

BAB II

LANDASAN TEORI

Perencanaan jalan memerlukan suatu acuan, ketetapan, dan standar agar jalan yang direncanakan menjadi jalan yang aman, nyaman, dan ekonomis. Acuan dasar yang menjadi pedoman didalam perencanaan ini ialah Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) N0. 38/T/BM/1997 dan Dasar - dasar Perencanaan Geometrik Jalan oleh Silvia Sukirman, serta Perencanaan Perkerasan Lentur Departemen PU Bina Marga.

2.1 Klasifikasi Jalan

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan menjadi 4 klasifikasi yaitu :

- Klasifikasi menurut fungsi jalan
- Klasifikasi menerut kelas jalan
- Klasifikasi menurut medan jalan, dan
- Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (Bina Marga 1997)

2.1.1 Klasifikasi Menerut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri dari atas 3 golongan yaitu :

- a. Jalan Arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan Lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.1.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalulintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1 (Pasal 11, PP. No. 43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.1.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Nomor	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Perbukitan	B	3 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase

jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

2.1.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No. 26/1985 adalah jalan Nasional, jalan Propinsi, jalan Kabupaten / Kotamadya, jalan Desa, dan jalan khusus.

2.2 Kriteria Perencanaan

Perencanaan jalan raya yang baik harus memenuhi berbagai macam aspek kriteria, antara lain kendaraan rencana, satuan mobil penumpang, volume lalu lintas, dan kecepatan rencana.

2.2.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori dapat dilihat pada tabel 2.3 :

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

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	depan	Belakang	Min	Max	
Kend. Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kend. Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kend. Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.2.2 Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis-jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ekvivalen Mobil Penumpang (emp)

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

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.2.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya kecuali didasarkan pada fungsinya juga dipertimbangkan pada besarnya volume serta sifat lalu lintas yang diharapkan akan menggunakan jalan yang bersangkutan. Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) yang besarnya menunjukkan jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk kedua jurusan.

Dalam menghitung besarnya volume lalu lintas untuk keperluan penetapan kelas jalan, kecuali untuk jalan-jalan yang tergolong dalam kelas II C dan III, kendaraan yang tak bermotor tak diperhitungkan dan untuk jalan-jalan kelas II A dan I, kendaraan lambat tidak diperhitungkan, seperti halnya kendaraan tak bermotor.

Khusus untuk perencanaan jalan-jalan kelas I, sebagai dasar harus digunakan volume lalu lintas pada saat-saat sibuk. Sebagai volume waktu sibuk yang digunakan untuk dasar suatu perencanaan ditetapkan sebesar 15 % dari volume harian rata-rata. Volume waktu sibuk ini selanjutnya disebut volume tiap jam untuk perencanaan atau disingkat VDP dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Jalan Terhadap VLHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (VLHR) dalam smp
Arteri	I	> 20.000
Kolektor	II A	6.000 sampai 20.000
	II B	1.500 sampai 8.000
	II C	< 2.000
Lokal	III	-

Sumber : Peraturan perencanaan geometrik jalan raya, ditjen Bina Marga 1970

2.2.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan, yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari tabel 2.6, dan untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan.

Fungsi	Kecepatan Rencana (VR) km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.3 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas
 - a. Jalur lalulintas
 - b. Lajur lalulintas
 - c. Bahu jalan
 - d. Trotoar
 - e. Median
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan
 - a. Saluran samping
 - b. Kemiringan melintang jalur lalulintas
 - c. Kemiringan lereng
3. Bagian pelengkap jalan
 - a. Kereb
 - b. Pengaman tepi
4. Bagian konstruksi jalan
 - a. Lapisan permukaan perkerasan jalan
 - b. Lapisan pondasi atas
 - c. Lapisan pondasi bawah
 - d. Lapisan tanah dasar
5. Daerah manfaat jalan (Damaja)
6. Daerah milik jalan (Damija)
7. Daerah pengawasan jalan (Dawasja)

Bagian-bagian dari jalan tersebut, mempunyai peran masing-masing agar jalan berfungsi secara optimal, namun adapun bagian yang tidak dibahas karena bagian tersebut tidak terdapat dalam perencanaan ini, bagian tersebut ialah trotoar, median, kereb, dan pengaman tepi.

2.3.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari satu lajur atau lebih. Jalur lalu lintas dapat terdiri dari beberapa tipe, seperti :

1. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
2. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
3. 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
4. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), dimana n = jumlah lajur

Keterangan : TB = Tidak terbagi

B = Terbagi

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

Tabel 2.7 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
< 3.000	6,0	1,5	6,0	1,5	6,0	1,0
3.000 s/d 10000	7,0	2,0	7,0	1,5	7,0	1,5
10.001 s/d 25000	7,0	2,0	7,0	2,0	-	
> 25.000	2n x 3,5	2,5	2n x 3,5	2,0	-	

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.3.2 Lajur Lalu Lintas

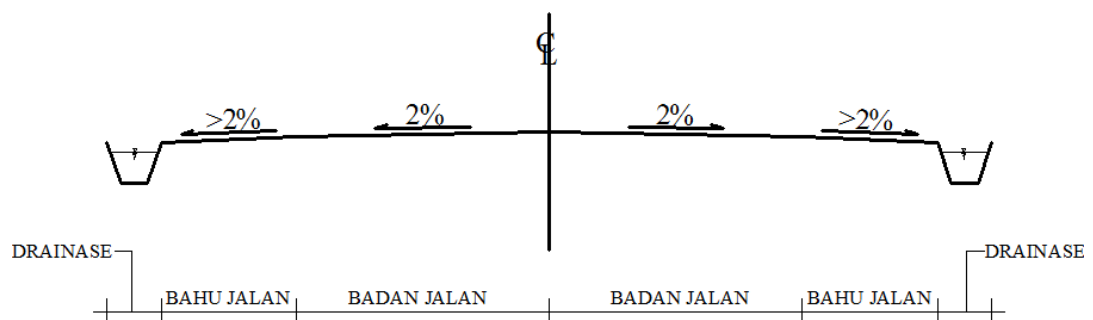
Lajur adalah bagian dari jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan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

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0,8. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyement lurus/jalan lurus memerlukan kemiringan melintang normal, untuk perkerasan kaku (beton) dan perkerasan lentur (aspal) kemiringan melintang normal adalah 2 – 3 %, sedangkan pada perkerasan yang hanya menggunakan kerikil kemiringannya adalah 4 – 5 % sebagai contoh lihat gambar 2.1.

Tabel 2.8 Lebar Lajur Jalan Ideal

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

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997



Gambar 2.1 Kemiringan Melintang Jalan Normal

Banyaknya lajur yang dibutuhkan sangat tergantung dari volume lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut sesuai dengan tingkat pelayanan yang diharapkan.

2.3.3 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian yang terletak di tepi jalur lalu lintas dengan tipe perkerasannya yang diperkeras atau yang tidak diperkeras. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

1. Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat
2. Ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan
3. Penyangga struktur badan jalan dari sisi luar, untuk menjaga kestabilan perkerasan agar tidak bergeser ataupun amblas.

Untuk mengetahui lebar bahu jalan yang dibutuhkan, lihat pada Tabel 2.7, berdasarkan kelas jalan dan volume lalu lintas harian rata-rata.

