

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan. dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-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. (Sukirman Silvia, 1994)

2.1.1 Data Lalulintas

Data lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh ada perencanaan

konstruksi perkerasan. Volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar pula agar aman dan nyaman. Namun apabila jalan dibuat terlalu lebar, sedangkan volume lalu lintasnya rendah, cenderung akan membahayakan.

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati /melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (kendaraan/hari, kendaraan/jam). Volume lalu lintas dapat berupa Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), Volume Jam Perencanaan (VJP). Masalahnya volume rata-rata dipakai akan menghasilkan jalan yang tidak mencukupi, sedangkan volume pada jam sibuk (peak time) akan terjadi beban maksimal dalam waktu yang singkat saja, sehingga tidak ekonomis. Dasar perencanaan volume harus tidak terlalu sering / besar dilampaui, sehingga pada saat – saat tertentu jalan akan lenggang. Untuk itulah sebagai dasar perencanaan dipakai Volume Jam Perencanaan (VJP) atau Design Hourly Value (DHV).

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

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

2.1.2 Data Peta Topografi

Data peta topografi dalam perencanaan jalan raya yaitu pengukuran route yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini semua dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (horizontal) serta pengukuran beda tinggi (vertikal). Akan tetapi pengukuran teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang, sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan segi peninjauannya, yaitu berdasarkan segi pelayanan, segi pengawasan dan pendanaan serta berdasarkan fungsinya. Namun perlu diingat bahwa pada keadaan sehari-hari pembagian kelas jalan ini tidaklah senyata seperti dalam konsep tersebut. (TPGJAK,1997)

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

1. Jalan Arteri

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

2. Jalan Kolektor

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

3. Jalan Lokal

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

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

1. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

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

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

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

2. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian yang dilayani dalam satuan smp.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan Dalam LHR

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

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

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

- 1) Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medanyang diukur tegak lurus garis kontur.
- 2) Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PPNo.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus. (TPGJAK,1997)

2.3 Bagian – Bagian Jalan

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

1. Daerah manfaat jalan (Damaja)

Daerah manfaat jalan (Damaja) adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman.

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

2. Daerah milik jalan (Damija)

Daerah milik jalan (Damija) adalah daerah yang meliputi seluruh daerah manfaat jalan dan daerah yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalurlalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan.

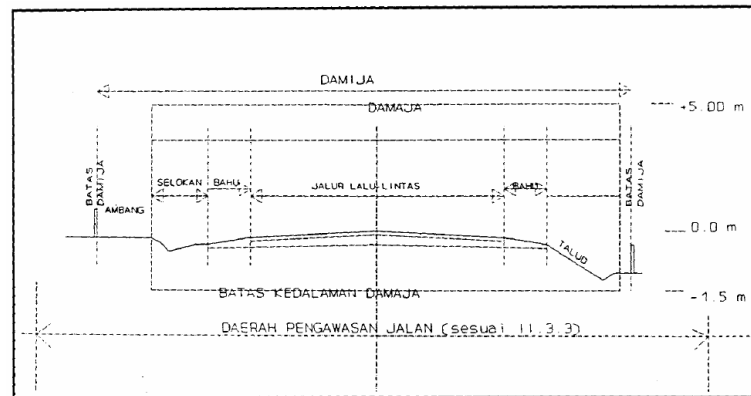
Daerah Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter

3. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Daerah pengawasan jalan (Dawasja) adalah lajur lahan yang berada di bawah pengawasan penguasa jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengamanan konstruksi jalan dalam hal ruang daerah milik jalan tidak mencukupi.

- a) Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut
 - (1) jalan Arteri minimum 20 meter,
 - (2) jalan Kolektor minimum 15 meter,
 - (3) jalan Lokal minimum 10 meter.

- b) Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarakpandang bebas. (TPGJAK,1997)



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

Gambar 2.1 Damaja, Damija, Dawasja di lingkungan jalan antar kota

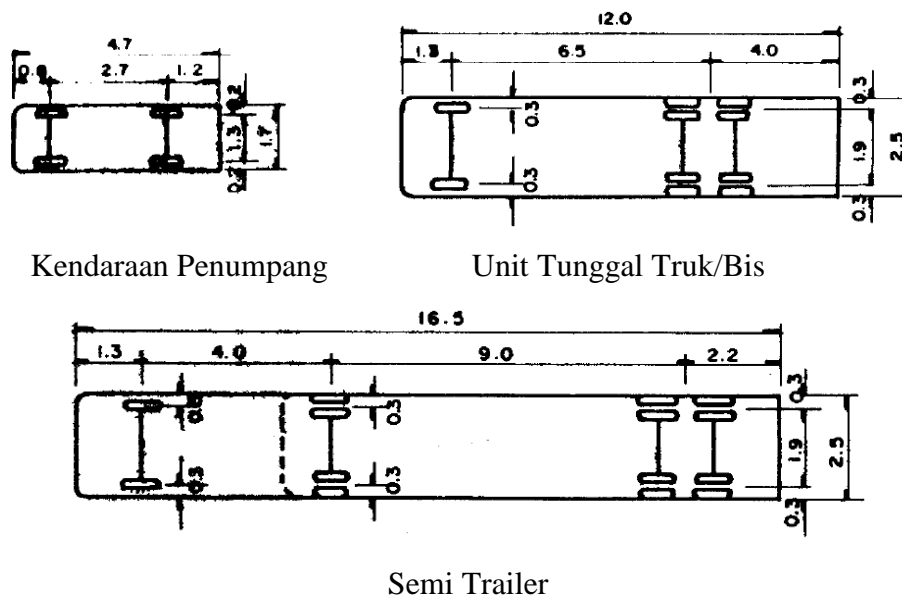
2.4 Kriteria Perencanaan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang akan dibicarakan dalam bab ini, seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana volume & kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan. (Sukirman Silvia, 1994)

2.4.1 Kendaraan Rencana

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

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (U turn). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan. (Sukirman Silvia, 1994)



(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Januari 1988)

Gambar 2.2 Kendaraan Rencana

Tabel 2.4 Ukuran Kendaraan Rencana

Jenis Kendaraan	Panjang Total	Lebar Total	Tinggi	Depan Tergantung	Jarak Gandar	Belakang Tergantung	Radius Putar Min
Kendaraan Penumpang	4,7	1,7	2,0	0,8	2,7	1,2	6
Truk/Bus Tanpa Gandengan	12,0	2,5	4,5	1,5	6,5	4,0	12
Kombinasi	16,5	2,5	4,0	1,3	4,0 (Depan) 9,0 (Belakang)	2,2	12

(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, "Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan, Januari 1988)

2.4.2 Kecepatan Rencana

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

Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang di tikungan jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dll. Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut. (Sukirman Silvia, 1994)

Kecepatan rencana, V_R , pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan berpengaruh samping jalan yang tidak berarti. Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel 2.5 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (V_R) sesuai dengan fungsi dan klasifikasi medan jalan

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

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

2.4.3 Volume Lalulintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit).

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya. (Sukirman Silvia, 1994)

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

- Lalu Lintas Harian Rata – Rata
- Volume Jam Perencana

- Kapasitas

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

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

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam tahun}}{365}$$

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

2. Lalu-lintas harian rata-rata (LHR)

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan. (Sukirman Silvia, 1994)

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalulintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

2.4.4 Penentuan Lebar Jalur dan Lajur Lalulintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa:

- 1.) Median;
- 2.) Bahu;
- 3.) Trotoar;
- 4.) Pulau jalan; dan
- 5.) Separator.

