BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah di analisis serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (L. Hendarsin Shirley, 2000).

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas. Secara umum perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan jalan, bahu jalan, tikungan, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, dan kombinasi dari bagian-bagian tersebut.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan perjalanan.

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

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan desain suatu jalan, karena kapisitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan

tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

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

Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas hariaan rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

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

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

2.1.2 Data peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi alan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi.

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan

tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut. :

a. Pekerjaan perintisin untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
b. Kegiatan pengukuran

   kegiatan pengukuran meliputi :

   1. penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
   2. pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jala yang dimaksud dan disebutkan tata guna tanah disekitar trase jalan.
   3. pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
   4. perhitungan perencanaan desai jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan dan Besarnya

(Sumber : Spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota, No : 13/BM/1970)

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	≥25%

2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan :

1. Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan

penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboraturium. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 200 m dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokas. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analitis dan grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = \frac{CBR\,rata - rata - CBR\,\min}{R} \quad \text{..... (2.1)}$$

Nilai Rtergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen.

Tabel 2.2 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, 1993)

b. Cara Grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Termasuk nilai CBR terendah
- Tentukan berapa banyak CBR yang sama atau lebih besar dari masing-

masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris mulai dari CBR terkecil sampai yang besar

- Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%
- Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan persentasi nilai tadi
- Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%

  Contoh hasil pengamatan di sepanjang jalan didapat nilai CBR sebagai berikut : 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6; dan 4

Tabel 2.3 Contoh Tabulasi Nilai CBR

No.	CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persentase yang sama atau lebih besar (%)
1.	3	11	(11/11) x 100% = 100%
2.	4	9	81.8%
3.	5	7	63.6%
4.	6	6	54.5%
5.	7	2	18.2%
6.	8	1	9%

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1994)

2. Membukukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM dan AASTHO maupun standart yang berlaku di Indonesia.
3. Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :
   1. Sifat-sifat indeks (indeks properties) Gs, Wn, J, e, n, Sr.
   2. Klasifikasi (*Clasification of soil*)
      - Analisa ukuran butir (*Graim Size Analysis*)
      - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
      - Hydrometer (*Hydrometer Analysis*)
      - Batas-batas Atterbeg (*Atterbeg Limits*)

- *Liquid Limit* (LL) = Batas cair
- *Plastic Limit* (PL) = Batas Plastis

IP = LL – PL …… (2.2)

3. Pemadatan : ɣ d maks dam W opt

   Pemadatan standar / proctor

   Pemadatan modifikasi

   Dilapangan dicek dengan sandcone ±93% γd maks

4. CBR Laboraturium (CBR rencana)

   Wet = Wt/ Vt → ɣ d wet / (1+W) ..... (2.3)

   CBR lapangan : DCP → CBR lapangan

2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melaukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi :

a. Mengadakan pernilitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey di lapangan maupun dengan pemerikasaan laboraturium.
b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visula yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja itu :

a. Tanah berbutir kasar

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

b. Tanah berbutir halus

   Di lapangan tanah kelompok ini sudahuntuk dibedakan secara visual antara lempung dan danau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya.

2.1.5 Data-data penunjang lainnya

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

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

2.2 Klasifikasi Jalan

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

1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

   Klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi 3, yaitu:

   a. Jalan Arteri

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

   b. Jalan Kolektor

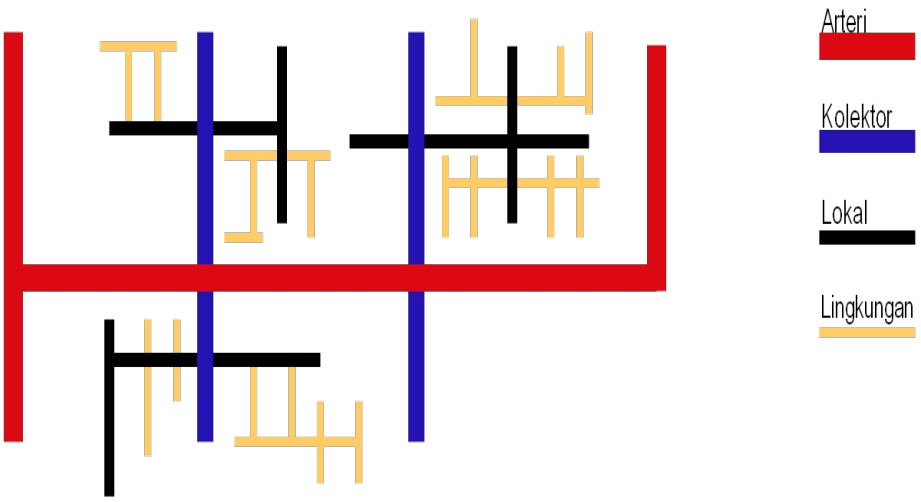
      Adalah Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

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

d. Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



GGambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Menurut kelasnya jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencangkup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya yang berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b. Kelas II

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

1. Kelas II A

   Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur 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. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

2. Kelas II B

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

3. Kelas II C

   Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur 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 mencangkup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Jalan Arteri	I	> 20.000
Jalan Kolektor	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Jalan Lokal	III	-

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

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

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

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

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 2.6

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	≥25%

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

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamananyang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaangeometrik jalan raya yaitu:

1. Kendaraan Rencana

   Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi:

   a. Kendaraan ringan/kecil (LV)

