

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jendral Bina Marga. (Hamirhan Saodang, 2010: 20)

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

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

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

2.1.1 Data Lalu Lintas

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

Untuk volume lalu lintas ini, harus diketahui sebelumnya jumlah lalu lintas per hari per tahun serta arah dan tujuan lalu lintas, sehingga diperlukan juga penyelidikan lapangan terhadap semua jenis kendaraan untuk mendapatkan data LHR. Volume lalu lintas menyatakan jumlah lalu lintas perhari dalam satu tahun untuk kedua jurusan, yang disebut juga lalu lintas harian rata-rata (LHR). $LHR = \text{jumlah lalu lintas dalam satu tahun}$.

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

Untuk merencanakan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi

jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

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

2.1.2 Data Peta Topografi

Data peta topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi alam dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat-tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan 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-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-titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah di dapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

a. Penelitian

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

(1) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada analitis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan segmen diberikan pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan segmen

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

(sumber: silvia sukirman, perkerasan lentur jalan raya, 1995)

(2) Cara grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

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

b. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan dan AASHTO maupun standar yang berlaku di Indonesia.

c. Pengujian laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan

(1) Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Specific gravity*), w_N (*Natural water content*), γ (berat isi), e (*Voidratio/angka pori*), n (*Porositas*), S_r (*Derajat Kejenuhan*).

(2) Klasifikasi USCS dan AASHTO

a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)

- i. Analisa saringan (*sieve analysis*)
- ii. Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

b) Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)

- i. Liquid Limit (LL) = batas cair
- ii. Plastic Limit (PL) = batas plastis
- iii. $IP = LL - PL$

c) Pemadatan : γ_d maks dan w_{opt}

- i. pemadatan standar / proctor
- ii. pemadatan modifikasi
- iii. dilapangan dicek dengan sandcone $\pm 100\% \gamma_d$ maks

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). Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan didasarkan kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku. Klasifikasi jalan dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu :

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi / Peranan

Berikut ini merupakan klasifikasi jalan menurut fungsi/peranan antara lain:

a) Jalan Arteri

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

b) Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c) Jalan Lokal

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

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam menyalurkan kendaraan dengan dimensi maksimum tertentu. 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 2.2 :

Tabel 2.2 Klasifikasi 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		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya,2004)

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

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

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

Kelas III B : Jalan kelas III B yaitu jalan kolektor yang dapat di

lalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

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

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan 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 di capai 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 ekuivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. Nilai faktor ekuivalensi dapat dilihat pada tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2.3 Nilai Faktor Ekuivalensi Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
2	Pick-up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20-2,40	1,90
3	Bus Dan Truk Besar	1,20-5,00	2,20-6,00

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Klasifikasi Jalan di Indonesia menurut peraturan perencanaan geometrik jalan raya (PPGJR 1997) dapat dikelompokkan berdasarkan volume

lalulintas harian rata –rata (VLHR)

Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalulintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Klasifikasi jalan Berdasarkan VLHR

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini:

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, dirjen bina marga 1997)

2.3 Kriteria Perencanaan

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

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

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

2.3.1 Kendaraan Rencana

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

Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as.
- c. Kendaraan besar, diwakili oleh truk *semi-trailer*.

Dimensi Dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAAN	DIMENSI KENDARAAN (cm)	TONJOLAN (cm)	RADIUS PUTAR	RADIUS TONJOLAN
-----------------------	------------------------------	------------------	-----------------	--------------------

RENCANA								(cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	1.20	90	290	1400	1370

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, dirjen bina marga 1997)

2.3.2 Kecepatan Rencana

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

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

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- c. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- d. Cuaca

e. Adanya gangguan dari kendaraan lain

f. Batasan kecepatan yang di izinkan

Kecepatan rencana inilah yang di pergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kecepatan rencana (V_r) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi jalan	Kecepatan Rencana, $V \cdot \text{Km/jam}$		
	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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, dirjen bina marga 1997)

2.3.3 Komposisi Lalu Lintas

Berikut ini merupakan komposisi lalu lintas antara lain :

- a) Satuan mobil penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp.

- b) Ekuivalen mobil penumpang (EMP)

Ekivalen Mobil Penumpang : Faktor yang menunjukkan berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruhnya terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip, $emp = 1,0$).

Untuk UM (Kendaraan Tak Bermotor) nilai Empnya tidak ada karena termasuk hambatan samping (kendaraan lambat), yaitu *sepeda*,

gerobak, *becak*, *andong* dan *lain-lain*.

c) Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.3.4 Bagian-bagian Jalan

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

a. Daerah manfaat jalan (damaja)

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

- (1). lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan
- (2). Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- (3). Kedalaman ruang bebas 1,5 meter dibawah muka jalan.

b. Daerah milik jalan (Damija)

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

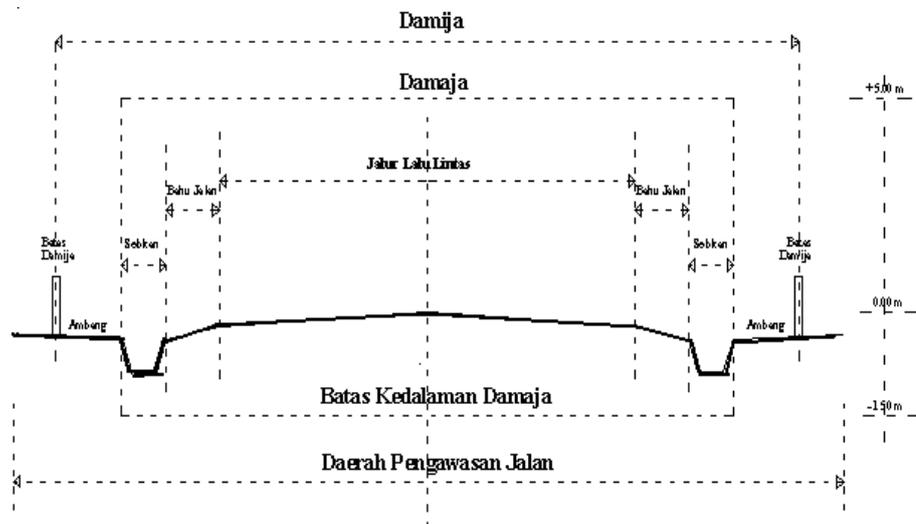
c. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

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

- (1) Jalan arteri minimum 20 meter
- (2) Jalan kolektor minimum 15 meter
- (3) Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan seperti yang dijelaskan diatas

dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Bagian-Bagian Jalan

2.4 Alinyemen Horizontal

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

Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus perlu mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini :

Tabel 2.8 Panjang bagian lurus maksimum

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota NO.038/T/BM/1997)

pada umumnya ada tiga jenis tikungan yang sering digunakan yaitu dapat dilihat di bawah ini :

- a. Full Circle (FC)
- b. Spiral Circle Spiral (SCS)
- c. Spiral-Spiral (SS)

2.4.1 Penentuan Trase Jalan

Trase jalan raya atau sering disebut sumbu jalan yaitu berupa garis-garis lurus saling berhubungan yang terdapat pada peta topografi suatu muka tanah dalam perencanaan jalan baru. Biasanya terdapat beberapa trase jalan yang dibuat sehingga pada akhirnya dipilih salah satu trase yang dapat memenuhi syarat suatu perencanaan jalan. Trase jalan digunakan sebagai acuan membentuk lengkung jalan hingga perkerasan jalan.

