

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik

Secara umum perencanaan geometrik adalah perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, drainase, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, jalur lalu lintas, galian dan timbunan serta kombinasi antara bagian-bagian tersebut. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan ruang. Dasar dalam perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

Menurut Shirley L. Hendarsin dalam bukunya Perencanaan Teknik Jalan Raya, (2000) perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. Definisi lain dari perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah (Sukirman, 1994). Menurut Sukirman(1994) bahwa Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data – data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi surtu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

Kondisi jalan yang bagus adalah jalan yang mampu melayani arus barang dan jasa dengan baik, dalam segi kapasitas maupun kualitas jalan tersebut. Secara umum, perencanaan jalan meliputi perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur jalan. Perencanaan struktur jalan, dibagi menjadi 2 macam (Departemen Pekerjaan Umum tahun 1987), yaitu:

- Perencanaan perkerasan jalan baru (*New Construction*);
- Peningkatan perkerasan jalan lama (*Overlay*).

2.2 Klasifikasi Jalan

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

2.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota terbagi atas :

a. Jalan arteri

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

b. Jalan kolektor

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

c. Jalan lokal

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

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

No.	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
1.	Jalan Arteri	I	>10
		II	10
		IIIA	8
2.	Jalan Kolektor	IIIA IIIB	8

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan geometrik Antar kota, hal 4 ; 1997

2.2.3 Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970)

Dapat dikelompokkan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp)
1.	Jalan Arteri	I	>20.000
2.	Jalan Kolektor	IIA	6.000 – 20.000
		IIB	1500 – 8000
		IIC	<2000
3.	Jalan Lokal	III	-

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970)

2.2.4. Klasifikasi menurut medan jalan

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan geometrik Antar kota, hal 5 ; 1997

2.2.5. Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang dan pembinaan jalan

Pada klasifikasi jenis ini, suatu ruas jalan dapat dibedakan menjadi beberapa golongan yaitu :

- a. Jalan negara, yaitu : jalan yang menghubungkan ibukota provinsi
- b. Jalan provinsi, yaitu : jalan yang menghubungkan antar kota didalam suatu provinsi
- c. Jalan Kabupaten atau kotamadya, yaitu : jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya
- d. Jalan desa, yaitu : jalan yang ada pada lingkungan suatu desa

2.3 Data Perencanaan Konstruksi Jalan Raya

Menurut Sukirman (1994) bahwa perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah diaman ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan serta desain dari bangunan pelengkap jalan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

2.3.1 Data lalu lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan lainnya.

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 satuan kendaraan per jam (kend/jam).

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

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

2.3.2 Data peta topografi

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

1. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.
2. Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik kontrol *vertical* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.

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

2.3.3 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

Penelitian data tanah tanah yang terdiri dari sifat–sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASTHO (*The American Assosiation of state Highway and transportation officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = (\text{CBR rata-rata} - \text{CBR minimum}) / R$$

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

Tabel 2.4 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 : Modul perkerasan mata kuliah perencanaan perkerasan 1

b. Cara Grafis

Prosedur cara grafis sebagai berikut :

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

2. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASTHO (*The American Assosiation of state Highway and transportation officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

Pengujian tanah pada laboratorium biasanya bertujuan untuk mendapatkan data mengenai :

- a. Sifat-sifat indeks (*Indeks Propeties*) yaitu meliputi G_s (*Spesific Gravity*), w_N (*Natural Water Content*), γ (berat isi), e (angka pori), n (porositas), S_r (derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 1. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 2. Batas-batas *Atterberg* (*Atterberg Limits*)
 3. Pematatan : γ_d maks dan w optimum
 4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pematatan γ_d maks dan w optimum.

2.3.4 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 yang akan dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium
2. Penyelidikan lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangun pelengkap jalan.

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perancangan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang dibuat dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai fungsinya. Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

- a. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup untuk manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
- b. Menjamin suatu perancangan ekonomis
- c. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*)

Berikut adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya antar lain :

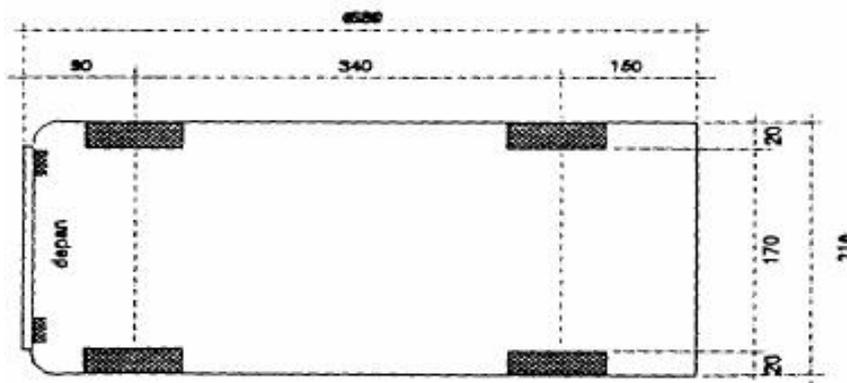
2.4.1 Kendaraan rencana

Merupakan kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.5, dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.1, 2.2, 2.3.

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

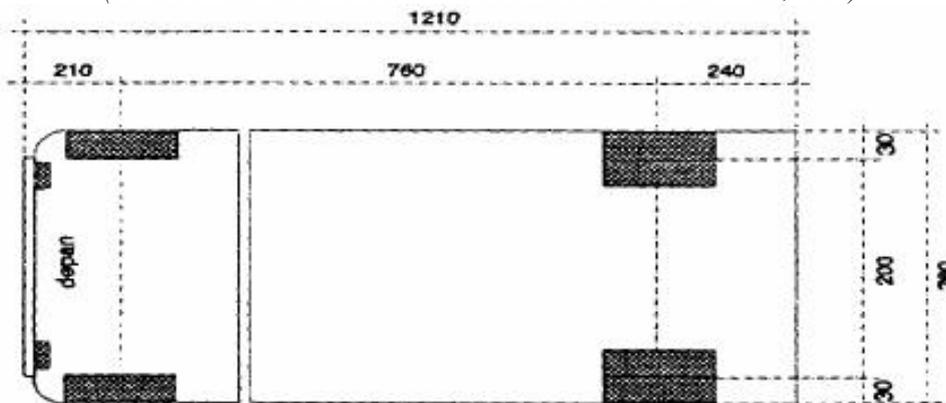
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panj	Depan	Belakang	Min	Mak	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 6: 1997



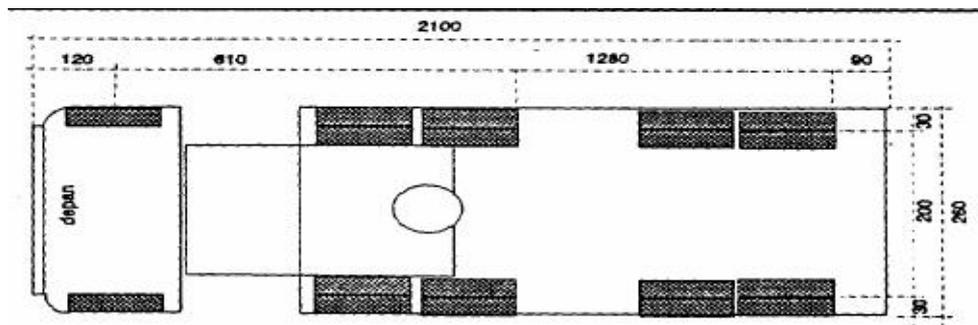
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

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

2.4.2 Kecepatan rencana

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

- Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
- Cuaca
- Adanya gangguan dari kendaraan lain
- Batasan kecepatan yang diijinkan

Kecepatan rencana inilah yang menjadi dasar perencanaan geometrik (alinyemen).

Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Kelas 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 hal 11, 1997)

2.4.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal ini kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP atau

satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan menggunakan SMP (Hendarsin, 2000).

Tabel 2.7 Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

Sumber : Buku Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Raya hal 3, 1997

2.4.4 Volume lalu lintas rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

2.5 Bagian – Bagian Jalan dan Penentuan Trase Jalan

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

2.5.1 Daerah Manfaat Jalan (Damaja)

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

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan

- c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

2.5.2 Daerah Milik Jalan (Damija)

Daerah Milik Jalan (Damija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan setinggi 5 eter dan kedalaman 1,5 meter.

2.5.3 Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja)

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

- Jalan arteri minimum 20 meter
- Jalan kolektor minimum 15 meter
- Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas. Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 2.4



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

Gambar 2.4 Bagian Jalan

Dalam pembuatan jalan harus ditentukan juga trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal maka harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :

a. Syarat ekonomis

Di dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut :

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

b. Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut, oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.6 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan terdiri dari :

2.6.1. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Lebar jalur lalu lintas sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil dapat saling berpapasan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu :

- a. 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur - n lajur - 2 arah (n1/2 B)

Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- a. 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton

b. 4 – 5% untuk perkerasan kerikil

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dari kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Lebar Lajur Jalan Ideal

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota hal 17; 1997

2.6.2 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Secara fisiknya median dapat dibedakan atas median yang direndahkan dan median yang ditinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50 meter.