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2

kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu jalan

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimu m		Ideal		Minimu m		Ideal		Minimu m	
	Jal ur	Ba hu	Jal ur	Ba hu	Jal ur	Ba hu	Jal ur	Ba hu	Jal ur	Ba hu	Jal ur	Ba hu
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	2n x 3,5)	2,5	2 x 7,0)	2,0	2n x 3,5)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

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

Keterangan: **) : Mengacu pada persyaratan ideal

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

- : Tidak ditentukan

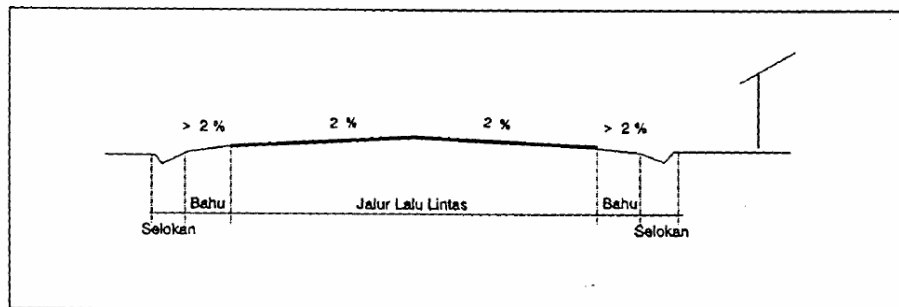
Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraanrencana.

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.6. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997)

Tabel 2.7.Lebar Lajur Jalan Ideal

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

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



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

Gambar 2.3 Kemiringan Melintang Jalan Normal

2.4.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJP/LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar lajur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut tentu saja menuntut daerah manfaat jalan yang lebih lebar pula. (Sukirman Silvia, 1994)

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 keadaan yaitu :

1. Tingkat pelayanan A dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.

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

2.4.6 Jarak Pandang Kendaraan

Jarak pandang adalah suatu jarak yang dipedukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan sesuatu tindakan untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Hamirham Saodang, 2004)

Jarak pandang terbagi menjadi dua bagian, yaitu Jarak Pandang henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak Pandang Henti Adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jarak Pandang Henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi pengemudi adalah 105 Cm dan tinggi halangan adalah 15 Cm, diukur dari permukaan jalan. Jarak pandangan henti (J_h) terdiri atas dua komponen, yaitu :

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

Jarak Pandang Henti (J_h), dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

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

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

Dimana :

V_R : kecepatan rencana (km/Jam)

T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

f : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal,

AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$

(f semakin kecil jika V_R semakin tinggi, dan sebaliknya). Bina Marga.

menetapkan $f = 0,35 - 0,55$.

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

T : Waktu tanggap 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakrrn rnenjadi :

- Untuk jalan datar :

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

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

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

Dimana L : Landai Jalan (%) atau persatuan

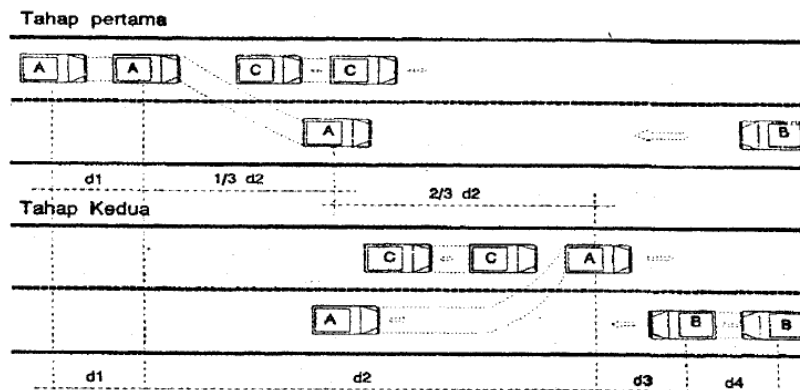
Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti Minimum

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 (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Lihat sketsa dibawah ini.



A : Kendaraan yang mendahului

B : Kendaraan yang berlawanan arah

C : Kendaraan yang didahului kendaraan A

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

Gambar 2.4 Jarak Pandang Mendahului

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

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

dimana:

d_1 : Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m).

d_2 : Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m).

d_3 : Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah beda berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 : Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m).

Rumus yang dipergunakan adalah :

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

$$d_2 = 0,278 V_R \cdot T_2$$

$d_3 =$ antara 30 – 100 meter

$d_4 = 2/3 d_2$

dimana :

T_1 : waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$ waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik) , $\infty 6,56 + 0,048 V_R$.

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

m : perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil 10-15Km/jam).

V_R : Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului ∞ Kecepatan Rencana (km/iam).

d_1 : Jarak kebebasan

d_4 : Jarak yang ditempuh kendaraan yang datans dari arah berlawanan

Tabel 2.9.Besaran d_3 (m)

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
d_3 (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului

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

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

2.4.7 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan ditikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.(Tata Cara Perencanaan

Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997). Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

(1) Jika $J_h < L_t$

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

(2) Jika $J_h > L_t$

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

Dimana : R : Jari-jari tikungan (m)

J_h : Jarak pandang henti (m)

L_t : Panjang Tikungan (m)

2.5 Alinyemen Horizontal

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

Alinemen horisontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya entrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR). Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

2.5.1 Penentuan Trase Jalan

a. Faktor Topogorafi

Topografi merupakan dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi penentuan trase jalan, seperti : landai jalan, jarak pandang, panampang melintang dan lain-lainnya.

Bukit, lembah, sunai dan danau sering memberikan pembatas terhadap lokasi dan perencanaan trase jalan. Hal demikian perlu dikaitkan pula pada kondisi medan yang direncanakan.

Kondisi medan sangat diperlukan oleh hal-hal sebagai berikut:

– Tikungan

Jari-jari tikungan dan pelebaran perkerasan sedemikain rupa sehingga terjamin keamanan jalannya kendaraan-kendaraan dan pandangan bebas yang cukup luas.

– Tanjakan

Adanya tanjakan yang cukup curan dapat merugikan kecepatan kendaraan dan kalau tenaga tariknya tidak cukup, maka berat muatan kendaraan harus dikurangi, yang berarti mengurangi kapasitas angkutan dan sangat merugikan.

