

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jalan

2.1.1 Pengertian

UU nomor 34 tahun 2006 tentang Jalan - disebutkan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk di dalamnya bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Jalan merupakan jalur-jalur yang di atas permukaan bumi yang dengan sengaja dibuat oleh manusia dengan berbagai bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya untuk dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang-barang dari tempat yang satu ke tempat yang lainnya dengan cepat dan mudah (Silvia Sukirman, 1994).

2.2 Klasifikasi Jalan

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

2.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Berdasarkan (*Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*) Jalan dapat di klasifikasi sebagai berikut :

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. Jika ditinjau dari peranan jalan itu sendiri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi adalah :
 - i. Kecepatan rencana $> 60\text{km/jam}$.
 - ii. Lebar badan jalan $> 8\text{m}$.
 - iii. Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
 - iv. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan yang tercapai.
 - v. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal.
 - vi. 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 adalah :
 - i. Kecepatan rencana $> 30\text{ km/jam}$.
 - ii. Lebar jalan $> 8\text{ m}$.
 - iii. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dari volume lalu lintas rata-rata.
 - iv. 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. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah :
 - i. Kecepatan rencana $> 40\text{ km/jam}$.
 - ii. Lebar badan jalan $> 7\text{ m}$.
 - iii. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
 - iv. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.

- v. Tidak boleh mengganggu kegiatan lolal, lalu lintas lokal.
 - vi. Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.
 - Jalan kolektor sekunder adalah ruas jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder lainnya atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah:
 - i. Kecepatan rencana > 20 km/jam.
 - ii. Lebar jalan > 7 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. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah :
 - i. Kecepatan rencana > 20 km/jam.
 - ii. Lebar jalan $> 6,0$ m.
 - iii. 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. Jika ditinjau dari peranan jalan maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh adalah :
 - i. Kecepatan rencana > 10 km/jam.
 - ii. Lebar jalan > 5 m.
- d. Jalan Lingkungan adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri sebagai berikut (UU No. 38 Tahun 2004) :
- i. Perjalanan jarak dekat.
 - ii. Kecepatan rata-rata rendah.

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan.

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

Setelah didapat nilai LHR yang direncanakan dan dikalikan dengan faktor ekuivalensi (FE), maka didapat klasifikasi kelas jalan tersebut. Nilai faktor ekuivalensi dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai Faktor Ekuivalensi Kendaraan

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

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi jalan	Kelas	Lalu lintas harian (LHR)
1	Jalan utama	I	>20.000
2	Jalan	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.00 – 8.000
		II C	<2.000
3	Jalan penghubung	III	-

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

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 (Manual Desain Perkerasan Jalan 2017).

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 :

1. Kelas II A

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

2. Kelas II B

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

3. Kelas III 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.

c. 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.

Tabel 2.3 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 No. T/14/2004)

2.2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Medan jalan dapat di klasifikasikan berdasarkan kondisi sebagai besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	0-3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.2.4 Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang dan pembina jalan.

Pada klasifikasi jenis ini, suatu ruas jalan dapat dibedakan menjadi beberapa golongan (Manual Desain Perkerasan Jalan 2017), yaitu :

- a. Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota – ibu kota provinsi.
- b. Jalan provinsi, yaitu jalan yang menghubungkan antar tempat/kota didalam suatu provinsi
- c. Jalan kabupaten/kotamadya, yaitu jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.

- d. Jalan desa, yaitu yang ada pada lingkungan suatu desa. Selain jalan negara, yang pendanaannya dibiayai oleh pemerintah pusat, jalan-jalan tersebut juga dibiayai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah Daerah tingkat I maupun Pemerintah Daerah Tingkat II.

2.3 Bagian-Bagian Jalan

Berdasarkan Manual perkerasan Jalan 2017 bagian-bagian jalan terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Lebar Jalur (W_c)

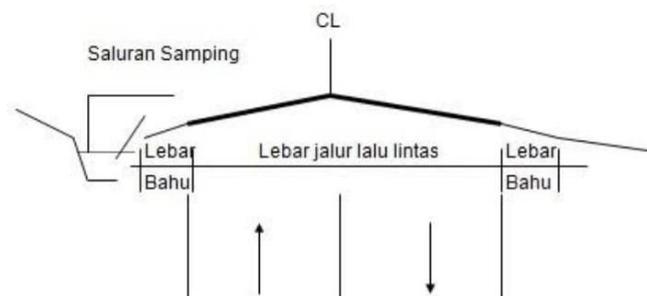
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (W_s)

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

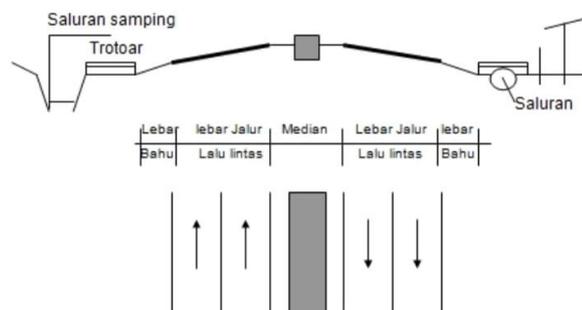
3. Median (M)

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



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang

(Sumber : Media internet Perencanaan Geometrik)



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Memanjang

(Sumber : Media internet Perencanaan Geometrik)

2.3.1 Ruang Penguasaan Jalan

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Ruang Penguasaan Jalan terbagi menjadi 3 yaitu :

a. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

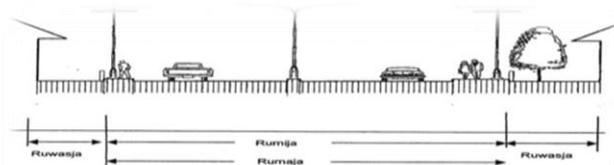
Merupakan suatu sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi (min 5 meter) dan kedalaman tertentu (min 1,5 meter dari permukaan jalan) yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan yang terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman.

b. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalar tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.

c. Ruang Pengawas Jalan (Ruwasja)

Ruas milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalar tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas dimasa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.



