

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik

2.1.1 Arti Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan geometrik sebagai bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Demikian pula dengan drainase jalan.

2.1.2 Tujuan Perencanaan Geometrik

Tujuan dari perencanaan geometrik 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 aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

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

(Silvia Sukirman “ *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”, 1999)

2.1.3 Ketentuan dalam Perencanaan Geometrik Jalan

Ketentuan-ketentuan dasar merupakan syarat batas sehingga penggunaannya harus dibatasi sedikit mungkin agar dapat menghasilkan jalan yang optimal. Ketentuan-ketentuan dasar ini telah tercantum di dalam *Peraturan*

Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) - oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Dalam penggunaannya harus selalu diingat bahwa ketentuan-ketentuan tersebut adalah syarat batas.

2.1.4 Klasifikasi jalan

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (1970), klasifikasi jalan menurut fungsinya dibagi menjadi 3 :

a. Jalan Utama

Jalan utama adalah jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi antara kota-kota penting. Atau antara pusat-pusat produksi dan pusat-pusat ekspor. Jalan utama harus direncanakan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat.

b. Jalan Sekunder

Jalan sekunder adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota penting dan kota-kota yang lebih kecil serta melayani daerah sekitarnya.

c. Jalan Penghubung

Jalan penghubung adalah jalan untuk keperluan dari suatu aktivitas daerah yang juga dipakai sebagai jalan yang menghubungkan antara jalan-jalan dari golongan yang sama atau yang berlainan.

(*"Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya"*, 1970)

Dari gambaran diatas dapat ditentukan klasifikasi jalan sesuai dengan tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3.	Jalan penghubung	III	-

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

1. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan menurut dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani arus lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya mengabaikan jenis kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor. Konstruksi yang dipakai dari jenis yang terbaik dalam artian tinggi tingkatan pelayanan lalu lintas, sehingga dapat memberikan pelayanan sebaik mungkin. Jalan jenis ini mempunyai sejumlah jalur yang cukup banyak.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya dibagi dalam 3 kelas, yaitu :

1) Kelas II A

Ialah jalan raya sekunder dengan dua jalur atau lebih. Kelas jalan ini melayani lalu lintas yang tingkat kecepatannya sedang dan lambat, juga melayani pula kendaraan tak bermotor, Biasanya konstruksi permukaan jalan ini menggunakan aspal beton (*hotmix*).

2) Kelas II B

Ialah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua jalur. Jalan kelas ini melayani kendaraan cepat atau lambat dan tidak bermotor. Biasanya konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau setaraf.

3) Kelas II C

Ialah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua lajur. Jalan kelas ini melayani kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor, seperti : sepeda motor, kereta dorong, dan kendaraan tak bermotor lainnya. Jalan kelas ini secara umum masih memakai pelaburan aspal biasa atau penetrasi tunggal.

c. Kelas III

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

(*“Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya”*, 1970)

Untuk menilai setiap kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp), bagi jalan-jalan didaerah datar digunakan koefisien dibawah ini sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970:

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

Didaerah perbukitan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedang untuk kendaraan tak bermotor tidak perlu dihitung.

(*“Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya”*, 1970)

2. 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 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang (%)
Datar (D)	0 – 9,9
Perbukitan (B)	10,0 – 24,9
Pegunungan (G)	>25,0

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

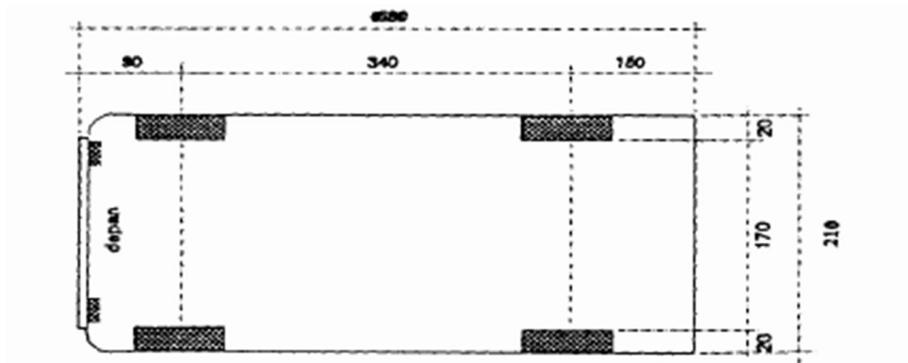
2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

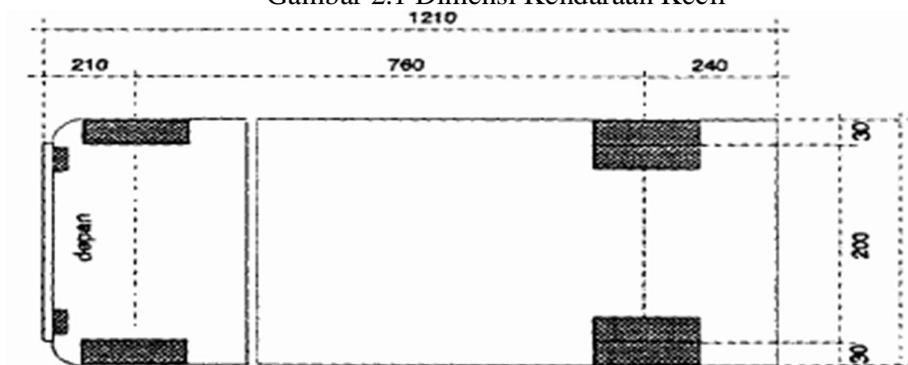
2.2.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (*U turn*). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tingkat tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometric jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai criteria perencanaan.

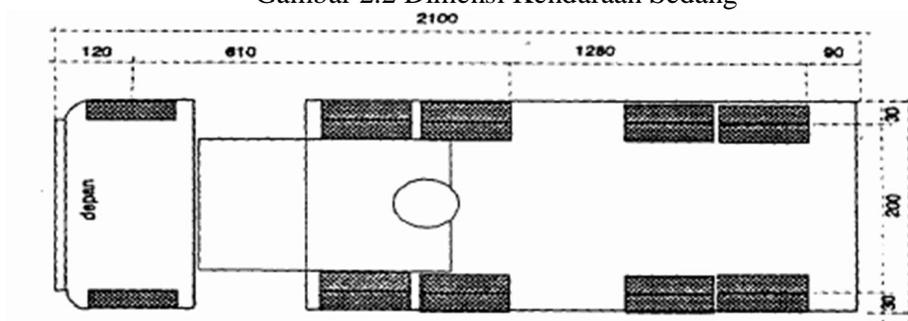
(Silvia Sukirman,"*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*".1999)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

2.2.2 Kecepatan Rencana

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

(Silvia Sukirman, “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana, Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana V (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

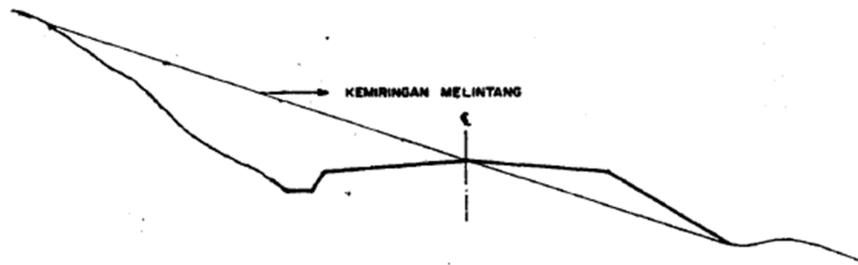
(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997*)

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah :

1. Keadaan *terrain*, apakah datar, berbukit atau gunung

Keseimbangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut. Medan dikatakan datar jika kecepatan kendaraan truk sama atau mendekati kecepatan mobil penumpang. Medan dikatakan daerah perbukitan jika kecepatan kendaraan truck berkurang sampai dibawah kecepatan mobil penumpang, tetapi belum merangkak sedangkan medan dikatakan pegunungan jika kecepatan kendaraan truck berkurang banyak sehingga truck tersebut merangkak melewati jalan tersebut dengan frekuensi yang sering. Medan datar, perbukitan dan pegunungan dapat dibedakan dari data besarnya kemiringan melintang rata-rata dari potongan melintang tegak lurus sumbu jalan.

(Silvia Sukirman, “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)



Gambar 2.4 Kemiringan Melintang Rata-rata Untuk Patokan Kondisi Medan

Spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota dari Bipran, Bina Marga (Rancangan Akhir) memberikan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.5 Kemiringan melintang rata-rata untuk jenis medan

Jenis Medan	Kemiringan melintang rata-rata
Datar	0 – 9,9 %
Perbukitan	10 – 24,9 %
Pegunungan	> 25,0 %

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

2. Sifat dan tingkat penggunaan daerah

Kecepatan rencana yang diambil akan lebih besar untuk jalan luar kota daripada di daerah kota. Jalan raya dengan volume tinggi dapat direncanakan dengan kecepatan tinggi, karena penghematan biaya operasi kendaraan dan biaya akibat diperlukannya tambahan biaya untuk pembebasan tanah dan konstruksi. Tetapi sebaliknya, jalan raya dengan volume lalu lintas rendah tidak dapat direncanakan dengan kecepatan rencana rendah karena pengemudi memilih kecepatan bukan berdasarkan volume lalu lintas saja, tetapi juga berdasarkan batasan fisik.

(Silvia Sukirman, “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)

2.2.3 Volume Lalu Lintas

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

- Lalulintas Harian Rata-rata
- Volume Jam Perencanaan
- Kapasitas

1. Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu Lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalu Lintas Harian (LHR).

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2arah untuk 2 jalur 2 arah, SMP/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

Untuk dapat menghitung LHRT harusnya tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat digunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Data LHR ini cukup teliti jika :

- a. Pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi arus lalu lintas selama 1 tahun.
- b. Hasil LHR yang dipergunakan adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

(Silvia Sukirman, “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)

2. Volume Jam Perencanaan

Volume 1 jam yang dapat dipergunakan sebagai VJP haruslah sedemikian rupa sehingga :

- a. Volume tersebut tidak boleh sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- b. Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar.
- c. Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan jalan akan menjadi lenggang dan biayanya pun mahal.

$$\text{VJP} = \text{K.LHR} \text{ atau } \text{LHR} = \frac{\text{VJP}}{\text{K}} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Silvia Sukirman, “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)

$$\text{VJR} = \text{VLHR} \times \frac{\text{K}}{\text{F}} \dots\dots\dots (2.4)$$

(“*Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*” ,1997)

Di mana K = faktor volume lalu lintas jam sibuk

F = faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam

Tabel 2.6 Penentuan Faktor K dan Faktor F Berdasarkan VLHR

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/TBM/1997)

3. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya : rencana geometric, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

Catatan : *(Biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam). Kapasitas harian sebaiknya tidak digunakan sebagai ukuran karena akan bervariasi sesuai dengan faktor-K.*

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

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

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum 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.

Jarak pandang 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.

2) Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya.