Ada beberapa cara untuk memilih cara untuk memilih trase yang dapat memenuhi syarat bahwa suatu jalan layak digunakan, terutama jalan yang dibangun di area pegunungan dan hutan

- a. Trase diusahakan jalur terpendek

Hal yang paling diutamakan perencanaan adalah jalan yang ekonomis. Ekonomis maksudnya suatu jalan dapat dibangun dengan

kualitas bagus dan harga yang terjangkau. Maka dengan merencanakan trase yang pendek biaya dalam pembangunan relatif kecil.

b. Tidak terlalu curam

Salah satu syarat dalam merencanakan jalan adalah memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan (si pengemudi). Jalan yang terlalu curam akan membuat kendaraan menjadi berat akibat adanya gaya sentrifugal.

c. Sudut luar (sudut tangen) tidak terlalu besar

Sudut luar dalam menarik trase jalan akan sangat mempengaruhi keadaan jalan setelah dibangun perencana jalan diharapkan mampu merencanakan jalan dengan tikungan yang kurang dari 90 derajat. Agar tikungan yang terbentuk tidak terlalu tajam. sehingga aman bagi pengguna jalan.

d. Galian dan timbunan

Perencana jalan harus merencanakan trase jalan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi galian dan timbunan yang terlalu besar. Caranya dengan menarik garis trase pada elevasi muka tanah yang tidak terlalu jauh perbedaan ketinggian awal dengan akhir.

2.4.2 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2.9 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maximum
--------	------------------------------

	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota NO.038/T/BM/1997)

2.4.3 Tikungan

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

a. Jari-jari Tikungan Minimum

Agar Kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi(e). pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang.perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f). Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berfungsi variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.10 :

Tabel 2.10 Panjang Jari-Jari Minimum untuk emaks = 10%

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30
Jari jari Minimum, R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota NO.038/T/BM/1997)

b. Lengkung Peralihan (LS)

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 tikungan maupun meninggali tikungan.

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

- (1) Berdasarkan table Bina Marga
- (2) Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan VR)
- (3) Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur angsur pada lengkung peralihan dengan aman
- (4) 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:

1. Untuk $vR \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0.035$ m/detik

2. untuk $vR \leq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0.025$ m/detik

- (5) Ls ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- i. berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan:

$$L_s = V R 3.6 T \dots\dots\dots(2.4)$$

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

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

ii. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0.022 V R^3 R C - 2.727 \dots\dots\dots (2.5)$$

iii. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = (e_m - e_n) 3.6 r_e \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : VR = Kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maximum

e_n = superelevasi normal

r_e = tingkat pencapaian kemiringan melintang

c. Kemiringan Melintang

Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. (Silvia Sukirman, 1994).

Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan seperti :

1. Keadaan cuaca, seperti sering turun hujan,berkabut.di daerah yang memiliki 4 musim, sepelevasi maksimum yang dipilih dipengaruhi juga oleh sering dan banyaknya salju yang turun.

2. Keadaan medan, seperti datar, berbukit-bukit atau pegunungan.

Di daerah datar superelevasi maksimum dapat dipilih lebih tinggi daripada di daerah berbukit-bukitan, atau di daerah pegunungan. Dalam hal ini batasan superlevasi maksimum yang dipilih lebih ditentukan dari kesukaran yang dialami dalam hal pembuatan dan pelaksanaan dari jalan dengan superlelevasi maksimum yang terlalu tinggi

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 :

$$L_s' = (e + en) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : $1/m$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

en = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

d. Jenis-jenis Tikungan

Tikungan terdiri atas 3 bentuk umum, yaitu:

1) *Full circle* (FC)

Yaitu yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam.

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s}$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} \cdot L_s}{L_s} - n \dots\dots\dots(2.9)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max}+F_m)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{maks}+f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.12)$$

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

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.15)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

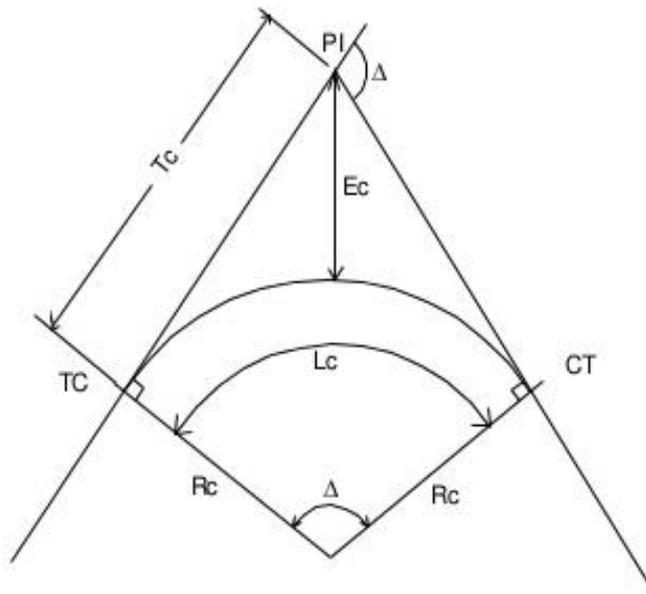
T_c = Jarak tangen jarak dari T_c ke PI ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

E_c = Panjang Luar PI ke busur lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

Komponen- komponen untuk tikungan full circle dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Tikungan Full Circle

(Sumber : Geometrik Jalan perkotaan, RSNI T-14-2004)

2) *Spiral-circle-spiral* (SCS)

yaitu tikungan yang terdiri atas 1 lengkung circle dan 2 lengkung spiral. Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut :

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.19)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$e = - \frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots(2.24)$$

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.25)$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.26)$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots(2.27)$$

Berdasarkan dari L_s Alternatif a, b, c, dan d diambil nilai yang terbesar

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots(2.29)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.30)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R^2} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.31)$$

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

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.33)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2 \cdot \theta_s}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.34)$$

$$L_{total} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.35)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(2.36)$$

