

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kriteria Perencanaan

Dalam Perencanaan teknik jalan diperlukan beberapa kriteria sebagai pertimbangan untuk mengoptimalkan hasil perencanaan. Kriteria perencanaan tersebut meliputi : klasifikasi jalan, parameter perencanaan geometrik jalan, bagian – bagian jalan dan penentuan trase jalan.

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

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandangan, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perancangan ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

2.1.1 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 kepada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, jalan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis:

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

- a. Jalan arteri adalah 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 adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul / pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

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.

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik jalan Antar Kota, Departemen PU. Ditjen Bina Marga, 1997*

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 dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi jalan berdasarkan LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam satuan SMP
Utama	I	>20.000
Sekunder	IIA	6000 s/d 20.000
	IIB	1500 s/d 8000
	IIC	<2000
Penghubung	III	

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan raya, 1970

1. Kelas jalan menurut fungsinya:
 - a. Jalan utama, yakni jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi antarkota-kota penting, sehingga perencanaannya harus dapat melayani lalu lintas yang cepat dan berat
 - b. Jalan sekunder, yakni jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota penting dan kota-kota yang lebih kecil serta sekitarnya
 - c. Jalan penghubung, yakni jalan untuk keperluan aktivitas daerah yang dipakai sebagai penghubung antara jala-jalan dari golongan yang sama atau berlainan.
2. Kelas jalan menurut Volume Lalu Lintas
Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang yang besarnya menunjukkan jumlah Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk kedua jurusan.
Adapun klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sebagai berikut:

a. Kelas I

Kelas jalan ini meliputi semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Jalan kelas I merupakan jalan raya berjalur dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam artian tingginya tingkat pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder, dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat.

Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya dibagi dalam tiga kelas, yaitu IIA, IIB, dan IIC.

- Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari aspal beton (*hot mix*) atau setaraf, dimana komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi tanpa kendaraan tak bermotor.

Untuk lalu lintas lambat, harus disediakan jalur tersendiri.

- Kelas II B

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

- Kelas II C

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

- Kelas III

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

4. Klasifikasi menurut medan jalan

- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus memperhitungkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

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 ibu kota – ibu kota provinsi.
- b. Jalan provinsi, yaitu: jalan yang menghubungkan antar tempat/kota didalam suatu provinsi.
- c. Jalan kabupaten/kotamadya, yaitu: jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.
- d. Jalan desa, yaitu: jalan yang ada pada lingkungan suatu desa.

Selain jalan negara, yang pendanaannya dibiayai oleh Pemerintah Pusat, jalan-jalan tersebut juga dibiayai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah daerah Tingkat I maupun Pemerintah Daerah tingkat II.

2.1.2 Parameter perencanaan geometrik jalan raya

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan, meliputi: kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (*Sukirman, 1999.*)

1. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan. Menurut Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota oleh departemen PU, kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

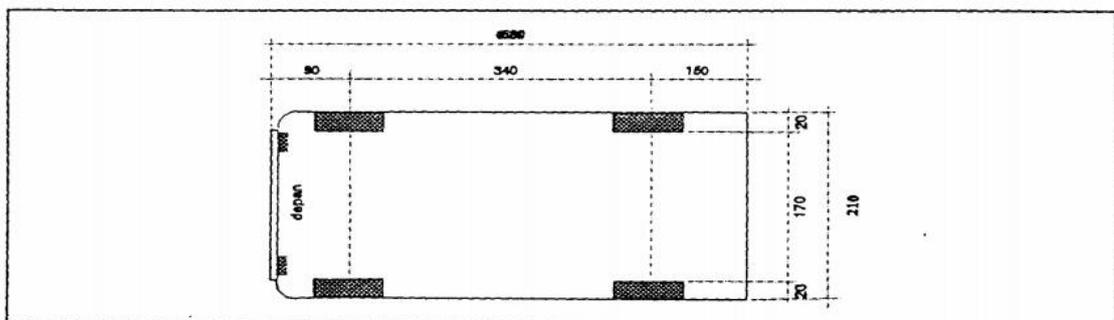
1. Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
2. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau bus besar 2 as.
3. Kendaraan besar, diwakili oleh teruk semi trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.3 dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada Gambar 2.1, 2.2 dan 2.3.

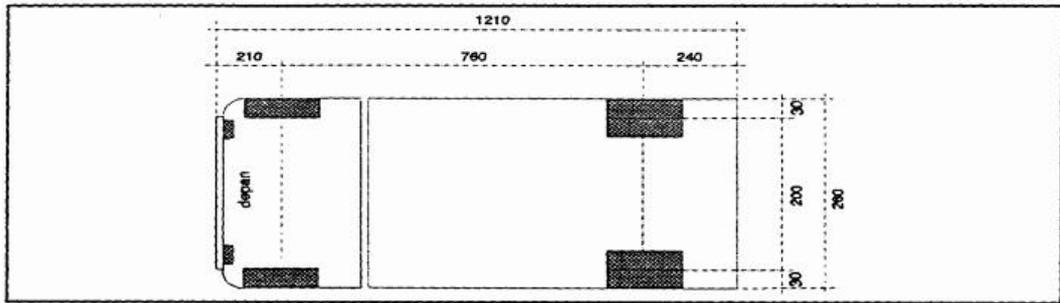
Tabel 2.3 Dimensi kendaraan rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks.	
Kecil	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

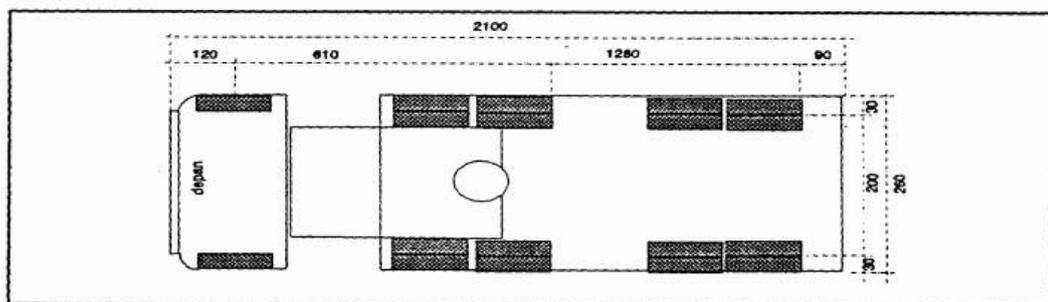
Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik Jalan Antara Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997



Gambar 2.1 Dimensi kendaraan kecil



Gambar 2.2 Dimensi kendaraan sedang



Gambar 2.3 Dimensi kendaraan besar

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Kecepatan ini menggambarkan nilai gerak dari kendaraan. Perencanaan jalan yang baik tentu saja haruslah berdasarkan kecepatan yang dipilih dari keyakinan bahwa kecepatan tersebut dengan kondisi dan fungsi jalan yang diharapkan.

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

Hampir secara langsung seperti: tikungan horizontal, kemiringan melintang ditikungan jarak pandang, maupun secara tak langsung seperti: lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dan lain-lain.

Kecepatan rencana tergantung kepada:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
- c. Cuaca
- d. Adanya gangguan dari kendaraan lain
- e. Batasan kecepatan yang diijinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kecepatan rencana (V_R) sesuai klasifikasi fungsi dan kelas jalan

Fungsi jalan	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, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997

3. Volume lalu Lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan volume. Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu besar untuk volume lalu lintas rendah adalah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi, sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan.

Satuan mobil penumpang (smp) adalah angka satuan kendaraan dalam hal 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 (Shirley, 2000).

Smp untuk jenis-jenis kendaraan dapat dilihat dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Satuan Mobil Penumpang (smp)

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

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970

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

4. Tingkat Pelayanan jalan

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas enam kendaraan yaitu:

1. Tingkat Pelayanan A, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
 - Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
 - Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi
2. Tingkat Pelayanan B, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas stabil
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh kendaraan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai dengan kehendak pengemudi
3. Tingkat Pelayanan C, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas masih stabil

- Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan
4. Tingkat Pelayanan D, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil
 - Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan
 5. Tingkat Pelayanan E, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 - Volume kira-kira sama dengan kapasitas
 - Sering terjadi kemacetan
 6. Tingkat Pelayanan F, dengan ciri-ciri:
 - Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah
 - Sering terjadi kemacetan
 - Arus lalu lintas rendah

2.1.3 Bagian – bagian jalan dan penentuan trase jalan

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

1. Daerah manfaat jalan (Rumaja)

Daerah manfaat jalan (Rumaja) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Daerah manfaat jalan (Rumaja) dibatasi antara lain oleh:

 - 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. Daerah milik jalan (Rumija)

Daerah milik jalan (Rumija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

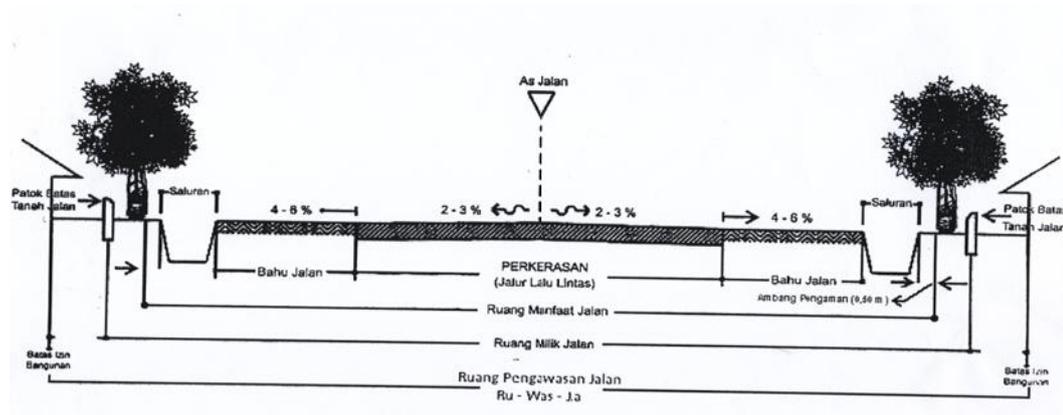
3. Daerah Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Daerah pengawasan jalan (Ruwasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Rumaja 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 Ruwasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

Gambar bagian-bagian jalan seperti yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rumaja, Rumija, Ruwasja

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 adalah sebagai berikut:

- Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga tidak memakan biaya yang banyak dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
- Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh 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.