      Adalah kendaraan bermotor ber–as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up,* dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

   b. Kendaraan sedang (MHV)

      Adalah kendaraan bermotor dengan dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga,1997)

   c. Kendaraan berat/besar (LB-LT)

      - Bus besar (LB)

        Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5,0-6,0 m

      - Truk besar (MC)

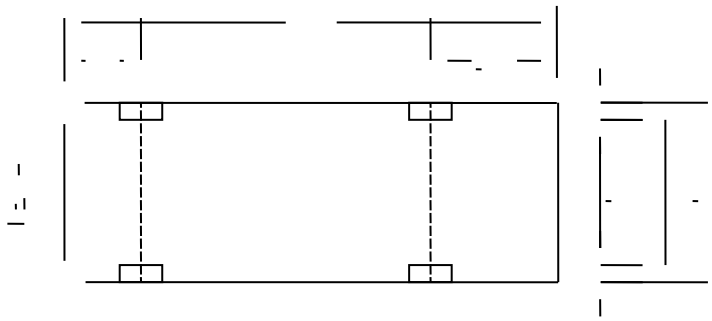
        Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) < 3,5 (sesuai dengan sistem klasifikasi

Bina Marga,1997)

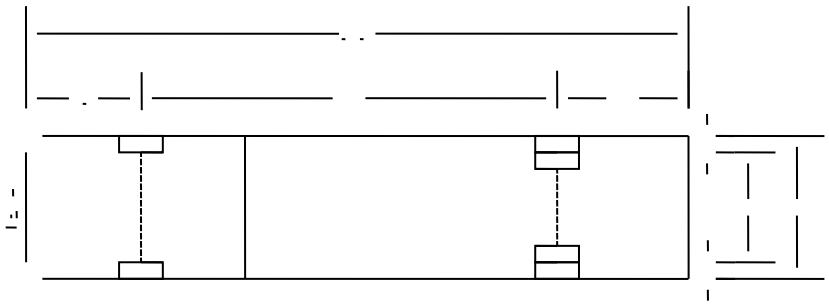
Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

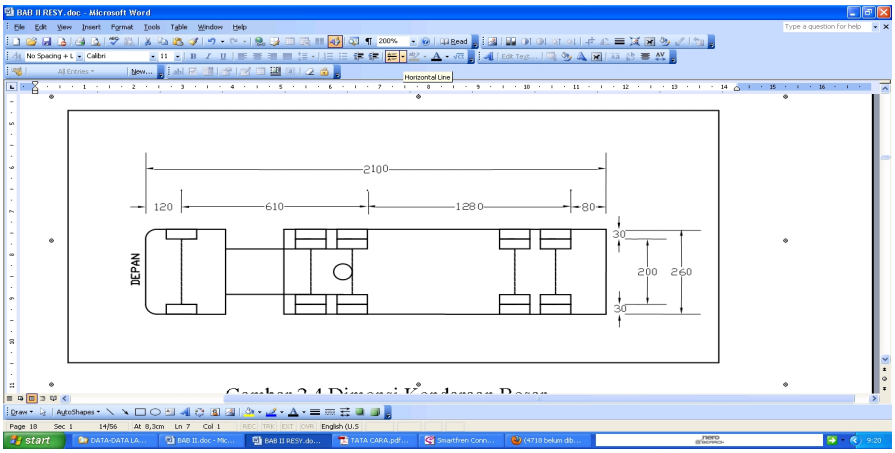
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalh kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
c. Sifat dan penggunaan daerah
d. Cuaca
e. Adanya gangguan dari kendaraan lain
f. Batasan kecepatan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing–masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR) km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
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/BM/1997)

3. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalulintas harian pada akhir tahun rencana lalulintas dinyatakan dalam smp/hari.

a. Satuan mobil penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.9 Satuan Mobil Penumpang

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

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

b. Ekivalen mobil penumpang (EMP)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0)

Tabel 2.10 Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truk kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truk besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

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

- Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

  Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

  LHRT = Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun

  365 hari ..... (2.4)

- Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

  Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

  LHR = jumlah lalu lintas selama pengamatan

  Lamanya pengamatan ..... (2.5)

4. Jarak pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan

yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jaraj pandang. Jarak pandang berguna untuk:

- Menghindari terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia ak.ibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada di jalur jalan
- Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- Sebagai pedoman pengatur lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan setingi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut:

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minmum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Adapun jarak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

1. Jarak tanggap

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

d1 = V x t ..... (2.6)

Dimana:

d1 = jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

V = kecepatan (km/jam)

t = waktu reaksi = 2,5 detik

maka :

d1 = 0,278 V x t (m)

2. Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak pengereman ini dipengaruhi oleh faktor ban, sistim pengereman itu sendiri, kondisi muka jalan, dan kondisi perkerasan jalan.

$G.fm.d2 = \frac{GV^2}{2g}$ ..... (2.7)

$d2 = \frac{V^2}{2g.fm}$ ..... (2.8)

Dimana:

Fm = Koefisien gesekan antar ban dan muka jalan dalam arah memanjang jalan

d2 = Jarak mengerem (m)

V = kecepatan kendaraab (km/jam)

g = 9,81 m/det^2

G = berat kendaraan (ton)

Jarak minimum ini harus dipenuhi dalan setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.11 Jarak Pandang Henti Minimum

V(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20

Jh minimum	250	175	120	75	55	40	27	16

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

Jarak pandang henti (Jh) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf} \quad \text{..... (2.9)}$$

Untuk jalan datar:

$$Jh = 0.694 V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{f_p} \quad \text{..... (2.10)}$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$Jh = 0.694 V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L} \quad \text{..... (2.11)}$$

Dimana:

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det^2

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55

J_h = jarak pandang henti, (m)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Pada jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 TB), kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan mendahului dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukkan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah

depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului.

