

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang di rancang berdasarkan kelengkapan data dasar yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian di analisis berdasarkan acuan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang di maksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamiran Saodang, 2010)

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan.

(Silvia Sukirman, 1999)

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku.

(L. Herdansin Shirley, 2000)

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah

menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukarman, 1999)

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

2.1.2 Data peta topografi

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

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

Pekerjaan pengukuran terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

- a. Pekerjaan Perintisan berupa merintis atau membuka sebagian daerah yang akan diukur sehingga pengukuran dapat berjalan lancar.
- b. Kegiatan Pengukuran yang meliputi :
 1. Penentuan titik-titik kontrol vertikal dan horizontal yang di pasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 2. Pengukuran penampang melintang dan penampang memanjang.
 3. Pengukuran situasi pada bagian kiri dan kanan dari jalan yang di maksud dan sisebutkan serta tata guna tanah di sekitar trase.

4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat kontrol diatas.

2.1.3 Data Lalu lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2004)

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

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

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

- a. Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survey asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi pada jalan yang direncanakan. (L. Herdarsin, 2000)

2.1.4 Data penyelidikan tanah

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

- a. Penelitian

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

1. Cara analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

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

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

(Sumber : Silvia Sukarman, *Perkerasan lentur jalan raya*, 1995)

2. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

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

3. Analisa

Melakukan analisa pada contoh tanah terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan kontruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standar yang berlaku di indonesia.

4. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a) Sifat-sifat Indeks (*indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Specific gravity*), W_N (*Water Natural Content*), γ (berat isi), e (angka pori), n (*Porositas*), S_r (derajat kejenuhan).
- b) Klasifikasi USCS dan AASTHO
 - 1) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - (a) Analisa Saringan (*sieve Analysis*)
 - (b) Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 - 2) Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - (a) *Liquid Limit* (LL) = batas cair
 - (b) *Plastic Limit* (PL) = batas plastis
 - (c) *Indeks Plastis* (IP) = LL-PL
 - 3) Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - (a) Pemadatan standar
 - (b) Pemadatan modifikasi
 - (c) Dilapangan di cek dengan sandcone $\pm 100\%$ γ_d maks
 - 4) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan W_{opt}
 - (a) CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

2.1.5 Data penyelidikan material

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

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

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

1. Tanah berbutir kasar

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

2. Tanah berbutir halus

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

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

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

a. Jalan Arteri

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

Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Arteri Primer adalah :

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

Jalan Arteri Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder lainnya atau

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

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

b. Jalan Kolektor

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

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

1. Kecepatan rencana > 40 km/jam.
2. Lebar badan jalan $> 7,0$ m.
3. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
4. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
5. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
6. Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.
7. Jalan Kolektor Sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh Jalan Kolektor Sekunder adalah :
 - a) Kecepatan rencana > 20 km/jam.
 - b) Lebar jalan $> 7,0$ m.

c. Jalan Lokal

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

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

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

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

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

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

d. Jalan Lingkungan

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

Tabel 2.2 Ciri-ciri Jalan Lingkungan

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

(Sumber : UU No.38 Tahun 2004)

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalulintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan di rencanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan di buat merupakan jalan baru.

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

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

$$P_n = P_o + (1+i)^n$$

Dimana : P_n = jumlah kendaraan pada tahun ke n

P_o = jumlah kendaraan pada awal tahun

i = angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n = umur rencana

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

Tabel 2.3 Nilai Faktor Ekuivalensi Kendaraan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3.	Jalan penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

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

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

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur

banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

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

c. Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (*hotmix*) atau yang setarap, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

d. Kelas II B

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

e. Kelas II C

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

f. Kelas III

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

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

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

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	> 10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

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

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	$\geq 25\%$

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

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan

oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamananyang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Kendaraan ringan / kecil (LV)

Adalah kendaraan bermotor ber-as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

2. Kendaraan sedang (MHV)

Adalah kendaraan bermotor dengan dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

3. Kendaraan berat /besar (LB-LT)

Bus besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5,0-6,0 m

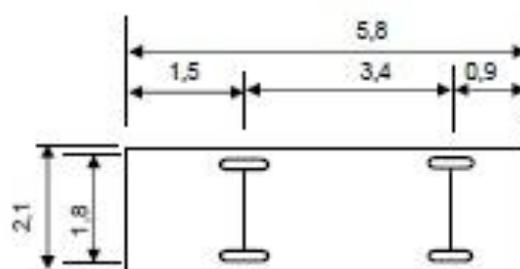
Truk besar (MC)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) $< 3,5$ (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

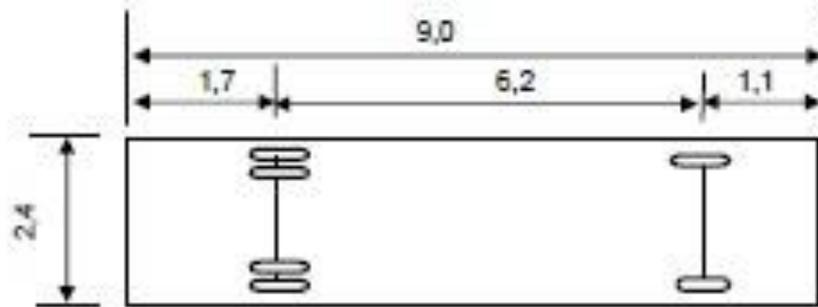
Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana (m)

Jenis kendaraan rencana	Simbol	Dimensi kendaraan			Dimensi tonjolan		Radius putar minimum	Radius tonjolan minimum
		Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang		
Mobil Penumpang	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,3	4,4
Truk As Tunggal	SU	4,1	2,4	9,0	1,1	1,7	12,8	8,6
Bis Gandengan	A-BUS	3,4	2,5	18,0	2,5	2,9	12,1	6,5
Truk Semitrailer Kombinasi sedang	WB-12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,2	5,9
Truk Semitrailer Kombinasi Besar	WB-15	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,7	5,2
<i>Convensional School Bus</i>	SB	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,9	7,3
<i>City Transit Bus</i>	CB	3,2	2,5	12,0	2,0	2,3	12,8	7,5

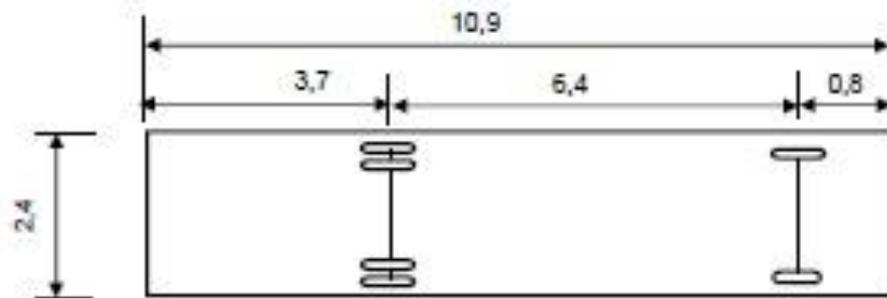
(Sumber: RSNI Geometrik Jalan Perkotaan No. T/14/2004)