1. Penampang Melintang

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

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 jalur peruntukannya, lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, dengan lebar tersebut akan memungkinkan dua kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe yaitu:

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

Pada jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur yang terletak memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut:

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 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 dalam Tabel 2.6

Tabel 2.6 Lebar lajur jalan ideal

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997

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 di tinggikan. Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0.25 – 0.50 meter.

Adapun fungsi dari median tersebut antara lain:

- a. Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- b. Ruang lapak tunggu penyeberangan jalan
- c. Penempatan fasilitas jalan
- d. Tempat prasarana kerja sementara
- e. Penghijauan
- f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

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 antara 3 – 5%.

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.

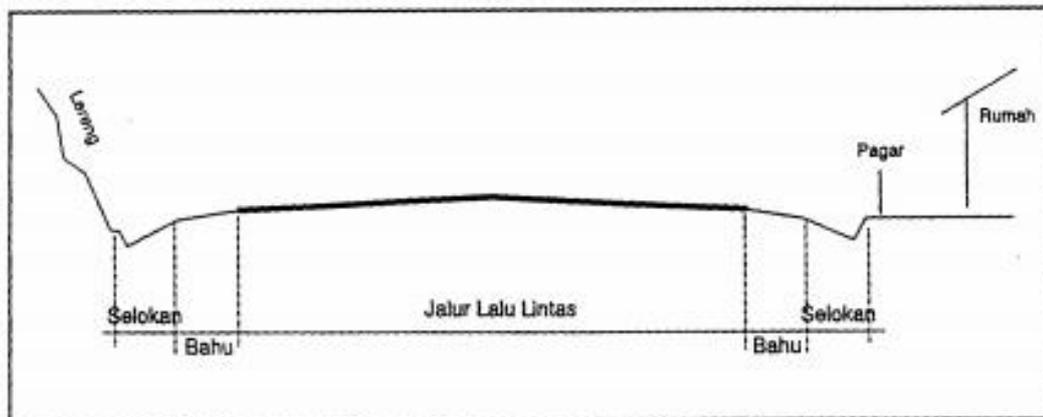
5. Selokan

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).

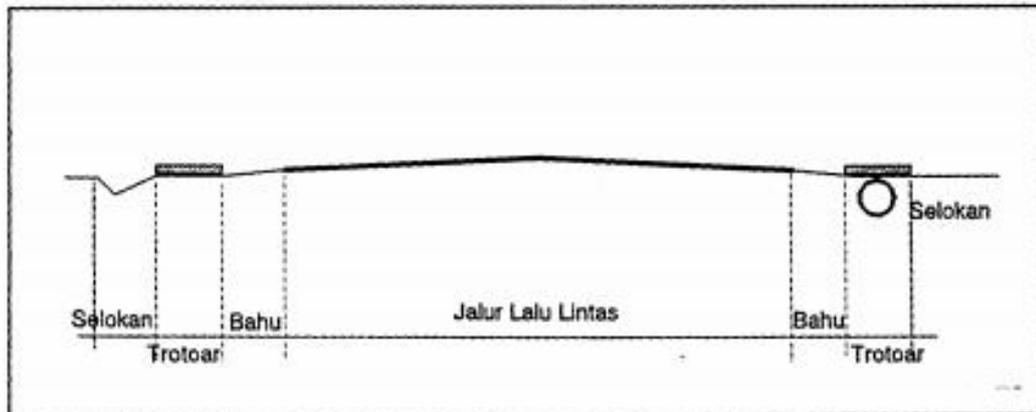
6. Lereng

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.

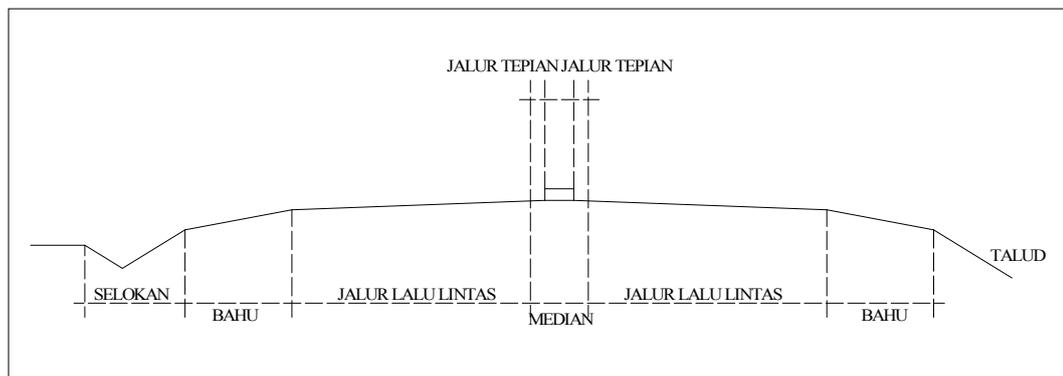
Gambar penampang melintang jalan dengan tipikal – tipikal di atas dapat dilihat pada Gambar 2.5, 2.6, dan 2.7.



Gambar 2.5 Tipikal penampang melintang jalan



Gambar 2.6 Tipikal penampang melintang jalan yang dilengkapi trotoar



Gambar 2.7 Tipikal penampang melintang jalan yang dilengkapi median

2. Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Kesempatan untuk melihat kedepan bagi pengemudi kendaraan adalah faktor penting dalam suatu operasi di jalan agar tercapai kendaraan yang aman dan efisien.

Oleh sebab itu perlu disiapkan suatu jarak pandang yang cukup panjang sehingga pengemudi dapat memilih kecepatan dari kendaraan dan tidak menabrak benda/penghalang yang ada diatas jalan. Jarak pandang ini diperlukan dalam

perencanaan untuk tujuan keamanan yang semaksimal mungkin dari jalan tersebut.

Demikian juga untuk jalan dua jalur yang memungkinkan pengemudi melintas diatas jalur berlawanan untuk mendahului kendaraan lain dengan aman. Adapun besar jarak pandangan yang diperlukan adalah sebagaimana tercantum dalam *Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997*. Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut:

Jarak pandang terdiri dari:

a. Jarak pandang henti (Jh)

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

1. Jarak tanggap (Jt) 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.

Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi penghalang 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Rumus jarak pandang henti (Jh)

$$J_h = \frac{VR}{3.6} T + \frac{\left(\frac{VR}{3.6}\right)^2}{2.g.f_p} \dots\dots\dots (2.1)$$

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2.5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9.8 m/det²

f_p = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan:

$$f_p = 0.28 - 0.45 \text{ (menurut ASHTO)}$$

$f_p = 0.35 - 0.55$ (menurut Bina Marga)

persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi:

untuk jalan datar:

$$J_h = 0.278 V_R T + \frac{VR^2}{254.f_p} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0.278 V_R T + \frac{VR^2}{254.(fp \pm L)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel menampilkan panjang J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan diatas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_R

Dimana:

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Jarak pandang henti (J_h) minimum

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997*

b. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan mendahului adalah 105 cm.

Umumnya saat kendaraan yang lebih cepat ingin mendahului, kendaraan yang lebih cepat ingin mendahului kendaraan yang lebih lambat harus dilakukan dengan aman tentu saja harus melihat kedepan cukup jauh sehingga dapat

menyelesaikan penyiapan tanpa memotong kendaraan yang disusul sebelum berhadapan dengan kendaraan lawan yang mungkin datang setelah pengemudi melakukan penyusulan.

Syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Panjang jarak pandang mendahului berdasarkan V_R

V_R (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 Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997*

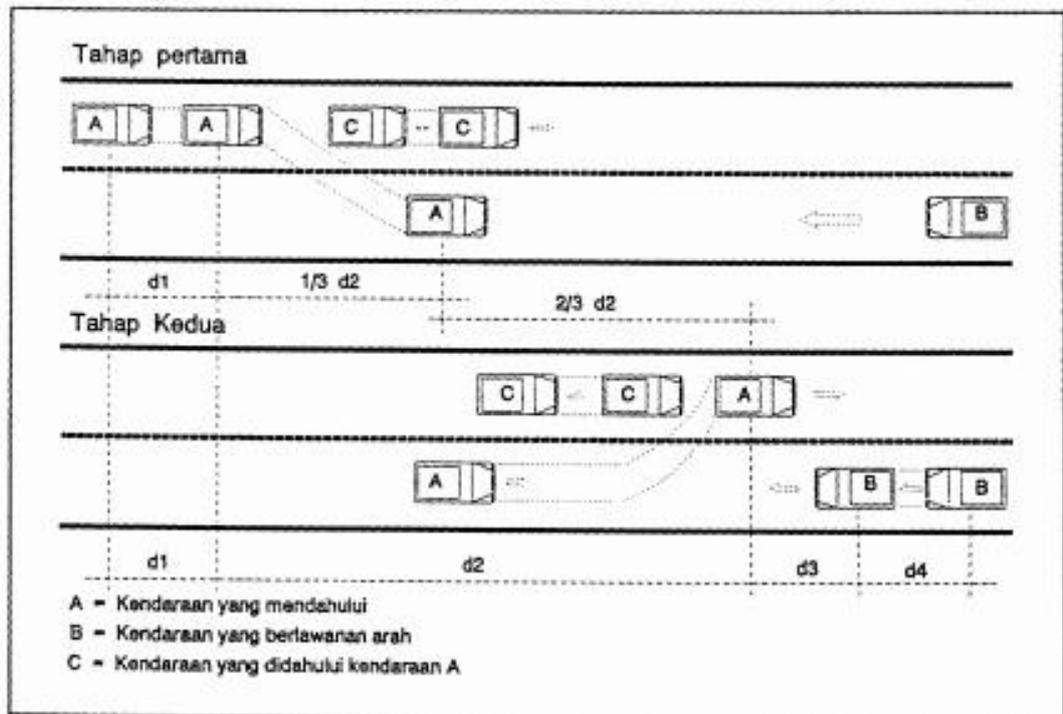
Daerah yang mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah:

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap
- Sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip
- Bila saat menyalip tiba, penyiap memerlukan waktu berfikir mengenai amannya daerah penyiapan
- Penyiapan dilakukan dengan “start terlambat” dan bergegas untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disalip
- Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.

Jarak pandang mendahului merupakan penjumlahan jarak-jarak mulai sadar (*perception*).

Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Jarak pandang mendahului

Rumus jarak pandang mendahului:

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$d_1 = 0.278 + (v - m + a.t \ 1) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$d_2 = 0.278 \cdot V \cdot t_2 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$d_3 = 30 - 100$$

$$d_4 = 2/3 \cdot d_2$$

Keterangan:

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Dimana:

Jd = Jarak pandang mendahului

d1 = Jarak yang ditempuh selama pengamatan

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula

d_3 = Jarak antara kendaraan mendahului setelah gerakan mendahului selesai

d_4 = Jarak yang ditempuh arah lawan

t_1 = Waktu sadar (besarnya $2.12 + 0.026 V$)

t_2 = waktu kendaraan yang menyiap berada di jalur lawan ($6.56 + 0.048 V$)

V = Kecepatan rata-rata kendaraan yang menyiap (km/jam)

m = Perbedaan kecepatan antara kendaraan yang disiap dan kendaraan yang menyiap ($10 - 15$ km/jam)

a = Percepatan rata-rata dalam km/jam/det

2.2 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku.

2.2.1 Arti dan tujuan perencanaan geometrik

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang di sesuaikan dengan kelengkapan data dan dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah di analisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (Shirley, 2000). Definisi lain dari perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dari dasar yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah (Sukirman, 1994).

Secara umum perencanaan geometrik menyangkut perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, drainase, jarak pandang,

kelaidaian, kebasan samping, lengkung vertikal, jalur lalu lintas, galian dan timbunan, dan kombinasi antara bagian-bagian tersebut. Lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan geometrik sebagai dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan maksimalkan rasio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang di harapkan (*Sukirman, 1999*).

- Alinemen horizontal/trase jalan, terutama dititik beratkan pada perencanaan sumbu jalan .
- Alinemen vertikal/penampang memanjang jalan.
- Penampang melintang jalan.

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, faktor kapasitas jalan, faktor keamanan dan analisa untung rugi, dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat di perlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah di mana ruas jalan ini akan di bangun dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang di perlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya (*Sukirman, 1994*).

1. Data Lalu Lintas

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

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalulintas yang melintasi jalan tersebut, namun data polume lalu lintas yang di peroleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

A. Volume/jumlah lalu lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam suatu waktu (hari/jam/menit). Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang di dapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

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

- Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas dalam satu hari.

Dari cara memperoleh data jumlah kendaraan, di kenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata, yaitu:

1. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

Yaitu jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur selama 24 jam dan di peroleh dari data selama satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama 1 tahun}}{365} \dots\dots\dots (2.7)$$

LHRT dinyatakan dalam satuan mobilpenumpang (smp)

2. Lalu lintas harian rata-rata (LHRT)

Yaitu hasil bagi jumlah kendaraan yang di peroleh selama pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas penamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.8)$$

- Volume jam perencanaan (VJP)

Yaitu volume kendaraan dalam satu jam (saat arus lalu lintas berada dalam volume maksimal).

$$VJP_n = \text{koefisien VJP} \times LHR$$

Dimana harga koefisien VJP = 10 – 15%, tergantung dari fungsi jalan .

- Kapasitas jalan

Adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada satu jalur dalam satu arah selama satu jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu.

B. Sifat dan Komposisi Lalu Lintas

Sifat lalu lintas meliputi lambat dan cepatnya kendaraan yang bersangkutan, sedangkan komposisi lalu lintas menggambarkan jenis kendaraan yang melaluinya.

Dalam penggunaannya hanya di pakai kendaraan bermotor saja yang dibagi dalam 2 (dua) kelompok yaitu :

- Kendaraan penumpang (P), golongan ini mencakup semua jenis mobil penumpang dan truk ringan seperti pick-up dengan sifat operasi dan ukurannya sesuai/serupa dengan mobil penumpang.
- Kendaraan truk (T), golongan ini adalah truck tunggal, truk tunggal, truck gandengan (berat kotor > 3.5 ton) dan kendaraan bis.

Demikian pula untuk sifat-sifat kendaraan dari berbagai macam ukuran yang mempergunakan jalan akan mempengaruhi perencanaan geometrik sehingga perlu memeriksa semua tipe dan kelasnya.

Adapun kelas umum dari kendaraan yang bisasa dipakai adalah:

- Kelas kendaraan penumpang
- Kelas kendaraan truck

Sedangkan sifat-sifat dari kendaraan meliputi:

- Beratnya
- Dimensi/ukurannya
- Sifat operasi (cepat dan lambat)

C. Kecepatan Rencana Lalu Lintas

Yang dimaksud dengan “Kecepatan Rencana” adalah kecepatan maksimum yang diizinkan tidak menimbulkan bahaya. Inilah yang digunakan dalam perencanaan geometrik. Suatu kecepatan rencana haruslah sesuai dengan tipe dan sifat lapangan.

Suatu jalan yang ada di daerah datar mempunyai “design speed” yang lebih tinggi dari jalan yang ada di daerah pegunungan daerah bukit. Suatu jalan di daerah terbuka akan mempunyai “design speed” yang lebih tinggi dsari jalan di daerah kota.

Kecepatan rencana merupakan faktor utama dari segala macam transportasi. Kecepatan yang di gunakan oleh pengemudi tergantung dari :

- Pengemudi dan pengendaraan yang bersangkutan
- Sifat fisik jalan dan cuaca
- Adanya gangguan dari kendaraan lain

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

- Survey perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang di rencanakan.
- Survey asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang di anggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk

mendapat gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang di rencanakan. (L.Hendarsin Shirley, 2000)

2. Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinemen sebagai standar perencanaan geometrik seperti: landai jalan, jarak, pandang, penampang melintang dan lainnya. Bukit, lembah, sungai, dan danau sering memberikan pembatasan terhadap lokasi dan perencanaan. Untuk memperkecil biaya pemanggunan jalan, maka standar perencanaan geometrik perlu disesuaikan dengan keadaan tofografi, sehingga jenis medan dibagi menjadi 3 golongan umum berdasarkan besarnya kelerengan melintang dalam arah kurang lebih tegak lurus sumbuh jalan raya.

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 realinemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Tabel 2.9 Klasifikasi medan dan besarnya kemiringan lereng melintang

Golongan Medan	Kemiringan Lereng Melintang
Datar (D)	0 – 9,9%
Bukit (B)	10 – 24,9%
Gunung (G)	≥ 25%

Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya/1970

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

- a. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.

b. Kegiatan pengukuran meliputi:

1. Menentukan titik kontrol *vertical* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah di sekitar trase jalan .
3. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol di atas.

Adapun pengaruh medan meliputi hal-hal berikut ini :

a. Tikungan

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

b. Tanjakan

Tanjakan yang cukup curam dapat mengurangi kecepatan kendaraan kalau tenaga tariknya tidak cukup maka berat muatan kendaraan harus dikurangi, itu berarti mengurangi kapasitas angkut dan sangat merugikan. Karena itu diusahakan supaya tanjakan dibuat landai.

c. Bentuk penampang melintang jalan

Potongan suatu jalan tegak lurus pada as atau sumbu jalan yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang jalan yang akan digunakan harus disesuaikan dengan klasifikasi jalan serta kebutuhan lalu lintas yang bersangkutan, demikian pula dengan lebar bahu jalan, drainase dan kebebasan jalan yang semua itu harus disesuaikan dengan aturan yang berlaku.

d. Trase jalan

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus mempertimbangkan syarat-syarat :

a) Syarat Ekonomis

- Penentuan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong garis kontur, sehingga dapat menghemat biaya khususnya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.
- Penyelidikan material dan tenaga kerja yang tidak terlalu jauh dari lokasi proyek, sehingga dapat menekan biaya mobilisasi material tersebut.

b) Syarat teknis, yaitu dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan melalui proses perencanaan yang baik yang sesuai dengan keadaan topografi daerah tersebut.