Gambar 3.7.5.3-B.

Bagian-bagian jalan : Rumija, Rumaja dan Ruwasja.

Sumber : Diolah dari PP No. 34 Tahun 2006 tentang jalan.

Gambar 2.3 Rumija, Rumaja, Ruawasja

(Sumber : Diolah dari PP No.34 Tahun 2006 tentang jalan)

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari:

- a. Jalur lalu lintas
- b. Median
- c. Bahu jalan
- d. Jalur perjalanan kaki
- e. Selokan

2.4 Peremeter Perencanaan Geometrik Jalan

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 038/T/BM/1997) :

a. Kendaraan Ringan / Kecil (LV)

Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

b. Kendaraan Sedang (MHV) Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

c. Kendaraan Berat / Besar (LB-LT)

1. Bus Besar (LB) Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0-6,0 m.
2. Truk Besar (LT) Truk tiga gandar dan kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

d. Sepeda Motor (MC) Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

e. Kendaraan Tak Bermotor (UM) Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.5 Dimensi Kendraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	240	73-	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	90	90	290	1400	1370

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

2.4.2 Kecepatan Rencana

V_R adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. V_R untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari tabel 2.8 untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana V_R , sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan jalan.

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

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

2.4.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari (Tata Cara Perencanaan Geometri Antar Kota No. 038/T/MB1997).

a. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

b. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

Tabel 2.7 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

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

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

a. Faktor (F)

Faktor F adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

b. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

c. Kapasitas (C)

Volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat sopertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

d. Derajat Kejenuhan (DS) Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam)

2.4.4 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas, diukur dari mata pengemudi sampai benda di depan kendaraan tersebut, sedemikian sehingga pengemudi dapat menentukan tindakan menghentikan kendaraan atau menyalip kendaraan lain (Sukirman, 1994).

a. Jarak Henti

Jarak pandang henti (S_s) terdiri dari dua elemen jarak, yaitu :

1. Jarak awal reaksi (S_r)

Adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

2. Jarak awal pengereman (S_b)

Adalah jarak pergerakan kendaraan dari menginjak pedal rem sampai kendaraan itu berhenti.

$$S_s = 0,278 \times V_r \times T + 0,039 \frac{V_{R2}}{a}$$

Dimana :

V_R = Kecepatan Rencana (Km/jam)

T = Waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = Tingkat perlambatan (m/dtk^2), ditetapkan $3,4m/dtk^2$ jarak pandang henti minimum yang dihitung berdasarkan rumus diatas dengan pembulatan-pembulatanannya untuk berbagai V dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti Minimum

V_R (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
S_s minimum(m)	185	160	130	105	85	65	50	35

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992)

b. Jarak Pandang Menyiapi/ Mendahului

Jarak pandang menyiapi harus ditentukan pada bagian jalan yang dipilih, pada jalan dua jalur dua arah jarak pandang menyiap standar dan minimum.

Tabel 2.9 Jarak Pandang Menyiapi Standar dan Jarak Pandang Menyiapi Minimum

Kecepatan Rencana (Km/jam)	JPM standar (m)	JPM minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	75

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992)

2.4.5 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material meliputi sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut, berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap (Hendarsin Shirley, 2000).

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

- a. Tanah berbutir kasar

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

- b. Tanah berbutir halus

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

2.5 Perencanaan Geometrik

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

Perancangan 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).

Dasar perencanaan dasar 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 Sukirman, 1999).

Dalam penentuan rute suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak faktor internal yang perlu ditinjau, antara lain :

1. Tata ruang jalan yang akan dibangun.
2. Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau sekitar lokasi.
3. Tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik.
4. Tingkat pertumbuhan lalu lintas.
5. Alternative rute selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan.
6. Faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu.
7. Faktor ketersediaan bahan, tenaga dan peralatan.
8. Biaya pemeliharaan.

2.5.1 Penentuan Trase Jalan

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

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut (Sukirman, 1999) :

- 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 terlalujauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.
- b. Syarat Teknis
- Adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

2.5.2 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 (Shirley, 2000) :

- 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.

2.5.3 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan merupakan suatu lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R. Lengkung peralihan berfungsi mencegah perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang ada pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley, 2000).