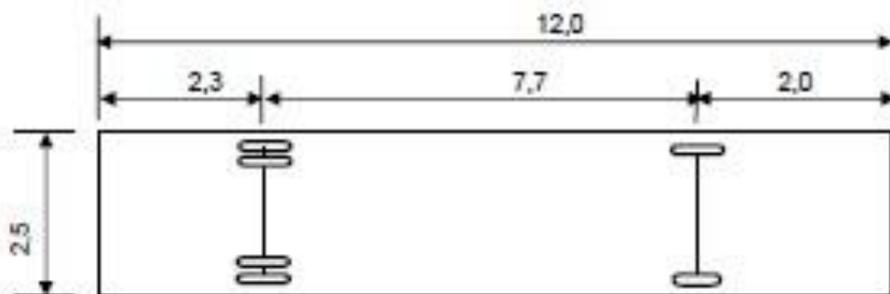
Gambar 2.1 Kendaraan Penumpang



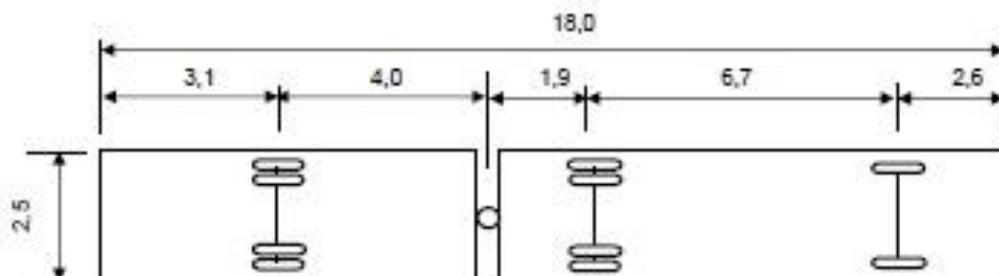
Gambar 2.2 Kendaraan Truck As Tunggal



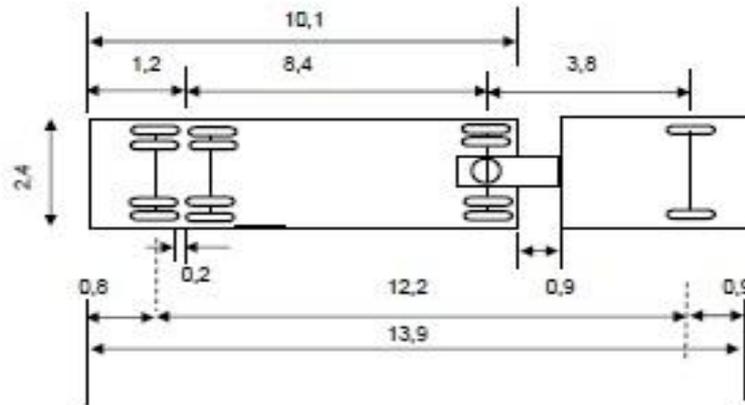
Gambar 2.3 Kendaraan Bus Sekolah



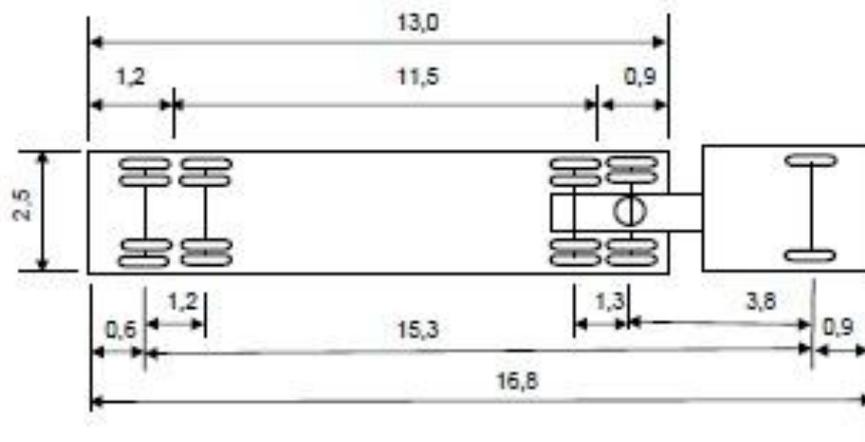
Gambar 2.4 Kendaraan City Transit Bus



Gambar 2.5 Kendaraan Bus Gandeng



Gambar 2.6 Kendaraan Semitrailer kombinasi sedang



Gambar 2.7 Kendaraan Semitrailer kombinasi besar

b. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan sebagainya. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

1. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
2. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
3. Sifat dan penggunaan daerah
4. Cuaca
5. Adanya gangguan dari kendaraan lain
6. Batasan kecepatan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

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

Fungsi jalan	Kecepatan rencana, V_R (km/h)
1. Arteri Primer	50 – 100
2. Kolektor Primer	40 – 80
3. Arteri Sekunder	50 – 80
4. Kolektor Sekunder	30 – 50
5. Lokal Sekunder	30 – 50

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

c. Volume Lalu Lintas

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

1. Satuan mobil penumpang (SMP)

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

Tabel 2.9 Satuan Mobil Penumpang

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

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

2. Ekuivalen mobil penumpang (EMP)

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

Tabel 2.10 Ekuivalensi mobil penumpang (emp) untuk jalan perkotaan tak terbagi (UD)

Tipe Jalan	Arus lalu lintas per lajur (kend./jam)	emp	
		HV	MC
Dua lajur satu arah (2/I) dan empat lajur terbagi (4/2D)	0 s.d. 1.050	1,3	0,40
	> 1.050	1,2	0,25
Tiga lajur satu arah (3/I) dan enam lajur terbagi (6/2D)	0 s.d. 1.100	1,3	0,40
	> 1.000	1,2	0,25

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

Tabel 2.11 Ekuivalensi mobil penumpang (emp) untuk jalan perkotaan satu arah dan terbagi

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total dua arah (kend./jam)	emp		
		HV	MC	
			Lebar jalur lalu lintas,	
			≤ 6	>6
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0 s.d.1.800	1,3	0,50	0,40
	> 1.800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0 s.d. 3.700	1,3	0,40	
	> 3.700	1,2	0,25	

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

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

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

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

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365}$$

b.) Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

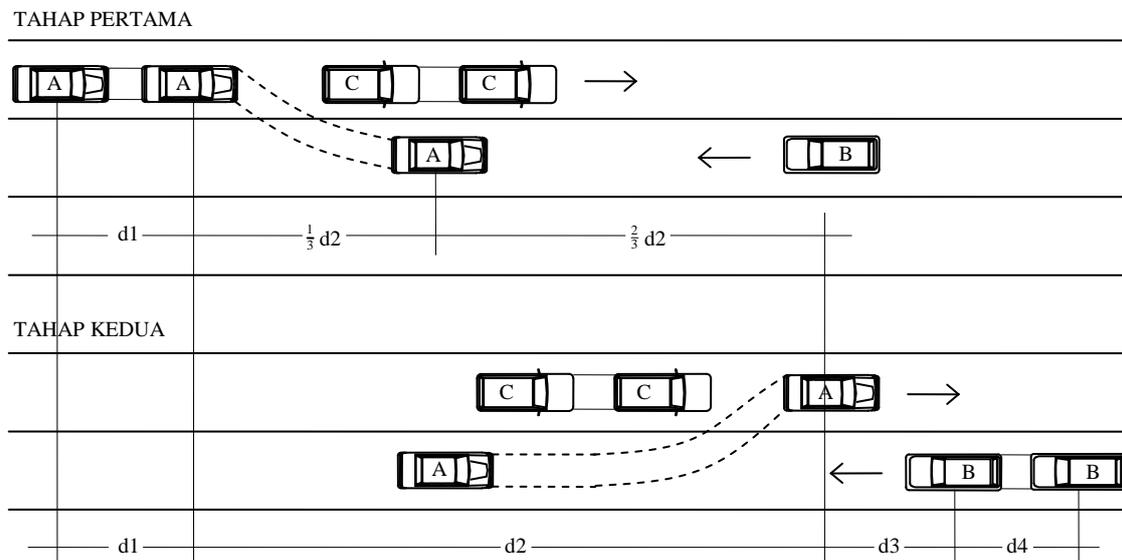
Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

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

Tabel 2.12 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

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

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



Keterangan :
 A = Kendaraan yang mendahului
 B = Kendaraan yang berlawanan arah
 C = Kendaraan yang didahului

Gambar 2.8 Diagram Pergerakan Kendaraan Untuk Mendahului

2.3.1 Bagian – bagian Jalan

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

a. DAMAJA (Daerah Manfaat Jalan).