2.6.3 Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak ditepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan dengan kemiringan normal 3–5 %

2.6.4 Jalur pejalan kaki

Jalur pejalan kaki merupakan fasilitas yang berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas.

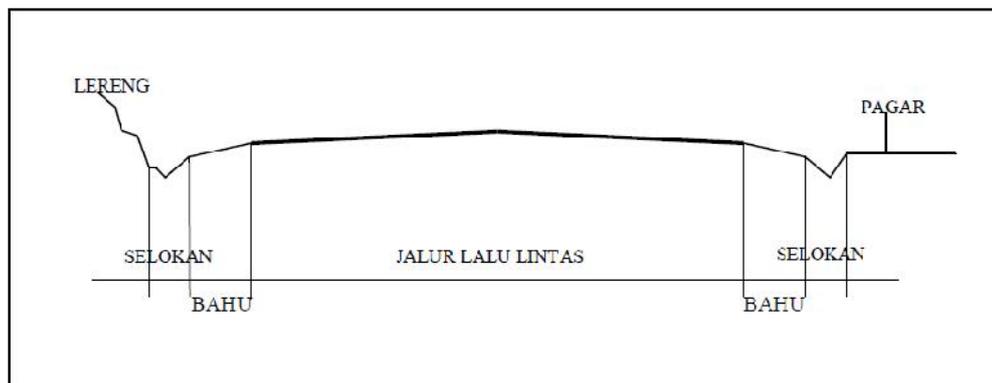
2.6.5 Selokan

Selokan dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat air hujan dan bertujuan untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama (yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan).

2.6.2 Lereng

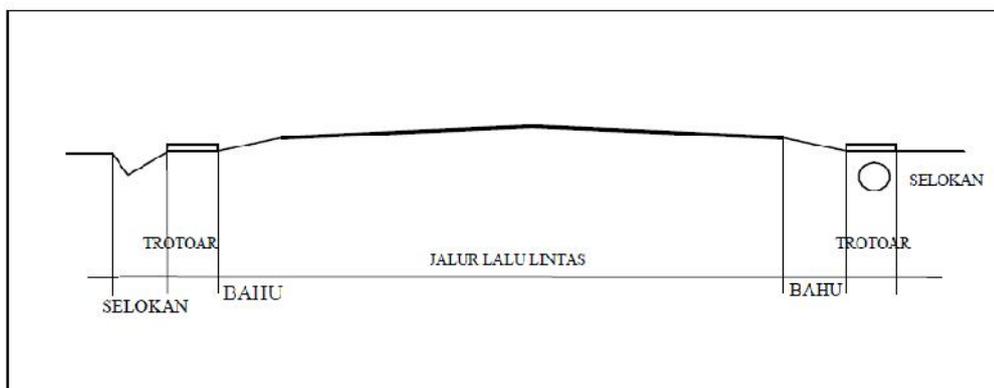
Lereng merupakan bagian dari kondisi alam yang tidak terkena pengaruh dari perencanaan suatu ruas jalan. Lereng alam ini biasanya berupa bukit yang harus diperkuat untuk melindungi lereng timbunan atau galian dan menahan gerusan air.

Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal-tipikal diatas dapat dilihat pada gambar 2.5, 2.6, dan 2.7



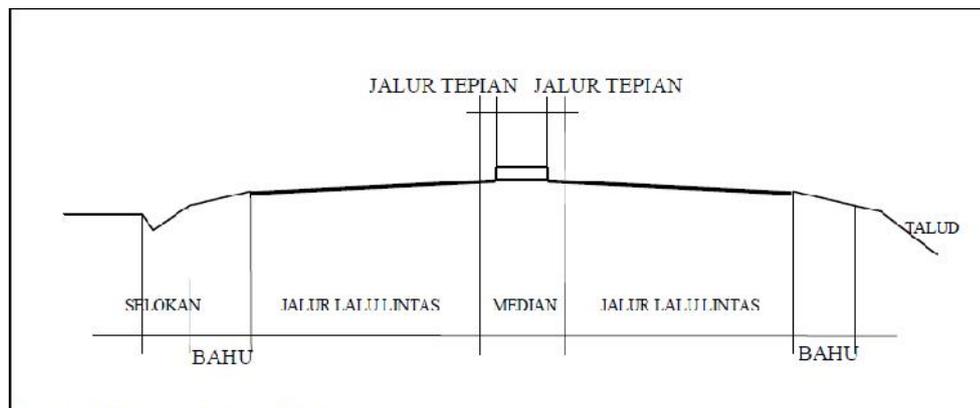
(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Gambar 2.5 Tipikal Penampang Melintang Jalan



(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Gambar 2.6 Tipikal Penampang Melintang Jalan Yang Dilengkapi Trotoar



(Sumber : Ditjen Bina Marga, 1997)

Gambar 2.7 Tipikal Penampang Melintang Jalan Yang Dilengkapi Median.

2.7 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandang terdiri dari :

2.7.1 Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti.

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 21 ; 1997

2.7.2 Jarak pandang mendahului (Jd)

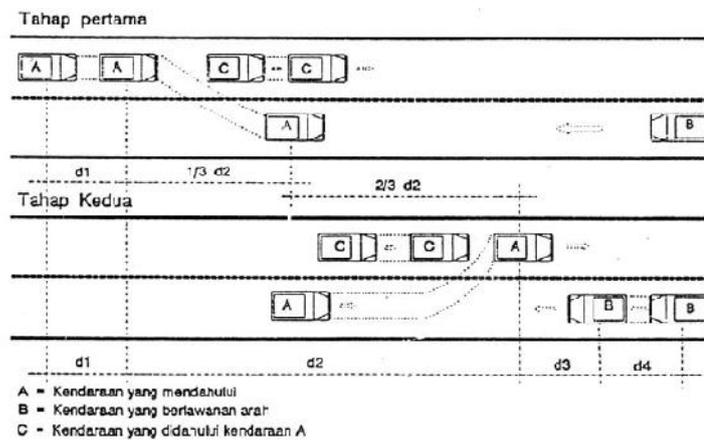
Jarak pandang mendahului (Jd) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula. Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.10 Jarak Pandang Mendahului

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota, hal 22 ; 1997

Daerah yang mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut. Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

Jarak pandang mendahului, dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Dimana : d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali kelajur semula.

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

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Rumus yang digunakan adalah

$$d_1 = 0,278 T_1 ((V_r - m + (a \cdot T_1)/2)$$

$$d_2 = 0,278 V_r T_2$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

Tabel 2.11 Nilai D3 Dilihat Dari Nilai V_r

V_r Km/jam	50 – 65	65 – 80	80 – 95	95 – 110
d_3 (m)	30	55	75	90

Sumber : *Perencanaan Teknik Jalan Raya (Hendarsin), hal 92 ; 2000*

$$d_4 = 2/3 d_2$$

dimana :

$$T_1 = \text{Waktu dalam detik, } (2,12 + 0,026 V_r)$$

$$T_2 = \text{Waktu kendaraan berada dijalur lawan (detik), } (6,56+0,048 V_r)$$

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

$$m = \text{Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10-15 km/jam)}$$

2.8 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal atau trase jalan merupakan gambaran badan jalan yang tegak lurus bidang. Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut akan merupakan jalan lurus, berbelok kekiri atau ke kanan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus, dan bagian lengkung yang disebut tikungan. Pada perhitungan alinyemen horizontal terdapat perhitungan yaitu :

2.8.1 Bagian Lurus Jalan

a. Menentukan titik koordinasi

Berdasarkan gambar rencana yang telah dibuat, maka dapat ditentukan titik koordinat.

b. Menentukan panjang garis tangen

Dalam perencanaan suatu geometrik kita perlu menghitung berapa nilai jarak yang kesmudian digunakan untuk perhitungan tikungan. Dengan mengetahui titik-titik koordinat di setiap tikungan, kita dapat Menentukan jarak trase dari titik A (awal proyek) ke titik B (akhir proyek).

$$d = \sqrt{(Xb - Xa)^2 + (Yb - Ya)^2}$$

Keterangan:

d = jarak antar tikungan

Xb = koordinat titik PI.1 pada sumbu X

Xa = koordinat titik A pada sumbu X

Yb = koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

Ya = koordinat titik A pada sumbu Y

c. Menghitung sudut antara dua tangen

Dalam perencanaan suatu geometrik kita perlu menghitung berapa nilai sudut antara dua tangen (Δ) yang kemudian digunakan untuk perhitungan tikungan. Untuk menghitung nilai delta, terlebih dahulu kita harus mencari nilai alfa dengan rumus :

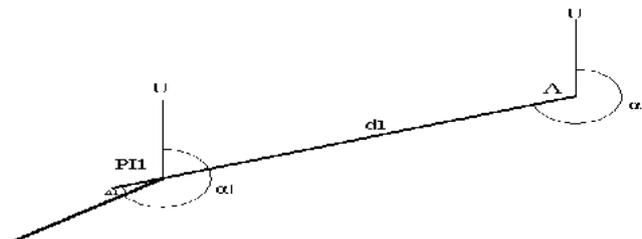
Perhitungannya :

$$\alpha A = \text{arc tg} \frac{(X1 - XA)}{(Y1 - YA)}$$

$$\Delta_1 = \alpha 1 - \alpha A$$

Keterangan : αA = Sudut jurusan titik A

Δ_1 = Sudut azimuth pada titik PI1



Gambar 2.9 sudut Δ pada Titik P11

d. Menentukan golongan medan

Berfungsi untuk menentukan kelandaian yang akan direncanakan berdasarkan jarak pandang

