

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Terasse Jalan

Trase Jalan adalah garis tengah Sumbu jalan yang merupakan garis lurus saling terhubung dengan Peta Topografi serta merupakan acuan dalam menetapkan tinggi muka tanah dasar .

Prinsip dalam perencanaan penentuan pemilihan Trase jalan berdasarkan Permen PU No.19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis jalan dan Kriteria Perencanaan teknis jalan adalah :

- Trase Jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaianya seminim mungkin
- Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS)
- Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan
- Pemilihan lokasi Trase pada tanah yang mempunyai Nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah tersebut bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi Trase jalan yang akan direncanakan
- Pemilihan Trase jalan sebaiknya dihindari pada daerah patahan, tanah rawan longsor, muka air tanah yang tinggi serta lokasi daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi
- Diupayakan pemilihan Trase tidak pada daerah hutan lindung, cagar budaya, dan iklim
- Diupayakan Trase jalan yang direncanakan jangan dilokasi padat penduduk dan lahan yang bermasalah seperti tuntutan ganti rugi yang tinggi.

2.2 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Di dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk tebal perkerasan jalan, meskipun dimensi

dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya, demikian pula dengan drainase jalan. Jadi tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa nyaman dan aman kepada pengguna jalan. (Silvia Sukirman, 1999: 17)

Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya harus memiliki data perencanaan, diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan penunjang lainnya. Data ini diperlukan karena dapat memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini dibangun.

2.2.1 Data Lalu lintas

Data lalu lintas merupakan data utama yang diperlukan dalam merencanakan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis keadaan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Hamirham Saodang, 2004: 34)

Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan. Unsur lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas, sedangkan unsur lalu lintas di atas roda disebut dengan kendaraan.

2.2.2 Data Peta Topografi

Keadaan topografi memegang peranan penting dalam penetapan trase jalan karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandang, penampang melintang, saluran tepi dan lain-lain. Untuk daerah dengan lokasi datar, pengaruhnya tidak begitu nyata, penentuan trase dapat dengan bebas ditarik kemana saja disesuaikan dengan arah dan tujuan rute jalan raya yang direncanakan.

Untuk daerah pegunungan atau daerah perbukitan adalah sebaliknya, pemilihan topografi sangat mempengaruhi lokasi serta penetapan bagian-bagian jalan lainnya, bahkan sangat mungkin akan mempengaruhi penetapan tipe jalan. (Hamirham Saodang, 2004: 47)

Trase jalan secara umum pada daerah perbukitan, selalu mengikuti kontur dari topografi, sehingga banyak berkelok-kelok karena untuk mempertahankan kelandaian memanjang (*grade*) jalan. Namun demikian yang paling utama adalah *grade* disesuaikan dengan persyaratan yang ada, agar kendaraan-kendaraan berat masih bisa melaluinya. (Hamirham Saodang, 2004: 47)

2.2.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, yang meliputi pekerjaan :

A. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS dan AASHTO, pemadatan dan nilai CBR. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara analisis dan grafis.

- Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

Tabel 2.1 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)

- Cara Grafis

Prosedur dari cara grafis adalah sebagai berikut :

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

B. Analisa

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

C. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- Sifat-sifat *Indeks (Indeks Properties)* yaitu meliputi *Gs (Specific Gravity)*,

WN (*Water Natural Content*), y (berat isi), e (Angka Pori), n (*Porositas*), S_r (Derajat Kejenuhan).

➤ Klasifikasi USCS dan AASTHO

- Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 - Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
 - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
- Batas - batas *Atteberg* (*Atteberg Limits*)
 - *Liquid Limit* (LL) = Batas Cair
 - *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis
 - *Indeks Plastis* (IP) = LL – PL
- Pemadatan : γ_d maks dan W_{opt}
 - Pemadatan Standar
 - Pemadatan Modifikasi
 - Dilapangan di cek dengan *sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
- CBR Laboratorium (CBR Rencana) , berdasarkan pemadatan γ_d maks dan $W_{optimum}$
 - CBR Lapangan : DCP $\rightarrow$ CBR Lapangan

2.3 Klasifikasi Jalan

2.3.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi Jalan menurut Fungsinya terdiri dari :

1. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2. Jalan Kolektor

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

3. Jalan Lokal

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

4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan merupakan jalan yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri jarak pendek dan kecepatan yang rendah.

2.3.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya terbagi atas :

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 dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Pasal 11, PP No.43/1993).

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A III B	8
Lokal	III C	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

2.3.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi jalan berdasarkan medan jalan dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

2.3.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut wewenang pembinaan jalan dikelompokkan menjadi Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten, Jalan Kotamadya dan Jalan Khusus (Direktorat Jenderal Bina Marga: 2006)

1. Jalan Nasional Yang termasuk kelompok jalan nasional adalah jalan arteri primer, jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi, dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional. Penetapan status suatu jalan sebagai jalan nasional dilakukan dengan Keputusan Menteri.
2. Jalan Propinsi Yang termasuk kelompok jalan propinsi adalah:
 - a) Jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Propinsi dengan Ibu kota Kabupaten/Kotamadya.
 - b) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar Ibukota Kabupaten/Kotamadya.
 - c) Jalan lain yang mempunyai kepentingan strategis terhadap kepentingan propinsi.
 - d) Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta yang tidak termasuk jalan nasional.
 - e) Penetapan status suatu jalan sebagai jalan propinsi dilakukan dengan Keputusan Menteri Dalam Negeri atas usul Pemerintah Daerah Tingkat I yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat Menteri.

2.3.5 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Utama	I	>20.000

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

a. Kelas I

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

b. Kelas II

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

1. Kelas II A

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

2. Kelas II B

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

3. Kelas II C

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

c. Kelas III

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

2.4 Bagian Jalan

Bagian jalan dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah manfaat jalan adalah suatu ruang sepanjang jalan yang 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 yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan yang terdiri dari badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamannya.

2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Daerah milik jalan disebut juga ROW (*right of way*). Daerah milik jalan dibatasi oleh lebar yang sama dengan daerah manfaat jalan ditambah dengan ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

3. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Daerah pengawasan jalan adalah ruang sepanjang jalan di luar Daerah manfaat jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang diukur dari sumbu jalan sebagai berikut :

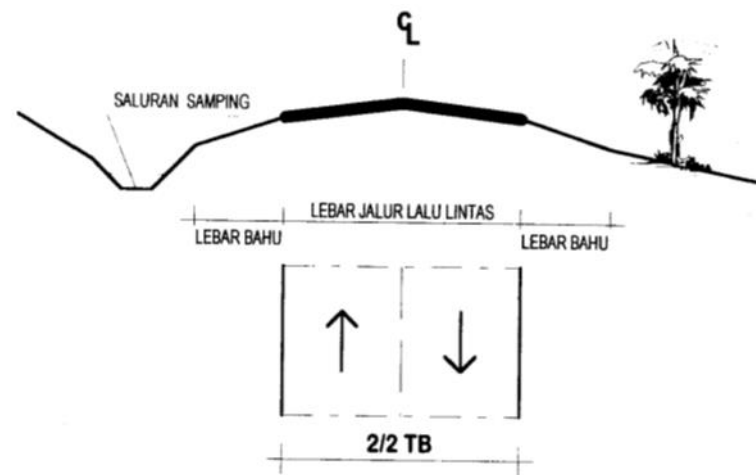
- a. Jalan arteri minimum 20 meter.
- b. Jalan kolektor minimum 15 meter.
- c. Jalan lokal minimum 10 meter

2.5 Penampang Melintang

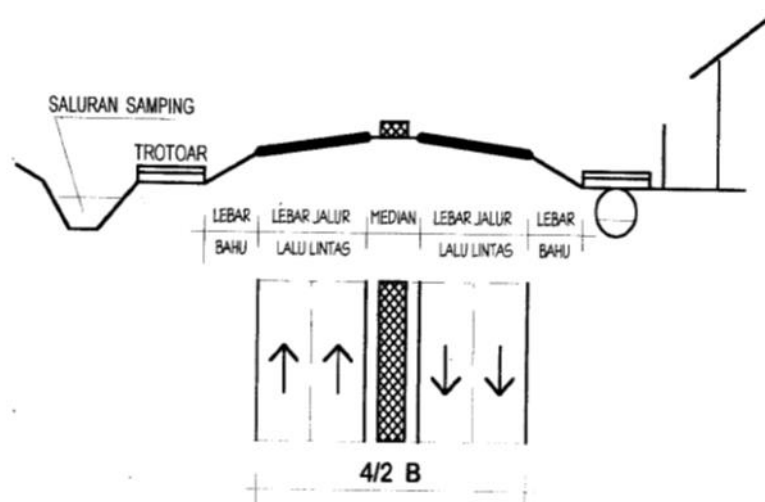
2.5.1 Komposisi Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat gambar 2.1 dan 2.2) :

- Jalur lalu lintas
- Median dan jalur tepian (kalua ada)
- Bahu
- Jalur pejalan kaki
- Selokan, dan
- Lereng



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2/2 TB



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 4/2 TB

2.6 Parameter Perencanaan Geometrik

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 berada.