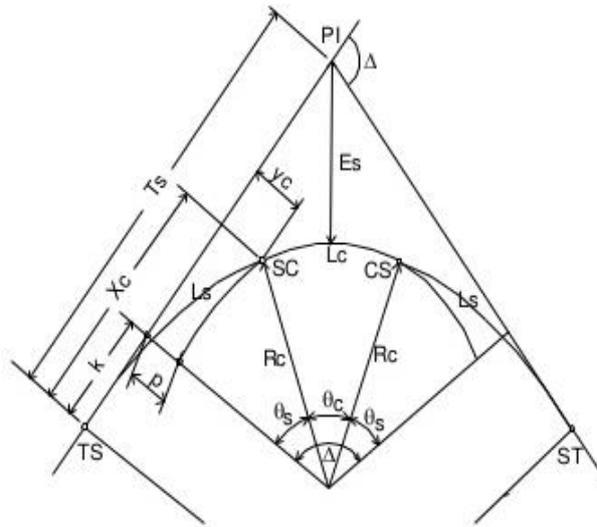
$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan :

- X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC
(jarak lurus lengkung peralihan), (m)
- Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)
- L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST),
(m)
- L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)
- T_s = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
- E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)
- Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)
- Δ_c = sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)
- θ_s = sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)
- R = jari-jari tikungan, (m)
- p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
- L_{total} = panjang tikungan SCS, (m)

Komponen- komponen untuk tikungan Spiral-circle-spiral dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 Tikungan *spiral-circle-spiral*
 (Sumber : Geometrik Jalan perkotaan, RSNI T-14-2004)

3) Tikungan Spiral-Spiral (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS.

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

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.39)$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.44)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.45)$$

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.46)$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.47)$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots (2.48)$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots (2.49)$$

$L_{s5} > L_{s\min}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}

Misalkan $\theta_s = 31,33^\circ$, maka dari tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* didapat :

$$\theta_s = 31^\circ \rightarrow p^* = 0,0486115 \rightarrow k^* = 0,4947620$$

$$\theta_s = 31,5^\circ \rightarrow p^* = 0,0495022 \rightarrow k^* = 0,4945798$$

Interpolasi :

$$p^* = 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ)$$

$$= 0,0491993$$

$$k^* = 0,4947620 + \frac{0,4947620 - 0,4945798}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ)$$

$$= 0,4948822$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots (2.50)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots (2.51)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.52)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \cdot \Delta} - R \dots\dots\dots (2.53)$$

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.54)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots (2.55)$$

Keterangan:

E_s = Jarak dari P1 ke busur lingkaran

T_s = Panjang tangent dari titik ke P1 ke titik TS atau ke titik ST (m)

TS = Titik dari tangent ke spiral (m)

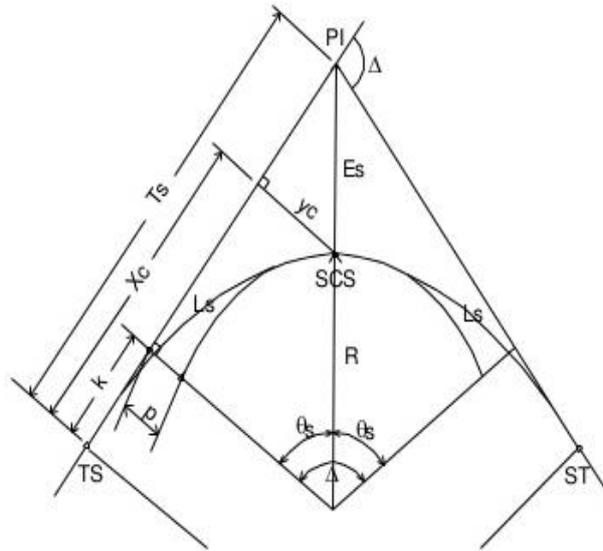
SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

Θ_s = Sudut Spiral

Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama

Komponen- komponen untuk tikungan Spiral-circle-spiral dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4 Tikungan Spiral-Spiral

(Sumber : Geometrik Jalan perkotaan, RSNI T-14-2004)

Tabel 2.11 p dan k untuk $L_s = 1$

0_s	p^*	k^*	0_s	p^*	k^*
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738
5,5	0,0080647	0,4998459	25,5	0,0391255	0,4965331
6,0	0,0088016	0,4998166	26,0	0,0399657	0,4963891
6,5	0,0095396	0,4997846	26,5	0,0408101	0,4962418
7,0	0,0102786	0,4997501	27,0	0,0416587	0,4960912
7,5	0,0110188	0,4997130	27,5	0,0425117	0,4959372
8,0	0,0117602	0,4996732	28,0	0,0433692	0,4957798
8,5	0,0125030	0,4996309	28,5	0,0442312	0,4956189
9,0	0,0132471	0,4995859	29,0	0,0450978	0,4954546
9,5	0,0139928	0,4995383	29,5	0,0459690	0,4952868
10,0	0,0147400	0,4994880	30,0	0,0468450	0,4951154
10,5	0,0154888	0,4994351	30,5	0,0477258	0,4949405
11,0	0,0162394	0,4993795	31,0	0,0486115	0,4947620
11,5	0,0169919	0,4993213	31,5	0,0495022	0,4945798
12,0	0,0177462	0,4992603	32,0	0,0503979	0,4943939
12,5	0,0185025	0,4991966	32,5	0,0512988	0,4942044
13,0	0,0192608	0,4991303	33,0	0,0522048	0,4940111
13,5	0,0200213	0,4990611	33,5	0,0531162	0,4938140
14,0	0,0207840	0,4989893	34,0	0,0540328	0,4936131
14,5	0,0215490	0,4989146	34,5	0,0549549	0,4934084
15,0	0,0223165	0,4988372	35,0	0,0558825	0,4931997
15,5	0,0230863	0,4987570	35,5	0,0568156	0,4929872
16,0	0,0238588	0,4986739	36,0	0,0577544	0,4927706
16,5	0,0246338	0,4985880	36,5	0,0586989	0,4925501
17,0	0,0254116	0,4984993	37,0	0,0596492	0,4923254
17,5	0,0261921	0,4984077	37,5	0,0606053	0,4920967
18,0	0,0269756	0,4983132	38,0	0,0615673	0,4918639
18,5	0,0277619	0,4982158	38,5	0,0625354	0,4916269
19,0	0,0285513	0,4981154	39,0	0,0635095	0,4913857
19,5	0,0293438	0,4980121	39,5	0,0644897	0,4911402
20,0	0,0301396	0,4979058	40,0	0,0654762	0,4908904

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

2.4.4 Diagram Superelevasi

Diagrama superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, sehingga dengan mempergunakan diagram dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horizontal yang direncanakan.