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

Lebar Damaja ditetapkan oleh Pembina Jalan sesuai dengan kebutuhannya. Tinggi minimum 5.0 meter dan kedalaman minimum 1,5 meter diukur dari permukaan perkerasan.

b. DAMIJA (Daerah Milik Jalan)

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

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

c. DAWASJA (Daerah Pengawasan Jalan)

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

Daerah Pengawasan Jalan dibatasi oleh :

Lebar diukur dari As Jalan.

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

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

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

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

2.4.1 Penentuan trase jalan

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

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

a. Syarat Ekonomis

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

b. Syarat Teknis

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi lokasi jalan, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik dan sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.4.2 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.4.3 Bagian Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan yang aman dan nyaman memperhatikan hal-hal berikut:

a. Jari-jari Minimum

Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.14

Tabel 2.14 Panjang Jari-jari Minimum untuk $e_{max} = 6\%$

V_R (km/h)	100	90	80	70	60	50	40	30
f_{max}	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
R_{min} (m)	435	335	250	195	135	90	55	30

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

b. Jenis-jenis Tikungan

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

1. Tikungan *Full Circle*

Bentuk tikungan ini Digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangan relatif kecil atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan

bagi bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut:

a.) Tikungan Peralihan

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

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

- 1) Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_r)
- 2) Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman
- 3) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-maks yang ditetapkan sebagai berikut:

Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, re-maks = 0.035 m/m/detik

Untuk $V_r \leq 80$ km/jam, re-maks = 0.025 m/m/detik

- 4) L_s ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

(a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} \times T$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 menit

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

(b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C}$$

Dimana:

R_c = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt³

(disarankan 0.4 m/dt³)

(c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{e_m - e_n}{3.6\Gamma_e} \times VR$$

Dimana:

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

Γ_e = tingkat perubahan kemiringan melintang

2. Kemiringan Melintang

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

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

Dimana:

$1/m$ = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

3. Kebebasan Samping

Ruang yang disediakan agar pandangan pengemudi bebas dari halangan benda – benda di sisi jalan, tujuannya untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h terpenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

(a) Berdasarkan jarak pandang henti

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

(b) Berdasarkan jarak pandang mendahului

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

Dimana :

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

Θ = setengah sudut pusat sepanjang L , ($^\circ$)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = jarak pandangan, (m)

L = panjang tikungan, (m)

2.4.4 Jenis Tikungan

a. Tikungan Full Circle (FC)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan

kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunan yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.15

Tabel 2.15 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_R (km/h)	100	90	80	70	60	50	40	30
f_{max}	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
R_{min} (m)	435	335	250	195	135	90	55	30

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

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*.

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

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

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R}$$

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

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

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

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

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

T_c = Jarak T_c ke PI

R = Jari-jari

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

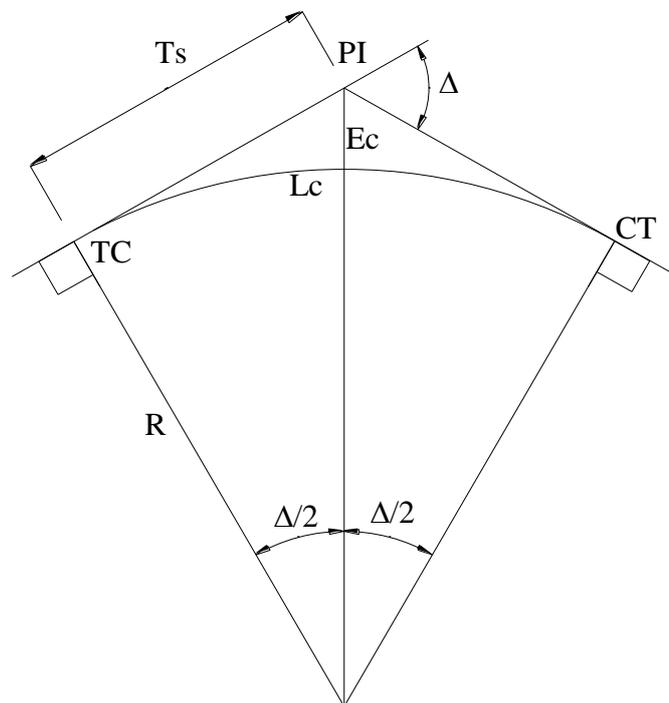
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

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

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



Gambar 2.9 Bentuk Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

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

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

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

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

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R}$$

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

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

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

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

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R$$

$$L = L_c + 2 L_s$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

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

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

E_s = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

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

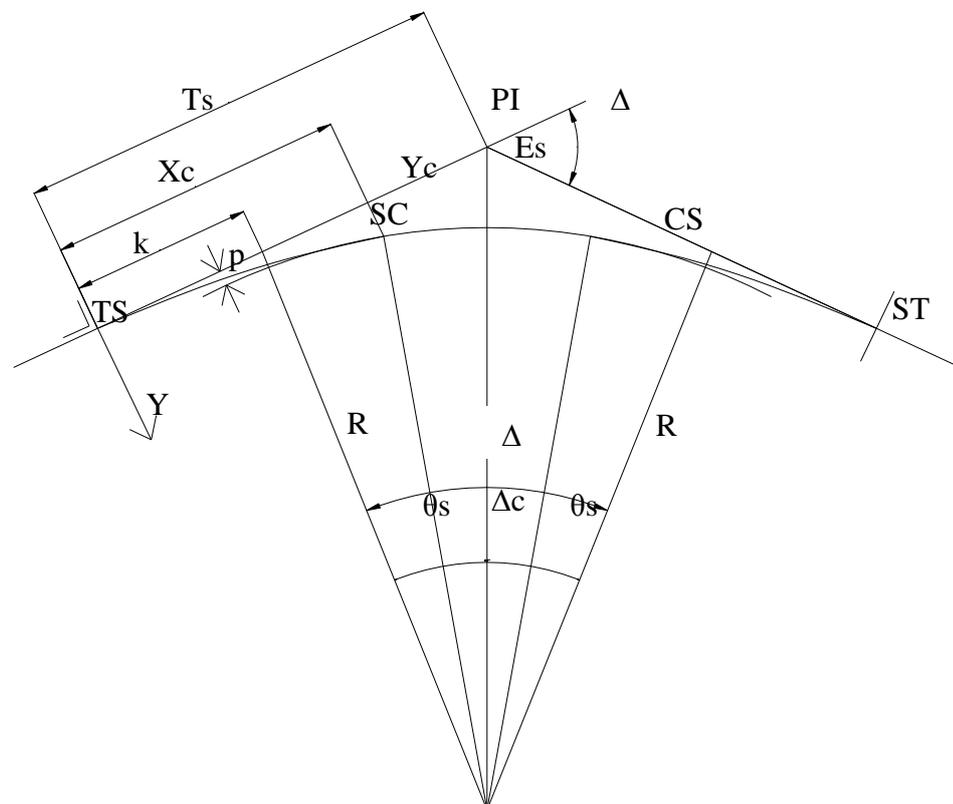
m = Landai relatif = $2.V + 40$

Kontrol :