2.4 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti (Jh) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap detik di sepanjang jalan harus memenuhi Jh.

Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Jarak pandang henti terdiri dari dua elemen, yaitu :

1. Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman (Jhp) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

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

$$J_h = \frac{V_r}{3.6} T + \frac{\left(\frac{V_r}{3.6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

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 aspal (0,35 – 0.55)

Persamaan 2.1 disederhanakan menjadi :

$$J_{hb} = 0,694 \times V_{Rrb} + 0,004 \times \frac{V_{R^2}}{F} \dots\dots\dots (2.2)$$

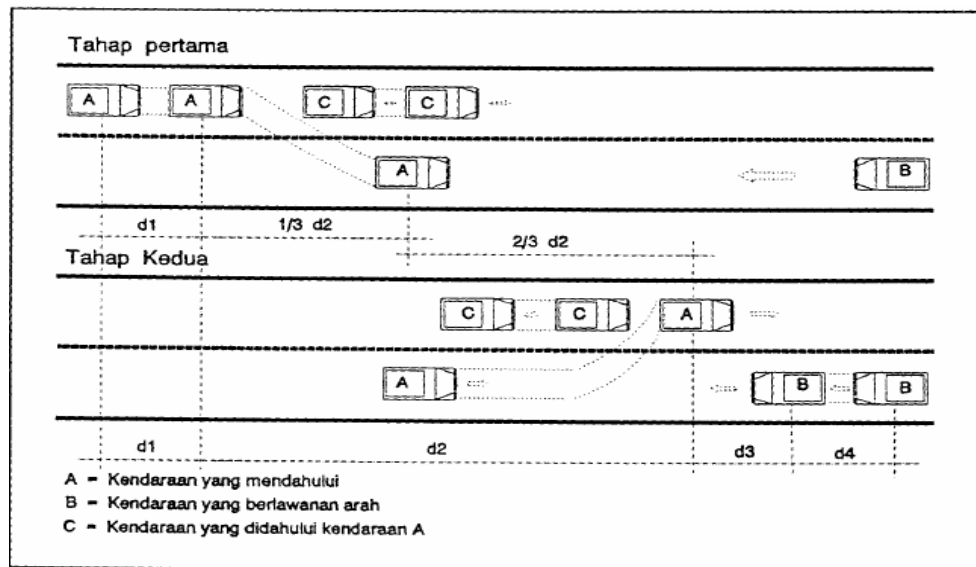
Tabel 2.9 Berisi J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan (2.2) dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_r .

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum.

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

2.5 Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak memungkinkan suatu kendaraan memotong kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat gambar 2.2). Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm.



Gambar 2.2 Jarak Pandang Mendahului

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

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d_2 = Jarak yang ditempu selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula
- d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setela 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)

Jarak pandang mendahului yang sesuai dengan V_r ditetapkan dari tabel 2.10. Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Tabel 2.10 Panjang Jarak Pandang Mendahului.

V_r , km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d minimum (m)	800	670	550	350	250	200	15	10

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.6 Alinyement Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri 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, serta pada bagian lurus pun terdapat standar umum agar jalan yang direncanakan menjadi jalan yang aman dan nyaman.

2.6.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (Sesuai V_r). Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari tabel 2.11

Tabel 2.11 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

2.6.2 Gaya Sentrifugal

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap (V) pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja suatu gaya kecepatan dan gaya setrifugal (F), gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari lajur jalannya, berarah tegak lurus terhadap gaya kecepatan.

Gaya sentrifugal menimbulkan rasa tidak nyaman pada pengemudi kendaraan, dengan demikian untuk dapat mempertahankan kendaraan

tersebut agar tetap pada sumbu lajur jalannya, maka perlu adanya gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut sehingga menjadi suatu keseimbangan.

Gaya sentrifugal (F) yang terjadi adalah $(F) = m \cdot a$

Dimana :

m : massa = (G/g)

G : Berat kendaraan

g : Gaya gravitasi bumi

a : Percepatan sentrifugal = V^2/R

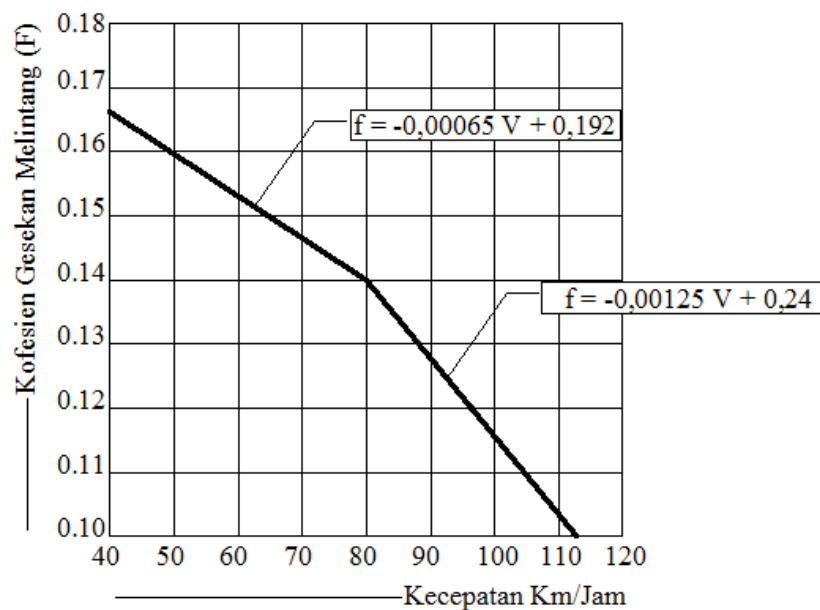
V : Kecepatan kendaraan

R : Jari-jari lengkung lintasan

Dengan demikian besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = \frac{G \cdot v^2}{G \cdot R} \dots\dots\dots (2.4)$$

Gaya yang mengimbangi gaya sentrifugal tersebut dapat berasal dari gaya gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan, serta komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan. Nilai koefisien dapat berbeda tergantung dengan kecepatan rencana. Sesuai dengan gambar 2.3.



Gambar 2.3 Koefisien Gesekan Melintang Maksimum untuk Desain

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa :

$$V < 80 \text{ km/jam maka, } f = -0,00065 V + 0,192 \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V \geq 80 \text{ km/jam maka, } f = -0,00125 V + 0,240 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

2.6.3 Hubungan Antara Derajat Lengkung dan Radius Lengkung

Pada umumnya berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada lengkung horizontal, pada kecepatan (V) dinyatakan dalam km/jam, gravitasi (g) = 9,81 m/det², dan jari-jari (R) dalam satuan meter, maka diperoleh rumus sebagai berikut :

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

Derajat lengkung (D) adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m. Semakin besar R semakin kecil D dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya semakin kecil R, semakin besar D dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan.

Berdasarkan ketentuan diatas maka, dapat dibuat rumus sebagai berikut :

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

2.6.4 Radius Minimum atau Derajat Lengkung Maksimum

Besarnya radius lengkung horizontal dipengaruhi oleh nilai superelevasi (e) dan koefisien gesekan kendaraan (f) serta nilai kecepatan rencana yang ditetapkan, sesuai dengan persamaan :

$$e + f = V^2/127 R \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya dihindarkan merencanakan alinyemen horizontal jalan dengan mempergunakan radius minimum yang menghasilkan lengkung tertajam. Radius minimum hanya merupakan harga batas sebagai petunjuk dalam memilih radius untuk perencanaan saja.

