

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian

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

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

2.1.2 Data Peta Topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi, dan lain sebagainya. Pengukuran peta topografi dimaksudkan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup untuk digunakan dalam perencanaan geometrik. Data peta topografi digunakan 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 dipasang 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 dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase.
 4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik-titik koordinat control di atas.

2.1.3 Penentuan Trase Jalan

Menurut “Perencanaan Geometrik Tingkat Dasar” oleh KPUPR, berikut beberapa faktor yang harus di perhatikan dalam penentuan trase jalan :

1. Trase jalan dibuat lurus,pendek,sedikit tikungan dan kelandaian seminim mungkin
2. Trase jalan sebaiknya menjauhi daerah aliran sungai (DAS),bila rencanatrase jalan harus memotong sungai diusahakan bentang sungai yangpendek,serta pembuatan jembatan dibuat tegak lurus sungai
3. Mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan dalam penyiapan badan jalan
4. Trase jalan diletakkan pada kondisi tanah dasar sebaiknya mempunyai nilai CBR memenuhi syarat spesifikasi, sehingga keberadaan tanah di lokasi trase jalan yang akan dibuat dapat digunakan untuk pekerjaan galian dan timbunan
5. Penentuan trase jalan dipertimbangkan kondisi lingkungan, hutan lindung,cagar budaya serta iklim.
6. Penentuan trase jalan dihindari didaerah patahan, tanah rawan longsor, muka air tanah yang tinggi dan intensitas curah hujan yang tinggi.

2.1.4 Menghitung Medan Jalan

Setelah ditentukannya trase jalan, dilakukan perhitungan medan jalan dengan cara menghitung perbandingan persentase tinggi sisi kiri dan kanan trase jalan dengan jarak antara titik tertentu. Medan jalan rata-rata dibutuhkan untuk menentukan jenis jalan, kecepatan rencana, dan sebagainya.

2.1.5 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 lajur 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, 2010)

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 yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam suatu kendaraan per jam (kend/jam).

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

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*) menurut Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017.

Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) pada tahun 2015-2035 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 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 Perkerasan Jalan, 2017)

2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang akan dibahas, 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 keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.2.1 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan(Sukirman Silvia, 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antar lain :

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraannya yang bersangkutan

- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- c. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- d. Cuaca sekitar.
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- f. Batasan kendaraan yang diizinkan.

Kecepatan rencana inilah yang digunakan untuk perencanaan geometric (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kecepatan Rencana (v_R) sesuai dengan fungsi dan klasifikasi medan jalan

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

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

Pemilihan Kecepatan rencana yang semakin tinggi, akan berakibat meningkatnya biaya pembangunan jalan. Peningkatan Biaya pembangunan jalan disebabkan karena beberapa hal sebagai berikut :

1. Diperlukan Radius lengkung horisontal yang semakin besar, sehingga diperlukan pembebasan tanah yang lebih luas.
2. Meningkatnya kecepatan rencana, menuntut kelandaian jalan yang semakin kecil, sehingga diperlukan konstruksi jalan yang khusus misalnya Jembatan atau tunnel.
3. Dampak terhadap elemen bagian jalan seperti Bahu jalan, Lebar lajur lalu lintas, jarak pandang dll, berdampak pada meningkatnya biaya konstruksi.

2.2.2 Volume lalu lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan

dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). (Silvia Sukirman, 1999)

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

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

- Lalu Lintas Harian Rata – Rata
- Volume Jam Perencana
- Kapasitas

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

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

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

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

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

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan. (Silvia Sukirman, 1999)

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

2.2.3 Kapasitas Jalan

Kapasitas Jalan adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu penampang bagian jalan pada kondisi tertentu, dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam. Ratio volume/kapasitas disebut RVK adalah perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan. Kapasitas rencana adalah kapasitas ideal dikalikan dengan faktor kondisi jalan yang dirncanakan (seperti terdapat dalam manual kapasitas jalan Indonesia, MKJI 1997). Sesuai dengan Permen PU No 19/PRT/M/2011 nilai RVK ditentukan sesuai dengan fungsi jalan, yaitu :

1. $RVK \leq 0,85$ untuk jalan arteri dan Jalan Kolektor.
2. $RVK \leq 0,90$ untuk jalan local dan Jalan Lingkungan.

Analisis menggunakan RVK selanjutnya ditetapkan kebutuhan akan jumlah dan lebar lajur, lebar bahu jalan, kecepatan rencana minimal yang diharapkan, sehingga terwujudnya kenyamanan dan keselamatan jalan.

2.2.4 Kendaraan rencana

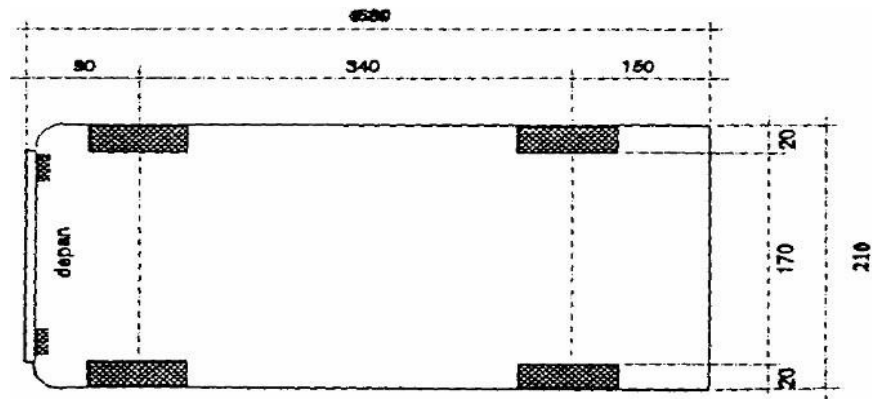
Dilihat dari bentang ukuran, dan daya, dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi kelompok mobil penumpang, bus/truk, semi-trailer, trailer. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya. (Sukirman Silvia, 1999)

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

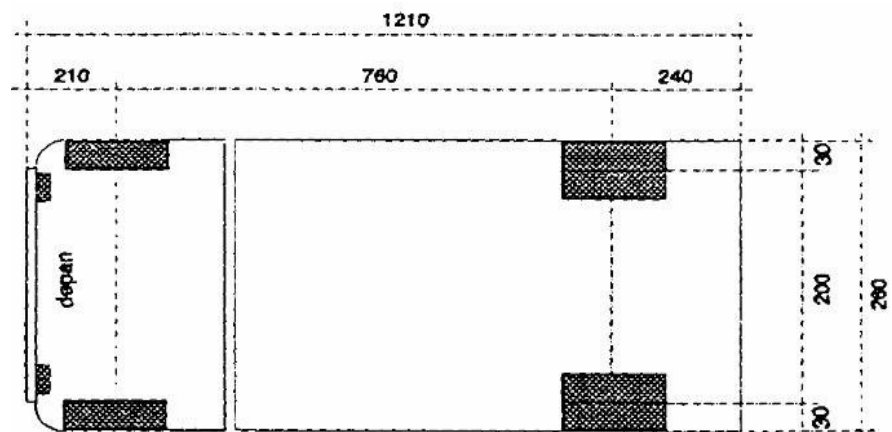
Kategori kendaraan rencana	Dimensi kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	tinggi	lebar	panjang	depan	belakang	min	maks	
Kecil	310	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	90	90	290	1400	1370

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

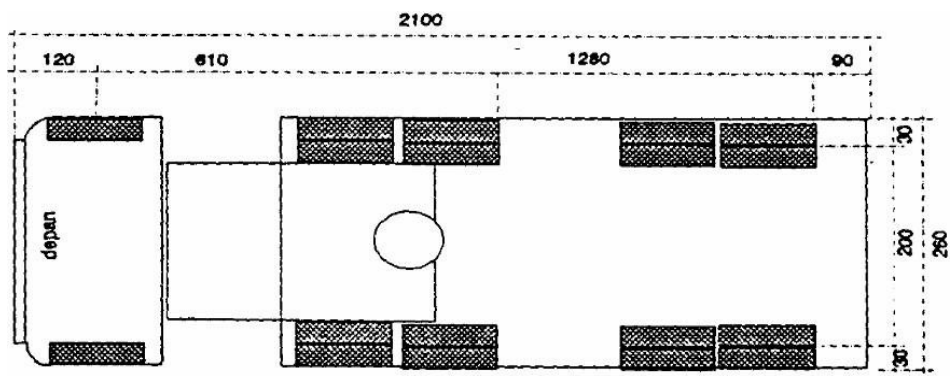
Gambar 2.1 s.d 2.3 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan tabel 2.3



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

2.2.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun VJP/LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh karena tingkat kenyamanan dan keamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar lajur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut tentu saja menuntut daerah manfaat jalan yang lebih lebar pula. (Silvia Sukirman, 1999)

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

1. Tingkat pelayanan A dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan.
 - b. Volume & kepadatan lalu lintas rendah.
 - c. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas stabil.
 - b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
3. Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas masih stabil.
 - b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.
4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil.
 - b. Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.

5. Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - b. Volume kira-kira dengan kapasitas.
 - c. Sering terjadi kemacetan.
6. Tingkat perjalanan F, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - b. Sering terjadi kemacetan dan Arus lalu lintas rendah.

2.2.6 Jarak pandangan

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan. (Silvia Sukirman, 1999)

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

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

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

Jarak pandangan henti (J_h) terdiri atas dua komponen, yaitu :

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

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

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

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

Dimana :

V_R : kecepatan rencana (km/Jam)

T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

f : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal,

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

(f semakin kecil jika V_R semakin r inggi, dan sebaliknya). Bina

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

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

T : Waktu tanggap 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar :

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

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

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

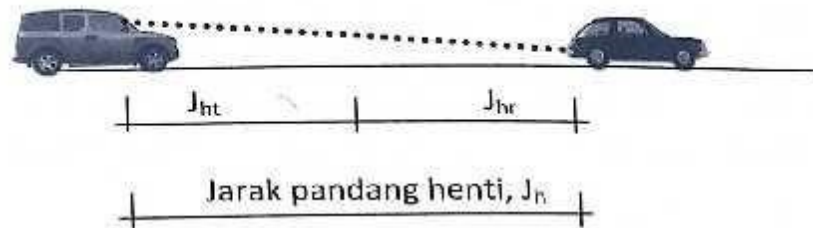
Dimana L = Landai Jalan (%) atau persatuan

Tabel 2.4 Jarak Pandang Henti Minimum

	1120	1100	880	660	550	440	330	220
V (km/jam)								

J_h minimum (m)	2250	1175	1120	775	555	440	227	116
----------------------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----

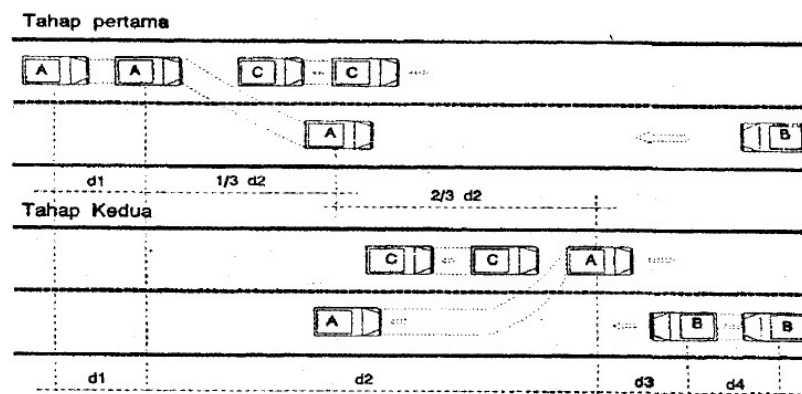
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.4 Jarak pandang henti

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

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



A : Kendaraan yang mendahului

B : Kendaraan yang berlawanan arah

C : Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.5 Jarak Pandang Mendahului

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

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

dimana:

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 beda berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3}$ d2(m).