2.6.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. (Hamirhan Saodang, 2004: 21)

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain :

1. Dimensi Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam beberapa kategori, yaitu :

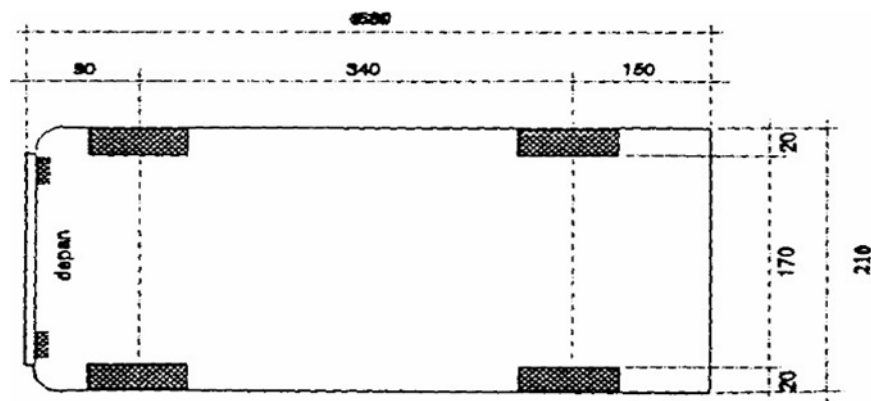
- a. Kendaraan ringan/kecil, adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 - 3,00 meter. Meliputi mobil penumpang, microbus, pick - up, dan truk kecil sesuai dengan klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan sedang, adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 - 5,00 meter. Meliputi bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan besar/berat, yaitu bus besar dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,00 - 6,00 meter.
- d. Truk besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) $< 3,50$ meter.
- e. Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

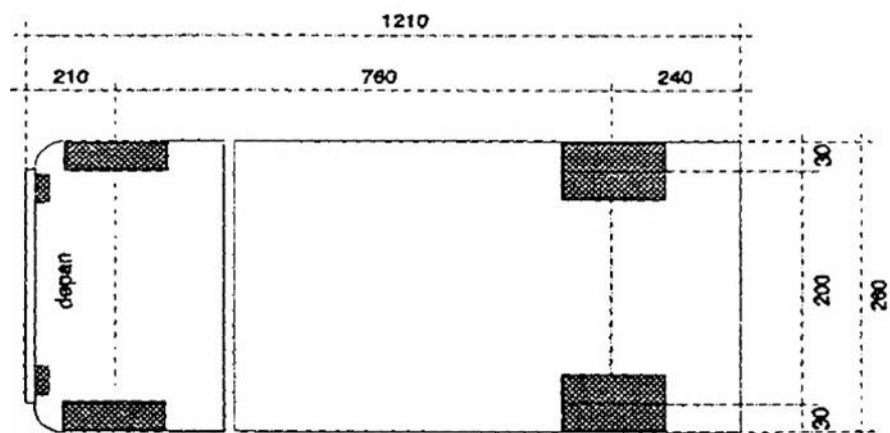
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	panjang	Depan	belakang	Min	Mak	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

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

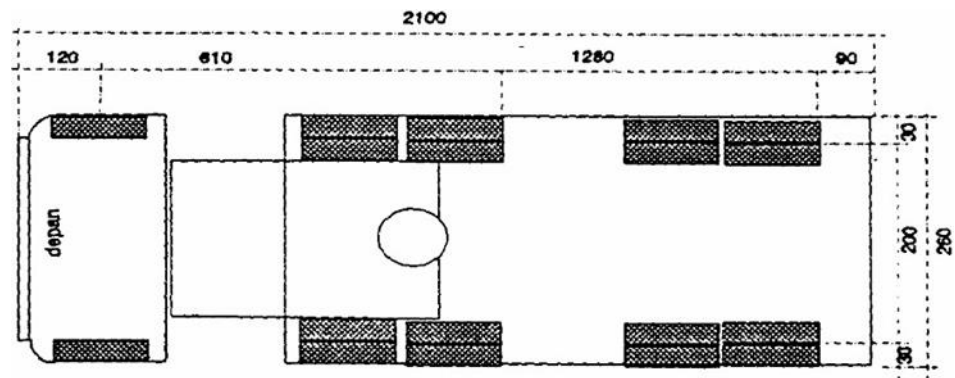
Gambar 2.3 s.d 2.5 berikut menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana berdasarkan tabel 2.5



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar

2.6.2 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. (Hamirham Saodang, 2004: 33)

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) sesuai dengan Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

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

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

2.6.3 Volume Lalu lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang 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 dapat dihitung dengan menggunakan rumus dalam buku Hamirhan Saodang (2004) sebagai berikut :

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

Keterangan :

K = disebut faktor K, adalah faktor volume lalulintas jam sibuk.

F = disebut faktor F, adalah faktor variasi tingkat lalulintas per seperempat Jam, dalam satuan jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintas lainnya yang diperlukan. Arus lalulintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari. (Hamirham Saodang, 2004: 27)

Tabel 2.7 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan volume lalulintas 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, No. 038/T/BM/1997)

2.6.4 Penentuan Lebar Jalur dan Lajur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan roda empat atau lebih dalam satu arah. Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan dua arah adalah dua dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalu lintas untuk satu arah

minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas. (Silvia Sukirman, 1999: 22)

Pada tabel 2.8 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai dengan VLHR nya.

Tabel 2.8 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR Smp / Hari	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000 -10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10001 - 25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL			TIDAK DITENTUKAN		
>25000	2n × 3,5	2,5	2 × 7,0	2,0	2n × 3,5	2,0						

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

Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencananya, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.9.

Tabel 2.9 Lebar Lajur Ideal

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

(Sumber : Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.6.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh tingkat keamanan dan kenyamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar jalur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih

tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut menuntut daerah manfaat jalan yang lebar pula. (Silvia Sukirman, 1999: 47)

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

1. Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas bebas tanpa hambatan.
 - Volume dan kepadatan lalulintas rendah.
 - Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas stabil.
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalulintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
3. Tingkat Pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas masih stabil.
 - Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalulintas, sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.
4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas sudah mulai tidak stabil.
 - Perubahan volume lalulintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
5. Tingkat Pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas sudah tidak stabil.
 - Volume kira-kira sama dengan kapasitas.
 - Sering terjadi kemacetan.
6. Tingkat Pelayanan F, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalulintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - Sering kali terjadi kemacetan.
 - Arus lalulintas rendah.

2.6.6 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Hamirham Saodang, 2004: 39)

Jarak pandang terbagi menjadi dua bagian, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d)

1. Jarak pandang henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diatas permukaan jalan. (Hamirham Saodang, 2004: 39)

Jarak pandang henti terdiri dari dua komponen, yaitu adalah sebagai berikut :

- Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti (J_h), dalam satuan meter, dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti dalam buku Hamirhan Saodang (2004) berikut ini.

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$J_h = \frac{VR}{3,6} T + \frac{(\frac{VR}{3,6})^2}{2 g f} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{VR^2}{fp} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

F_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (f semakin kecil jika V semakin tinggi). Bina marga Menetapkan $f = 0,35 - 0,55$

G = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det"

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

➤ Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{VR^2}{254 f} \dots\dots\dots(2.6)$$

➤ Untuk jalan dengan kel andai an tertentu

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{VR^2}{254 (f \pm L)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana L = landai jalan (%) atau perseratusan

Nilai jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai V_R pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. (Hamirham Saodang, 2004: 40)

Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_R dapat dilihat pada tabel 2.11 dan 2.12 dibawah ini

Tabel 2.11 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang (d)

V (km/jam)	50 - 65	65 - 80	80 - 95	95 - 100
Jh Minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_R

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

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

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V - m + \frac{aT_1}{2} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot t_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ meter (berdasarkam buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

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

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

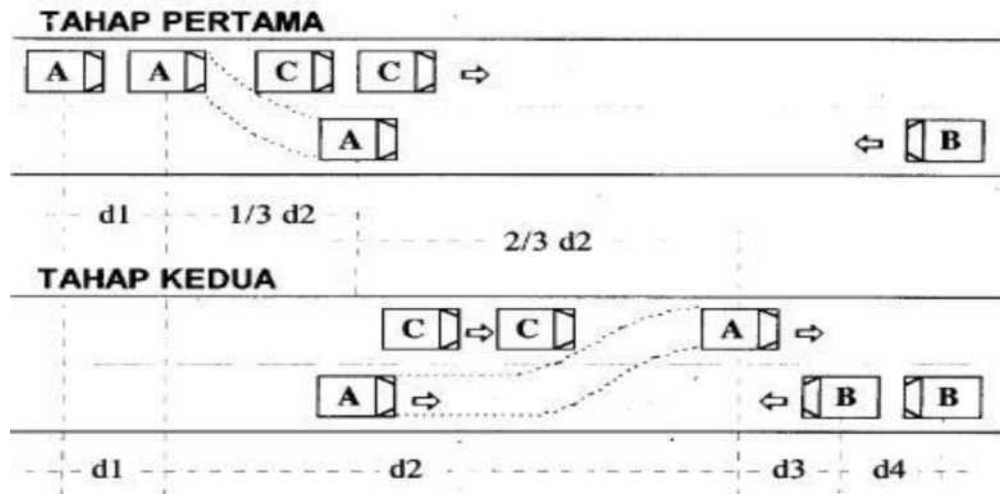
d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $\frac{2}{3} d_2$ (m)

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

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

A = percepatan rata-rata, = $2,052 + 0,0036 V_R$

M = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya 10-15 km/jam)



(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Gambar 2.6 Jarak Pandang Mendahului

2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen Horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “tangen”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010).