(*"Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota"*, 1997)

Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

Jarak Pandang Henti (Jh) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots(2.5)$$

(*"Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota"*, 1997)

Di mana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

b. 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. Jarak pandang mendahului di ukur 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 2.8 dan 2.9

Tabel 2.8 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V (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/TBM/1997)

Tabel 2.9 Panjang jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_r

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

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

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

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

dimana :

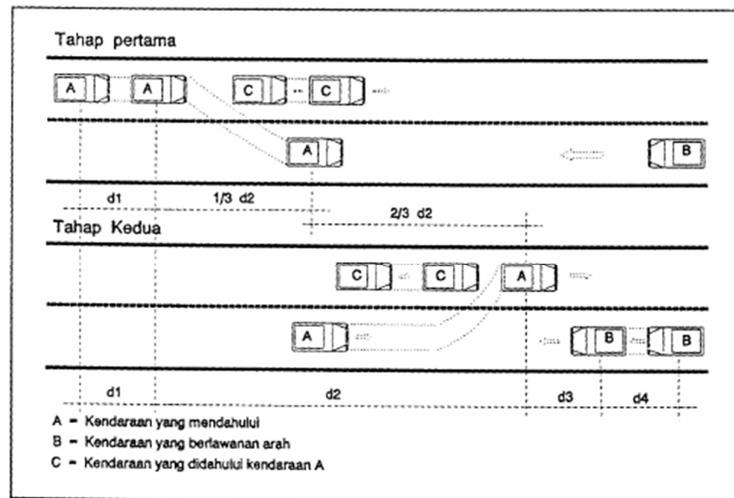
d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

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 $2/3 d_2$ (m).

(*“Tata Caca Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota”*, 1997)



Gambar 2.5 Jarak Pandang Mendahului

(*“Tata Caca Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota”*, 1997)

2.3 Alinyemen Horizontal

Alinemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan), perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_R . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

2.3.1 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.3.2 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. 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 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). Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.11.

Rumus umum lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127 (e+f)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

R = jari-jari lengkung, (m)

D = derajat lengkung, (°)

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

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$D = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V^2} \times 360^\circ \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

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

V_R = kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

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

f_{\max} = koefisien gesekan melintang maksimum

D = derajat lengkung

D_{\max} = derajat maksimum

(Shirley L Hendarsin. "Perencanaan Teknik Jalan Raya". 2000)

Tabel 2.11 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 10%

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

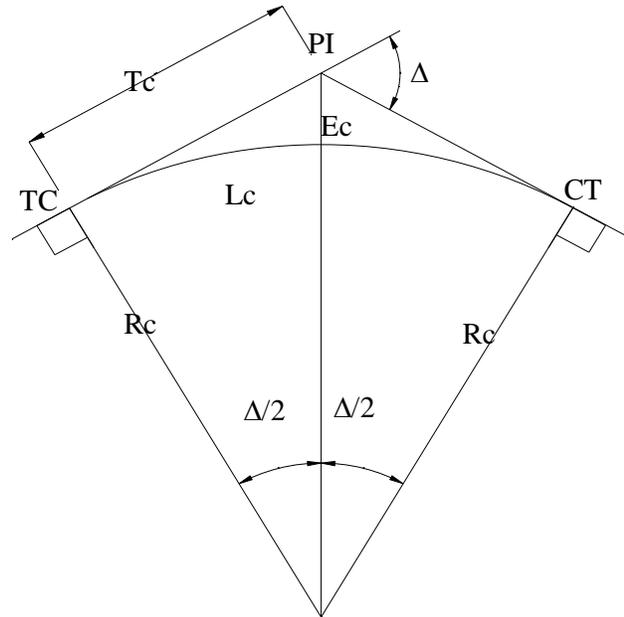
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997)

2. Bentuk-bentuk tikungan

a. Bentuk tikungan *full circle*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan

tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya,



Gambar 2.6 Bentuk Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen
- T_c = Jarak T_c dan PI
- R_c = Jari-jari
- E_c = Jarak PI ke busur lingkaran
- L_c = Panjang busur lingkaran
- f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

Tabel 2.12 Jari-Jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.11)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2 R_c}{360^\circ} \dots\dots\dots(2.13)$$

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

b. Tikungan *spiral-circle-spiral*

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk spiral (*clothoid*) banyak juga digunakan juga oleh Bina Marga.

Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S.

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

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c C} - 2,727 \frac{V_R e}{C} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e} V_R \dots\dots\dots(2.16)$$

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

Dimana :

T = Waktu tempuh = 3 detik

R_c = Jari-jari busur lingkaran, (m)

C = Perubahan percepatan, 0,3-1,0 disarankan 0,4 m/det³.

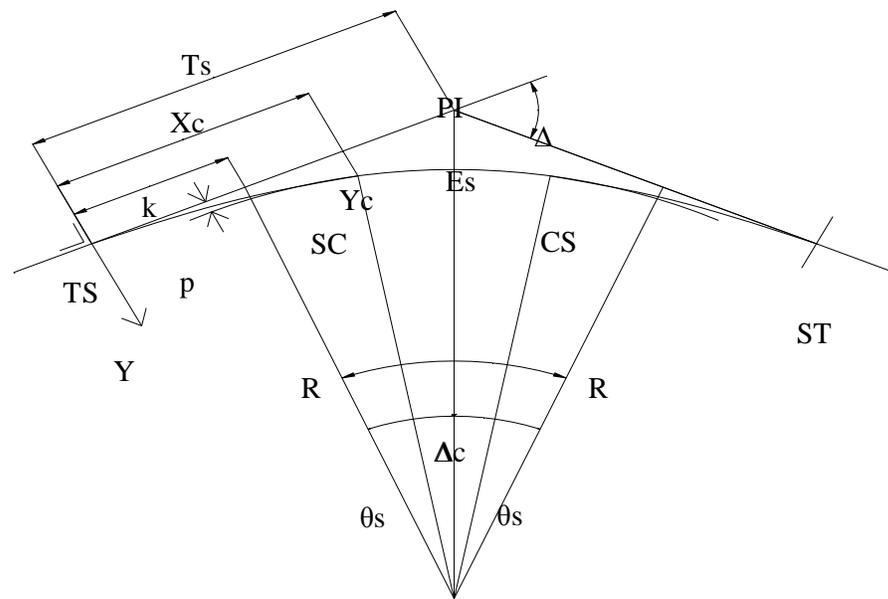
R_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

- Untuk $VR \leq 70$ km/jam $\rightarrow re \text{ mak} = 0,035$ m/m/det
- Untuk $VR \geq 80$ km/jam $\rightarrow re \text{ mak} = 0,025$ m/m/det

e = Superelevasi

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal



Gambar 2.7 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

keterangan :

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

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.

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

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

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

TS = Titik dari tangen ke spiral.

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = Sudut lengkung spiral

R_c = Jari-jari lingkaran

P = Pergeseran tangen terhadap spiral

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots(2.20)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin\theta_s \dots\dots\dots(2.21)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.22)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.25)$$

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

Jika p yang dihitung dengan rumus dibawah ini, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk FC.

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25 \text{ m} \dots \dots \dots (2.26)$$

Untuk $L_s = 1,0 \text{ m}$, maka $p = p'$ dan $k = k'$

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

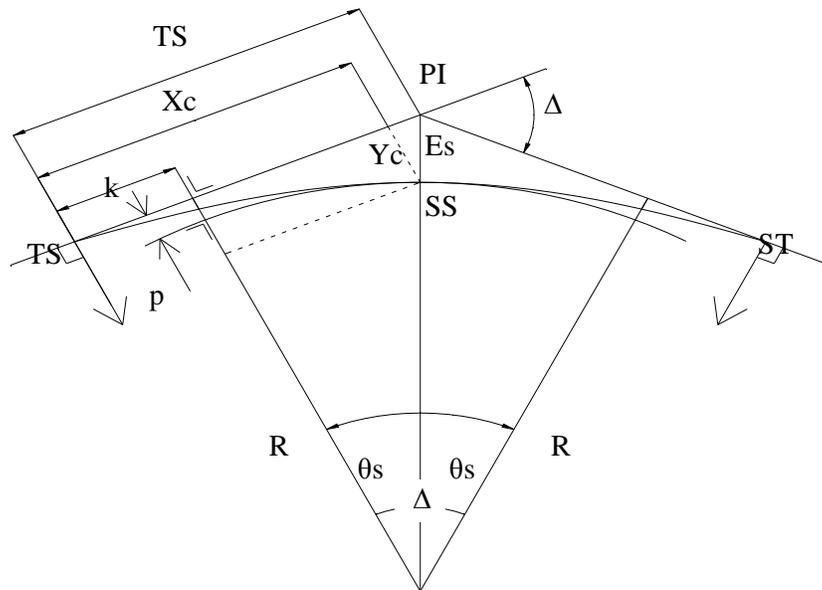
Nilai p' dan k'

(Shirley L Hendarsin. "Perencanaan Teknik Jalan Raya". 2000)

c. Tikungan *spiral-spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam.

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :



Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

Untuk bentuk spiral-spiral ini berlaku rumus :

$$L_c = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.27)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots \dots \dots (2.28)$$

Untuk menentukan θ_s dapat menggunakan rumus :

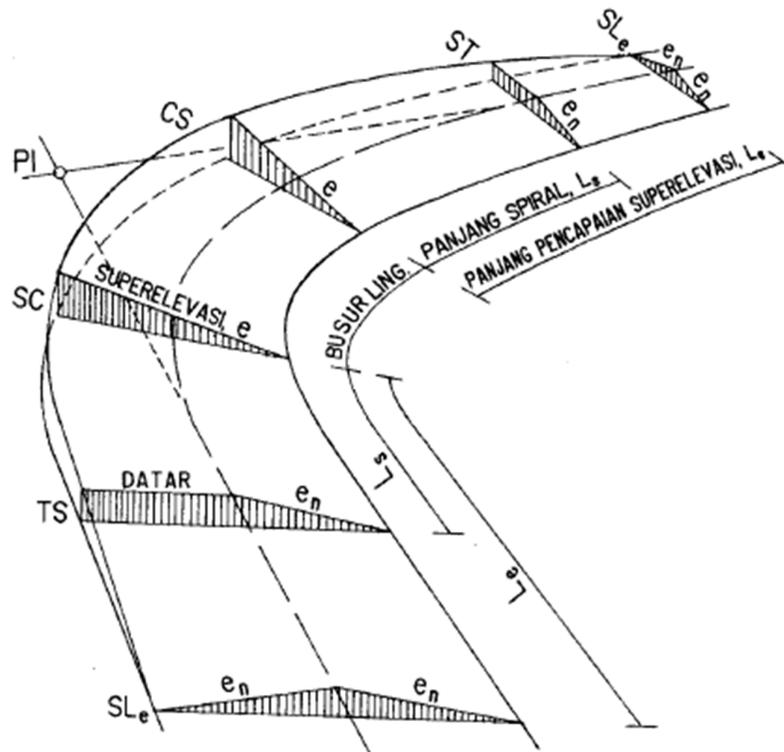
$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \dots \dots \dots (2.29)$$

(Shirley L Hendarsin. "Perencanaan Teknik Jalan Raya". 2000)

2.3.3 Pencapaian Superelevasi

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

a. Pencapaian superelevasi



Gambar 2.9 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

- 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 tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$
- Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral
- Superelevasi tidak diperlukan jika raiud cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP). atau bahkan tetap lereng normal (LN)

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

2.3.4 Landai relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relative. Persentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada.