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d1 = 0,278 (V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2})$$

$$d2 = 0,278 V_R \cdot T_2$$

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

$$d4 = \frac{2}{3} d2$$

dimana :

T_1 = waktu dalam detik, $2,12 + 0,026 V_R$ 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 kendaraan yang didahului (biasanya diambil (10-15Km/jam).

V_R = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului Kecepatan Rencana (km/jam).

d_1 = Jarak kebebasan

d_4 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Tabel 2.5 Besaran d_3 (m)

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
----------------	-------	-------	-------	--------

$d_3(m)$	30	55	75	90
----------	----	----	----	----

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

2.2.7 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997). Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

(1) Jika $J_h < L_t$

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

(2) Jika $J_h > L_t$

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

Dimana :

R = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang Tikungan (m)

2.3 Klasifikasi Jalan

Menurut UU No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk 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 (*Pasal 1 Ayat 4*).

Klasifikasi jalan atau hierarki jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan.

2.3.1 Klasifikasi Jalan berdasarkan fungsi jalan

.Klasifikasi fungsional seperti ini diangkat dari klasifikasi di Amerika Serikat dan Canada. Di atas arteri masih ada *Freeway*.

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi.
2. Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan 3 iri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.3.2 Klasifikasi Jalan berdasarkan kelas jalan

Menurut UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan adalah sebagai berikut:

- a. Kelas Jalan I Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.
- b. Kelas Jalan II Jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter,

- ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
- c. Kelas Jalan III Jalan arteri, kolektor, local, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
 - d. Kelas Jalan Khusus Jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

Tabel 2.6 Klasifikasi menurut kelas jalan.

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST(ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

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

2.3.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Wewenang Pembinaan

Menurut PP No. 34 tahun 2006 tentang Jalan dan UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, berdasarkan wewenang pembinaan, jalan dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Jalan Nasional, yang termasuk kelompok ini adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.

2. Jalan Propinsi, yang termasuk kelompok jalan propinsi adalah jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Propinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kotamadya atau antar Ibukota Kabupaten/ Kotamadya.
3. Jalan Kabupaten, yang termasuk kelompok jalan Kabupaten adalah jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan propinsi, jalan lokasi primer, jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional atau jalan propinsi serta jalan kotamadya.
4. Jalan Kotamadya, yang termasuk kelompok jalan Kotamadya adalah jalan sekunder di dalam kotamadya.
5. Jalan Tol, adalah jalan yang dibangun dimana kepemilikan dan penyelenggaraannya ada pada pemerintah atas usul Menteri, Presiden menetapkan suatu ruas jalan tol dan haruslah merupakan alternatif lintas jalan yang ada.

2.3.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometric dapat dilihat dalam Tabel 2.7

Tabel 2.7 Klasifikasi menurut medan jalan

No.	Jenis Medan	Nota si	Kemiringan Medan
1	Datar	D	<3
2.	Perbukitan	B	3-25
3.	Pegunungan	G	>25

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

2.3.5 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13/1970 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Utama	I	>20.000
2	Sekunder	IIA	6.000 sampai 20.000
		IIB	1.500 sampai 8.000
		IIC	<20.000
3	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat.

b. Kelas II

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

1) Kelas II A

Jalan kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor.

2) Kelas II B

Jalan kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

3) Kelas II C

Jalan kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggul dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak 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 peleburan dengan aspal.

2.4 Bagian-bagian Jalan

Jalan memiliki bagian-bagian yang sangat penting, bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu bagian yang berguna untuk lalu lintas, bagian yang berguna untuk drainase jalan, bagian pelengkap jalan, dan bagian konstruksi jalan

1. Bagian yang berguna untuk lalu lintas terdiri dari:
 - a. Jalur lalu lintas
 - b. Lajur lalu lintas
 - c. Bahu
 - d. Trotoar
 - e. Median
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan antara lain:
 - a. Saluran samping
 - b. Kemiringan melintang
 - c. Kemiringan melintang bahu
 - d. Kemiringan lereng
3. Bagian Pelengkap Jalan meliputi:
 - a. Kerb
 - b. Pengaman Tepi
4. Bagian konstruksi jalan meliputi:
 - a. Lapisan perkerasan jalan

- b. Lapisan pondasi atas
- c. Lapisan pondasi bawah
- d. Lapisan tanah dasar

2.5 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah suatu potongan jalan yang tegak lurus pada sumbu jalan yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang (Silvia Sukirman, 1999). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

2.5.1 Jalur dan Lajur Lalu Lintas.

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan.

Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Oleh sebab itu, jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah.

Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas.

Jalan perkotaan :

1. Jalan dua-lajur dua-arah (2/2 UD).
2. Jalan empat-lajur dua-arah.
 - a) Tak-terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dengan median) (4/2 D).
3. Jalan enam-laju dua-arah terbagi (6/2 D).
4. Jalan satu-arah (1-3/1)

Jalan Luar Kota :

1. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2UD)
2. Jalan empat-lajur dua-arah
 - a) Tak terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dgn Median) (4/2 D)

3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D)

Jumlah jalur yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan rencana volume lalu lintas harian ditentukan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.9 Jumlah Jalur Lalu Lintas

VLR (smp/hr)	Medan	Fungsi	Lajur
≥ 138.000	D, B	Jalan Arteri	6
$36.000 \leq 138.000$			4
< 36.000			2
≥ 156.000	G		6
$41.000 \leq 156.000$			4
< 41.000			2
≥ 36.000	D, B	Jalan Kolektor	4
≤ 36.000			2
≥ 41.000	G		4
≤ 41.000			2

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.5.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian mafaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat dan pendukung samping bagi lapis pondasi tanah, pondasi atas dan pondasi permukaan. Fungsi utama bahu jalan adalah:

1. Untuk melindungi bagian utama jalan
2. Sebagai tempat berhenti kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti untuk berorientasi terhadap jurusan yang akan dituju.
3. Menyediakan ruang bebas samping bagi lalu lintas.
4. Meningkatkan jarak pandangan pada tikungan.
5. Sebagai trotoar jika tidak ada trotoar.
6. Tempat meletakkan rambu-rambu lalu lintas, dll.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu yang tidak diperkeras, yaitu bahu yang hanyadibuat dari material perkerasan jalan tanpa bahan pengikat. Biasanya digunakan material agregat

bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah-daerah yang tidak begitu penting, dimana kendaraan yang berhenti dan mempergunakan bahu tidak begitu banyak jumlahnya.

- b) Bahu yang diperkeras, yaitu bahu yang dibuat dengan mempergunakan bahan pengikat sehingga lapisan tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini dipergunakan, untuk jalan-jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan memakai bagian tersebut besar jumlahnya, seperti di sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan-tikungan yang tajam.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas :

- a) Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- b) Bahu kanan/bahu dalam (*rightlinner shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas

2.5.3 Talud

Talud berfungsi untuk menahan badan jalan. Talud juga merupakan lereng parit yang dapat bertindak sebagai bagian dari bahu. Talud dapat terdiri dari tanah, rumput atau pasangan penahan tanah.

2.5.4 Drainase

Perlengkapan drainase merupakan bagian yang penting pada suatu jalan dan harus direncanakan berdasarkan data-data hidrologi seperti intensitas, lama dan frekuensinya, besar dan sifat alirannya dan lain-lain. Drainase haruslah dapat membebaskan pengaruh buruk akibat air terhadap konstruksi pengerasan.

2.5.5 Median

Jalan raya yang mempunyai 4 jalur atau lebih harus mempunyai median. Fungsi utama median adalah untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan, dengan demikian memungkinkan kecepatan yang tinggi, guna membatasi belokan U agar lalu lintas lancar, untuk membentuk jalur belok kanan pada persimpangan dan untuk mengurangi sorotan lampu.

Median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan.

Lebar median jalan dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut :

Tabel 2.10 Lebar Median Jalan

Kelas	1 & 1*	2	3 & 3*
Lebar minimum mutlak median	0,5	0,5	0,5
Lebar minimum standar batas	2	1,5	1

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.5.6 Trotoar

Trotoar tidak dibutuhkan pada jalan raya diluar kota jika lalu lintas dan kepadatan penduduk rendah. Sebagian bahu jalan dapat menggantikan fungsi trotoar. Jika volume lalu lintas atau jumlah pejalan kaki lebih tinggi, maka harus dipakai bahu jalan yang lebih lebar. Lebar trotoar tergantung pada kondisi, dan sebaiknya selebar 3,0 m.

2.5.7 Lebar Manfaat Jalan

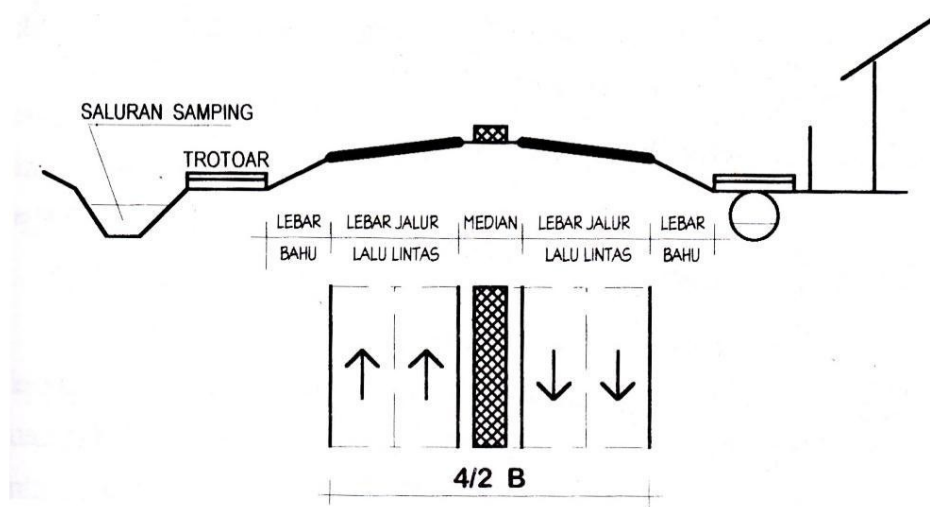
Lebar manfaat adalah bagian dari jalan raya yang berguna langsung untuk lalu lintas.