$L_c > 20$ m

$L > 2 T_s$

Jika $L < 20$ m, gunakan jenis tikunagn *spiral-spiral*



Gambar 2.10 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

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

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

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D^2 = \frac{1432,4}{R}$$

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

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

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

$$L_s^* = \frac{\theta_s \cdot \pi}{90} \cdot R$$

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

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R$$

$$L = 2 L_s$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

T_s = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

E_s = Jarak PI ke busur lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

L_s = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

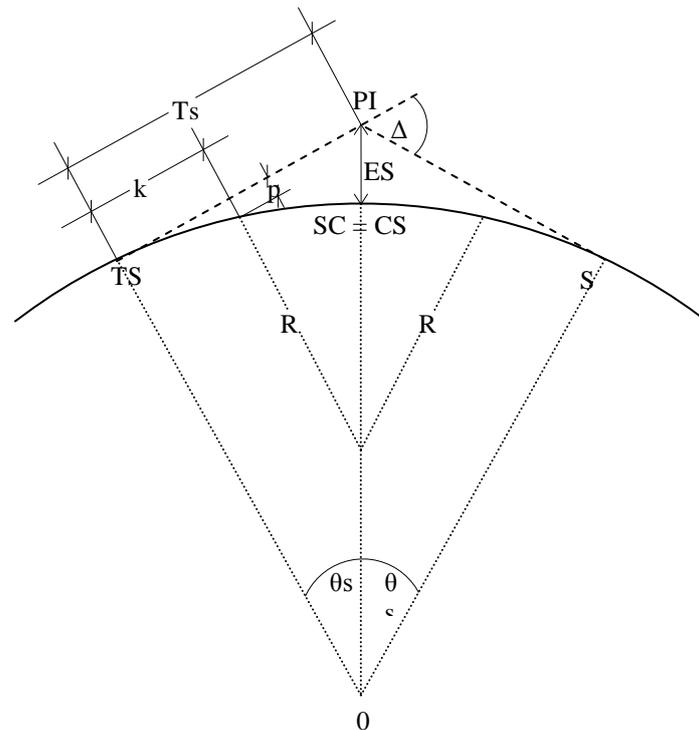
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

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

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



Gambar 2.11 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.5 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaannya dilapangan.

a. Pencapaian Superelevasi

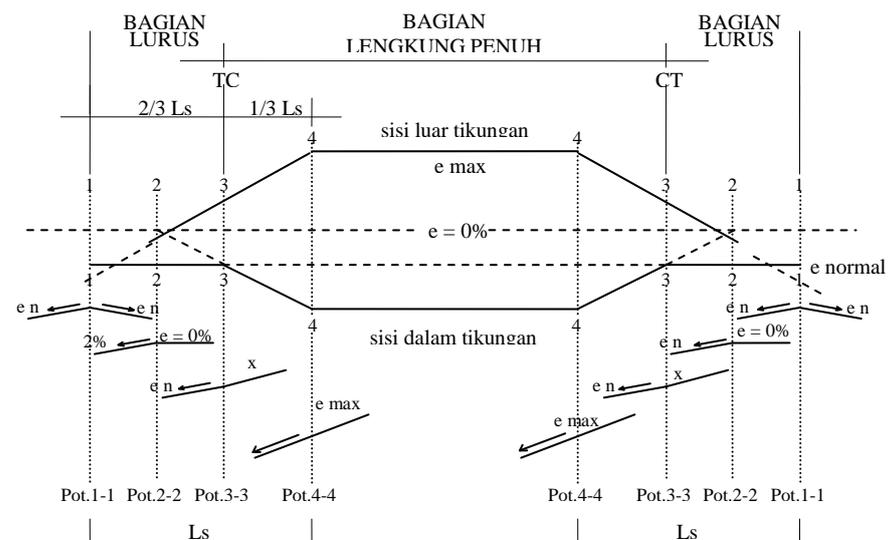
1. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
2. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu

dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.

3. Pada bagian *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$. Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

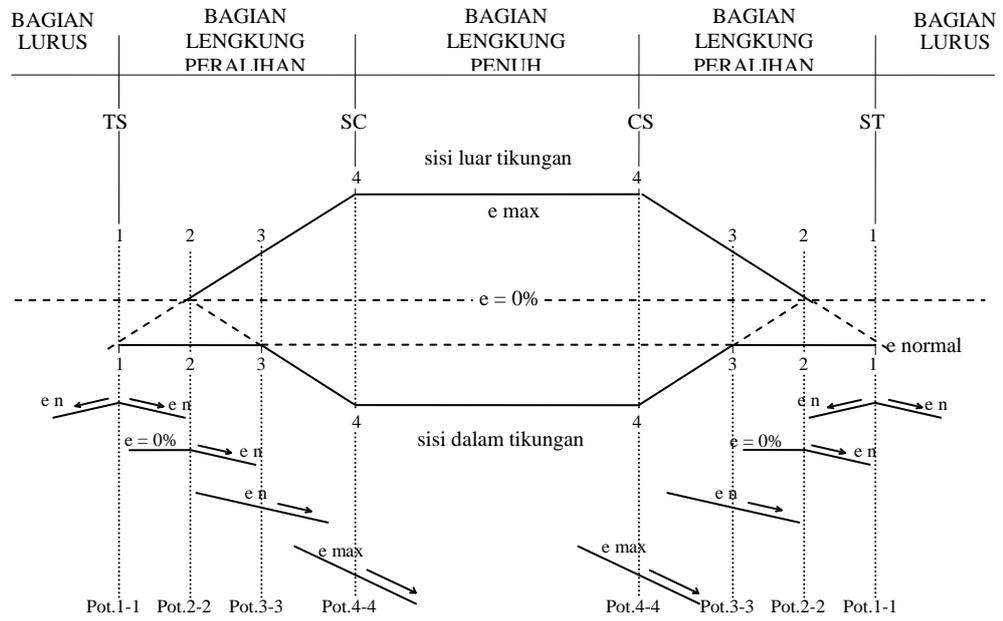
b. Diagram Superelevasi

1. Tikungan *full circle*



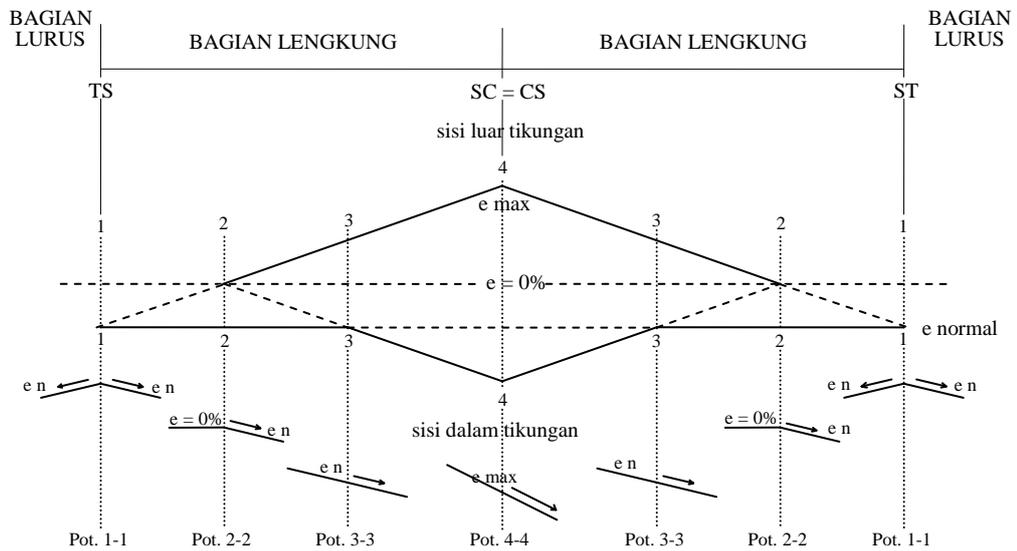
Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.13 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.6 Jarak pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudikan kendaraan sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