2.8.2 Tikungan

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

1. Jari-jari lengkung minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Untuk pertimbangan perencanaan, panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan) Untuk $e_{\text{mak}} = 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

Sumber : Tata cara perencanaan jalan Geometrik antar Kota, hal 28; 1997

2. Jenis-jenis tikungan

Jenis tikungan yang umumnya digunakan dalam perencanaan suatu jalan raya antara lain :

a. Bentuk Lingkaran (*Full Circle = FC*)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *full circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *full circle* ditunjukkan pada tabel 2.13

Tabel 2.13 Jari-Jari Tikungan Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

Sumber : Tata cara perencanaan jalan Geometrik antar Kota, hal 30; 1997

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$Tc = Rc \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Ec = Tc \tan^{1/4} \Delta \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \Delta Rc \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana

= sudut tangen

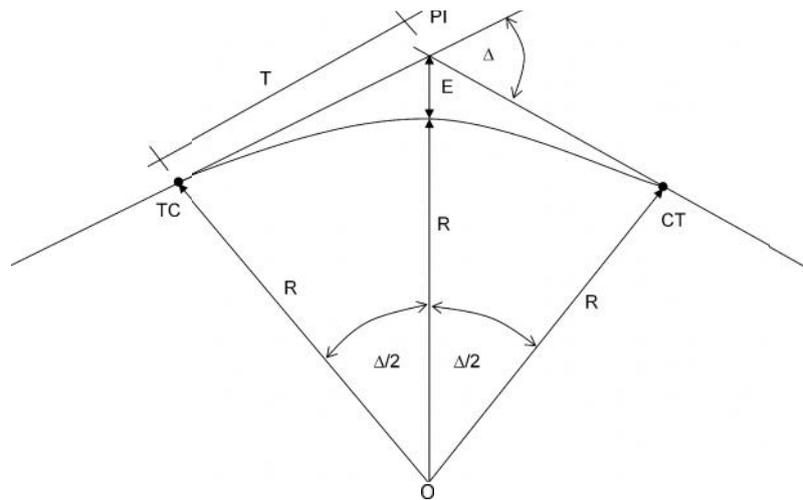
Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT

Rc = Jari-jari Lingkaran

Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Komponen-komponen untuk tikungan lingkaran penuh dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Komponen Lingkaran Penuh

b. Lengkung peralihan (*Spiral – Circle – Spiral = S – C – S*)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari 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. Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (*clothoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan *S – C – S*. Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi shortt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Berdasarkan tingkat kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_R \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det³

e = Super elevasi (%)

e_m = Superelevasi Maksimum (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan sebagai berikut :

- Untuk V_R 70 km/jam nilai r_e mak = 0,035 m/m/det
- Untuk V_R 80 km/jam nilai r_e mak = 0,025 m/m/det

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral – circle – spiral* yaitu :

$$X_S = L_S \left(1 - \frac{L_S^2}{40R_c^2} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Y_S = \frac{L_S^2}{6R_c} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\theta_S = \frac{90 L_S}{\pi R_c} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$p = \frac{L_S^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_S) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$K = L_S \left(1 - \frac{L_S^2}{40R_c^2} \right) - R_c \sin \theta_S \dots\dots\dots(2.11)$$

$$T_S = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.12)$$

$$E_S = \frac{(R_c + p)}{\cos \frac{1}{2}(\Delta)} - R_c \dots\dots\dots(2.13)$$

$$L_C = \frac{(\Delta - 2\theta_S)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots(2.14)$$

$$L_{total} = L_C + 2 L_S \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\text{Kontrol : } L_{total} \leq 2 . T_S$$

Dimana :

L_S = Panjang Lengkung Peralihan

X_S = absis titik S_c pada garis tangen, jarak dari titik T_S ke S_C

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

L_c = panjang busur lingkaran

T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau titik ST

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = sudut lengkung spiral

Δ = sudut tangen

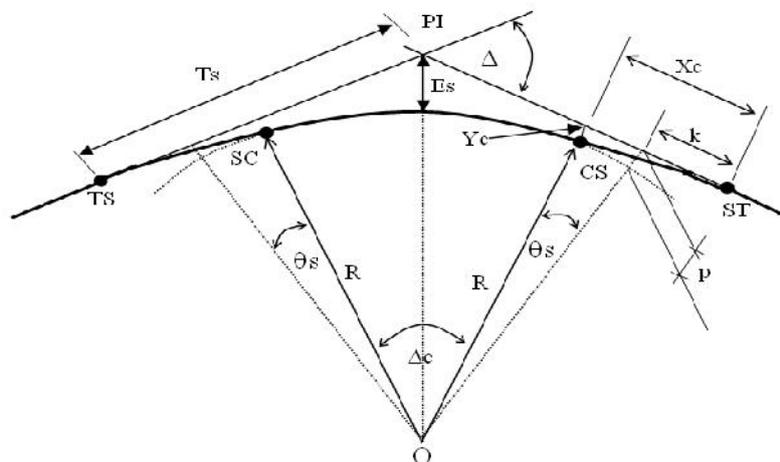
R_c = jari-jari lingkaran

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk $S - C - S$, tetapi digunakan lengkung $S - S$, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral - circle - spiral* dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Komponen Tikungan Lengkung Peralihan

c. Bentuk lengkung peralihan (*Spiral - Spiral = S - S*)

(*Spiral - Spiral = S - S*) yaitu bentuk tikungan yang digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

Untuk *Spiral - Spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \Delta \dots\dots\dots(2.16)$$

$$L_{total} = 2L_s \dots\dots\dots(2.17)$$

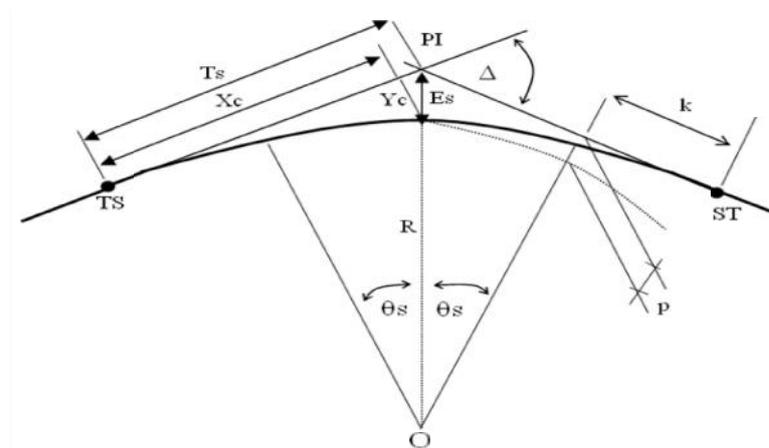
Untuk menentukan L_s , dapat menggunakan rumus :

$$Y_S = \frac{(\theta_s \cdot \pi \cdot R_c)}{90} \dots \dots \dots (2.18)$$

Kontrol : $L_{total} \leq 2 \cdot T_s$

Sedangkan untuk nilai p , k , T_s , dan E_s dapat juga menggunakan rumus (2.10) sampai (2.13)

Komponen-komponen untuk tikungan *Spiral – Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.12



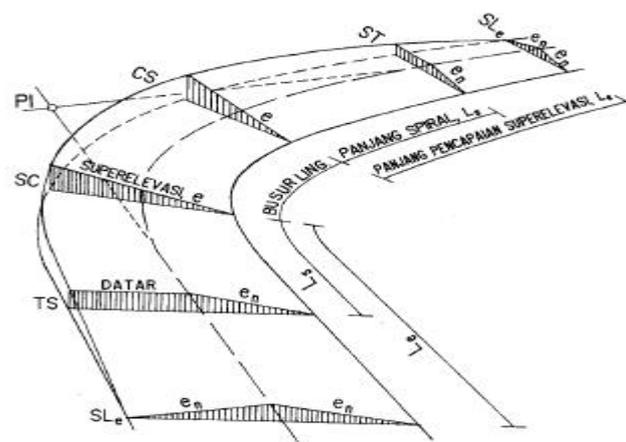
Gambar 2.12 Komponen Tikungan Peralihan (*Spiral – Spiral*)

3. Pencapaian superelevasi

Adapun ketentuan-ketentuan dalam pencapaian superelevasi untuk semua jenis tikungan tersebut antara lain :

- a. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. Pada tikungan S – C – S , 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)
- c. Pada tikungan F – C, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.