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+en)B}{L_s} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

- 1/m = Landai relative, (%)
- e = Superelevasi, (m/m’)
- en = Kemiringan melintang normal, (m/m’)
- B = Lebar lajur, (m)

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

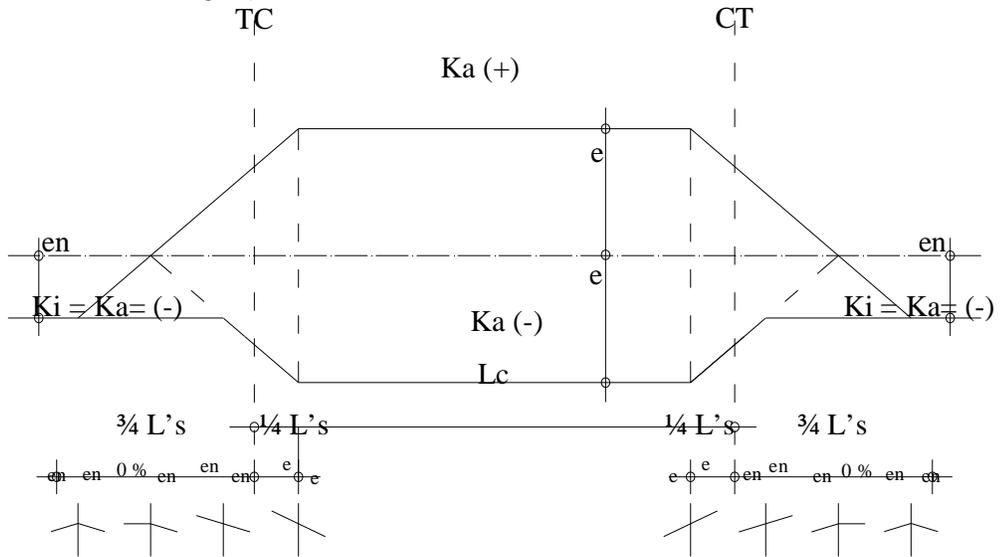
Tabel 2.13 Landai Relatif maksimum (untuk 2/2 TB)

VR (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan Maksimum	1/50	1/75	1/100	1/115	1/125	1/150

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

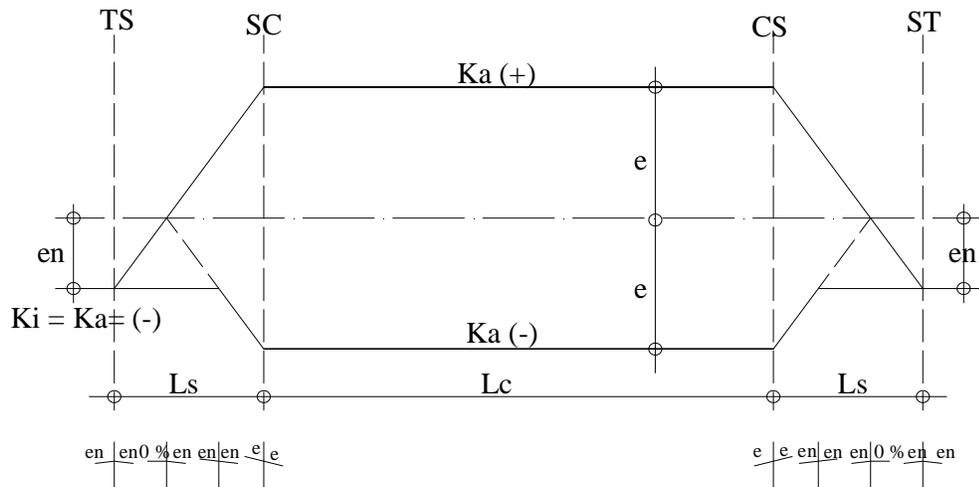
2.3.5 Diagram superelevasi

1) Tikungan *full circle*

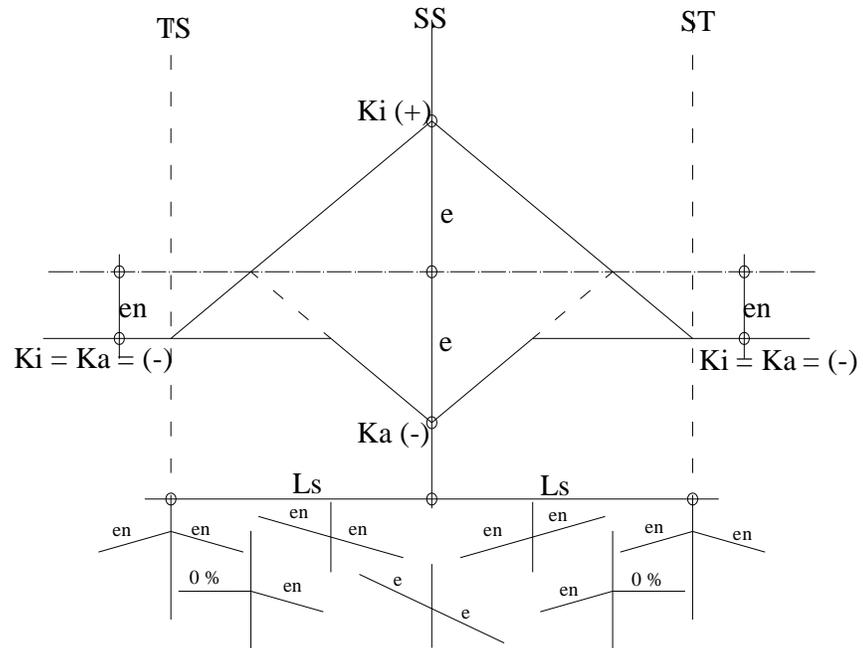


Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

2) Tikungan *spiral-circle-spiral*



Gambar 2.11 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3) Tikungan *spiral-spiral*Gambar 2.12 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral***2.3.6 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 :

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

Tabel 2.14 Pelebaran di Tikungan per lajur (m) untuk lebar jalur 2 x B m, 2 arah
atau 1 arah

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

(Sumber : Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Keterangan :

Kolom 1, untuk (B) = 3,00 m

Kolom 3, untuk (B) = 3,50 m

2.3.7 Daerah bebas samping tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping).

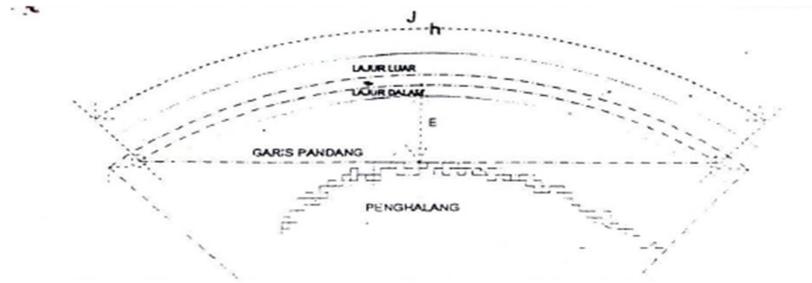
- Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang

sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi

- Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika $Jh < Lt$:

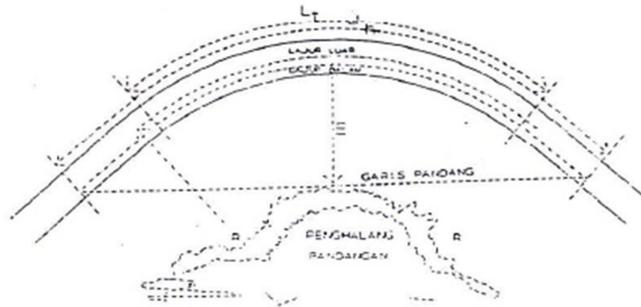
$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.31)$$



Gambar 2.13 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $Jh < Lt$

2. Jika $Jh > Lt$:

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28,65 Jh}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.32)$$



Gambar 2.14 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $Jh > Lt$

Dimana :

R = jari-jari tikungan (m)

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

Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = panjang tikungan (m)

(Shirley L Hendarsin. "Perencanaan Teknik Jalan Raya". 2000)

2.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal yang merupakan bagian kritis adalah lengkung horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

(*“Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya”, 1970*)

2.4.1 Landai Maksimum dan Panjang Maksimum Landai

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan lalu lintas (panjang ini mengakibatkan pengurangan maksimum sebesar 25 km/jam). Landai maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak yang pendek. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat. Adapun syarat panjang kritis ini dapat dilihat pada tabel 2.15.

(*“Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya”, 1970*)

Tabel 2.15 Panjang Kritis

Landai maksimum (%)	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/TBM/1997)

2.4.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya.

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal, yaitu :

$$Y' = \pm \left[\frac{g_2 - g_1}{2.L} \right] X^2 \dots\dots\dots(2.33)$$

Lengkung vertikal terbagi atas :

1. Lengkung vertikal cembung
2. Lengkung vertikal cekung

Kelandaian menaik diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan menaik atau menurun ditinjau dari sebelah kiri.

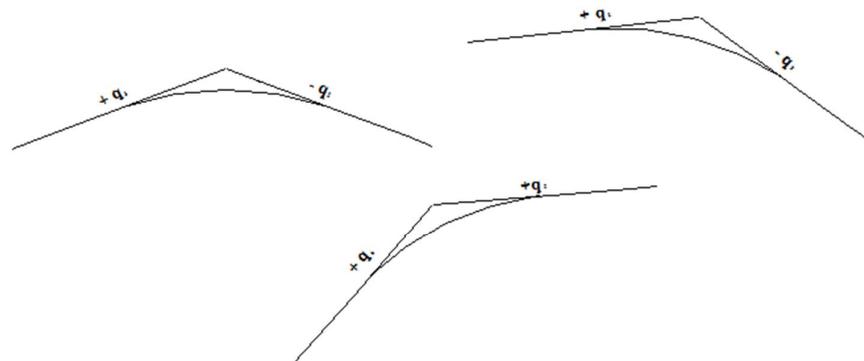
$$EV = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

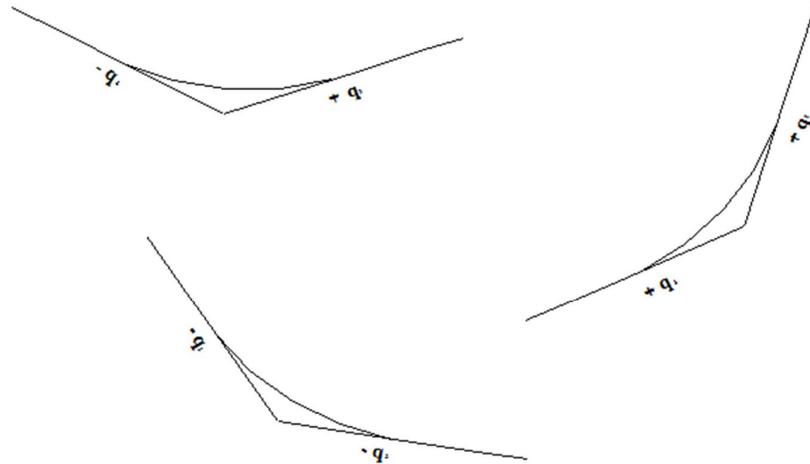
$$A = (g_1 + g_2)$$

L = Panjang lengkung vertikal

(Silvia Sukirman. "Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan". 1999)



Gambar 2.15 Alinyemen Vertikal Cembung

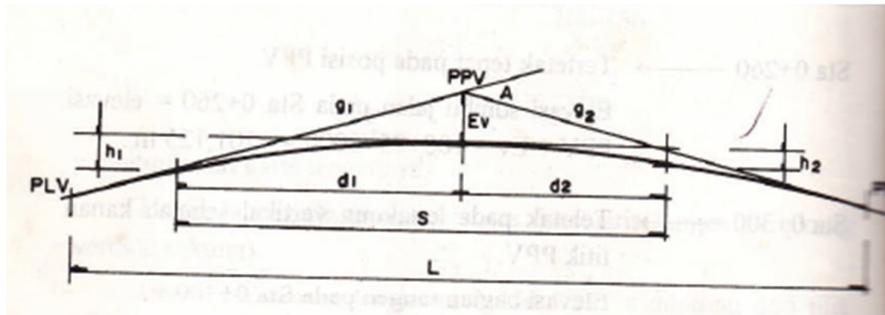


Gambar 2.16 Alinyemen Vertikal Cekung

1. Lengkung vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

- Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$).