Jarak pandang mendahului (J_d) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total.

Jarak pandangan mendahului (Jd) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap
- Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.
- Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

Jd = d1 + d2 + d3 + d4 ..... (2.12)

Dimana:

d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d3 =jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d4 =jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi d1, d2, d3, dan d4 adalah sebagai berikut:

$$d1 = 0{,}278\ T1 \left(V_R - m + \frac{a.T_1}{2} \right) \quad \text{..... (2.13)}$$

d2 = 0,278 VR T2 ..... (2.14)

d3 = antara 30 – 100 m ..... (2.15)

$d4 = 2/3.d^2$ ..... (2.16)

dimana:

T1 = waktu dalam (detik), = 2,12 + 0,026 VR

T2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), = 6,56 + 0,048 VR

a = percepatan rata-rata, (km/jam/detik), = 2,052 + 0,0036 VR

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada tabel 2.12. sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada tabel 2.13

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang mendahului

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

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

Tabel 2.13 Jarak Pandang Mendahului Untuk Jalan Kota

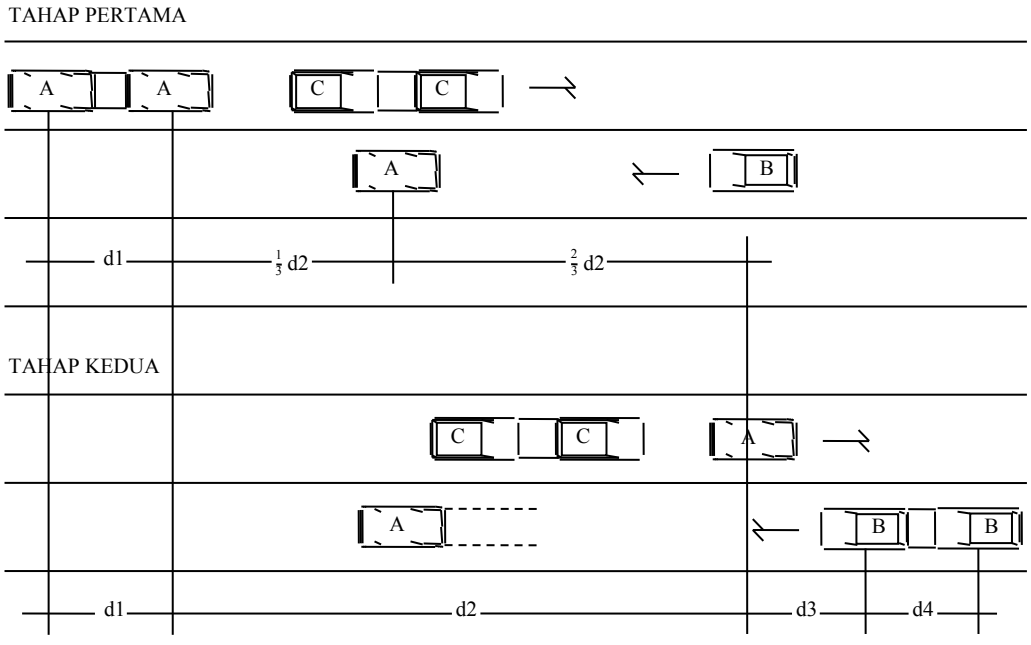
Kecepatam (km/jam)	Jarak Pandang Mendahului standar (m)	jarak pandang mendahului minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

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

Tabel 2.14 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

VR(km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

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



Keterangan : A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.5 Diagram Pergerakan Kendaraan Untuk Mendahului

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama ”situasi jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
2. Pada bagian yang relatif lurus dan pajang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
3. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
4. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari (R1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R2) x 1,5.
5. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
6. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.4.1 Penentuan trase jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan

kenyamanan pengguna jalan.

Untuk membuat jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut:

1. Syarat Ekonomis
   - Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya
   - Penyedian material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.
2. Syarat Teknis

   Tujuannya adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah setempat.

2.4.2 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu ≤ 2,5 menit (sesuai VR). Nilaipanjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.15.

Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

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

2.4.3 Bagian Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan

keamanan dan kenyamanan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

1. Jari-jari Minimum

   Agar kendaraan stabil pada saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

   Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.16 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

2. Jenis-jenis Tikungan

   Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan garis dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali.Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah:

   a. Tikungan *Full Circle*

      Bentuk tikungan ini Digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangan relatif kecil atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut:

- Tikungan Peralihan

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

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

- Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menhindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan Vr)
- Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman
- Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui re-maks yang ditetapkan sebagai berikut:
  Untuk Vr ≤ 70 km/jam, re-maks = 0.035 m/m/detik
  Untuk Vr ≤ 80 km/jam, re-maks = 0.025 m/m/detik
- Ls ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:
  - Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

    $$Ls = \frac{V_R}{3.6} \times T \quad \text{..... (2.17)}$$

    Dimana:

    T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 menit

    Vr= kecepatan rencana (km/jam)
  - Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$Ls = 0.022 \frac{V_R^3}{R_c.C} - 2.727 \frac{V_R - e}{C} \quad \text{..... (2.18)}$$

Dimana:

Rc = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt3 (disarankan 0.4 m/dt3)

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$Ls = \frac{e_m - e_n}{3.6\Gamma_e} \text{ x VR} \quad \text{..... (2.19)}$$

Dimana:

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

Γe= tingkat perubahan kemiringan melintang

- Kemiringan Melintang

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

$Ls' = (e + e_n).B.1/m$ ..... (2.20)

Dimana:

1/m = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal (m/m')

B = lebar jalur (m)

- Kebebasan Samping

Daerah bebas samping tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (kebebasan samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh terpenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

- Berdasarkan jarak pandang henti

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

- Berdasarkan jarak pandang mendahului

  $M = R (1 - \cos \theta) + ½ (S – L) \sin \theta$ ..... (2.22)

Dimana :

M = jarak dari 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)

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, namun apabiladitinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunan yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.17.

Tabel 2.17 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 Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/BM/1997)

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari angka diatas maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *Spiral Circle Spiral*.

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$\text{Rmin} = \frac{V^2}{127(e\max + fm)} \quad \text{..... (2.23)}$$

$$\text{Dmax} = \frac{1432,4}{R\min};\ D^2 = \frac{1432,4}{R} \quad \text{..... (2.24)}$$

$$e = -\frac{e\max}{D^2\max}.D^2 + \frac{2e\max}{D\max}.D \quad \text{..... (2.25)}$$

$$L's = (e+en).\tfrac{1}{2}.B.m \quad \text{..... (2.26)}$$

$$L's = 0,022.\frac{V^3}{R.c} - 2,727.\frac{V.e}{c} \quad \text{..... (2.27)}$$

$$\text{Tc} = \text{R tan } \tfrac{1}{2}\,\Delta \quad \text{..... (2.28)}$$

$$\text{Ec} = \text{T tan } \tfrac{1}{4}\,\Delta \quad \text{..... (2.29)}$$

$$\text{Lc} = \frac{\pi}{180}\Delta\ \text{R} \quad \text{..... (2.30)}$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc ke PI

R = Jari-jari

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

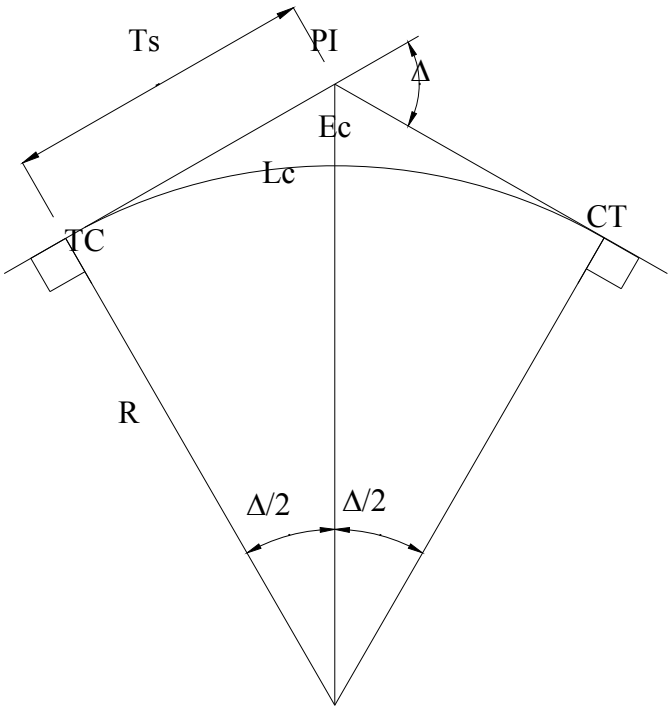
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

Fm = Koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625 V

m = Landai relatif = 2.V + 40



Gambar 2.6 Bentuk Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

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

Adapu jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

- Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$\text{Rmin} = \frac{V^2}{127(e\max + fm)} \quad \text{..... (2.31)}$$

$$\text{Dmax} = \frac{1432,4}{R\min}; D^2 = \frac{1432,4}{R} \quad \text{..... (2.32)}$$

$$e = -\frac{e\max}{D^2\max}.D^2 + \frac{2e\max}{D\max}.D \quad \text{..... (2.33)}$$

$$L's = (e + en).\tfrac{1}{2}.B.m \quad \text{..... (2.34)}$$

$$L's = 0,022.\frac{V^3}{R.c} - 2,727.\frac{V.e}{c} \quad \text{..... (2.35)}$$

$$\text{Ts} = (\text{R} + \text{P})\tan \tfrac{1}{2}\Delta + \text{k} \quad \text{..... (2.36)}$$

$$\text{Es} = \frac{R+P}{\cos \tfrac{1}{2}\Delta} - R \quad \text{..... (2.37)}$$

$$\text{L} = \text{Lc} + 2\,\text{Ls} \quad \text{..... (2.38)}$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360}.2.\pi.R \quad \text{..... (2.39)}$$

$$\Delta = \Delta - 2\theta_S \quad \text{..... (2.40)}$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

