)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- 4.)  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- 5.)  1= Nomor kejadian
 EET (Earliest Event Time) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (Latest Event Time) = waktu yang paling lambat yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- 6.) A,B,C,DE,F,G,H merupakan kegiatan, sedangkan La,Lb,Lc,Ld,Le,Lf,Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.