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

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

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

1) Bagian Lurus

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

Tabel 2.13 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (meter)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2) Tikungan

a. Jari-jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk 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. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : R = jari-jari lengkung (m)

D = derajat lengkung ($^\circ$)

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

$$R_{\min} = \frac{Vr^2}{127(e \text{ maks} + f \text{ maks})} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913,53 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_r} \dots\dots\dots(2.15)$$

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

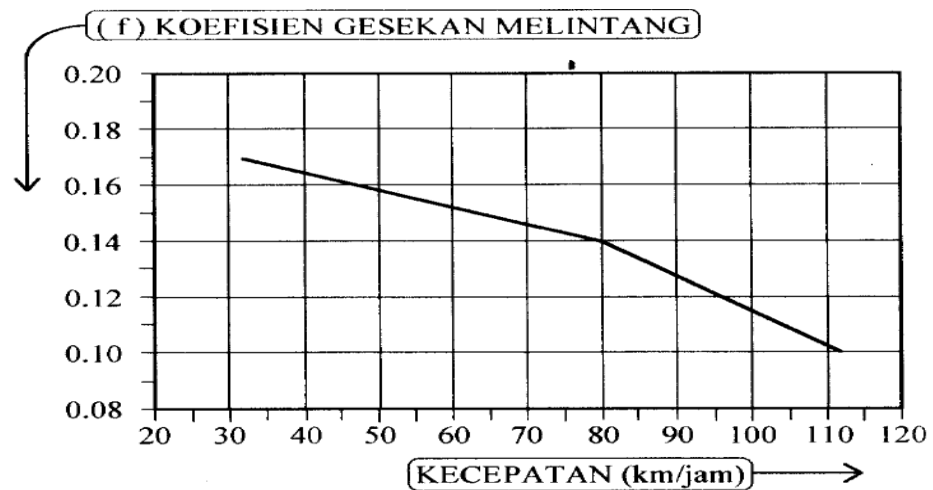
V_r = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{maks} = superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = koefisien gesekan melintang maksimum

D_{maks} = derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{\text{maks}} = 10\%$ dan f_{maks} sesuai gambar 2.18 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.14



Gambar 2.7 Grafik nilai (f), untuk $e_{\text{maks}} = 6\%$, 8% dan 10%
(menurut AASHTO)

Tabel 2.14 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan) untuk $e_{\text{maks}} = 10\%$

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 Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

b. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \text{tak terhingga}$ ke $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian

lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral (clotoid)* banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendarsin, 2000).

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

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.16)$$

- b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.17)$$

- c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot VR \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

T = waktu tempuh (3 detik)

R = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det²

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

em = superelevasi maksimum

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

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

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

Tabel 2.15 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

Tabel 2.16 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi
Yang Dibutuhkan (E Maksimum = 10% Metoda Bina Marga)

D	R	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	955	LP	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	LP	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75

Sambungan Tabel 2.16 Panjang Lengkung Peralihan Minimum Dan Superlevasi

D	R	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
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,1 2	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	179	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	45	D maks 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	D maks = 18,8									

(Sumber : Metode Bina Marga)

2.7.1 Menentukan titik koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program Google earth pro dan AutoCAD Civil 3D.

2.7.2 Menghitung panjang garis tangen

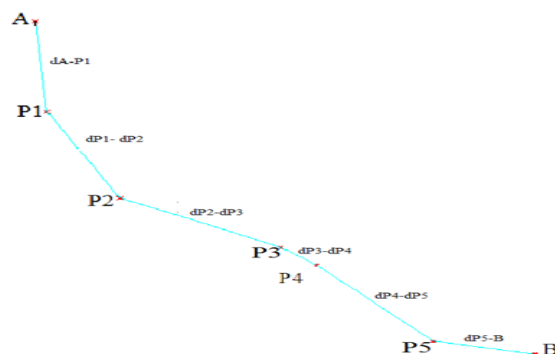
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

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

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

- d = Jarak titik A ke titik P1
- X_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- X_1 = Koordinat titik A pada sumbu X
- Y_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y_1 = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.7.3 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangent (Δ)

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

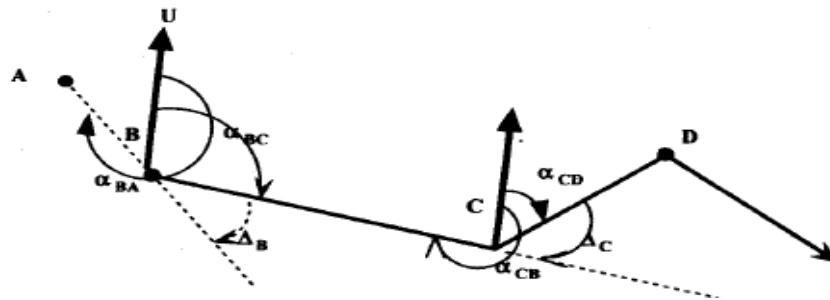
$$\alpha_A = \arctan \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\alpha_{P1} = \arctan \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots(2.24)$$



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.7.4 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.3 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan

2.7.5 Bentuk-bentuk Tikungan

Di Indonesia yang sesuai standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tikungan terbagi tiga jenis, yaitu :

a) Tikungan *Full Circle* (FC)

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangent yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan

bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

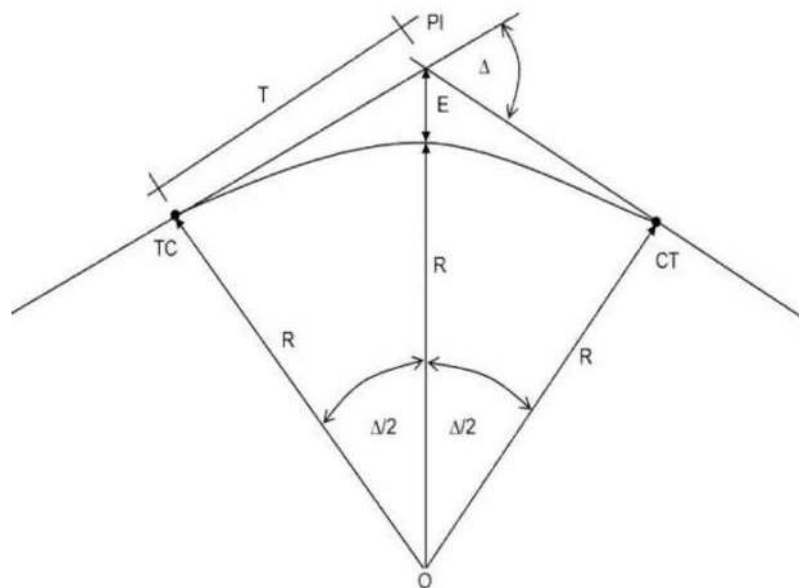
- Lengkung peralihan
- Kemiringan melintang (superelevasi)
- Pelebaran perkerasan jalan
- Kebebasan samping

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 table 2.17 berikut :

Tabel 2.17 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung peralihan

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

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



Gambar 2.10 Komponen Tikungan *Full Circle* (FC)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots(2.25)$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} \cdot L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots(2.26)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + f_m)} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V^2} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots(2.30)$$

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

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.32)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.33)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

O = Titik pusat lingkaran

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

R_c = Jari-jari lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

b) Tikungan Spiral-*Circle*-Spiral

Spiral *circle* spiral adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke *circle* yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal.

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

tersebut menjadi aman.

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

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

$$L_s = \frac{Vr}{3,6} \times T \dots\dots\dots(2.37)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentripugal, digunakan rumus modifikasi *shortt*, yaitu sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \times \frac{vr^3}{Rc \times C} T - 2,727 \times \frac{Vr \times e}{C} \dots\dots\dots(2.38)$$

- Berdasarkan tingkat pelayanan pencapaian perubahan kelandaian, yaitu sebagai berikut :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times r_e} \times V_R \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

T = waktu tempuh, 3 detik

Rc = jari-jari busur 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 $Vr \leq 70$ km/jam, r_e maks = 0,035 m/m/det
- Untuk $Vr \geq 80$ km/jam, r_e maks = 0,025 m/m/det

$$T_s = (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.49)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots(2.50)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2 \cdot \theta_s}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.51)$$

$$L_{total} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.52)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(2.53)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

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

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

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

E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

Δ_c = sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)

R = jari-jari tikungan, (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = absis p pada garis tangen spiral, (m)

L_{total} = panjang tikungan SCS, (m)

c) Tikungan Spiral - Spiral (SS)

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

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + F_m)} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V^2} \dots\dots\dots(2.58)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots(2.60)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.61)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a. Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots(2.62)$$

- b. Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.63)$$

- c. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.64)$$

- d. Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V \dots\dots\dots(2.65)$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots(2.66)$$

$L_{s5} > L_{s\min}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}

Misalkan $\theta_s = 31,33^\circ$, maka dari tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* didapat :

$$\theta_s = 31^\circ \quad p^* \Rightarrow 0,0486115 \quad k^* \Rightarrow 0,4947620$$

$$\theta_s = 31,5^\circ \quad p^* \Rightarrow 0,0495022 \quad k^* \Rightarrow 0,4945798$$

Interpolasi :

$$\begin{aligned} p^* &= 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,0491993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k^* &= 0,4947620 + \frac{0,4945798 - 0,4947620}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,4948822 \end{aligned}$$

$$P = p^* \times L_s \dots \dots \dots (2.67)$$

$$K = k^* \times L_s \dots \dots \dots (2.68)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots \dots \dots (2.69)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.70)$$

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \dots \dots \dots (2.71)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots \dots \dots (2.72)$$

Keterangan:

L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari SC ke CS), (m).

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^\circ$).

L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke titik SC), (m).