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan $L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T$ (2.7)

2) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal
 $L_s = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C}$ (2.8)

3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian
 $L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot VR$ (2.9)

Keterangan :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R = Jari-jari busur lingkaran

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

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

E = Superelevasi

E_m = Superelevasi maksimum

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

Untuk $VR \leq 70$ km/jam r_e maks = 0,035 m/m/det

Untuk $VR \geq 80$ km/jam r_e maks = 0,025 m/m/det

Tabel 2.11 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

VR(km/h)	120	100	80	60	50	40	30	20
----------	-----	-----	----	----	----	----	----	----

Rmin(m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60
---------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	----

(Sumber : Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.5.4 Menghitung panjang garis tangen

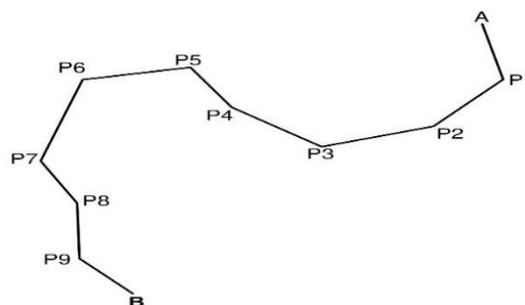
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen potongan melintang jalan. (Harmihan Saodang, 2004)

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan : 1

- d = Jarak titik A titik P1
- X₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- X₁ = Kordinat titik A pada sumbu X
- Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y₃ = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.4 Panjang Trase dan Titik A ke Titik B

2.5.5 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen (Δ)

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

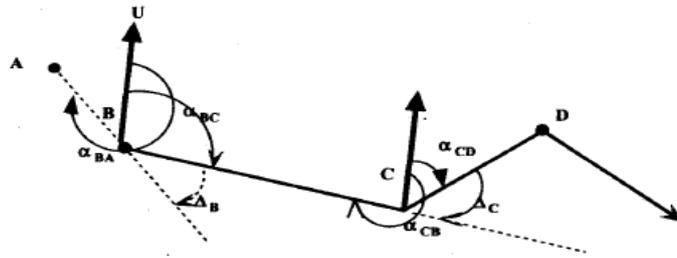
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\alpha_{p1} = \text{arc tg} \frac{X_{p2} - X_{p1}}{Y_{p2} - Y_{p1}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{p1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots (2.15)$$



Gambar 2.5 Sudut Azimut dan Sudut Tangen

2.5.6 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.6 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.5.7 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Panjang bagian lurus maksimum

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

(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

2.5.8 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 2.13

Tabel 2.13 Panjang Jari-jari minimum untuk emaks = 10%

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

(Sumber : Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

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 (FC)

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

Adapun batasan diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.14 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas makabentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu:

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L_c = \frac{R}{180} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

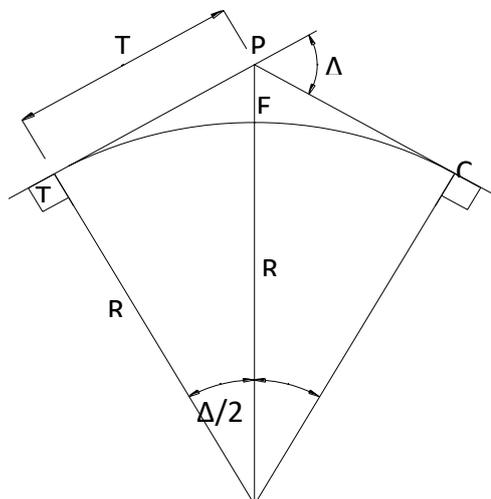
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

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

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

E_c = Jarak PI ke busur lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)



Gambar 2.5 Tikungan Full Circle

Keretangan :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

Rc= Jari-jari lingkaran (m)

O = Titik pusat lingkaran

T = Jarak TC-PI atau PI-CT

Ec= Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

Lc= Panjang lengkung (CT-TC) (m)

PI = Titik potong antara 2 garis tangen

3. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan seperti ini memiliki lengkung peralihanyang 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:

- a. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- b. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

- Lengkung Peralihan

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{VR}{3.6} \times T \dots\dots\dots(2.20)$$

- 2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0.022 \frac{VR^3}{R_c.C} T - 2.727 \frac{VR - e}{C} \dots\dots\dots(2.21)$$

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{VR}{3.6R\Gamma_e} \times VR \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (3 det)

Rc = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan 0,3-1,0 m/det

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/det

Untuk $V \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/det

- *Circle*

Radius circle diambil berdasarkan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum.

Besar jari-jari minimum ditentukan berdasarakan rumus :

$$R = \frac{V^2}{127(e+fm)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

R = Jari-jari lengkung minimum

e = Kemiringan tikungan (%)

fm = Koefisien gesek melintang maksimum

V = Kecepatan rencana (km/jam)

Adapun herga fm tiap kecepatan seperti tercantum pada tabel 2.15

Tabel 2.15 Harga fm

V	30	40	60	80	100	120
fm	0.17125	0.1650	0.1525	0.14	0.1275	0.115

(Sumber : Saodang, 2010)

Rumus-rumus yang digunakan untuk mnghitung perencanaan tikungan *spiral-circle-spiral* :

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

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

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(2.26)$$

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

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

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

$$P = Y_s - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.30)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$X_s = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

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

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

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

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

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

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = Jari-jari lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

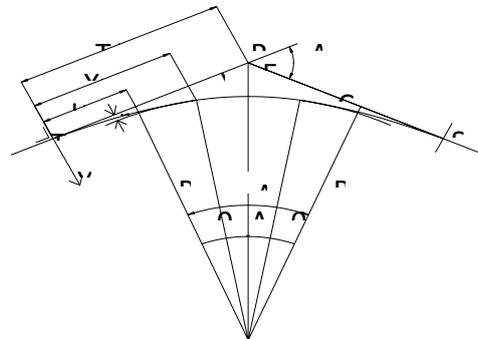
K = Absis dari p pada garis tangen spiral (m)

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

θ_s = Sudut lengkung spiral (°)

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

$p = Ls^2 / 24 \cdot R < 0.25$ maka digunakan tikungan jenis FC



Gambar 2.6 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. Tikungan *Spiral-spiral*