R minimum dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus atau mengacu pada tabel 2.12 dibawah ini :

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{\max} + f)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f)}{V_r^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

- R_{min} = Jari-jari tikungan minimum (m)
- V_r = Kecepatan rencana (km/jam)
- e _{maks} = Superelevasi maksimum (%)
- F = Koefisien gesek

Tabel 2.12 Panjang Jari-Jari Minimum (dibulatkan)

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R _{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

2.6.5 Lengkung Peralihan

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

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*), namun dalam tata cara ini digunakan bentuk sprial. Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

1. Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan V_r)

2. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman, dan
3. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui ($r_{e\text{-maks}}$) yang ditetapkan sebagai berikut :
 - a. Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, $r_{e\text{-maks}} = 0,035$ m/m/detik
 - b. Untuk $V_r \geq 80$ km/jam, $r_{e\text{-maks}} = 0,025$ m/m/detik

Lengkung peralihan ditentukan dari tiga rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar.

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_S = \frac{V_r}{3.6} T \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana : T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan,
ditetapkan 3 detik

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_S = 0.022 \cdot (V_r^3/R \cdot C) - 2,727 \cdot (V_r^e/C) \dots\dots\dots (2.13)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_S = \frac{(e_m - e_n) V_r}{3,6 r_e} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana : e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

Selain menggunakan ketiga rumus diatas, untuk tujuan praktis L_s dapat ditetapkan dengan menggunakan tabel 2.13

Tabel 2.13 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Pencapaian Superlelevasi (L_e) untuk Jalan 1 Lajur – 2 Lajur – 2 Arah

Vr (km/jam)	Superlevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	35	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	40	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	65	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	70	70	100	100	130
100	35	65	45	80	55	80	80	110	110	145
110	40	75	50	85	60	90	90	120	-	-
120	40	80	55	90	70	95	95	135	-	-

Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, ditjen Bina Marga 1997

Lengkung peralihan yang berupa spiral harus memerlukan beberapa patok yang terdiri dari parameter-parameter, sehingga dapat menjadi sebuah lengkung dengan jari-jari tak terhingga. Parameter-parameter itu antara lain adalah parameter $k, p, x,$ dan y . Parameter tersebut dapat diperoleh dengan rumus :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40Rc} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rc} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{“Besarnya sudut spiral } \theta_s \text{ sepanjang } L_s \text{”} = \frac{L_s}{2Rc} \text{ radial} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot Rc} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc (1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40Rc^2} - Rc \sin\theta_s \dots\dots\dots (2.20)$$

2.6.6 Bentuk Lengkung Horizontal

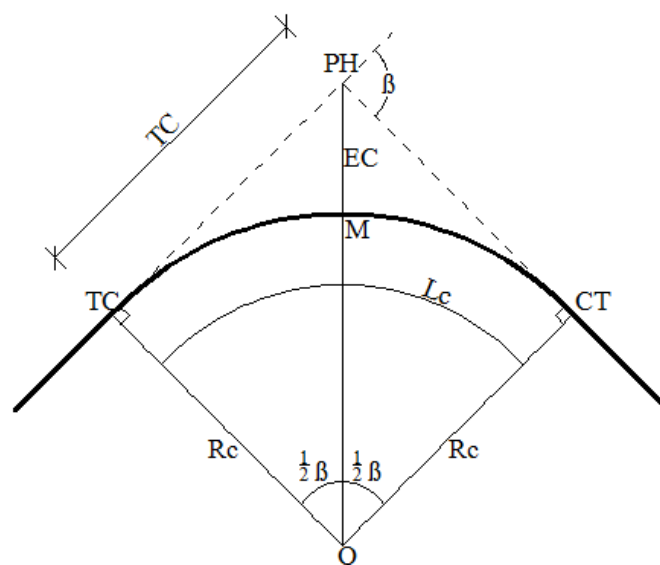
Ada tiga jenis bentuk lengkung horizontal yaitu :

- Lengkung busur lingkaran sederhana (full circle)
- Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan (spiral-cicle-spiral)
- Lengkung peralihan saja (spiral-spiral)

1. Lengkung Busur Lingkaran Sederhana

Lengkung berbentuk lingkaran sederhana diperbolehkan hanya untuk lengkung dengan radius yang cukup besar, lengkung berbentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar yang mengakibatkan timbulnya kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar, hal tersebut terjadi apabila tidak diimbangi dengan jari-jari lingkaran yang besar.

Lengkung busur lingkaran sederhana hanya dapat dipilih untuk radius lengkung yang besar, dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3%. Radius yang memenuhi persyaratan untuk setiap kecepatan rencana tertentu, merupakan R yang terletak di atas garis pada tabel 2.14 untuk super elevasi maksimum 10%.



Gambar 2.4 Lengkung Busur Lingkaran Sederhana

Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 10% metoda bina marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,25	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,50	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,75	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,00	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,25	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,50	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,75	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,00	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,50	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,00	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,50	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,00	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,50	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,00	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,00	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dm = 5,12	
7,00	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dm = 6,82			
8,00	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,00	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,0	143	0,079	45	0,095	60	Dm = 9,12					
11,0	130	0,083	45	0,098	60						
12,0	119	0,087	45	0,100	60						
13,0	110	0,091	50	Dm = 12,79							
14,0	102	0,093	50								
15,0	95	0,096	50								
16,0	90	0,097	50								
17,0	84	0,099	60								
18,0	80	0,099	60								
19,0	75	Dm = 18,89									

Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan, oleh silvia sukirman 1999

Keterangan :

LN = Lereng jalan normal diasumsikan 2 %

LP = Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal

Gambar 2.4 menunjukkan lengkung horizontal berbentuk busur lingkaran sederhana. Bagian lurus dari jalan (di kiri TC atau di kanan CT) dinamakan bagian ‘Tangen’. Titik peralihan dari bentuk tangen ke bentuk busur lingkaran (circle) dinamakan titik TC dan titik peralihan dari busur lingkaran (circle) ke tangen dinamakan titik CT, adapun rumus untuk mendapatkan nilai-nilai dari komponen tersebut adalah sebagai berikut :

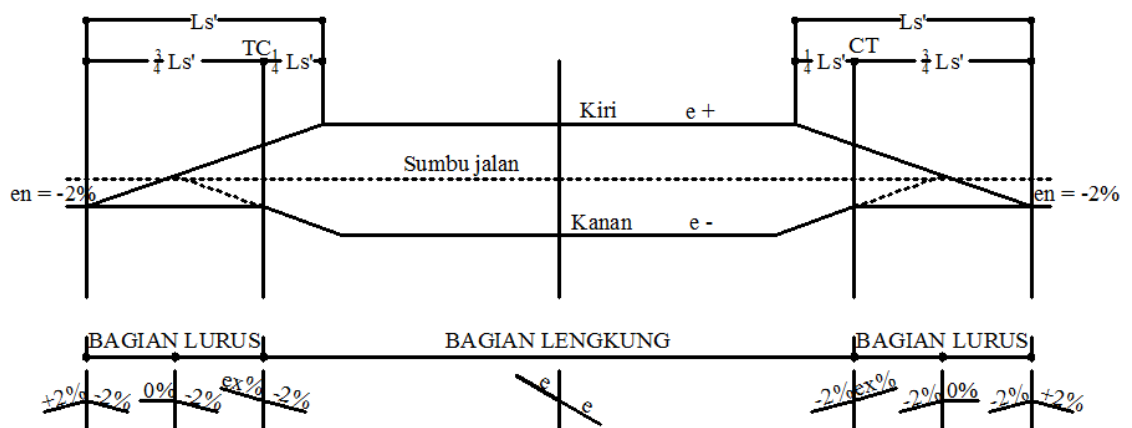
$$T_c = R_c \operatorname{tg} \frac{1}{2} \beta \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

$$E_c = \frac{R_c (1 - \cos \frac{1}{2} \beta)}{\cos \frac{1}{2} \beta}$$

$$E_c = T_c \operatorname{tg} \frac{1}{4} \beta \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L_c = 0,01745 \beta R_c \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

