

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

(Silvia Sukirman, 1999)

Persyaratan geometrik jalan, adalah salah satu dari persyaratan-persyaratan yang ada, untuk memberikan kenyamanan, keamanan dan kenyamanan dan kecepatan tersebut diatas. Banyak syarat-syarat lain diluar syarat geometrik ini, yang merupakan persyaratan konstruksi jalan secara umum, meliputi antara lain persyaratan struktur jalan, persyaratan bahan jalan, persyaratan pelaksanaan jalan dan lain-lain. (Hamirhan Saodang, 2010)

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data topografi, data lalu lintas, data tanah dan penunjang lainnya. Semua data ini diperlukan dalam merencanakan konstruksi jalan raya.

2.2 Klasifikasi Jalan

Dalam penentuan kelas jalan sangat diperlukan adanya data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu merupakan data jalan sebelumnya bila jalan yang akan direncanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan yang akan dibuat merupakan jalan baru.

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

$$P_n = P_o + (1 + i)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P_n = Jumlah Kendaraan Pada Tahun ke- n , i = Angka Pertumbuhan Lalu lintas(%)

P_o = Jumlah Kendaraan Pada Awal Tahun, n = Umur Rencana

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

A. Sistem jaringan jalan primer adalah jalan yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi dalam struktur pengembangan wilayah. Sistem jaringan jalan primer terdiri atas :

- Jalan arteri primer, menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua, atau menghubungkan kota jenjang ke satu dengan kota jenjang kedua.
- Jalan kolektor primer, menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua, atau menghubungkan kota jenjang ke satu dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.
- Jalan lokal primer, menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan persil, atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan persil.

B. Sistem jaringan jalan sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan-kawasan fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan dalam satu wilayah perkotaan. Sistem jaringan jalan sekunder terbagi atas :

- Jalan arteri sekunder, menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.
- Jalan kolektor sekunder, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
- Jalan lokal sekunder, menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau, menghubungkan kawasan sekunder ketiga dengan perumahan.

(Hamirhan Soedang, 2010)

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya daengan 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
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

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

Pengelompokkan jalan menurut kelas jalan, terdiri dari:

- a) Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton;
- b) Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
- c) Jalan Kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton; dan
- d) jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

(Sumber: Undang-Undang Republik Indonesia No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan jalan. Pasal 19)

2.2.3 Klasifikasi Menurut medan jalan

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Medan Jalan

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

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

3. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan

Jaringan jalan dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari :

1. Jalan Nasional
 - Jalan Arteri Primer,
 - Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Propinsi.
 - Jalan selain dari yang termasuk arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional, yakni jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan menjamin kesatuan dan keutuhan Nasional, melayani daerah-daerah yang rawan dan lain-lain.
2. Jalan Propinsi
 - Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota Propinsi dengan ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - Jalan selain dari yang yang disebut diatas , yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Propinsi, yakni jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan tertentu dalam

menjamin terselenggaranya pemerintah yang baik dalam Pemerintahan Daerah tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan sosial lainnya.

- Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk Jalan Nasional.

3. Jalan Kabupaten

- Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok Jalan Propinsi.
- Jalan Sekunder lain, selain sebagaimana dimaksud sebagai Jalan Nasional, dan jalan Propinsi.
- Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam Pemerintah Daerah.

4. Jalan Kotamadya

Jaringan jalan sekunder di dalam Kotamadya.

5. Jalan Desa

2.3 Kriteria Perencanaan Jalan

Unsur jalan raya untuk tinjauan komponen geometrik direncanakan berdasarkan karakteristik-karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Pertimbangannya adalah jalan raya harus dapat menampung berbagai jenis kendaraan yang lewat, memberikan kemudahan para pengendara, dan layak untuk dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana, agar jalan nyaman, aman, murah, dan aksesibilitasnya tinggi.

Berikut ini adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perencanaan geometrik jalan antar lain :

2.3.1 Dimensi Kendaraan Rencana

Dimensi kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. (Hamirhan Soedang, 2010)

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam tiga kategori yaitu :

- Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- Kendaraan sedang adalah kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- Kendaraan berat/besar
 - Bus Besar , Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.
 - Truk Besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,50 m
 - Sepeda Motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi: sepeda motor, dan kendaraan roda tiga.

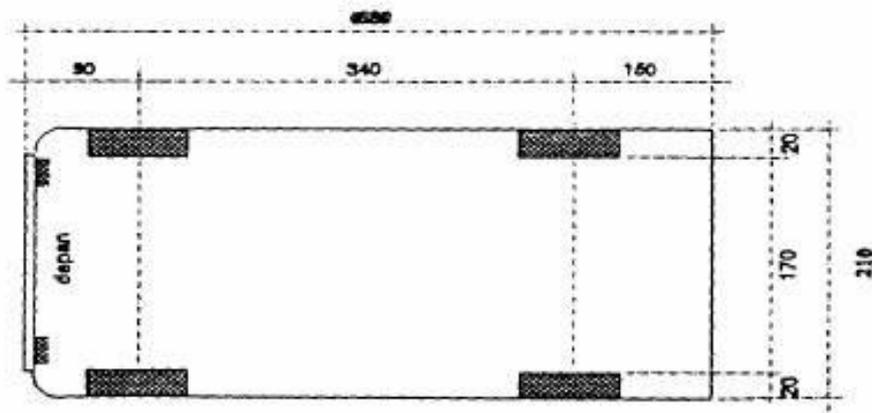
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	tinggi	Lebar	Panjang	depan	blkang	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

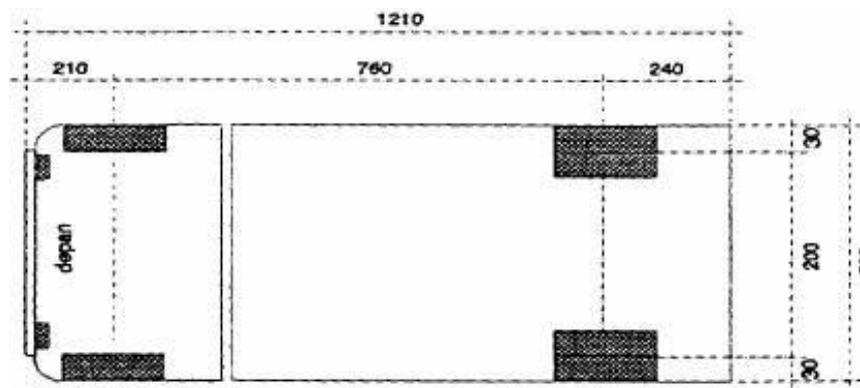
(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, Dirgen Bina Marga, 1997)

2.3.2 Jarak Putaran (Manuver) Kendaraan

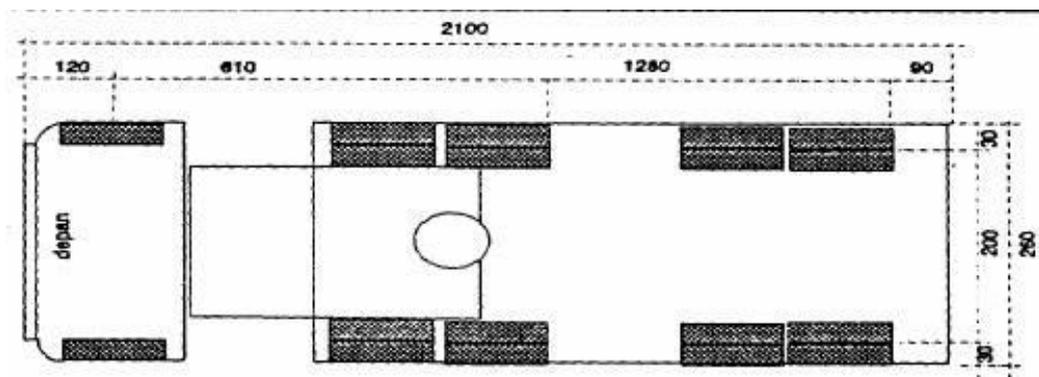
Setiap kendaraan mempunyai jangkauan putaran, pada saat kendaraan yang bersangkutan menikung atau memutar pada suatu tikungan jalan.