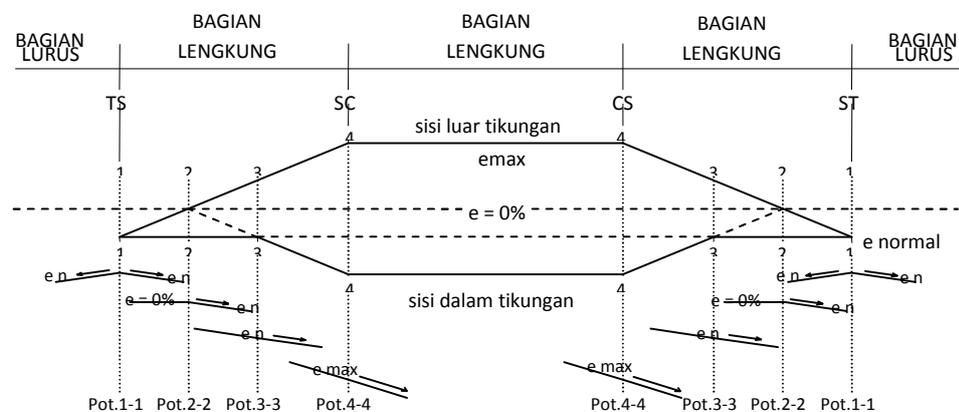
- d. Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).



Gambar 2.13 Pencapaian Superelevasi

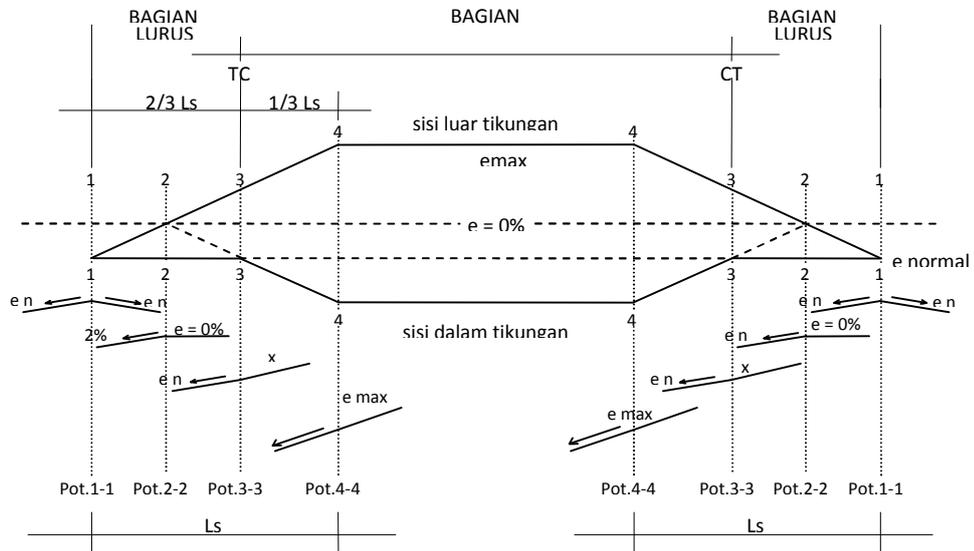
4. Diagram superelevasi

Metoda 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. Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada gambar 2.14



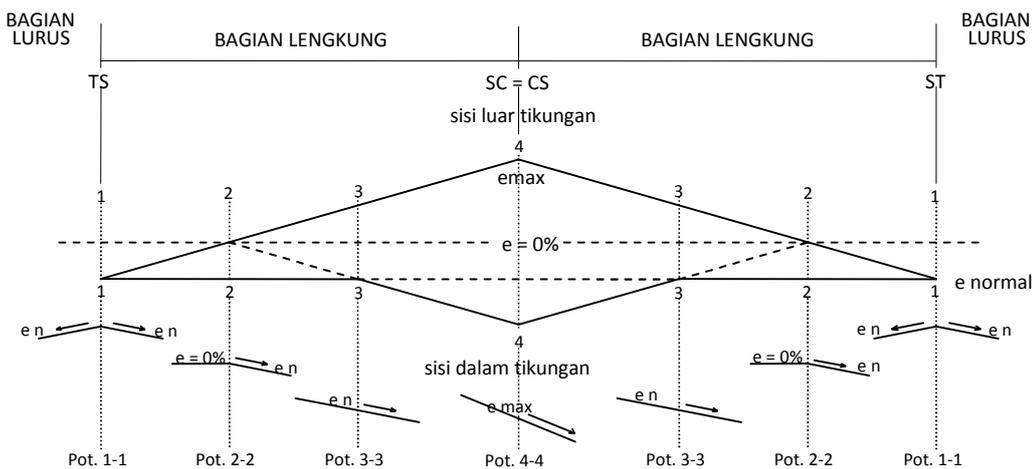
Gambar 2.14 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Lengkung Peralihan *Spiral – Circle – Spiral* (Contoh Untuk Tikungan Kanan)

Untuk tikungan *full circle*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Lingkaran Penuh *Full Circle* (Contoh Untuk Tikungan Kanan)

Untuk tikungan *Spiral – spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Lengkung Peralihan *Spiral – Spiral* (Contoh Untuk Tikungan Kanan)

5. Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

Rumus yang digunakan :

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots \dots (2.19)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots (2.20)$$

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

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

$$b = Bt - Bn$$

Dimana :

b = Lebar kendaraan, (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut θ , m

R = radius lajur sebelah dalam/jari-jari tikungan, (m)

V = kecepatan, (km/jam)

Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

Bt = lebar total perkerasan di tikungan

Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

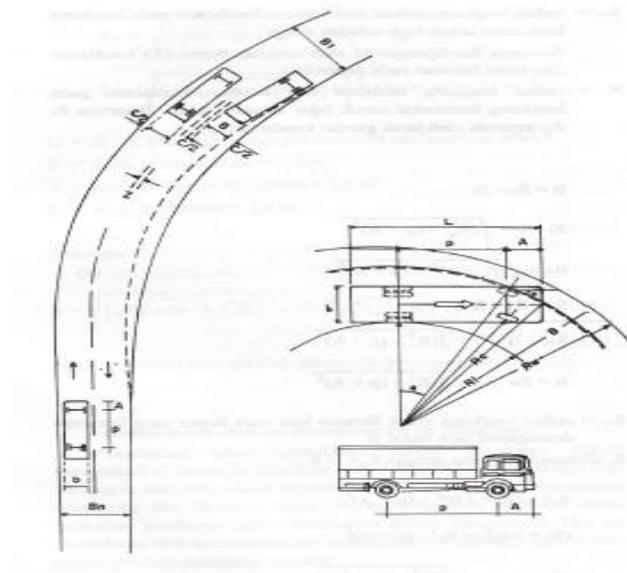
n = jumlah lajur

B = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)

C = kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

b = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m)



Gambar 2.17 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

6. Perhitungan kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda disisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungna dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- a. Berdasarkan jarak pandangan henti

$$M = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.21)$$

- b. Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots(2.22)$$

Dimana :

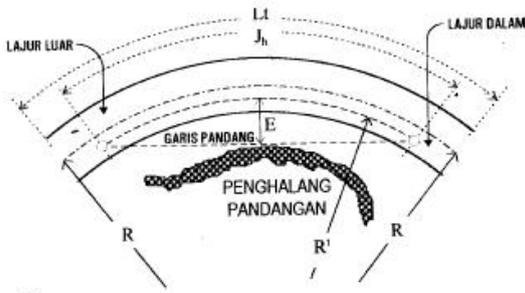
M = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam, (m)

θ = Setengah sudut pusat sepanjang L , ($^{\circ}$)

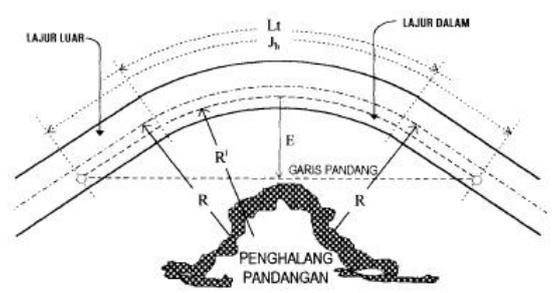
R = Radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

S = Jarak Pandangan, (m)

L = Panjang Tikungan, (m)



Gambar - 5.10 : Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h < L_t$.
dari TPGJAK



Gambar - 5.11 : Daerah bebas samping di tikungan, untuk $J_h > L_t$.
dari TPGJAK

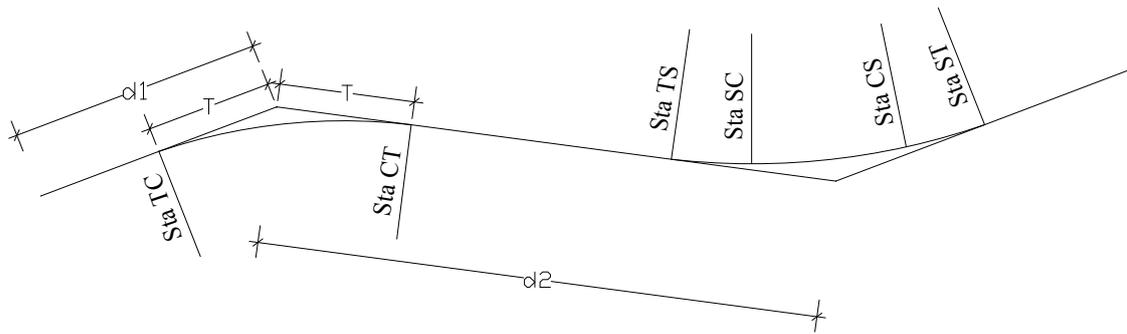
Gambar 2.18 Kebebasan Samping Pada Tikungan

7. Penentuan titik *stasioning*

Penentuan titik *stasioning* (STA) bertujuan untuk mengetahui panjang jalan yang direncanakan. Penomoran (*Stasioning*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai saran komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- 1) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- 2) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- 3) Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Sistem Penomoran Jalan

2.9 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal merupakan garis potong bidang vertikal melalui sumbu jalan atau tepi dalam masing-masing perkerasan jalan yang bersangkutan. Pada pemilihan alinyemen ini juga berkaitan dengan adanya pekerjaan galian dan timbunan tanah. 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 = 0 (datar).

Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam alinyemen vertikal sebagai berikut :

- 1) Topografi
- 2) Kecepatan rencana
- 3) Fungsi Jalan
- 4) Tebal perkerasan
- 5) Tanah dasar
- 6) Kedudukan tinggi landai kendaraan

Pada alinyemen vertikal akan ditemui berbagai keadaan antar lain :

2.9.1 Kelandaian

Kelandaian pada alinyemen vertikal jalan dapat dibedakan atas :

a. Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang

dari separuh kecepatan semual tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana dapat dilihat pada tabel 2.14 :

Tabel 2.14 Kelandaian Maksimum yang diizinkan :

V _R (Km/Jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Geometrik Antar Kota : 1997

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus lalu lintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25km/jam. Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_r. Panjang kritisi landai tersebut ditunjukkan tabel 2.15

Tabel 2.15 Panjang Kritis Landai

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 Jalan Geometrik Antar Kota : 1997

b. Kelandaian minimum

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

- 1) Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kerb
- 2) Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kerb

- 3) Landai minimum sebesar 0,3-0,5% dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb.

c. 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 jalur pendakian dengan kecepatan dibawah V_r , sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan V_r , sebaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup). Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

1) Berdasarkan MKJI (1997)

Penentuan lokasi lajur pendakian harus dapat dibenarkan secara ekonomis yang dibuat berdasarkan BSH, sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.16

Tabel 2.16 Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus Jalan Luar Kota

Panjang	Ambang Arus Lalu Linta (kend/jam), tahun 1 jam puncak		
	Kelandaian		
	3%	5%	7%
0,5 km	500	400	300
1 km	325	300	300

Sumber : MKJI 1992

Dalam MKJI juga diterangkan bahwa jarak antara dua lajur pendakian minimal 1,5 km. Hal itu berarti jarak antara pendakian satu dan lainnya tidak boleh dibawah 1,5 km

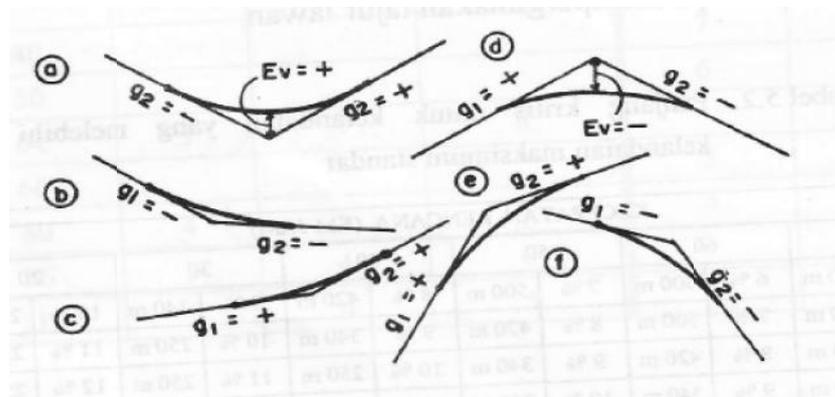
- 2) Berdasarkan Tata cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK : 1997)
- Disediakan pada jalan arteri atau kolektor
 - Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 15.000 smp/hari dan presentase truk $> 15\%$
 - Lebar jalur pendakian sama dengan lebar lajur rencana

- d) Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan 45 meter (Lihat gambar 2.15)
- e) Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km

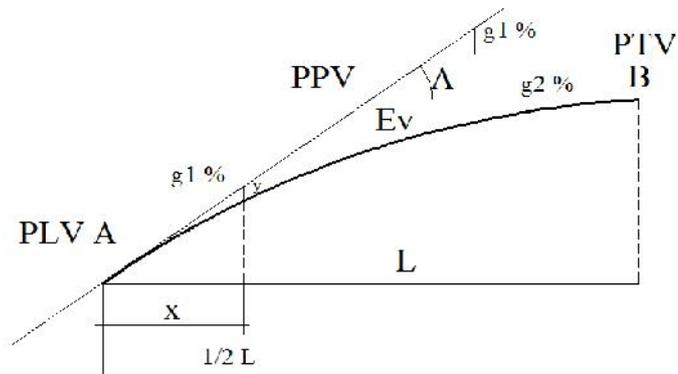
2.9.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. Lengkung vertikal ada dua jenis, yaitu :

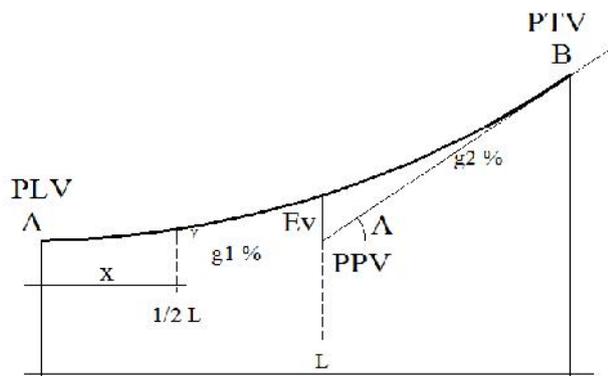
- a) Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung vertikal dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan
- b) Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan



Gambar 2.20 Berbagai Macam Jenis Lengkung Vertikal



Gambar 2.21 Tipikal Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.22 Tipikal Lengkung Vertikal Cekung

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$y = \frac{A}{200L^2}x^2 \dots\dots\dots(2.23)$$

$$A = (g1 \pm g2) \dots\dots\dots(2.24)$$

$$EV = \frac{A.L^2}{800} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

x = jarak dari titik A ke titik yang ditinjau dari Sta, (m)

y = Perbedaan elevasi antara titik A dan titik yang ditinjau pada Sta, (m)

Lv = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik B, (m)

g1 = Kelandaian tangen dari titik A, (%)

g2 = Kelandaian tangen dari titik B, (%)

A = Perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

E_v = Penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal,
(m)

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan berarti.

Konstruksi perkerasan jalan pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

1. Perkerasan Kaku (rigid pavement)

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

2. Perkerasan lentur (flexibel pavement)

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

3. Perkerasan komposit (composite pavement)

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

2.10.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

1. Lalu lintas

a) Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.17

Tabel 2.17 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 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 koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai tabel 2.18.

Tabel 2.18 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan (Mobil Penumpang)		Kendaraan Berat (Truk dan Bus)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

c) 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:

$$(W_{18}) = 365 \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

(W_{18}) adalah akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

D_L adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2.18)

W_{18} adalah akumulasi beban sumbu standar komulatif perhari, sesuai persamaan dibawah ini:

$$W_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

BS_i = beban sumbu setiap kendaraan

LEF_i = faktor ekivalen beban setiap sumbu kendaraan

d) Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (W_{18})

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

$$W_t = W_{18} = w_{18} \times \left[\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

$W_t = W_{18}$ adalah jumlah beban sumbu tunggal standar komulatif pada lajur rencana

w_{18} = beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

n = umur rencana (tahun)

g = perkembangan lalu lintas (%)

2. Tingkat kepercayaan (Reliabilitas)

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (F_R) 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_o) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan

lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (Z_R). Nilai Z_R dapat dilihat pada tabel 2.19

Tabel 2.19 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)

Tabel 2.20 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

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan ialah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur layan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari. Air yang berlebihan dalam struktur perkerasan akan berpengaruh negatif terhadap kinerja perkerasan jalan. Dalam (AASHTO, 1993) efek merugikan yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan adalah:

- a) Air dipermukaan aspal dapat menyebabkan berubahnya kadar air, berkurangnya nilai modulus dan hilangnya kekuatan tarik. Kejenuhan dapat mengurangi modulus aspal sebesar 30% atau lebih.

- b) Kadar air yang bertambah pada agregat *unbound* di lapisan *base* dan *subbase* harus diantisipasi karena akan menyebabkan hilangnya kekakuan sebesar 50% atau lebih.
- c) Pada lapisan *asphalt treated base* nilai modulus dapat berkurang sampai 30% atau lebih dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi pada lapisan *cement treated base* atau *lime treated base*.
- d) Butiran tanah halus yang jenuh pada *roadbed soil* dapat mengalami pengurangan modulus lebih dari 50%.