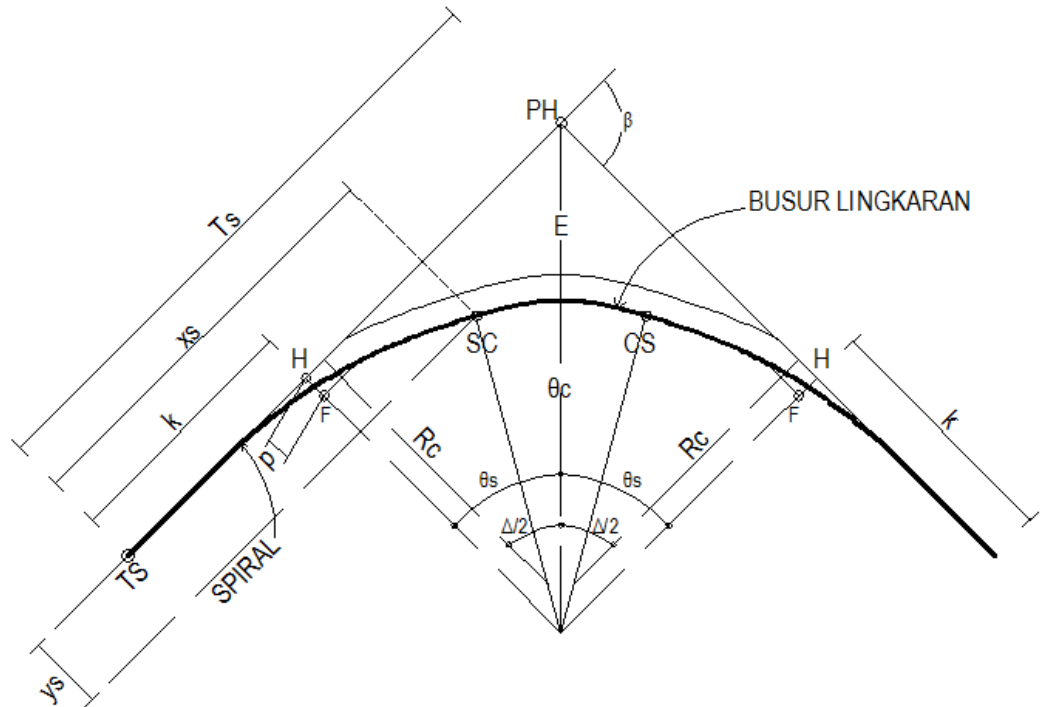
Karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_s'$ dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $\frac{1}{4} L_s'$ ditempatkan dibagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Lihat gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram Superelevasi Lengkung Busur Lingkaran Sederhana Berdasarkan Bina Marga

2. Lengkung Busur Lingkaran dengan Lengkung Peralihan (Spiral-Lingkaran-Spiral)

Gambar 2.6 menggambarkan sebuah lengkung spiral-lingkaran-spiral (S-C-S) simetris (panjang lengkung peralihan dari TS ke SC sama dengan dari CS ke ST (sama dengan lengkung spiral (L_s))



Gambar 2.6 Lengkung Spiral-Lingkaran-Spiral Simetris

Beberapa variabel pada gambar 2.6 dapat diperoleh nilainya dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\theta_c = \beta - \theta_s \dots\dots\dots (2.24)$$

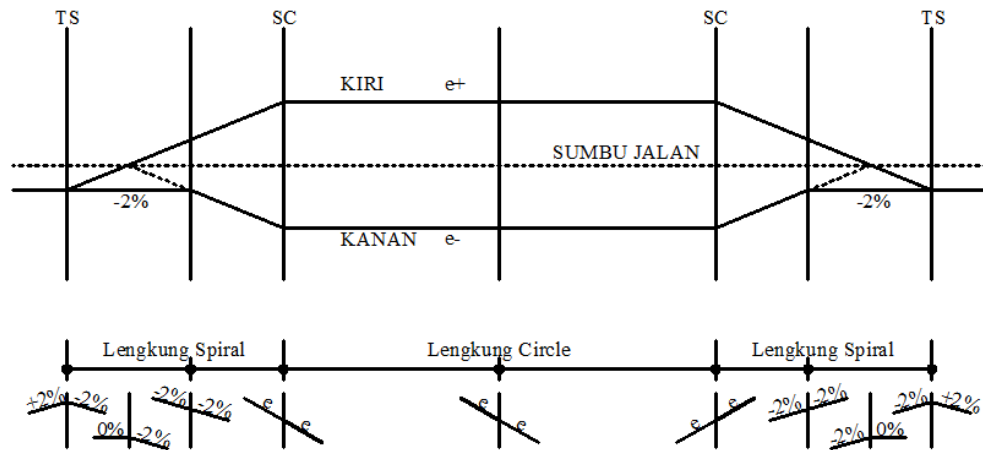
$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \beta - R_c \dots\dots\dots (2.25)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \beta + k \dots\dots\dots (2.26)$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \pi R_c \dots\dots\dots (2.27)$$

Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius sama dengan R_c

diakhir spiral (kanan SC). Dan untuk diagram super elevasi dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram superelevasi untuk spiral-lingkaran-spiral

3. Lengkung Spiral – Spiral

Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran sama dengan nol, dan nilai θ_s nya sama dengan setengah dari sudut beta sesuai gambar 2.8. R_c yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Panjang lengkung peralihan yang digunakan harus mengacu pada persamaan dibawah ini :

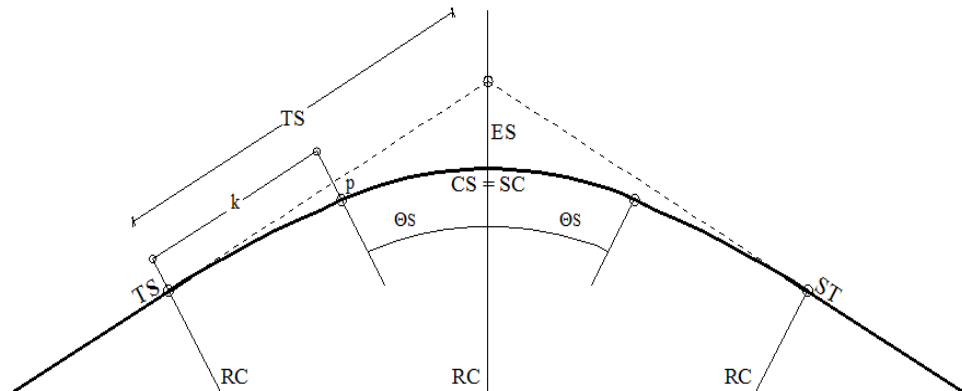
$$L_s = \frac{\theta_s \pi R_c}{90} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} \beta \dots\dots\dots (2.29)$$