2.5.8 Badan Jalan

Badan Jalan adalah bagian penting bagi pemakai jalan dan meliputi jalur lalu lintas, median dan bahu jalan.

2.5.9 Daerah Pembebasan

Daerah pembebasan adalah daerah yang disediakan untuk keperluan jalan dan perlengkapannya.



Gambar 2.6 Penampang Jalan

Ada beberapa istilah dalam penampang melintang jalan:

- Daerah Milik Jalan (DAMIJA) adalah seluruh daerah manfaat jalan berikut jalur tertentu di luar daerah manfaat jalan tersebut yang ditujukan untuk memenuhi kondisi ruang bagi pemanfaat jalan.
- Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) adalah meliputi seluruh jalur lalu lintas (badan jalan, saluran tepi dan ambang pemangaman).
- Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA) ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan pengendara bermotor dan untuk konstruksi jalan, jika ruang daerah milik jalan tidak mencukupi.

2.6 Alinyemen Horizontal

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

Aspek-aspek penting pada alinyemen horizontal mencakup :

1. Gaya sentrifugal.
2. Bentuk-bentuk busur peralihan.
3. Bentuk-bentuk tikungan.
4. Diagram Superelevasi.
5. Pelebaran Perkerasan pada tikungan.
6. Jarak pandang pada tikungan.

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya akan ditemui 2 jenis bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut tikungan. Tikungan terdiri dari 3 jenis yaitu tikungan *Full Circle (FC)*, *Spiral Circle Spiral (SCS)* dan *Spiral Spiral (SS)*.

Untuk keselamatan pemakai jalan jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

1. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.11 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2. Tikungan

a. Jari – jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengmbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspalyang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)}$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung (m)

D = Derajat Lengkung (°)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

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

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{Vr}$$

Dimana : R_{min} = Jari-jari tikungan minimum (m)

V_r = Kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

E_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

F_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

D_{maks} = Derajat Maksimum

Untuk kecepatan-kecepatan yang bervariasi, dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk emaks = 10%

VR (km/ jam)	1 2 0	1 0 0	9 0 0	8 0 0	6 0 0	5 0 0	4 0 0	3 0 0	2 0 0
Rmin (m)	6 0 0	3 7 0	2 8 0	2 1 0	1 1 5	8 0 0	5 0 0	3 0 0	1 5 0

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

b. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurusjalan dan bagian lengkung jalan bedari-jari tetap R; berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bebeda padakendaraan 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 L.Hendarsin, 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) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em - en)}{3,6 \cdot \mathfrak{R}} \cdot VR$$

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

Em = Superelevasi maksimum

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

Untuk $VR \leq 70$ km/jam $re \text{ maks} = 0,035$ m/m/det

Untuk $VR \geq 80$ km/jam $re \text{ maks} = 0,025$ m/m/det

Tabel 2.13 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

VR(km/ jam)	12 0	10 0	9 0	8 0	60	5 0	4 0	3 0	2 0
Rmin(m)	25 00	15 00	9 0 0	2 1 0	50 0	3 5 0	2 5 0	1 3 0	6 0

(Sumber: TPGJAK–No.038/T/BM97)

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi

Yang Dibutuhkan (E Maksimum = 10%)

($e_{max} = 10\%$)

R (m)	$V_R = 120$ km/jam			$V_R = 100$ km/jam			$V_R = 80$ km/jam			$V_R = 60$ km/jam		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
3000	2,5	23	35	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2500	2,9	28	42	2,2	18	27	LN	0	0	LN	0	0
2000	3,6	34	52	2,7	22	33	RC	14	22	LN	0	0
1500	4,8	45	68	3,5	29	43	2,4	17	26	LN	0	0
1400	5,1	48	72	3,8	31	46	2,6	19	28	RC	12	18
1300	5,4	52	77	4,0	33	49	2,8	20	30	RC	12	18
1200	5,9	56	83	4,3	35	53	3,0	21	32	RC	12	18
1000	6,9	66	99	5,1	42	63	3,5	25	38	2,2	13	20
900	7,6	72	108	5,6	46	69	3,9	28	42	2,5	15	22
800	8,5	80	120	6,2	51	76	4,3	31	46	2,7	16	25
700	9,4	89	134	6,9	57	85	4,8	35	52	3,1	19	28
600	10,0	95	142	7,9	64	97	5,5	40	59	3,6	21	32
500	$R_{min} = 590$			9,0	73	110	6,4	46	69	4,2	25	37
400				9,9	81	121	7,5	54	81	5,0	30	45
300				$R_{min} = 365$			9,0	65	97	6,3	38	56
250							9,7	70	105	7,1	43	64
200							$R_{min} = 210$			8,2	49	74
175							8,8	53	79			
150							9,4	56	85			
140							9,6	58	87			
130							9,8	59	88			
120							10,0	60	90			
110							10,0	60	90			
	$R_{min} = 110$											

e_{max}	: superelevasi maksimum 10%
R	: Jari-jari lengkung
V_R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Bina Marga)

2.6.1 Menentukan Titik Koordinat

Setelah trase dibuat, titik koordinat dapat diperoleh melalui koordinat global dari *Google Maps* dan diterapkan kedalam autocad sesuai dengan skala masing masing.

2.6.2 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 horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal tau penampang memaniang jalan dan potongan melintang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004)

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

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

Keterangan :

- 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

2.6.3 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 :

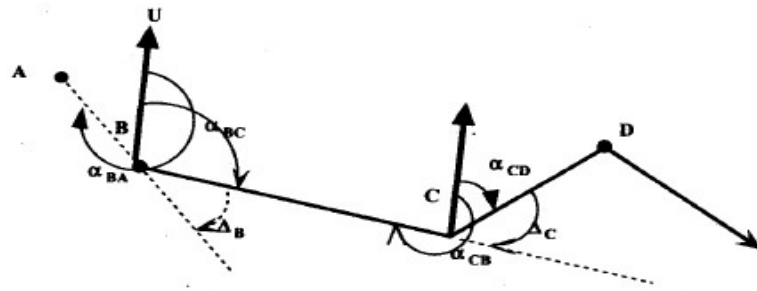
$$\alpha_A = \arctan \frac{X_{p1} - X_A}{Y_{p1} - Y_A}$$

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

$$\alpha_{p1} = \arctan \frac{X_{p2} - X_{p1}}{Y_{p2} - Y_{p1}}$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1}$$

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



Gambar 2.7 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

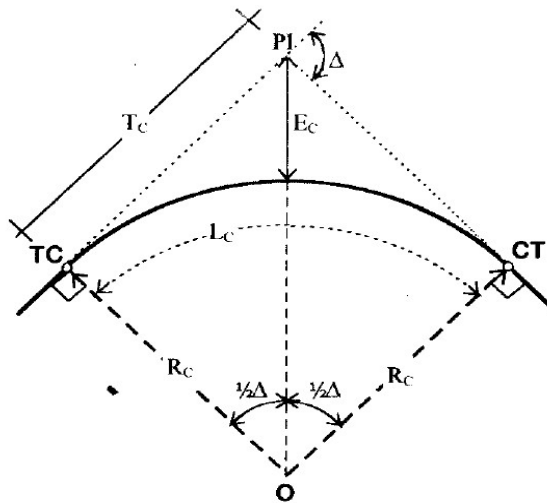
2.6.4 Bentuk – Bentuk Tikungan

1. Lingkaran (*Full Circle* = FC)

FC (Full Circle) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

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

- a. Lengkung peralihan
- b. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- c. Pelebaran perkerasan jalan
- d. Kebebasan samping



Gambar 2.8 Full Circle

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

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

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

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V_r}$$

$$D = -\frac{1432,4}{R}$$

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

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2}$$

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

$$E_c = R \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \frac{ep+en}{L_s} \frac{x+en}{\frac{3}{4} L_s}$$

Kontrol = 2. $T_c > L_c$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

O = Sudut Pusat Lingkaran ($^\circ$)

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)

2. Spiral Circle Spiral (SCS)

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

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

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

- a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

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

Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} T - 2,727 \frac{V_{R-e}}{C}$$

perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(em - en)}{3.6R} V_R$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

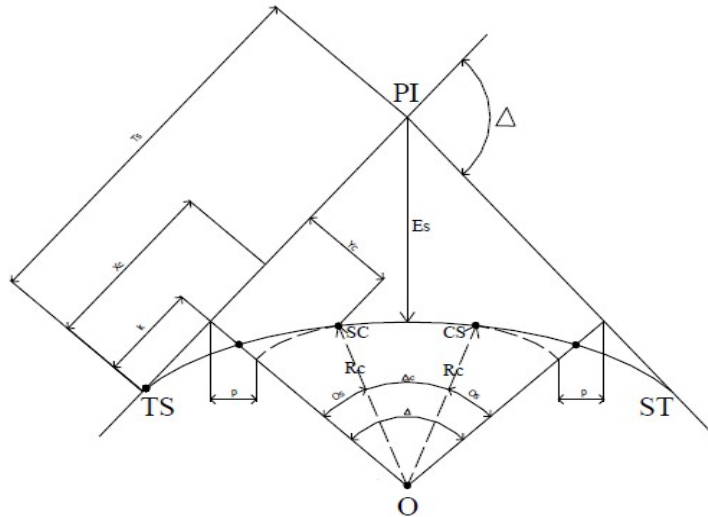
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

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

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/dt



Gambar 2.9 *Spiral Circle Spiral*

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan Spiral Circle Spiral ini adalah :

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

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

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V_r}$$

$$D = - \frac{1432,4}{R}$$

$$e = -\frac{emax}{D^2 max} D^2 + \frac{2.emax}{Dmax} D$$

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

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

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

$$\Delta c = \Delta - 2.\theta_s$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2. T_s$$

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC
(jarak lurus lengkung peralihan).(m)

Y_s = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak
tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC
atau CS ke ST).(m)

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC
atau CS ke ST).(m)

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

TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)

E_s	= Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)
θ_s	= Sudut lengkung spiral ($^\circ$)
R_c	= Jari-jari lingkaran.(m)
p	= Pergeseran tangen terhadap spiral (m)
k	= absis dari p pada garis tangen spiral (m)

3. *Spiral - Spiral (SS)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti berikut.