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 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:

$$t = T_{50} \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan:

t = *time-to-drain* (jam)

T_{50} = time factor

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

Nilai time factor (T_{50}) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, S_R), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, L_R) dan ketebalan dari lapisan drainase. Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (S_1) dengan persamaan:

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \dots\dots\dots(2.30)$$

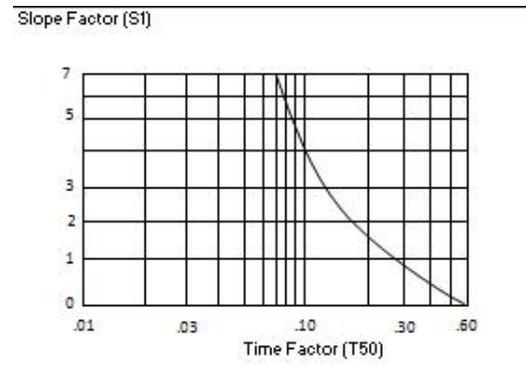
Keterangan:

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

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

H adalah tebal dari lapisan permeable (feet)

Untuk menentukan nilai T digunakan grafik T_{50} seperti pada gambar 2.23



Gambar 2.23 Grafik *Time Factor*
(Sumber: *Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012*)

Nilai m_d pada rumus 2.29 dihitung dengan rumus:

$$m_d = \frac{n_e \times L_R^2}{k \times H} \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan :

n_e = porositas efektif lapisan drainase

L_R = resultan panjang (feet)

H = tebal lapisan drainase dalam feet

k = permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai rumus dibawah ini:

$$k = \frac{6,216 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots \dots \dots (2.32)$$

Keterangan:

k = permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari

P_{200} = berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalm persen

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

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

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

dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekutan 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 2.21 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

Tingkat pelayan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini, yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (roughness) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Indeks pelayanan awal (IPo) 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 (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir sebaiknya digunakan minimum 2,5 sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0. Sedangkan dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur

rencana. Pada tabel 2.23 terdapat indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo) untuk nenerapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.22 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (Ipt)

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.23 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo)

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

5. Daya dukung tanah dasar

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut bisa saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Setiap segmen jalan mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. CBR segmen yang diperoleh , kemudian dikonversikan ke modulus resilien. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan rumus 2.35.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \dots\dots\dots(2.33)$$

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

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F = koefisien pengali

Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700	536	2250					0,305	
Lapis Pondasi Laston	3.300	480	180					0,290	
Lapis Pondasi Lataston	2.400	350	800						
Lapis Pondasi LAPEN								0,190	
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)								0,270	
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5.900	850		70				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35				0,170	
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4.450	645		30				0,170	
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4.270	619		35				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20				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

(Selected Material)									
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

7. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan dibuat, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama truk) seperti tabel 2.26.

Tabel 2.26 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 – 10	Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston /AC)

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

8. Ketebalan minimum lapisan perkerasan

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

Tabel 2.27 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(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	6,01
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 A	4,0	10,0
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,00
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	6,0	15,00
CTB	6,0	15,00
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,00
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,00
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,00
Tanah Semen	6,0	15,00
Tanah Kapur	6,0	15,00
3. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,00
Agregat Kelas C	6,0	15,00
Konstruksi Telford	6,0	15,00
Material Pilihan (<i>Selected Material</i>)	6,0	15,00

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

a. Penentuan nilai struktur yang diperlukan

1. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.34.

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R + S_0 + 9,36 \times \text{Log}(S_n + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(S_n + 1)^{5,19}}} + 2,32 \text{Log}(M_R) - 8,07 \dots\dots\dots(2.34)$$

Sesuai dengan rumus 2.34, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut:

- $W_{18} (W_t)$ = komulatif lalu lintas selama umur rencana
- Z_R = deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), = yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.
- S_0 = adalah gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja
- ΔIP = adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t)
- M_R = modulus resilien tanah dasar efektif (psi)
- IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2. Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume komulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18})

3. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

4. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

5. Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relative setiap lapisan perkerasan, dengan rumus 2.41.

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

$a_1, a_2, a_3,$ adalah koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.25.

$D_1, D_2, D_3,$ adalah tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inci) dan tebal minimum untuk setiap lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.27.

m_1, m_2, m_3 adalah koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.21

6. Analisis perancangan tebal lapisan

Adapun tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- a) Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b) Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susunan struktur perkerasan perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c) Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R) dengan menggunakan rumus...
- d) Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap 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 relative sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas, yaitu dengan menggunakan rumus 2.34.

- e) Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas.

2.10.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Tambahan (*Overlay*)

a. Lendutan

Lendutan yang digunakan dalam perhitungan biasanya adalah lendutan hasil pengujian dengan alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)* atau *Benkelman Beam (BB)*. Apabila pada waktu pengujian lendutan ditemukan data yang meragukan maka pada lokasi atau titik tersebut dianjurkan untuk dilakukan pengujian ulang atau titik pengujian dipindah pada lokasi atau titik disekitarnya.

b. Lendutan dengan *Falling Weight Deflectometr (FWD)*

Lendutan yang digunakan adalah lendutan pada pusat beban (d_{f1}). Nilai lendutan ini harus dikoreksi dengan faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 4,08 ton). Perhitungan besarnya lendutan langsung dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$d_L = d_{f1} \times Ft \times Ca \times FK_{B-FWD} \dots\dots\dots(2.37)$$

dengan pengertian :

d_L = lendutan langsung pada pusat beban (mm)

Ft = faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 350 C, yaitu sesuai

$$= 4,184 \times TL^{-0,4025}, \text{ untuk } HL < 10 \text{ cm}$$

$$= 14,785 \times TL^{-0,7573}, \text{ untuk } HL > 10 \text{ cm}$$

TL = Temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat diprediksi dari temperatur udara,yaitu:

$$TL = 1/3 (Tp + Tt + Tb)$$

Tp = temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = temperatur tengah lapis beraspal

T_b = temperatur bawah lapis beraspal

C_a = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)

= 1,2 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah

= 0,9 ; bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi

FK_{B-FWD} = faktor koreksi beban uji *Falling Weight Deflectometer (FWD)*

= 4,08 x (Beban Uji dalam ton) (-1)

Cara pengukuran lendutan dengan alat fwd mengacu pada petunjuk pengujian lendutan Perkerasan lentur dengan alat *Falling Weight Deflectometer* (Dadang AS-Pustran, 2003) dan gambar alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)*

Tabel 2.28 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar

T_L (°C)	Faktor Koreksi (Ft)		T_L (°C)	Faktor Koreksi (Ft)	
	Kurva A ($H_L < 10$ cm)	Kurva B ($H_L \geq 10$ cm)		Kurva A ($H_L < 10$ cm)	Kurva B ($H_L \geq 10$ cm)
20	1,25	1,53	46	0,90	0,81
22	1,21	1,42	48	0,88	0,79
24	1,16	1,33	50	0,87	0,76
26	1,13	1,25	52	0,85	0,74
28	1,09	1,19	54	0,84	0,72
30	1,06	1,13	56	0,83	0,70
32	1,04	1,07	58	0,82	0,68
34	1,01	1,02	60	0,81	0,67
36	0,99	0,98	62	0,79	0,65
38	0,97	0,94	64	0,78	0,63
40	0,95	0,90	66	0,77	0,62
42	0,93	0,87	68	0,77	0,61
44	0,91	0,84	70	0,76	0,59

Catatan :

- Kurva A adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) kurang dari 10 cm.
- Kurva B adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) minimum 10 cm

c. Keseragaman lendutan

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Apabila berdasarkan panjang seksi maka cara menentukan panjang seksi jalan harus dipertimbangkan terhadap keseragaman lendutan. Keseragaman yang dipandang sangat baik mempunyai rentang faktor keseragaman antara 0 sampai dengan 10, antara 11 sampai dengan 20 keseragaman baik dan antara 21 sampai dengan 30 keseragaman cukup baik. Untuk menentukan faktor keseragaman lendutan adalah dengan menggunakan Rumus sebagai berikut:

$$FK = \frac{s}{dR} \times 100\% \quad FK \text{ ijin} < FK \text{ ijin} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan pengertian :

FK = faktor keseragaman

FK ijin = faktor keseragaman yang diijinkan
 = 0 % - 10%; keseragaman sangat baik
 = 11% - 20%; keseragaman baik
 = 21% - 30%; keseragaman cukup baik

d_R = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan
 $= \frac{\sum d}{ns}$

S = Deviasi Standar = simpangan baku

$$\sqrt{\frac{n_s \left(\sum_1^{n_s} d^2 \right) - \left(\sum_1^{n_s} d \right)^2}{n_s(n_s - 1)}}$$

d = nilai lendutan balik (dB) atau lendutan langsung (dL) tiap titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

ns = jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

d. Lendutan wakil

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan

Rumus disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

- Dwakil = $dR + 2s$; untuk jalan arteri / tol (tingkat kepercayaan 98%)
- Dwakil = $dR + 1,64s$; untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%)
- Dwakil = $dR + 1,28s$; untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90%)

Dengan pengertian :