Fm = Koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625 V

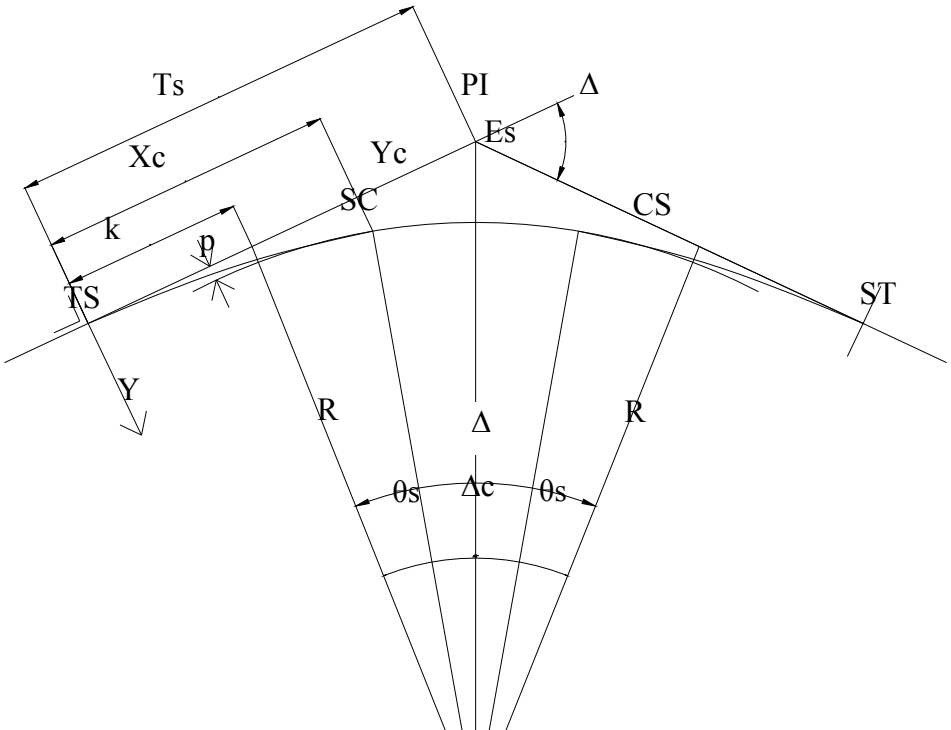
m = Landai relatif = 2.V + 40

Kontrol :

Lc > 20 m

L > 2 Ts

Jika L < 20 m, gunakan jenis tikunagn *spiral-spiral*



Gambar 2.7 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan spiral-spiral, yaitu:

$$Rmin = \frac{V^2}{127(e\max + fm)} \quad \text{..... (2.41)}$$

$$Dmax = \frac{1432,4}{R\min}; D^2 = \frac{1432,4}{R} \quad \text{..... (2.42)}$$

$$e = -\frac{e\max}{D^2\max}.D^2 + \frac{2e\max}{D\max}.D \quad \text{..... (2.43)}$$

$$L's = (e + en).\tfrac{1}{2}.B.m \quad \text{..... (2.44)}$$

$$L's = 0,022.\frac{V^3}{R.c} - 2,727.\frac{V.e}{c} \quad \text{..... (2.45)}$$

$$Ls* = \frac{\theta s.\pi}{90}.R \quad \text{..... (2.46)}$$

$$Ts = (R + P)\tan \tfrac{1}{2}\Delta + k \quad \text{..... (2.47)}$$

$$Es = \frac{R + P}{\cos \tfrac{1}{2}\Delta} - R \quad \text{..... (2.48)}$$

$$L = 2\,Ls \quad \text{..... (2.49)}$$

Dimana:

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

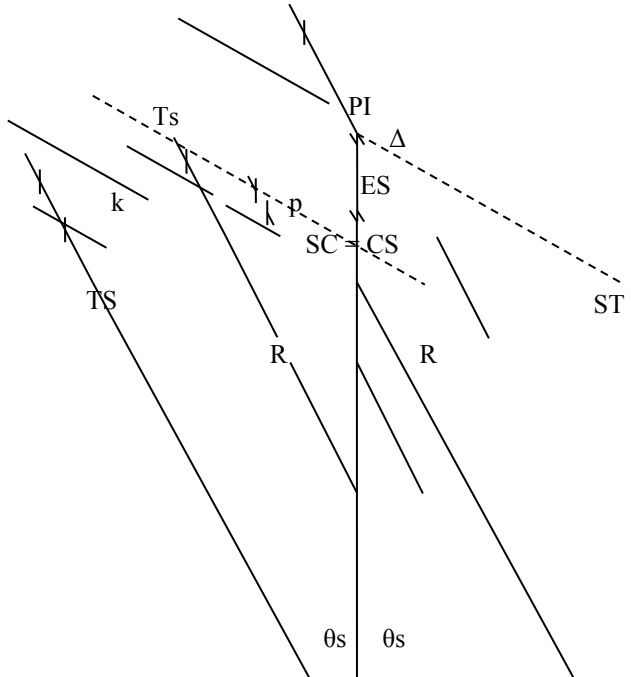
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