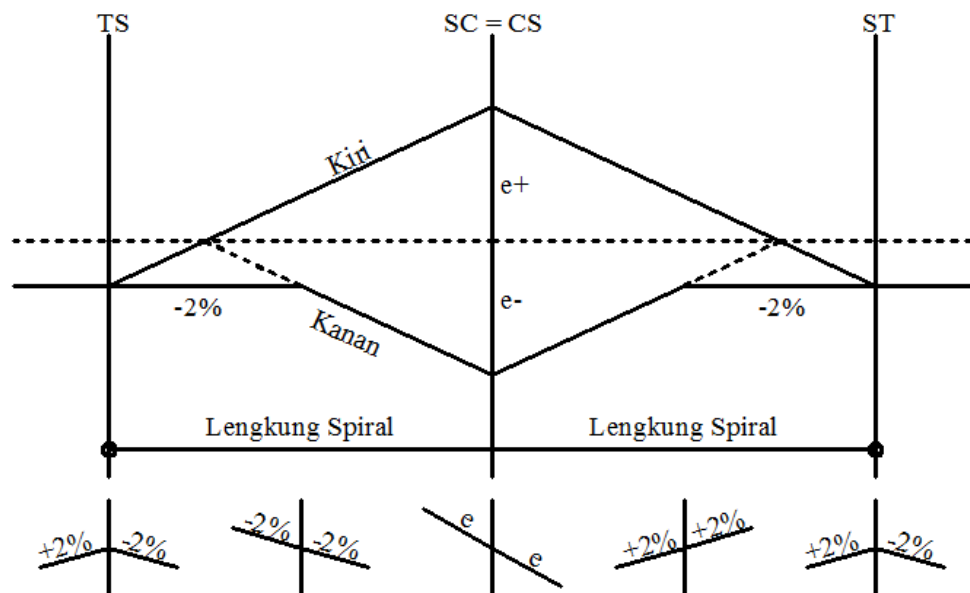
$$L_s \text{ minimum} = m \times (e + e_n) \times \frac{1}{2} B \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

- m : Nilai satu per kelandaian relatif maksimum = 125
- e : Superelevasi rencana
- e_n : Superelevasi normal
- B : Lebar badan jalan



Gambar 2.8 Lengkung Spiral – Spiral



Gambar 2.9 Diagram Superelevasi Lengkung Spiral – Spiral

Diagram superelevasi pada gambar 2.9 menggambarkan besarnya kemiringan melintang di setiap titik pada lengkung horizontal

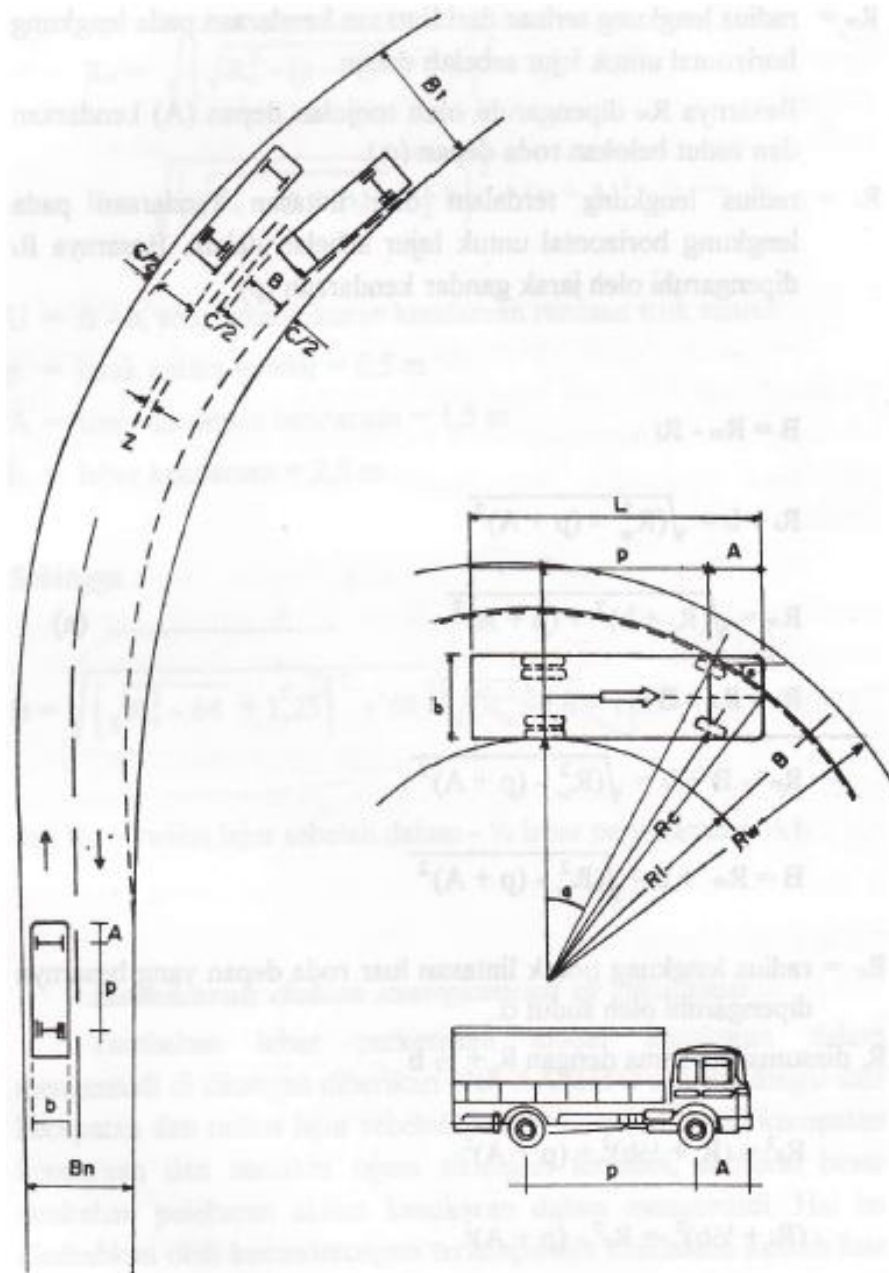
2.6.7 Pelebaran Perkerasan Pada Lengkung Horizontal

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

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

Untuk menghindari hal tersebut, maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya truk tunggal merupakan jenis kendaraan yang dipergunakan sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Elemen-elemen pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari *Off tracking* (U) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Z).

Perencanaan geometrik jalan antar kota Bina Marga memperhitungkan besarnya lebar jalur tambahan (B) dengan mengambil posisi kritis kendaraan yaitu pada saat roda depan kendaraan pertama kali dibelokan dan tinjauan dilakukan untuk lajur sebelah dalam. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.10 yang berdasarkan kendaraan rencana truk tunggal.