Dwakil = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

dR = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan sesuai Rumus diatas

s = deviasi standar sesuai Rumus pada bahasan diatas

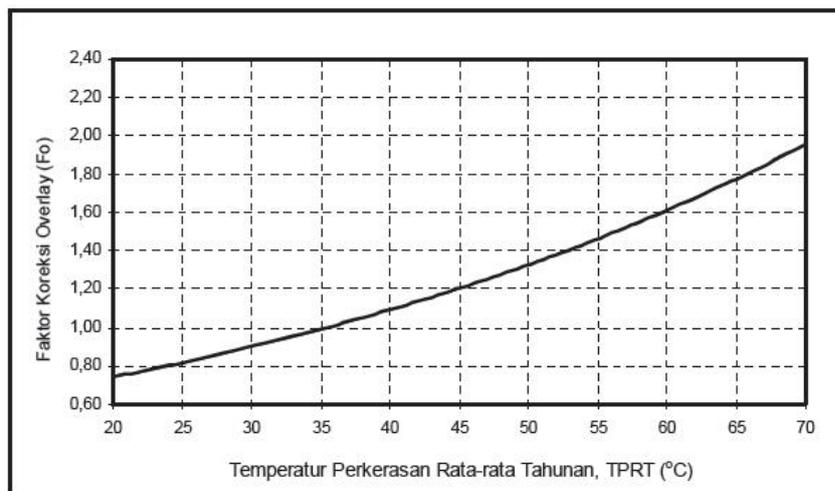
e. Faktor koreksi tebal lapis tambah

Tebal lapis tambah/overlay yang diperoleh adalah berdasarkan temperatur standar 35°C, maka untuk masing-masing daerah perlu dikoreksi karena memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang berbeda. Data temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk setiap daerah atau kota ditunjukkan pada Lampiran A, sedangkan faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (F_o) dapat diperoleh dengan Rumus atau menggunakan Gambar 2.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})}$$

F_o = faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay

TPRT = temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah/kota tertentu



Gambar 2 24 Faktor koreksi tebal lapis tambah/overlay (F_o)

f. Jenis lapis tambah

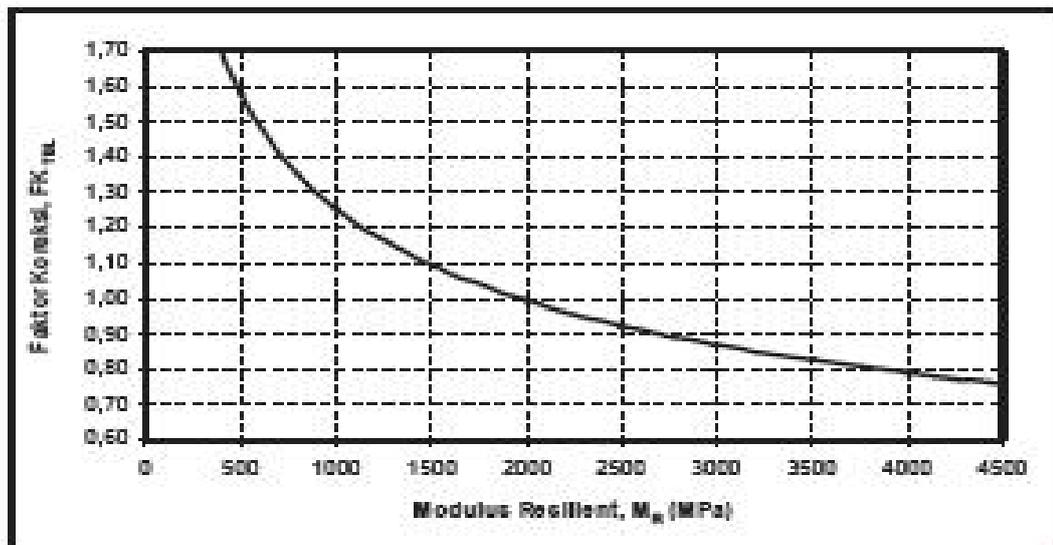
Pedoman ini berlaku untuk lapis tambah dengan Laston, yaitu modulus resilien (MR) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum 800 kg. Nilai modulus resilien (MR) diperoleh berdasarkan pengujian UMATTA atau alat lain dengan temperatur pengujian 25 C. Apabila jenis campuran beraspal untuk lapis tambah menggunakan Laston Modifikasi dan Lataston atau campuran beraspal yang mempunyai sifat berbeda (termasuk untuk Laston) dapat menggunakan faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}) sesuai Rumus.

$$FK_{TBL} = 12,51 \times MR^{-0,333}$$

dengan pengertian :

FK_{TBL} = faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

MR = Modulus Resilien (MPa)



Gambar 3 Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL})

Tabel 7 Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL})

Jenis Lapisan	Modulus Resilien, M _R (MPa)	Stabilitas Marshall (kg)	FK _{TBL}
Laston Modifikasi	3000	min. 1000	0,85
Laston	2000	min. 800	1,00
Lataston	1000	min. 800	1,23

Gambar 2.25 Faktor Koreksi Tebal Lapis Penyesuaian (FK_{TBL})

Tabel 2.29 Perkerasan Rata-Rata Tahunan (TPRT) Untuk Beberapa Daerah

Tabel A1 Temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa daerah/kota di Indonesia

NO.	KOTA	TP rata ² (°C)
Propinsi Di Aceh		
1	BAND. CUT NYAK DIEN (MEULABOH)	34,6
2	MET. LHOKEUMAWE (LHOKEUMAWE)	34,9
3	PBRK. GULA - COK GIREK (COK GIREK)	35,4
4	BANDARA BILANG BINTANG (BANDA ACEH)	35,5
5	KODAM I. SABANG (SABANG)	35,9
Propinsi Sumatra Utara		
1	BRASTAGI-KOTA GADUNG	24,6
2	KEB. PERCOB. BALIGE-GURGUR	24,9
3	MARHAT ST.P. SIANTAR (PEMATANG SIANTAR)	32,7
4	ARON GLP. TIGA	32,9
5	MET. GUNUNG SITOLI (BINAKA)	34,4
6	BANDAR. PINANG SORI (SIBOLGA)	34,8
7	BANDARA POLONIA (MEDAN)	35,8
8	KLIMATOLOGI SAMPALI (SAMPALI)	35,7
9	JL. GEROPAH BELAWAN (BELAWAN-MEDAN)	36,2
Propinsi Sumatra Barat		
1	SUKARAME KEBUN PERCOB.	27,8
2	PADANG PANJANG	28,0
3	RAMBATAN, BATUSANGKAR	31,6
4	SUMANI, KOTO SINGKARAK (SOLOK)	32,6
5	B. BENIH PADANG GELUGUR	33,7
6	KLIM. SICINCIN (SICINCIN PARIAMAN)	33,8
7	BANDARA TABING (PADANG)	35,0
Propinsi Riau		
1	BANDARA KUJANG (TANJUNG PINANG)	34,8
Propinsi Jambi		
1	BAND. DEPATI PABCO (DEPATI PABCO)	35,9
2	BANDARA PALMERAH (PALMERAH JAMBI)	36,7
3	BL. BENIH PADI SUKARYA (LUBUK RUSU)	35,8
4	SEBAPO, DIPERTA KM 21 (SEBAPO)	35,9
Propinsi Bengkulu		
1	BANDARA PADANG KEMILING (BENKULU)	35
2	KLIMAT. PULAI BAI (PULAU BAI)	35
3	GEOF. KEPAHANG (KEPAHANG)	32,2
Propinsi Sumatra Selatan		
1	BALAI BENIH TANJUNG TEBAT LAHAT (LAHAT)	33,1
2	BANDARA TANJUNG PANDAN (TANJUNG PANDAN)	34,8
3	BALAI BENIH TUO MULYO (LUBUK LINGGAU)	35,1
4	PANGKAL PINANG	35,4
5	BANDARA PANGKAL PINANG	35,3
6	MET. PANGKAL PINANG	35,6
7	BALAI BENIH RIAS TOSCALI	35,9
8	DIPERTA KAB. LEMATANG ILIR-OT. (MUARA ENIM)	35,9
9	METEO PERTANIAN KENTEN (KENTEN)	35,9
10	PERC. KAYU AGUNG, OKI (KAYU AGUNG)	35,9
11	PALEMBANG	36,2
12	BAND. TALANG BETUTU	36,2
13	BALAI BENIH SENTRAL BLT. (BELITANG)	36,2
14	BALAI BENIH SEI PINANG OGAN. KOMERING ILIR (SEI PINANG-DEWI SERI)	36,3
15	BANDAR. TALANG BETUTU	36,4
16	SEKAYU, DIPERTA KAB. MUSI BANYUASIN	36,7

2.11 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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

2.12. Bangunan Pelengkap

Pada peningkatan ini akan direncanakan drainase dan *box culvert* sesuai dengan Pedoman Drainase Jalan Raya (AASTHO). Perencanaan ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan – bangunan pelengkap jalan tersebut antara lain :

2.12.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Tahap-tahap perencanaan drainase adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan

Pertama yang harus dilakukan adalah mendapatkan data curah hujan pada wilayah atau daerah dimana tempat perencanaan jalan. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan bulanan maksimum.