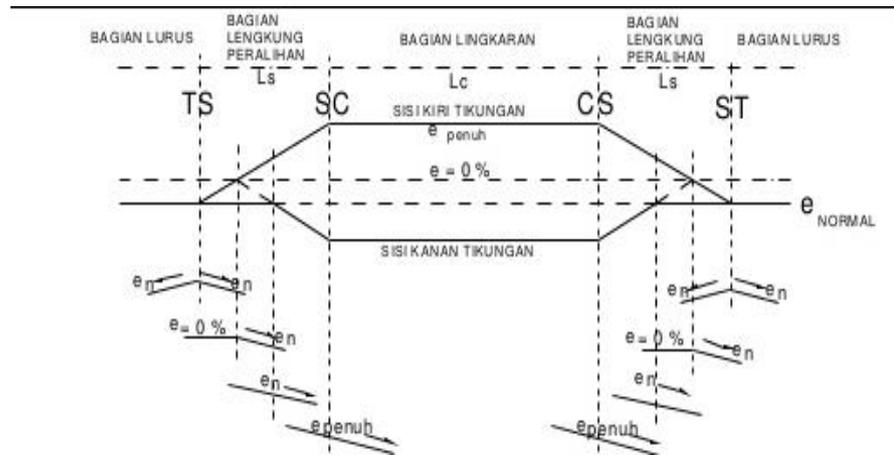
Pada tikungan tipe SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara *linear*, diawali dari bentuk normal pada titik TS, kemudian rneningkat secara berangsur-angsur sampai mencapai superelevasi penuh pada titik SC.

Pada tikungan tipe FC, bila di perlukan pencapaian superelevasi di lakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ dan di lanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3$ bagian L_s .

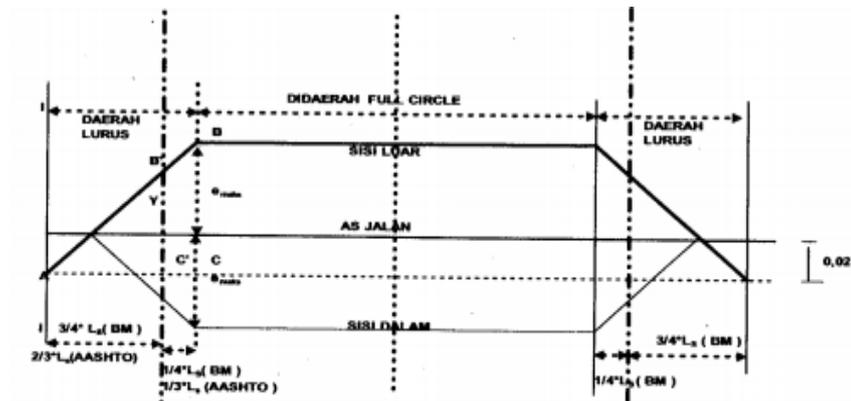
Tabel 2.12 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$ metode Bina Marga)

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

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



Gambar 2.5 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS



Gambar 2.6 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC



Gambar 2.7 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SS

2.4.5 Pelebaran di Tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensigeometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus.

Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

- a) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
- b) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajurnya.
- c) Pelebaran yang lebih kecil dari 0,6 meter dapat diabaikan.
- d) Untuk jalan 1 jalur jalur 3 jalur, Nilai-nilai dalam tabel 2.13 harus dikalikan 1,5
- e) Untuk jalan 1 jalur 4 jalur, Nilai-nilai dalam tabel 2.13 harus di kalikan 2
- f) Besarnya pelebaran di tikungan dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Pelebaran di tikungan :

R (m)	Kecepatan Rencana, V_d (km/jam)							
	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1000	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
750	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	

400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			
250	0.4	0.5	0.5	0.6				
200	0.6	0.7	0.8					
150	0.7	0.8						
140	0.7	0.8						
130	0.7	0.8						
120	0.7	0.8						
110	0.7							
100	0.8							
90	0.8							
80	1.0							
70	1.0							

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar kota NO.038/T/BM/1997)

2.4.6 Jarak Pandang pada Lengkung Horizontal

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya.

Panjang jalan di depan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandangan, jarak pandangan berguna untuk :

- a. menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan

kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.

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

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

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

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas. adapun jarak-jarak pandang tersenut adalah :

1. Jarak pandang henti (Jh)

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

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

$$Jh = \frac{Vr}{3,6} T + \frac{(\frac{Vr}{3,6})^2}{2gfp} \dots\dots\dots(2.56)$$

Dimana : Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan T = 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan g = 9,8 m/s²

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

Nilai jarak pada henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_r pada tabel 2.14 di bawah ini :

Tabel 2.14 jarak pandang henti minimum

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

(sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota no.038/t/BM/1997)

2. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepanya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_r dapat dilihat pada tabel 2.15 dan 2.16 di bawah ini :

Tabel 2.15 jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang

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

(sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota no.038/t/BM/1997)

Tabel 2.16 Panjang jarak pandang mendahului berdasarkan V_r

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

(sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota no.038/t/BM/1997)

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

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- a. kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- b. sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah menurung kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- c. bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amanya daerah penyiapan
- d. penyiapan dilakukan dengan "start terlambat" dan bergegas untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
- e. pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

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

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots(2.57)$$

$$d1 = 0,278 t_1 (V - m + \frac{at_1}{2}) \dots\dots\dots(2.58)$$

$$d2 = 0,278.V.t_2 \dots\dots\dots (2.59)$$

$$d3 = \text{diambil 30-100 meter}$$

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

$$D4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana:

$$D1 = \text{jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)}$$

D2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

D3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

D4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $213 d_2$ (m).

2.4.7 Kebebasan Samping pada Tikungan

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

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

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.61)$$

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan :

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)

2.4.8 Stationing

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan.

Tujuan dari penetapan stationing adalah untuk menetapkan titik-titik lintasan dari suatu trase jalan, sekaligus untuk menentukan panjang suatu trase jalan, atau jarak dari satu tempat ke tempat lain pada suatu lokasi jalan.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan. (Hamirhan Saodang, 2010: 108)

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut diatas dalam perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta ditemui pula kelandaian = 0, yang berarti datar.

2.5.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian alinyemen vertikal terbagi menjadi dua macam, antara lain:

a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air di atas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng lain. 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 menjaga agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan rruk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak, dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.17 Kelandaian maksimum yang diizinkan

V_R (Km/ Jam)	120 110 100 80 60 50 40 <40
-----------------	-----------------------------

Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10
-------------------------	---	---	---	---	---	---	----	----

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

c. Panjang kritis kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_r). Lama perjalanan tersebut diteptapkan tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.18 Panjang Kritis (m)

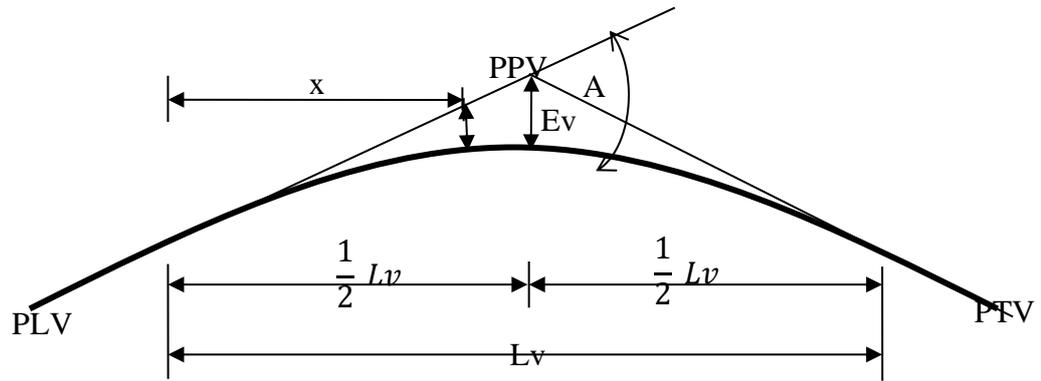
Kecepatan pada awal tanjakan (Km/Jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