Fm = Koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625 V

m = Landai relatif = 2.V + 40



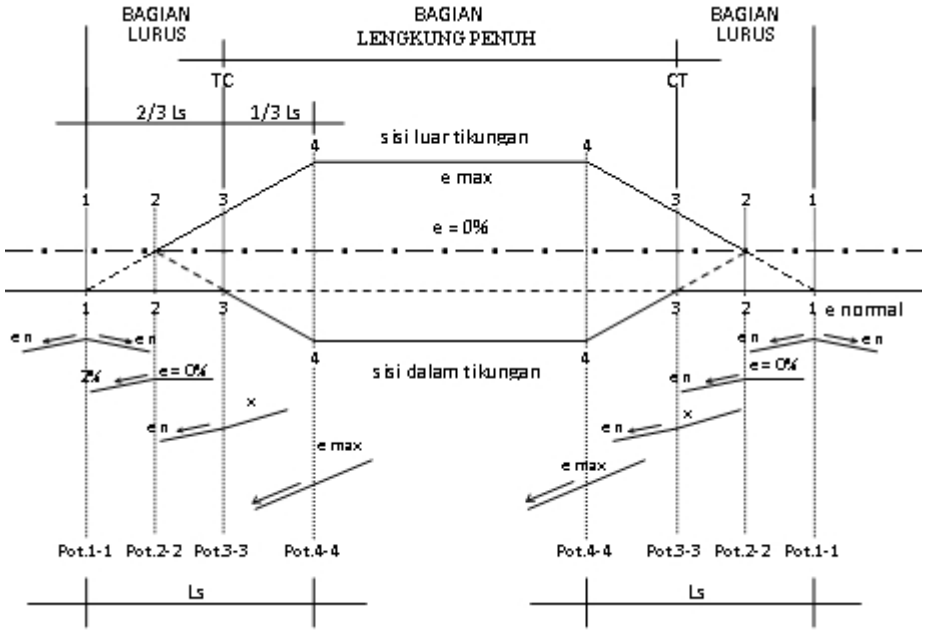
Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

3. Superelevasi

   Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

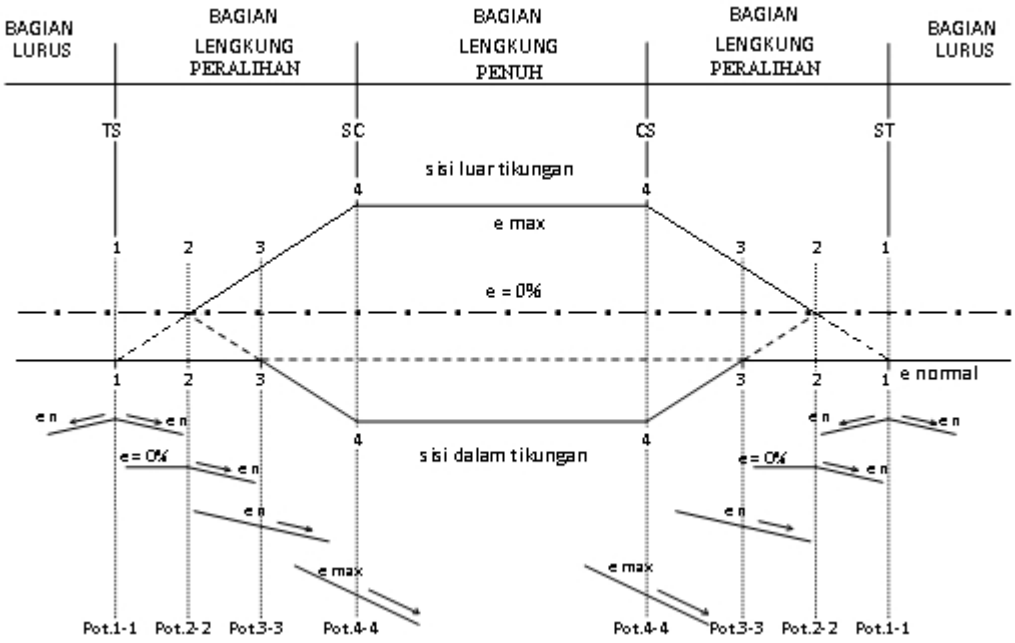
   a. Pencapaian Superelevasi
      - Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
      - Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
      - Pada bagian *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang 2/3 Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang 1/3 Ls.
      - Pada tikungan *spiral-spiral,* pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
      - Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

   b. Diagram Superelevasi
      - Tikungan *full circle*



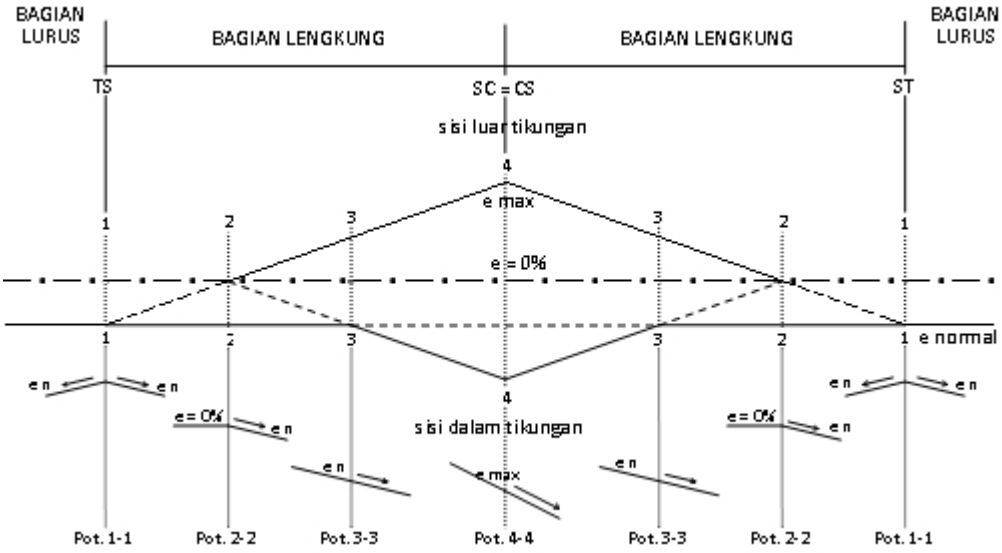
Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

- Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*



Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

- Tikungan *Spiral-Spiral*
-



Gambar 2.11 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.4 Pelebaran perkerasan pada tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena:

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

Untuk menghindari hal-hal tersebut maka pada tikungan yang tajam perlu perlu perkerasan jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan.