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

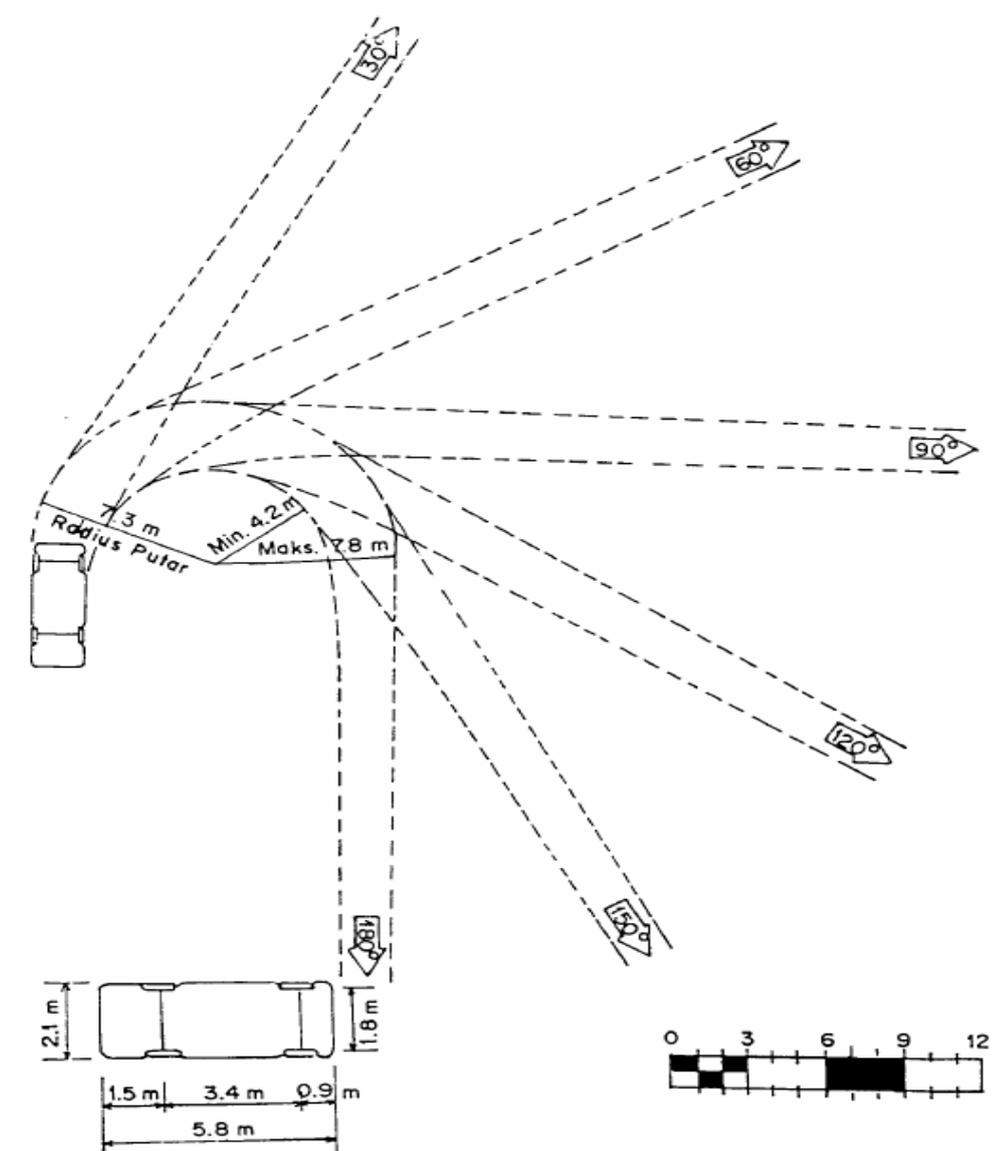


Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang

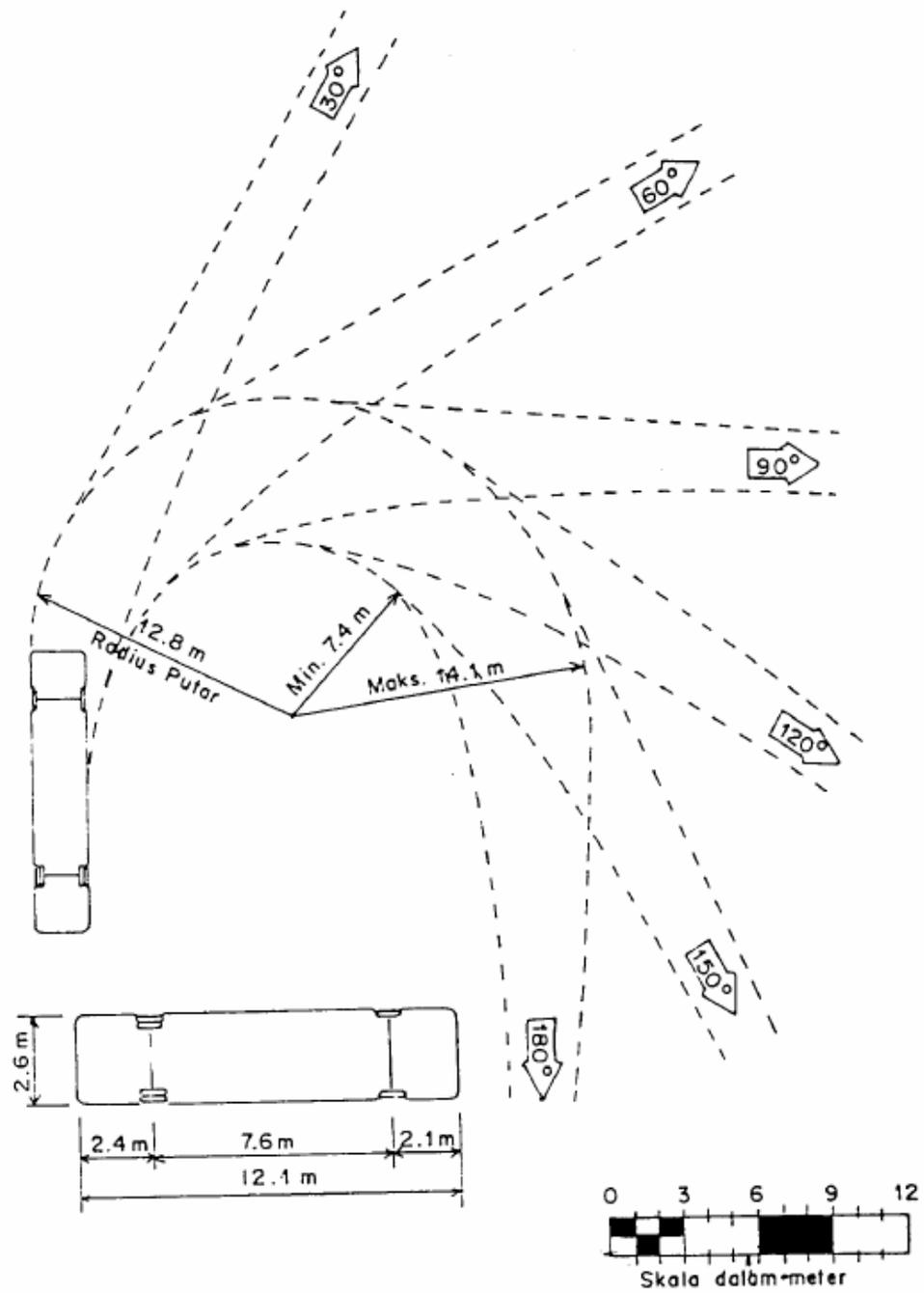


Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

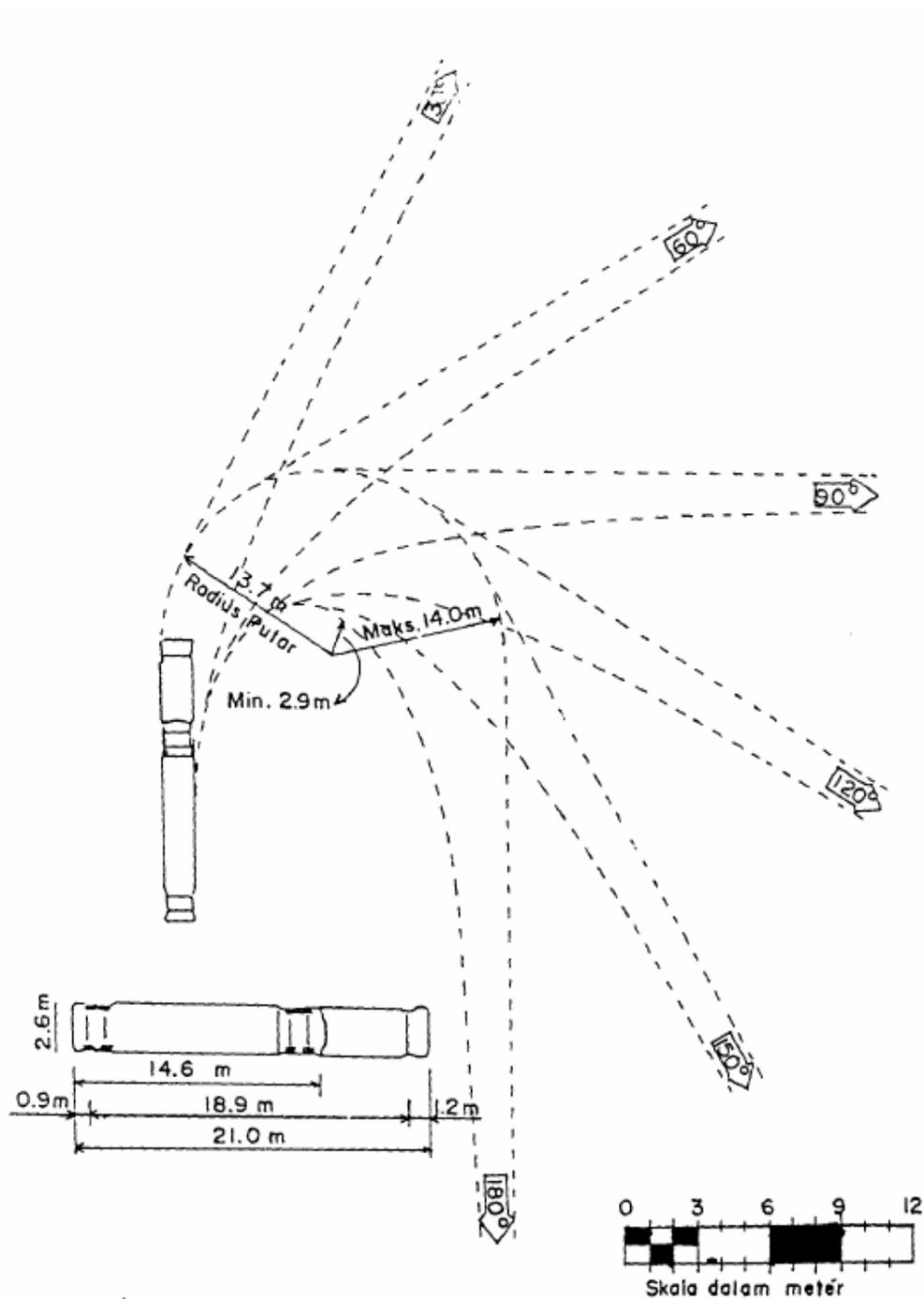
Besar jangkauan putar masing-masing kendaraan berbeda satu sama lain, tergantung pada dimensi kendaraan dan radius putar kemudi.



Gambar 2.4 Jari-Jari Manuver Kendaraan Kecil.



Gambar 2.5 Jari-Jari Manuver Kendaraan Sedang.



Gambar 2.6 Jari-Jari Manuver Kendaraan Besar

Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah unit kesatuan kendaraan untuk dimensi kapasitas jalan, dalam hal mana sebagai referensi mobil penumpang dinyatakan mempunyai nilai satu SMP.

Ekivalen Mobil Penumpang

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, emp = 1,0).dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Ekivalen Mobil Penumpang

No.	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,00	1,00
2.	Pick-Up, Bus Kecil, Truk Kecil	1,20-2,40	1,90-3,50
3.	Bus Dan Truk Besar	1,20-5,00	2,20-6,00

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

2.3.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR),adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam,dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

K = faktor volume lalu lintas pada jam sibuk

F = faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam, dalam satu jam.

Tabel 2.5. Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan volume lalu lintas rata-rata

VLHR	FAKTOR – K (%)	FAKTOR – F (%)
> 50.000	4 – 6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 - 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 - 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

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

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalu lintas bervariasi dari jam satu ke jam berikutnya dal satu hari.

2.3.4 Kapasitas Dan Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

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

Kapasitas lalu lintas merupakan jumlah lalu lintas atau kendaraan yang dapat melewati suatu penampang, dalam waktu, kondisi jalan dan lalu lintas tertentu.

Faktor yang mempengaruhi kapasitas lalu lintas :

1. Faktor yang meliputi sifat-sifat lalu lintas seperti :
 - a. Persentase kendaraan bus dan truk
 - b. Pembagian jalur lalu lintas
 - c. Variasi dalam arus lalu lintas
2. Faktor fisik, seperti :
 - a. Lebar perkerasan jalan
 - b. Lebar bahu jalan
 - c. Kebebasan samping
 - d. Tikungan dan kelandaian jalan
 - e. Kondisi permukaan perkerasan jalan

Tingkat pelayanan, adalah tolak ukur yang digunakan untuk menyatakan kualitas pelayanan suatu jalan. Tingkat pelayanan sangat dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu kecepatan perjalan dan perbandingan antara volume dan kapasitas (V/C).

2.3.5 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana V_R adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. V_R untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari tabel 2.6 untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

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

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

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

2.4 Karakteristik Geometrik

2.4.1 Bagian-Bagian Jalan

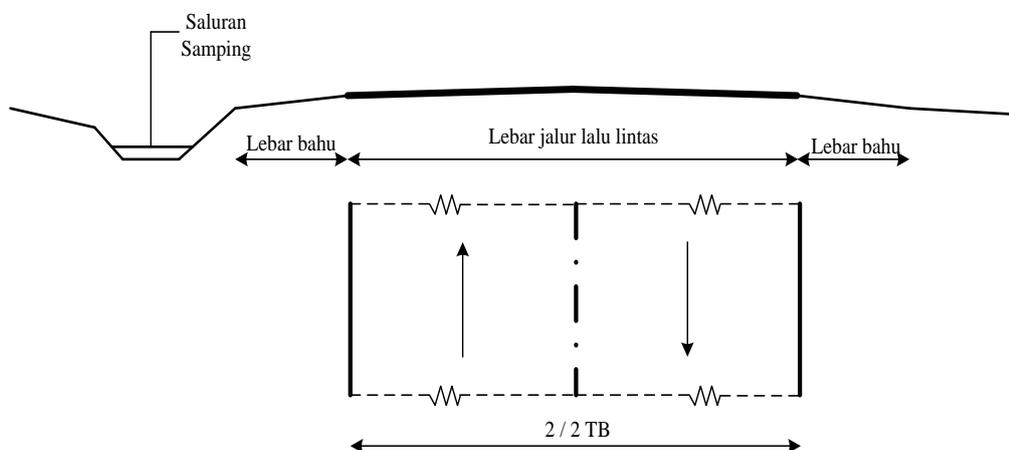
1. Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa: Median, Pulau jalan,Bahu,Separator,Trotoar;

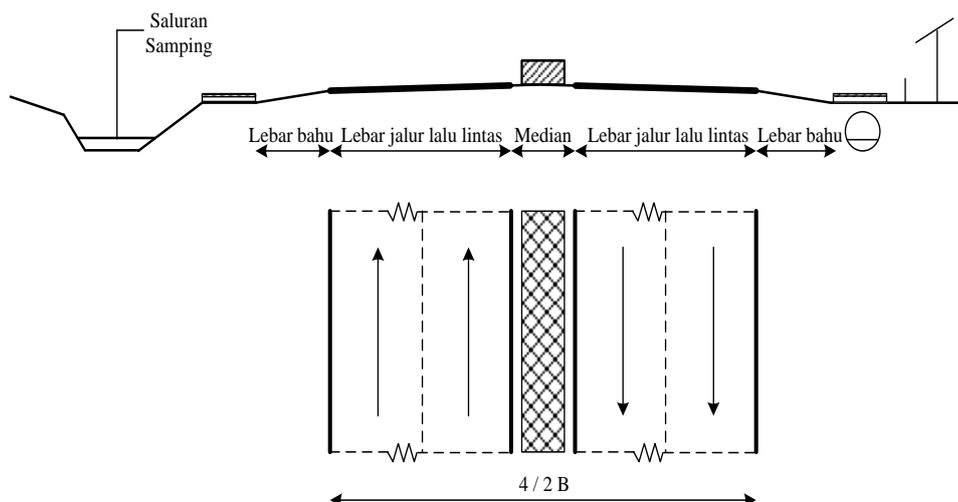
- Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.
- Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :
 - 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 TB) - I jalur-2 lajur-1 arah (2/1 TB)
 - 2 jalur-4 lajur-2 arah (4/2 B) - 2 jalur-n lajur-2 arah (n/2 B)

Keterangan: TB = tidak terbagi, B = terbagi , n = jumlah lajur.