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

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

$$L_s = \frac{\Theta_s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.35)$$

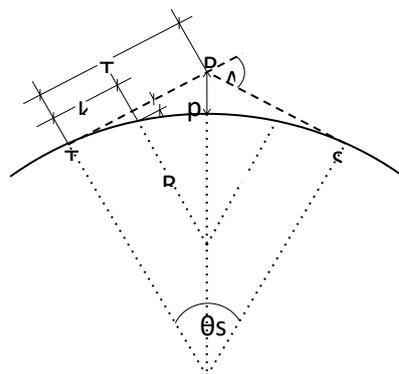
$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots(2.36)$$

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

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

$$P = \frac{Ls}{6rc} - Rc \cdot (1 - \cos \Theta_s) \dots\dots\dots(2.39)$$

$$K = Ls \cdot (1 - \frac{Ls^2}{40rc^2}) - Rc \sin \Theta_s \dots\dots\dots(2.40)$$



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral-spiral*

2.5.9 Superelevasi

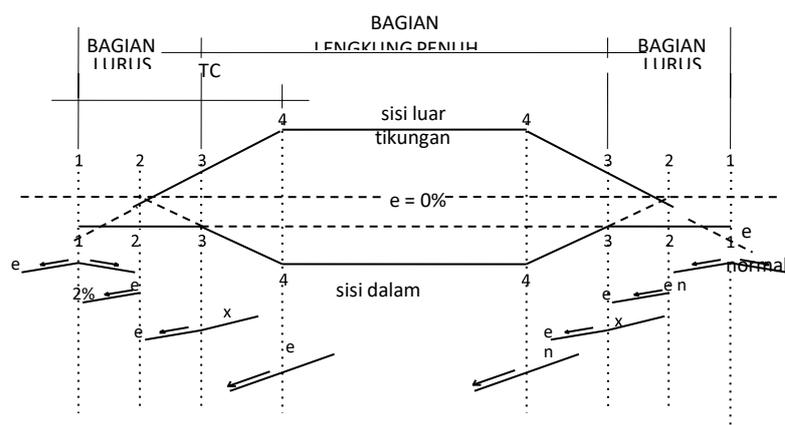
Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu, berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaannya dilapangan.

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 SCS 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).

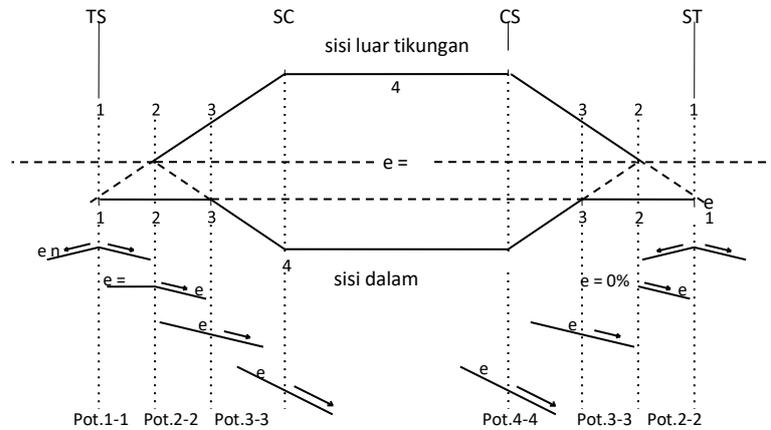
b. Diagram Superelevasi

1. Tikungan *full circle*



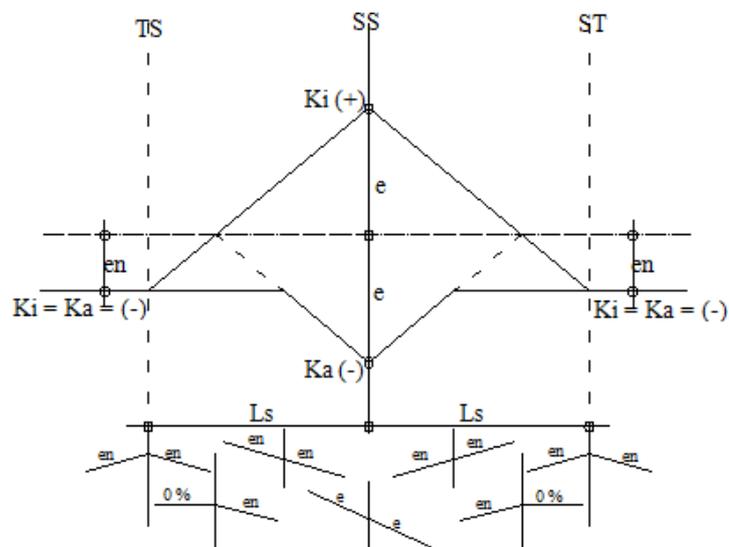
Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tingkuran *full-Circle*

2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. Tikungan *Spiral-Spiral*



Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.5.10 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 (Soadang, 2010). 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 kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

$$d_1 = V \times t \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana:

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

V = kecepatan (km/jam)

t = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

$$d_1 = 0,278 V \times t \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.42)$$

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 (Soadang, 2010).

$$Gf_m \cdot d^2 = \frac{GV^2}{2g} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$d^2 = \frac{V^2}{2g \cdot f_m} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

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

d^2 = Jarak mengerem (m)

V = kecepatan kendaraan (km/jam) $g = 9,81 \text{ m/det}^2$

G = berat kendaraan (ton)

Jarak minimum yang diperlukan dilihat pada tabel 2.24.