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

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

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V_r}$$

$$D = -\frac{1432,4}{R}$$

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

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2}$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan table Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m}$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{VR}{3,6} \cdot T$$

- c) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C}$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_{s4} = \frac{(em - en)}{3,6 \cdot \mathfrak{R}} \cdot VR \text{ Ls yang digunakan adalah sebagai berikut :}$$

$$e) \quad L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$L_{s5} > L_{s \text{ min}}$, maka Ls yang digunakan Ls5

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

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

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

R = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

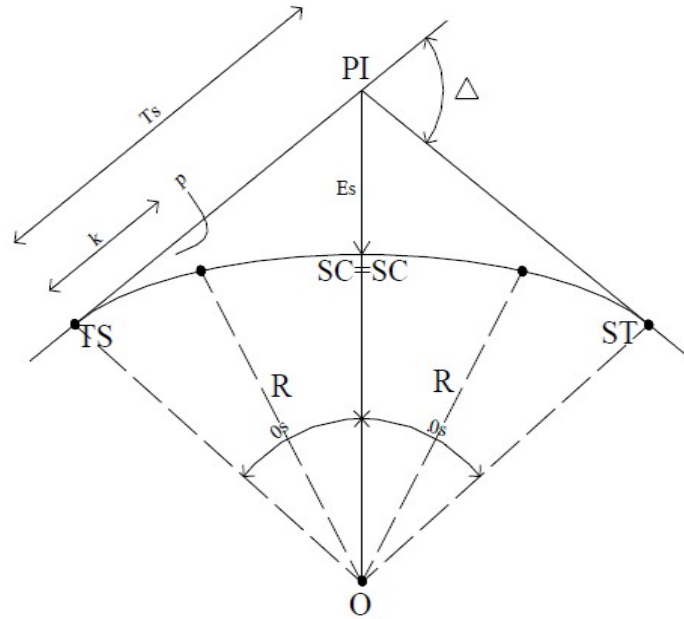
Ts = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

Es = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).(m)

Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)



Gambar 2.10 Spiral – Spiral


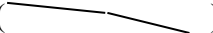
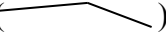
Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.13 dibawah ini

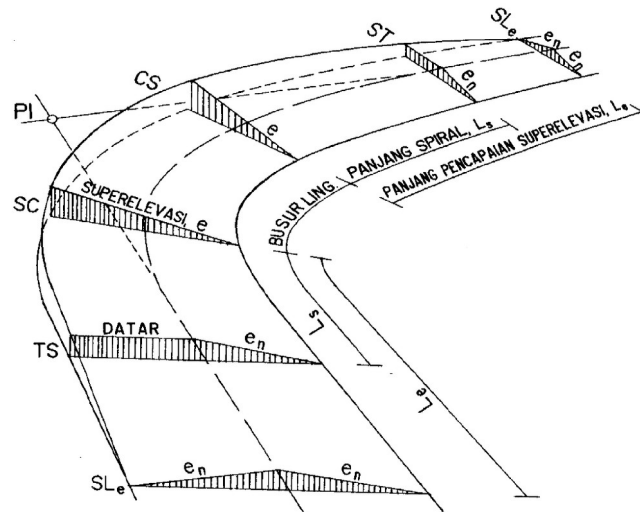
qs (°)	p ⁺	k ⁺	qs (°)	p ⁺	k ⁺	qs (°)	p ⁺	k ⁺
0.5	0.0007272	0.4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1.0	0.0014544	0.4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1.5	0.0021820	0.4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2.0	0.0029098	0.4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2.5	0.0036378	0.4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3.0	0.0043663	0.4999543	16.5	0.0244921	0.4985891	30.0	0.0465966	0.4951196
3.5	0.0050953	0.4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4.0	0.0058249	0.4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4.5	0.0065551	0.4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5.0	0.0072860	0.4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5.5	0.0080178	0.4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6.0	0.0094843	0.4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6.5	0.0102191	0.4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7.0	0.0102191	0.4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7.5	0.0109550	0.4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141
8.0	0.0116922	0.4996735	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.0555957	0.4932057
8.5	0.0124307	0.4996312	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0565250	0.4929933
9.0	0.0131706	0.4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9.5	0.0139121	0.4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10.0	0.0146551	0.4994884	23.5	0.0356088	0.4970788	37.0	0.0593473	0.4923322
10.5	0.0153997	0.4994356	24.0	0.0364288	0.4969479	37.5	0.0602997	0.4921037
11.0	0.0161461	0.4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11.5	0.0168943	0.4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12.0	0.0176444	0.4992609	25.5	0.0389128	0.4965360	39.0	0.0631929	0.4913933
12.5	0.0183965	0.4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13.0	0.0191507	0.4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13.5	0.0199070	0.4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber : *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999*)

2.6.5 Pencapaian Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang harus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

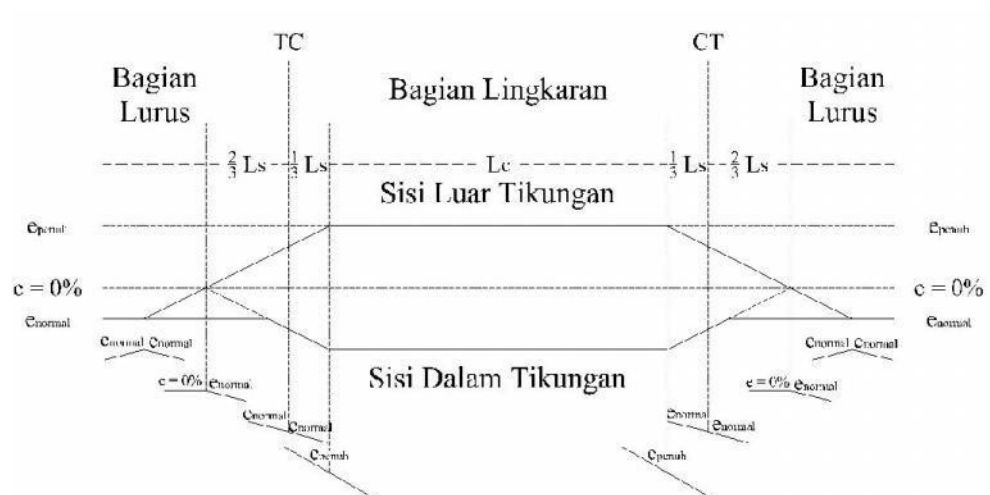
Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).



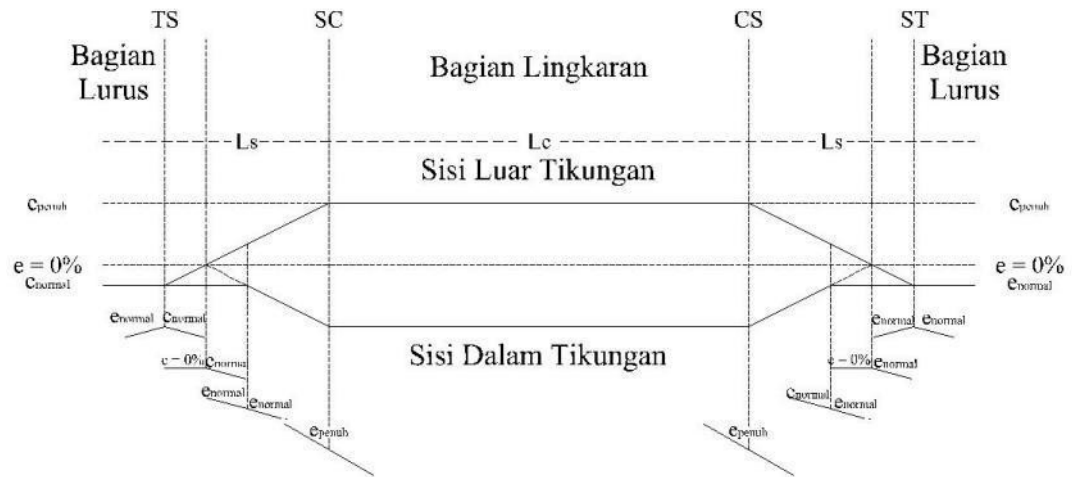
Gambar 2.11 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja. Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

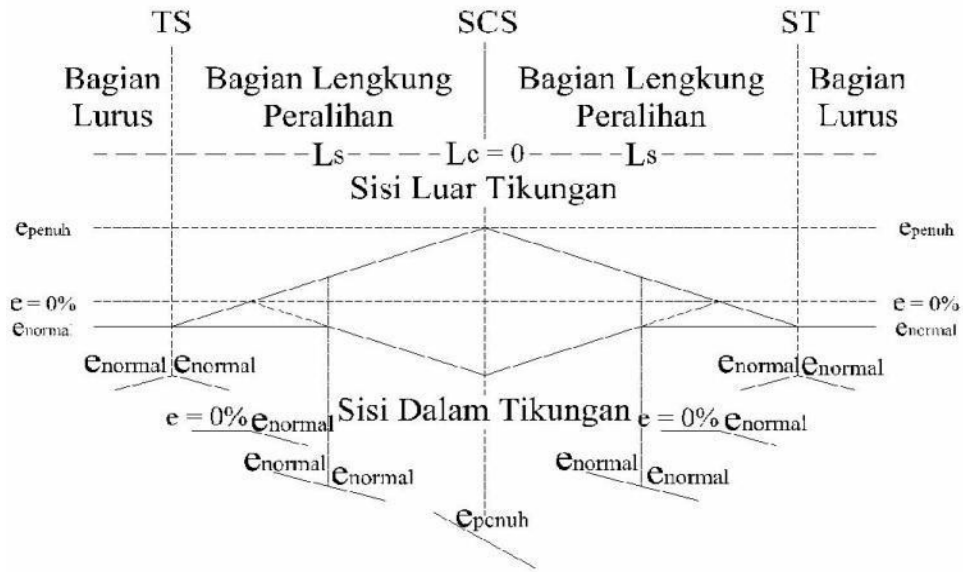
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