- Lebar Jalur, lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.7 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.



Gambar 2.7 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB



Gambar 2.8 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

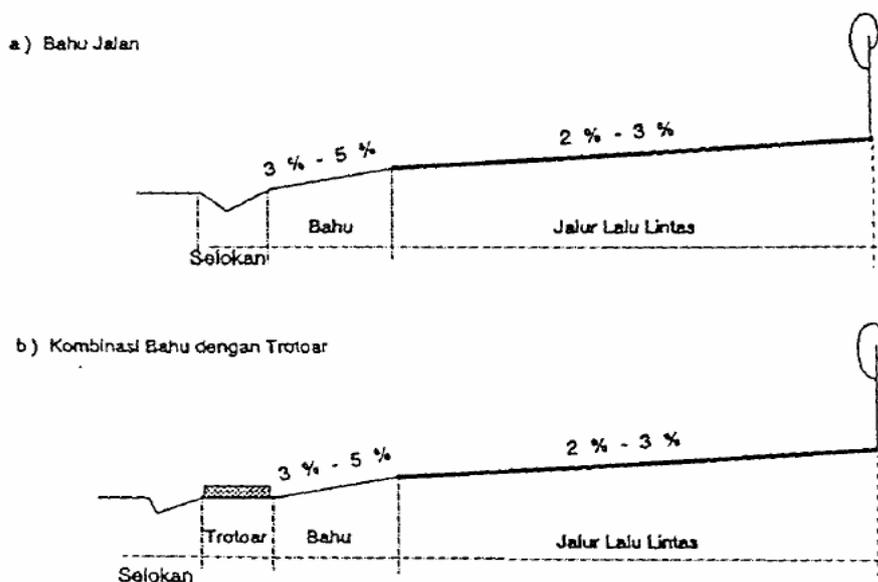
2. Lebar Bahu

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

- Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat.
- Ruang bebas samping bagi lalu lintas
- Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.

Kemiringan bahu jalan normal antara 3-5 %

Lebar bahu jalan dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Bahu Jalan

3. Median

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / Ditinggikan). Fungsi median adalah untuk :

- Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah.
- Ruang lapak tunggu penyebrang jalan.
- Penempatan fasilitas jalan dan penghijauan
- tempat prasarana kerja sementara.

Jalan 2 arah 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi dengan median. Median dapat dibedakan atas :

- Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
- Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur

Tabel 2.7 Lebar Minimum Median

Bentuk Median	Lebar Minimum
Median Ditinggikan	2,0
Median Direndahkan	7,0

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

4. Lajur

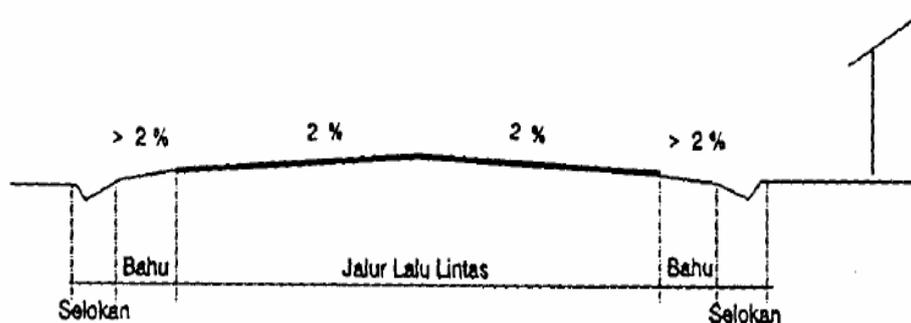
Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.8

Tabel 2.8 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

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

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal seperti terlihat pada gambar 2.9 2-3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton, 4-5% untuk perkerasan kerikil.



Gambar 2.10 Kemiringan melintang jalan normal

Tabel 2.9 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
> 25.000	2nx3,5	2,0	2x7,0	2,0	2nx3,5	2,0						

(Sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota(TPGJAK),1997)
 $2n \times 3,5 \gg 2 = 2$ Jalur, $n =$ Jumlah Lajur per Jalur, $3,5 =$ Lebar Per Lajur

2.4.2 Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen adalah gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan, dan ditentukan jumlah naik dan turun (m/km) dan jumlah lengkung horizontal (rad/km) sepanjang segmen jalan.

Tabel 2.10 Ketentuan Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Lengkung Vertikal Naik + Turun (m/km)	Lengkung Horizontal (rad/km)
Datar (D)	< 10	< 10
Bukit (B)	10 – 30	1,0 – 2,5
Gunung (G)	> 30	> 2,5

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

Penggolongan tipe sehubungan dengan topografi daerah yang dilewati jalan, berdasarkan kemiringan melintang yang tegak lurus pada sumbu jalan.

2.4.3 Daerah Penguasaan Jalan

- Daerah Penguasaan Jalan (DAMAJA)

Daerah Manfaat Jalan dibatasi oleh:

- lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, dan
- kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan

- Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

- Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Adalah ruang sepanjang jalan diluar damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu diukur dari sumbu jalan, sebagai berikut :

- jalan Arteri minimum 20 meter,
- jalan Kolektor minimum 15 meter,
- jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2.11 Damaja, Damija, Dan Dawasja Di Lingkungan Jalan Antar Kota

2.4.4 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman, Jarak Pandang terdiri dari :

- a. Jarak Pandang Henti (J_h)
- b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Menurut ketentuan Bina Marga adalah sebagai berikut :

a. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan J_h . Jarak pandang henti di ukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangannya 15 cm, di ukur dari permukaan jalan.

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

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

J_h dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

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

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left\{ \frac{V_R}{3,6} \right\}^2}{2 \cdot g \cdot f_p} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam) , T = Waktu Tanggap

g = Percepatan Gravitasi

f_p = Koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASTHO), f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$).

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 \cdot V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 \cdot f_p} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Untuk jalan dengan kelandasan tertentu :

$$J_h = 0,278 \cdot V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 \cdot (f_p \pm L)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.11 menampilkan panjang J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan diatas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_R .

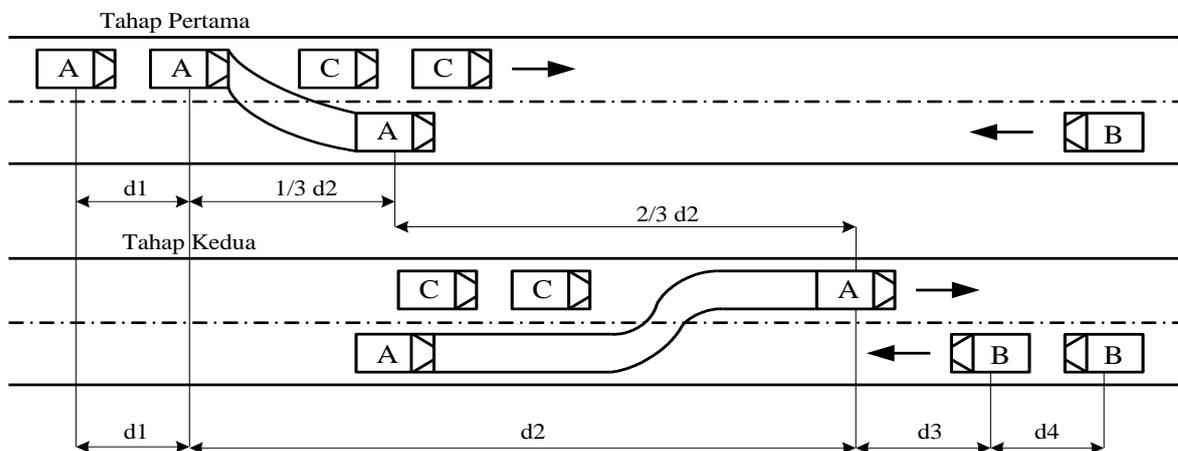
Tabel 2.11. Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

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

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula (lihat gambar 2.12 dibawah).



Gambar 2.12 Proses Pergerakan Mendahului (2/2 TB)

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang mendahului kendaraan A

J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 105 cm. Rumus Yang Digunakan J_d dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_h = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

d_1 = Jarak yang ditempuh dalam waktu tanggap (m)

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

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

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m).

Rumus yang digunakan :

$$d_1 = 0,278 \cdot T_1 \left\{ V_R + \frac{a \cdot T_1}{2} \right\} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V_R \cdot T_1 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$d_3 = \text{antara } 30\text{-}100 \text{ m} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots \dots \dots (2.10)$$

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_R

V_R , km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d	800	670	550	350	250	200	150	100

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

Tabel 2.13 Besaran d_3 (m)

V_R (Km/Jam)	50-60	65-80	80-95	95-110
d_3	30	55	75	90

Lokasi atau daerah untuk mendahului harus disebar sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30 % dari panjang total ruas jalan yang direncanakan. Asumsi yang diambil pada saat menentukan jarak pandangan mendahului :

- Kecepatan kendaraan yang mendahului lebih besar dari pada kecepatan kendaraan yang didahului dan kecepatan kendaraannya tetap.
- Perlu waktu pengambilan keputusan mendahului bila ruang untuk mendahului telah tercapai.
- Apabila start terlambat pada saat menyiap, harus kembali kejalur, dan kecepatan rata-rata saat mendahului ± 15 Km/Jam lebih besar dari pada kendaraan yang didahului.
- Pada saat kembali kejalur semula perlu jarak dengan kendaraan yang arahnya berlawanan.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan mana situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

(Silvia Sukirman, 1999).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu : bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan. Tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- Lingkaran (Full Circle = FC)
- Spiral – Lingkaran – Spiral (Spiral – Circle – Spiral = S – C – S)
- Spiral – Spiral (S – S)

2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian jalan lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu tidak lebih dari $\leq 2,5$ menit (sesuai V_R), dengan pertimbangakan keselamatan pengemudi akibat kelelahan. Pada tabel 2.14 dapat dilihat panjang maksimum bagian lurus pada alinyemen horizontal.

Tabel 2.14 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

2.5.2 Bentuk Lengkung

Pada saat kendaraan melewati tikungan dengan kecepatan , kendaraan akan menerima gaya sentrifugal, gaya yang menyebabkan kendaraan tidak stabil, maka Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R . Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V_R^2}{127 (e+f)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

R = Jari-jari lengkung, (m) , D = Derajat lengkung, ($^\circ$)

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

$$R_{\min} = \frac{V_R^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_R^2} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

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

D = Derajat lengkung

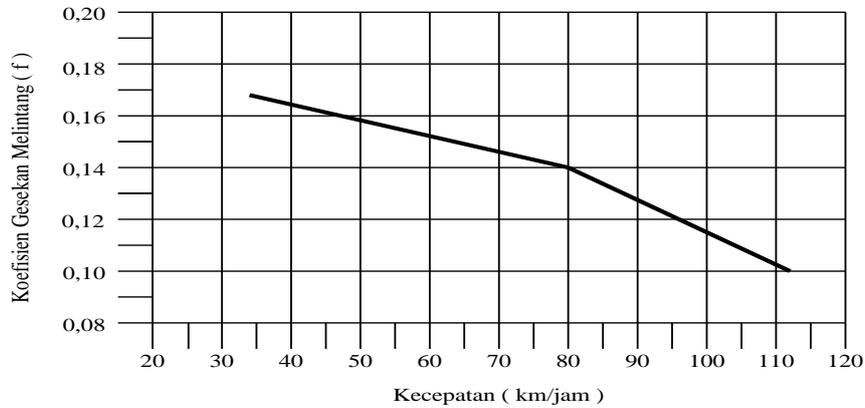
V_R = Kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

D_{\max} = Derajat maksimum

e_{\max} = Superelevasi maksimum, (%)

f_{\max} = Koefisien gesekan melintang maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{\text{mak}} = 10\%$ dan f_{mak} sesuai gambar 2.13 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.15.