Tabel 2.16 Jarak Pandang Henti Minimum

VR (km/h)	100	80	60	50	40	30	20
Ss minimum(m)	165	120	75	55	40	27	16

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

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

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana:

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

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

Rumus untuk menghitung jalan dengan kelandaian tertentu adalah :

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana:

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal (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 kecepatannya 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 (Sukirman, 1999).

Jarak pandang mendahului (J_d) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total. Jarak pandangan mendahului (J_d) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu (Sukirman, 1999):

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

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

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana:

d_1 = jarak yang ditempuh selama aktu tanggap (m)

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 = jarak ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi d_1, d_2, d_3 dan d_4 adalah :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left\{ V_r - m + \frac{aT_2}{2} \right\} \dots\dots\dots(2.48)$$

$$d_2 = 0,278 V_r T_2 \dots\dots\dots(2.49)$$

$$d_3 = \text{antara } 30\text{-}100 \text{ m} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana:

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

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

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

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

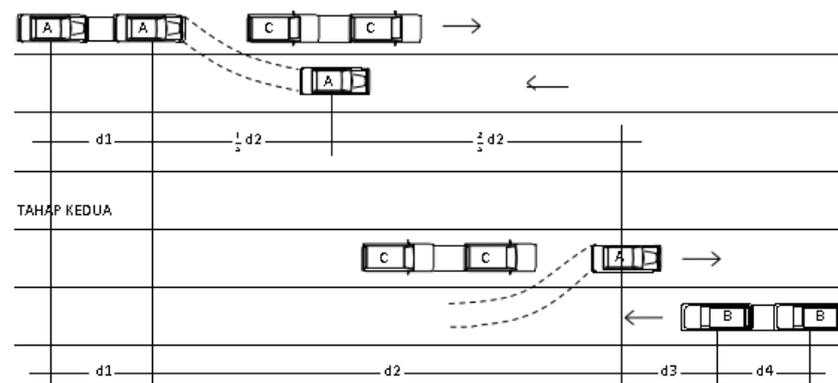
(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

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: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tahap Pertama



Gambar 2.11 Jarak Pandang mendahului

2.5.11 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

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

- Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
- Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi (MDPJ 2017).

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:

$$B = n(b'' + c) + (n - 1).T_d + Z \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan

N = Jumlah jalur lalu lintas

B'' = Lebar lintasan truk pada tikungan

T_d = Lebar melintang akibat tonjolan depan

C = Kebebasan samping

2.5.12 Stationing

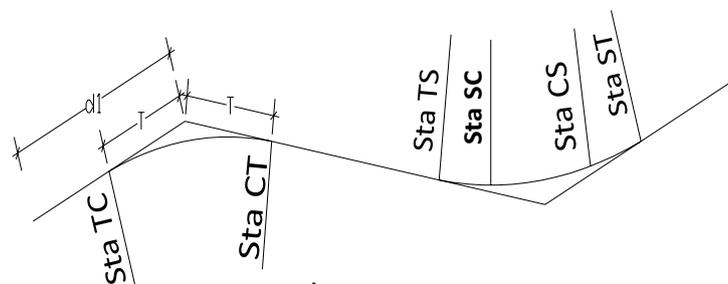
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi 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 (Soadang, 2017).

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

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

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

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di 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 (Hamirhan, 2010).



Gambar 2.12 Sistem Penomoran Jalan

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

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

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

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

2.6.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

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

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum

VR (km/h)	110	100	80	60	50	40
Kelandaian maksimum (%)	3	4	5	8	9	10

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

- c. 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 2.20 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: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.6.2 Landai Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh dibadan jalan, dan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang diperlukan suatu kelandaian minimum (Ditjen Bina Marga, 1997). Dalam menentukan landai minimum ini terdapat 2 tinjauan, yaitu :

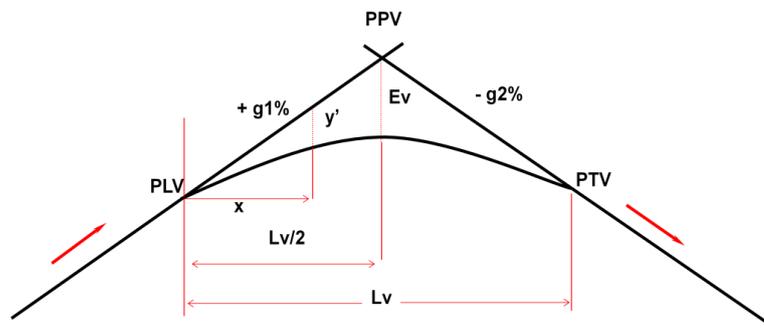
1. Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

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

- Landai datar, untuk jalan diatas timbunan tanpa kerb.
- Landai 0,15%, untuk jalan diatas timbunan, medan datar dengan kerb.
- Landai min. 0,3 - 0,5%, untuk jalan pada daerah galian yang kerb.

2.6.3 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 2.13 Lengkung Vertikal

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

$$y' = \frac{(g2 - g1)}{200Lv} \cdot x^2 \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana :

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

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

$g1, g2$ = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%)

Lv = panjang lengkung vertikal (m).