Gambar 2.10 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Adapun beberapa variabel yang terdapat pada gambar diatas adalah sebagai berikut :

- Jarak antara gandar (p) = 7,6 m
- Tonjolan depan kendaraan (A) = 2,1 m
- Lebar kendaraan (b) = 2,6 m

Secara analitis lebar perkerasan jalan yang dibutuhkan di tikungan adalah :

$$B = n (b' + c) + (n + 1) Td + Z \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

$$b' = b + b'' \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$b'' = R - \sqrt{R^2 - p^2} \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Td = \sqrt{R^2 + A(2p + A)} - R \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\epsilon = B - W \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

$$Z = 0,105 \frac{Vr}{\sqrt{R}} \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan

n = Jumlah lajur lintasan

b' = Lebar lintasan kendaraan pada tikungan

c = Kebebasan samping (0,8m)

Td = Lebar tambahan akibat kelainan dalam mengemudi

W = Lebar perkerasan

ϵ = Pelebaran perkerasan

R = Jari-jari rencana

Z = Kesukaran dalam mengemudi di tikungan

Kebiasaan samping di kiri dan kanan jalan tetap harus dipertahankan demi keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan samping (C) sebesar 0,5 m, 0,8 m, dan 1,25 m cukup memadai untuk jalan dengan lebar jalur 6 m, 7 m, dan 7,50 m.

2.7 Lengkung Vertikal

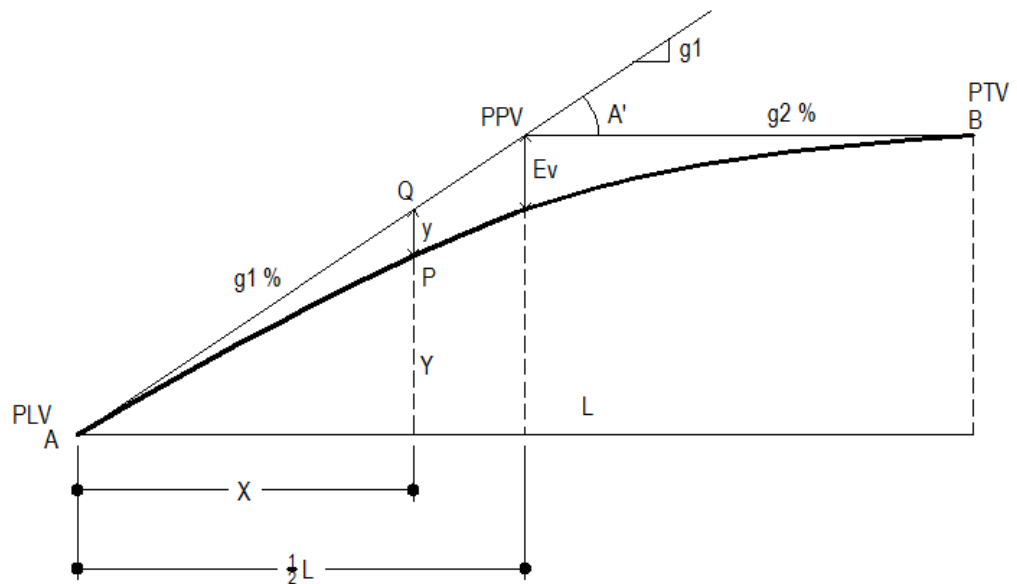
Pergantian dari satu kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal/ lengkung vertikal tersebut direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi keamanan, kenyamanan dan mengoptimalkan drainase.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah

- Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
- Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

2.7.1 Persamaan Lengkung Vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang umum dipergunakan adalah berbentuk lengkung parabola sederhana seperti gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Lengkung Vertikal Parabola

Titik A, titik peralihan dari bagian tangen ke bagian lengkung vertikal biasa diberi simbol PLV (peralihan lengkung vertikal). Titik B, titik peralihan dari bagian lengkung vertikal ke bagian tangen (peralihan tangen vertikal = PTV). Titik perpotongan kedua bagian tangen diberi nama titik PPV (pusat perpotongan vertikal).

Letak titik-titik pada lengkung vertikal dinyatakan dengan ordinat Y dan X terhadap sumbu koordinat yang melalui titik A. Pada penurunan rumus lengkung vertikal terdapat beberapa asumsi yang dilakukan, yaitu :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung pada bidang horizontal = L
- Perubahan garis singgung tetap ($d^2Y/dx^2 = r$)

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan untuk mencari nilai variabel pada gambar 2.11 yaitu :

$$EV = (A \times LV) / 800 \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

$$y = \frac{A}{200 LV} x^2 \quad \dots\dots\dots (2.38)$$

$$Y = x \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

dimana :

EV : Beda tinggi antara titik PPV dengan PVI (titik tengah lengkung rencana)

x : jarak titik yang ditinjau berdasarkan jarak PLV atau PTV

LV : Panjang/jarak antara PLV dengan PTV secara horizontal

g : gradient rencana atau persen kemiringan permukaan jalan

Y : Beda tinggi antara PTV atau PTV terhadap titik Q.

Besarnya kelandaian bagian tangen dinyatakan dengan g_1 dan g_2 . Persen kelandaian diberi tanda positif jika pendakian, dan diberi tanda negatif jika penurunan, yang ditinjau dari kiri.

Untuk menentukan panjang lengkung (LV) pada alinyemen vertikal ada empat (4) macam tinjauan, yaitu berdasarkan pandangan henti (Dh), berdasarkan dengan penyerapan guncangan, berdasarkan kebutuhan akan drainase, dan berdasarkan kenyamanan perjalanan.

1. Pandangan Henti (Dh)

Untuk menentukan panjang lengkung berdasarkan pandangan henti (Dh) ialah dengan menggunakan rumus :

$$Dh = \frac{v}{3,6} \times t + \frac{\left(\frac{v}{3,6}\right)^2}{2gf}$$

$$LV = Dh^2 \times \frac{A}{398} \dots\dots\dots (2.40)$$

Persamaan diatas berguna untuk mencari panjang lengkung vertikal yang disesuaikan dengan kenyamanan pengendara yang mencacu kepada jarak pandang henti pengendara.

2. Penyerapan guncangan (S)

Penyerapan guncangan menjadi sebuah pertimbangan dari hasil panjang lengkung vertikal berdasarkan pandangan henti, adapun rumus untuk menentukan ukuran tersebut ialah :

$$LVS = V^2 \times \frac{A}{360} \dots\dots\dots (2.41)$$

3. Lengkung Vertikal Berdasarkan Drainase

Lengkung vertikal yang panjang dan relatif datar dapat menyebabkan kesulitan dalam masalah drainase jika disepanjang jalan dipasang kerib, air disamping jalan tidak mengalir lancar. Untuk menghindari hal tersebut, di atas panjang lengkung vertikal biasanya dibatasi tidak melebihi 50 A.