Gambar 2.17 Jarak Pandangan pada Lengkung Vertikal Cembung ($S < L$)

$V = \frac{Ax^2}{200L}$ atau dapat pula dinyatakan dengan $y = kx^2$, dimana :

$$k = \frac{A}{200L} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots\dots\dots(2.36)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 1,20$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka:

$$L = - \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2,40} + \sqrt{2,40})^2} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$L = \frac{AS^2}{960} = CAS^2 \dots\dots\dots(2.38)$$

Tabel 2.16 Nilai C untuk Beberapa h_1 dan h_2 berdasarkan AASHTO dan Bina Marga

	AASHTO '90		Bina Marga	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi mata pengemudi (h_1) (m)	1,07	1,07	1,20	1,20
Tinggi objek (h_2) (m)	0,15	1,30	0,10	1,20
Konstanta C	404	946	399	960

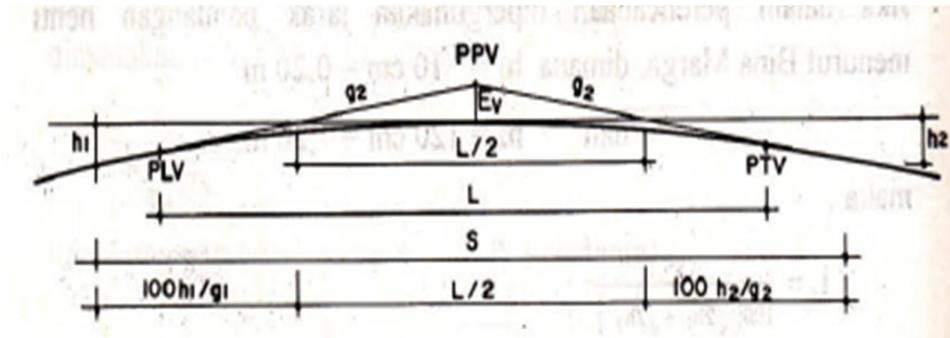
(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999)

Keterangan :

JPH : Jarak pandangan henti

JPM : Jarak pandangan menyiap

Jarak pandangan berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$)



Gambar 2.18 Jarak Pandangan pada Lengkung Vertikal Cembung ($S > L$)

$$S = \frac{1}{2}L + \frac{100h_1}{g_1} + \frac{100h_2}{g_2} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$L = 2S - \frac{200h_1}{g_1} - \frac{200h_2}{g_2} \dots\dots\dots(2.40)$$

Panjang lengkung minimum jika $dL/dg = 0$, maka diperoleh :

$$g_2 = g_1 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \dots\dots\dots(2.42)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 0,10$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka :

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{0,10} + \sqrt{1,20})^2}{A} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots(2.44)$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 1,20$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka :

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{1,20} + \sqrt{1,20})^2}{A} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$L = 2S - \frac{960}{A} = 2S - \frac{C_1}{A} \dots\dots\dots(2.46)$$

C = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertical cembung dimana $S > L$.

2. Lengkung vertikal cekung

Adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi. Panjang lengkung vertikal cekung minimum yang dapat memenuhi syarat kenyamanan adalah :

$$L = \frac{AV^2}{380} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana :

V = kecepatan rencana, km/jam

A = perbedaan aljabar landai

L = panjang lengkung vertikal cekung

(Silvia Sukirman. “*Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*”.1999)

Panjang untuk Kenyamanan

$$L = \frac{AV^2}{389} \dots\dots\dots(2.48)$$

(Shirley L Hendarsin. “*Perencanaan Teknik Jalan Raya*”. 2000)

2.4.3 Stationing

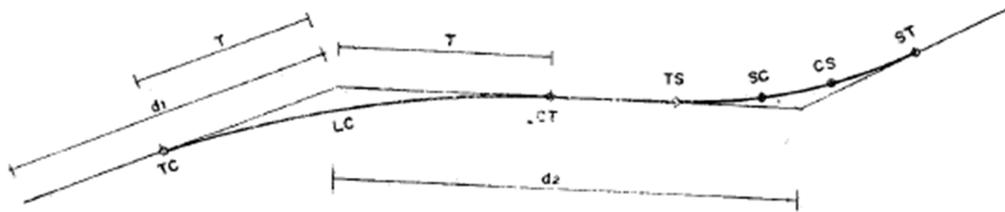
Penomoran panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek *stationing* jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. 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

Stationing ini sama fungsinya dengan patok-patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya yaitu:

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang akan di ukur dari patok km, yang umumnya terletak di ibu kota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok stationing merupakan petunjuk yang di ukur dari bawah sampai akhir proyek
2. Patok km merupakan patok permanent yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok stationing merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap komponen pada tikungan.



Gambar 2.19 Sistem Penmoran Jalan

(Silvia Sukirnan. “Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan”.1999)

2.5 Perencanaan Volume Galian dan Timbunan

Pekerjaan tanah dilakukan apabila alinyemen horizontal dan vertikal dan penomoran stationing telah pasti.

Dalam pekerjaan tanah pada umumnya kita menemui 2 macam:

- Galian- *cut*
- Timbunan- *fill*

2.5.1 Galian- *cut*

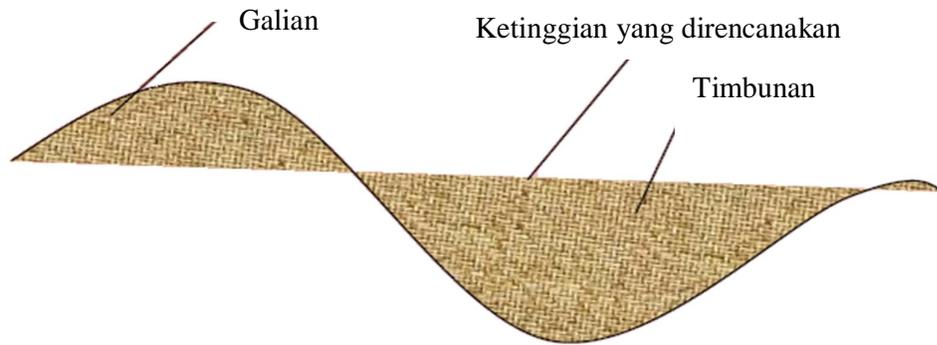
Pekerjaan galian adalah pekerjaan pemotongan tanah dengan tujuan untuk memperoleh bentuk serta elevasi permukaan sesuai dengan gambar yang direncanakan. Kalau tanah dari galian akan dipergunakan untuk timbunan pertama- tama kita harus bersihkan dari tumbuh- tumbuhan dan lapisan humusnya harus dibuang, tebal lapisan ini umumnya setebal 10- 30 cm pekerjaan ini disebut juga *Top Soil Stripping*. Dapat tidaknya tanah/ material galian ini dipakai untuk timbunan akan dilakukan pengtesan oleh laboratorium.

2.5.2 Timbunan :fill- *embankment*.

Pekerjaan galian dan timbunan harus didahului dengan pekerjaan *clearing* dan *grubbing*, agar tidak mengandung bahan organik dan benda-benda yang mengganggu proses pemadatan, timbunan ini dikasifikasikan menjadi 2, yaitu

1. Timbunan biasa yaitu tanah yang digunakan dari hasil galian jalan.
2. Timbunan pilihan yaitu tanah yang berasal dari luar hasil galian tanah, apabila tanah dari galian tanah memiliki nilai CBR kurang dari 6%.

Dalam bentuk trase jalan di daerah timbunan dapat dilihat pada penampang berikut :

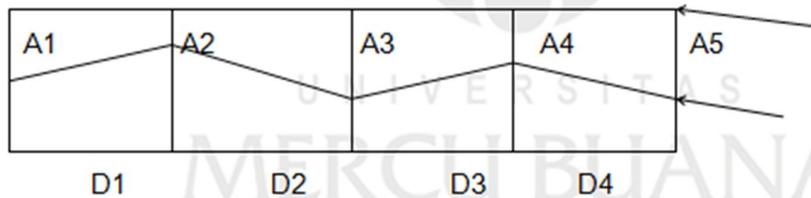


Gambar 2.20 Bentuk Trase Jalan Galian Timbunan

Adapun perhitungan volume tanah antara stasion dilakukan dengan metode luas ujung rangkap yaitu dengan mengambil rata-rata luas dua ujung penampang dan mengalikan dengan jarak kedua stasion. Seperti rumus berikut:

$$\text{Volume} = \frac{A1+A2}{2} \times \text{jarak A1-A2} \dots \dots \dots (2.49)$$

Perhitungan tersebut dilakukan pada semua titik station yang ada pada rancangan trase jalan seperti timbunan berikut :



Gambar 2.21 Contoh Rancangan Timbunan Setiap Station

(Silvia Indriany. “Perencanaan Geometrik Jalan”)

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
- Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

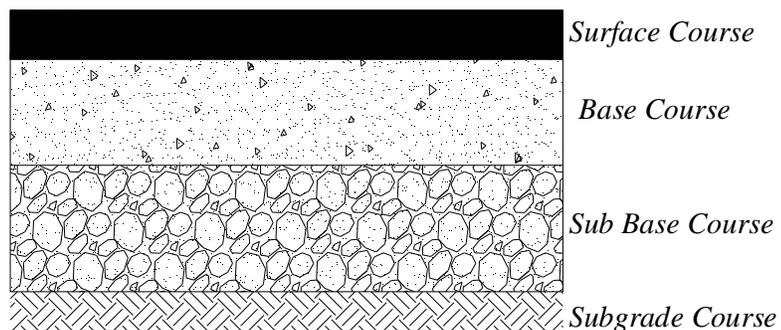
Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*Composite Pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku.

2.6.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah.

1. Karakteristik Perkerasan Lentur

- Bersifat elastis jika menerima beban, sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal.
- Seluruh lapisan ikut manggung beban.
- Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar sedemikian sehingga tidak merusak lapisan tanah dasar (*Subgrade*)
- Usia maksimum 20 tahun. (*MKJI = 23 Tahun*)
- Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala (*routine maintenance*)



Gambar 2.22 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

2. Lalu lintas Rencana untuk Perkerasan Lentur

a. Persentase Kendaraan pada Lajur Rencana

Jalur Rencana (JR) merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari satu lajur atau lebih.

Tabel 2.17 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan seperti pada tabel 2.19

Tabel 2.18 Koefisien Distribusi Kendaraan C

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

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

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

** Berat total \geq 5 ton misalnya : bus, truk, semi trailer, trailer

(Shirley L Hendarsin. "*Perencanaan Teknik Jalan Raya*". 2000)

b. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan sumbu :

Angka Ekuivalen Sumbu Tunggal :

$$E = \frac{(\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg})^4}{8160} \dots\dots\dots(2.50)$$

Angka Ekuivalen (E) Sumbu Ganda :

$$E = 0,086 \frac{(\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg})^4}{8160} \dots\dots\dots(2.51)$$

c. Perhitungan Lalu Lintas

- Lintas ekuivalen permukaan (LEP)

Merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diduga terjadi pada awal umur rencana. LEP dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.52)$$

- Lintas ekuivalen akhir (LEA)

Merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diharapkan terjadi pada akhir usia rencana. LEA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.53)$$

- Lintas ekuivalen tengah (LET)

Merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diharapkan terjadi pada pertengahan umur rencana. LET dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \dots\dots\dots (2.54)$$

- Lintas ekuivalen rencana (LER)

Merupakan suatu besaran yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekuivalen sumbu tunggal sebesar 8160 kg pada jalur rencana. LER dapat dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times UR/10 \dots\dots\dots (2.55)$$

Di mana :

- i = Perkembangan lalu lintas
- j = Jenis kendaraan
- LHR = Lalu lintas harian rata-rata
- UR = Usia rencana (tahun)
- Fp = Faktor penyesuaian

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

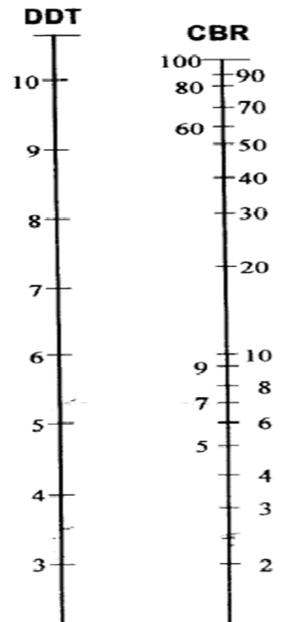
3. Perhitungan Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi, daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau Plate Bearing Test, DCP, dll. Dari nilai CBR diperoleh nilai ditentukan nilai CBR rencana yang merupakan nilai CBR rata-rata untuk suatu jalur tertentu.