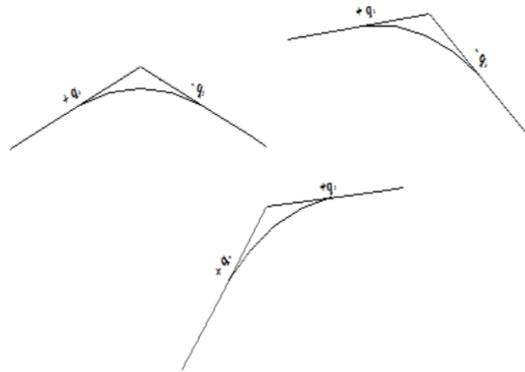
Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ dirumuskan:

$$Ev = \frac{(g2 - g1)Lv}{800} \dots\dots\dots(2.54)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu

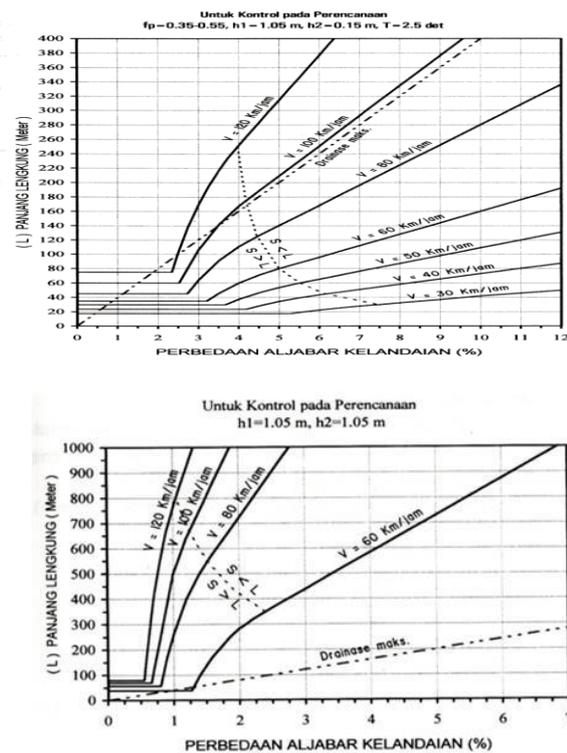
- a. Lengkung vertikal cembung.

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

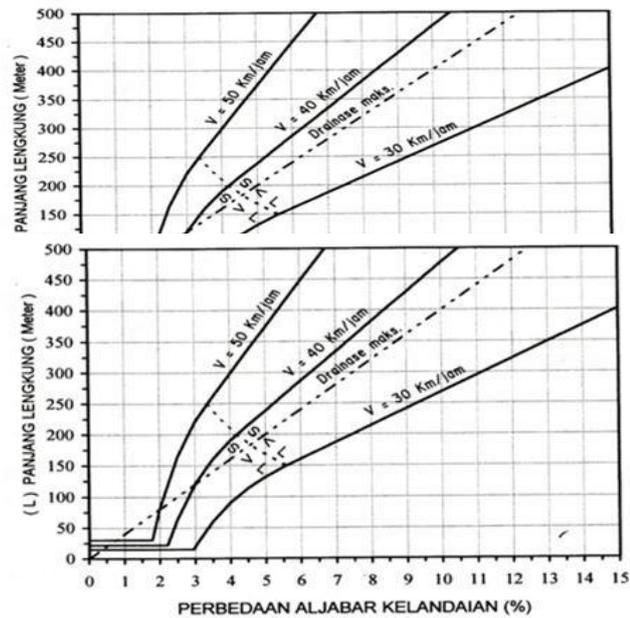


Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik pada Gambar 2.15 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik pada Gambar 2.16 (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini :



Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan jarak pandang henti

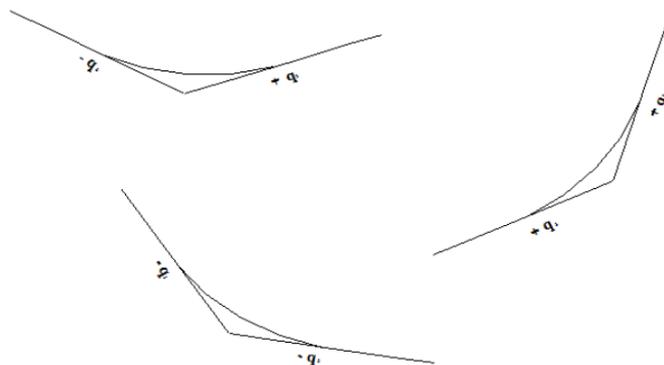


Gamabar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Bedasarkan Jarak Pandang Menyiapi

b. Lengkung Vertikal Cekung

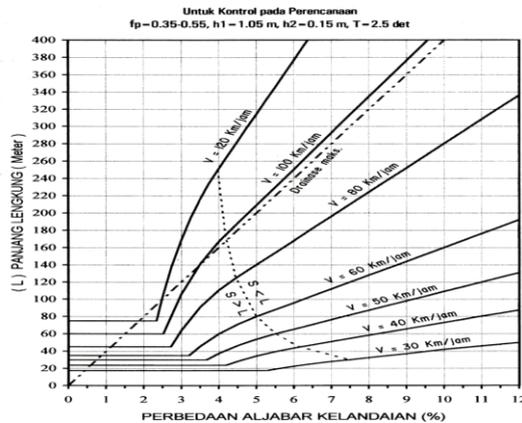
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada di bawah permukaan jalan.

Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.18

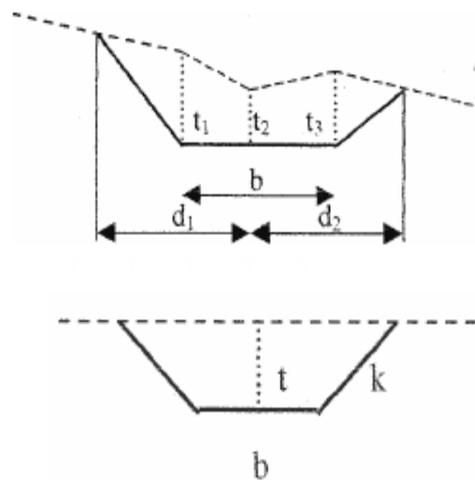


Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

2.7.1 Perhitungan penampang tanah

Untuk penampang yang tidak beraturan, luas penampang dapat dicari dengan cara sederhana seperti menggambar penampang pada kertas milimeter-blok, lalu hitung kumulatif kotak yang tercakup area penampang, kemudian kalikan dengan skala gambar.



Gambar 2.19 Contoh Penampang Tanah

$$\text{Luas} = \frac{t_2 \cdot b + t_1 \cdot d_1 + t_3 \cdot d_2}{2} \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\text{Luas} = t (b + k \cdot t) \dots\dots\dots (2.53)$$

2.7.2 Perhitungan Volume Tanah

Perhitungan volume tanah pada pekerjaan galian dan timbunan dapat dengan metode *Double End Areas* (Luas Ujung Rangkap) yaitu dengan mengambil rata-

rata luas kedua ujung penampang dari STA 1 dan STA 2, kemudian dikalikan jarak kedua STA. Cara ini dilakukan untuk semua titik Sta yang berada pada rancangan trase jalan.

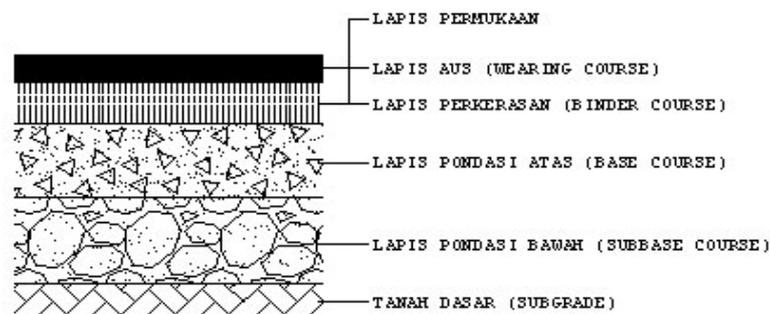
$$\text{Volume} = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times \text{jarak} \text{ (m}^3\text{)} \dots \dots \dots (2.54)$$

2.8 Perencanaan Tebal Pakerasan

2.8.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya, sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya.

Struktur dari perkerasan lentur ini terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan itu sendiri terdiri dari yang paling atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapis aus (*wearing course*) dan lapis perkerasan (*binder course*), setelah dilanjutkan dengan lapisan pondasi yaitu lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*), serta yang paling bawah yaitu tanah dasar (*subgrade*).



Gambar 2.20 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

2.8.2 Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Menurut Manual Desain Perkerasan jalan 2017 dalam mendesain tebal perkerasan tahapan-tahapan yang harus dilaksanakan antara lain :

- a. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan grafis.
 1. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{\text{Segmen}} = (CBR_{\text{Rata}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

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

Tabel nilai R untuk Perhitungan CBR segmen dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.21 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	2,6
9	3,08
>10	3,18

(Sumber :Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2. Cara Grafis

Prosedur perhitungan CBR dengan cara grafis adalah sebagai berikut :

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

b. 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.

c. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

2. Sifat-sifat indeks (*indeks properties*) yaitu meliputi G_s (*specific gravity*), W_N (*water natural conten*), γ (berat isi), e (angka pori), n (*porositas*), S_r (derajat kejenuhan).
3. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 - a) Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa saringan (*sieve analysist*)
 - Hidrometer (*hydrometer analysist*)
 - b) Batas-batas atteberg (*atteberg limits*)
 - *Liquid limits* (LL) = batas cair
 - *Plastic limits* (PL) = batas plastis
 - *Indeks plastis* (IP) = LL-PL
 - c) Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - Pemadatan standar
 - Pemadatan modifikasi
 - Dilapangan di cek dengan *sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
 - d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_{dmaks} dan W_{opt}
 - CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*Historical Growth Data*) yang didapat dari proyek yaitu adalah 4,83 %.

Tabel 2.22 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i %)

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

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.56)$$

Keterangan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

d. Menentukan Umur Rencana

Dibawah ini ada tabel 2.23 Menjelaskan tentang umur rencana perkerasan baru.

Tabel 2.23 Umur Rencana Perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua elemen (termasuk pondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber : *Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017*)

e. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.22 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan

alternatif desain manual ini harus didasarkan pada *Discounted Lifecycle Cost* terendah.

Tabel 2.24 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil – medium..
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu / Burda.

f. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Pada lajur rencana ini, untuk jalan dua arah faktor distribusi arah (DD) yang umumnya 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 2.25

Tabel 2.25 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

g. Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Tabel 2.26 Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

h. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.57)$$

Keterangan :

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent Standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} = Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDF_{JK} = Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i. Lapis Penopang (Capping Layers)

Tabel 2.25 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6 % yang digunakan untuk Pengembangan Katalog Desain Tebal Perkerasan. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Pertimbangan-pertimbangan di bawah ini berlaku dalam pelaksanaan lapis penopang.

a. Persyaratan Umum

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang harus berupa bahan timbunan pilihan. Jika lapisan tersebut terletak di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus berupa material berbutir dengan kepekaan terhadap kadar air rendah.
2. Dapat berfungsi sebagai rantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.
3. Tebal minimum 600 mm untuk tanah ekspansif.
4. Elevasi permukaan lapis penopang harus memenuhi persyaratan Tabel 3.20 (tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir)
5. Kedalaman alur roda pada lapis penopang akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.