Persyaratan panjang lengkung vertikal cembung sehubungan dengan drainase :

$$LV = 50 A \dots\dots\dots (2.42)$$

4. Lengkung Vertikal Berdasarkan Kenyamanan Perjalanan

Panjang lengkung vertikal juga harus baik dilihat secara visual. Jika perbedaaan aljabar landai kecil, maka panjang lengkung vertikal yang dibutuhkan pendek, sehingga alinyemen vertikal tampak melengkung. Oleh karena itu disyaratkan panjang lengkung yang diambil untuk perencanaan idak kurang dari 3 detik perjalanan ($t > 3$ detik)

$$LV = \frac{Vr}{3,6} \times t \dots\dots\dots (2.43)$$

2.7.2 Kelandaian Pada Alinyemen Vertikal Jalan

Ada beberapa aspek kelandaian pada jalan yang perlu diperhatikan, aspek tersebut adalah sebagai berikut

- Landai minimum
- Landai maksimum
- Panjang kritis suatu kelandaian
- Landai pendakian

1. Landai minimum

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

- a. Landai datar untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air diatas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- b. Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
- c. Landai minimum sebesar 0,3 – 0,5 % dianjurkan untuk jalan – jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan yang dibutuhkan untuk membuat kemiringan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

2. Landai Maksimum

Kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walaupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk yang terbebani penuh. Pengaruh dari adanya kelandaian ini dapat terlihat dari berkurangnya kecepatan jalan kendaraan atau mulai dipergunakannya gigi rendah. Kelandaian tertentu

masih dapat diterima jika kelandaian tersebut mengakibatkan kecepatan jalan tetap lebih besar dari setengah kecepatan rencana. Untuk membatasi pengaruh perlambatan kendaraan truk terhadap arus lalu lintas, maka ditetapkan landai maksimum untuk kecepatan rencana tertentu. Bina Marga (luar kota) menetapkan kelandaian maksimum seperti pada tabel 2.15, yang dibedakan atas kelandaian maksimum standar dan kelandaian maksimum mutlak. Jika tidak terbatas oleh kondisi keuangan, maka sebaiknya dipergunakan kelandaian standar. AASHTO membatasi kelandaian maksimum berdasarkan keadaan medan apakah datar, perbukitan ataukah pegunungan.

3. Panjang Kristis Suatu Kelandaian

Landai maksimum saja tidak cukup merupakan faktor penentu dalam perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan truk yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja.

Tabel 2.15 Kelandaian Maksimum Jalan

Kecepatan rencana km/jam	Jalan Arteri luar kota (AASHTO '90)			Jalan antar kota (Bina Marga)	
	Datar	Perbukitan	Pegunungan	Kelandaian maksimum standar (%)	Kelandaian maksimum mutlak (%)
40				7	11
50				6	10
60				5	9
64	5	6	8		
80	4	5	7	4	8
96	3	4	6		
113	3	4	5		

Sumber : *Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan, oleh silvia sukirman 1999*

Batas kritis umumnya diambil jika kecepatan truk berkurang mencapai 30 – 75 % kecepatan rencana, atau kendaraan terpaksa mempergunakan gigi rendah. Pengurangan kecepatan truk dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rencana dan kelandaian. Kelandaian pada kecepatan rencana yang tinggi akan mengurangi kecepatan truk sehinggaberkisar antara 30 – 50 % kecepatan rencana selama 1 menit perjalanan. Tetapi pada kecepatan yang rendah, kelandaian tidak begitu mengurangi kecepatan truk. Kecepatan truk selama 1 menit perjalan, pada kelandaian $\pm 10\%$ dapat mencapai 75% kecepatan rencana.

Pada tabel 2.16 memberikan panjang kritis yang disarankan oleh Bina Marga (luar kota), yang merupakan pemisalan dari 1 menit perjalanan, dan truk bergerak dengan penuh. Kecepatan truk pada saat mencapai panjang kritis adalah sebesar 15 – 20 km/jam.

Tabel 2.16 Panjang Kritis untuk Kelandaian yang Melebihi Kelandaian Maksimum Standar

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

Sumber : Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan, oleh silvia sukirman 1999

2.8 Konstruksi Perkerasan Jalan

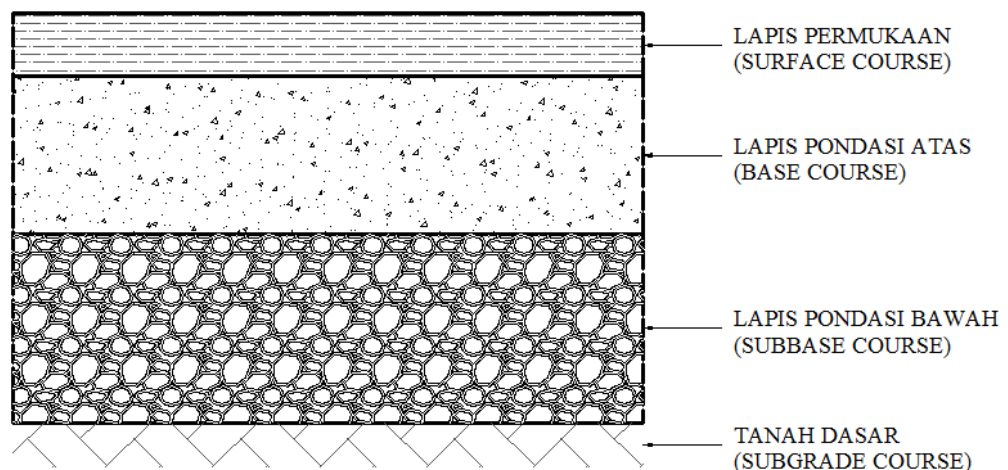
Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapisan

perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasardan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannyadiharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan alan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003)

2.8.1 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis, sesuai dengan bahan pengikat yang digunakan serta komposisi dari komponen kosntruksi perkerasan itu sendiri, jenis-jenis tersebut antara lain adalah :

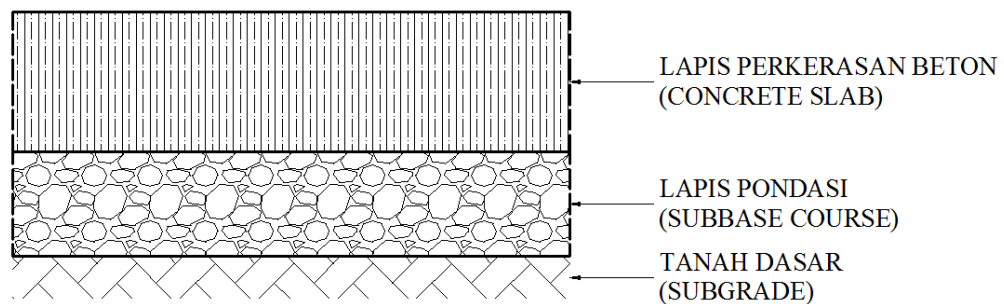
1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat aspal
 - b. Sifat dari perkersan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda)
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)



Gambar 2.12 Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

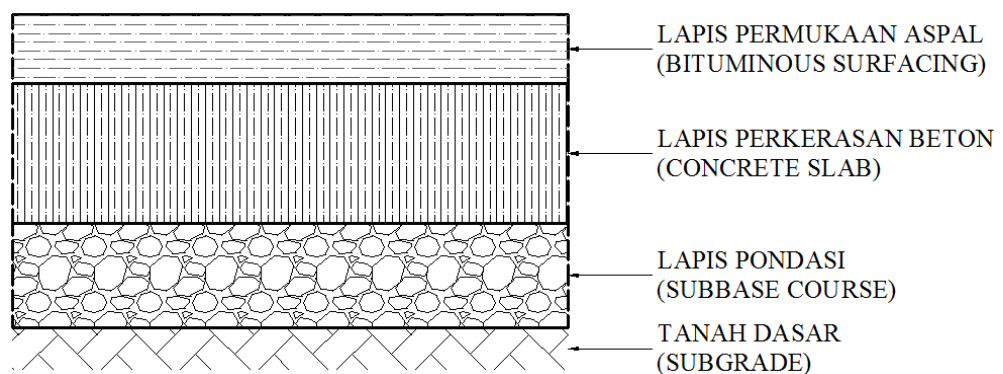
- a. Memakai bahan pengikat semen Portland (PC)
- b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat balok di permukaan.