Karena itu diusahakan supaya tanjakan dibuat landai sesuai dengan peraturan yang berlaku. (PPGJR No. 13/1970/BM)

Golongan Medan	Lereng melintang
- Darat (D)	0 sampai dengan 9,9 %
- Bukit (B)	10 sampai dengan 24,9 %
- Gunung (G)	lebih besar dari 25%

b. Faktor Geologi

Kondisi geologi suatu daerah dapat mempengaruhi pemilihan suatu trase jalan. Adanya daerah-daerah yang rawan secara geologis seperti; daerah patahan atau daerah bargeak baik vertical maupun horizontal akan merupakan daerah yang tidak baik untuk dibuat suatu trase jalan dan memaksa suatu rencana trase jalan untuk dirubah atau dipindahkan.

Keadaan tahap dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk geometrik jalan misalnya; daya dukung tanah dasar dasar yang jarak dan muka air yang tinggi. Kondisi iklim juga dapat mempengaruhi penetapan lokasi dan bentuk geometric jalan. (PPGJR No. 13/1970/BM)

c. Faktot Tata Guna Lahan

Tata guna lahan merupakan hal yang paling mendasar dalam perencanaan suatu lokasi jalan, karena ini perlu adanya suatu musyawarah yang berhubungan langsung dengan masyarakat berkait tentang pembebasan tanah sarana transportasi.

Dengan demikian akan merubah kualitas kehidupan secara keseluruhan dari suatu daerah dan nilai lahannya yang akan berujud lain. Akibat bangunya suatu lokasi jalan baru pembebasan lahan ternyata sering menimbulkan permasalahan yang sulit dan controversial. Pada prinsipnya pembebasn tanah untuk suatu lokasi ialah sama seperti pembeli tanah untuk kegiatan ekonomi lainnya, yang akan menggantikan penggunaan selanjutnya.

Maka secara prinsip itu tidak akan lebih sukar dari pada membeli sebidang tanah untuk pembanguna aparteman baru, pabrik dan sebagainya, tapi karena suatu pembangunan akan memerlukan sebidang tanah yang harus panjang rute dimana jalan tadi akan dibangun, oleh karena itu maka tanah yang harus dibeli adalah merupakan tanah-tanah lokasi tertentu saja dn bukan tanah yang berlokasi sembarang. (PPGJR No. 13/1970/BM)

d. Faktor Lingkungan

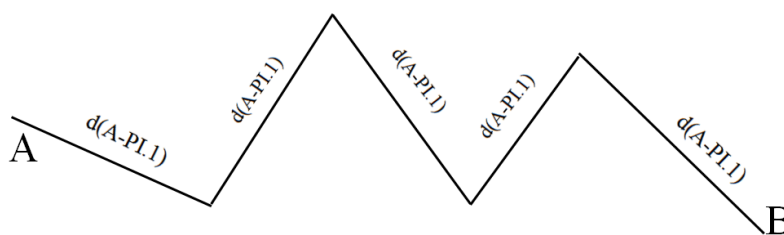
Dalam beberapa tahun belakangan ini semakin terbukti bahwa banyak kegiatan produksi manusia mempunyai pengaruh terhadap lingkungan.

Pengaruh ini harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan kegiatan tersebut secara keseluruhan, salah satu kegiatan produktif dari ialah membangun sarana jalan. Oleh karena itu pembangunan jalan harus mempertimbangkan faktor andal (Analisis mengenai dampak lingkungan). (PPGJR No. 13/1970/BM)

2.5.2 Menentukan Koordinat Dan Jarak

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

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini. (Hamirhan Saodang, 2004)



(Sumber : Hamirhan Saodang, *Konstruksi Jalan Raya 2004*)

Gambar 2.5 Koordinat dan Jarak

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

Dimana :

d : Jarak titik A titik P1

X₂ : Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

- X_1 : Kordinat titik A pada sumbu X
 Y_2 : Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
 Y_3 : Koordinat titik A pada sumbu Y

2.5.3 Menentukan sudut azimuth dan sudut antara dua tangen (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

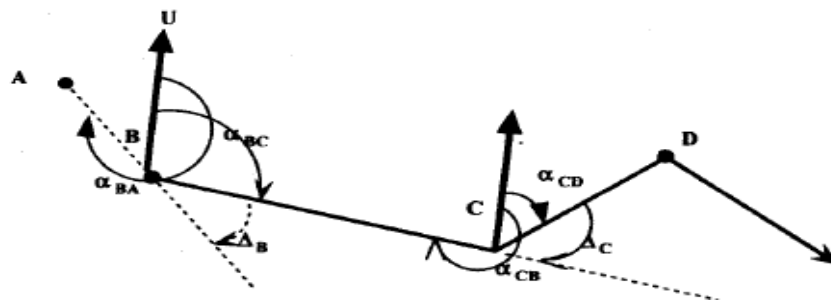
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A}$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A$$

$$\alpha_{P1} = \text{arc tg} \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}}$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1}$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)}$$



(Sumber : Kontruksi jalan raya, 2004)

Gambar 2.6 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.5.4 Tikungan

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

1. Tikungan *Full Circle* (FC)

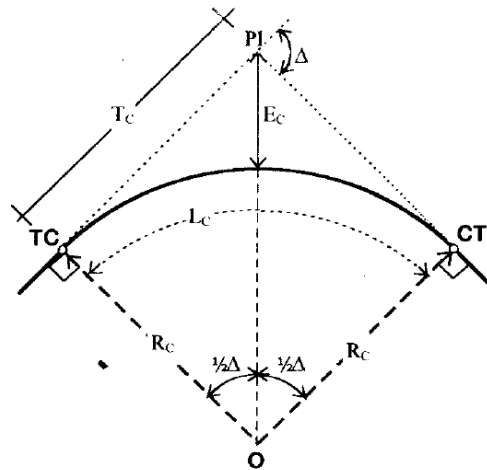
Tikungan *Full Circle* (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian dari suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan

untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil superelevasi yang besar. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

Tabel 2.12 Jari-Jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)

Gambar 2.7 Tikungan Full Circle

Keterangan :

- Δ : Sudut tikungan
- O : Sudut Pusat Lingkaran
- T_c : panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT
- R_c : Jari-jari lingkaran
- L_c : Panjang Busur Lingkaran
- E_c : Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_c = \frac{\Delta \pi R_c}{360^\circ}$$

Keterangan :

- Δ : Sudut tikungan
- Tc : panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT
- Rc : Jari-jari lingkaran
- Lc : Panjang Busur Lingkaran
- Ec : Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

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

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkara (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Rumus yang digunakan adalah :

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

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 Rc}$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{Rc}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s$$

$$T_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$E_s = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + Rc$$

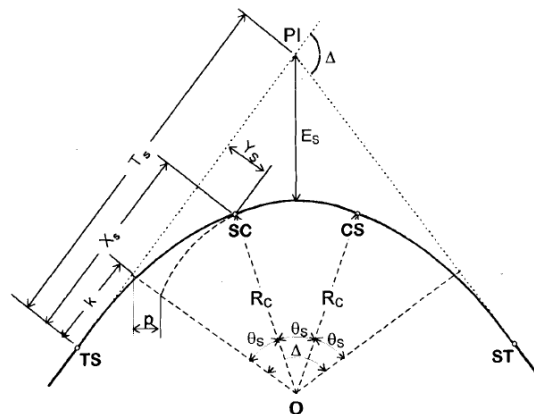
$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$

Keterangan :

- X_s : absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).
- Y_s : Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.