2. Analisa frekuensi dengan metode gumbel

a. Hujan rata-rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x$$

Dimana :

\bar{x} = Hujan rata-rata

n = banyaknya data

$\sum x$ = jumlah data curah hujan

3. Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - x \cdot \sum x}{n - 1}}$$

Dimana :

S_x = Standar Deviasi

n = Banyaknya data

\bar{x} = Hujan Rata-rata

$\sum x$ = Jumlah data curah hujan

$\sum x^2$ = jumlah data hujan dikuadratkan

4. Frekuensi hujan pada periode ulang T

$$R_t = \bar{x} + K \cdot S_x$$

Dimana :

R_t = Frekuensi Hujan pada periode ulang T

\bar{x} = hujan rata-rata

K = Faktor Frekuensi

S_x = Standar Deviasi

Tabel 2.30 Nilai (K) Sesuai Lama Pengamatan

T (tahun)	Lama Pengamatan (tahun)				
	10	15	20	25	30
2	0,1355	0,1434	0,1478	0,1506	0,1526
5	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
30	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Ray, Hendarsin:2000)

5. Waktu In-Let (T1)

$$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167}$$

Dimana :

T1 = Waktu In-Let (menit)

Lt = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

nd = Koefisien Hambatan

k = kemiringan daerah pengaliran/tanah(%)

Tabel 2.31 Koefisien Hambatan

Kondisi Permukaan yang dilalui aliran	Nd
Lapisan Semen dan Aspal Beton	0,013
Permukaan halus dan kedap air	0,02
Permukaan halus dan padat	0,10
Lapangan dengan rumput jarang, ladang dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
Ladang dan Lapangan Rumput	0,40
Hutan	0,60
Hutan Rimba	0,80

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya Hendarsin : 2000)

6. Waktu Aliran dalam saluran (t2)

$$T_2 = \frac{L}{60V}$$

Dimana :

T_2 = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

L = Panjang Saluran yang Ditinjau (m)

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Tabel 2.32 Kecepatan Aliran Air Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,50
Lanau Aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,10
Kerikil Kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton Bertulang	1,50

(Sumber : penuntun Desain Drainase Permukaan Jalan : 1990)

7. Waktu kosentrasi (T_c)

$$T_c = T_1 + T_2$$

Dimana :

T_c = Waktu kosentrasi (jam)

T_1 = Waktu in-let (menit)

T_2 = Waktu aliran dalam saluran (menit)

8. Intensitas Curah Hujan (I)

$$I = \frac{Rt}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3}$$

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

Rt = Frekuensi Hujan (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

9. Luas Daerah Pengaliran (A)

$$A = (L_1 + L_2 + L_3) \cdot L$$

Dimana :

A = Luas Daerah Pengaliran (km^2)

L_1 = Lebar Badan Jalan (m)

L_2 = Lebar Bahu Jalan (m)

L_3 = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

L = Jarak dari titik terjauh ke drainase (m)

10. Koefisien Pengaliran (C_w)

$$C_w = \frac{C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_2 + C_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3}$$

Dimana :

C_w = Koefisien Pengaliran

C_1 = Koefisien Pengaliran pada badan jalan

C_2 = Koefisien Pengaliran pada bahu jalan

C_3 = Koefisien Pengaliran pada sisi luar jalan

L_1 = Lebar Badan Jalan (m)

L_2 = Lebar Bahu Jalan (m)

L_3 = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

11. Debit Limpasan (Q)

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit Limpasan (m^3/jam)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A = Luas daerah Pengaliran (km^2)

12. Penampang Basah saluran (A_d)

$$Ad = \frac{Q}{v}$$

Dimana :

Ad= Penampang Basah Saluran (m²)

Q = Debit Limpasan (m³/jam)

V = Kecepatan Aliran air (m/det)

13. Cari Ukuran Penampang Ekonomis

$$b = 2.h$$

$$Ad = 2 h^2$$

Dimana :

b = lebar Saluran (m)

h = tinggi//dalam saluran (m)

Ad= Penampang Basah Saluran (m²)

14. Mencari Tinggi Jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 x h}$$

Dimana :

W = Tinggi Jagaan (m)

H = Tinggi/dalam saluran (m)

15. Kemiringan Saluran (I)

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x I^{1/2}$$

Dimana :

V = Kecepatan Aliran Air (m/det)

R = Jari-Jari Hidrolis (m)

I = Kemiringan Saluran (m)

2.12.2 Box Culvert

Bangunan Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*) (Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto : 2005, PRADNYA PARAMITA)

1. Dasar perencanaan

Diperlukan pemeriksaan terhadap gorong-gorong persegi ditinjau dari segi pembebanan yaitu gaya-gaya samping dan gaya arah memanjang. Tetapi bila panjang dari gorong-gorong kurang dari 15 m, pemeriksaan terhadap gaya-gaya arah memanjang boleh diabaikan. Untuk perencanaan gorong-gorong karena gaya-gaya dari samping dimensi dari pada bentuk luar dipergunakan dalam perhitungan beban, sedangkan ukuran dari sumbu pusat di tiap-tiap bagian dipergunakan dalam perhitungan tegangan. Kemudian untuk analisa “kerangka kaku” digunakan metode “*Slope Deflection*”.

2. Beban yang dipergunakan untuk perencanaan

Beban yang bekerja pada gorong-gorong persegi (*Box Culvert*) adalah tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah diatas gorong-gorong, tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan disamping gorong-gorong, beban hidup diatas gorong-gorong dan gaya-gaya reaksi. Pada gorong-gorong persegi yang biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung dari pada tinggi tanah penutup di atas gorong-gorong, apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter. Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter, perhitungan dibuat dalam 2 kombinasi dan bila momen lentur dan gaya geser pada tiap-tiap titik telah didapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Tanda-tanda/notasi pada gambar berarti sebagai berikut :

Pvd1 : Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan
atas gorong-gorong (ton/m^2)

Phd : Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping
gorong-gorong (ton/m^2)

P_{v1} : Beban vertikal karena beban hidup, dihitung dengan mengambil Berikut yang sesuai dengan ketebalan tanah penutup:

- Bila tebal tanah penutup < 3,50 meter

$$P_{v1} = \frac{p_{t+i}}{w_1} \text{ (ton/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.39)$$

- Bila tebal tanah penutup > 3,50 meter

Muatan merata diatas gorong-gorong (P_{v1}) = 1,0 ton/m²

K_o : Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar 1,0 ton/m² x K_o , yang diakibatkan oleh beban muatan.

P_{v2} : Reaksi tanah

2.13 Pengelolaan Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu, dan waktu.

Estimasi biaya proyek adalah proses perkiraan perhitungan biaya yang dibutuhkan pada proyek konstruksi atau bangunan . Guna perhitungan dari estimasi biaya ini adalah sebagai patokan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah0langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

2.13.1 Membuat daftar harga satuan bahan dan upah

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

2.13.2 Menghitung analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah :

a. Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengamatan/observasi lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.13.3 Menghitung volume pekerjaan

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

2.13.4 Menghitung rencana anggaran biaya

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

2.13.5. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.13.6 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

1. Alat koordinasi bagi pemimpin
2. Pedoman kerja para pelaksana
3. Penilaian kemajuan pekerjaan
4. Evaluasi hasil pekerjaan

Cara menyusun rencana kerja :

1. Daftar bagian-bagian pekerjaan

Berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dan pembangunan yang akan dilaksanakan, termasuk didalamnya perincian jenis-jenis pekerjaan dari masing-masing pekerjaan.

2. Urutan kegiatan

Disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penentuan / pemilihan dari bagian pekerjaan yang harus dilakukan lebih dahulu dan bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan kemudian, tidak memungkinkan adanya bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan bersamaan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai, dimana waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan yang didapat dari penjumlahan dari waktu untuk menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan dari bagian-bagian pekerjaan yang bersangkutan.

Rencana kerja terdiri dari :

a. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

b. *Barchart*

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

Barchart mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan barchart sebagai berikut :

- Mudah di baca
- Mudah dibuat
- Bersifat sederhana

Kekurangan barchart sebagai berikut :

- Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar.
- Tidak terperinci
- Apabila terdapat kesalahn sukar untuk mengadakan perbaikan.
- Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan.

c. *Network Planning (NWP)*

Yaitu suatu teknik baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek dan juga merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari NWP adalah lebih menekankan kepada pengaturan jadwal kerja proyek, jumlah hari kerja, mengkoordinasikan berbagai pekerjaan serta dapat mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lain.

Suatu diagram jaringan kerja terdiri dari (a) sejumlah nodes atau *event* (kejadian) masing – masing adalah sasaran sasaran yang harus diselesaikan agar proyek seklesai, dan (b) garis – garis yang menghubungkan satu node dengan node yang lainnya yang merupakan kegiatan. Perkiraan waktu untuk melaksanakan tiap – tiap kegiatan diperlihatkan pada diagram. Kegiatan – kegiatan ini adalah paket – paket pekerjaan. Jadi diagram jaringan kerja memperlihatkan urutan – urutan kronologis dimana *event* harus diselesaikan dalam rangka menyelesaikan keseluruhan proyek. (Richard, 1984).

NWP memiliki beberapa tipe yaitu :

- *Critical Path Method (CPM)*
- *Precedence Path Method (PDM)*

- *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*
- *Graf Evaluation and Technique (GERT)*

Langkah-langkah dalam pembuatan NWP :

1. Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
2. Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut
3. Tentukan kaitan jenis kegiatan yang mempunyai hubungan
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan
5. Buat NWP / diagram jaringan kerjanya.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan NWP :

- Dalam penggambaran NWP harus jelas dan mudah dibaca.
- Harus dimulai dari *even* atau kejadian dan diakhiri pada *even* atau kejadian.
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang lurus dan tidak boleh patah.
- Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah.
- Penggunaan dummy digunakan seperlunya saja.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- → (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah satu 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.
- O (Node atau even), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- Double arrow, anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (critical path)

- Dummy, bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan serum atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.