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

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

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

1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jarak Pandang Henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan

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

a) Jarak tanggap

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

$$d1 = V \times t$$

Dimana:

$d1$ = jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan (km/jam)

t = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

$$d1 = 0,278 V \times t \text{ (m)}$$

b) Jarak pengereman

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

$$G.f_m.d2 = \frac{GV^2}{2g}$$

$$d2 = \frac{V^2}{2g.f_m}$$

Dimana:

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

$d2$ = Jarak mengerem (m)

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

g = 9,81 m/det²

G = berat kendaraan (ton)

Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.16 Jarak Pandang Henti Minimum

V_R (km/h)	100	80	60	50	40	30	20
Ss minimum (m)	165	110	75	55	40	30	20

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

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

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

Untuk jalan datar:

$$J_h = 0.694 V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{f_p}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0.694 V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L}$$

Dimana:

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

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

J_h = jarak pandang henti, (m)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

2. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

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

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

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

- a) Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap
- b) Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi
- c) kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- d) Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- e) Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.

- f) Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- g) Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- h) Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

Dimana:

d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan(m)

Adapun rumusan estimasi d1, d2, d3, dan d4 adalah sebagai berikut:

$$d1 = 0,278 T1 \left(V_R - m + \frac{a.T1}{2} \right)$$

$$d2 = 0,278 VR T2$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d4 = 2/3.d_2$$

dimana:

$$T1 = \text{waktu dalam (detik), } = 2,12 + 0,026 VR$$

$$T2 = \text{waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), } = 6,56 + 0,048 VR$$

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

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

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada tabel 2.17. sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada tabel 2.18

Tabel 2.17 Panjang Jarak Pandang mendahului

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

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

Tabel 2.18 Jarak Pandang Mendahului Untuk Jalan Kota

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

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

2.4.7 Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

- Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.

- c. Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi.

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

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

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

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

Dimana:

- B = Lebar perkerasan pada tikungan
 N = Jumlah jalur lalulintas
 B' = Lebar lintasan truk pada tikungan
 Td = Lebar melintang akibat tonjolan depan
 C = Kebebasan samping

2.4.8 Stationing

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat

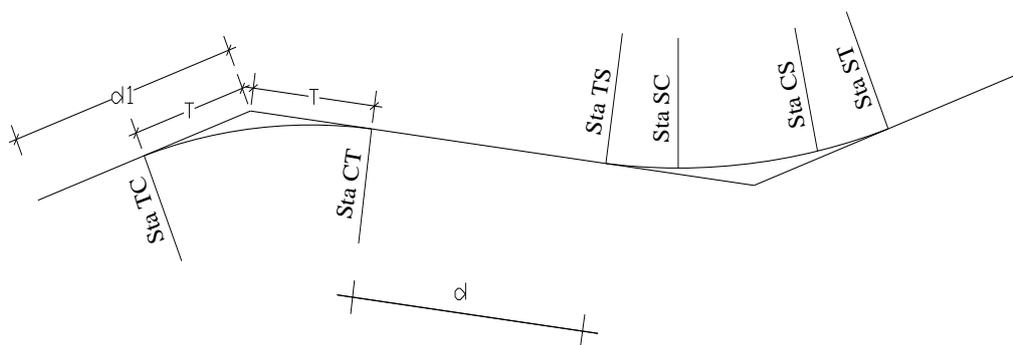
bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

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

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

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

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
2. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Sistem Penomoran Jalan

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen 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.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

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

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

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

Tabel 2.19 Panjang Kritis

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

(Sumber: Geometrik jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

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

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

2.5.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

- Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
- Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.20

Tabel 2.20 Kelandaian Maksimum

V_R (km/h)	100	90	80	70	60	50
Kelandaian maksimum (%)	5	5	6	6	7	8

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

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

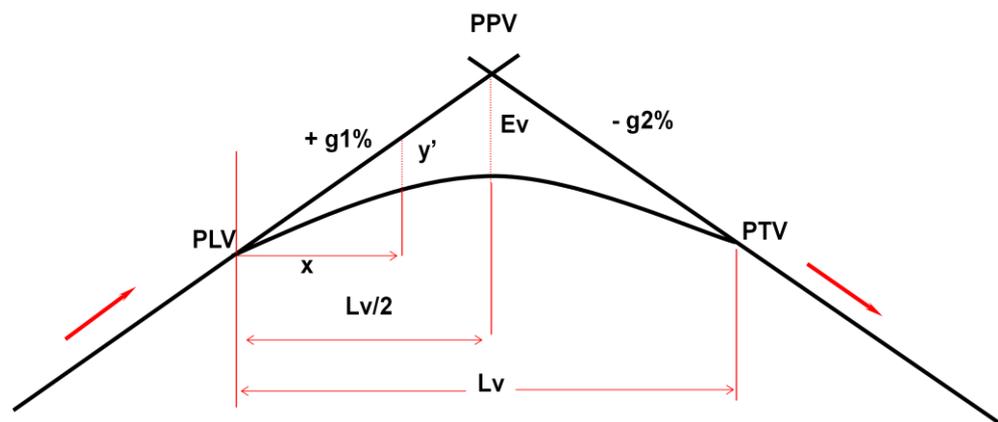
Tabel 2.21 Panjang Kritis

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

(Sumber: Geometrik jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

2.5.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya. Gambar lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini :



Gambar 2.16 Lengkung Vertikal

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

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200.L} \right] . X^2$$

Dimana :

x = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y' = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m).

g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%).

L_v = panjang lengkung vertikal (m).

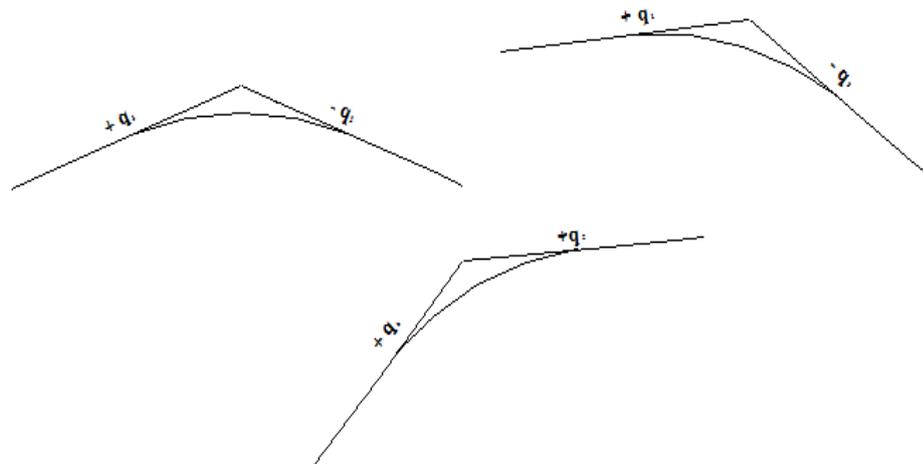
Untuk $x = \frac{1}{2} l_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai;

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

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu ;

a. Lengkung vertikal cembung.