Tabel 2.27 Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	1000	1100	1200	
		⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.

(2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.

(3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR randaman tidak relevan.

(4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 jt ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

(5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

j. Menentukan perhitungan Struktur Pondasi

1. Menggunakan cara CTB

Untuk jalan yang melayani lalu lintas sedang dan berat dapat dipilih lapis pondasi CTB, karena dapat menghemat secara signifikan dibandingkan dengan lapis fondasi berbutir. Biaya perkerasan dengan lapis pondasi CTB pada umumnya lebih murah daripada perkerasan beraspal konvensional dengan lapis pondasi berbutir untuk beban sumbu antara 10 – 30 juta ESA.

Ketebalan lapisan aspal dan CTB yang diuraikan pada Bagan Desain - 3 ditetapkan untuk mengurangi retak reflektif dan untuk memudahkan konstruksi.

Tabel 2.28 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Catatan :

1. Ketentuan-ketentuan struktur pondasi bagan desain - 2 berlaku
2. CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas <10 juta ESA5, Rujuk Bagan Desain - 3A, 3b, dan 3C sebagai alternative
3. Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan life cycle cost yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak)
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat
5. AC-BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm

Tabel 2.29 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 ESA5)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Catatan :

- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain – 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami *rutting*
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biata tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban >10 CESA5 diutamakan menggunakan Bagan Desain – 3. Bagan Desain – 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5-FFF dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain – 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu
- Tebal minimum lapis pondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari

2. Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pelaksanaan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan. Perencana harus melihat batasan-batasan

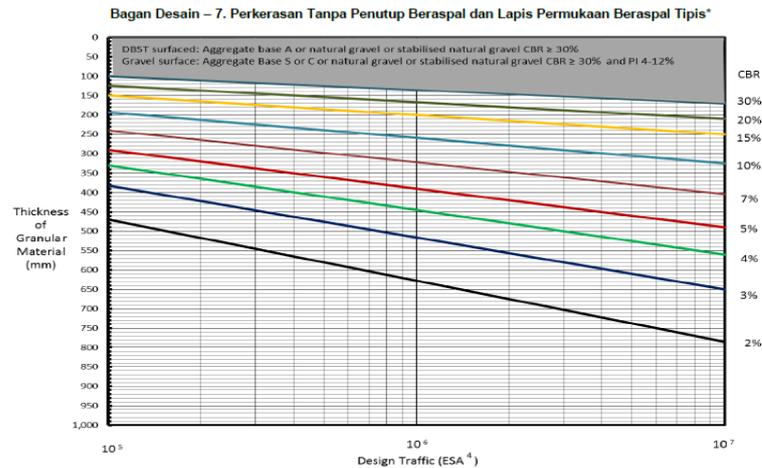
tersebut, termasuk ketebalan lapisan yang diizinkan pada Tabel 2.28 Jika pada bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan lebih tebal dari yang diizinkan, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 2.30 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal Minimum (mm)	Tebal yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 - 50	Tidak
HRS Base	35	35 - 50	Ya
AC-WC	40	40 - 50	Tidak
AC-BC	60	60 - 80	Ya
AC-Base	75	80 - 120	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 - 200	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 - 200	Ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 - 200	Ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 - 200	Tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 - 200	Tidak
Kerikil alam	100	100 - 200	Ya

(Sumber : Manual Design Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

a. Menentukan kebutuhan lapisan (*Sealing*) bahu jalan



Gambar 2.21 Grafik Desain Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Lapis

b. Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

c. Lalu Lintas untuk dan bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik (Dr.Ir.Suripin, M.Eng.2004).

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin

pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Dr.Ir.Suripin, M.Eng.2004).

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya .

a. Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- 1) Syarat umum
- 2) Syarat administrasi
- 3) Syarat teknis
- 4) Syarat teknis khusus

b. 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.

c. 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.

d. 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.

e. 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.

f. 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.

g. 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 (*Barchat*)

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

2) Kurva S

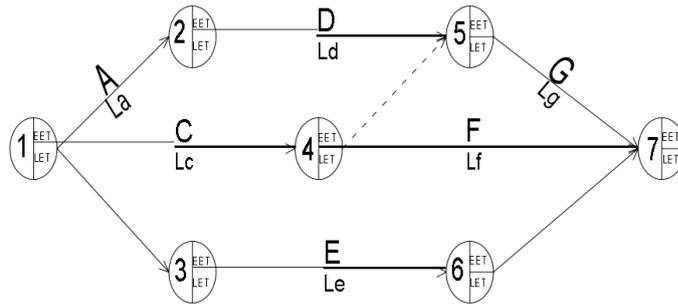
Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif *progress* pada setiap waktu dalam pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva s dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

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

Network Planing 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 :

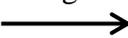
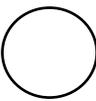
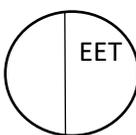
- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.

- Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur- jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.24. Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

-  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya yang membutuhkan jangka waktu tertentu dan juga *resources* tertentu. Anak panah menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
-  (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
-  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikcal path*).
-  (*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.
-  1 = Nomor kejadian

LET 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.

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