A. Faktor Kapasitas Jalan

Kapasitas suatu jalan berarti kemampuan suatu jalan menerima lalu lintas. Jadi kapasitas menyatakan jumlah kendaraan maksimum yang melalui suatu titik dalam satuan waktu. Kapasitas terbagi dalam 3 golongan:

a. Kapasitas Dasar (Kapasitas Ideal)

Merupakan kapasitas jalan dalam kondisi ideal, yaitu meliputi:

- Lalu lintas yang mempunyai ukuran standar
- Lebar pekerjaan ideal, yaitu 3.6 m
- Lebar bahu 1.8 m dan tidak ada penghalang
- Jumlah tikungan dan tanjakan

b. Kapasitas Rencana (Design Capacity)

Merupakan kapasitas jalan untuk perencanaan yang dinyatakan sebagai jumlah kendaraan yang melalui suatu tempat dalam satu satuan waktu (jam).

c. Kapasitas Mungkin (*Possible Capacity*)

Yaitu jumlah kendaraan yang melalui satu titik dengan memperhatikan percepatan ataupun perlambatan yang terjadi pada jalan tersebut.

Rumus Umum:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

B. Faktor Keamanan dan Analisa Untung Rugi

1. Keamanan

Pada jalan raya, kita erhadapan dengan manusia dan kendaraan maka tentu saja perencanaan geometrik jalan raya ditujukan terhadap efisiensi, keamanan dan kenyamanan.

Faktor kecepatan kendaraan merupakan faktor keamanan, sehingga dalam perencanaan jalan harus diberikan suatu pembatasan kecepatan untuk mendapatkan keamanan maksimum.

2. Analisa Untung Rugi

Analisa untung rugi dipergunakan dalam pembatasan trase jalan (grafik tujuan) yang didasarkan atas:

- a. Biaya pembangunan
- b. Biaya pemeliharaan
- c. Biaya operasi kendaraan

Dengan adanya analisa inilah untuk itu trase jalan sebaiknya dibuat sependek mungkin dan lurus. Bila pembiayaan terbatas, jalan diusahakan mengikuti permukaan tanah asli, sehingga tidak banyak atau bahkan tidak ada galian maupun timbunan.

Dari segi kemampuan kendaraan maka:

- Perlu pembatasan kendaraan yang lewat
- Pembangunan disesuaikan terhadap klasifikasi lalu lintas (*volume dan kapasitas*)

3. Data Penyelidikan Tanah

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

1) Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks. Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*The American Assosation of State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing ratio*). Pengambilan data CBR di lapangan dilakukan di sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

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

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

Tabel 2.10 di bawah ini adalah nilai R untuk perhitungan CBR segmen

Tabel 2.10 Nilai R untuk perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.57
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

Sumber : Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya Nova*, 1993

b. Cara Grafis

Prosedur cara grafis sebagai berikut:

- Tentukan nilai CBR terendah
- Temukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR, kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil hingga terbesar
- Angka terbanyak diberi nilai 100%. Angka yang lain merupakan persentase dari 100%
- Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi
- 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 AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officilas*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3) Pengujian laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan:

- a. Sifat-sifata indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Spesific Gravity*), W_n (*Natural Wter Content*), γ (*Berat Isi*), e (*Void Ratio/Angka Pori*), n (*Porositas*), S_r (*Derajat Kejenuhan*).
- b. Klasifikasi USCS dan AASHTO
 1. Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
 - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
 2. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
 - Liquid Limit (LL) = batas cair
 - Plastic Limit (PL) = batas plastis
 - $IP = LL - PL$

3. Pemadatan : γd maks dan w_{opt}
 - Pemadatan standar/proctor
 - Pemadatan modifikasi
 - Dilapangan dicek dengan *sandcone* $\pm 100\% \gamma d$ maks
4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γd maks dan w_{opt}
 - CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

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 survey langsung di lapangan 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 bangunan pelengkap jalan.

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

1) Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.

2) Tanah berbutir halus

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

5. Data – data Penunjang Lainnya

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun diluar daerah tangkapan yang di anggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topografi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar (peta topografi atau peta rupa bumi), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai maupun terrain sepanjang trase jalan rencana (*Shirley, 2000*).

2.2.2 Alinyemen horizontal

Alinemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan-jalan pada bidang horizontal, merupakan bidang datar yang berupa lengkungan atau tikungan.

Alinemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan”. Atau “trase jalan”. Alinemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang di hubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran, busur peralihan atau kedua busur tersebut (*Sukirman: 1999*).

Alinemen horizontal/trase jalan merupakan gambaran badan jalan yang tegak lurus bidang. Pada gambar tersebut akan terlihat apakah jalan tersebut akan merupakan jalan lurus, berbelok kekiri/kekanan. Pada perencanaan alinemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu: bagian lurus, dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan.

1. Bagian Lurus

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

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). Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang.

Berdasarkan kriteria perencanaan, ditetapkan:

- Jari-jari minimum lengkung horizontal (R_{min})
- Kelandaian jalan maksimum
- Panjang maksimum bagian jalan yang lurus
- Jarak pandang henti dan jarak pandang menyiap

Jari-jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127.e_{mak} + f} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

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

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{mak} = superelevasi maksimum (%)

f = Koefisien

Untuk pertimbangan perencanaan, panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11 Panjang jari-jari minimum (dibulatkan) untuk $e_{\text{mak}} = 10\%$

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

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997*

2) Lengkung peralihan

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

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

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots (2.11)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi short, sebagai berikut:

$$L_c = 0.022 \frac{V_R^2}{R_c C} - 2.727 \frac{V_{Re}}{C} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

$$L_c = \frac{(e_m - e_r)}{3.6 r e} V_r \dots\dots\dots (2.13)$$

T = waktu tempuh (3 detik)

R_c = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1.0 disarankan 0.4 m/det³

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi maksimum

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

untuk $V_R \leq 70$ km

$r_e = 0.035$ m/m/det

untuk $V_R \geq 80$ km

$r_e = 0.025$ m/m/det

3) Jenis – jenis tikungan

Menurut buku *Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Djamal Abdat: 1981*

Didalam alinemen horizontal, dikenal beberapa bentuk tikungan yaitu:

- a. Tikungan Circle (Full Circle)
- b. Tikungan Spiral - Circle – Spiral (S-C-S)
- c. Tikungan Spiral – Spiral (S-S)

a. *Full Circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari tikungan (R) yang sangat besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Lengkung peralihan
- Kemiringan melintang (Superelevasi)
- Pelebaran perkerasan jalan
- Kebebasan samping

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

Dimana:

PI = Point of intersection

V = Kcepatan rencana (km/jam)

R = Jari-jari (ditetapkan) (m)

Δ = Sudut tangen (diukur dari gambar trase) ($^{\circ}$)

TC = Tangen Circle

CT = Circle tangen

T = Jarak antara TC ke PI (m)

L = panjang bagian tikungan (m)

E = Jarak PI ke lengkung peralihan (m)

Besar variabel T, E dan L pada tikungan Full Circle dihitung menurut persamaan dibawah ini:

$$T = R \cdot c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.15)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \pi R_c}{360^{\circ}} \text{ atau } L_c = 0.01745 \cdot \Delta \cdot R \text{ atau } L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R_c \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

Δ = sudut tangen

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari-jari lingkaran

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

L_c = panjang busur lingkaran

Pada bentuk tikungan ini dalam perhitungan dan penggambaran super elevasinya dipakai L_s fiktif yaitu panjang lengkung spiral fiktif yang ditentukan oleh landai relatif maksimum yang masih diizinkan. Kegunaan L_s fiktif ini adalah untuk mengubah penampang melintang dari (e) normal ke (e) penuh.

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 2.12.