Pada umumnya truk tunggal sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi di jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Pelebaran perkerasan pada tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana. Dalam peraturan perencanaan geometrik jalan raya, mengenai hal ini dirumuskan:

$$B = n\,(b' + c) + (n - 1).Td + Z \quad \text{..... (2.50)}$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan

N = Jumlah jalur lalulintas

B' = Lebar lintasan truk pada tikungan

Td = Lebar melintang akibat tonjolan depan

c = Kebebasan samping

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbuh jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar).

Kalau pada alinyemen horizontal bagian yang kritis adalah pada tikungan, maka pada alinyemen vertikal bagian kritis justru pada bagian lurus. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah :

1. Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal (tanjakan dan turunan).
2. *Grade* (kemiringan memanjang) min = 0,5 %.
3. *Grade* (kemiringan memanjang) maximum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.18 Panjang Kritis

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

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

4. Penentuan elevasi jalan rencana harus memperhatikan kemungkinan terjadinya galian dan timbunan serta volume galian dan timbunan diusahakan sama sejauh kriteria perencanaan terpenuhi.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa

landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.5.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

a. Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
b. 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.
c. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.19.

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum

VR (km/jam)	120	11	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

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

d. Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.
e. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel :

Tabel 2.20 Panjang Kritis Kelandaian

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

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

2.5.2 Lengkung Vertikal

a. Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan :
   1. Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian.
   2. Menyediakan jarak pandang henti.

b. Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.21 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2.21 Panjang Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
<40	1	20-30
40-60	0,6	40-80
>60	0,4	80-150

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

Adapun Rumus – rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal :

g = (elevasi awal – elevasi akhir) x 100%
(STA awal – STA akhir) ..... (2.51)

A = g1 – g2 ..... (2.52)

$$Jh = \frac{Vr}{3}.6\ T + \frac{\left(\frac{Vr}{3}.6\right)^2}{2gf} \quad \text{..... (2.53)}$$

$$Ev = \frac{A.Lv}{800} \quad \text{..... (2.54)}$$

$$x = \frac{Lv.g1}{A} \quad \text{..... (2.55)}$$

$$y = \frac{Ax\left(\frac{1}{4Lv}\right)^2}{200.Lv} \quad \text{..... (2.56)}$$

Panjang Lengkung Vertikal (Lv)

a. Syarat keluwesan bentuk

$Lv = 0{,}6 \times V$ ..... (2.57)

b. Syarat drainase

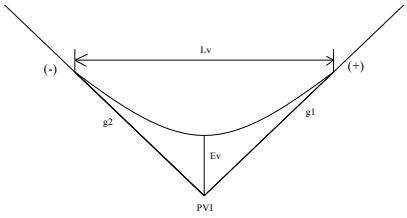
$Lv = 40 \times A$ ..... (2.58)

c. Syarat kenyaman

$$Ev = \frac{A \times V^2}{390} \quad \text{..... (2.59)}$$

1. Lengkung Vertikal Cekung

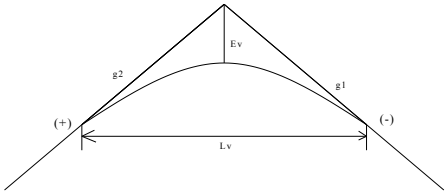
   Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangent berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.12 Lengkung Vertikal Cekung

2. Lengkung Vertikal Cembung

   Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

PLV = titik awal lengkung parabola.

PPV = titik perpotongan kelandaian g1 dan g2

PTV = titik akhir lengkung parabola.

g = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

Δ = perbedaan aljabar landai (g1 - g2) %.

EV = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran (PV1 - m) meter.

Lv = Panjang lengkung vertikal

V = kecepatan rencana (km/jam)

Jh = jarak pandang henti

f = koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga, *f* = 0,35

2.5.3 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

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

2.5.4 *Stationing*

Penomoran *(stationing)* panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

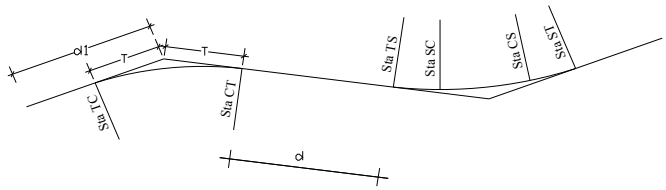
Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain :

a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang

berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Sistem Penomoran Jalan

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas 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.