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

2.5.2 Lengkung Vertikal

Menurut (Hamirhan Saodang, 2010: 113) jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangen), lengkung vertikal terbagi menjadi dua antara lain :

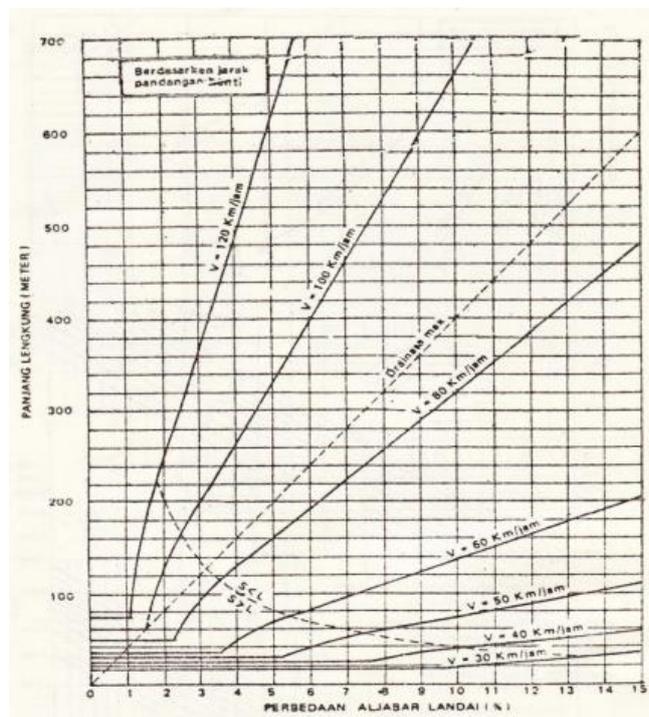
- a. Lengkung vertikal cembung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.8 Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber: Konstruksi jalan raya, 2010)

Berikut grafik perhitungan lengkung vertikal cembung:



Gambar 2.9 Grafik panjang lengkung vertikal cembung

Ketentuan tinggi menurut untuk lengkung vertikal cembung seperti pada tabel 2.19.

Tabel 2.19 Kententuan Tinggi Untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h ₁ (m)	h ₂ (m)
	Tinggi Mata	Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1,05	1,05

Panjang Lv, berdasarkan Jh

$$Jh < Lv, \text{ maka } Lv = \frac{A.Jh^2}{399} \dots\dots\dots (2.63)$$

$$Jh > Lv, \text{ maka } Lv = 2Jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.64)$$

Panjang Lv berdasarkan Jd

$$Jd < Lv, \text{ maka } Lv = \frac{A.Jd^2}{840} \dots\dots\dots (2.65)$$

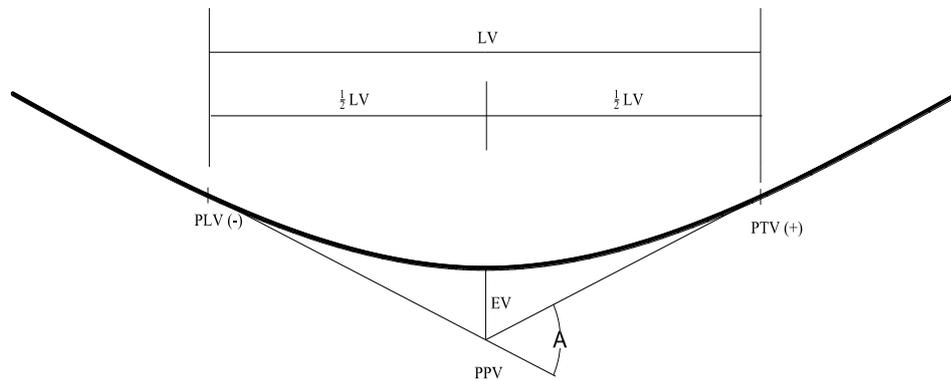
$$Jd > Lv, \text{ maka } Lv = 2Jd - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.66)$$

dimana:

Lv = panjang lengkungan (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (g₁ ± g₂)

- b. Lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.10 Lengkung Vertikal Cekung

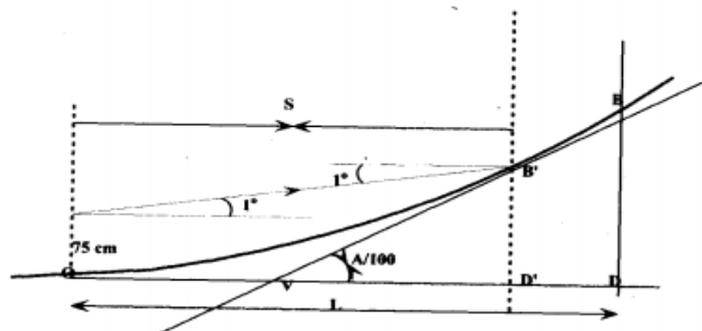
(Sumber : Konstruksi jalan raya, 2010)

Dalam menentukan panjang lengkung vertikal lengkung, harus memperhatikan, antara lain:

- (1) Jarak penyinaran lampu kendaraan

Letak penyinaran lampu kendaraan dapat dibedakan dalam 2 keadaan, yaitu:

- a) Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan < L ;



Gambar 2.11 Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan <

L

$$DB = \frac{A.L}{100.2}$$

(5) Keluwesan bentuk

$$L = 0,6 V \dots \dots \dots (2.72)$$

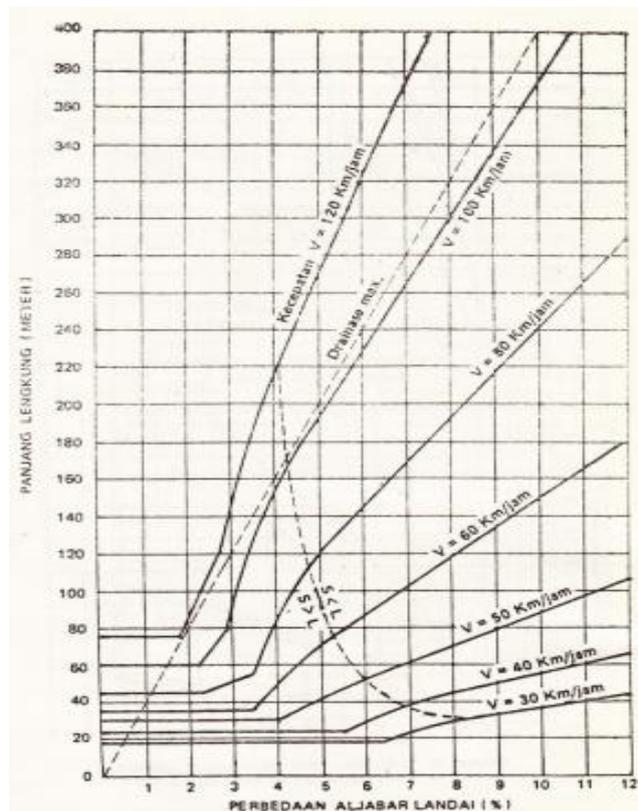
dimana:

S = Jarak pandangan

V = Kecepatan rencana

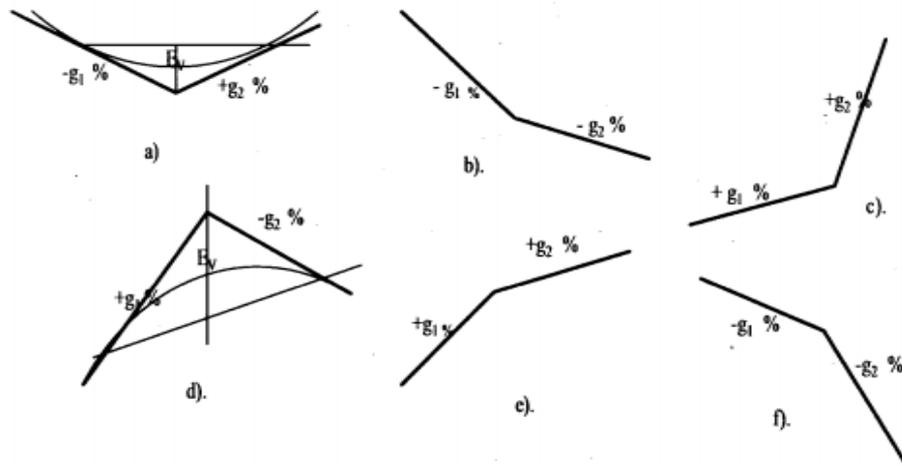
L = Panjang lengkung vertikal cekung

A = Perbedaan aljabar untuk kelandaian

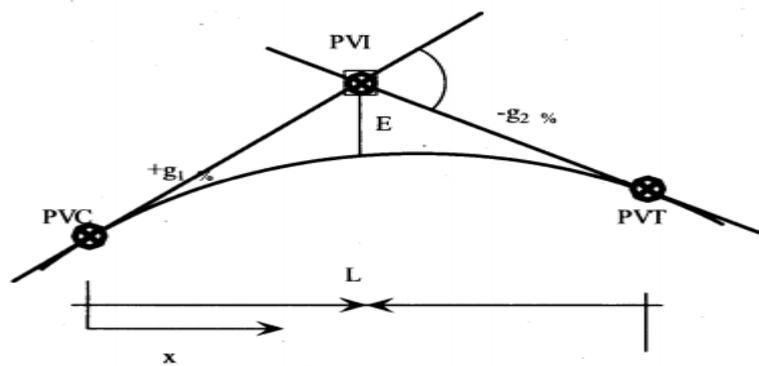


Gambar 2.13 Grafik panjang lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal tipe a, b dan c dinamakan lengkung vertikal cekung, sedangkan d, e dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.



Gambar 2.14 Jenis lengkung vertikal dilihat dari PVI



Gambar 2.15 Tipikal lengkung vertikal bentuk parabola

Rumus yang digunakan:

$$x = \frac{L \cdot g_1}{g_1 - g_2} = \frac{L \cdot g_1}{A} \dots \dots \dots (2.73)$$

$$y = \frac{L \cdot g_1^2}{2(g_1 - g_2)} = \frac{L \cdot g_1^2}{2A} \dots \dots \dots (2.75)$$

dimana:

x = jarak dari titik P ke ke titik yang ditinjau pada stasiun (Sta)

y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada stasiun (m)

L = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik Q (Sta)

g_1 = kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 = kelandaian tangen dari titik Q (%)

Rumus di atas, digunakan untuk lengkung simetrik ($g_1 \pm g_2$) = A = perbedaan aljabar untuk kelandaian

$$E_v = \frac{A \cdot Lv}{800} \dots\dots\dots (2.75)$$

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

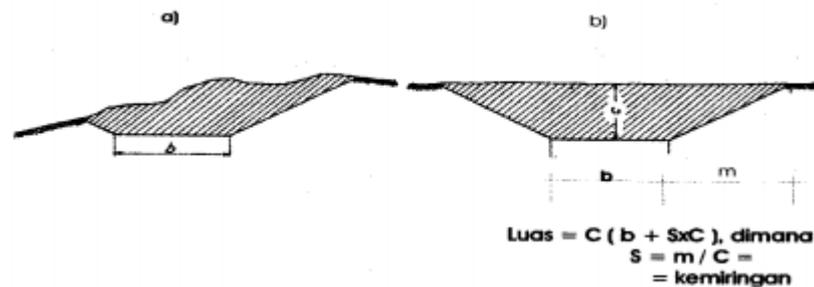
2.6 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dengan alasan pertimbangan ekonomis, maka dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan.

2.6.1 Perhitungan Penampang Tanah

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

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



Gambar 2.16 Menghitung luas penampang tidak beraturan

- b. Untuk penampang beraturan, gunakan rumus planimetri biasa

2.6.2 Perhitungan Volume Tanah

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

$$Volume = \frac{A_1 + A_2}{2} \times jarak(m^3) \dots \dots \dots (2.76)$$

Dapat juga dilakukan dengan menggunakan *Formula Prisma*

$$Volume = \frac{A_1 + 4M + A_2}{6} \times jarak(m^3) \dots \dots \dots (2.77)$$

Dimana A_1 = luas penampang di Sta.1

A_2 = luas penampang di Sta.2

M = luas penampang dipertengahan jarak Sta.1 dan Sta.2

Untuk perhitungan timbunan, lakukan dengan cara yang sama seperti untuk galian.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasann

Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000: 208) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi

untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)
- b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*Composite Pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku.

2.7.1 Lapisan Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, yang sifatnya lentur terutama pada saat panas. Lapisan perkerasannya bersifat memikul beban dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*).

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

- a. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapisan perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR).