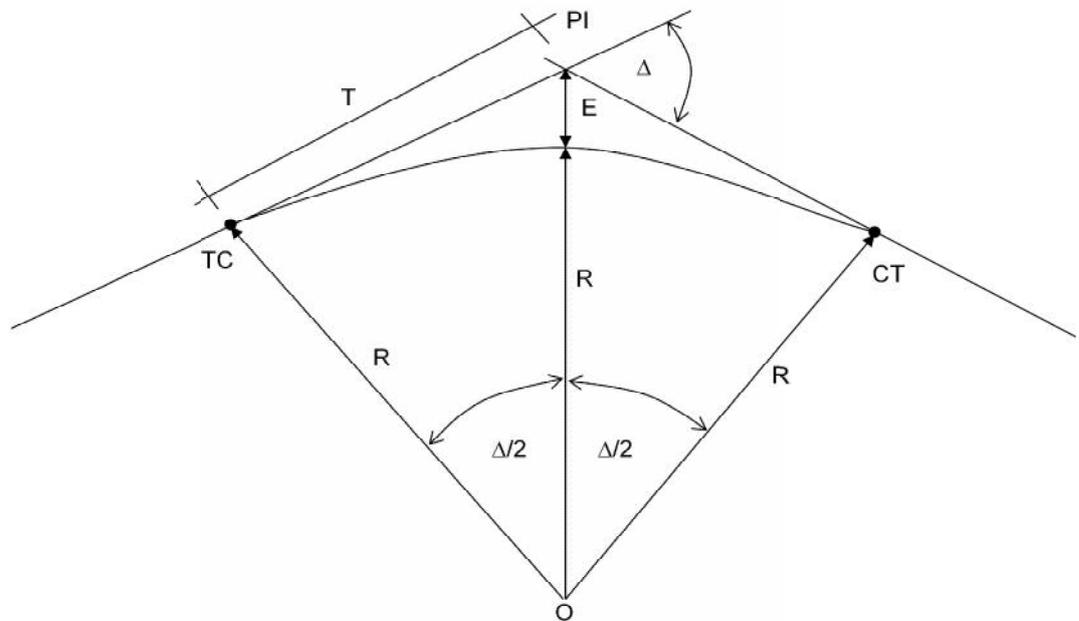
Tabel 2.12 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{\min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

Sumber : perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000

Pada dasarnya tabel di atas sama dengan batasan yang biasa dipakai di Indonesia dimana diperbolehkan menggunakan bentuk tikungan *Full Circle* menurut TPGJAK/1997

Komponen-komponen untuk tikungan *full circle* dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Komponen *Full Circle*

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari nilai di atas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah Spiral-Circle-Spiral.

b. *Spiral-Circle-Spiral* (S – C – S)

Bentuk tikungan ini merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian Circle (*transition curve*) yang panjangnya diperhitungkan dengan memperimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal yang timbul pada waktu kendaraan memasuki atau meninggalkan tikungan dapat terjadi secara berangsur-angsur.

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen 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. Adapun jari-jari yang di ambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

- Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0.10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0.08

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini:

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

$$L_s = \frac{VR}{3,6} T \dots\dots\dots (2.17)$$

- Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi Shortt, sebagai berikut:

$$L_s = 0.022 \frac{VR^3}{Rc.C} - 2,727 \frac{VR.e}{C} \dots\dots\dots (2.18)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian:

$$L_S = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_R \dots\dots\dots (2.19)$$

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 = Superelevasi (%)

e_m = Superelevasi maksimum (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

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

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam nilai r_e mak = 0,035 m/m/det

- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam nilai r_e mak = 0,025 m/m/det

Syarat penggunaan tikungan Spiral – Circle – Spiral :

1. $L_c \geq 25$ m

2. $P = \frac{L_s^2}{24R} \geq 0.25$ m

Dimana:

PI : Point of Intersection

TS : Tangen Spiral (Titik perubahan dari tangen ke spiral)

SC : Spiral Circle (Titik perubahan dari spiral ke circle)

CS : Circle Spiral (Titik perubahan dari circle ke spiral)

ST : Spiral Tangen (Titik perubahan dari spiral ke tangen)

L_s : Panjang lengkung spiral

L_c : Panjang lengkung circle

E_t : Jarak PI ke luar busur lingkaran

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

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$Y_s = \frac{Ls^2}{6 Rc} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{Ls}{Rc} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\rho = \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$k = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40 Rc^2} \right) - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.24)$$

$$T_s = (Rc + \rho) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.25)$$

$$E_s = \frac{(Rc + \rho)}{\cos^{\frac{1}{2}}(\Delta)} - Rc \text{ atau } (Rc + \rho) \sec \frac{1}{2} \Delta - Rc \dots\dots\dots (2.26)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\Delta = \Delta_c + 2 \theta_s \dots\dots\dots (2.28)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.29)$$

Kontrol : $L_{tot} < 2.T_s$

Dimana:

L_s = panjang lengkung peralihan

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

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 ke titik ST

E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = sudut lengkung spiral

Δ = sudut tangen

Rc = 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.

Bila $1000/R > 6$, tidak dalam grafik maka:

$$T_d = \sqrt{R^2 + A} (2p + A) - R \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana:

R : $R - \frac{1}{4}$ lebar jalan

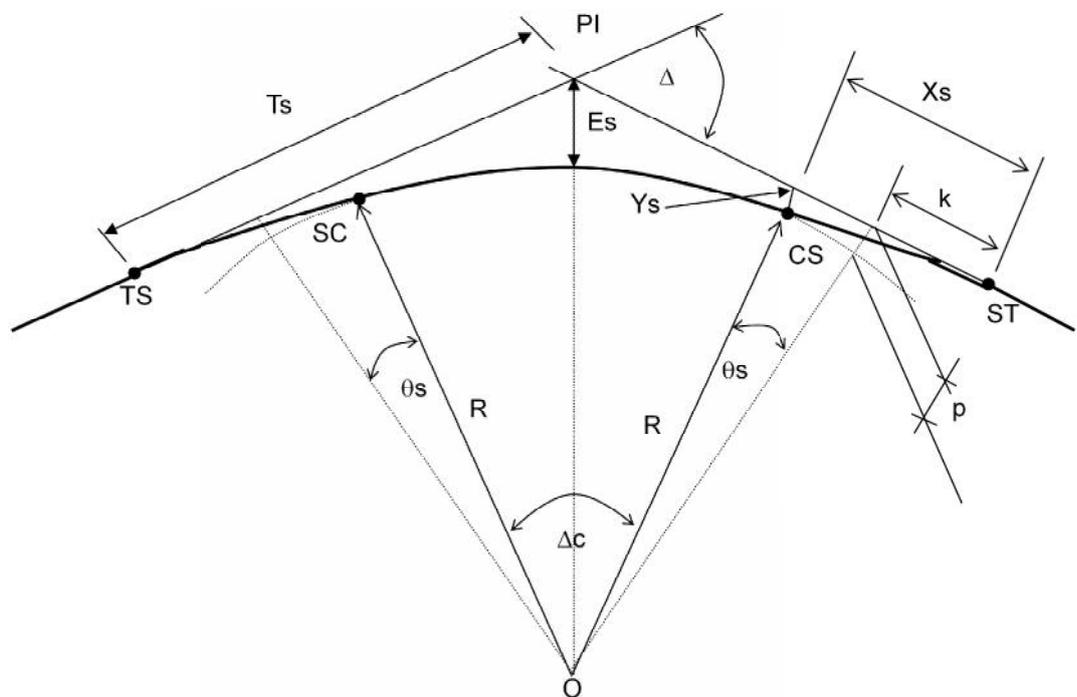
A : Jarak tonjolan kendaraan rencana = 1.3 m

P : Jarak antar kendaraan rencana = 6.5 m

Dan bila hasil perhitungan didapat $B <$ lebar jalan bagian lurus, maka tikungan tidak perlu ada pelebaran. Hal ini biasa terjadi pada tikungan dengan jari-jari besar ($R > 1200$ m) dan sudut tangen ($\Delta < 10^0$) (Abdat, 1981).

Untuk keperluan praktis pelebaran perkerasan jalan pada tikungan dapat juga ditentukan melalui tabel dibawah ini:

Komponen - komponen untuk tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Komponen *Spiral – Circle – Spiral*

c. *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:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad \dots \dots \dots (2.31)$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s \quad \dots \dots \dots (2.32)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \quad \dots \dots \dots (2.33)$$

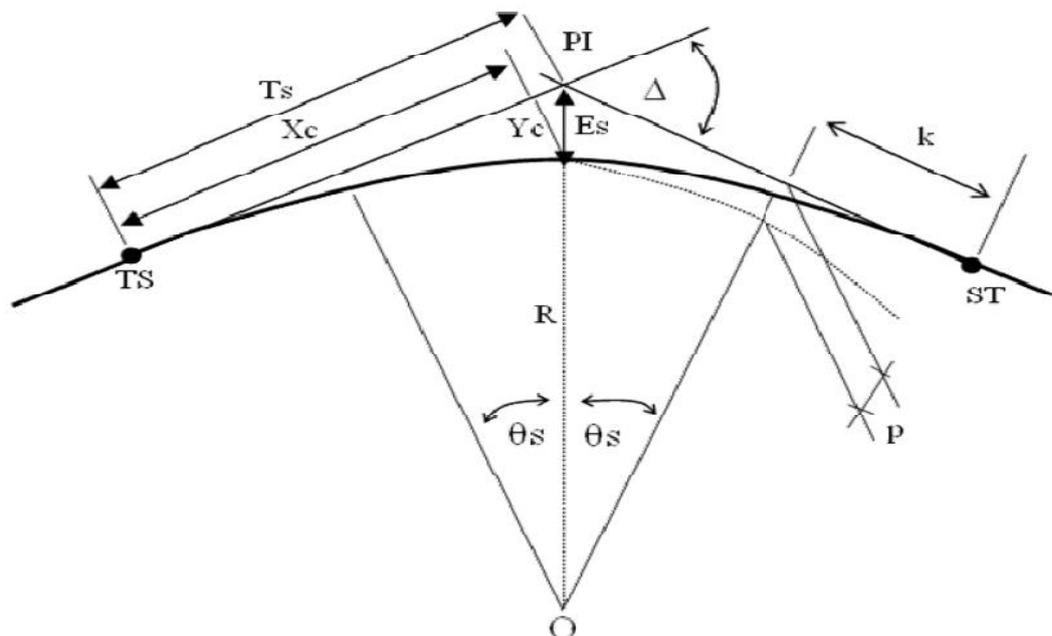
Untuk menentukan L_s , dapat menggunakan rumus:

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R_c}{90} \quad \dots \dots \dots (2.34)$$

Kontrol : $L_{\text{tot}} < 2.T_s$

Sedangkan untuk nilai p , k , T_s , dan E_s , dapat juga menggunakan rumus (2.20) sampai (2.23).