- L_s : Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).
 L_c : Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).
 T_s : Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.
 TS : Titik dari tangen ke spiral.
 SC : Titik dari spiral ke lingkaran.
 E_s : Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.
 θ_s : Sudut lengkung spiral.
 R_c : Jari-jari lingkaran.
 p : Pergeseran tangen terhadap spiral
 k : absis dari p pada garis tangen spiral



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000)

Gambar 2.8 Tikungan S-C-S

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

Tikungan *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur, sehingga titik SC berhimpit dengan CS.

Untuk bentuk spiral-spiral ini berlaku rumus, sebagai berikut :

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R_c}$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + R_c$$

Keterangan :

R : Jari-jari tikungan (m)

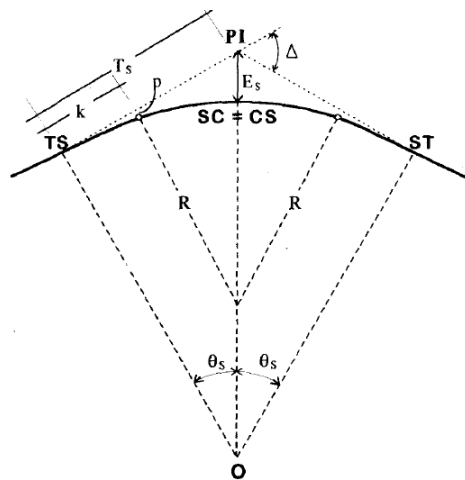
Δ : Sudut tikungan ($^\circ$)

p : Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k : absis pada garis tangen spiral (m)

T_s : Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

E_s : Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, Perencanaan Teknik Jalan Raya 2000)

Gambar 2.9 Tikungan S-S

Tabel 2.13 Besaran p^* dan k^*

O_s	p^*	k^*	O_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

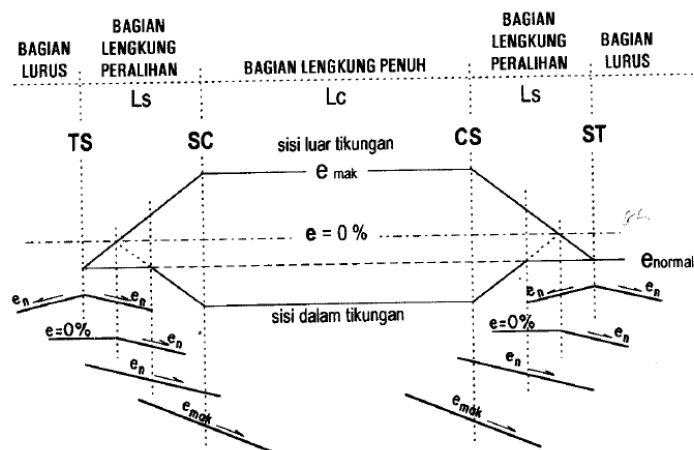
(Sumber: Konstruksi jalan raya, Geometrik jalan menurut J.Barnett)

4. Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

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

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).

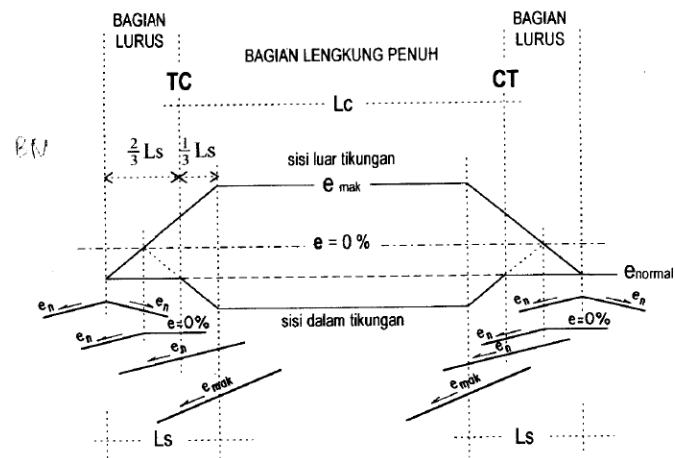


(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)

Gambar 2.10 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan SCS

b. Tikungan *Full Circle* (FC)

Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.

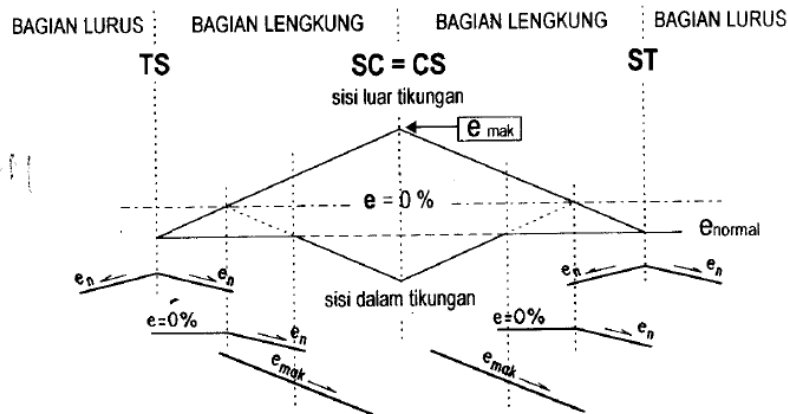


(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)

Gambar 2.11 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan FC

c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya* 2000)

Gambar 2.12 Metode Pencapaian Superelevasi pada tikungan SS

2.5.5 Jarak Pandang Pada Alinyemen Horizontal

Jarak pandang pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam seringkali terhalang oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lainnya.

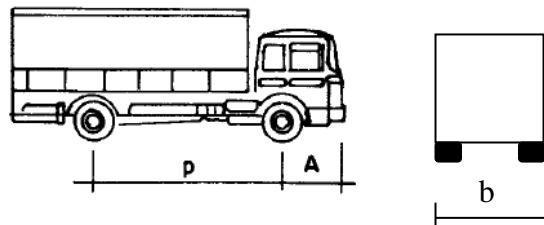
Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dimana jarak pandangan berada di dalam lengkung. (Saodang Hamirhan, 2004)

$$S = \frac{2\phi}{360} 2\pi R' = \frac{\pi \cdot \phi \cdot R'}{90}$$

$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{90}{\pi} \frac{DS}{1432,39} = \frac{DS}{50}$$

2.5.6 Pelebaran Pada Tikungan

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



(Sumber: Shirley L. Hendarsin, 2000)

Gambar 2.13 Bentuk Dimensi Kendaraan

Keterangan :

p : jarak antar gandar = 6,5 meter

A : tonjolan depan kendaraan = 1,5 meter

b : lebar kendaraan = 2,5 meter

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

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

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

Keterangan :

- B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)
- Rc : Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

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

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b$$

Keterangan :

- R : Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)
- Bn : Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)
- b : Lebar Kendaraan Rencana (m)

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

Keterangan :

- n : Jumlah jalur lalu lintas
- B : Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)
- C : Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan 1,0 m
- Z : Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

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

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

Keterangan :

- V : Kecepatan Rencana (km / jam)

R : Jari-jari tikungan

$$\Delta b = B_t - B_n$$

Keterangan :

Δb : Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

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

Jarak pandang pengemudi kendaraan yang bergerak pada lajur tepi sebelah dalam seringkali terhalang oleh gedung-gedung, hutan-hutan kayu, tebing galian dan lainnya.