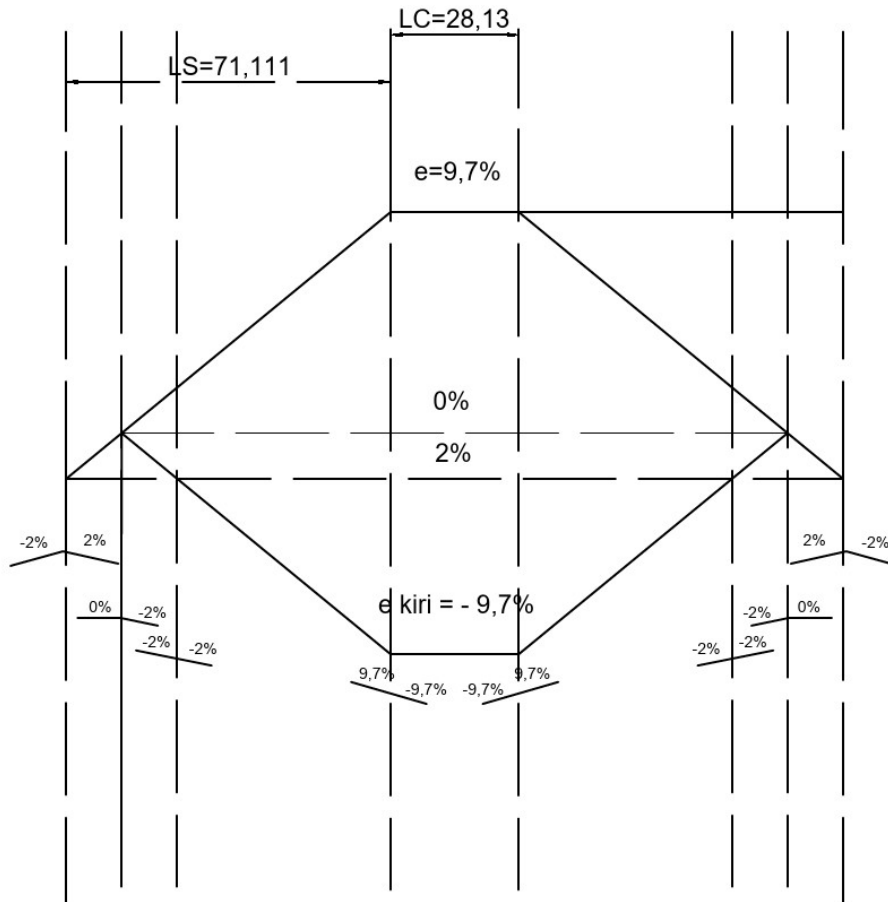
Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*



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



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

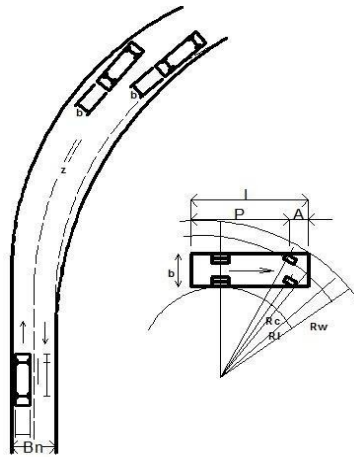


Gambar 2.15 Contoh Superelevasi

2.6.6 Pelebaran di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 106)

Penentuan lebar pelebaran jalur lalulintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.16 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{C \cdot C}$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}}$$

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

$$\Delta b = B_t - B_n$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempatisatukendaraanditikungan pada lajur
Sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

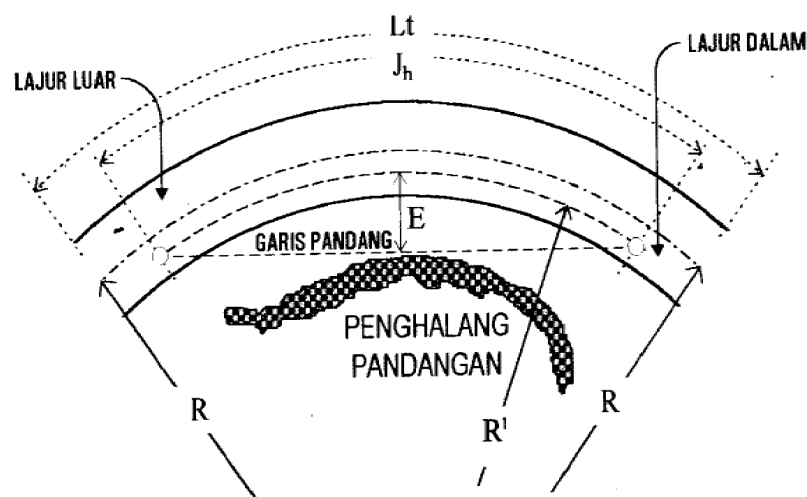
- R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)
 B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)
 b = Lebar Kendaraan Rencana (m)
 Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan (m)
 Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

2.6.7 Daerah bebas samping di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :



Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \cdot \theta$$

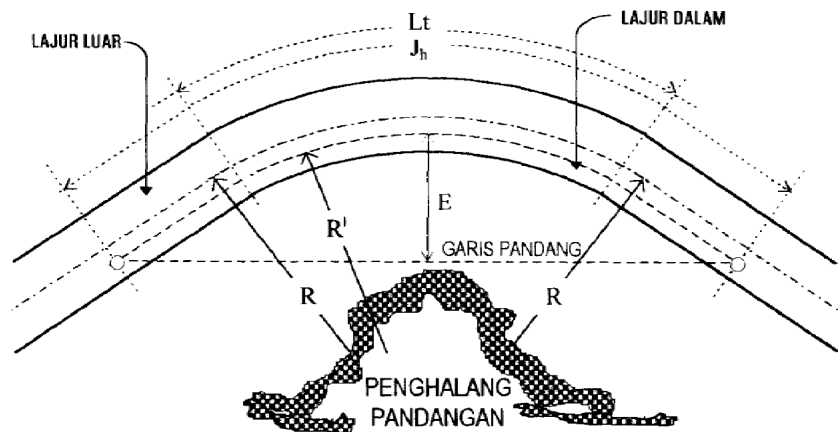
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) + i$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \Theta$$

Dimana :

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

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_d = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.7 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. Sering kali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia, Sukirman, 1999).

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

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Faktor-faktor yang mempengaruhi desain Alinyemen Vertikal Jalan :

1. Kondisi Lapisan Tanah sepanjang Badan Jalan.

Karakteristik Badan Jalan didapatkan dari Uji Pemboran atau Geo Listrik dan secara rinci bias didapatkan dari Standar Penetration Test (SPT) serta Uji Lab terhadap benda Uji Undisturbed. Informasi karakteristik Badan Jalan akan memberikan masukan informasi kepada perencana terkait dengan Jenis Perkerasan serta banyaknya galian maupun timbunan yang diperlukan.

2. Kondisi Tanah disekitar daerah Galian.

Kondisi tanah pada segmen Galian ini, diperlukan agar perencana mempertimbangkan :

- a) Kestabilan lereng daerah Galian.
- b) Keberadaan wilayah Aquifer yang sering menjadi masalah dikemudian hari.
- c) Rembesan air (seepage) pada daerah lereng.

3. Muka Air Tanah dan Muka Air banjir.

Posisi Muka Air Tanah/Muka Air Banjir terhadap Perkerasan Jalan, diperlukan perencanaan pada saat menentukan system Drainase Jalan pada bagian segmen tersebut.

4. Fungsi Jalan.

Fungsi jalan mewakili karakter lalu-lintas yang akan melewati ruas jalan. Jalan Arteri dengan karakteristik Kendaraan seperti : kecepatan Tinggi, kendaraan barang dengan volume besar tentunya memerlukan desain geometrik yang berbeda misalnya dengan jalan Lokal dengan ciri kendaraan lambat dan volume barang yang relative sedikit. Terutama terkait dengan kelandaian jalan.

5. Keseimbangan Antara galian dan Timbunan.

Keseimbangan antara galian dan timbunan lebih menekankan pada nilai keekonomian pembangunan jalan.

6. Pertimbangan Lingkungan.

Alinyemen Vertikal seyogyanya didesain dengan mempertimbangkan tuntutan lalu-lintas untuk masa yang akan datang, dan juga tidak merusak lingkungan jalan yang ada.

2.7.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7 - 8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar.
2. Kelandaian Maksimum Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.16 Kelandaian Maksimum

V _r (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

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

3. Kelandaian Minimum Pada jalan yang menggunakan kreb pada tepi perkerasannya perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan saluran kemiringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.
4. Panjang Kritis Suatu Kelandaian Panjangkritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh V_R, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.17 Panjang kritis (m)

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

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

5. Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan V_R, sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan kecepatan V_R, sebaliknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan

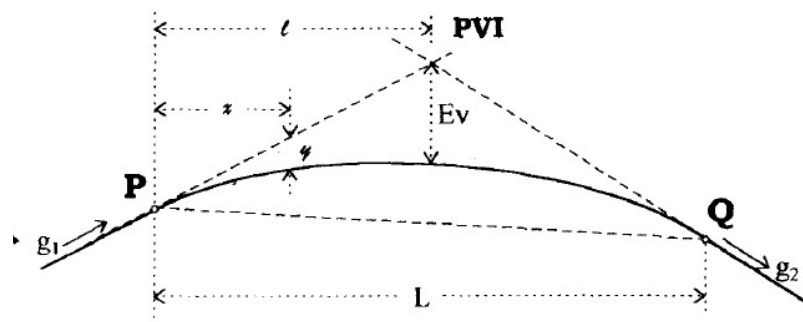
ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BHS (Biaya Siklus Hidup).

2.7.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama Point of Vertikal Intersection (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak di tengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.19 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_2 - g_1$$

$$E_v = \frac{A \cdot L}{800}$$

$$E_{PLV} = E_{PV} \pm g \cdot \frac{1}{2}$$

$$Y = \frac{A \cdot (x)^2}{200 \cdot L}$$

Dimana :

x = Jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau STA

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA,
(m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi
dari titik PLV dan titik PTV, (STA)

g1 = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g2 = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

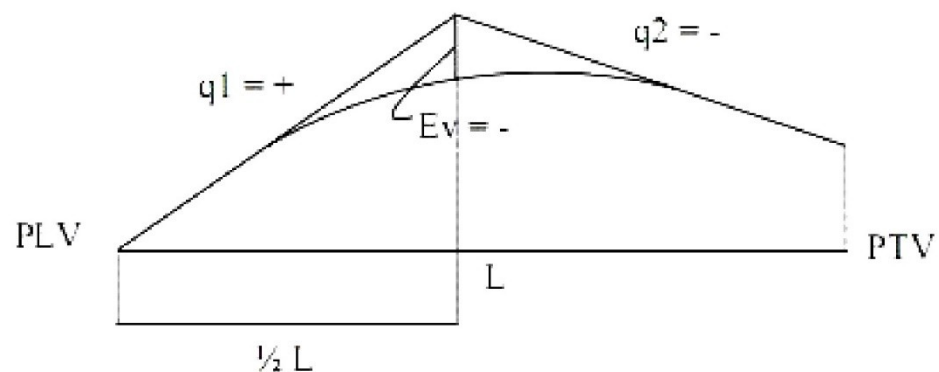
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal hal sebagai berikut :