Komponen-komponen untuk tikungan *spiral – spiral* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Komponen *Spiral –Spiral*

Dimana:

P = pergeseran tempat

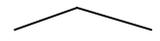
k = gaya sentrifugal

p^*, k^* : konstanta didasarkan pada besar θ_s (lihat tabel) untuk $L_s = 1$.

4) Pencapaian superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana (V_1), superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

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 $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- 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).

5) 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.

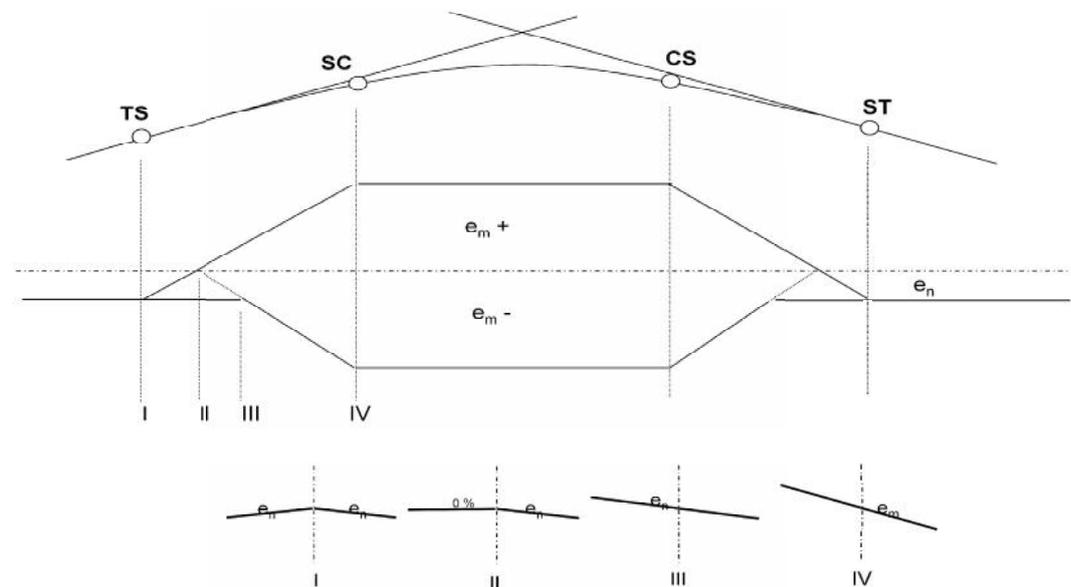
Ada tiga cara untuk superelevasi yaitu:

1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sbelah luar

Adapun cara membuat diagram superelevasi adalah sebagai berikut:

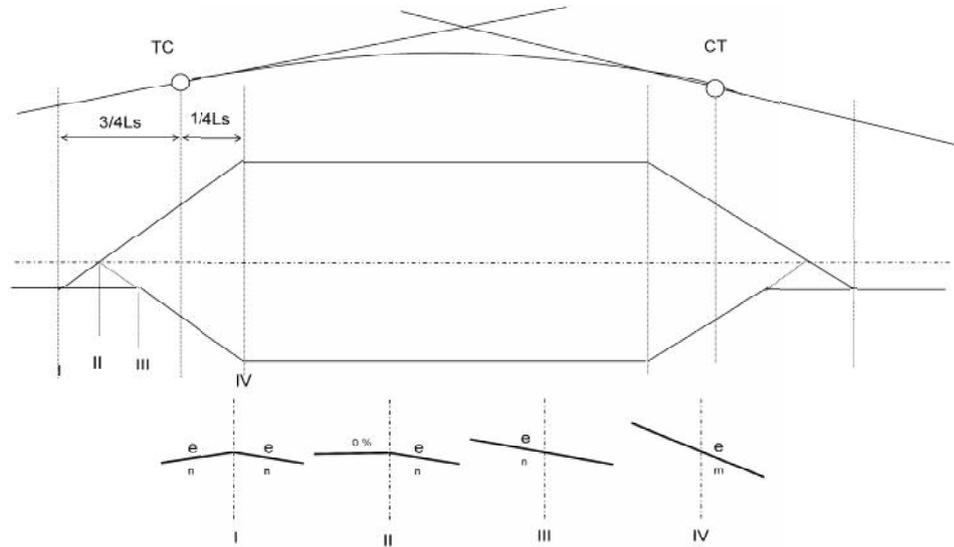
1. Buat garis e_n dan e_{max} relatif (e_{max} relatif untuk spiral – spiral dalam bentuk titik) sehingga diperoleh titik A dan B.
2. Hubungkan garis AB sehingga diapat C
3. Hubungkan titik C dan D seperti pada gambar (sebagian putus-putus)

Adapun diagram pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral – circle – spiral* dapat dilihat pada Gambar 2.12



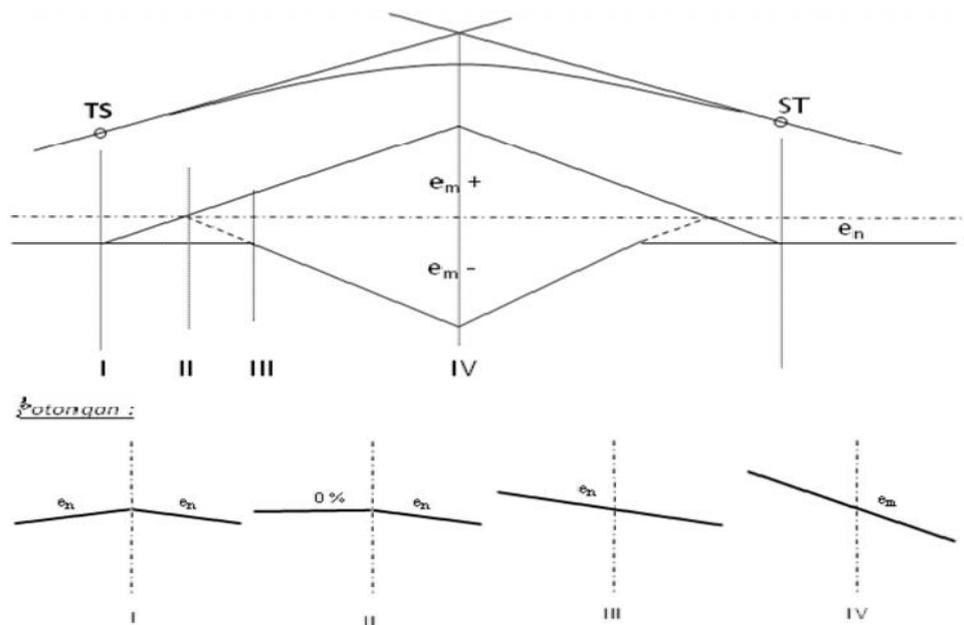
Gambar 2.12 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan *spiral – circle – spiral*

Untuk tikungan *full circle*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan *Full Circle*

Untuk tikungan *spiral – spiral*, diagram pencapaian superelevasi dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan *Spiral – Spiral*

Pencapaian kemiringan melintang normal (e_n) kemiringan penuh (e_{max} relatif) dapat dilakukan sebagai berikut:

- Untuk Tikungan Circle

Walaupun tikungan circle tidak mempunyai lengkung peralihan, akan tetapi tetap diperlukan adanya suatu lengkung peralihan fiktif (L_s). Besarnya lengkung peralihan fiktif adalah sbegai berikut:

$$L_s' = B \cdot e_n \cdot M \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

B = lengkung peralihan fiktif

e_n = lebar perkerasan

m = (1) landai relatif maksimum antara tepi perkerasan (Lihat daftar II, harganya tergantung kecepatan rencana).

Harga e_{maks} dan e_n didapat dari tabel berdasarkan harga L_s yang dipakai Tabel Panjang Minimum dan Kemiringan Melintang ($e_{\text{maks}} = 10\%$).

6) Landai relatif

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

$$L_s' = (e + e_n) \cdot B \cdot 1/m \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana:

$1/m$ = landai relatif, (%)

e = superelevasi, (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal, (m/m')

B = lebar lajur, (m)

3. 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 dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Rumus yang digunakan:

$$B = \sqrt{\{Rc^2 - 64 + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots (2.38)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots\dots\dots (2.40)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana:

b = lebar kendaraan, (m)

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

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

Δb = tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m)

Lagi pula kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan.

Hal ini disebabkan karena:

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

Untuk menghindari hal-hal tersebut diatas maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu pelebaran jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan. Pada umumnya truck tunggal sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut.

Pelebaran perkerasan pada tikungan sangat bergantung pada jari-jari tikungan (R), sudut tikungan (Δ) dan kecepatan rencana (Vp). Dalam “Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya”, mengenai hal ini dirumuskan:

$$B = n(b' + c) + (n - 1).Td + z \dots\dots\dots (2.42)$$

4. Daerah Bebas Samping di Tikungan

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

memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi.