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

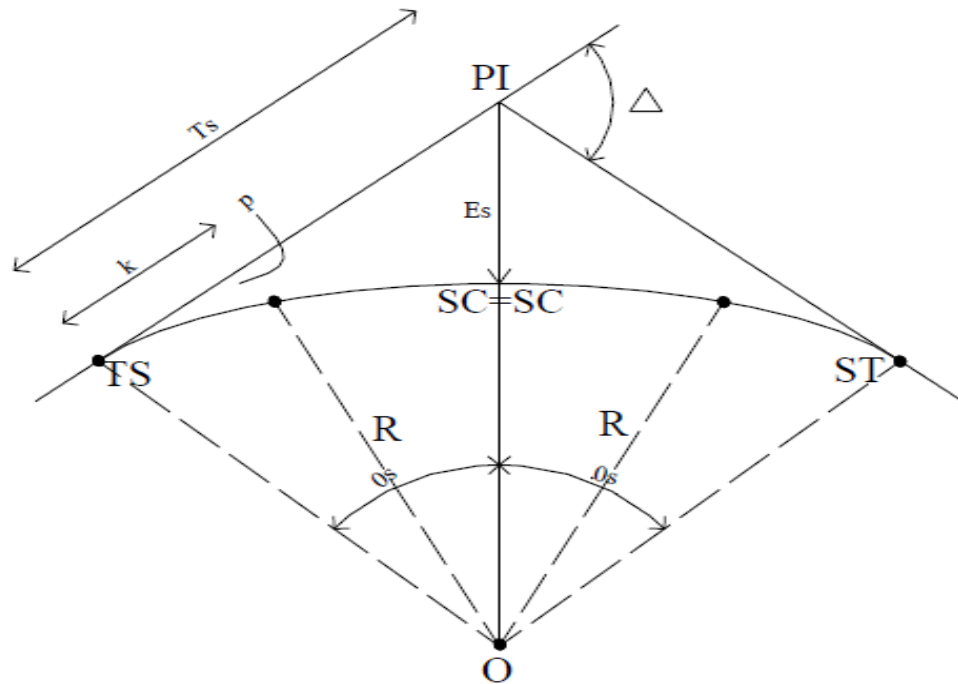
E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran, (m).

Δ = sudut lengkung *circle*, ($^\circ$).

R = jari-jari lingkaran, (m).

P = pergeseran tangen terhadap spiral, (m).

K = absis dari p pada garis tangen spiral, (m).



Gambar 2.12 Spiral Spiral

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.18 dibawah ini

Untuk $L_s = 1$ m dan θ_s tertentu, R_c dari perhitungan, $p = p^* \cdot L_s$; $k = k^* \cdot L_s$.

Tabel 2.18 Tabel p dan k (menurut J. Barnett)

q^s (*)	p^*	K^*	$q_s(*)$	p^*	K^*	$q_s(*)$	p^*	K^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665

Sambungan Tabel 2.18 Tabel p dan k (menurut J. Barnett)

q ^s (*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*
4,5	0,0065551	0,4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4943141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769

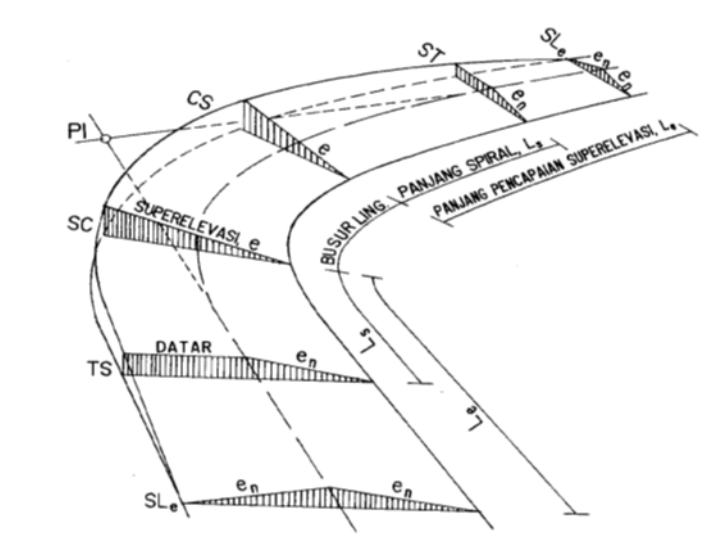
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	37.5	0.0602997	0.4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

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

2.7.6 Pencapaian Superelevasi

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

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

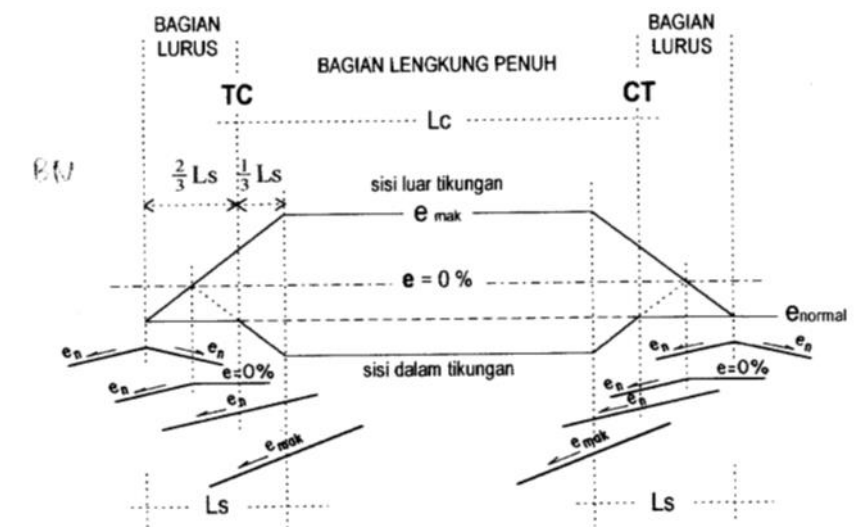


Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

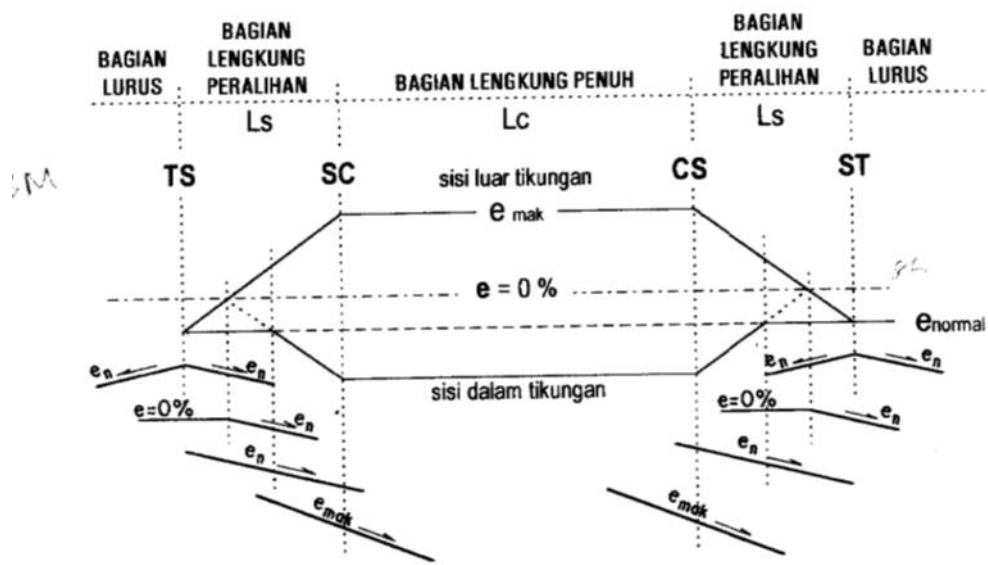
Metoda atau cara untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

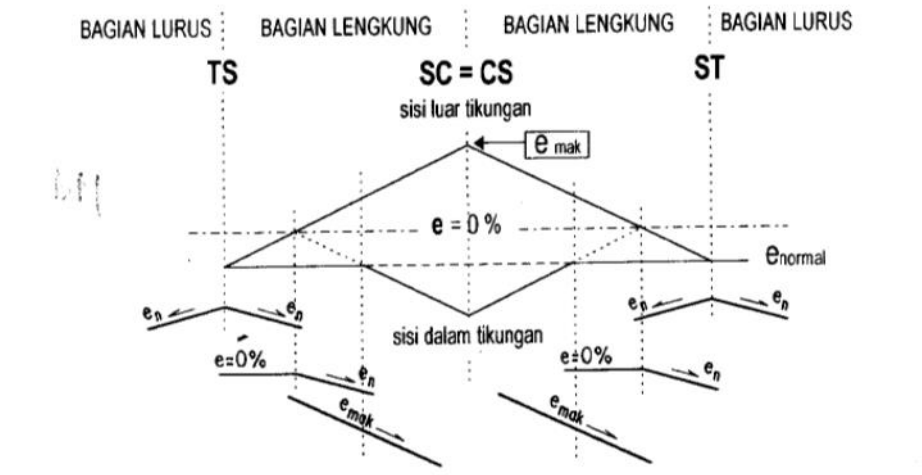
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*



Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

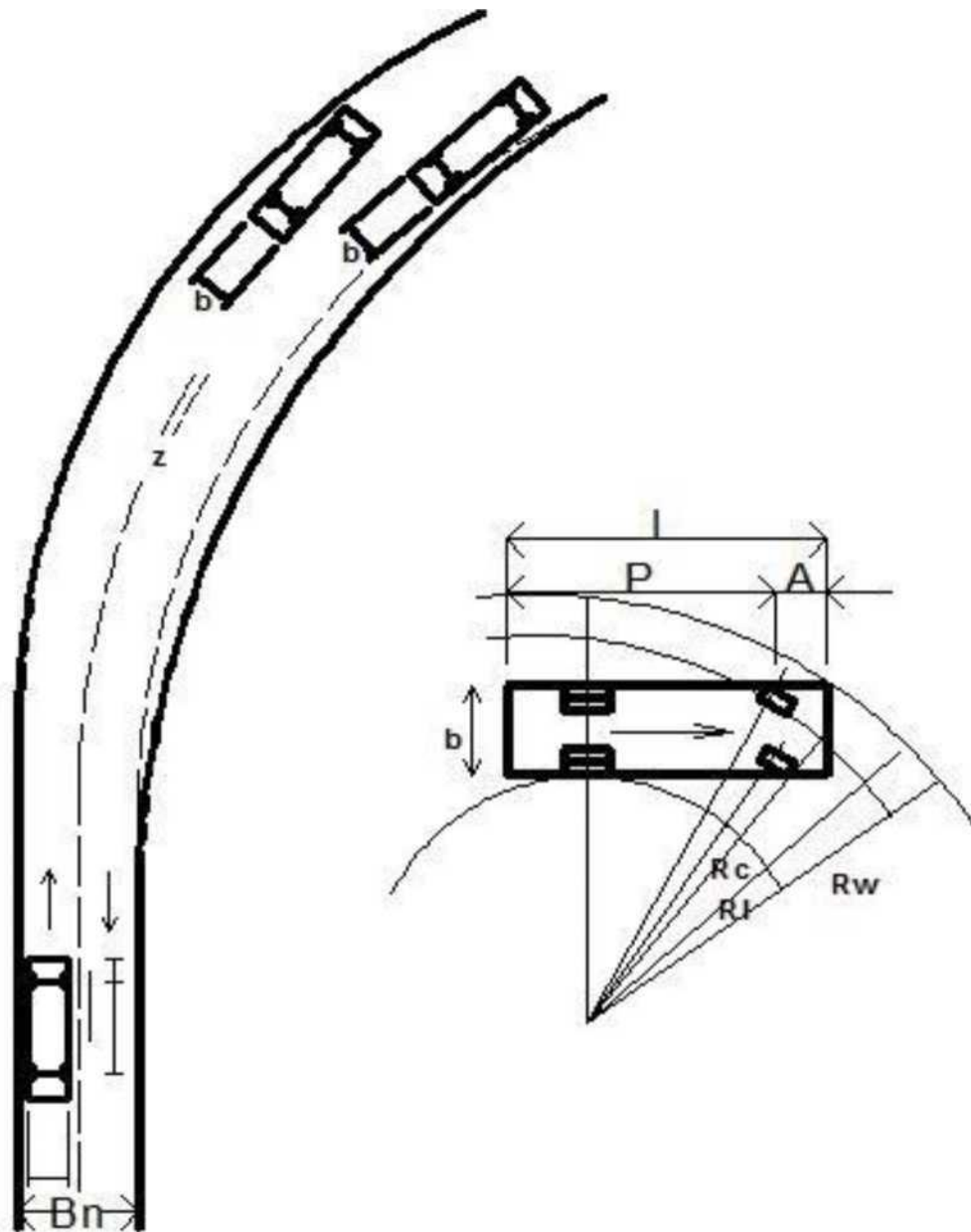


Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.7.7 Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan seringkali tidak mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan. Hal tersebut disebabkan oleh :

1. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan.
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal di atas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran jalan.



Gambar 2.17 Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

$$B = \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25 + 64 - Rc^2 - 64 + 1,25} \dots \dots \dots (2.73)$$

$$Rc = R - \frac{1}{2} Bn + \frac{1}{2} b \dots \dots \dots (2.74)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots \dots \dots (2.75)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.76)$$

$$Z = 0,015 \frac{v}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.77)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

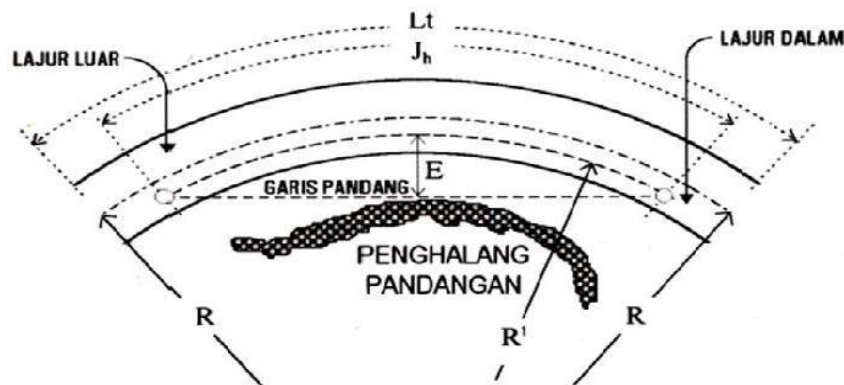
Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

2.7.8 Kebebasan Samping Pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan J_h . Menurut Bina Marga daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika $J_h < L_t$



Gambar 2.18 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 J_h}{\pi \times R} \right) \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana :

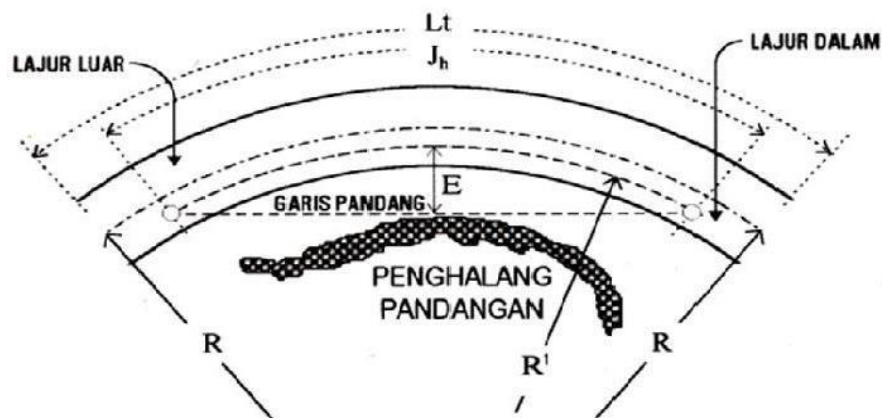
E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

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

J_h = jarak pandang henti (m)

2. Jika $J_h < L_t$

Gambar 2.19 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.79)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

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

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang Tikungan (m)

Nilai E (m) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

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

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.80)$$

Dimana :

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

θ = setengah sudut pusat sepanjang L (°)

R = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = jarak pandangan (m)

L = panjang tikungan (m)

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing - masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia Sukirman, 1994)

2.8.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian pada alinyemen vertikal terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
V _R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2. Kelandaian Minimum

Kelandaian minimum untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan - jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sedangkan untuk jalan - jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,3 - 0,5%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran sampin, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

3. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agarkendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Tabel Panjang Kritis

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

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

4. Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana, sedangkan kendaraan lainnya masih dapat

bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dilakukan pertimbangan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

Penempatan lajur pendakian dilakukan sebagai berikut :

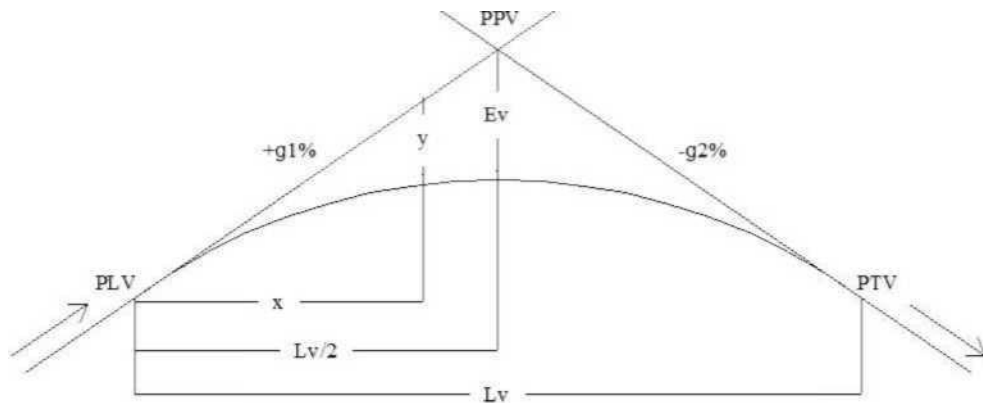
- a. Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan-kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan-kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur atau menggunakan lajur arah berlawanan.
- b. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.
- c. Penempatan lajur pendakian harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut : disediakan pada jalan arteri atau kolektor, dan apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki $VLHR > 15.000$ SMP/hari, dan persentase truk $> 15\%$.
- d. Lebar lajur pendakian sama dengan lebar lajur rencana.
- e. Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter.

2.8.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :

1. Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian; dan
2. Menyediakan jarak pandang henti.

Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai kelandai berikutnya.