Penentuan batas minimum jarak antara sumbu lajur sebelah dalam ke penghalang ditentukan berdasarkan kondisi dimana jarak pandangan berada di dalam lengkung. (Saodang Hamirhan, 2004)

$$S = \frac{2\phi}{360} 2\pi R' = \frac{\pi \cdot \phi \cdot R'}{90}$$

$$\phi = \frac{90 S}{\pi R'} = \frac{90}{\pi} \frac{DS}{1432,39} = \frac{DS}{50}$$

2.5.7 Stationing

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

Sta jalan dimulai dari 0+000 m yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. Sta 10+250 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 10 km dan 250 meter dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- setiap 100 m pada medan datar
- setiap 50 m pada medan berbukit
- setiap 25 m pada rneclan pegunungan

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting jadi terdapat Sta titik TC, dan Sta titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. Sta titik TS, Sta titik SC, Sta titik CS. Dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral-busur lingkaran, dan spirial. (Sukirman Silvia, 1999)

2.6 Alinyemen Vertikal

Allnyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekeadaan tanab tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu, sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya. Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit di atas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali dilanda banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan diatas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan diusahakan banyaknya pekerjaan galian scimbang dengan pekerjaan timbunan sehirgga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggrng jawabkan. Jalan yang terletak di atas lapisan tanah yang lunak hanrs pula diperhatikan akan

kemungkinan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan yang mungkin terjadi.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalanyang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai. (Silvia,Sukirman,1994)

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian pada alinyemen vertikal dibagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Kelandaian Minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu-lintas, landai ideal adalah landai datar (0 %). Sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan.

- a. Landai datar untuk jalan-jdan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jalur dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15 yo dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
- c. Landai minimum sebesar 0,3 - 0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping. (Silvia Sukirman,1994).

2. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. (Shirley L. Hendarsin,2000)

Tabel 2.14 Kelandaian Maksimum yang diijinkan

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/T/BM/1997).

3. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R . Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.15 Tabel Panjang Kritis

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

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

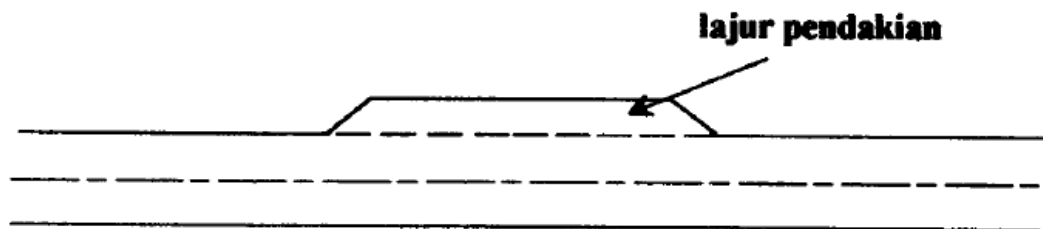
4. Lajur Pendakian

Pada jalan-jalan berlandai dan volume yang tinggi, seringkali kendaraan-kendaraan berat yang bergerak dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana menjadi penghalang kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan sekitar kecepatan rencana. Untuk menghindari hal tersebut perlulah dibuatkan lajur pendakian. Lajur pendakian adalah lajur yang disediakan khusus untuk truk bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan dengan kecepatan lebih rendah, sehingga kendaraan lain dapat mendahului kendaraan yang lebih lambat tanpa mempergunakan lajur lawan. (Sukirman Silvia, 1999)

Tabel 2.16 Panjang Kritis Untuk Kelandaian yang Melebihi Kelandaian Maksimum Standar

Kecepatan Rencana (km/jam)											
80		60		50		40		30		20	
5%	500m	6%	500 m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m
6%	500m	7%	500 m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m
7%	500m	8%	420 m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m
8%	420m	9%	340 m	10%	250 m	11%	250 m	12%	250 m	13%	250 m

(Sumber : Sukirman Silvia, Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan 1999)

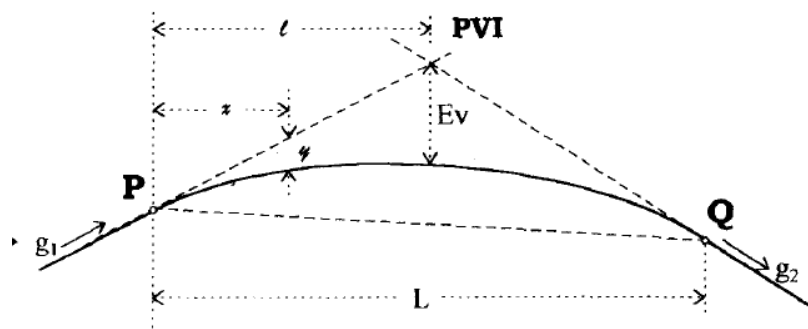


(Sumber : Sukirman Silvia, Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan 1999)

Gambar 2.14 Lajur Pendakian

2.6.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. (Shirley L. Hendarsin, 2000)



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

Gambar 2.15 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$x = \frac{Lg_1}{g_1 - g_2} = \frac{Lg_1}{A}$$

$$y = \frac{2}{2} \frac{Lg_1}{2(g_1 - g_2)} = \frac{Lg_1}{2A}$$

Dimana :

x : jarak dari P ke titik yang ditinjau pada Sta, (Sta)

y : Perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta
(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 diatas untuk lengkung simetris.

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

Kelandaian menaik (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

$$Ev = \frac{AL}{800}$$

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

$$y = Ev$$

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

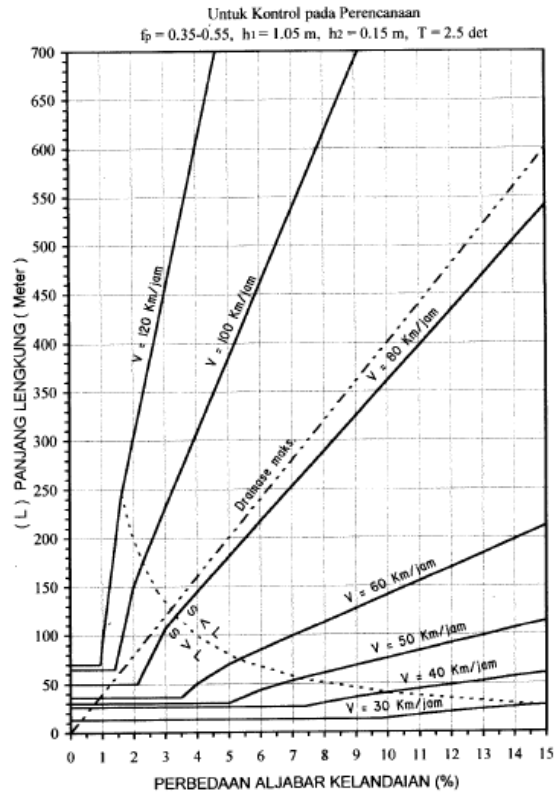
1. Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga 1997 untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.16.