- (1). Jarak pandang
- (2). Drainase
- (3). Kenyamanan



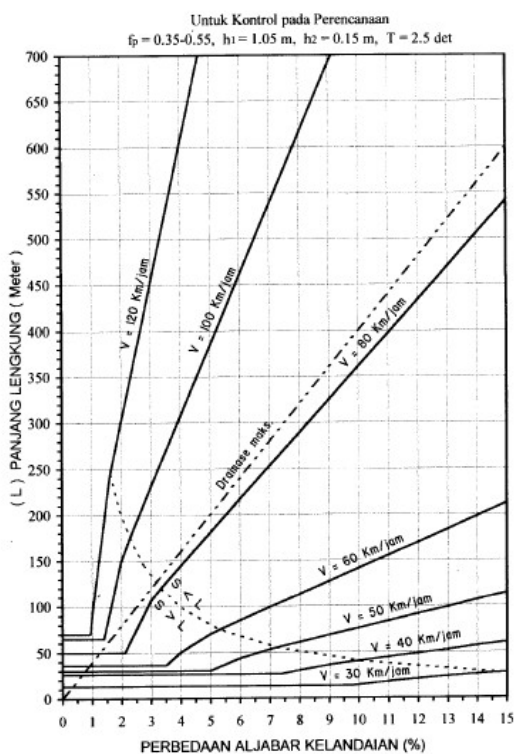
Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cembung

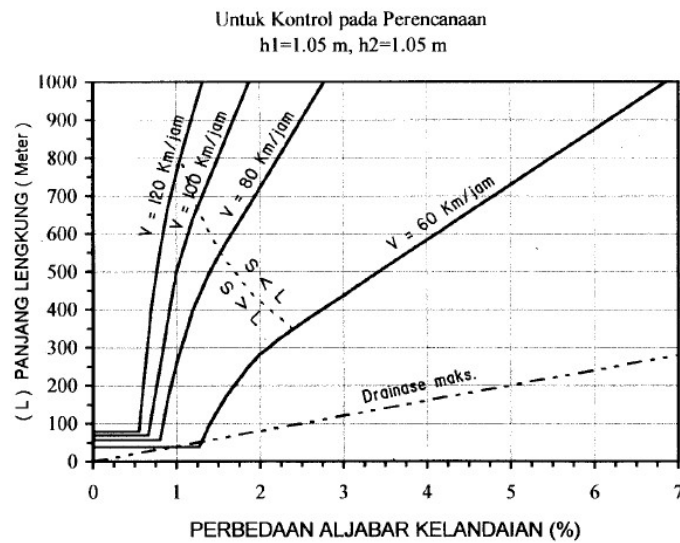
Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.18

Tabel 2.18 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h1 (m) Tinggi Mata	h2 Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1.05	1,05

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

**Gambar 2.21** Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

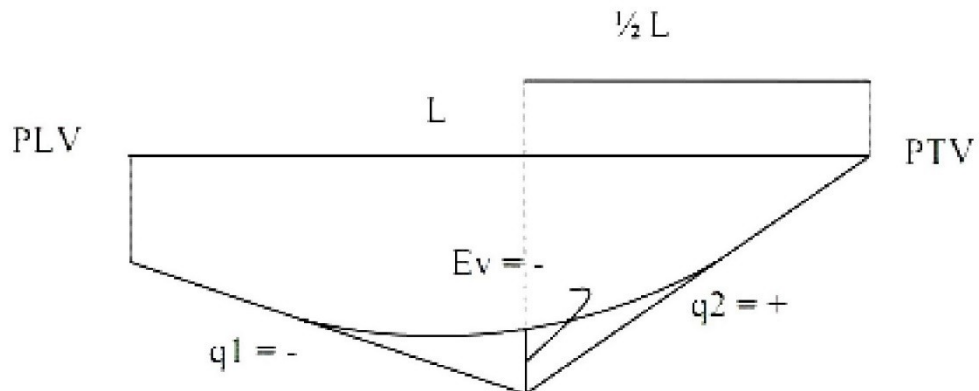


Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

b. Lengkung Vertikal Cekung

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

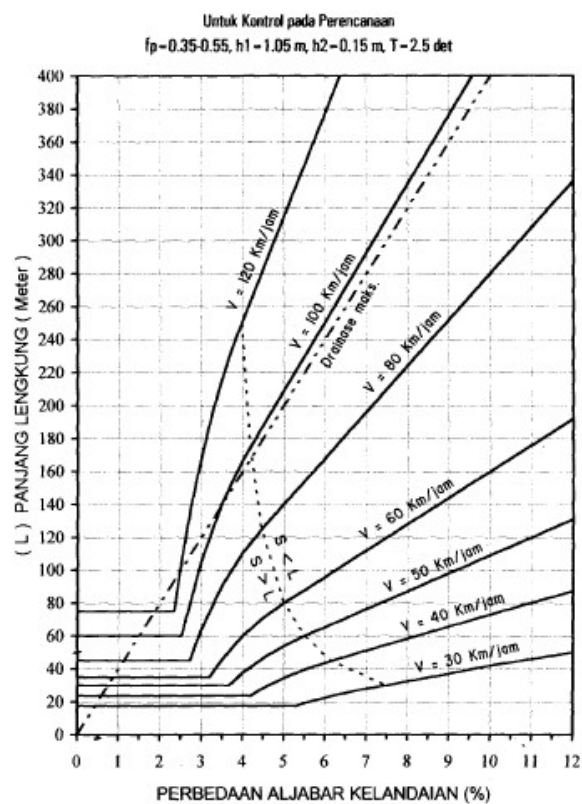
- a. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- b. Kenyamanan pengemudi
- c. Ketentuan drainase
- d. Penampilan secara umum



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cekung

$$Y = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times L_v$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.25



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.7.3 Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal

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

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

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

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

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

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut.

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

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

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

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

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

2.8 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan antar kota diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen

horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.19 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	B	L	$\frac{A+C}{2} \times L =$	$\frac{B+D}{2} \times L =$
0+100	C	D			
JUMLAH				ΣE	ΣF

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

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan jalan adalah kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 208). Jenis kontruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- 1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur (Silvia Sukirman, 1999).

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

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

2.9.1 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Lentur

- a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.25 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.

- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- d) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan 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.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah :

1. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
2. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
3. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
4. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
5. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.9.2 Perhitungan CBR Tanah Dasar

a) Data Penyelidikan Tanah

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

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASTHO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil

nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analisis dan grafis.

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

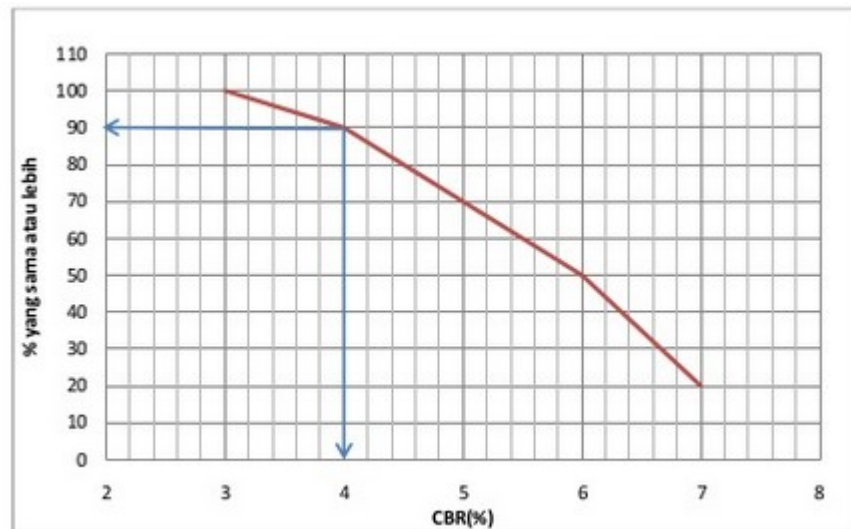
$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R}$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.20 di bawah ini:

Tabel 2.20 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 Sukirman, 1993)



Gambar 2.27 Grafik CBR 90%

b. 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%.

2. Analisa

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

3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

a. Sifat-sifat Indeks (Indeks Properties) yaitu meliputi Gs (Specific Gravity), WC (Water Content), γ (berat isi), e (angka pori), n (Porositas), Sr (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 standat

b. Pemadatan modifikasi

c. Di lapangan dicek dengan *Sandcone* $\pm 100\%$ γ d maks

4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ d maks dan W_{opt}

CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

b) Data Penyelidikan Material

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

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan 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.

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

- b. Tanah berbutir halus
- c. Tanah berbutir kasar

2.9.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

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

2.9.4 Kriteria Perancangan

- 1) Lalu lintas
 - a) Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

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

Tabel 2.21 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
------------------------	--------------

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

b) Distribusi kendaraan per lajur rencana

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

Tabel 2.22 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475

4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

c) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

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

$$LEF = \frac{W t 18}{W t x}$$

$$\text{Log} \left(\frac{W t x}{W t 18} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (L x + L 2) + 4,33 \log L 2 +$$

$$\frac{\log \left(\frac{\Delta I P}{I P 0 - I p f} \right)}{0,40 + \frac{0,081 (L x + L 2)^{3,23}}{(S N + 1)^{5,19} \cdot L 2^{3,23}}} - \frac{\log \left(\frac{\Delta I P}{I P 0 - I p f} \right)}{0,40 + \frac{0,081 (18+1)^{3,23}}{(S N + 1)^{5,19}}}$$

Keterangan :

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

Wtx : Angka beban sumbu x pada akhir waktu t

Wt18 : Angka 18-kip (80 Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t

Lx : Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem

L2 : Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)

- SN : Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah
- ΔIP : Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)
- IPf : Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18})

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

$$w_{18} = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}_{18}$$

Keterangan :

- w_{18} : Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun
- DL : Faktor distribusi lajur pada lajur rencana
- \hat{w}_{18} : Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari, sesuai persamaan dibawah ini

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

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right)$$

Keterangan :

$W_t = W_{18}$: Jumlah beban sumbu tunggal standar komulatif pada lajur

- rencana
- w_{18} : Beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana
- n : Umur rencana pelayanan (tahun)
- g : Perkembangan lalu lintas (%)

2) Tingkat kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi (w_{18}) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang seksi perkerasannya akan bertahan (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.23 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

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

deviate, Z_R). Tabel 2.22 memperlihatkan nilai Z_R untuk tingkat pelayanan tertentu. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.23 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 – 99.9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

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

Tabel 2.24 Deviasi Normal Standar (Z_R) Untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)

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

85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750
-------	---------	-------	---------	-------	---------

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

3) Drainase

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

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

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

$$t = T50 \cdot md \cdot 24$$

Keterangan :

t : Time-to-drain (jam)

T50 : Time factor

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

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

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S1) dengan persamaan berikut :

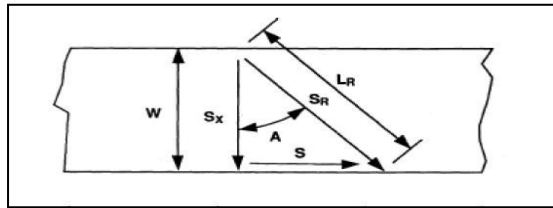
$$S1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H}$$

Keterangan :

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

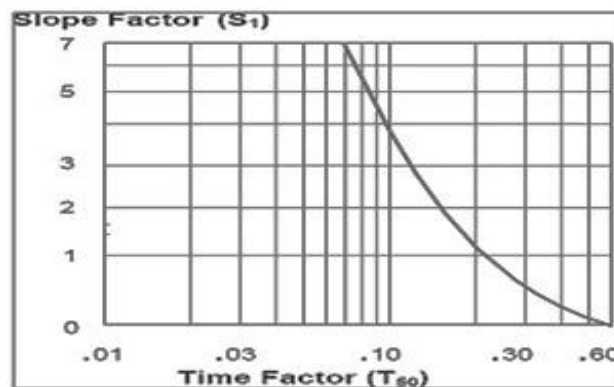
$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

H : Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.28 Geometri Jalan (ERES-1999 Dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.29, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.29 Grafik Time Factor Untuk Derajat Kejenuhan 50%

(FHWA, 2006)

Nilai “ m_d ” pada dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H}$$

Keterangan :

n_e : Porositas efektif lapisan drainase

k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai Persamaan

2.8 atau Gambar 2.24.