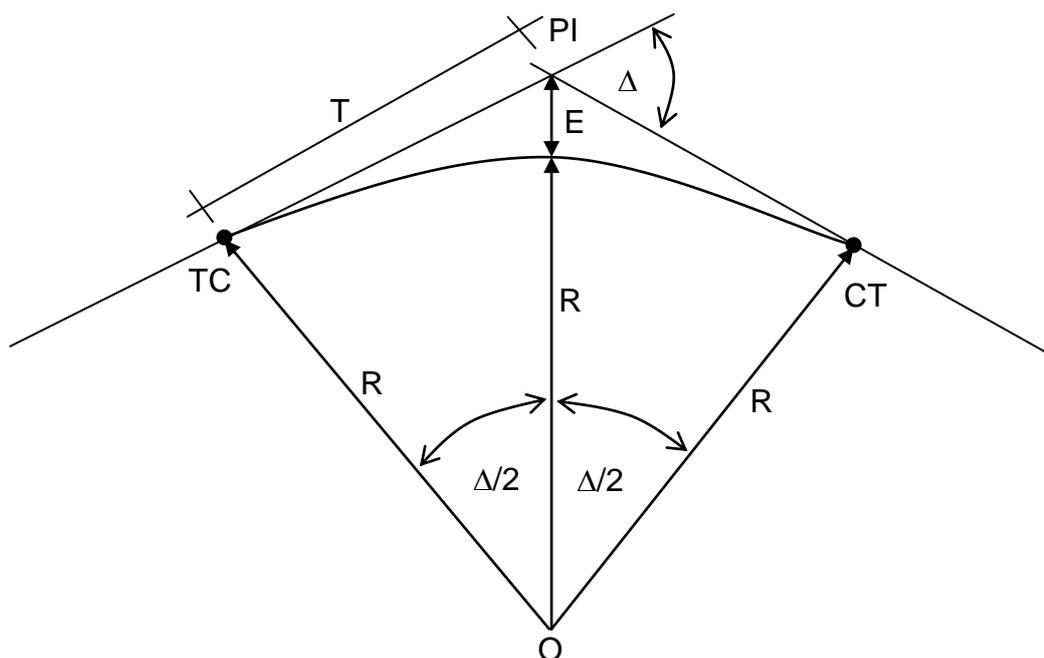
Gambar 2.13 Grafik Nilai (f),
Untuk $e_{\text{mak}} = 6\%$, 8% , dan 10% (Menurut Ashto)

Tabel 2.15 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk $e_{\text{mak}} = 10\%$

V_r , km/jam	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min}	600	370	280	210	115	80	50	30	15

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

a. Lengkung Peralihan (*Full Circle* = $F - C$)



Gambar 2.14 Komponen *Full Circle* (FC)

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT.

Rc = Jari- jari lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

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

Tabel 2.16 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 : TPGJAK No.038 / T / BM / 1997)

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.15)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_c}{360^\circ} \dots\dots\dots (2.17)$$

Pada 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 landaian relative maksimum. L_s' dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_s' = (e + e_n) B \cdot \frac{1}{m} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$\frac{1}{m}$ = Landai relative (%)

e_n = Kemiringan melintang normal

e = *Superelevasi*

B = Lebar Lajur

Tabel 2.17 Landai Relatif Maksimum

V_R (km/jam)	30	40	50	60	80	100	120
Landai Relative Maksimum	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{140}$	$\frac{1}{160}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{280}$

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

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

Lengkung peralihan di buat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen tiba – tiba dari bentuk ke bentuk lingkaran ($R \Rightarrow R=R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*Circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan maka tikungan menggunakan jenis S-C-S. Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 diambil nilai terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots \dots \dots (2.19)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Short, sebagai berikut :

$$L_s = 0,222 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots \dots \dots (2.20)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian kelandaian :

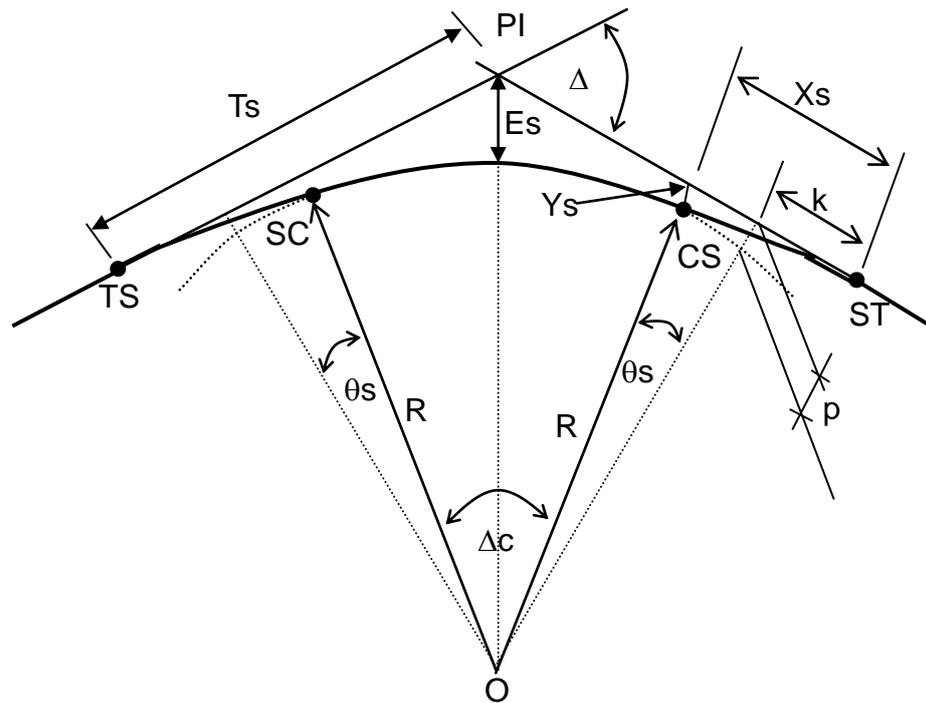
$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} V_R \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana :

- T = Waktu tempuh = 3 detik , e = *Superelevasi*
 R_c = Jari-jari busur lingkaran (m), e_m = *Superelevasi* maksimum
 e_n = *Superelevasi* normal
 C = Perubahan percepatan 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det³
 r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan,

sebagai berikut :

- untuk $V_R \leq 70$ km/jam , r_e mak = 0,035 m/m/det
 untuk $V_R \geq 80$ km/jam , r_e mak = 0,025 m/m/det



Gambar 2.15 Komponen *Spiral – Circle – Spiral* (S – C – S)

Keterangan :

X_c = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).

Y_c = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung.

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

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau titik ST.

TS = Titik dari tangen ke spiral.

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.

E_s = Jarak dari titik PI ke busur lingkaran.

θ_s = Sudut lengkung spiral.

R_c = Jari-jari lingkaran.

p = Pergeseran tangen terhadap spiral.

K = Absis dari titik p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan :

$$X_s = L_s \left[1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} \right] \dots \dots \dots (2.22)$$

$$L_s = \frac{L_s^2}{6.R_c^2} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\theta_s = \frac{L_s^2}{\pi.R_c^2} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6.R_c^2} - R_c(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40.R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.26)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.27)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots(2.28)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots(2.29)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.30)$$

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

Jika p yang dihitung dengan rumus :

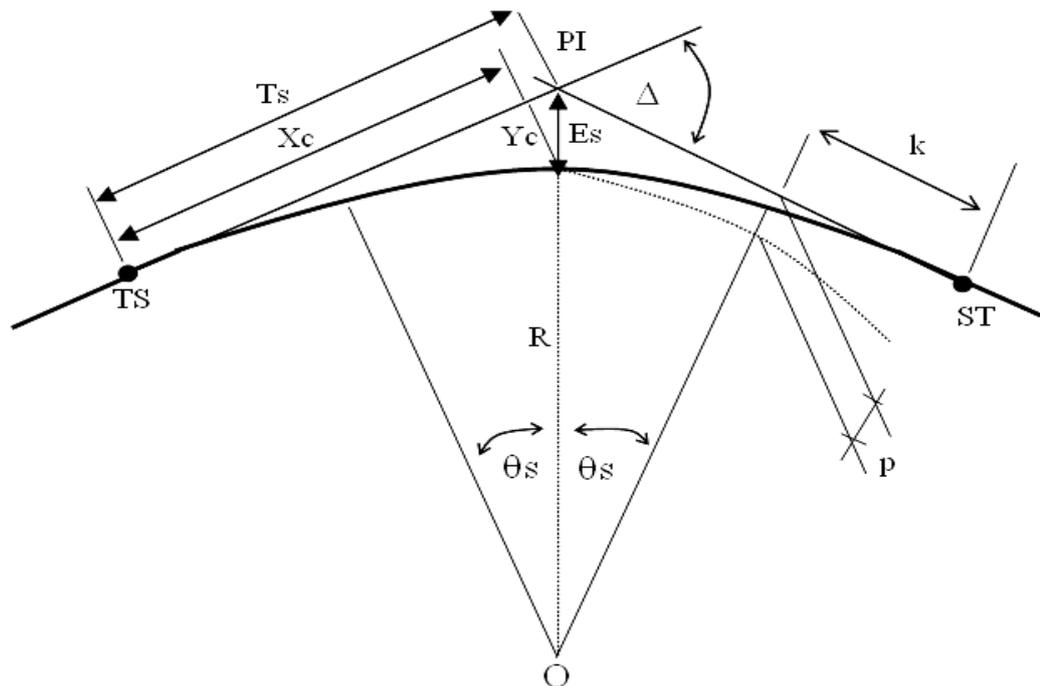
$$p = \frac{L_s^2}{24.R_c} < 0,25 \text{ m} \dots\dots\dots(2.31)$$

Untuk : $L_s = 1,0$ meter, maka $p = p'$ dan $k = k'$

Untuk : $L_s = L_s$, maka $p = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$

Nilai p' dan k' , dapat diambil dari tabel 2.16

c. Lengkung Peralihan (*Spiral – Spiral = S – S*).



Gambar 2.16 Komponen *Spiral – Spiral (S – S)*

Untuk bentuk *spiral-spiral* ini berlaku rumus sebagai berikut :

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.32)$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s \dots \dots \dots (2.33)$$

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

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R_c}{90} \dots \dots \dots (2.35)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.36)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.37)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.38)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots \dots \dots (2.39)$$

Tabel 2.18 Besaran p' dan k'

Θ_s	p'	k'	θ_s	p'	k'
0.5	0.0007272	0.4999987	20.5	0.0307662	0.4977983
1.0	0.0014546	0.4999949	21.0	0.0315644	0.4976861
1.5	0.0021820	0.4999886	21.5	0.0323661	0.4975708
2.0	0.0029098	0.4999797	22.0	0.0331713	0.4974525
2.5	0.0036378	0.4999683	22.5	0.0339801	0.4973311
3.0	0.0043663	0.4999543	23.0	0.0347926	0.4972065
3.5	0.0050953	0.4999377	23.5	0.0356088	0.4970788
4.0	0.0058249	0.4999187	24.0	0.0364288	0.4969479
4.5	0.0065551	0.4998970	24.5	0.0372528	0.4968139
5.0	0.0072860	0.4998728	25.0	0.0380807	0.4966766
5.5	0.0080178	0.4998461	25.5	0.0389128	0.4965360
6.0	0.0087506	0.4998167	26.0	0.0397489	0.4963922
6.5	0.0094843	0.4997848	26.5	0.0405893	0.4962450
7.0	0.0102191	0.4997503	27.0	0.0414340	0.4960945
7.5	0.0109550	0.4997132	27.5	0.0422830	0.4959406
8.0	0.0116922	0.4996735	28.0	0.0431365	0.4957834
8.5	0.0124307	0.4996312	28.5	0.0439946	0.4956227
9.0	0.0131706	0.4995862	29.0	0.0448572	0.4954585
9.5	0.0139121	0.4995387	29.5	0.0457245	0.4952908
10.0	0.0146551	0.4994884	30.0	0.0465966	0.4951196
10.5	0.0153997	0.4994356	30.5	0.0474735	0.4949448
11.0	0.0161461	0.4993800	31.0	0.0483554	0.4947665
11.5	0.0168943	0.4993218	31.5	0.0492422	0.4945845
12.0	0.0176444	0.4992609	32.0	0.0501340	0.4943988
12.5	0.0183965	0.4991973	32.5	0.0510310	0.4942094
13.0	0.0191507	0.4991310	33.0	0.0519333	0.4940163
13.5	0.0199070	0.4990619	33.5	0.0528408	0.4938194
14.0	0.0206655	0.4989901	34.0	0.0537536	0.4936187
14.5	0.0214263	0.4989155	34.5	0.0546719	0.4934141
15.0	0.0221896	0.4988381	35.0	0.0555957	0.4932057
15.5	0.0229553	0.4987580	35.5	0.0565250	0.4929933
16.0	0.0237236	0.4986750	36.0	0.0574601	0.4927769
16.5	0.0244945	0.4985892	36.5	0.0584008	0.4925566
17.0	0.0252681	0.4985005	37.0	0.0593473	0.4923322
17.5	0.0260445	0.4984090	37.5	0.0602997	0.4921037
18.0	0.0268238	0.4983146	38.0	0.0612581	0.4918711
18.5	0.0276060	0.4982172	38.5	0.0622224	0.4916343
19.0	0.0283913	0.4981170	39.0	0.0631929	0.4913933
19.5	0.0291797	0.4980137	39.5	0.0641694	0.4911480
20.0	0.0299713	0.4979075	40.0	0.0651522	0.4908985