Tabel 2.17 Ketentuan Tinggi Untuk Jenis Jarak Pandang

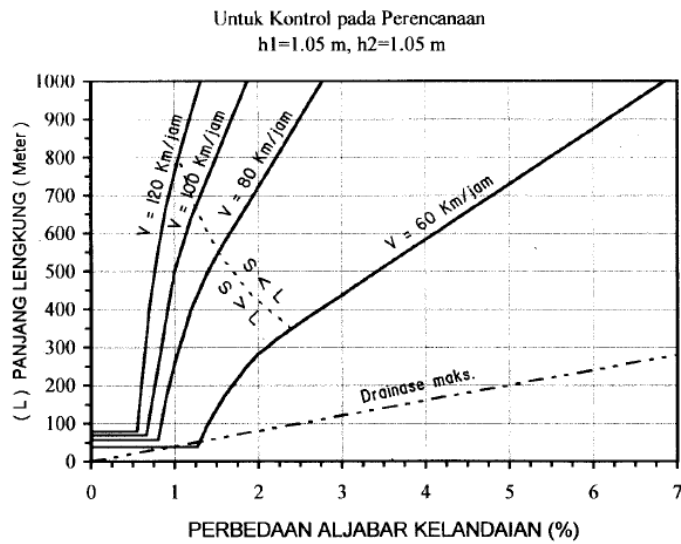
Untuk Jarak Pandang	h_1 (m) Tinggi mata	h_2 (m) Tinggi obyek
Henti (J_h)	1,05	0,15
Mendahului (J_d)	1,05	1,05

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)



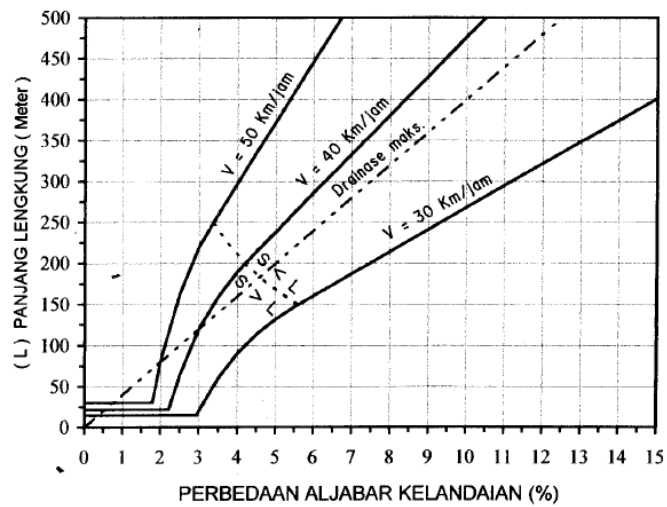
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

Gambar 2.17 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)



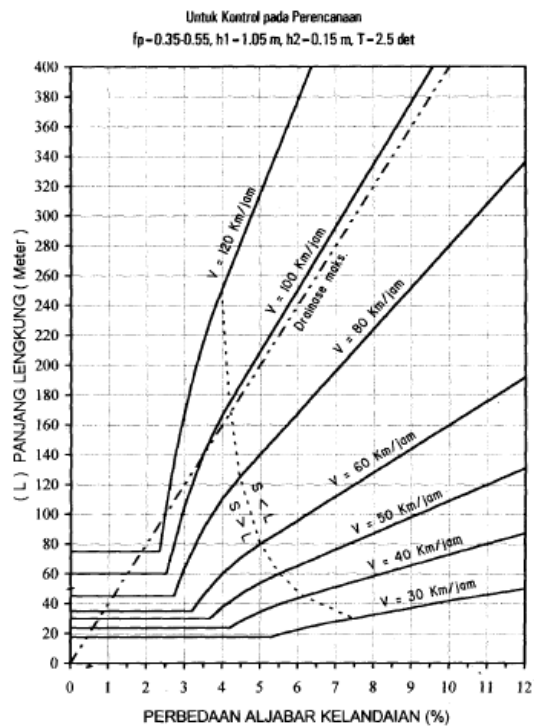
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

2. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, 2000)

Gambar 2.19 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_h)

2.6.3 Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal

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

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

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

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

Dimana jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti Bina Marga $h_1 = 10\text{ cm}$ atau $0,10\text{ m}$ dan $h_2 = 120\text{ cm}$ atau $1,20\text{ m}$.

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut. panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi truk yaitu 1,80m dan tinggi objek 0,50 m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertikal minimum 5 m, disarankan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu $\pm 5,5$ m, untuk memberi kemungkinan adanya lapisan tambahan dikemudian hari.

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

$$E = \frac{AL}{800}$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800 m}{AL}$$

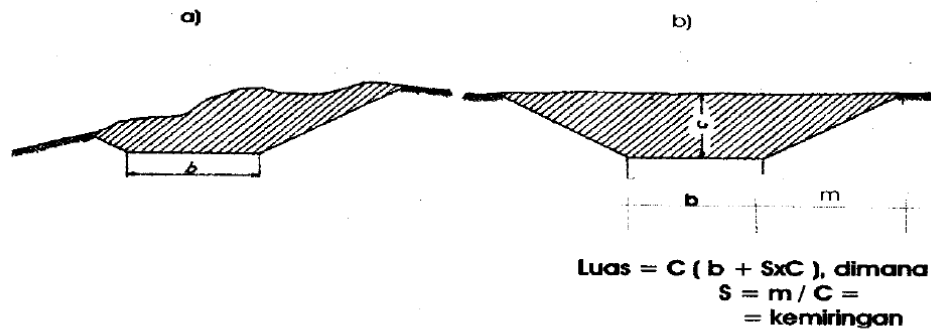
$$L = \frac{S^2 A}{800 M} \text{ dan } m = \frac{S^2 A}{800 l}$$

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

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

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



(Sumber :Saodang Hamirhan, *Konstruksi Jalan Raya*, 2010)

Gambar 2.20 Menghitung Luas Penampang

- b. Untuk penampang yang beraturan, gunakan rumus planimetri biasa.
- c. 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 Stasion. Ini dilakukan untuk semua titik stasion yang berada pada rancangan trase jalan. (Saodang Hamirhan, 2010)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Pekerjaan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade) yang berfungsi untuk menopang beban lalulintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis yaitu :