L_R : Resultan panjang (feet)

H : tebal lapisan drainase dalam feet

$$k = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D 10^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P 200^{0,597}}$$

Keterangan :

k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P_{200} : Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen

D_{10} : Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relative dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

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

Keterangan:

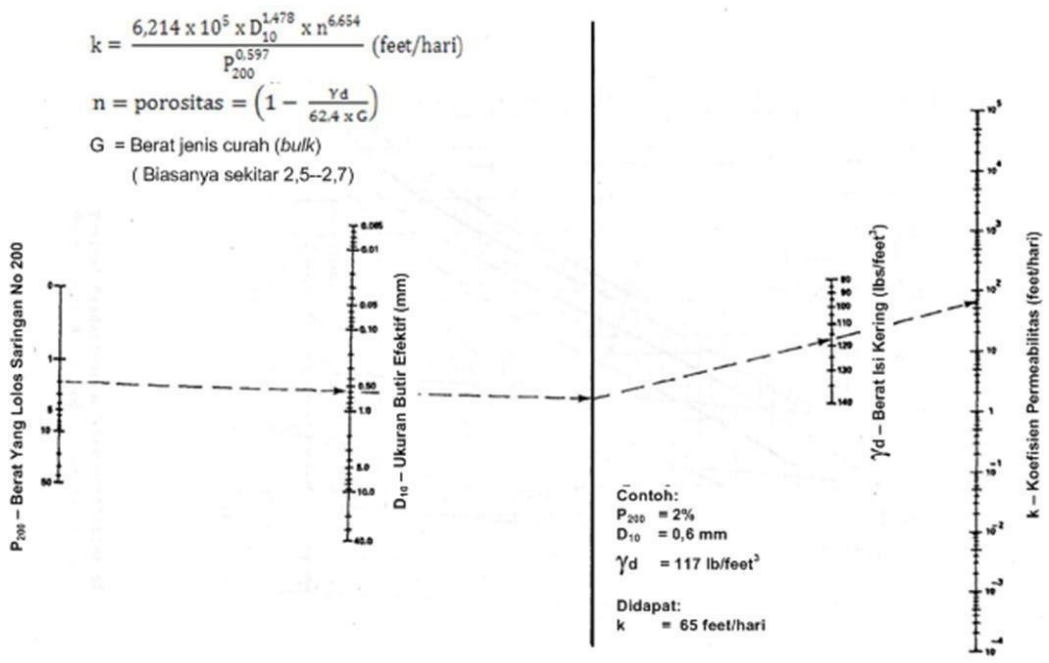
n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total berat.

γ_d : Kepadatan kering dalam lb/ft³

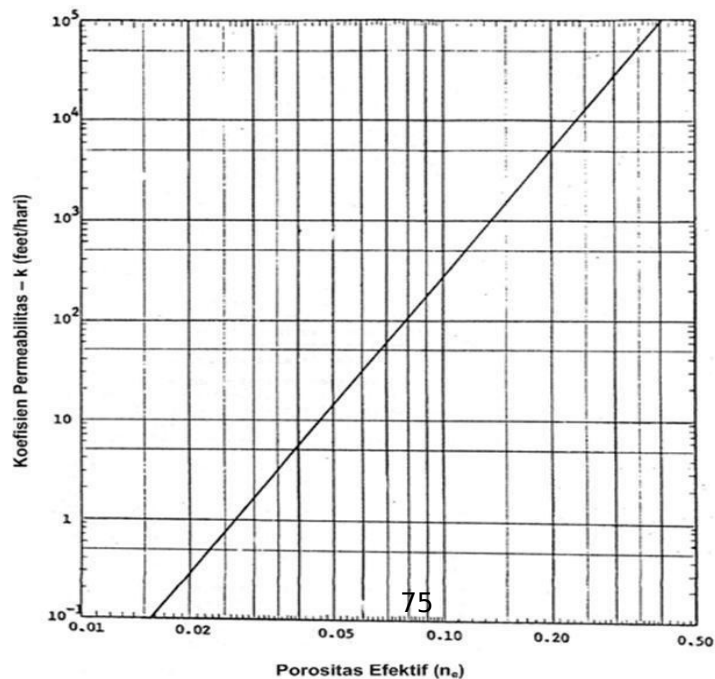
G : Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5-2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.31



Gambar 2.30 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granural Dan Material Filter (FHWA, 1990)



Gambar 2.31 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif,
 N_e (FHWA, 1990)

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

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

Keterangan :

S_R : Resultan kemiringan (%)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

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

Keterangan :

L_R : Resultan panjang (feet)

W : Lebar lapisan drainase (feet)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- e) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1)

- f) Persamaan untuk menghitung faktor “ m_d ”

- g) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain*

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

- Hitung nilai koefisien permeabilitas (k)
- Hitung nilai porositas material (n)
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e)
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R)

- Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R)
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, (S_i))
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50})
- Hitung faktor “ m_d ”
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t)
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase.
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas system drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25 Definisi Kualitas Drainase

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

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

Tabel 2.24 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.26 Koefisien Drainase (M) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base* dan *Subbase*

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

4) Kinerja Perkerasan

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

Indeks pelayanan awal (IP_0) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan- jalan utama, indeks pelayanan akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan- jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

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

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.28 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.27 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IP_t)
Bebas Hambatan	>2,5
Arteri	>2,5
Kolektor	>2,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.28 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis Perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Latan/AC) dan lapis beton	> 4

aspal modifikasi (laston Modifikasi /AC-mod)	
Lapis tipis beton aspal (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5) Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

● CBR segmen jalan

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

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

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F}$$

Keterangan :

CBR_{segmen} : Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBR_{maksimum} : Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBR_{minimum} : Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBR_{rata-rata} : Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F : Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29 Nilai F Untuk Perhitungan CBR Segmen

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

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

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

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

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

6) Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.30. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

Tabel 2.30 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (A)

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

Lapis pondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
Lapis pondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
Lapis pondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis pondasi lapen								0,190	
CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

7) Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalulintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.31 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.31 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 (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

≥ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
-----------	---	----------------------------------

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

7) 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 2.32 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.32 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

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

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.33 Pemilihan Tebal Lapisan Beraspal Berdasarkan ITP atau SN

SN	Tebal Minimum	Bahan
	(Cm)	
< 3,00	15	Batu Pecah, Stabilitas Tanah Dengan Semen, Stabilitas Tanah Dengan Kapur
3,00 - 7,49	20	Batu Pecah, Stabilitas Tanah Dengan Semen, Stabilitas Tanah Dengan Kapur
	10	LASTON ATAS
7,49 - 9,99	20	Batu Pecah, Stabilitas Tanah Dengan Semen, Stabilitas Tanah Dengan Kapur, Pndasi Macadam
	15	LASTON ATAS
10,00 - 12,24	20	Batu Pecah, Stabilitas Tanah Dengan Semen, Stabilitas Tanah Dengan Kapur, Pndasi Macadam, Lapen, Laston Atas
> 12,25	25	Batu Pecah, Stabilitas Tanah Dengan Semen, Stabilitas Tanah Dengan Kapur, Pndasi Macadam, Lapen, Laston Atas

(Sumber : Silvia Sukirman, 2010)

2.9.5 Prosedur perancangan perkerasan lentur

1) Persamaan Dasar

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

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

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

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

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

S_0 : yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP : yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

Mr : yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

IP_f : yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Estimasi Lalu lintas

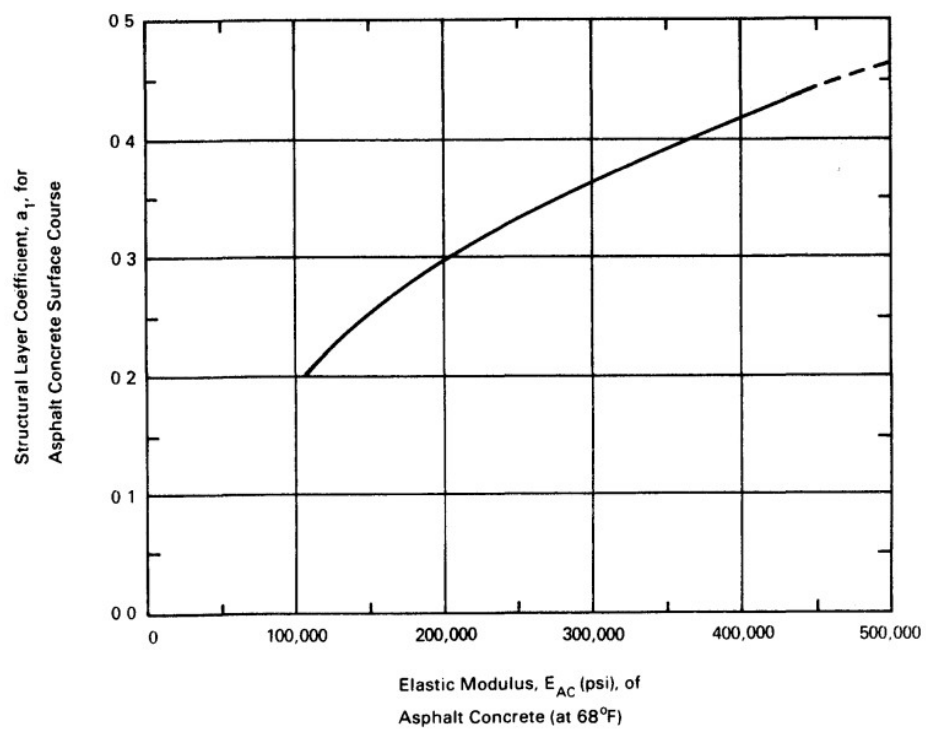
Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18}) adalah sesuai prosedur.