Caranya adalah sebagai berikut :

- Tentukan harga CBR terendah
- Tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100% dan yang lainnya merupakan persentase dari harga tersebut.
- Buat grafik hubungan CBR dan persentase jumlah tersebut.
- Nilai CBR rata-rata adalah nilai yang didapat dari angka 90%.

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)



Gambar 2.23 korelasi DDT dan CBR

4. Faktor Regional

Faktor regional (FR) adalah factor koreksi sehubungan dengan adanya perbedaan kondisi dengan kondisi percobaan AASHTO Road Test dan disesuaikan dengan keadaan di Indonesia. FR ini dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim

Tabel 2.19 Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I < 6%		Kelandaian II 6 – 10%		Kelandaian III > 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 > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

5. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan adalah nilai dari kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintasan Ekuivalen Rencana (LER). Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.21

Tabel 2.20 Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP)

Lintas Ekuivalen Rencana (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 : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Bina Marga memberikan nilai IP untuk berbagai kondisi permukaan jalan sebagai berikut :

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

Tabel 2.21 Nilai Indeks Permukaan Menurut AASHTO

Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
4–5	Sangat Baik
3–4	Baik
2–3	Cukup
1–2	Kurang
0–1	Sangat Kurang

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1970)

Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan atau kehalusan serta kekokohnya) pada awal umur rencana. IPo ini tergantung dari jenis bahan yang dipergunakan untuk lapisan perkerasan tersebut. Indeks permukaan pada awal umur rencana dapat dilihat pada tabel 2.23

Tabel 2.22 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Ronghness *) (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	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

(Shirley L. Hendarsin, " Perencanaan Teknis Jalan Raya",2000)

6. Indeks Tebal Perkerasan

Perencanaan tebal perkerasan untuk jalan baru sesuai tercantum dalam buku perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan analisa komponen – SKBI 2. 3.26. 1987 UDC 625.73 (02) dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Tentukan nilai daya dukung tanah dasar dengan cara pemeriksaan CBR segmen
- Tentukan nilai daya dukung tanah dasar dari setiap CBR segmen yang diperoleh dengan menggunakan grafik korelasi DDT dan CBR
- Tentukan umur rencana (UR) dari jalan yang direncanakan
- Tentukan faktor pertumbuhan lalu lintas yang terjadi selama masa pelaksanaan dan selama umur rencana. i %
- Tentukan faktor regional (FR) dari jalan yang
- Tentukan lintas ekivalen rencana (LER)
- Tentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) sesuai dengan jenis lapis permukaan yang digunakan
- Tentukan indeks permukaan akhir umur rencana (IP) sesuai dengan jenis lapis permukaan yang digunakan
- Tentukan indeks tebal perkerasan (ITP) dengan menggunakan nomogram-nomogram yang disesuaikan berdasarkan nilai IP dan IPo yang dipilih
- Tentukan jenis lapis perkerasan yang akan dipergunakan, pemilihan lapis perkerasan ditentukan berdasarkan : material yang tersedia, biaya, tenaga dan peralatan, serta fungsi dari jalan yang direncanakan.
- Tentukan koefisien relative (a) dari setiap lapisan, yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah
- Untuk menentukan ketebalan dari masing-masing lapisan ditentukan dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots\dots\dots (2.56)$$

Keterangan :

ITP = Indeks tebal perkerasan, sesuai dengan nilai yang diperoleh pada langkah no.9 diatas

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif untuk lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

D_1, D_2, D_3 = Tebal dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

(Shirley L Hendarsin. "Perencanaan Teknis Jalan Raya".2000)

Tabel 2.23 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	KT (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Soil cement
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilisasi tanah
-	0,13	-	-	18	-	Kapur

-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,11	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/ pitrum (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/ pitrum (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/ pitrum (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/ Lempung kepasiran

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.24 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Beban
< 3,00	5,0	Lapis pelindung (buras, burtu, burda)
3,00 – 6,7	5,0	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
7,45 – 9,99	7,5	Lasbutag, laston
≥ 10,000	10	Laston

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.25 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Pondasi Atas

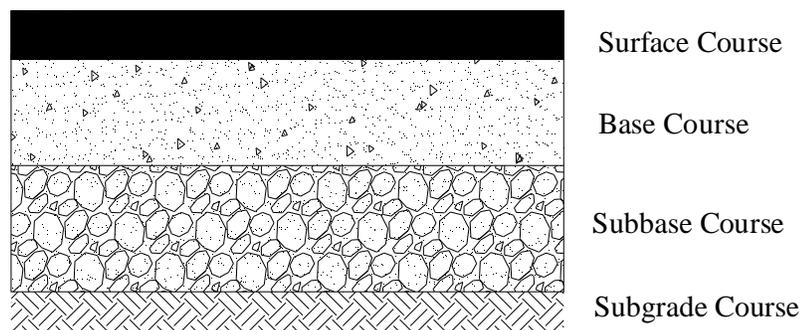
ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
≤ 3,00	15	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
3,00 – 7,49	20*	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
7,50 – 9,99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, Pondasi macadam
10,00 – 12,14	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, Pondasi macadam
≥ 12,25 E	25	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

2.7 Material Perkerasan Jalan Lentur (*Flexible Pavement*)

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
4. Lapisan permukaan (*surface course*)



Gambar 2.24 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

Material yang diperlukan untuk konstruksi jalan terdiri dari :

1. Tanah.
2. Agregat.
3. Aspal/Beton.

2.7.1 Tanah Sebagai Material

Tanah pada konstruksi jalan diperlukan untuk membentuk badan jalan yaitu urugan tanah. Urugan tanah terdiri dari dua jenis yaitu:

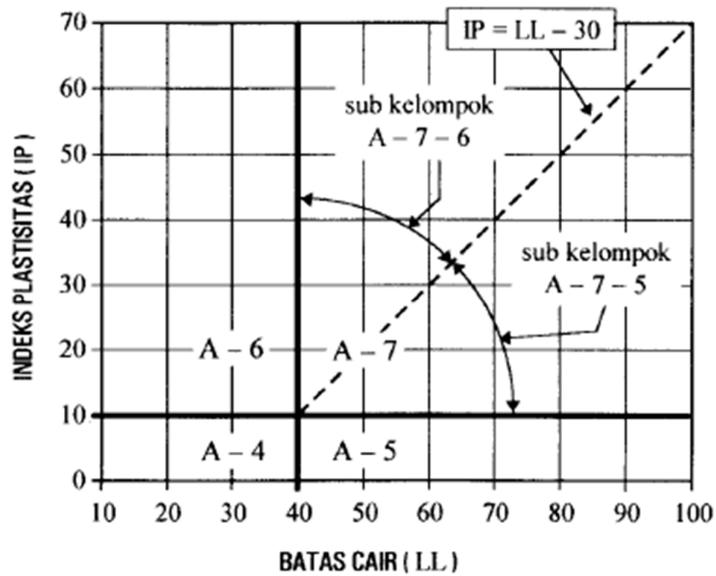
- a. Urugan Biasa.
- b. Urugan Pilihan.

a. Urugan Biasa

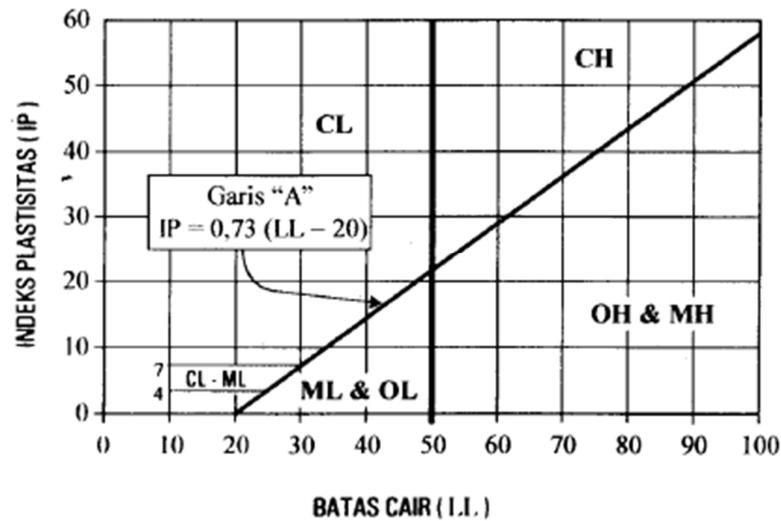
Untuk urugan biasa persyaratan material yang tidak boleh digunakan yaitu tanah yang mempunyai sifat-sifat berikut:

- Tanah termasuk kelompok USCS atau tanah yang termasuk sub kelompok A-7-6 dalam klasifikasi AASHTO

- Tanah ekspansif yaitu jenis tanah dengan potensi ekspansif tinggi dengan $LL > 60$ dan $IP > 35$. Menurut AASHTO T 258-81, perbandingan IP dan kadar lempung $> 1,25$.



Gambar 2.25 Klasifikasi Cara AASHTO



Gambar 2.26 Klasifikasi Cara USCS

Tanah yang disarankan untuk digunakan sebagai material, mempunyai harga CBR rendaman (*soaked*) minimal 6%.

b. Urugan Pilihan

Urugan pilihan hanya digunakan pada lokasi-lokasi tertentu yang mempunyai nilai CBR rendaman berdasarkan AASHTO T 193-81 minimal 10 % dan IP max 6 %.

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

2.7.2 Agregat

Agregat adalah material perkerasan berbutir yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan, agregat terdiri dari tiga kelompok berdasarkan mutu, yaitu kelas A, kelas B, kelas C dibedakan berdasarkan dari gradasi dan sifat material.

Agregat untuk konstruksi jalan terdiri dari 2 macam, yaitu :

- Asli (natural), dalam bentuk pasir, kerikil atau batu pecah/belah.
- Buatan pabrik (*manufactured*), meliputi letusan bara api dan berbagai produk dari tanah lempung.