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



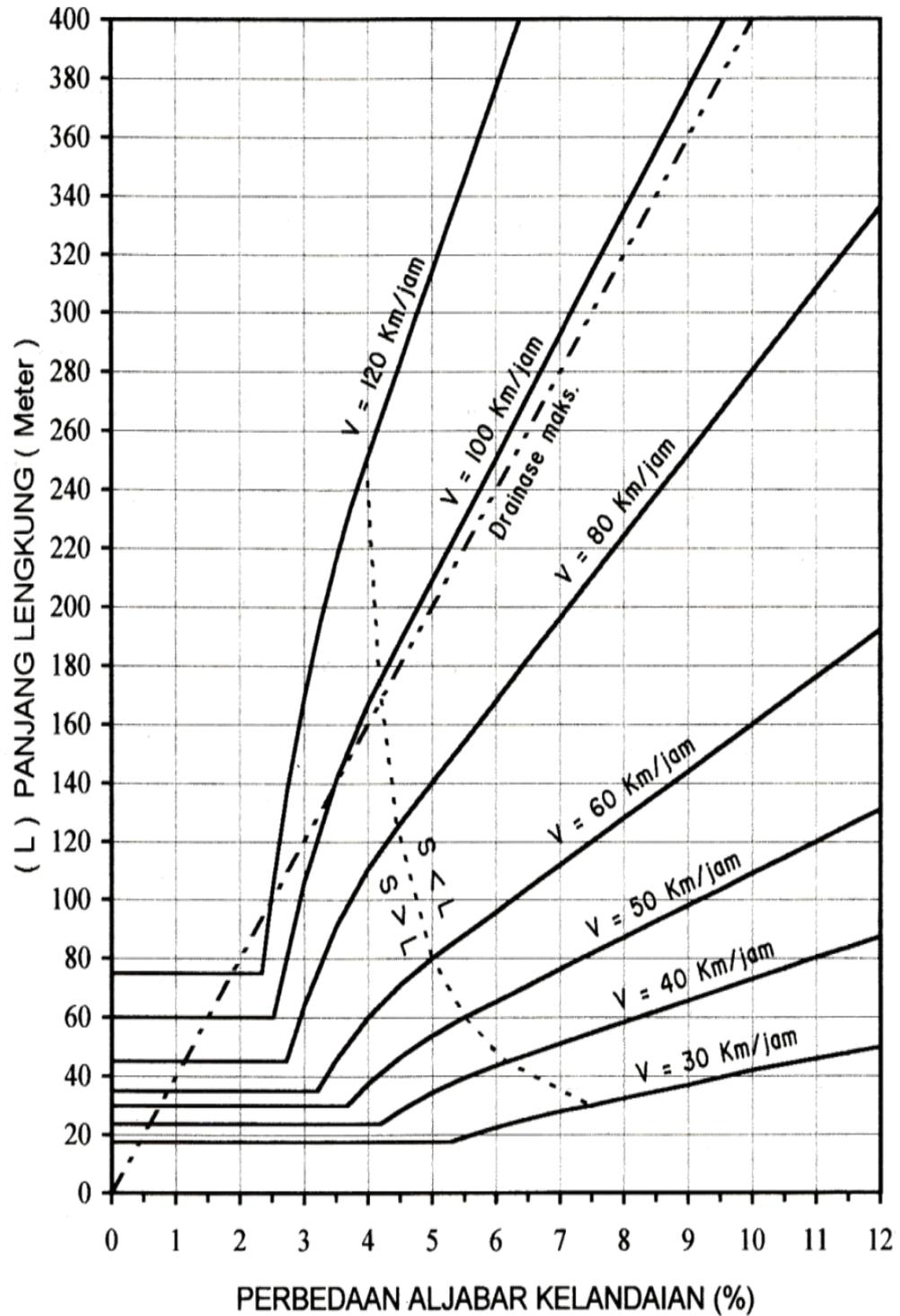
Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.18

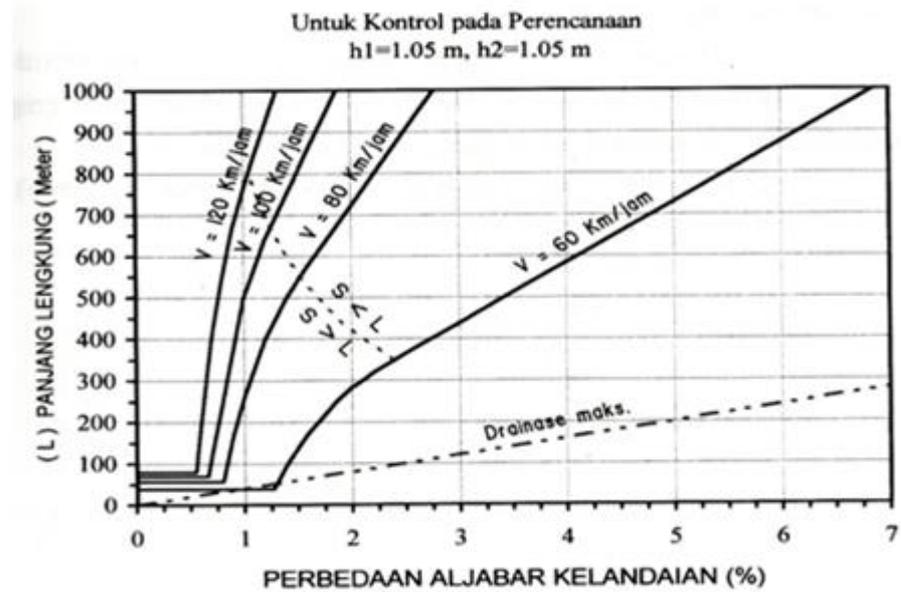
(untuk jarak pandang henti) dan Grafik pada Gambar 2.19

(untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini :

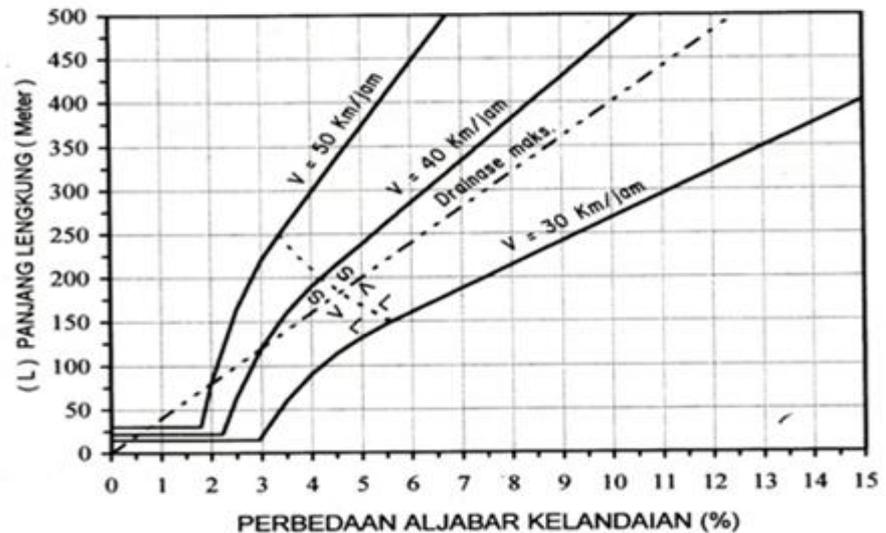
Untuk Kontrol pada Perencanaan
 $f_p = 0.35-0.55$, $h_1 = 1.05$ m, $h_2 = 0.15$ m, $T = 2.5$ det



Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung



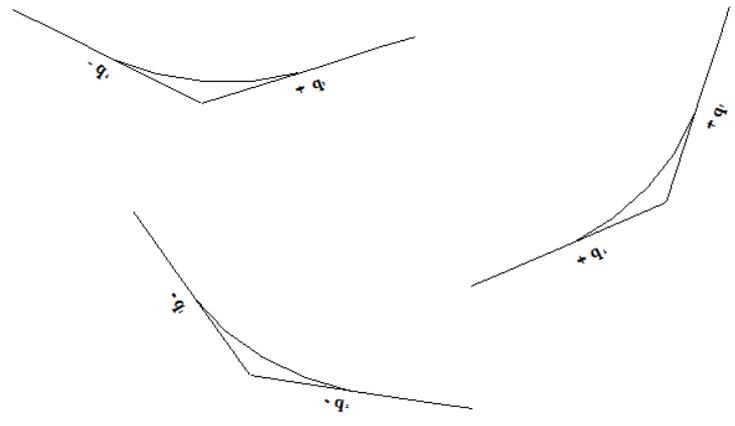
Gambar 2.19 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti



Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Menyiap

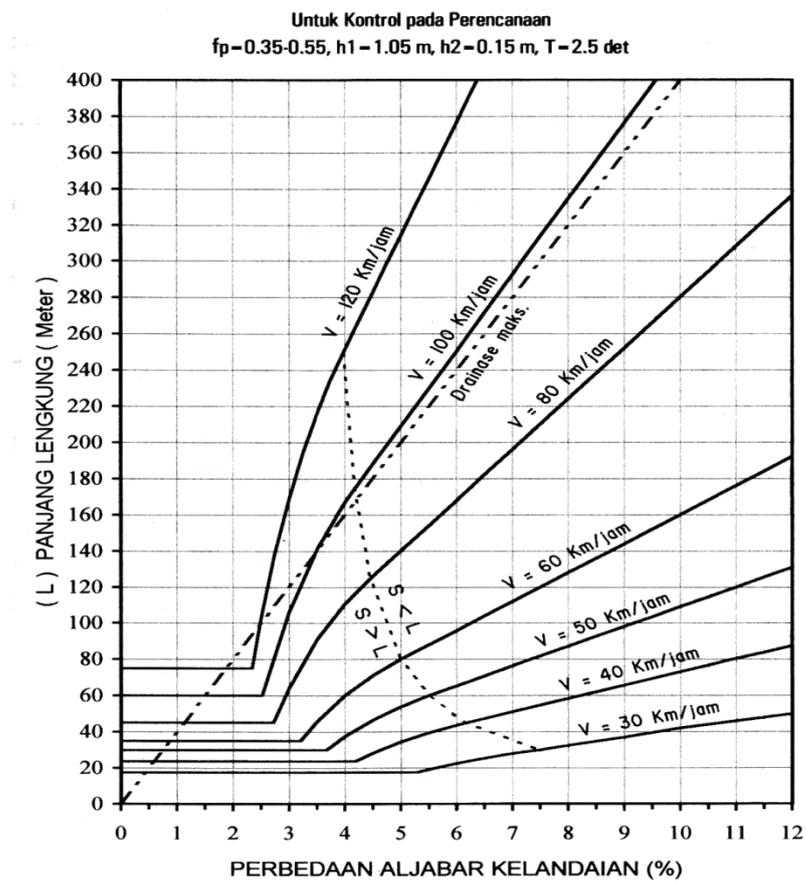
b. Lengkung Vertikal Cembung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini :



Gambar 2.21 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.6 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

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

2.7 Perencanaan Geotekstile

Geotekstil adalah lembaran sintesis yang tipis, *fleksibel*, *permeable* yang digunakan untuk stabilisasi dan perbaikan tanah dikaitkan dengan pekerjaan teknik sipil. Pemanfaatan geotekstil merupakan cara moderen dalam usaha untuk perkuatan tanah lunak.

Beberapa fungsi dari geotekstil yaitu:

- a. untuk perkuatan tanah lunak.
- b. untuk konstruksi teknik sipil yang mempunyai umur rencana cukup lama dan mendukung beban yang besar seperti jalan rel dan dinding penahan tanah.
- c. sebagai lapangan pemisah, penyaring, drainase dan sebagai lapisan pelindung.

Pelaksanaan Konstruksi Jalan diatas lahan basah dengan perkuatan geotextile dapat menghindarkan terjadinya keruntuhan lokal pada tanah lunak karena rendahnya daya dukung tanah. Keuntungan pemasangan geotextile pada pelaksanaan jalan diatas tanah lunak adalah kecepatan dalam pelaksanaan dan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan metode penimbunan konvensional.

Jenis geotextile ada 2 ,yaitu;

1. *Woven Geotextile* (Anyaman)

Penggunaan *Woven Geotextile* akan memberikan hasil yang lebih baik sebab arah gaya dapat disesuaikan dengan arah serat, sehingga deformasi dapat dikontrol dengan baik.

2. *Non-Woven Geotextile* (Nir-Anyam)

Pada *non-Woven Geotextile* arah serat dalam struktur geotextile tidak terarah, sehingga apabila dibebani, maka akan terjadi deformasi yang sangat besar, dan sulit dikontrol.

Dalam penggunaan geotekstil kita harus menetapkan perkuatan sebesar apa yang dibutuhkan, berikut faktor-faktor yang harus diperhatikan.

Jenis geotekstil yang akan digunakan

- a) Sifat hubungan dan regangan,hal ini diperlukan agar deformasi yang terjadi pada konstruksi perkuatan kecil.
- b) Sifat pembebanan, Perkuatan di atas tanah lunak,beban timbunan yang lebih besar akan memerlukan perkuatan dengan tensile strength yang lebih besar pula.
- c) Kondisi lingkungan, Perubahan cuaca, air laut, kondisi asam atau basa serta mikro organisme seperti bakteri akan mengurangi kekuatan geotextile.
- d) Bahan timbunan yang akan digunakan

2.7.1 Pemasangan Geotekstile

Geotekstil pada jalan berfungsi sebagai lapis perkuatan sekaligus sebagai lapis pemisah (*separator*) antara material timbunan dengan tanah dasar sehingga konstruksi jalan menjadi stabil, tidak bergelombang dan rata pada permukaannya.

Beberapa keuntungan menggunakan geotekstil, diantaranya :

- a. Mencegah kontaminasi agregat *subbase* dan *base* oleh tanah dasar lunak dan mendistribusikan beban lalu lintas yang efektif melalui lapisan-lapisan timbunan.
- b. Meniadakan kehilangan agregat timbunan ke dalam tanah dasar yang lunak dan memperkecil biaya dan kebutuhan tambahan ‘lapisan agregat terbuang.
- c. Mengurangi tebal galian *stripping* dan meminimalkan pekerjaan persiapan.
- d. Meningkatkan ketahanan agregat timbunan terhadap keruntuhan setempat pada lokasi beban dengan memperkuat tanah timbunan.
- e. Mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata serta deformasi dari struktur jadi.

Selain itu, geotekstil juga mempunyai kelemahan, yaitu SINAR ULTRAVIOLET, karena bahan geosintetik akan mengalami degradasi yang cepat dibawah terik sinar matahari.