3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

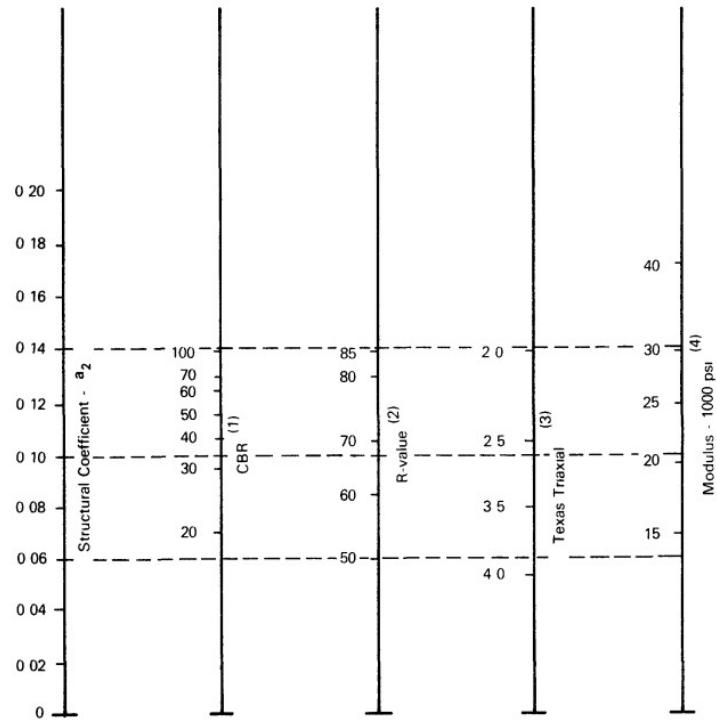
Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

4) Modulus Resilien tanah dasar efektif

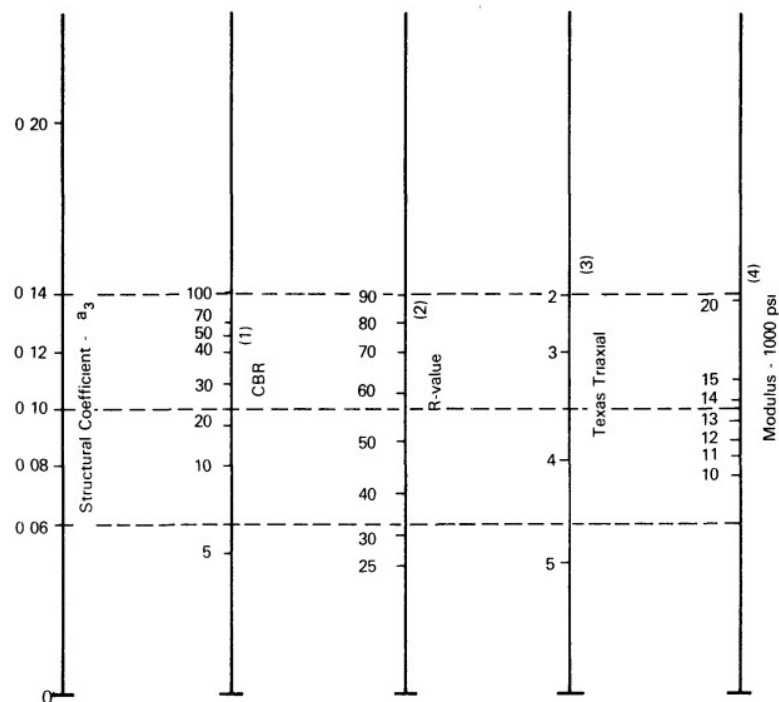
Untuk menentukan modulus resilien akibar variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.



Gambar 2.32 Koefisien Lapis Permukaan Menurut AASHTO 1993



Gambar 2.33 Koefisien Lapis Pondasi Atas Menurut AASHTO 1993



Gambar 2.34 Koefisien Lapis Pondasi Bawah AASHTO 1993

5) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Keterangan :

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

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

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

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

6) Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks

pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.

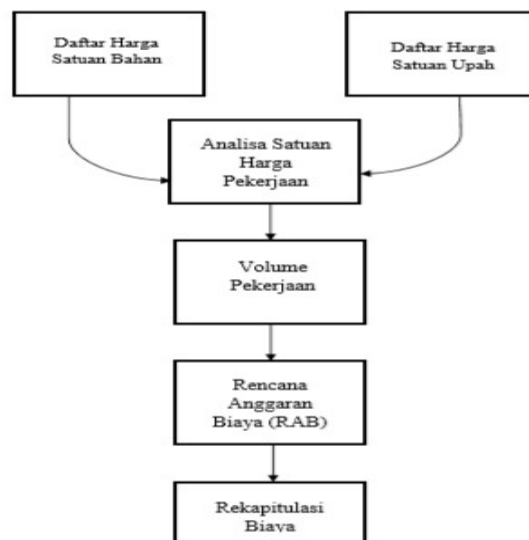
– Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

2.10 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat

kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin. (Hafnidar A. Rani, 2016).

. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.35.



Gambar 2.35 Tahapan Estimasi Biaya

2.10.1 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 :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.10.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

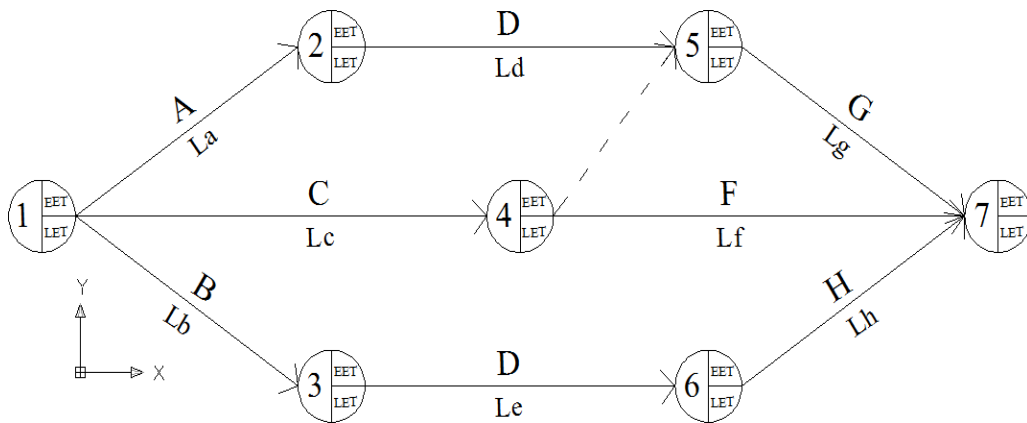
2.10.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

- a. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- b. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.

- c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

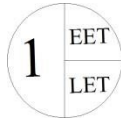
Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.35 dibawah ini



Gambar 2.36 Sketsa Network Planning

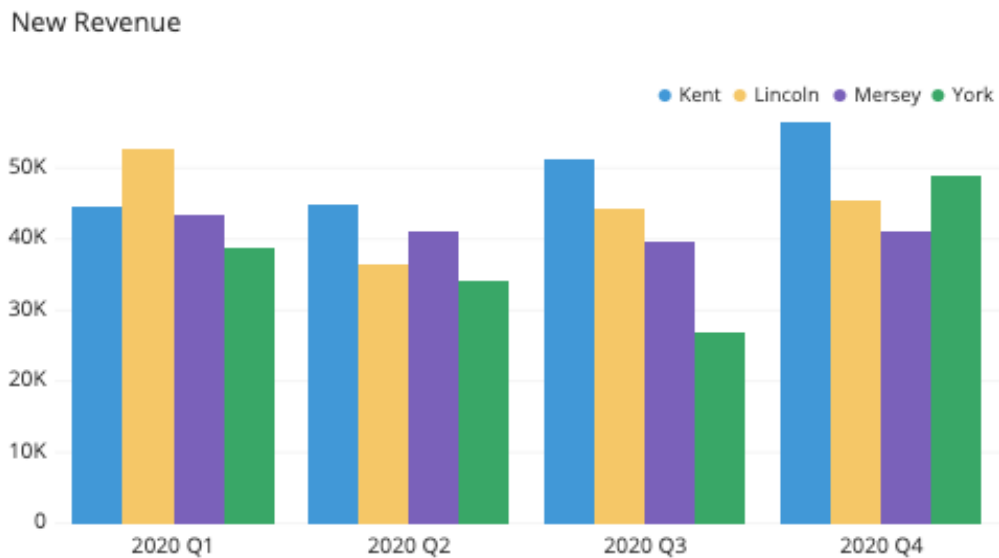
Keterangan :

- a. \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.
- b. \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c. \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d. $- - - - \rightarrow$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak

- menekan waktu.
- e.  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.
- f. 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.
- g.

2.10.4 *Barchart*

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahn-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Ervianto 2002).



Gambar 2.37 Contoh Barchart

2.10.5 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan dan jumlah harga penawaran. (Wulfram I. Ervianto 2002).

WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)																				
PROYEK PEMBANGUNAN insinyurblog.com																				
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	WAKTU PELASANAAN																
				JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL				KET
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pekerjaan Pendahuluan	25.697.028,00	6,91	3,5	3,5															
2	pekerjaan Pondasi	64.896.432,00	17,45			5,8	5,8	5,8												
3	Pekerjaan Struktur	120.000.000,00	32,27					8,1	8,1	8,1	8,1									
4	Pekerjaan Dinding Bata	4.300.000,00	1,16						0,3	0,3	0,3	0,3								
5	Pekerjaan Pintu, Kusen, dan Jendela	26.000.000,00	6,99						1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2					
6	Pekerjaan Instalasi Listrik	13.000.000,00	3,50									0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
7	Pekerjaan Sanitasi	18.000.000,00	4,84									0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
8	Pekerjaan Atap	75.000.000,00	20,17										4	4	4	4	4			
9	Perkerjaan finishing	25.000.000,00	6,72													1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Jumlah		371.893.460,00	100,00																	
RENCANA PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	3,5	5,8	5,8	14	9,5	9,5	11	6,6	6,30	6,30	6,5	6,5	2,4	1,9	1,3	
KOMULATIF PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	6,9	13	19	32	42	51	62	69	75,0	81	88	94	97	99	100	

Gambar 2.38 Contoh Kurva S