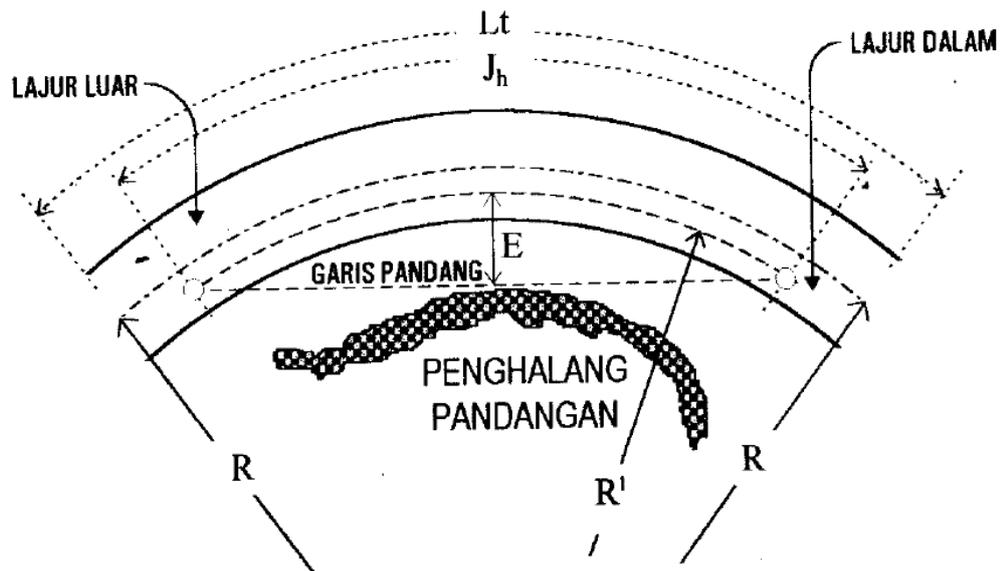
2.5.3 Daerah Bebas Samping Di Tikungan

Jarak pandang mengemudi pada lengkung horizontal (ditikungan), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda disisi jalan (daerah bebas samping).

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

Jika $J_h < L_t$

$$E=R\left\{1-\text{Cos}\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi.R}\right)\right\} \dots\dots\dots(2.40)$$



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

Jika $J_h > L_t$

$$E=R\left\{1-\text{Cos}\left(\frac{90^\circ L}{\pi.R}\right)\right\} + \frac{1}{2}(J_h-L_t)\text{Sin}\left(\frac{90^\circ L}{\pi.R}\right) \dots\dots\dots(2.41)$$

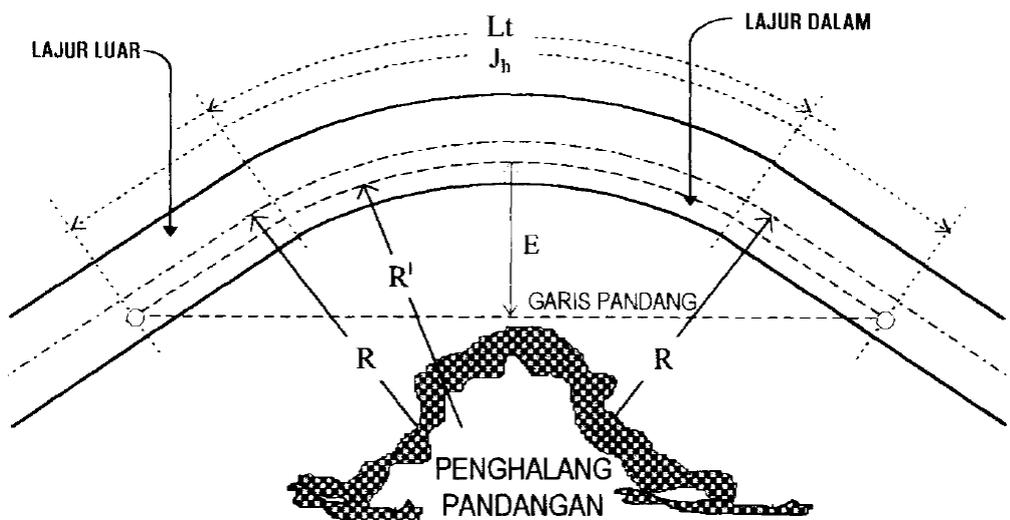
Dimana :

R = Jari-jari tikungan (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

J_d = Jarak pandang mendahului (m)



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Di Tikungan, Untuk $J_h > L_t$

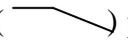
Tabel 2.19 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R(m)	V _R =20	30	40	50	60	80	100	120
	J _h =16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R _{max} =500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R _{max} =350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R _{max} =210		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	R _{max} =115			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	R _{max} =80				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	R _{max} =50					
30	4,4	8,4						
20	6,4	R _{max} =30						
15	8,4							
	R _{max} =15							

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

2.5.4 Superelevasi

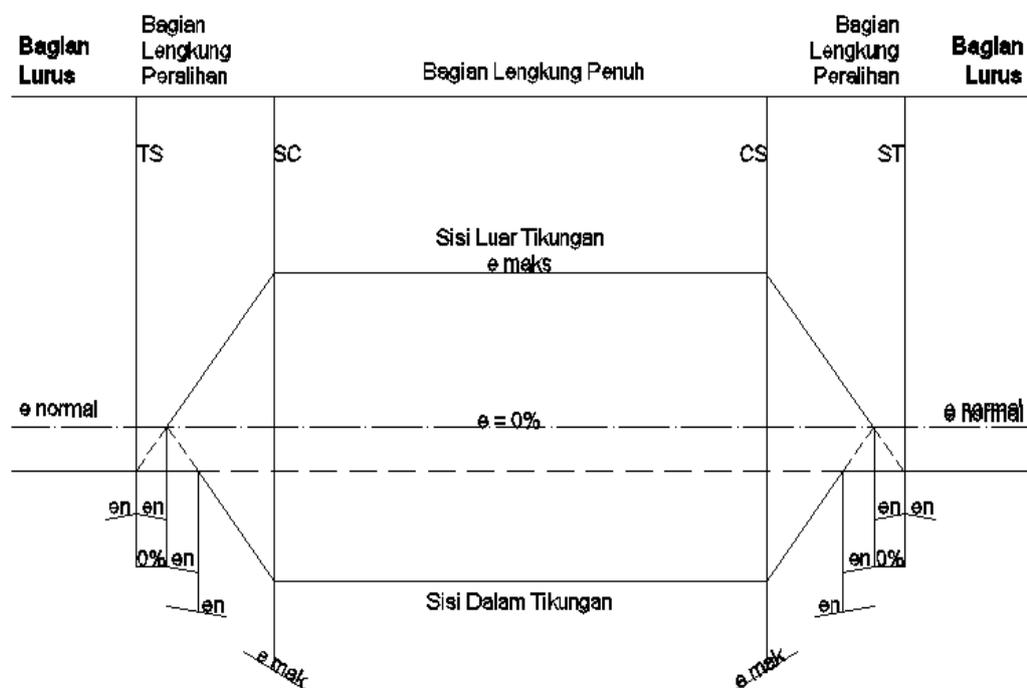
Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R . *Superelevasi* dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (*Superelevasi*)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

Pada tikungan S-C-S, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkungan peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai *superelevasi* penuh () pada akhir pada bagian lengkungan peralihan (SC).

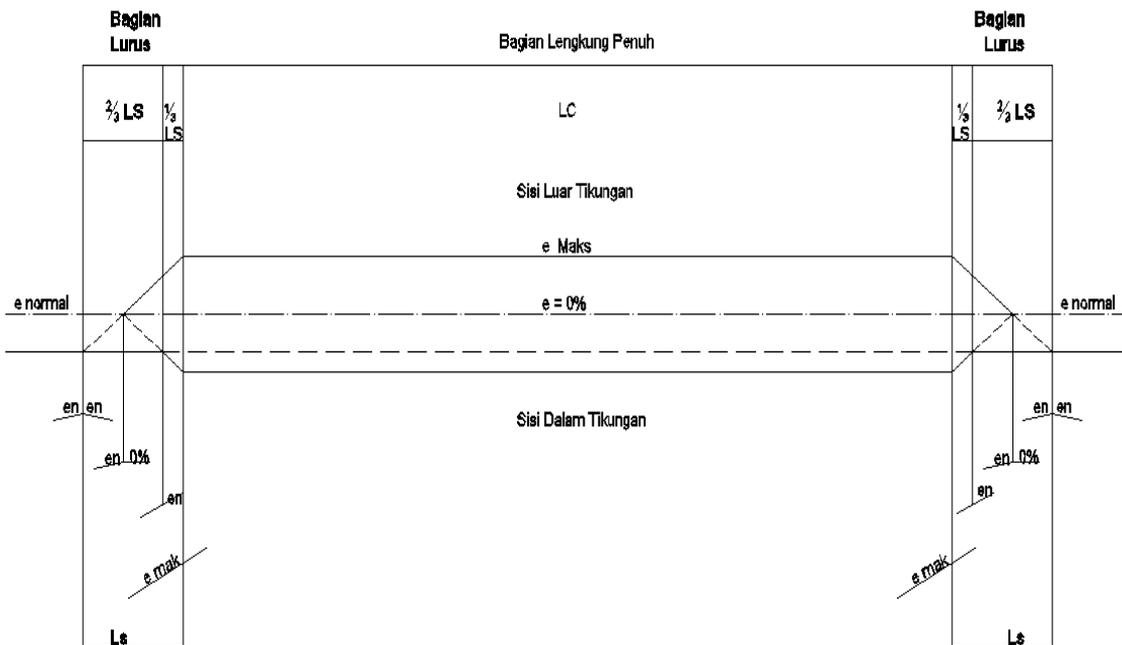
Metoda atau tata cara untuk melakukan *superelevasi*, yaitu dengan mengubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk mendapatkan *superelevasi* yaitu:

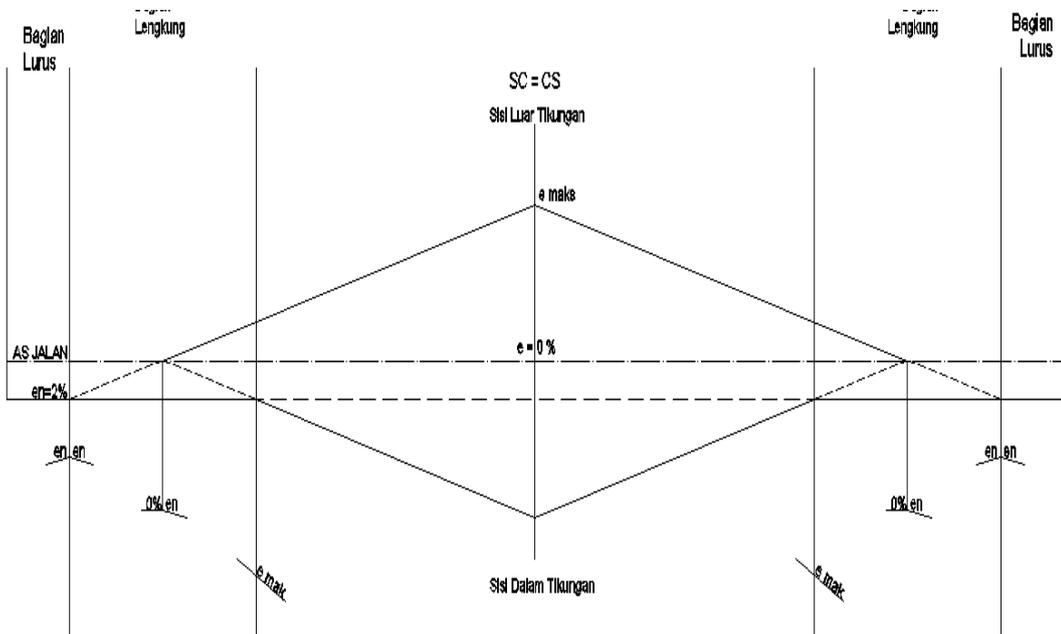
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.