(Shirley L Hendarsin. “Perencanaan Teknik Jalan Raya”. 2000)

Tabel 2.26 Gradasi Agregat

Susunan Ayakan		Persentase Lolos (dalam berat)		
No.	Bukaan (mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2 ¹ / ₂ "	63,000	100	100	–
1 ¹ / ₂ "	38,100	100	67 – 100	–
³ / ₄ "	19,000	65 – 81	40 – 100	100
³ / ₈ "	9,500	42 – 60	25 – 80	–
4	4,750	27 – 45	16 – 66	51 – 74
8	2,360	18 – 33	10 – 55	–
16	1,180	11 – 25	6 – 45	–
40	0,425	6 – 16	3 – 33	18 – 36
200	0,075	0 – 8	0 – 20	10 – 22

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.27 Bahan yang merugikan dan Sifat Fisik Agregat

Tipe yang digunakan untuk :	Kerusakan akibat cuaca pada tempat terbuka	Kelas Agregat	% maks. yang diijinkan untuk gumpalan lempung dan partikel yang mudah hancur
Beton lapisan perkerasan, lapisan pondasi atas, jalan samping, dimana benjolan / letupan dalam jumlah sedang dapat ditoleransi	Kuat/keras	B	3
	Sedang	C	5
	Dapat diabaikan	D	5

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

Tabel 2.28 Sifat Material

Sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Nilai abrasi agregat kasar AASHTO T 96-77 (1982)	0 – 40 %	0 – 50 %	–
IP AASHTO T 90-81	0 – 6	4 – 10	6 – 20
Hasil kali IP dengan Persen lolos ayakan No. 200	25 mak	–	–
Batas Cair (LL) AASHTO T 89-81 SNI 03-1967-1990	0 – 35	–	40 mak
Bagian yang lunak AASHTO T 112-81	0 – 5 %	–	–
CBR AASHTO T 193-81 SNI 03-1744 -1989	80 min	35 min	–
Rongga dalam agregat mineral pada kepadatan maksimum	14 min	10 min	–

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

2.7.3 Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air dan mudah dikerjakan. Definisi aspal adalah campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral, sedangkan yang dimaksud dengan bitumen adalah bahan yang berwarna coklat hingga hitam berbentuk keras hingga cair, mempunyai sifat lekat yang baik, larut dalam CS_2 dan CCl_4 dan mempunyai sifat berlemak dan tidak larut dalam air.

Aspal yang digunakan untuk material jalan terdiri dari beberapa jenis, yaitu :

- Aspal alam
- Aspal buatan (*Bitumen*)
- Ter

a. Aspal alam

Aspal alam di Indonesia ditemukan di pulau Buton. Sulawesi Tenggara dan dikenal dengan sebutan Asbuton (Aspal Buton). Selain itu aspal alam juga ditemukan di Prancis, Swiss, dan Amerika. Dilihat dari bentuk fisiknya, maka aspal alam dapat ditemukan dalam bentuk :

- Padat, atau batuan dan disebut sebagai batu aspal (*rock asphalt*) yang dijumpai antara lain di Pulau Buton.
- Plastis yang ditemukan di Trinidad.
- Cair yang ditemukan di Bermuda dan dikenal sebagai *Bermuda Lake Asphalt*. (Shirley L. Herdarsin, "*Perencanaan Teknis Jalan Raya*", 2000)

Aspal buton merupakan hasil endapan minyak bumi yang mengalami proses desilasi lama dan kontinu sehingga kadar *asphaltene* jauh lebih tinggi dan kadar *malthene* lebih rendah dibandingkan dengan aspal buatan.

Sifat fisik *asbuton* antara lain :

- Berbentuk butiran dan bongkahan mempunyai kadar *bitumen* yang tidak teratur.
- Bersifat porus sehingga dapat diresapi bahan pelunak, bahan pelunak akan membuat *asbuton* lunak (meremajakan *bitumen*) yang memakan proses yang cukup lama.

Klasifikasi *asbuton* antara lain :

- Asbuton 10 (B 10) mempunyai kadar *bitumen* 9,0 – 11,4 %
- Asbuton 13 (B 13) mempunyai kadar *bitumen* 11,5 – 14,5 %
- Asbuton 16 (B 16) mempunyai kadar *bitumen* 14,6 – 17,9 %
- Asbuton 20 (B 20) mempunyai kadar *bitumen* 18,0 – 22,5 %
- Asbuton 25 (B 20) mempunyai kadar *bitumen* 22,6 – 27,4 %
- Asbuton 30 (B 30) mempunyai kadar *bitumen* 27,5 – 32,5 %

Kadar air *asbuton* antara lain :

- Baik 4 – 6%
- Cukup baik 6 – 8%
- Dapat dipertimbangkan 8 – 10%

Bahan pelunak adalah bagian cair yang ditambahkan untuk melunakan *bitumen asbuton*. Bahan yang dapat digunakan adalah *flux asbuton* atau minyak bakar.

- *Flux asbuton*, adalah hasil dari destilasi vakum residu (destilasi pertama) yang dibuat dari *asphaltic base crude oil*, sehingga komposisi *asbuton* terdiri dari *maltene + solvent* (minyak berat) + *bitumen* (aspal murni).
- Minyak bakar, adalah salah satu bahan bakar mesin, sehingga mempunyai variasi viskositas yang sangat besar. Minyak bakar dapat berupa *asphalt base* atau *parafin base*.

Agregat yang digunakan dalam *asbuton* terdiri dari agregat kasar dan halus yang memenuhi persyaratan.

(Shirley L. Herdarsin, “*Perencanaan Teknis Jalan Raya*”, 2000)

Aspal alam dalam hal ini aspal buton sudah banyak digunakan untuk pelapisan konstruksi perkerasan, dimana yang sudah banyak digunakan adalah *lasbutag* (lapis asbuton agregat) dan *latasbum* (lapis asbuton murni).

Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton, dan bahan pelunak yang diaduk, dihamparkan dan dipadatkan secara dingin.

Fungsi *lasbutag* antara lain :

- Sebagai lapis permukaan atau lapis aus untuk melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh air dan cuaca.
- Mendukung lalu lintas menyediakan permukaan jalan yang rata an tidak licin.

Sifat *lasbutag* antara lain :

- Kedap air
- Pencapaian kestabilan dipengaruhi oleh volume lalu lintas dan cuaca.
- Mempunyai nilai struktural.
- Cukup kenyal.

Penggunaan *lasbutag* antara lain :

- Untuk jalan dengan lalu lintas sedang
- Untuk jalan dengan *alinyement* vertikal dengan kelandaian maksimum 12 %
- Untuk jalan dengan *alinyement* horizontal dengan jari-jari tikungan minimum 15 m

Bahan *lasbutag* antara lain :

- *Asbuton* terdiri dari bitumen (10 - 35%) dan mineral, dimana sebagian besar mineral kapur dari ukuran debu sampai ukuran pasir.

(Shirley L. Herdarsin, “*Perencanaan Teknis Jalan Raya*”, 2000)

Latasbum (lapis tipis asbuton murni) merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran *asbuton* dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dan menghasilkan padat maksimum 1 cm.

Sifat *latasbum* antara lain :

- Kedap air
- Cukup awet
- Tidak mempunyai nilai struktural.
- Kenyal.

Penggunaan *lasbutag* antara lain :

- Untuk jalan yang masih stabil dengan penampang memanjang dan melintang sesuai dengan persyaratan.
- Pada jalan yang mulai retak dan mengalami degradasi.

Bahan *lasbutag* antara lain :

- *Asbuton* terdiri dari bitumen (10 - 35%) dan mineral, dimana sebagian besar mineral kapur dari ukuran debu sampai ukuran pasir.
- Bahan pelunak yang digunakan adalah *flux asbuton*.

(Shirley L. Herdarsin, “*Perencanaan Teknis Jalan Raya*”, 2000)

b. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah *bitumen* yang merupakan jenis aspal hasil penyulingan minyak bumi yang mempunyai kadar parafin yang rendah dan disebut dengan *paraffin base crude oil*. Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk, yaitu padat, cair, dan emulsi.

- Aspal padat merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang kemudian disuling sekali pada suhu yang sama tetapi dengan tekanan rendah. Aspal padat terdiri dari berbagai jenis antara lain :
 - *Straight Run (bitumen hasil langsung)*, aspal ini dibuat dari minyak bumi yang mengandung banyak aspal dan sedikit *parafin*.
 - *Blown Bitumen (bitumen hasil pencampuran udara)*, aspal ini merupakan hasil pencampuran udara dengan *blowing* yaitu proses tambahan dimana residu dari penyulingan vakum dicampur dengan udara pada suhu 400°C.

- Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut, jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut, adapun aspal cair terdiri dari :
 - Aspal RC (*rapid curing*), aspal cair cepat mengeras yang merupakan jenis aspal yang akan cepat mengendap, merupakan aspal keras yang dicampur dengan *kerosin* (bensin).
 - Aspal MC (*medium curing*), aspal yang akan mengendap dalam waktu sedang, merupakan aspal keras yang dicampur dengan minyak diesel.
 - Aspal SC (*slow curing*), aspal yang akan dengan lambat mengendap, merupakan aspal keras yang dicampur dengan residu dari pengilangan pertama.
- Aspal emulsi merupakan aspal cair yang lebih cair dari aspal cair pada umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam bebatuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa. Jenis aspal emulsi antara lain :
 - Aspal emulsi anionik, adalah aspal emulsi yang diberikan muatan listrik negatif dan umumnya dapat digunakan untuk melapisi batuan yang basa dan netral dengan baik.
 - Aspal emulsi kationik, adalah aspal emulsi bermuatan positif sehingga baik digunakan melapisi batuan netral dan alam.
 - Aspal emulsi nonionik, adalah aspal emulsi yang tidak bermuatan listrik.
 - Aspal emulsi RS (*rapid setting*), aspal yang direncanakan untuk bereaksi secara cepat dengan agregat dan berubahnya emulsi ke aspal.
 - Aspal emulsi MS (*medium setting*), aspal yang direncanakan untuk pencampuran dengan agregat kasar, sehingga campuran yang menggunakan jenis aspal ini akan tetap dapat dihampar dalam beberapa menit.
 - Aspal emulsi SS (*slow setting*), jenis ini direncanakan dengan stabilitas maksimum.

c. Ter

Ter adalah istilah umum untuk cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu bara melalui proses destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam, umumnya pada ter tidak terdapat susunan parafin.

2.8 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan bukan hanya sekedar pelengkap akan tetapi merupakan bagian penting yang harus diadakan untuk pengaman konstruksi jalan dan petunjuk bagi pengguna jalan agar unsur kenyamanan dan keselamatan dapat terpenuhi.

Bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Bangunan Drainase Jalan
2. Bangunan Penguat Tebing
3. Bangunan untuk keselamatan Lalu Lintas, Rambu, dan Marka Jalan

2.8.1 Bangunan Drainase Jalan

Bangunan drainase jalan terdiri dari dua macam, yaitu :

- a. Drainase Permukaan
- b. Drainase Bawah Permukaan

a. Drainase Permukaan

Drainase permukaan adalah sistem drainase yang dibuat untuk mengendalikan air (limpasan) permukaan akibat hujan. Tujuan dari sistem drainase ini untuk memelihara agar jalan tidak tergenang air hujan dalam waktu yang cukup lama.

Sistem drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu :

- Saluran :
 - Saluran Penangkap (*catch ditch*)
 - Saluran Samping (*side ditch*)
- Gorong-gorong (*culvert*)
- Saluran alam (sungai)

Agar aliran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ke tempat pembuangan maka kapasitas saluran drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu. Dimensi sarana drainase ditentukan berdasarkan kapasitas yang diperlukan (Q_s), yaitu harus dapat menampung debit aliran rencana (Q_r) yang timbul akibat curah hujan pada daerah aliran.