- 1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- 2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

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

Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah diperkeras). (Shirley L. Hendarsin, 2000)

2.8.1 Kriteria Perancangan

1. Lalu lintas

a) Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

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

Tabel 2.18 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	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, 2012)

b) Distribusi kendaraan per lajur rencana

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 pada tabel berikut:

Tabel 2.19 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L)

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

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

c) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

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

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(Lx+L2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

LEF : 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} : Angka beban sumbu x pada akhir waktu t

W_{t18} : Angka 18-kip (80 Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t

- Lx : Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem
- L2 : Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)
- SN : Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah
- ΔIP : Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)
- IPf : Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w18)

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w18) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut :

$$w18 = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}18 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- w18 : Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun
- DL : Faktor distribusi lajur pada lajur rencana (tabel 2.19)
- $\hat{w}18$: Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari, sesuai persamaan dibawah ini

e) Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (Wt atau W18)

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w18) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$Wt = W18 = w18 \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- $W_t = W_{18}$: Jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana
 w_{18} : Beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana
 n : Umur rencana pelayanan (tahun)
 g : Perkembangan lalu lintas (%)

2. 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 perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi (w_{18}) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang seksi perkerasannya akan bertahan (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.20 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (w_{18}) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam

persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (standard normal deviate, Z_R). Tabel 2.21 memperlihatkan nilai Z_R untuk tingkat pelayanan tertentu. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.20 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.21
- Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.21 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, 2012)

3. Drainase

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

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

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

$$t = T50 \cdot md \cdot 24 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

t : Time-to-drain (jam)

T50 : Time factor

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

Nilai time faktor (T50) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (resultan slope, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada gambar 2.21. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (Sx) dan kemiringan memanjang (S). (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan persamaan berikut :

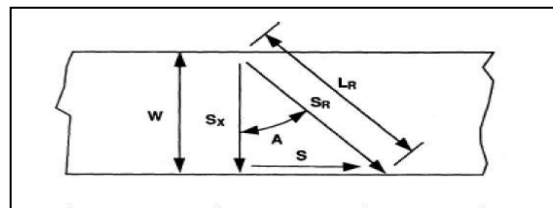
$$S_1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

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

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

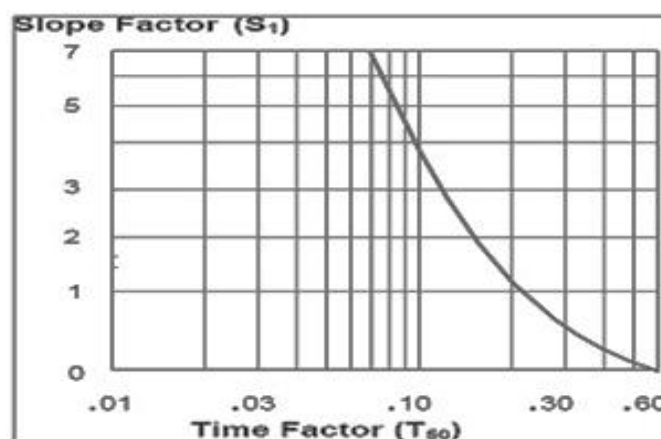
H : Tebal dari lapisan permeable (ft)



(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Gambar 2.21 Geometri Jalan (ERES-1999 Dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.22, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Gambar 2.22 Grafik Time Factor Untuk Derajat Kejenuhan 50% (FHWA, 2006)

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

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- n_e : Porositas efektif lapisan drainase
- k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai Persamaan 2.8 atau Gambar 2.24.
- L_R : Resultan panjang (feet)
- H : tebal lapisan drainase dalam feet

$$k = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari
- P_{200} : Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen
- D_{10} : Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan
- n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relative dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

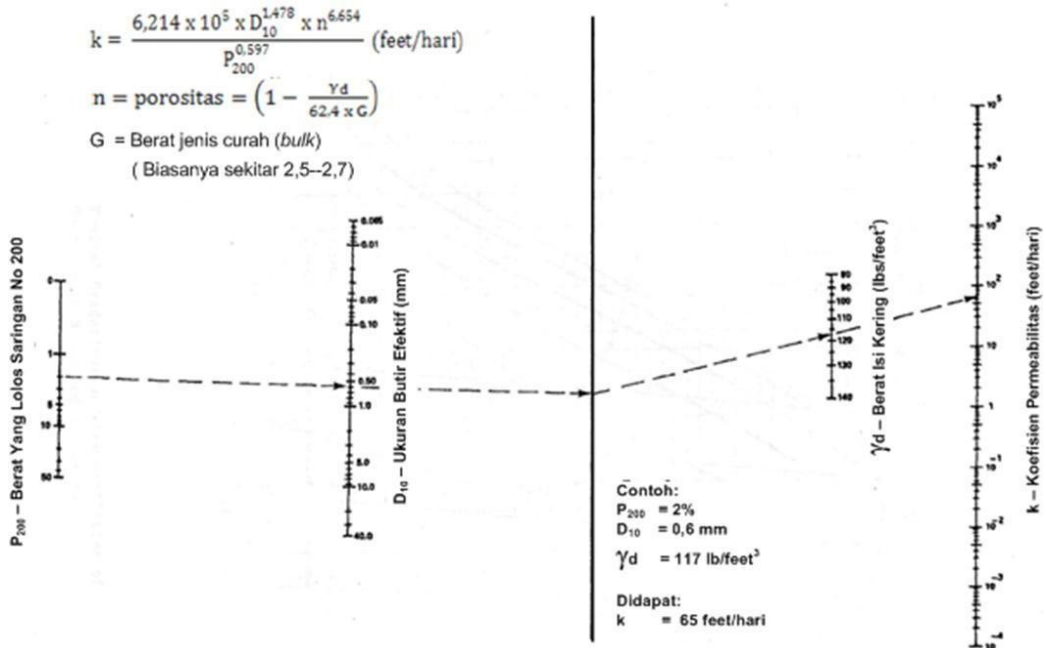
$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.
- γ_d : Kepadatan kering dalam lb/ft^3
- G : Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5-2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

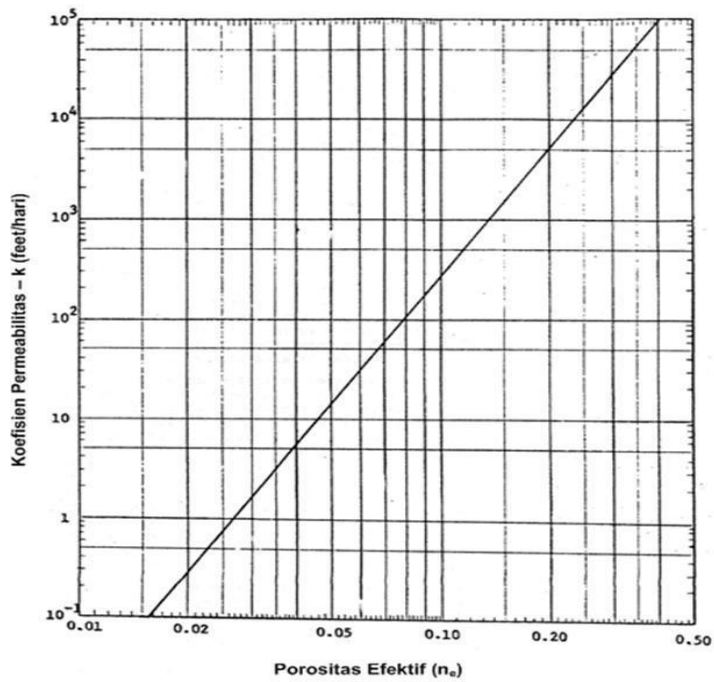
Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.24