Gambar 2.19 Metoda Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan Tipe S-C-S
(Contoh untuk Tikungan Kanan)



Gambar 2.20 Metoda Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan Tipe FC dengan Lengkung Peralihan Fiktif.



Gambar 2.21 Metode Pencapaian *Superelevasi* pada Tikungan Tipe S-S (Contoh untuk Tikungan ke kanan)

Tabel 2.20 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	D maks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	D maks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	D maks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	D maks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	D maks = 18,85									

LN = lereng jalan normal, diasumsikan 2 %
 LP = lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal 2 %
 Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt landai relative maksimum, jarak tempuh 3 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m

(sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

2.5.5 Pelebaran Di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lintas 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 tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas ditikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (*off tracking*) dan kesukaran mengemudi ditikungan.

Tabel 2.21 Pelebaran Ditikungan Perlajur (m) Untuk Lebar Jalur 2 X (B)m 2 arah
atau 1 arah

R (m)	Kecepatan Rencana, V_R (km/jam)														
	50		60		70		80		90		100		110		120
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5			
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5		0.5					
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6							
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4								
150	1.3	0.7	1.4	0.8											
140	1.3	0.7	1.4	0.8											
130	1.3	0.7	1.4	0.8											
120	1.3	0.7	1.4	0.8											
110	1.3	0.7													
100	1.4	0.8													
90	1.4	0.8													
80	1.6	1.0													
70	1.7	1.0													

Keterangan :
 Kolom 1 , untuk (B) = 3,00 m
 Kolom 2 , untuk (B) = 3,50 m

Sumber : Penuntun Praktis Perencanaanteknik Jalan Raya, shirley L Hendarsin, 2000

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negative (turunan), sehingga kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh rute jalan rencana. Kondisi topografi tidak saja berpengaruh pada perencanaan alinyemen horizontal, tetapi mempengaruhi perencanaan alinyemen vertikal. (Silvia L Hendarsin, 2000)

2.6.1 Kelandaian

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

- Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7-8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar. Pengamatan menunjukkan bahwa mobil penumpang pada kelandaian 3% hanya sedikit sekali pengaruhnya dibandingkan dengan jalan datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

- Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum Yang Diijinkan

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, 1997)

- Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kreb pada tepi perkerasannya perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan saluran kemiringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.

- Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh V_R , lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.23 Panjang Kritis (m)

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

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

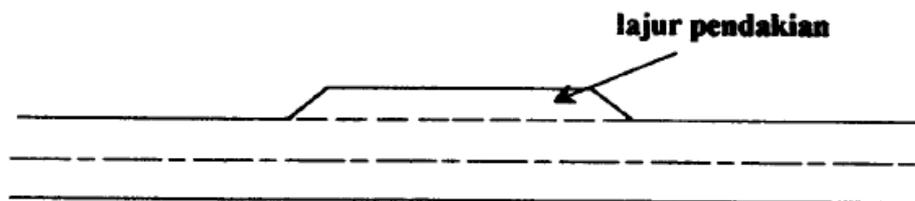
- Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus

Lajur pendakian pada kelandaian khusus adalah lajur yang disediakan khusus untuk truk bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan dengan kecepatan lebih rendah, sehingga kendaraan lain dapat mendahului kendaraan yang lebih lambat tanpa menggunakan lajur lawan.

Tabel 2.24 Panjang Kritis untuk kelandaian yang melebihi kelandaian maksimum standar

Kecepatan Rencana (Km/Jam)											
80		60		50		40		30		20	
5 %	500 m	6 %	500 m	7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m
6 %	500 m	7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m
7 %	500 m	8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m
8 %	420 m	9 %	340 m	10 %	250 m	11 %	250 m	12 %	250 m	13 %	250 m

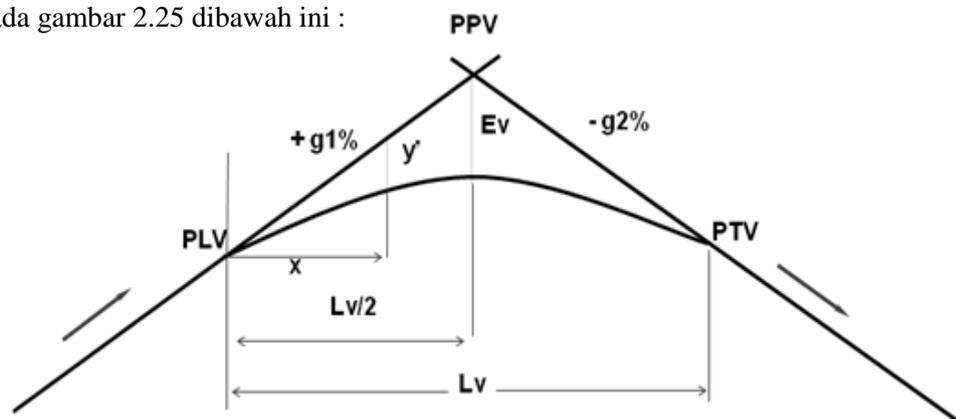
(sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan,1999)



Gambar.2.22 Lajur Pendakian.

2.6.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai kelandai berikutnya. Gambar lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.25 dibawah ini :



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal

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

$$Y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200 L} \right] \cdot X^2 \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

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

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

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

L_v = panjang lengkung vertikal (m)

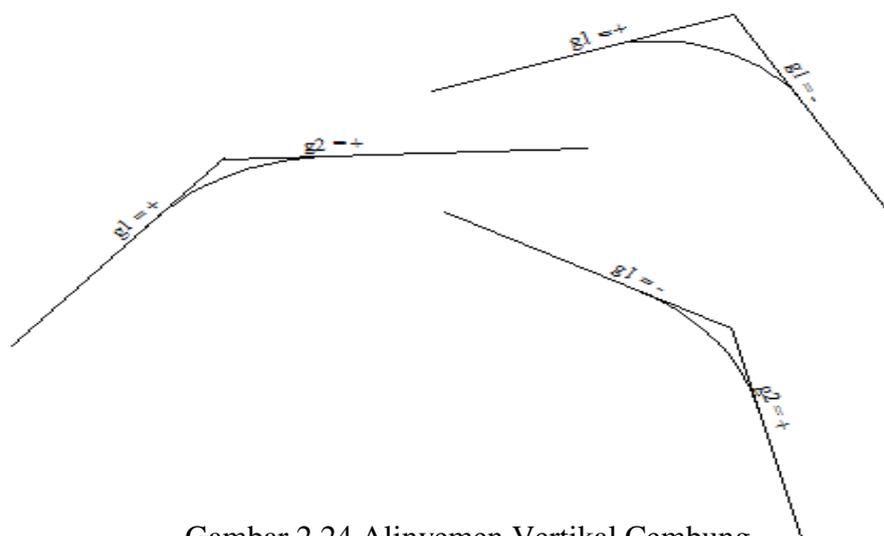
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1) L_v}{200 L} \dots\dots\dots(2.43)$$