Banyak cara untuk menentukan Q_r akibat hujan tetapi yang banyak digunakan dan juga disarankan oleh JICA. *The Asphalt Institute*, AASHTO maupun SNI yaitu metoda Rasional yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dengan besarnya limpasan (debit) :

$$Q = \frac{C \cdot It \cdot A}{3.6} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana :

Q = Debit limpasan (m^3/det)

C = Koefisien limpasan atau pengaliran

It = Intensitas hujan selama waktu konsenrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

(Shirley L Hendarsin. “*Perencanaan Teknik Jalan Raya*”. 2000)

Penggunaan rumus ini menurut AASHTO, disarankan untuk $(A) \leq 0,8 km^2$, sedangkan untuk luas daerah tangkapan $(A) \geq 4 km^2$, *The Asphalt Institute* menyarankan untuk menggunakan rumus Burkli-Ziegler yang merupakan rumus semi rasional.

$$Q = C \cdot It \cdot A \cdot \sqrt[4]{\frac{k}{A}} \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana : Q, A, It , sama dengan rumus rasional

k = Kemiringan permukaan tanah rata-rata pada daerah pengaliran

(Shirley L Hendarsin. “*Perencanaan Teknik Jalan Raya*”. 2000)

Untuk menghitung besarnya hujan rencana dapat digunakan beberapa cara tergantung data curah hujan diantaranya, berikut adalah analisi distribusi frekuensi cara gumbel. Adapun rumus/persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{\Sigma X}{n} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\Sigma(X^2) - X_{\text{rata-rata}} \Sigma X}{n-1}} \dots\dots\dots(2.60)$$

$$\text{Frekuensi hujan pada periode } T (R_T) = X_{\text{rata-rata}} + K S_x \dots\dots\dots(2.61)$$

$$\text{Faktor frekuensi } (K) = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.62)$$

Faktor reduksi (Y_t) dan faktor frekuensi dapat diambil dari tabel 2.29 , untuk menentukan Y_t yanglainnya dapat digunakan tabel Y_n dan S_n pada tabel 2.30 dan 2.31.

Tabel 2.29 Nilai (K) sesuai lama pengamatan

T	Y _T	Lama pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0.3665	- 0.1355	- 0.1434	- 0.1478	- 0.1506	- 0.1526
5	1.4999	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2.2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2.9702	2.6064	2.4078	2.3020	2.2348	2.1881
25	3.1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.4440	2.3933
50	3.9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4.6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6533

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Tabel 2.30 Angka Reduksi Rata-Rata (Yn)

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Tabel 2.31 Angka Reduksi Standar Deviasi (Sn)

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9678	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Untuk mengolah R (frekuensi hujan) menjadi I (intensitas hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$\text{Intensitas Hujan (I)} = \frac{R_{10}}{24} \times \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

Dimana : I = Intensitas hujan, (mm/jam)

Tc = waktu konsentrasi (menit)

Selain intensitas hujan dalam perencanaan drainase jalan juga perlu diperhatikan waktu konsentrasi (Tc). Waktu konsentrasi dibagi menjadi dua, yaitu (t₁) waktu untuk mencapai awal saluran (*inlet time*) dan (t₂) waktu

pengaliran. Untuk drainase permukaan jalan menurut JICA dipakai (t_1), sedangkan untuk saluran atau *culvert* dipakai (t_1+t_2). Rumus yang digunakan untuk memperoleh (t_1) sebagai berikut :

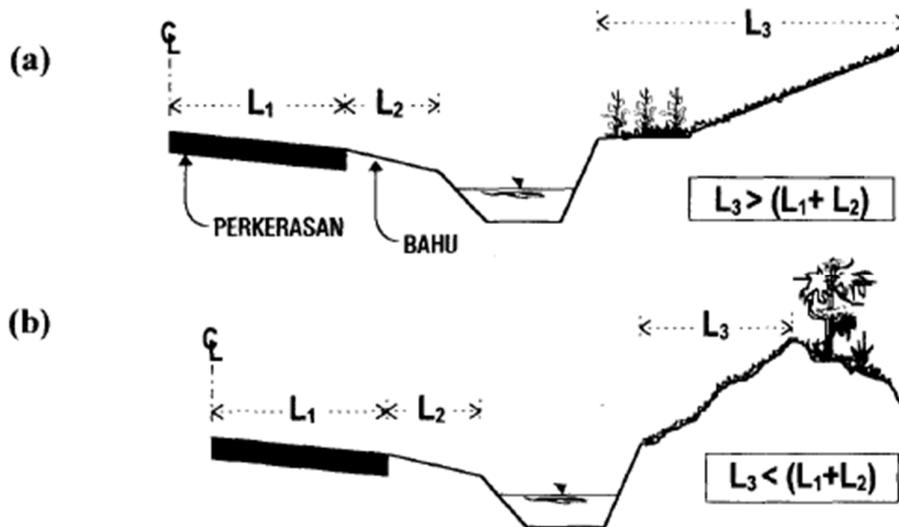
$$t_1 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right]^{0,167} \dots\dots\dots(2.64)$$

Dimana : t_1 = *Inlet time*, (menit)

L_t = panjang dari titik terjauh sampai sarana drainase, (m)

k = Kelandaian permukaan

nd = Koefisien hambatan (pengaruh kondisi permukaan)



Gambar 2.27 Sketsa batas daerah pengaliran yang diperhitungkan

L_1 dan L_2 ditentukan dari klasifikasi jalan, sedangkan L_3 tergantung dari *terrain* di lapangan karena daerah pengaliran dibatasi oleh titik-titik tertinggi pada bagian kiri dan kanan jalan berupa alur sungai yang memotong jalan.

(Shirley L. Hendarsin, " *Perencanaan Teknis Jalan Raya*", 2000)

Tabel 2.32 Koefisien hambatan

Kondisi permukaan yang dilalui aliran	nd
Lapisan Semen dan Aspal Beton	0,013
Permukaan halus dan kedap air	0,02
Permukaan halus dan padat	0,01
Lapangan dan rumput jarang, ladang	0,2
Ladang dan rumput	0,4
Hutan	0,6
Hutan dan rimba	0,8

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Waktu pengaliran dapat diperoleh sebagai pendekatan dengan membagi panjang aliran maksimum saluran samping dengan kecepatan rata-rata aliran pada saluran, adapun kecepatan rata-rata aliran diperoleh dengan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} J^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.65)$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata aliran (m^3/det)

J = $\frac{F}{O}$ = Jari-jari hydraulis (m)

F = Luas penampang basah (m^2)

O = Keliling basah (m)

S = Kemiringan muka iar saluran

n = Koefisien kekasaran Manning

Waktu pengaliran diperoleh dari rumus :

$$t_2 = \frac{L}{(60)V} \dots\dots\dots(2.66)$$

Dimana :

L = Panjang saluran (m)

t₂ = Waktu pengaliran (menit)

(Shirley L. Hendarsin, "*Perencanaan Teknis Jalan Raya*", 2000)

Tabel 2.33 Koefisien kekasaran dari Manning

Jenis sarana drainase		koefisien (n)	
tak diperkeras	- tanah	0,020 ~ 0,025	
	- pasir dan kerikil	0,025 ~ 0,040	
	- dasar saluran batuan	0,025 ~ 0,035	
	- semen mortar	0,010 ~ 0,013	
	- beton	0,013 ~ 0,018	
dibuat di tempat	batu belah	- pasangan batu adukan basah	0,015 ~ 0,030
		- pasangan batu adukan kering	0,025 ~ 0,035
dipasang di tempat	- pipa beton sentrifugal		0,011 ~ 0,014
	- pipa beton		0,012 ~ 0,016
	- pipa bergelombang		0,016 ~ 0,025

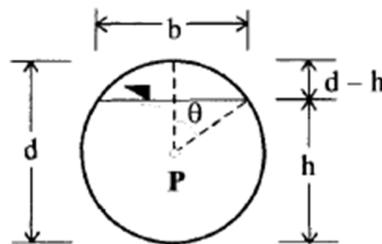
(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

Pada saluran drainase jalan, gorong-gorong termasuk dalam sarana drainase permukaan yang berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan. Gorong-gorong ini ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan. Gorong-gorong ini berfungsi untuk mengalirkan air dari lembah yang satu ke lembah yang lainnya yang ada saluran pembuangan, jadi gorong-gorong ini berfungsi sebagai pengering.

Untuk gorong-gorong ada dua jenis yaitu :

1. Jenis Pipa

Untuk menentukan dimensi *culvert* pada perencanaan sarana drainase jalan, *culvert* dianggap saluran terbuka dengan mengambil *freeboard* (jagaan) = 0,2 d maka $h = 0,8 d$.



Gambar 2.28 Penampang gorong-gorong pipa

Keterangan :

- d = Diameter pipa (m)
- h = Tinggi air maksimum dalam pipa (m)
- b = Lebar permukaan air pada tinggi h (m)
- P = Titik pusat lingkaran pipa

Dari ketentuan tersebut diatas, Q_g (kapasitas *Culvert*) untuk menerima debit aliran dapat ditentukan dengan rumus Manning, yaitu :

$$Q_g = F \cdot V \dots\dots\dots(2.67)$$

Dimana :

- Q_g = Luas penampang basah (m^2)
 - V = Kecepatan aliran (m^3/det) digunakan rumus (2.65)
 - Q_g = Kapasitas gorong-gorong (m^3/det)
- (Shirley L Hendarsin. “*Perencanaan Teknik Jalan Raya*”. 2000)

2. Jenis Persegi

Jenis ini terdiri dari :

- a. *Box Culvert*, adalah gorong-gorong persegi dari beton bertulang yang kaku dengan konstruksi plat dinding, plat atas dan plat atas menyatu, berupa kotak atau *box*.
- b. *Slab Culvert*, adalah gorong-gorong persegi dengan plat atas dari beton bertulang (*slab*) yang ditumpangkan pada konstruksi dinding dari pasangan batu. Jenis ini lebih cocok digunakan pada jalan raya di daerah pantai.

b. Drainase Bawah Permukaan

Drainase bawah permukaan (*sub soil or sub surface drainage*) diperlukan pada lokasi dimana terdapat air yang terkumpul di bawah struktur lapisan perkerasan.

(Shirley L. Hendarsin, “*Perencanaan Teknis Jalan Raya*”, 2000)

2.8.2 Bangunan Penguat Tebing

Bangunan penguat tebing terdiri dari :

- a. Perkuatan Lereng
- b. Stabilisasi Timbunan
- c. Tembok Penahan

- a. Perkuatan Lereng

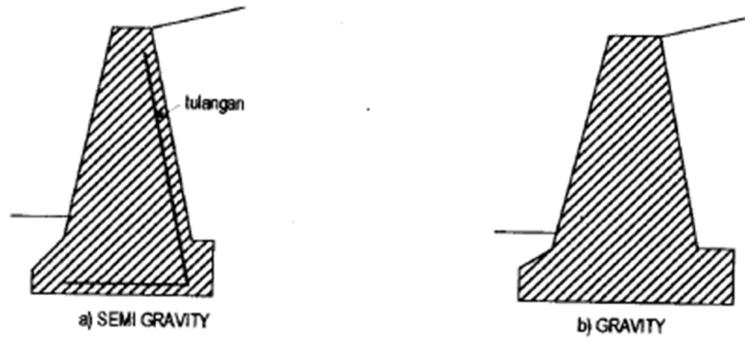
Perkuatan lereng adalah bangunan konstruksi non struktural untuk melindungi lereng timbunan atau galian dari gerusan air dan angin yang sifatnya tidak menahan beban. Manfaat lain dari perkuatan lereng dengan tanaman, disamping untuk menahan gerusan air juga untuk menambah kestabilan lereng dan menambah estetika *landscape* yang baik.