- b. Lapisan Pondasi Bawah (*Asphalt Concrete-Base*)

Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (*AC-BC*), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan letak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan, *AC-Base*

merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai:

- (1) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- (2) Lapis persiapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
- (3) Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

c. Lapisan Pondasi Atas (*Asphalt Concrete-Base Course*)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus atau lapisan permukaan (*wearing course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan bawahnya yaitu *base dan subgrade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai:

- (1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- (2) Bantalan terhadap lapisan permukaan.

d. Lapisan Permukaan (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

Asphalt concrete-wearing course merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

Lapisan ini berfungsi sebagai:

- (1) Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- (1) Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- (2) Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap kelapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- (3) Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

2.7.2 Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan

Yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan tebal perkerasan antaran lain:

a. Lalu lintas

- (1) Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Jumlah lajur berdasarkan lebar pekerasan

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
--	---

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

(2) Distribusi kendaraan per lajur

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian, koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Koefisien distribusi kendaraan per laju 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

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

Keterangan : *) Mobil Penumpang **)Truk dan Bus

(3) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu tunggal kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai

dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem) dan sumbu tiga (*triple*). Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan di bawah ini.

$$LE = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots\dots\dots (2.78)$$

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

.....(2.79)

Keterangan:

LEF adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

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

W₁₈ adalah angka 18-kip (80 kN) beban sumbu tunggal untuk waktu t

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

L₂ adalah kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem dan 3 untuk as roda tridem)

SN adalah Nilai Struktural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah

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

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

(4) 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 ini, digunakan persamaan berikut:

$$W_{18} = 365 \times D_L \times \hat{W}_{18} \dots\dots\dots(2.80)$$

Keterangan:

- W_{18} adalah akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun
- D_L adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana Tabel 2.16)
- \hat{W}_{18} adalah akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari, sesuai persamaan di bawah ini

$$\hat{W}_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \dots\dots\dots(2.81)$$

Keterangan:

- BS_i adalah faktor setiap sumbu kendaraan
- LEF_i adalah faktor ekuivalen beban setiap sumbu kendaraan

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

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} \times \left[\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots(2.82)$$

Keterangan:

- $W_t = W_{18}$ adalah jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana
- W_{18} adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1

- n tahun pada lajur rencana
 adalah umur pelayanan (tahun).
 g adalah perkembangan lalu lintas (%)

b. Tingkat kepercayaan (reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perancangan perkerasan akan bertahan selama umur. Perlu dicatat bahwa tingkat reabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50% menunjukkan jalan lokal. Reabilitas kinerja-perancangan dikontrol dengan faktor reabilitas (F_R) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (W_{18}) selama umur rencana.

Tabel 2.22 Tingkat reabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reabilitas	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85--99.9	80--99.9
Arteri	80--99	75--95
Kolektor	80--95	75--95

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

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- (1) Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- (2) Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.17

- (3) Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat.

Rentang nilai S_0 adalah 0,35-0,45.

Tabel 2.23 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

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

c. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur pelayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari. Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh. Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (Surface Drainage) dan drainase

bawah permukaan (sub surface drainage). Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode time-to-drain . time-to-drain adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%. Nilai dari time-to-drain ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \times md \times 24 \dots\dots\dots(2.83)$$

Dimana:

T = time-to-drain (jam)

T50 = time factor

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

Faktor-faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan slope faktor (S1) dengan persamaan berikut :

$$S1 = \frac{(LR \times SR)}{H} \dots\dots\dots(2.84)$$

Dimana :

LR = W (1 +

(S/Sx)2)^{1/2} SR

= (S2 +

Sx2)^{1/2}

H = Tebal dari lapisan fermeable (ft)

Nilai “Md” dihitung dengan persamaa:

$$m_d = \frac{n_{e.l} R^2}{kH} \dots\dots\dots(2.85)$$

Dimana :

Ne = Porositas efektif lapisan drainase

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

LR = Resultan Panjang (feet)

H = Tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots \dots \dots (2.86)$$

Dimana :

K = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P200 = Berat agregat yang lolos saringan nomor 200 dalam %

D10 = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

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

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan mencakup :

A. Menghitung Porositas Material

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \times \text{berat jenis curah}} \right) \dots \dots \dots (2.87)$$

Dimana :

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

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

B. Menghitung Resultan Kemiringan

$$(S_R) = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2.88)$$

Dimana :

SR = *Slope Resultant* / Resultan Kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

Sx = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

C. Menghitung Resultan Panjang (*Length Resultant*)

$$L_r = w \left(1 + \left(\frac{s}{s_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.89)$$

Dimana :

Lr = Resultant panjang (feet)

W = Lebar lapisan drainase (feet)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

Sx = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

Koefisien drainase untuk mengakomodasikan kualitas sistem drainase yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 2.24 Definisi kualitas drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik sekali	2 jam
Baik Sedang	1 hari
Jelek	1 minggu
Jelek sekali	1 bulan
	Air tidak akan mengalir

(sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

Tabel 2.25 koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan subbase pada perkerasan lentur

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	<1%	1 – 5 %	5 -25 %	>25%
Baik sekali	1,40 – 1,30	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	0,80 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

(sumber : Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

d. Kinerja perkerasan

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan kondisi yang ideal, sedangkan nilai nol menunjukkan perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal (IP_0) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Indeks pelayanan akhir (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi.

Tabel 2.26 Indeks pelayanan pada akhir umur rencanan (IP_t)

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

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

Tabel 2.27 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP₀)

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

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

e. Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274). Penentuan nilai modulus resilien untuk setiap titik pengujian dapat didekati dengan pengujian CBR.

Nilai CBR atau Modulus resilien (M_R) tanah dasar yang mewakili suatu titik pengujian adalah yang mewakili untuk kedalaman 100 cm serta cara untuk menentukan nilai CBR rata-rata pada setiap titik pengujian adalah mengacu pada *Austroad, Guide to Pavement Technology*, 2010 yang didasarkan pada daya dukung tanah menurut *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement - Japan Road Association, JRA (1980)*, yaitu:

CBR titik

$$CBR_R = \left(\frac{\sum_i h_i CBR_i^{1/3}}{\sum_i h_i} \right)^3 \dots\dots\dots (2.90)$$

Keterangan:

CBR_R adalah CBR rata-rata

CBR_i adalah nilai CBR pada setiap lapisan I

h_i adalah tebal tiap-tiap lapisan I

Persyaratan penggunaan persamaan di atas sebagai berikut:

- i. Ketebalan lapisan yang kurang dari 200mm harus digabungkan dengan lapisan yang berdekatan. Nilai CBR yang lebih rendah harus diadopsi untuk lapisan gabungan ini
- ii. Diasumsikan bahwa semakin ke atas, lapisan yang digunakan memiliki nilai CBR yang lebih tinggi. Persamaan ini tidak berlaku apabila lapisan yang lebih lemah ditempatkan pada bagian atas dari lapis fondasi bawah.
- iii. Apabila terdapat lapisan filler, lapisan ini tidak dimasukkan ke dalam perhitungan.
- iv. Nilai CBR maksimum penggunaan persamaan ini adalah 15%

CBR segmen jalan

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980)*, yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{F} \dots \dots \dots (2.91)$$

Keterangan:

CBR_{segmen}	adalah nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau
CBR_{maks}	adalah nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau
CBR_{min}	adalah nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau
$CBR_{rata-rata}$	adalah nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F adalah koefisien yang disajikan pada Tabel 2.28