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

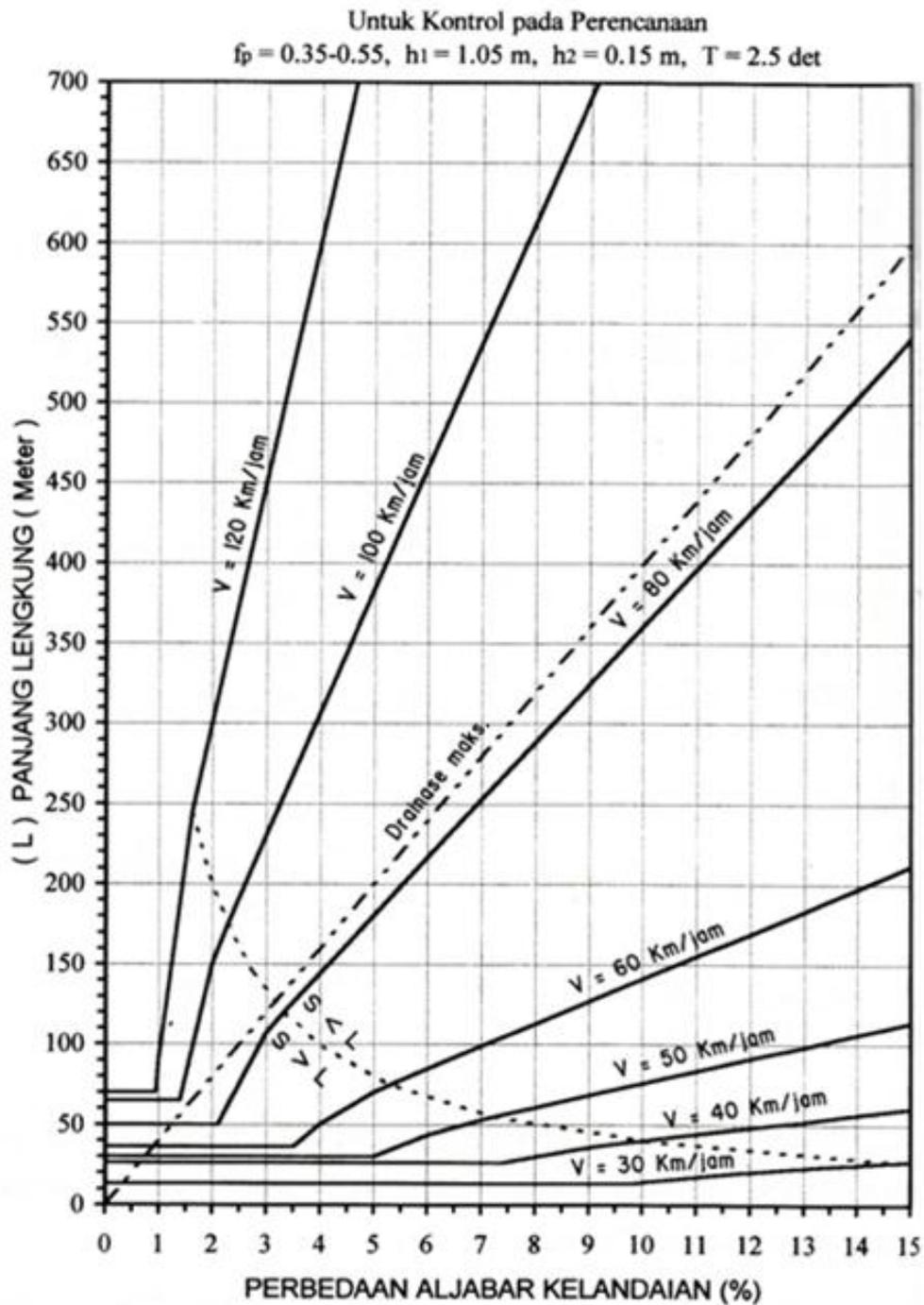
a. Lengkung vertikal cembung

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

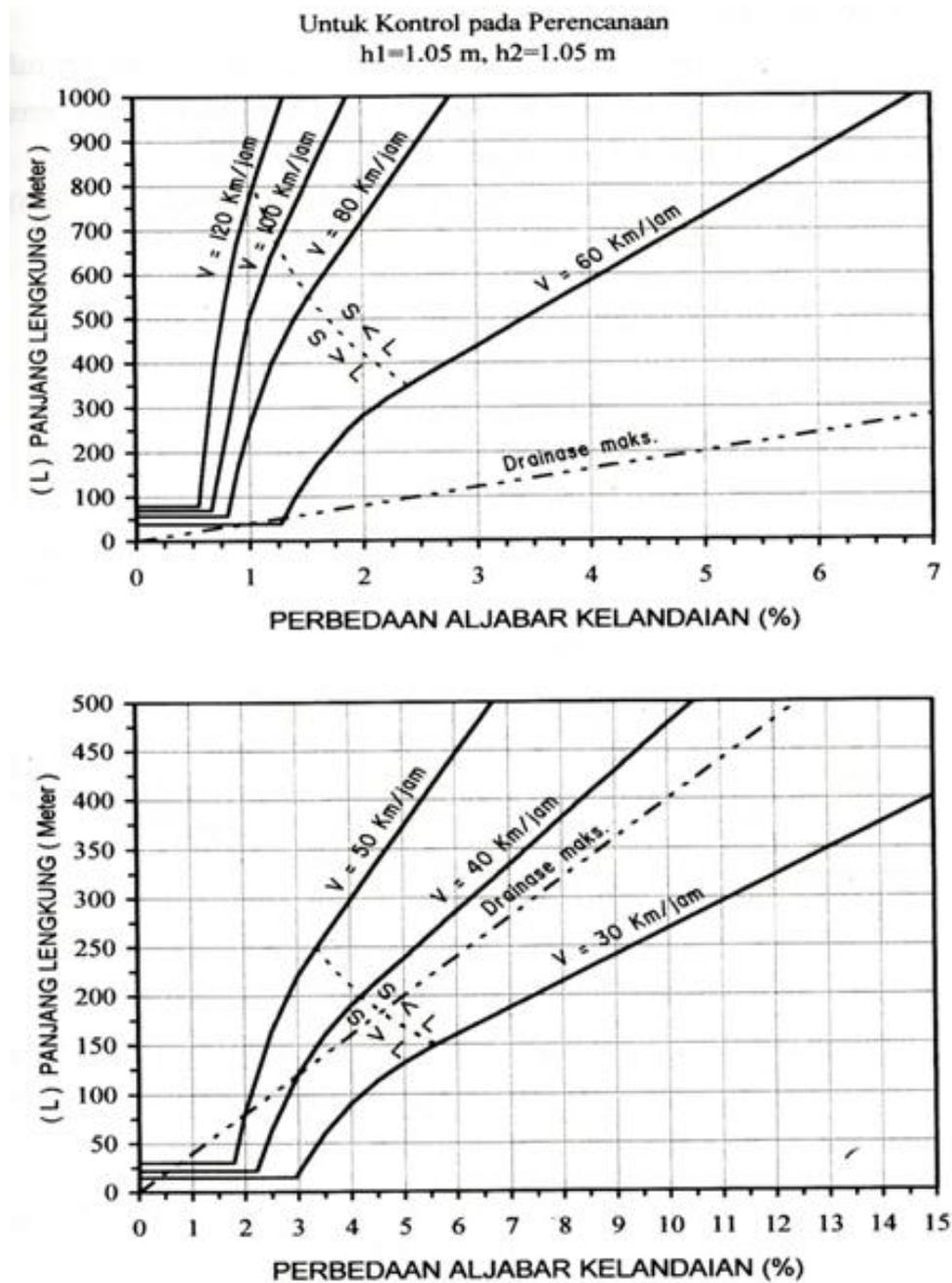


Gambar 2.24 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.25 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.25 (untuk jarak pandang menyiap) dibawah ini .



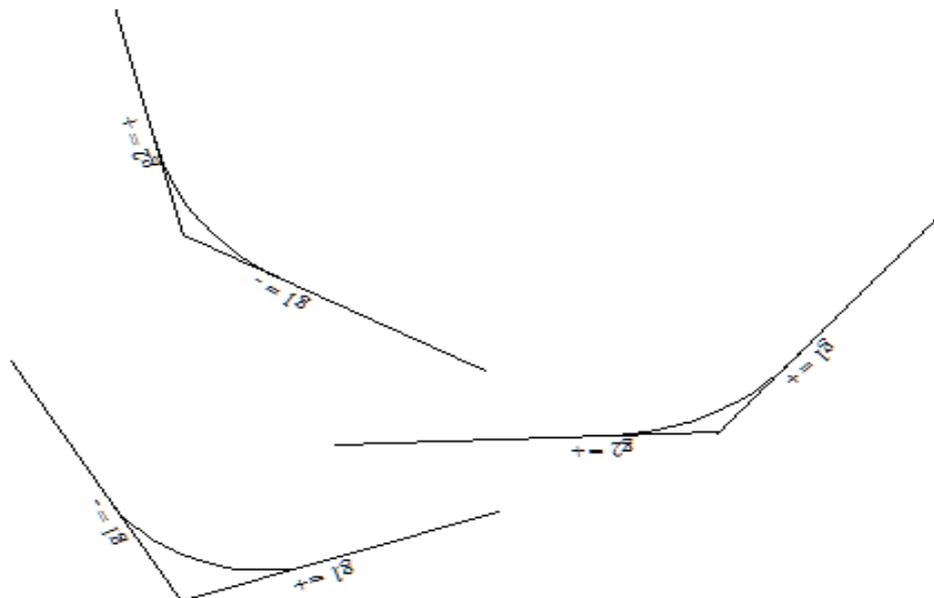
Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



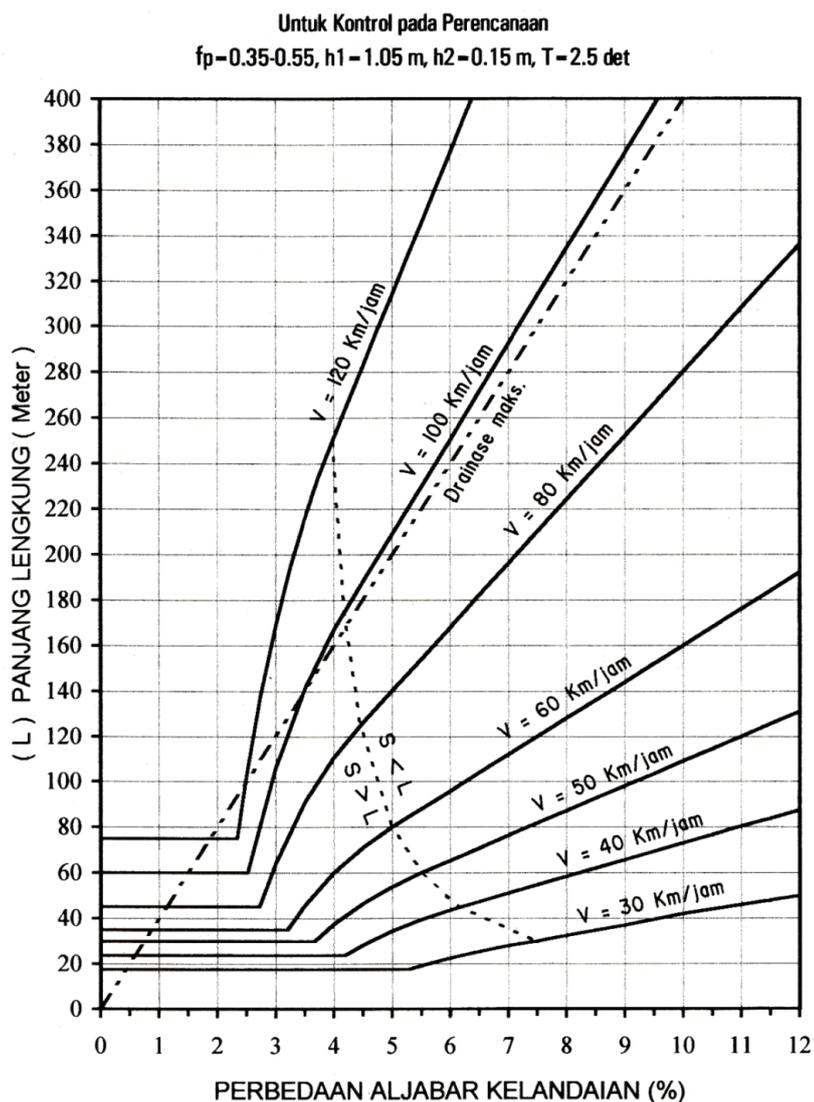
Gambar 2.26 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan. Gambar Alinyemen Vertikal Cekung dapat dilihat pada gambar 2.29 dibawah ini :



Gambar 2.27 Alinyemen Vertikal Cekung



Gambar 2.28 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.28.

2.7 Perencanaan Galian Dan Timbunan

2.7.1 Galian

Galian tanah pada suatu daerah harus diperhitungkan sehingga hasil galian dapat digunakan untuk menimbun. Perencanaan yang baik jika galian dan timbunan seimbang, tetapi volume tanah galian cukup untuk penimbunan yang biasa disertai dengan pemadatan. Galian dan tanah timbunan dikatakan seimbang jika volume tanah galian lebih besar dari tanah timbunan.

2.7.2 Timbunan

Sebelum konstruksi penimbunan dikerjakan terlebih dahulu dan dipersiapkan dasar dari timbunan tersebut. Dalam hal ini tanah asli.

Beberapa faktor yang menyebabkan dasar timbunan jadi lemah, yaitu :

a. Air

Untuk mengatasi masalah air maka diperlukan drainase yang baik , berupa drainase bawah tanah dan drainage permukaan.

b. Bahan Dasar

Bahan yang tidak baik yang digunakan sebagai bahan dasar timbunan adalah tanah humus. Biasanya tanah ini dibuang dan diganti dengan tanah yang baik. Tanah yang digunakan untuk bahan timbunan yang memenuhi persyaratan yaitu tidak mengandung lempung, dengan plastisitas tinggi dan tidak mengandung bahan organik. Bila bahan dasar yang digunakan sebagai timbunan berupa gregat, maka agregat yang dipilih harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan antara lain :

- Gradasi agregat harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.
- Ukuran batuan tidak boleh lebih dari 75 % tebal lapisan.

Cara pencapaian mutu bahan untuk mendapatkan gaya dukung tanah yang diinginkan dapat dilakukan perbaikan-perbaikan dengan cara pencampuran bahan lain seperti agregat, semen dan kapur atau pengupasan lapisan tanah yang jelek mutunya dan menggantikannya dengan lapisan tanah yang lebih baik.

Hal yang penting dalam pelaksanaan penimbunan adalah :

–Konsolidasi

Adalah pada saat tanah dibebani akan melepaskan sejumlah air pori sehingga tanah timbunan menjadi padat dan kuat menerima beban.

–Settlement

Adalah proses penyusutan volume tanah timbunan akibat proses konsolidasi sehingga tanah menjadi padat .

2.7.3 Perhitungan Galian Dan Timbunan

Dengan alasan pertimbangan ekonomis, maka dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volumr galian dan timbunan.

Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan yaitu :

a. Penentuan *Stationing*

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik stationing (patok-patok km) disepanjang ruas jalan.

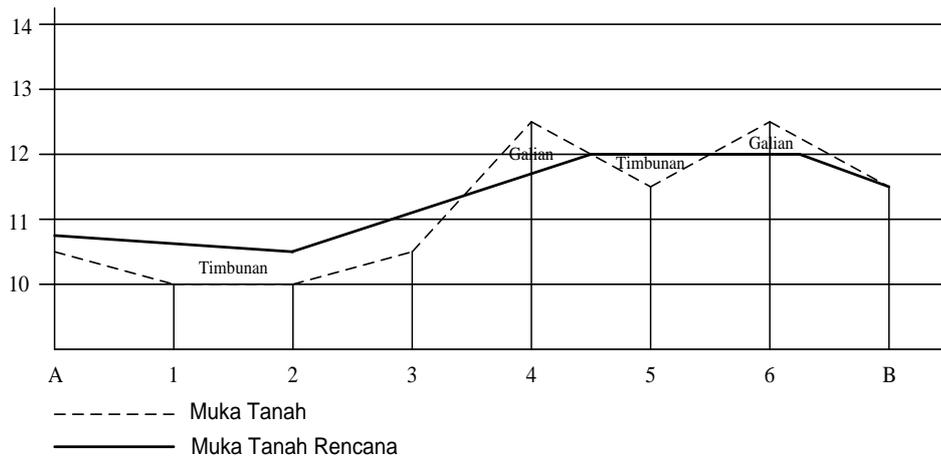
Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut :

- Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m
- Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m
- Untuk daerah gunung, jarak antara patok 20 m

b. Profil Memanjang

Profil memanjang ini memperlihatkan kondisi elevasi dari muka tanah asli dan permukaan tanah dasar jalan yang direncanakan. Profil memanjang digambarkan dengan menggunakan skala horizontal 1:1000 dan skala vertikal 1:100, diatas kertas standar Bina Marga dari profil memanjang ini merupakan penampakan dari trase jalan (alinyeman horizontal) yang telah digambarkan sebelumnya.

Contoh gambar profil memanjang sebagai berikut :

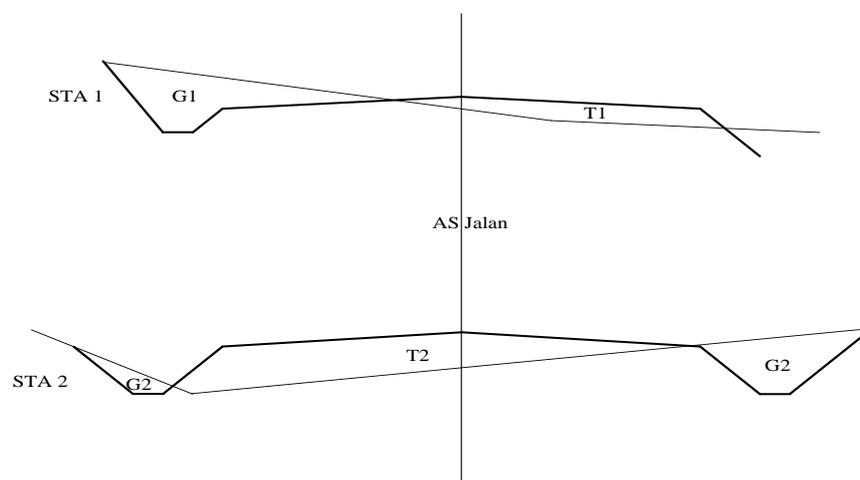


Gambar 2.29 Profil Memanjang

c. Profil Melintang

Profil melintang (*cross section*) digambarkan untuk setiap titik stationing (patok) yang telah ditetapkan. Profil ini menggambarkan bentuk permukaan tanah asli dan rencana jalan dalam arah tegal 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 perkerasan 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.