- b. Stabilisasi Timbunan

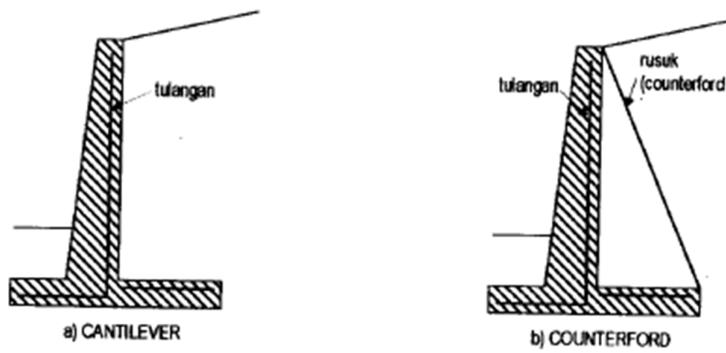
Stabilisasi timbunan pada umumnya banyak digunakan pada peningkatan jalan, ataupun pelebaran. Sedangkan pada jalan baru, pemilihan route jalan dilakukan menghindari tempat-tempat yang labil maupun kondisi medan yang sulit.

- c. Tembok Penahan

Tembok penahan adalah bangunan struktural yang umumnya dibuat untuk menahan badan jalan yang berupa timbunan yang cukup tinggi baik pada daerah dataran rendah yang mempunyai perbedaan tinggi muka air normal dan muka air banjir cukup besar, sehingga konstruksi badan jalan dibentuk berupa timbunan untuk menghindari banjir. Tembk penahan terdiri dari beberapa tipe bentuk yang dilihat dari kontruksinya, yaitu tipe pasangan batu dan tipe beton bertulang.



Gambar 2.29 Tembok Pasangan Batu



Gambar 2.30 Tembok Beton Bertulang

(Shirley L. Hendarsin, “Perencanaan Teknis Jalan Raya”, 2000)

2.8.3 Bangunan Keselamatan Lalu Lintas

Bangunan pelengkap untuk keselamatan dan sarana pengatur lalu lintas terdiri dari :

- a. Pagar pengaman
- b. Patok pengarah
- c. Rambu lalu lintas
- d. Marka jalan
- e. Trotoar dan Kurb

a. Pagar Pengaman

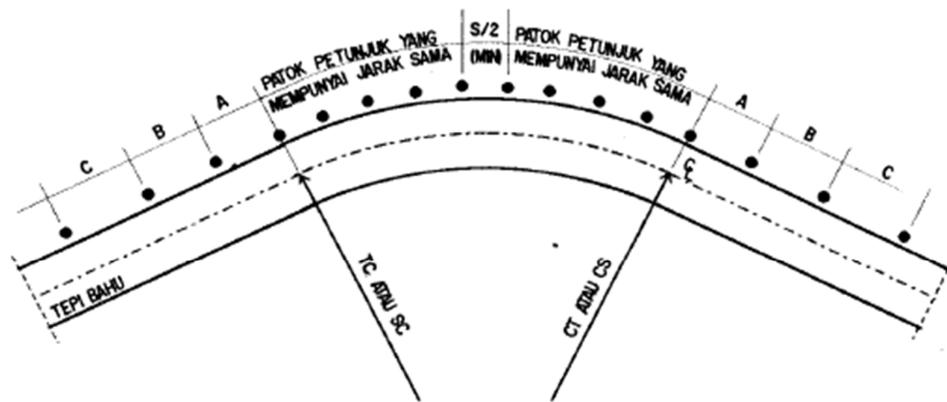
Pagar pengaman atau rel pengaman dipasang pada tikungan yang cukup tajam, dimana pada sisinya merupakan lereng terjal dengan beda tinggi yang cukup besar antara muka jalan dengan muka tanah sisi jalan. Rel pengaman

digantungkan oleh patok-patok beton bertulang dengan jarak antar patok 2 meter. Bahan rel pengaman harus dari baja *galvanize*, sedangkan dimensi dan spesifikasi bahan sesuai dengan standar dari Bina Marga.

b. Patok Pengarah

Disamping patok *kilometer* dan patok *hectometer*, patok beton yang berfungsi sebagai pengarah harus dipasang pada tikungan dan jalan masuk jembatan, dimensi patok sesuai dengan standar dari Bina Marga.

(Shirley L. Hendarsin, "Perencanaan Teknis Jalan Raya", 2000)



PATOK PENGARAH ATAU PATOK PETUNJUK
DIPASANG PADA TIKUNGAN DENGAN RADIUS (R) ≤ 200 Meter

Gambar 2.31 Denah letak patok pengarah

Tabel 2.34 Jarak Antar Patok

Radius (m)	Jarak antar patok (m)			
	S	A	B	C
180 - < 200	15	20	25	30
150 - < 180	14	20	25	30
120 - < 150	13	15	20	25
90 - < 120	12	15	20	25
60 - < 90	10	15	20	20
30 - < 60	8	10	20	20
< 30	6	10	15	15

(Sumber : Shirley, Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 2000)

c. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas dilihat dari fungsinya terdiri dari 3 kelas, yaitu :

- Pengatur atau pengarah, digunakan kode R
- Petunjuk, digunakan kode G
- Peringatan, digunakan kode W

Tabel 2.35 warna yang digunakan pada rambu lalu lintas

Kode	Warna
R	<ul style="list-style-type: none"> - dasar merah, tulisan putih - dasar putih, bingkai merah dan lambang hitam dan putih atau tulisan hitam
W	<ul style="list-style-type: none"> - dasar kuning, bingkai hitam dan tulisan/lambang hitam
G	<ul style="list-style-type: none"> - dasar biru, bingkai putih, lambang dan tulisan putih - dasar biru, bingkai dan dasar lambang putih, lambang hitam - dasar hijau, tulisan dan lambang putih - dasar biru, tulisan kuning

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

d. Marka Jalan

Marka jalan dibuat dengan cat warna putih dan kuning atau dengan material lainnya yang ditetapkan / dibuat pada permukaan perkerasan jalan, kurb atau objek lainnya dengan maksud untuk mengatur lalu lintas atau mengingatkan pengemudi.

e. Trotoar atau Kerb

Trotoar termasuk dalam sarana pedestrian untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Pada jalan luar kota sedikit sekali dikumpai trotoar. Trotoar dapat ditempatkan khusus, juga dapat digunakan sekaligus sebagai penutup saluran samping. Hal ini tergantung dari lahan yang tersedia untuk DAMAJA/DAMIJA.

(Shirley L. Hendarsin, "*Perencanaan Teknis Jalan Raya*", 2000)

Tabel 2.36 Penggunaan Tipikal Marka pada Perkerasan

Tipe	Penggunaan Tipikal
GARIS MEMANJANG	
◦ Garis putih putus-putus	Garis batas lajur untuk jalan multi lajur
◦ Garis kuning putus-putus	dijijinkan untuk menyalip/atau mendahului pada jalan dua lajur dua jalur
◦ Garis putih penuh	Tanda / batas tepi perkerasan
◦ Garis ganda putih penuh	Garis pemisah karena akan ada/ditemui rintangan
◦ Garis kuning penuh	Digunakan bersamaan dengan garis putus-putus warna kuning, yang menunjukkan tidak boleh mendahului di dekat garis penuh
◦ Garis ganda kuning putus - putus	Tepi lajur arus kendaraan berlawanan
◦ Garis titik-titik	Garis tambahan melalui simpang sebidang atau tidak sebidang
GARIS MELINTANG	
◦ Marka pada bahu	untuk menghalangi penggunaan bahu jalan sebagai lajur lalu-lintas
◦ Pasangan garis putih penuh dengan lebar ≥ 15 cm (6 inci) dengan panjang ± 200 cm (6 kaki)	Tempat penyeberangan pejalan kaki (cross walks) atau zebra cross

(Sumber : Shirley, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya*, 2000)

2.9 Rancangan Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

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

1. Produksi kerja alat

Secara umum produksi kerja alat berat apapun jenisnya memiliki pola dan prinsip perhitungan yang sama. Langkah-langkah perhitungan yang harus dilakukan tidak jauh berbeda, hanya saja perhitungan produksi kerja untuk jenis alat tertentu memang memerlukan perhatian khusus karena relatif lebih kompleks.

Adapun langkah dasar perhitungan produksi kerja yaitu :

a. Menghitung kapasitas aktual

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung material yang terbawa dalam satu siklus kerja. Kapasitas aktual tergantung pada ukuran pembawa material yang ada pada setiap alat dan jenis material yang diolah.

$$\text{Ukuran bucket} \times \text{carry factor} \dots \dots \dots (2.57)$$

b. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus dihitung untuk mendapatkan jumlah siklus perjam. Waktu siklus tersebut terdiri dari waktu tetap dan waktu variabel. Waktu siklus sering ditetapkan sebagai waktu konstan untuk semua jenis material dan kondisi.

$$\text{Waktu siklus} = \text{WSD} + \text{WA} + \text{WK} + \text{WT} \dots \dots \dots (2.58)$$

Dimana :

WSD	: Waktu Siklus Dasar
WA	: Waktu Angkut
WK	: Waktu Kembali
WT	: Waktu Tetap

c. Menghitung produksi kerja kasar (PKK)

Menghitung produksi kerja kasar (PKK) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja tanpa mempertimbangkan faktor-faktor efisiensi dan faktor koreksi.

$$\text{Isi aktual bucket x jumlah siklus/jam} \dots\dots\dots(2.59)$$

d. Menghitung produksi kerja aktual (PKA)

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan memperhitungkan semua faktor yang mempengaruhinya.

$$\text{Produksi kerja kasar x faktor efisiensi} \dots\dots\dots(2.60)$$

2. Biaya kepemilikan dan pengoperasian alat berat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan konstruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

a. Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

b. Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

3. Analisa satuan harga pekerjaan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

4. Rencana anggaran biaya (RAB)

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

5. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

6. Rencana kerja

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu yang terperinci untuk setiap jenis pekerjaan mulai dari awal sampai akhir pekerjaan.

a. Kurva S

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

b. Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan metode *network planning*. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat

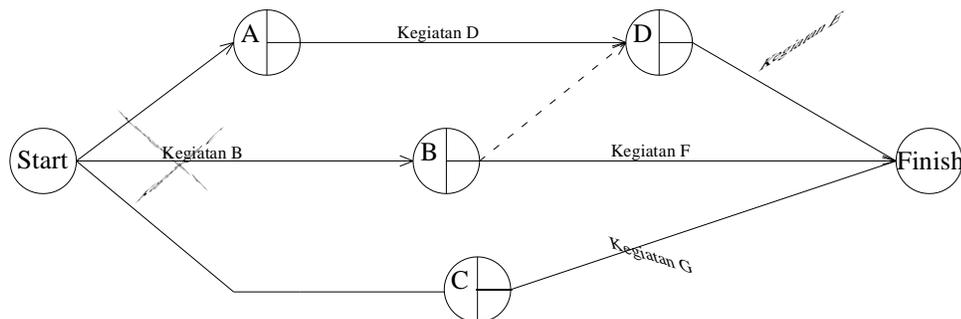
menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

c. *Network planning*

Dalam *network planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya, pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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



Gambar 2.25 Sketsa *Network planning*

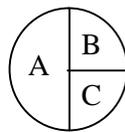
Adapun simbol yang sering digunakan dalam *Network Planning* adalah :

 *Arrow* Bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas/kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan/tugas yang penyelesaiannya membutuhkan waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

 *Node/event* Bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan.

 *Dummy* Bentuk ini merupakan anak panah putus-putus yang artinya semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam satu *network*.

 *Double arrow* Anak panah sejajar yang merupakan kegiatan lintasan kritis (*critical path*).



A = Nomor kejadian

B = 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

C = 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

(Nadia Aryanti, *Manajemen Proyek Sistem Informasi UMB*, 2010)