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 :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

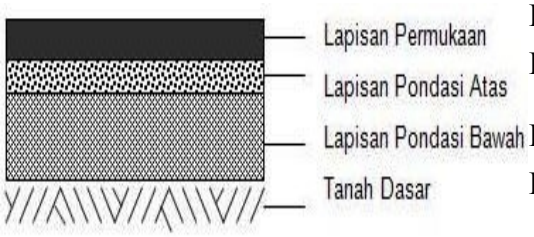
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

2.6.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari :



Lapisan Permukaan (*Surface Course*)
Lapisan Pondasi (*Base Course*)
Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base*)
Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Gambar 2.15 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 penahan 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 tercantum 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 murah agar lapisan – lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan 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 terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun 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.

2.6.2 Metode perencanaan tebal perkerasan

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

a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

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

b. Metode NAASRA, Australia

   Yang dapat dibaca "*Interin Guide to Pavement Thicknexx Design"*.

c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21

   Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note* 31 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

d. Metode Asphalt Institute

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

e. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.6.3 Tahapan dalam Mendesain Tebal perkerasan

Adapun tahapan-tahapan tersebut antara lain :

a. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal dan akhir umur rencana.

$$LHRn = LHR(1+i)^n \quad \text{..... (2.60)}$$

Dimana :

n = umur rencana jalan

i = angka pertumbuhan lalu lintas, (%).

b. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP).

$$LEP = \sum_{mp}^{tr} LHR(1+i)^n \cdot C \cdot E \quad \text{..... (2.61)}$$

Dimana:

C = koefisien ditribusi kendaraan

E = angka ekivalen setiap kendaraan

Untuk menentukan koefisien distribusi kendaraan (C) yang lewat pada jalur rencana dapat ditentukan pada tabel 2.22

Tabel 2.22 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,40

(Sumber :Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan :*) Berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) Berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailler, trailler

c. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{mp}^{tr} LHR\,(1+i)^n \,.\, C \,.\, E \quad \text{..... (2.62)}$$

Dimana :

C = koefisien ditribusi kendaraan

E = angka ekivalen setiap kendaraan

d. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \tfrac{1}{2}\,(LEP + LEA) \quad \text{..... (2.63)}$$

e. Menghitung lintas ekivalen rencana (LER)

$$LER = LET \,.\, \frac{UR}{10} \quad \text{..... (2.64)}$$

f. Mencari indeks tebal permukaan (ITP)

Nilai ITP diperoleh dari grafik berdasarkan data CBR, LER, IP, IPo, dan FR. Dalam penentuan tebal perkerasan, Faktor Regional (FR) hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti, serta iklim (curah hujan). Untuk menentukan nilai FR dapat dilihat pada tabel 2.23.

Tabel 2.23 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6 %)		(6 – 10 %)		(> 10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% 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	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

> 900 mm/th						

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

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

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 0 menyatakan permukaan jalan dalamkeadaan 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

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.24, sedangkan untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dapat dilihat pada tabel 2.25.

Tabel 2.24 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur 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 : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

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

Tabel 2.25 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Roughness (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG	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	≤ 24	
JALAN KERIKIL	≤ 24	

(Sumber : Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

g. Menetapkan tebal perkerasan

$ITP = (a_1 . D_1) + (a_2 . D_2) + (a_3 . D_3)$ ..... (2.63)

Dimana :

ITP = indeks tebal perkerasan

a1, a2, a3 = koefisien kekuatan relative bahan perkerasan (cm)

D1, D2, D3 = tebal masing-masing perkerasan (cm)

Untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dapat menggunakan tabel 2.24, sedangkan koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan ditunjukkan pada tabel 2.26.

Tabel 2.26 Tebal Minimum Tiap Lapisan (cm)

ITP	Tebal Minimum	Bahan
Lapis Permukaan		
< 3,00	5	Lapis 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
Lapis Pondasi		
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20 *)	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi
	15	macadam
10 - 12,14	20	Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
Lapis Pondasi Bawah		
Untuk setiap nilai ITP, tebal minimum adalah 10 cm		

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan = *) Batas 20 cm dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk lapis pondasi bawah

digunakan material berbutir kasar

Tabel 2.27 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif			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			Asbuton/Lasbutag
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			*Hot Rolled Asphalt*
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		Stab. tanah dengan
	0,13			18		semen
	0,15			22		
	0,13			18		Stabilitas tanah dengan kapur

2. Analisa Satuan Harga Pekerjaan

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

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

3. 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 :

a. Penentuan stationing (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 stationing, 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 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.

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 menggagu 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 time *schedule* atau rencana kerja :

   a. Bagan Balok (*Barchart*)

      Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukan skala waktu.

   b. Kurva S

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

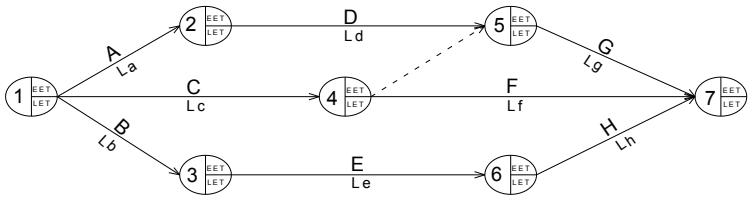
   c. Jaringan Kerja / *Network planning* (NWP)

      NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita

akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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



Gambar 2.16 Sketsa *Network planning*

1. (*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 menunjukan urutan – urutan waktu.

2. (*Node / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
3. (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
4. (Dummy), bentuknya merupakan anak panah terputus–putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
5.

l = 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.
6. 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.