Menurut TPGJR No.0.8/TB/1997. *Departemen Pekerjaan Umum*, pengetahuan kebebasan samping di tikungan:

- a. Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang ditikungan sehingga Jh dipenuhi.
- b. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan persyaratan Jh dipenuhi.
- c. Daerah bebas samping di tikungan berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Jika $Jh < Lt$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

2. Jika $Jh > Lt$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

2.2.3 Alinyemen vertikal

Alinemen vertikal merupakan garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan atau tepi dalam masing-masing perkerasan jalan yang bersangkutan. Pada pemilihan alinemen ini juga berkaitan dengan adanya pekerjaan galian dan timbunan tanah. Profil ini memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (truk digunakan sebagai kendaraan standar).

Alinemen vertikal sangat erat hubungannya dengan besarnya biaya pembangunannya, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinemen horizontal yang merupakan bagian kritis adalah lengkung horizontal (bagian tikungan) maka pada alinemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truk dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai (*Djamal Abdat : 1981*)

Pada perencanaan alinemen 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 alinemen vertikal sebagai berikut:

- Topografi
- Kecepatan rencana
- Fungsi jalan
- Tebal perkerasan
- Tanah dasar
- Kedudukan tinggi landai kendaraan

Pada alinyemen vertikal akan ditemui berbagai keadaan antara lain:

1. Kelandaian

Kelandaian pada alinemen vertikal jalan dapat dibedakan atas:

1) 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 semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Kelandaian maksimum untuk berbagai kecepatan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 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 Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus arus lalu lintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam. Landai maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak yang pendek. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat. Panjang kritis landai tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 Panjang kritis landai

Landai (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (%)	480	330	250	200	170	150	135	120

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik jalan Raya, 1970

2) Kelandaian Minimum

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

- Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kerib.
- Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kerib.
- Landai minimum sebesar 0,3 – 0,5% dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerib.

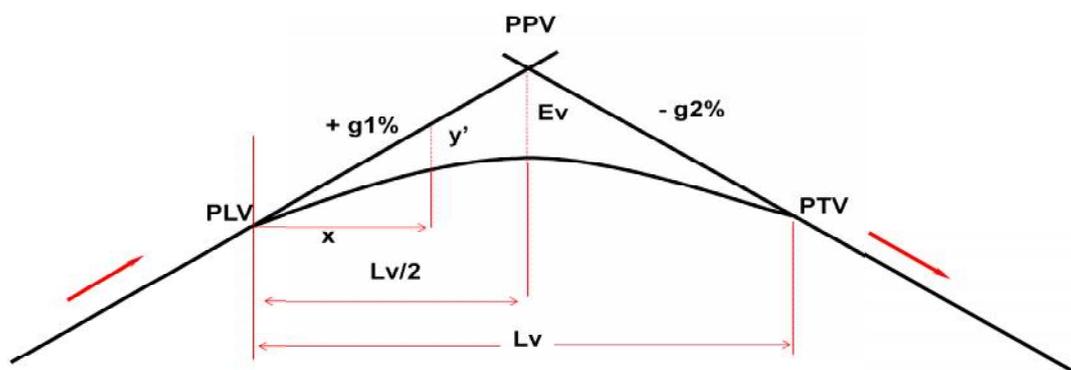
2. Lengkung Vertikal

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 terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

Tipikal lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Tipikal lengkung vertikal bentuk parabola

Adapun rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut:

$$x = \frac{1}{4} Lv \dots\dots\dots (2.45)$$

$$y = \frac{A}{200Lv} x^2 \dots\dots\dots (2.46)$$

$$A = (g1 \pm g2) \dots\dots\dots (2.47)$$

$$EV = \frac{ALvc}{800} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana:

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

y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta, (m)

Lv = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik P dan titik Q, (m)

$g1$ = kelandaian tangen dari titik P, (%)

$g2$ = kelandaian tangen dari titik Q, (%)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian, (%)

Ev = penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal, (m)

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

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka dipilih jenis lengkung parabola sebagai lengkung vertikal. Dimanan sifat parabola, adalah: pergeseran dari setiap titik pada lengkung terhadap garis tangen adalah sebanding dengan kuadrat jarak horizontal diukur dari ujung lengkung.

3. Koordinasi Alinyemen

Koordinasi alinemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut.

Maksud koordinasi dalam hal ini yaitu penggabungan beberapa elemen dalam perencanaan geometrik jalan yang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan melintang dalam suatu paduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang mematuhi unsur aman, nyaman dan ekonomis.

Beberapa ketentuan atau syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinemen, sebagai berikut:

- a. Alinemen horizontal dan alinemen vertikal terletak pada satu fase, dimana alinemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak diatas lengkung vertikal cembung atau dibawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jalan terletak.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinemen vertikal, sehingga sulit untuk memperkirakan alinemen dibalik puncak tersebut.
- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang, harus dihindarkan.

2.3 Galian dan Timbunan

Dalam perhitungan jaya raya di usahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinemen 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), panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik *stationing* (patok-patok km) disepanjang ruas jalan. Sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal (trase jalan).

Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:

- Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m
 - Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m
 - Untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m
- 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. Profil melintang digambarkan untuk setiap titik stationing yang telah ditetapkan. Profil ini menggambarkan bentuk permukaan tanah asli dan rencana jalan dalam arah tegak lurus as jalan secara horizontal. Kondisi permukaan tersebut diperlihatkan sampai sebatas minimal separuh daerah penguasaan jalan kearah kiri dan kanan jalan tersebut.

Dengan menggunakan data-data yang tercantum dalam daftar I PPGJR No.13/1970, antara lain lebar perkerasan, lebar bahu, lebar saluran (drainase), lereng melintang perekerasan dan lereng melintang bahu maka bentuk rencana badan jalan dapat diperlihatkan.

Informasi yang dapat diperoleh dari hasil penggambaran profil melintang ini adalah luas dari bidang-bidang galian atau timbunan yang dikerjakan pada titik tersebut.

- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk bangun-bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.

Perlu diketahui bahwa perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antar STA maka harga volume galian dan timbunan juga semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antar STA, maka semakin jauh tepatan hasil yang diperoleh.

Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan dalam waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahalnya biaya pembuatan jalan yang direncanakan. Oleh sebab itu, faktor-faktor yang perlu diperhatikan guna menghindari ketidak hematatan perlu diperhatikan sejak dini.

Faktor-faktor tersebut antara lain:

- Penuangan data lapangan keadaan bentuk gambar harus benar, baik skala ukuran yang digunakan.
- Perhitungan luas penampang harus seteliti mungkin dan bila memungkinkan harus menggunakan alat ukur, misalnya planimetri.
- Disamping telah ditentukan seperti diatas, penentuan jarak antar STA harus sedemikian rupa sehingga informasi-informasi penting seperti perubahan elevasi yang mendadak dapat dideteksi dengan baik (*Abdat, 1981*).

2.4 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 yang berarti.

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis – lapis. Lapisan paling atas disebut juga lapisan permukaan yang merupakan lapisan paling baik mutunya, selanjutnya dibawahnya terdapat lapisan pondasi yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

Perencanaan konstruksi atau tebal lapisan perkerasan jalan dapat dilakukan dengan banyak cara (metoda) antara lain: AASHTO dan *The Asphalt Institute* (Amerika), *Road Note* (Inggris), NAASRA (Australia) dan Bina Marga (Indonesia).

2.4.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Konstruksi perkerasan jalan pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

- a. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku.
- b. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.
- c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)
Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.4.2 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari empat lapisan yaitu:

- a. Lapisan permukaan (*Surface Course*)
Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas. Fungsi dari lapisan ini adalah:
 - Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
 - Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
 - Lapisan aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
 - Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

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

b. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Base course merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan lapis permukaan (*surface course*). Fungsi dari lapisan ini antara lain, sebagai berikut:

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas harus cukup kuat, material tersebut pada umumnya berasal dari alam, contohnya batu pecah kelas A, B, C dan stabilitas tanah dengan semen atau kapur.

c. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak antar lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai berikut, antara lain:

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah rekatif murah dibandingkan dengan lapis perkerasan diatasnya.
- Mengurangi tebal lapisan diatasnya yang harganya cenderung lebih mahal.
- Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
- Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan beban alat berat
- Lapisan untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah contohnya Sirtu kelas A, B, C, dan stabilitas tanah dengan semen / kapur.

d. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

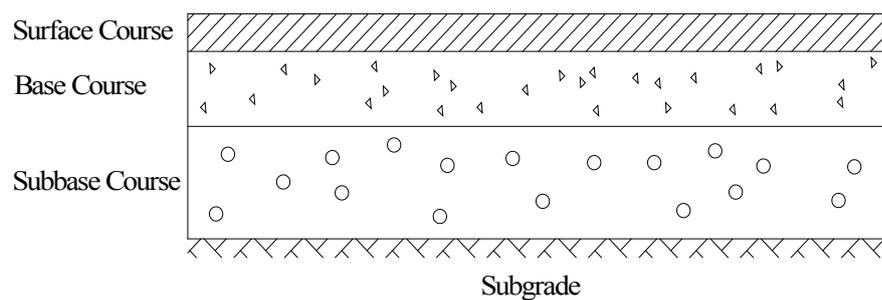
Lapisan tanah dasar adalah lapisan tempat diletakkannya lapisan pondasi bawah, dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya memenuhi syarat, atau tanah yang didatangkan dari tempat lain lalu dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing – masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air, dan kondisi lingkungan.

Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- Lapisan tanah dasar, tanah galian
- Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
- Lapisan tanah dasar, tanah asli

Susunan untuk masing – masing lapisan pada perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 Susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur

2.4.3 Karakteristik Perkerasan Lentur

- Bersifat elastis jika menerima beban, sehingga dapat memberi kenyamanan pada pengguna jalan
- Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal
- Seluruh lapisan ikut menerima beban
- Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar sedemikian rupa, sehingga tidak merusak lapisan tanah dasar
- Usia rencana maksimum 20 tahun
- Selama usia rencana memerlukan pemeliharaan secara berkala.

2.4.4 Kriteria Perancangan

a. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan oleh lebar perkerasannya. Adapun jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasannya dapat dilihat pada Tabel 2.15 berikut ini.

Tabel 2.15 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

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

b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Nilai koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.16 Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

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

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

c. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Tabel 2.17 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-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
Lokal	50 - 80	50 – 80

(sumber : AASHTO'93)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
3. Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0

Tabel 2.18 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	-2,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

d. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur pelayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

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

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

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

$$t = T_{50} \times m_d \times 24 \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

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

T_{50} = *time* faktor

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

Faktor-faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan slope faktor (S_1) dengan persamaan berikut :

$$S_1 = \frac{(L_R \times S_R)}{H} \dots\dots\dots (2.50)$$

Dimana :

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

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

H = Tebal dari lapisan fermeable (ft)

Nilai " M_d " dihitung dengan persamaan :

$$M_d = \frac{N_e \cdot L_R^2}{KH} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

N_e = Porositas efektif lapisan *drainase*

k = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet*/hari

L_R = Resultan Panjang (*feet*)

H = Tebal lapisan *drainase* dalam *feet*

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

K = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet*/hari

P_{200} = Berat agregat yang lolos saringan no.200 dalam %

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

Persamaan untuk menentukan koefisien *drainase* yang akan digunakan mencakup :

1. Menghitung Porositas Material

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 G} \right) \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

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

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

G = Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5 – 2,7

2. Menghitung Resultan Kemiringan (*Slope Resultant*)

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

S_R = Resultan Kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

3. Menghitung Resultan Panjang (*Length Resultant*)

$$L_R = L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

L_R = Resultant Panjang (*feet*)

W = Lebar Lapisan *Drainase* (*feet*)

S = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

Koefisien *drainase* untuk mengakomodasikan kualitas sistem *drainase* yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas *drainase*.

Tabel 2.19 Definisi kualitas *drainase*

Kualitas <i>drainase</i>	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

(sumber : AASHTO'93)

Tabel 2.20 Koefisien *drainase* (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas <i>Drainase</i>	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	1,05 – 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 : AASHTO'93)

e. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.21 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana

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

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beerapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.22 dibawah ini :

Tabel 2.22 Indeks pelayanan pada awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston Modifikasi/AC-mod)	≥ 4
Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

2.4.5 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

- Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.

- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

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

- a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “ AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

- b. Metode NAASRA, Australia yang dapat dibaca “ *Interin Guide to Pavement Thicknexe Design.*”

- c. Metode *Asphalt Institute*

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

- d. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 UDC : 625,73 (02).

2.4.6 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

- a. Koefisien kekuatan relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada nilai koefisien kekuatan relative bahan (a) pada tabel berikut.

Tabel 2.23 Koefisien Kekuatan Relative bahan jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relative			
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000psi)							
1. Lapis permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapis antara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- laston									
- lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. lapis pondasi									
- lapis pondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾				0,305		
- lapis pondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾				0,290		
- lapis pondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
- lapis pondasi lapen							0,190		
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300		0,270		
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾			0,230		
CTB	5350	776		45			0,210		
CTRB	4450	645		35			0,170		
CTSB	4450	645		35			0,170		
CTRSB	4270	619		30			0,160		

Lanjutan Tabel 2.23

Jenis bahan	Kekuatan bahan						Koefisien kekuatan relative		
	Modulus elastis	Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	Modulus elastis	a ₁	a ₂	a ₃
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

Keterangan :

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

b. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada Tabel 2.24 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.24 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

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

c. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 2.25 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.25 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB	6,0	15,0
- CTRB	6,0	15,0
- CMRFB	6,0	15,0
- CTSB	6,0	15,0
- CTRSB	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kuru	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

d. Persamaan Dasar

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

$$\begin{aligned} \text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \left| \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right|}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\ + 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07 \dots\dots\dots (2.56) \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

Mr yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

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

e. Estimasi Lalu lintas

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

f. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

g. Modulus Resilien tanah dasar efektif

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

h. Perhitungan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.57)$$

Keterangan :

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

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

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

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

i. Analisis perancangan tebal perkerasan

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

Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).

4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterprestasikan dengan lalu lintas.
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

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

2.5 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

1. Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase, yaitu :

a. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada di permukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi :

- Saluran samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan

- Saluran pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuang yang lebih rendah seperti sungai, rawa, atau kolam

- Saluran penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan

- Gorong – gorong

Gorong – gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada di bawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya

b. Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada di bawah permukaan jalan yang biasa berfungsi sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air.

2. Jembatan

Jembatan adalah bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan.

Pada jembatan, diperbedakan bangunan bawah ialah bagian – bagian yang menjadi penumpang dan dasar dari bangunan atas yaitu : kepala jembatan, tiang – tiang dan pemikul jembatan. Beban – beban yang diteruskan oleh bangunan bawah ke tanah bawah. Bangunan atas menerima beban dari lalu lintas, kadang – kadang dengan tambahan banting dan tekanan angin kemudian diteruskan pada bangunan bawah ditambah dengan berat konstruksinya.

2.6 RAB dan Manajemen Proyek

2.6.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

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

2.6.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisis satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga – harga

satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga – harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam 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 hubungan 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 didapat 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

2.6.3 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

2.6.4 Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya- biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda- berbeda dimasing – masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

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

2. Anggaran biaya teliti

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

Penyusunan anggaran biaya yang dihitung secara teliti, didasarkan atau didukung oleh :

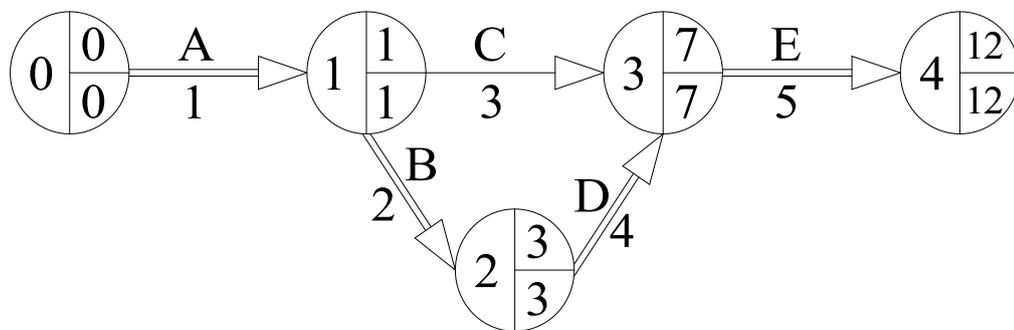
- a. Bestek, berguna untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat – syarat
- b. Gambar bestek, berguna untuk menentukan / menghitung / besarnya masing – masing volume pekerjaan
- c. Harga satuan pekerjaan, didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW

2.6.5 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.

2.6.6 Manajemen proyek

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



Gambar 2.17 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
3. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif – alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data – data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.

2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan

Biasanya memakai waktu rata – rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack / kelonggaran waktu.

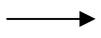
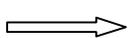
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan – pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya – biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

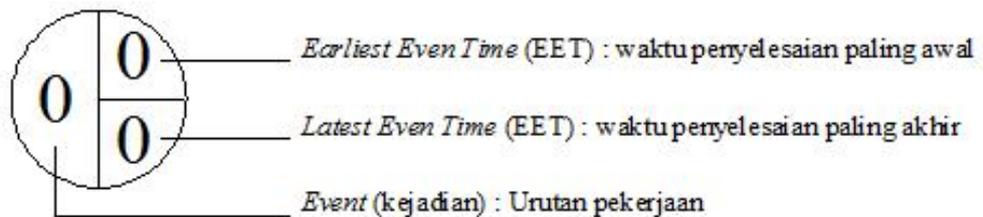
Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

1. Panjang, pendek, maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan
2. Aktifitas – aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas – aktifitas apa yang mengikuti
3. Aktifitas – aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama – sama
4. Aktifitas – aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas – aktifitas itu
6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak memiliki arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol – simbol yang digunakan dalam menggambar NWP :

-  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu 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
-  (*node/event*), 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 dilintasan kritis (*critical path*)

- -----> (*dummy*), bentuknya merupakan anah panah terputus – putus yang artinya kegiatan semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu ini 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



Gambar 2.18 Simbol kejadian

2.6.7 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.

2.6.8 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.