Tabel 2.28 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah titik pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
≥10	3,18

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

f. Koefisien kekuatan relatif (a)

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

Tabel 2.29 Koefisien kekuatan relatif bahan jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(MPa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi ¹⁾									
- Lapis Aus Modifikasi i	3.200 ⁽²⁾	460	1000				0,414		
- Lapis Antara Modifikasi	3.500 ⁽²⁾	508	1000				0,360		
Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽²⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara	3.200 ⁽²⁾	464	800				0,344		
Laston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽²⁾	340	800				0,350		
2. Lapis Fondasi									
Lapis Fondasi Laston Modifikasi ¹⁾	3.700 ⁽²⁾	536	2250 ⁽²⁾				0,305		
Lapis Fondasi Laston	3.300 ⁽²⁾	480	1800 ⁽²⁾				0,290		
Lapis Fondasi Laston	2.400 ⁽²⁾	350	800						
Lapis Fondasi LAPEN							0,190		
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)					300		0,270		
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB	5.350	776		45			0,210		
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4.450	645		35			0,170		
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4.270	619		30			0,160		
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾			0,145		
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾			0,140		
Agregat Kelas A	200	29				90	0,135		
3. Lapis Fondasi 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 (<i>Selected material</i>)	84	12				10		0,080	

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

Keterangan:

- 1) Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau asbuton, multigrade, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- 2) Diameter benda uji 6 inci
- 3) Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- 4) Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- 5) Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA pada temperatur 25°C, beban 2500 N dan *rise time* 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO Designation: R 30-02 (2006)

g. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.30.

Tabel 2.30 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu lintas Rencana (juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan; 20 – 70 km/jam	Kecepatan Kendaraan; ≥ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3--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)

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

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

h. Ketebalan minimum lapisan perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapisan perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis sesuai tabel 2.31.

Tabel 2.31 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)
1. Lapis Permukaan		
Laston Modifikasi		
- Lapis Aus Mod	1,6	4,0
- Lapis Antara Mod	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Fondasi		
Lapis Fondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Fondasi Laston	2,9	7,5
Lapis Fondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Fondasi LAPEN	2,5	6,5
Agregat Kelas A	4,0	10,0
CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
CTR (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	6,0	15,0
Beton Kuru (CBK) atau <i>Lean-Mix Concrete (LC)</i>	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
3. Lapis Fondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,0
Agregat Kelas C	6,0	15,0
Konstruksi Telford	6,0	15,0
Material Pilihan (<i>Selected material</i>)	6,0	15,0

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

2.7.3 Langkah-langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode ini ditujukan untuk perancangan perkerasan lentur baru atau rekonstruksi perkerasan lama serta memberikan kesempatan kepada perancang dalam memilih alternatif perancangan yang paling optimum.

Penentuan nilai struktur yang diperlukan:

a. Persamaan Dasar

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

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07$$

.....(2.92)

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai struktur mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut:

$W_{18}(W_t)$ adalah volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana

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

S_0 adalah gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t)

M_R adalah modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

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

b. Estimasi lalu lintas

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

c. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

d. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

e. Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan dalam pedoman ini

didasarkan pada kekuatan relatif setiap lapisan perkerasan.

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots (2.93)$$

Keterangan:

- a_1, a_2, a_3 adalah koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah sesuai tabel 2.
- D_1, D_2, D_3 adalah tebal lapis permukaan, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah (inci) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan sesuai tabel
- m_2, m_3 adalah koefisien drainase lapis permukaan, lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah sesuai tabel 2.

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

f. Analisis perancangan tebal lapisan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- (1) Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur.
- (2) Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susun struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- (3) Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R).
- (4) Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPT) yang telah dipilih.
- (5) Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh

lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis fondasi bawah dan di atas lapis fondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis fondasi bawah dan lapis fondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapis fondasi bawah atau lapis fondasi atas dengan modulus resilien lebih dari **40.000 psi** atau **sekitar 270 MPa**. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

2.9 Manajemen Proyek

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

2.9.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

2.9.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

2.9.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan 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:

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

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

2.9.5 Rekapitulasi Biaya

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

2.9.6 Rencana Kerja

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 adalah:

a. *Bar Charts*

Bar charts merupakan metode yang bersifat praktis dan sederhana yang berfungsi untuk pengendalian proyek. Diagram *bar charts* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. *Bar charts* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan.

b. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase

yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

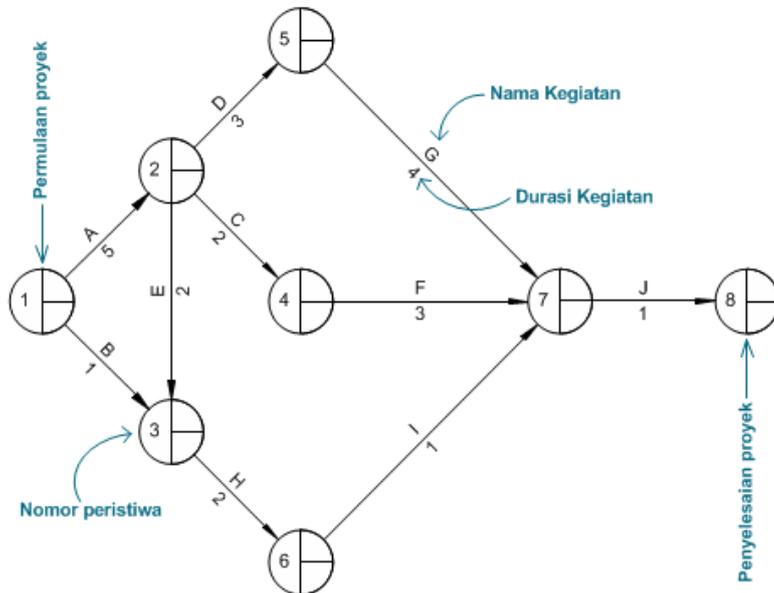
c. *Network planning* (NWP)

Network planning adalah gambar yang memperlihatkan susunan urutan pekerjaan dan logika ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya serta rencana waktu pelaksanaannya berupa lintasan kritis maupun yang bukan lintasan kritis.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

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

Gambar Network Planning dapat dilihat pada gambar nomor gambar di bawah ini:

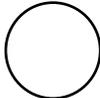


Gambar 2. 17 Contoh *Network Planning*

Keterangan :

1) 

(*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu atau *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah node, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan waktu.

2) 

(*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

3) 

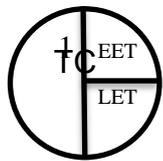
(*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan

dilintasan kritis (*critical path*).

4)▶

(*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu. Yang dimaksud dengan aktivitas semu adalah aktivitas yang tidak menekan waktu.

5)



1 = Nomor kejadian

EET (*Earlist 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 kejadian paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka yang terkecil.

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