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cembung

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 :

$$y' = \frac{g_2 - g_1}{200 L} \cdot x^2 \dots\dots\dots(2.81)$$

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)

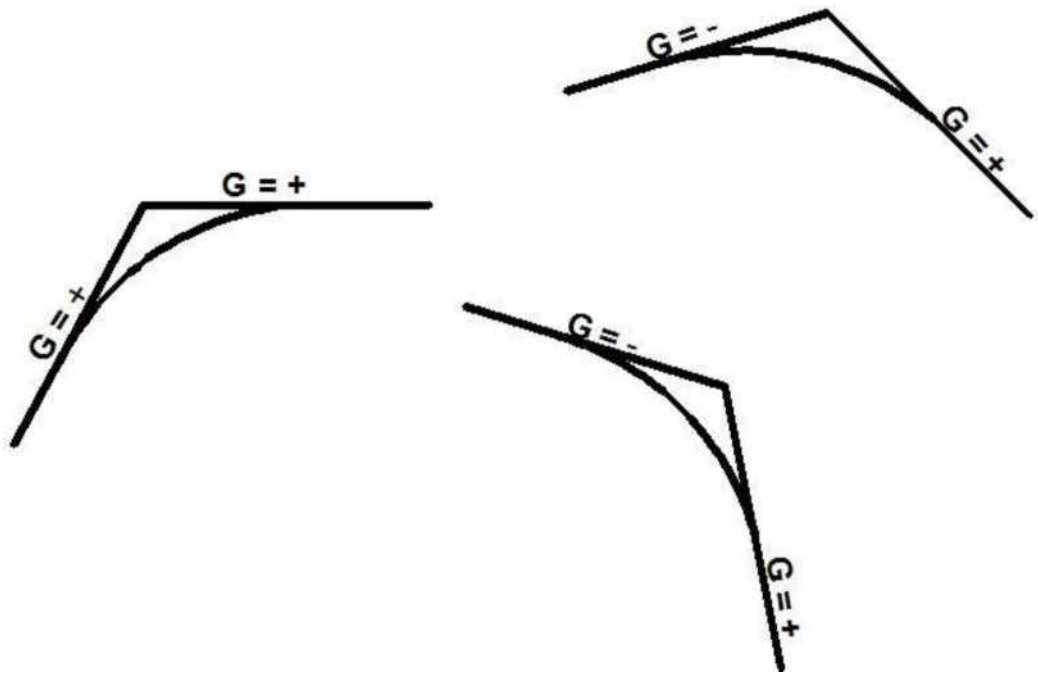
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebaga

$$E_v = \frac{g_2 - g_1 L_v}{200 L} \dots\dots\dots(2.82)$$

Lengkung vertikel dibagi dua macam yaitu :

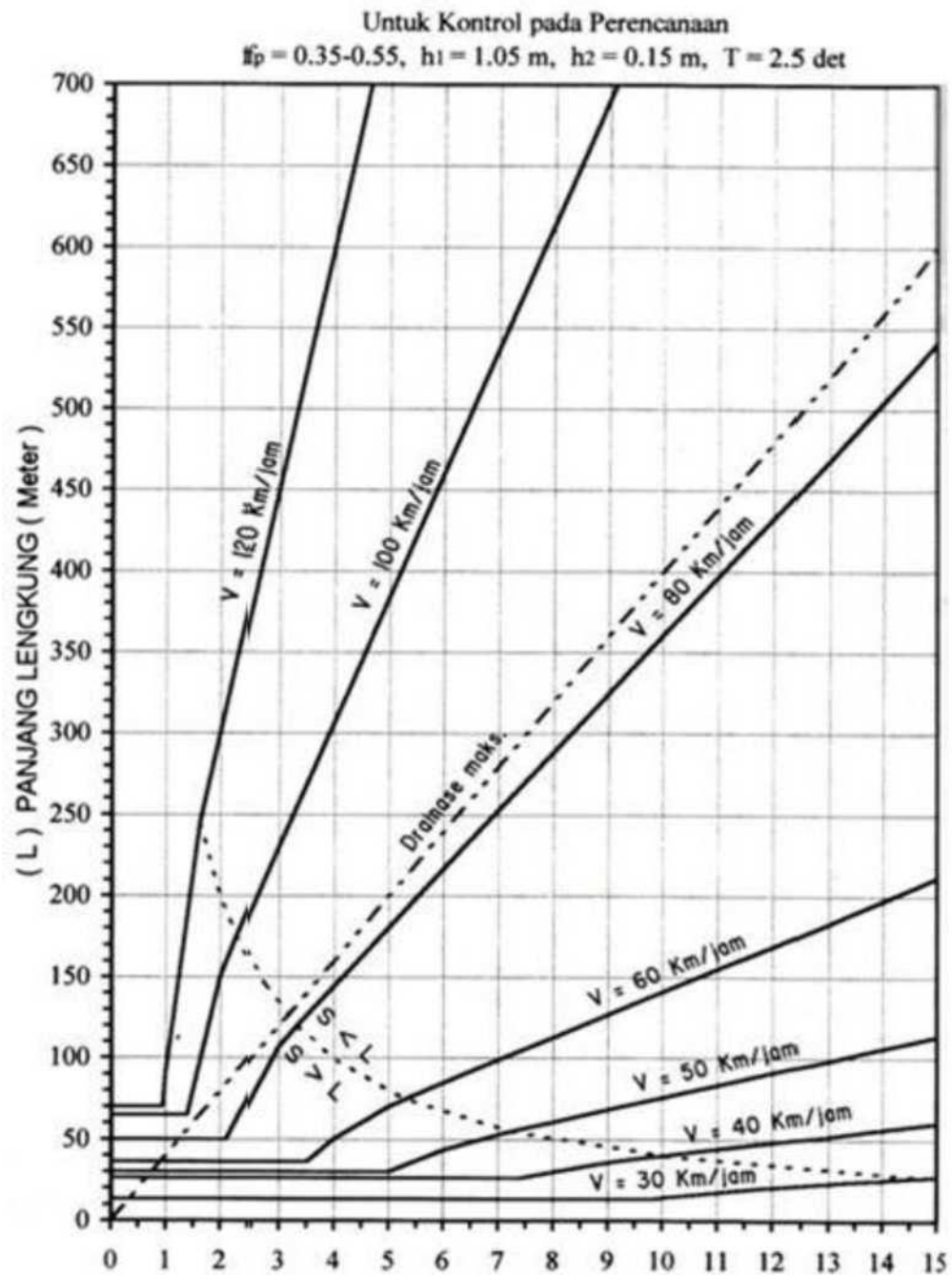
a. Lengkung vertikal cembung

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



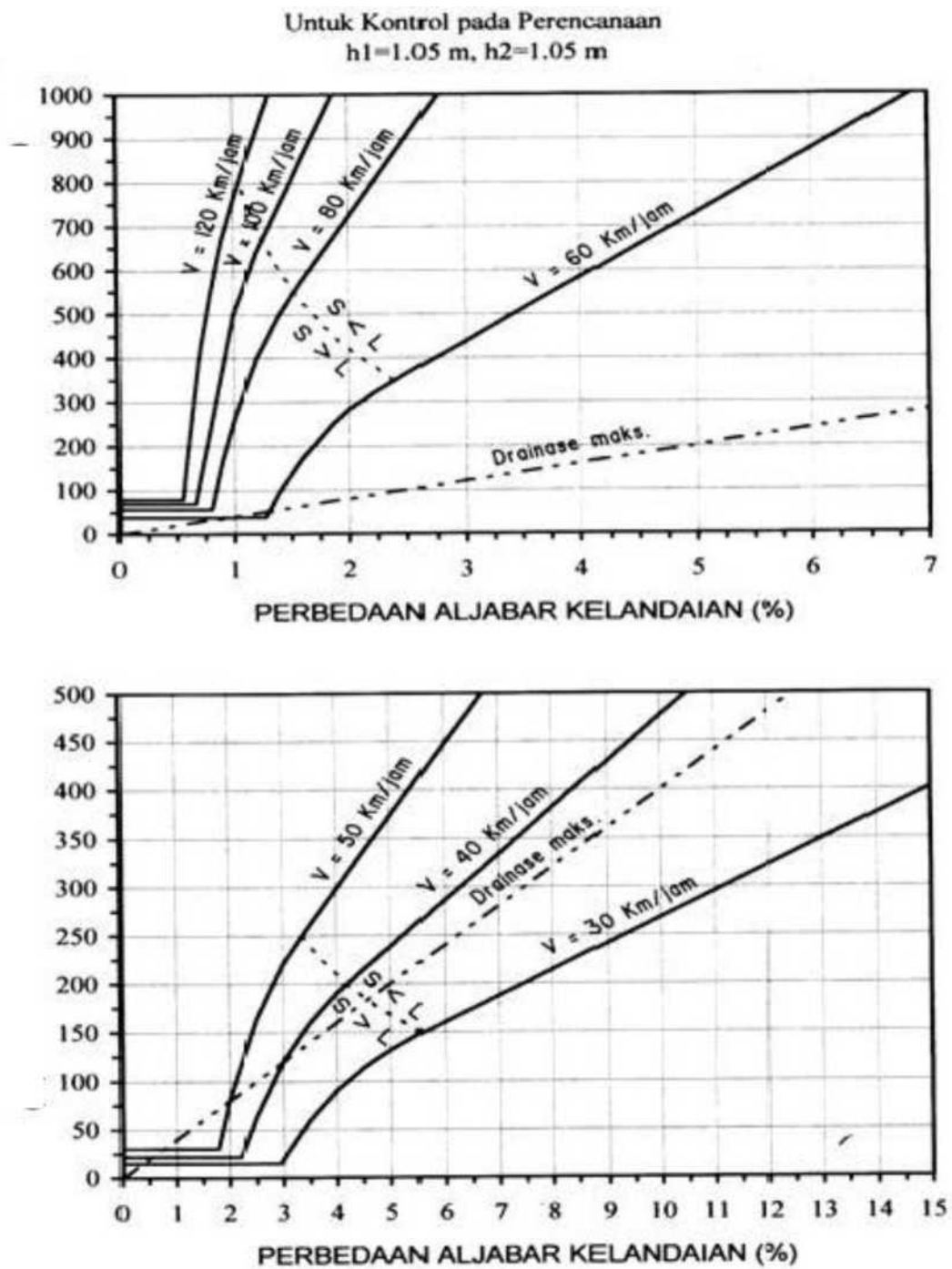
Gambar 2.21 Alinyemen Vertikal Cembung

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



PERBEDAAN ALJABAR KELANDAIAAN (%)