2.7.2 Metode/cara Pemasangan Geotekstil

- a. Geotekstile harus digelar diatas tanah dalam keadaan terhampar tanpa gelombang atau kerutan
- b. Sambungan Geotekstile tiap lembarannya dipasang *overlapping* terhadap lembaran berikutnya
- c. Pada daerah permasangan yang berbentuk kurva (misalnya tikungan jalan), Geotekstile dipasang mengikuti arah kurva

- d. Jangan membuat overlapping atau jahitan pada daerah yang searah dengan beban roda (beban lalu lintas)
- e. Jika Geotekstile dipasang untuk terkena langsung sinar matahari maka digunakan Geotekstile yang berwarna hitam

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan – bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

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

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

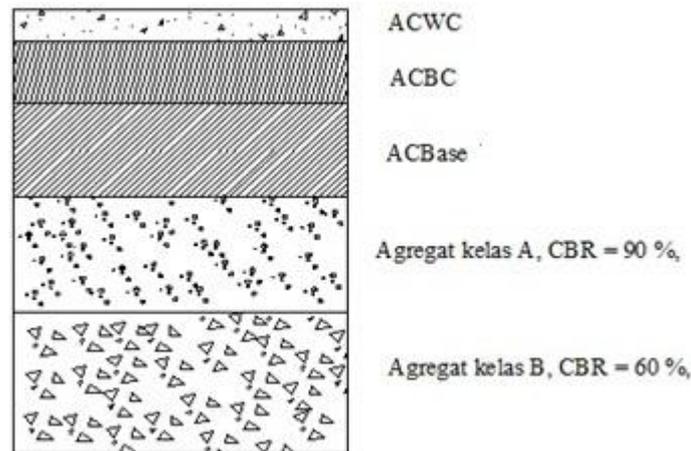
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

2.8.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini :



Gambar 2.23 Lapisan Perkerasan Lentur

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama

b. Lapisan Pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah

(kerikil) atau tanah berkerikil yang tercantum dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

1. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
2. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
3. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan – lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan).

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun

terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

2.8.2 Metode perencanaan tebal perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- b. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- c. Kekuatan Beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- d. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- e. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan *volume* lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

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

- a. Metode AASHTO, Amerika Serikat
Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.
- b. Metode NAASRA, Australia Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.
- c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21
Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

d. Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.

e. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.8.3 Langkah – langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

a. Koefisien kekuatan relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah dapat dilihat pada tabel 2.22.

Tabel 2.22 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 (%)	a1	a2	a3
	(MPa)	(x 1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000			0,414			
- Lapis antara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000			0,360			
- Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800			0,400			
- Lapis Antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800			0,344			
- Lataston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800			0,350			

2. Lapis Pondasi									
- Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
- Lapis Pondasi Laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
- Lapis Pondasi Lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
- Lapis Pondasi Lapen								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton Padat Giling	5.900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB	4.450	645		35				0,170	
CTSB	4.450	645		35				0,170	
CTRSB	4.270	619		30				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat Kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
Pemadatan Mekanis						52		0,104	
Pemadatan Manual						32		0,074	
Material Pilihan	84	12				10		0,080	

Keterangan:

1. 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 aditif campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.

2. Diameter benda uji 6 inchi
3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
4. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMATTA pada temperature 25° c, beban 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO designation R 30 – 02 (2006)

b. Pemilihan tipe Lapisan Beraspal

Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.23 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.23 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

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

c. 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 2.24 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.24 – 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	6,0	15,0
CTRB	6,0	15,0
CMRFB	6,0	15,0
CTSB	6,0	15,0

CTRSB	6,0	15,0
Beton Padat Giling	6,0	15,0
Beton Kurus	6,0	15,0
Tanah Semen	6,0	15,0
Tanah Kapur	6,0	15,0
4. 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

d. Persamaan dasar

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

$$\text{Log}(W18) = ZR \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10}\left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt) adalah volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

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

S₀ adalah gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada

awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

MR adalah modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

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

e. Estimasi lalu lintas

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

f. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

g. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

h. Perhitungan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$ adalah koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

$D_1 D_2 D_3$ adalah tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan

$m_1 m_2$ adalah 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.

i. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ditunjukkan pada Gambar 2.23. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba – coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai structural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai structural maksimum

yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai structural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas 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 di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis

Tabel 2.25 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,5

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

44	19976	61.3	55.90	44.00	34.00	31.00	33.10
46	20884	75.5	68.80	54.00	41.40	37.20	39.30
48	21792	92.2	83.90	65.70	50.10	44.50	46.50
50	22700	112.0	102.00	79.00	60.00	53.00	55.00

Tabel 2.26 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan IPt = 2,5

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

66	29964	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	30872	25.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	31780	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	32688	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	33596	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	34504	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	35412	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	36320	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	37228	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	38136	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	39044	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	39952	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	40860	98.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

Tabel 2.27 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu triple dan $IPt = 2,5$

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1816	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	2724	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	3632	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	4540	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	5448	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	6356	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	7264	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	8172	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	9080	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	9988	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.036
24	10896	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	11804	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	12712	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	13620	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	14528	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	15436	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	16344	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	17252	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	18160	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	19068	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	19976	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	20884	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.836
48	21792	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005

50	22700	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	23608	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	24516	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	25424	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	26332	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	27240	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	28148	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	29056	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	29964	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	30872	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	31780	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	32688	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	33596	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	34504	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	35412	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	36320	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	37228	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	38136	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	39044	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	39952	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	40860	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

2.8.4 Manajemen Proyek

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

a. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

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

b. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

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

c. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

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

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

d. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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

e. Rekapitulasi Biaya

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

f. Rencana Kerja (*Time Schedule*)

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

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

1. Bagan Balok (*Barchart*)

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

2. Kurva S

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

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

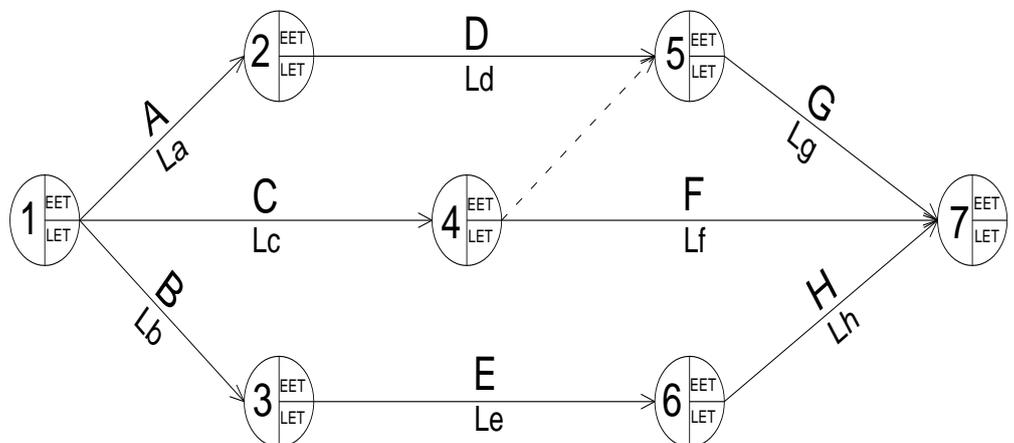
NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu

dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

Gambar *Network planning* dapat dilihat pada gambar 2.24 dibawah ini :

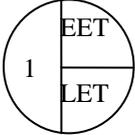


Gambar 2.24 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

- 1) \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources*

tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak – anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.

- 2)  (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
- 3)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- 4)  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus–putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- 5)  1 = Nomor kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- 6) A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.