Contoh dari profil memanjang adalah sebagai berikut :



Gambar 2.30 Profil Melintang

d. Menghitung Volume Galian Dan Timbunan

Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut. Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian ataupun timbunannya. 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. Hasil dari setiap perhitungan tersebut kemudian dituangkan kedalam formulir sebagai berikut:

Tabel 2.25 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan

Antar STA	Luas Penampang Melintang (m ³)				Jarak d (m)	Volume (m ³)	
	G	T	G _{rata-rata}	T _{rata-rata}		G	T
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(3x5)	(4x5)
STA 1	G1	T1	$\frac{G_1 + G_2}{2}$	$\frac{T_1 + T_2}{2}$	d	d x G	d x T
STA 2	G2	T2				rata-rata	rata-rata
Dst							

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 ketidak 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 mahal biaya pembuatan jalan yang direncanakan. Oleh sebab itu, faktor-faktor yang perlu diperhatikan guna menghindari ketidak hematannya perlu diperhatikan sejak dini.

Faktor-faktor tersebut antara lain :

- Penuangan data lapangan kedalam 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.

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

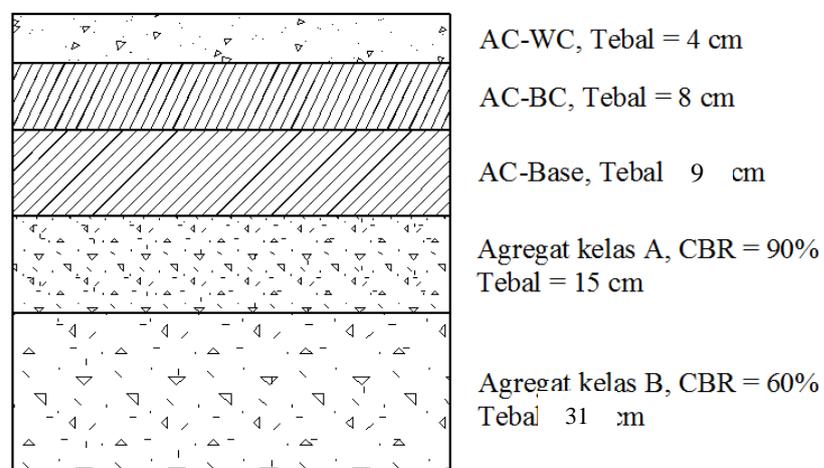
Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*sub grade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis yaitu :

- a) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- b) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku. Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah diperkeras).

2.8.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.31 dibawah ini :



Gambar 2.31 Lapisan Perkerasan Lentur

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

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

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

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

b. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercampur dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

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

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

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

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.

2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) adalah merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat berbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbunan yang dipadatkan (pada daerah urugan). Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

2.8.2 Lapisan Perkerasan Lentur

Untuk ukuran perkerasan lentur jalan yang akan diuraikan dalam laporan ini menggunakan cara Bina Marga dengan “Metode Analisa Komponen” SKBI : 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989.

a) 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 kelapisan tanah dasar sedemikian rupa, sehingga tidak merusak lapisan tanah dasar.
- Usia rencana maksimum 20 tahun.
- selama usia rencana memerlukan pemeliharaan secara berkala (*routine maintenance*)

b) Lalu Lintas Rencana Untuk Perkerasan Lentur

- Persentase Kendaraan Pada lajur Pertama

Jalur rencana merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari suatu jalur atau lebih.

Tabel 2.26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

Jika jalan tidak memiliki batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan.

Tabel 2.27 Koefisien Distribusi Kendaraan (c)

Untuk Kendaraan Ringan Dan Berat Yang Lewat Lajur Rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50

Lanjutan Tabel 2.28 Koefisien Distribusi Kendaraan (c) Untuk Kendaraan Ringan Dan Berat Yang Lewat Lajur Rencana

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

- Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan
Angka ekuivalen masing-masing golongan sumbu :
- Angka ekuivalen sumbu tunggal

$$E = \left\{ \frac{\text{beban sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right\}^4 \dots\dots\dots(2.44)$$

- Angka ekuivalen ganda

$$E = 0,086 \left\{ \frac{\text{beban sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right\}^4 \dots\dots\dots(2.45)$$

Tabel 2.29 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban satu sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4148	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

- Perhitungan Lalu Lintas
 - Lintas ekuivalen permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.46)$$

- Lintas ekuivalen akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.47)$$

- Lintas ekuivalen tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP+LEA}{2} \dots\dots\dots(2.48)$$

- Lintas ekuivalen rencana (LER)

$$LER = LET + FP \dots\dots\dots(2.49)$$

$$FP = \frac{UR}{10} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana :

I = Perkembangan Lalu Lintas

j = Jenis Kendaraan

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

UR = Umur Rencana

FP = Faktor Penyesuaian

c) Perhitungan Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik kolerasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau *Plate Bearing Test*, DCP dan lain-lain. Dari nilai CBR yang merupakan nilai CBR rata-rata untuk suatu jalur tertentu. Nilai $CBR_{Segment}$ dapat ditentukan dengan menggunakan cara grafik ataupun analitis.

- Cara Analitis

Perhitungan nilai CBR dengan cara analitis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CBR_{Segment} = CBR_{rata-rata} - \left(\frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R} \right) \dots\dots\dots(2.51)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segment, besarnya nilai R dapat dilihat pada tabel 2. 30

Tabel 2.30 Nilai R

Jumlah Titik Pengamatan	2	3	4	5	6	7	8	9	> 10
Nilai R	1,41	1,91	2,24	2,48	2,67	2,83	2,96	3,08	3,18

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

- Cara Grafis

Cara memperoleh nilai CBR rencana berdasarkan grafis dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagaimana tersebut dibawah ini :

- Tentukan harga CBR terendah dari sekelompok nilai CBR yang ada.
- Tentukan banyaknya nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing CBR dan kemudian disusun secara tabelaris, dari mulai nilai yang paling kecil ke yang lebih besar.
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 % dan yang lainnya merupakan persentase dari harga tersebut.
- Buat grafik hubungan CBR dan persentase jumlah tersebut.
- Nilai CBR rata-rata adalah nilai yang didapat dari angka 90 %.

d) Faktor Regional

Faktor regional adalah faktor koreksi sehubungan dengan adanya perbedaan dari hasil percobaan AASHTO *Road Test* dan disesuaikan dengan keadaan Indonesia. FR ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim.

Tabel 2.31 Faktor Regional

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 – 10 %)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

Catatan : Pada Bagian – bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah 0,5 pada rawa – rawa FR ditambah dengan 1,0

e) Indeks Permukaan

Indeks permukaan adalah nilai kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas lewat.

Tabel 2.32 Indeks Permukaan Pada Akhir Usia Rencana (IP)

LER*)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

*) **LER** dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal

Catatan : Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0

Tabel 2.33 Keterangan nilai IP

IP = 1,0	Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan
IP = 1,5	Adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
IP = 2,0	Adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap
IP = 2,5	Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

Tabel 2.34 Indeks Permukaan Pada Awal Usia Rencana (IP_o)

Jenis Lapisan Perkerasan	IP _o	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lastubag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Hra	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	≤ 2,5	-
Jalan Krikil	≤ 2,5	-

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989-F)

Catatan : Alat ukur *roughness* yang dipakai adalah *roughmeter* NAASRA, yang dipasang pada kendaraan Datsun 1500 *station wagon*, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km/jam. Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat *roughmeter* melalui kabel yang dipasang ditengah-tengah sumbu belakang kendaraan yang selanjutnya dipindahkan kepada counter melalui “*flexible drive*”.

Setiap putaran counter adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu belakang dan badan kendaraan. Alat pengukur *roughness* tipe lain dapat digunakan dengan mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap *roughmeter* NAASRA.

f) **Indeks Tebal Perkerasan**

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots \dots \dots (2.52)$$

Dimana : a = Koefisien Lapisan

ITP = Indeks Tebal Perkerasan , d = Tebal Lapisan (m)

Tabel 2.35 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relative			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal MACADAM
0,25	-	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)

Lanjutan Tabel 2.36 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relative			Kekuatan bahan			Jenis bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu / Pitrun (Kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu / Pitrun (Kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu / Pitrun (Kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/ lempung kepasiran

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989)

- Catatan :** - Kuat tekan stabilitas tanah dengan smen diperiksa pada hari ke – 7
 - Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke - 21

Keterangan : MS (*Marshall Test*), Kt (Kuat Tekan Beton)

Tabel 2.37 Batas-batas Minimum Tebal lapisan Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
1. Lapis Permukaan		
< 3,00	5	Lapisan Pelindung : BURAS / BURTU / BURDA
3,00 – 6,70	5	LAPEN / Aspal MACADAM, HRA, LASBUTAG, LASTON
6,71 – 7,49	7,5	LAPEN / Aspal MACADAM, HRA, LASBUTAG, LASTON
7,50 – 9,99	7,5	LASBUTAG, LASTON
≥ 10,00	10	LASTON
2. Lapis Pondasi Atas		
< 3,00	15	Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20*)	Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur.
7,50 – 9,99	10 20	LASTON Atas Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam.
10,00 – 12,14	15 20	LASTON Atas Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON atas.
≥ 12,25	25	Batu Pecah, Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON atas.
3. Lapis Pondasi Bawah		
Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm		

(Sumber : SKBI 2.3.26 1987 / SNI 1732-1989)

- *) Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

2.9 Manajemen Proyek

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

a. Daftar Harga Satuan Alat dan Upah

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

b. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

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

c. Perhitungan Volume Pekerjaan

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

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

1. Penentuan *stasioning* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (*trase* jalan).

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

d. Perhitungan rencana anggaran biaya

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

e. Rekapitulasi biaya

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

f. Rencana kerja (*time schedule*)

Rencana kerja (*time schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis-jenis *schedule* atau rencana kerja, yaitu :

1. Bagan balok (*barchart*)

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

2. Kurva S

Adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya *persentase*

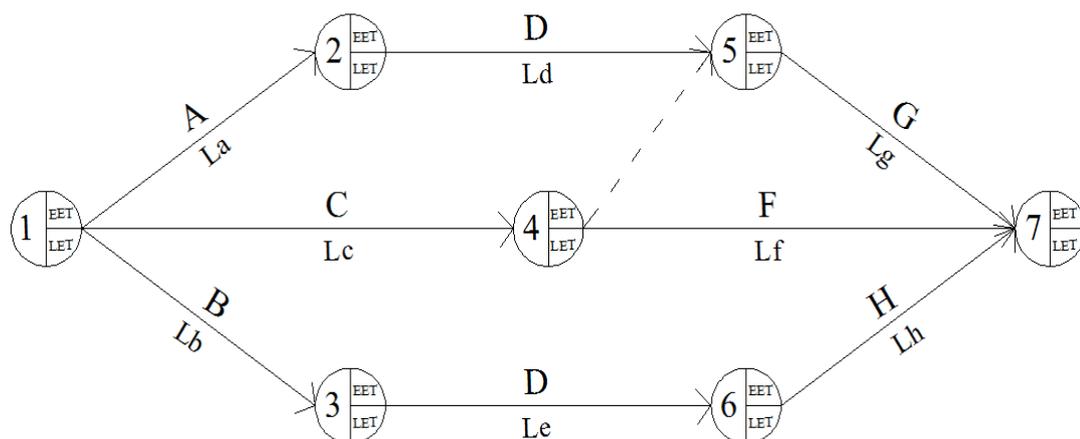
pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

3. Jaringan Kerja/ Network Planning (NWP)

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu

- Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.22 dibawah ini :



Gambar 2.32 Sketsa Network Planning

Keterangan :

- a. (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
-
- b. (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
-
- c. (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- ⇨
- d. (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanh putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- - - - →
- e. 1 = Nomor Kejadian
- EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
- 1 | EET
|
| LET
- LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.