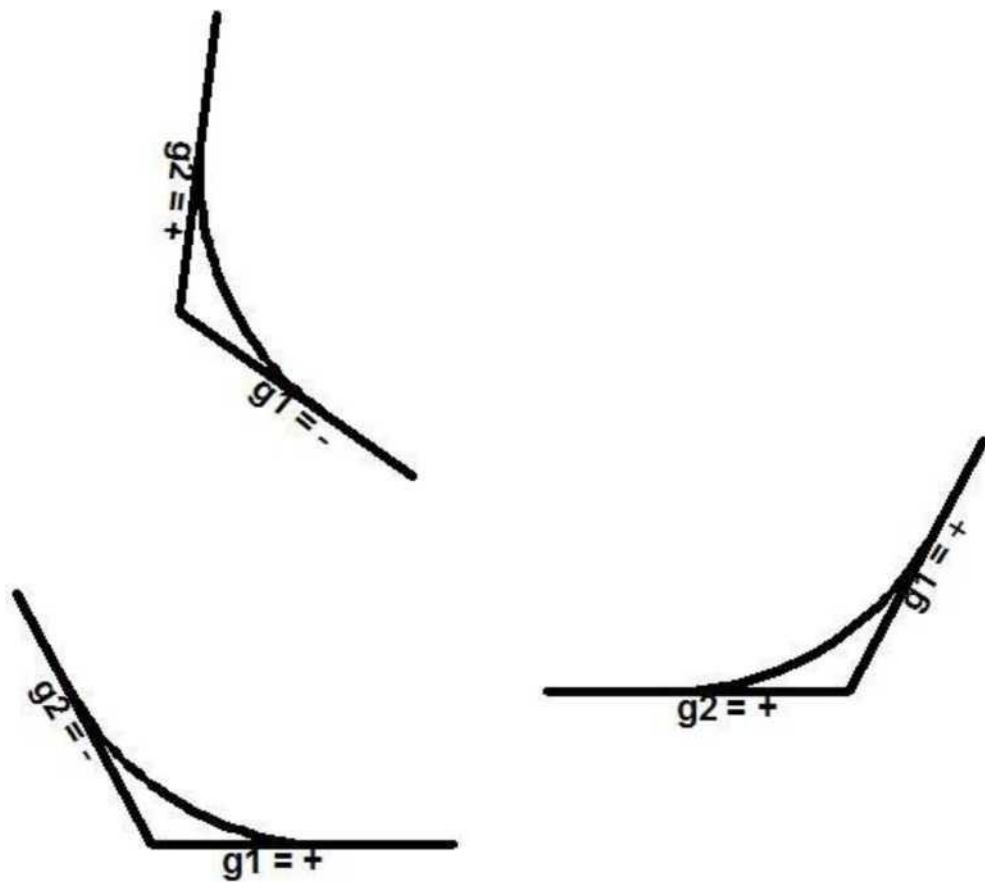
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

b. Lengkung Vertikal Cekung

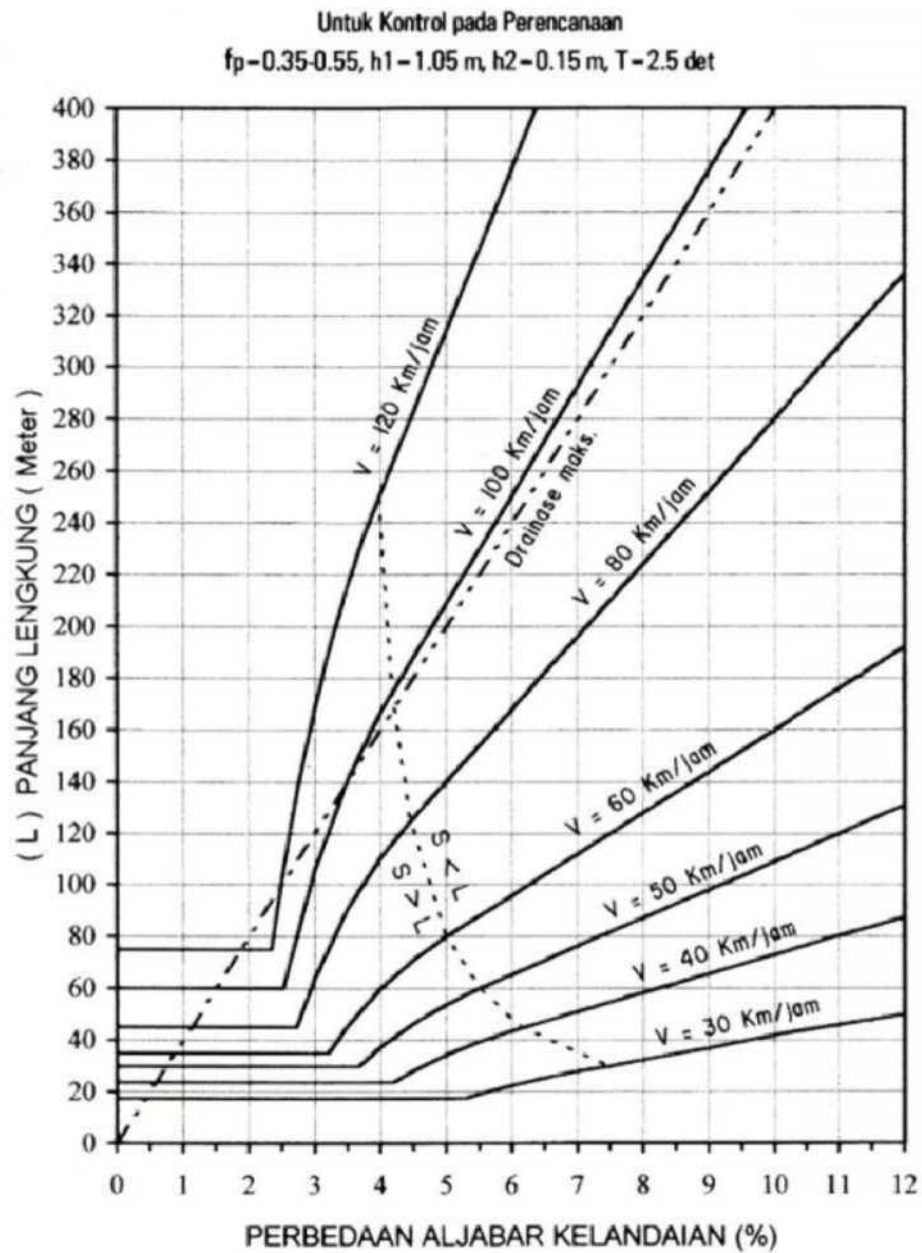
Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Gambar 2.24 Alinyemen Vertikal Cekung

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



(Sumber : Hamirhan Saodang, 2004)

Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.8.3 Jarak Pandangan Pada Alinyemen Vertikal

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

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan seringkali terhalang oleh bagian bawah dari bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandang henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi kendaraan truk yaitu 1,80 meter dengan tinggi objek 0,50 meter (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertikal minimum 5 meter. Dalam perencanaan disarankan untuk mengambil ruang bebas $\pm 5,50$ meter. Untuk memberi kemungkinan adanya lapisan tambahan (*overlay*) di kemudian hari. Untuk menghitung jarak pandangan pada lengkung vertikal cekung digunakan rumus berikut ini.

$$E_v = \frac{A \times L}{800} \dots\dots\dots(2.83)$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E_v} \dots\dots\dots(2.84)$$

$$M = C - \frac{h_1 - h_2}{2} \dots\dots\dots(2.85)$$

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

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

$$S = \frac{100 \times L}{A} (2 \times h_1 - h_2) \dots\dots\dots(2.86)$$

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

2.9 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- a. Penentuan *stasioning* sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).

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

2.10 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atau badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. (Silvia Sukirman, 2010)

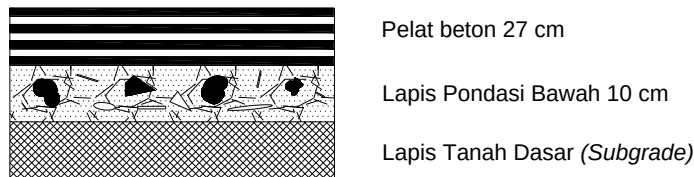
Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen)

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, 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.
- c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
Yaitu perkerasan dengan menggunakan dua bahan, maksudnya menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.10.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Kaku

Rigid Pavment atau Perkerasan Kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (subgrade).



Gambar 2.26 Tebal Perkerasan

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut :

- Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.
- Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan wire mesh diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel.
- Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus. Dalam konstruksinya, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis

permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Lapis pondasi bawah jika digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya pumping, kendali terhadap sistem drainasi, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (working platform) untuk pekerjaan konstruksi.

Secara lebih spesifik, fungsi dari lapis pondasi bawah adalah :

1. Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
2. Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (modulus of sub-grade reaction = k), menjadi modulus reaksi gabungan (modulus of composite reaction).
3. Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.
4. Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
5. Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat.