(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Gambar 2.23 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas

Drainase Granural Dan Material Filter (FHWA, 1990)



(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Gambar 2.24 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, N_e (FHWA, 1990)

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

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- S_R : Resultan kemiringan (%)
 S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)
 S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- L_R : Resultan panjang (feet)
 W : Lebar lapisan drainase (feet)
 S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)
 S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

f) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1) digunakan Persamaan 2.6

g) Persamaan untuk menghitung faktor “ m_d ” digunakan Persamaan 2.7

h) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan Persamaan 2.5.

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

- Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Persamaan 2.8 atau Gambar 2.24.
- Hitung nilai porositas material (n) dengan menggunakan Persamaan 2.9
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar 2.24
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R) dengan menggunakan Persamaan 2.10

- Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R) dengan menggunakan Persamaan 2.11
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, (S_1)) dengan menggunakan Persamaan 2.6
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil perhitungan S_1 berdasarkan pada Gambar 2.23
- Hitung faktor “ m_d ” dengan menggunakan Persamaan 2.7
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan Persamaan 2.5
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.22
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 2.23

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Definisi Kualitas Drainase

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang

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

Tabel 2.23 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.23 Koefisien Drainase (M) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base* dan *Subbase*

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

4. 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 bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa 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. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan- jalan utama, indeks pelayanan akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan- jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.23.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.24 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.24 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (I_{pt})
Bebas Hambatan	>2,5
Arteri	>2,5
Kolektor	>2,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.25 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis lapis Perkerasan	IP ₀
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (laston Modifikasi /AC-mod)	> 4
Lapis tipis beton aspal (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5. 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) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

- CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

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.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

CBRsegmen : Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBRmaksimum : Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRminimum : Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRrata-rata : Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F : Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.30.

Tabel 2.26 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, 2012)

Modulus resilien (M_R) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

$$M_R \text{ (psi).} = 1.500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2.13)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$M_R \text{ (psi)} = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65} \dots\dots\dots (2.14)$$

6. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.27. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.27 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (A)

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relatif			
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapisaus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapisantara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- Laston									
- lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. lapis Pondasi									
- lapispondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
- lapispondasi	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	

laston									
- lapispondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
- lapispondasi lapen								0,190	
- CMRFB(Cold MixRecycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
Pemadatanmekanis						52		0,104	
Pemadatan manual						32		0,074	
Material pilihan	84	12				10		0,080	

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm

- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

7. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalulintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.28 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.28 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalulintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalulintas rencana (juta)	Tipe lapisan beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

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

8. Ketebalan minimum lapisan perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi,

dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 2.29 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.29 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB(<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling</i>	6,0	15,0

<i>Subbase</i>)		
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete</i> (LC)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
- Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.8.2 Prosedur perancangan perkerasan lentur

1) Persamaan Dasar

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

$$\text{Log } (W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \dots\dots\dots (2.15)$$

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

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

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

- ratanya.
- S_0 : yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.
- ΔIP : yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).
- Mr : yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)
- IP_f : yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Estimasi Lalu lintas

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

3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

4) Modulus Resilien tanah dasar efektif

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

5) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

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

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

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

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

6) Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama.

Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- 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. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan

yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.9 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya. (Wulfram I. Ervianto,2002)

2.9.1 Rencana Kerja dan syarat-syarat Kerja (RKS)

Rks atau betek adalah keterangan tertulis secara terperinci mengenai suatu pekerjaan yang mencakup segi teknis dan administratif. Uraian dalam RKS harus dibuat selengkap mungkin dengan maksud agar didalam pelaksanaan pekerjaan tidak timbul kesulitan. Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga cukup jelas, terperinci, mudah dipahami dan tidak menimbulkan keragu-raguan. (Balai Penerapan Teknologi Konstruksi Direktorat Jendral Konstruksi Kementerian PUPR)

3 bagian RKS yaitu :

1. Syarat / peraturan umum
2. Syarat / peraturan administrasi
3. Syarat / peraturan teknis

2.9.2 Daftar harga satuan alat dan bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak. (Wulfram I. Ervianto,2002)

2.9.3 Analisa satuan harga 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. (Wulfram I. Ervianto,2002)

2.9.4 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. (Wulfram I. Ervianto,2002)

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

- 1) Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).

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

2.9.5 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

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. (Wulfram I. Ervianto, 2002)

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut :

1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2) Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

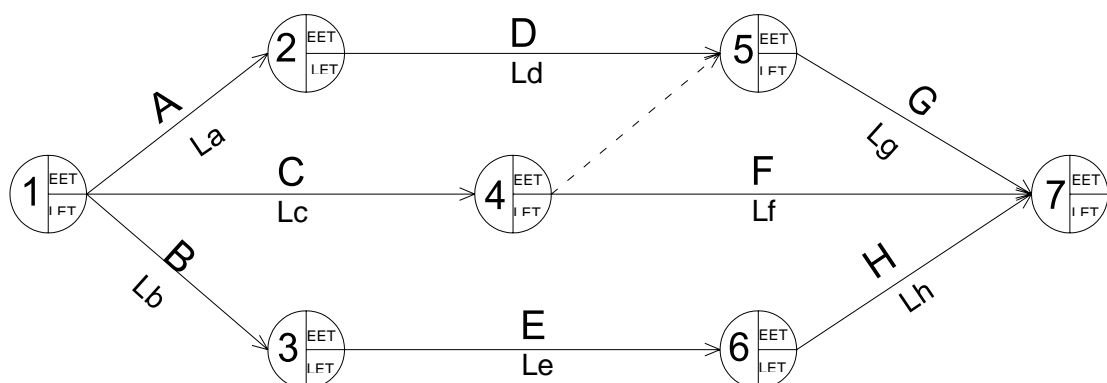
2.9.6 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. (Wulfram I. Ervianto, 2002)

2.9.7 Rencana Kerja

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

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. (Wulfram I. Ervianto, 2002)



(Sumber: Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi, 2002)

Gambar 2.25 Sketsa Network planning

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- 1) Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
- 2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

- 1) \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan.
- 2) \longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- 3) \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 4) $- - - >$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus- putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

2.9.8 *Barchart*

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Ervianto,2002)

2.9.9 *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. (Wulfram I. Ervianto,2002)