2.10.2 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

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

Tabel 2.21 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} < L < 8,00 \text{ m}$	2

Sambungan Tabel 2.21 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
8,00 m < L < 11,25 m	3
Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
11,25 m < L < 15,00 m	4
15,00 m < L < 18,75 m	5
18,75 m < L < 22,50 m	6

(sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2. Reliabilitas

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (*degree of certainty*) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu- lintas (W_{18}), dan perkiraan kinerja (W_{18}), dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimanaseksi perkerasan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Tabel 2.22 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Tabel 2.22 Rekomendasi 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 : Pt T-01-2002-B)

Reliabilitas kinerja-perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu-lintas (W_{18}), selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja (W_{18}). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, reliability factor merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall Standard deviation*, s_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas dan perkiraan kinerja untuk W yang diberikan. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, *level of reliability* (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*, Z). Tabel 2.27 memperlihatkan nilai Z_R untuk level of serviceability tertentu.

Penerapan konsep *reliability* harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan
- Deviasi standar (s_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat Rentang nilai s_0 , adalah 0,40 - 0,55.

Tabel 2.23 Nilai penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*) untuk tingkat reliabilitas tertentu.

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviate, ZR
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

(Sumber : Pt T-01-2002-B)

3. 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 palayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasan dengan 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 :

$$T = T_{50} \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.87)$$

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 :

$$S_1 = \frac{(L_R \times S_R)}{H} \dots\dots\dots(2.88)$$

Dimana :

$$L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.89)$$

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.90)$$

H = Tebal dari lapisan fermeable (ft)

Nilai “ M_d ” dihitung dengan persamaan :

$$M_d = \frac{N_e \cdot L_R^2}{K \cdot H} \dots\dots\dots(2.91)$$

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*

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{p_{200}^{0,579}} \dots\dots\dots(2.92)$$

Dimana :

K = Permeabilitas lapisan drainase dalam *feet/hari*

P_{200} = Berat agregat yang lolos saringan nomor 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 :

A. Menghitung Porositas Material

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{62,4 G} \dots\dots\dots(2.93)$$

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

B. Menghitung Resultan Kemiringan (*Slope Resultant*)

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.94)$$

Dimana :

S_R = Resultan Kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

C. Menghitung Resultan Panjang (*Length Resultant*)

$$L_R = L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.95)$$

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 2.24 Definisi Kualitas Drainase

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

(Sumber : Pt T-01-2002-B)

Tabel 2.25 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,05 - 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)

D. 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 2.26 dibawah ini:

Tabel 2.26 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada akhir umur rencana

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

(Sumber : AASHTO'93)

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 2.27 dibawah ini :

Tabel 2.27 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

(Sumber : AASHTO'93)

2.10.3 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

1. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.28, maka nilai kekuatan relatif bahan (a) dapat menggunakan referensi.

Tabel 2.28 Koefisien Kekuatan Relatif bahan jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan						Koefisien kekuatan relatif		
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(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 ¹					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	

Sambungan Tabel 2.28 Koefisien Kekuatan Relatif bahan jalan (a)

Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,230	
CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi									
Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

(Sumber : Pedoman perancangan Tebal Perkerasan

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)*

2. 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 2.29 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.29 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

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

3. 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 2.30 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.30 Tebal minimum 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 Kurus	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

4. Persamaan Dasar

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

$$\begin{aligned} \text{Log } (W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}}{0,4 + \frac{1094}{SN + 1^{5,19}}} \\ + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \dots \dots \dots (2.96) \end{aligned}$$

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)

5. Estimasi Lalu lintas

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

6. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

7. 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.

8. Perhitungan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 \times a_3 \times D_3 \times m_3 \dots \dots \dots (2.97)$$

Keterangan :

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

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

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

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

9. 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 :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. 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.

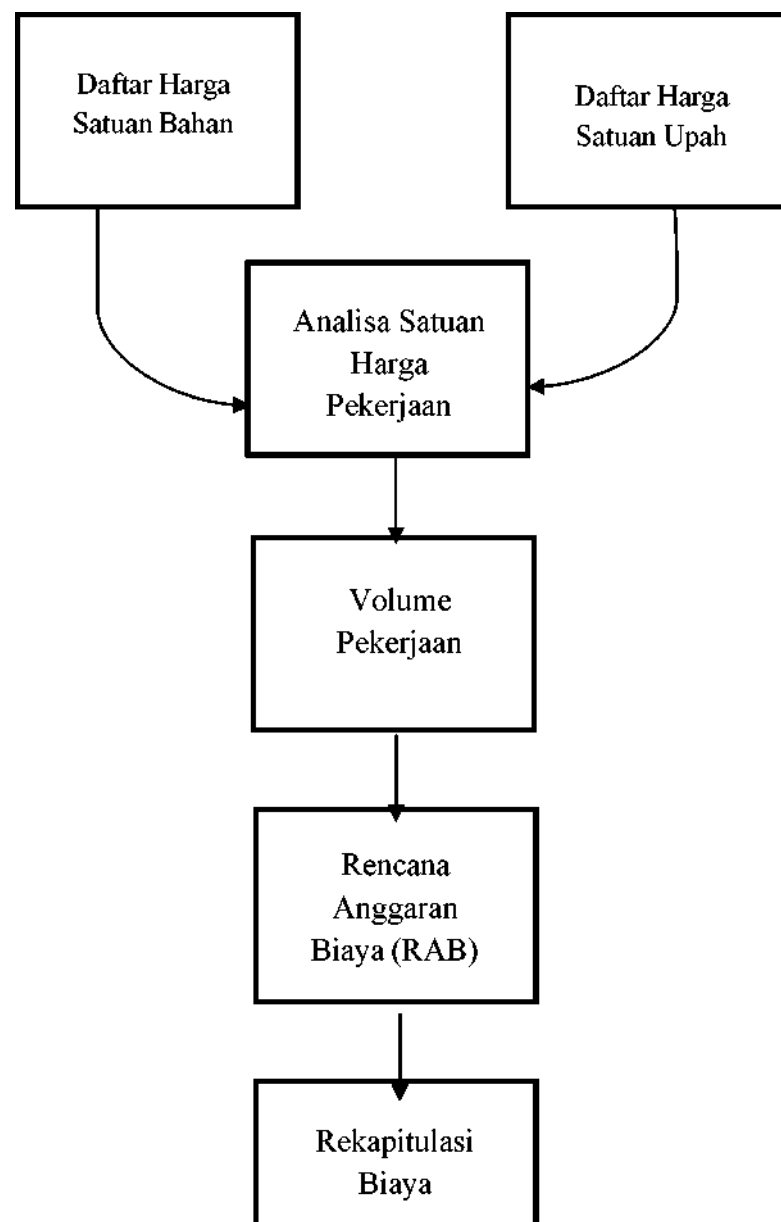
2.11 Manajemen Proyek

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. (Wulfram I. Ervianto, 2005 : 21)

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*) Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *owner estimate* (OE) atau *engineer estimate* (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh

terhadap biaya proyek nantinya.

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.31.



Gambar 2.27 Tahapan Estimasi Biaya

1. Daftar harga satuan bahan dan upah

Harga satuan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan. (H. Bachtiar Ibrahim, 1993)

2. Analisa satuan harga pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa. Analisa bahan merupakan perhitungan banyaknya volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Sedangkan analisa upah merupakan perhitungan banyaknya tenaga yang dibutuhkan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

3. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume pekerjaan (kubikasi) suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. (H. Bachtiar Ibrahim, 1993)

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

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

rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

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 proyek konstruksi yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya suatu konstruksi yang sama akan berbeda-beda di setiap daerah, karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (H. Bachtiar Ibrahim, 1993)

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 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.

6. 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 :

a. Bagan balok (*barchart*)

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

b. Kurva S

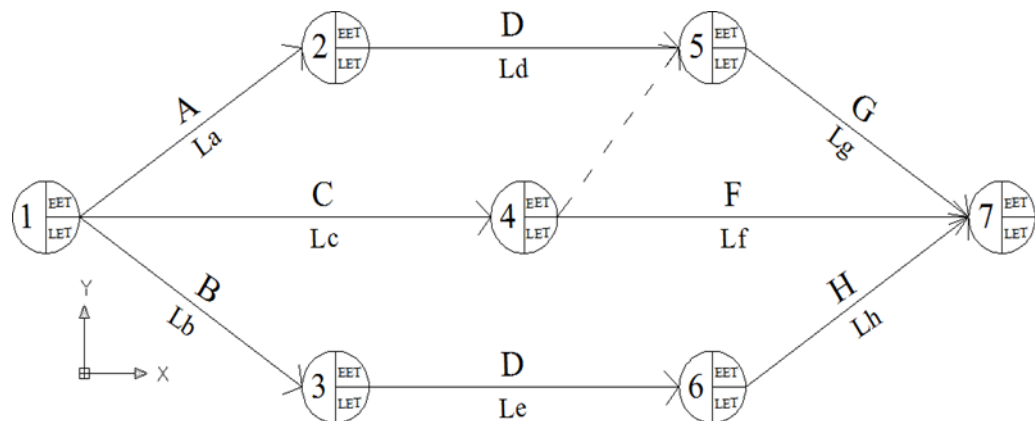
Adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya *persentase* pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

c. 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 2.32 dibawah ini :



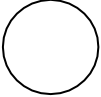
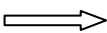
Gambar 2.28 Sketsa *Network Planning*

keterangan :

Keterangan :

- $\longrightarrow$ (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu

tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

- b.  (*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 oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = Nomor Kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.