Gambar 2.13 Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

- a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur
- b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya



Gambar 2.14 Komponen Perkerasan Komposit

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur diberikan pada tabel 2.17 dibawah ini :

Tabel 2.17 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

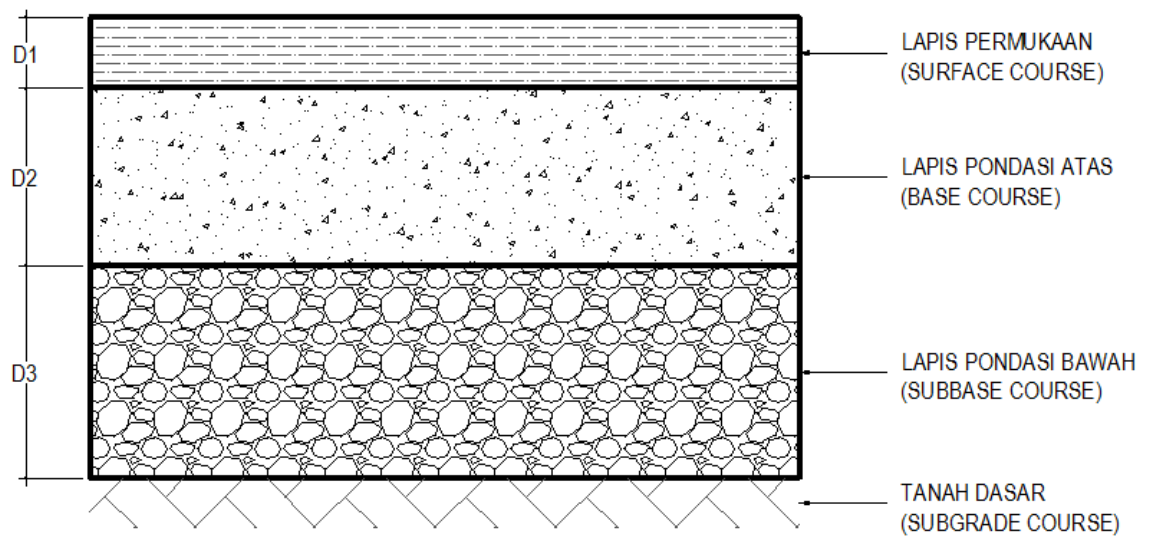
No.	Diferensi	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbulnya <i>rutting</i>	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah, timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah, timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, S., (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung

Sesuai dengan pembatasan masalah, dan spesifikasi perencanaan, maka untuk pembahasan selanjutnya hanya dibahas mengenai perkerasan lentur (*flexible pavement*) saja.

2.8.2 Struktur dan Komponen Perkerasan Jalan Lentur

Seperti yang dielaskan pada bagian sebelumnya, umumnya bagian perkerasan jalan meliputi : lapis podasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*).



Gambar 2.15 Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Berikut ini adalah uraian mengenai definisi dan fungsi dari masing-masing bagian/komponen perkerasan jalan lentur.

1. Tanah dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.

- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

2. Lapis Pondasi Bawah

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan –lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi)
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat beralan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Berbagai macam tipe tanah setempat ($CBR \geq 20\%$, $PI \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.

Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen Portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

3. Lapis Pondasi Atas

Fungsi lapis pondasi antara lain :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya

dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai macam bahan alam atau bahan setempat ($CBR \geq 50\%$, $PI \leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

4. Lapis Permukaan

Fungsi lapis permukaan antara lain :

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*)

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu pertimbangan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.8.3 Parameter Perencanaan Perkerasan Jalan

Dalam merencanakan dimensi atau ketebalan perkerasan jalan terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan agar terencana jalan yang baik dan optimal, parameter tersebut antara lain adalah lalu-lintas, daya dukung tanah dasar (DDT) dan CBR, faktor regional, Indeks Permukaan, Koefisien kekuatan relatif, dan batasan ketebalan minimum lapisan perkerasan.

1. Lalu-lintas

a. Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu alur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini :

Tabel 2.18 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

Sumber : SKBI 1987

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini :

Tabel 2.19 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

Sumber : SKBI 1987

b. Angka ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus dan tabel di bawah ini :

$$- \text{ E. Sumbu tunggal} = \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.44)$$

$$- \text{ E. Sumbu Ganda} = \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right]^4 \times 0.086 \dots (2.45)$$

Tabel 2.20 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : SKBI 1987

c. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekivalen

1) Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- 2) Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Catatan : j = jenis kendaraan

- 3) Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Catatan : i = perkembangan jumlah kendaraan

j = jenis kendaraan

- 4) Lintas ekivalen tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

- 5) Lintas ekivalen rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LER = LET \times FP \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan rumus : $FP = UR/10$

2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (gambar 1). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musi huan/direndam).

CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Jika dilakukan menurut pengujian kepadatan ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC 624.131.43 02) atau pengujian kepadatan berat

(SKBI 3.3 30.1987/UDC 624.131.53 02) sesuai dengan kebutuhan. CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada penukaran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggungjawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa : Group index, Plate bearing test atau R-value. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

a. Cara Grafis

- 1) Tentukan harga CBR terendah.
- 2) Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- 3) Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebaga 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%
- 4) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah
- 5) Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%

Tabel 2.21 Niali R untuk perhitungan CBR segmen

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

Sumber : SKBI 1987

b. Cara Analitis

Nilai CBR rencana segmen dapat diperoleh dari rumus seperti berikut :

$$CBR = CBR_{rata-rata} - (CBR_{max} - CBR_{min}) / R \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

Apabila nilai CBR telah diperoleh, maka nilai daya dukung tanah dasar (DDT) dapat ditentukan dengan menggunakan grafik korelasi hubungan antara DDT dan CBR yang terdapat pada lampiran, selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana hasil diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama. Namun pada perencanaan jalan ini menggunakan perhitungan nilai CBR dan DDT dengan cara Grafis.

3. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan “peraturan pelaksanaan pembangunan jalan raya” edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut :

Tabel 2.22 Faktor Regional (FR)

Iklim (Curah hujan)	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6 – 10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% Kend. berat		% Kend. berat		% Kend. berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : SKBI 1987

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

4. Indeks Permukaan (IP)

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

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti berikut :

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

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jlintas ekuivalen (LER), menurut daftar di bawah ini :

Tabel 2.23 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : SKBI 1987

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

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

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut tabel 2.24 dibawah ini :

Tabel 2.24 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Permukaan	IP_0	Roughness *) (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	
Buras	2,9 – 2,5	
Latasir	2,9 – 2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI 1987

5. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah,

ditentukan secara korelasi sesuai nilai marshall test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Jika alat marshall test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bias diukur dengan cara lain seperti Hveen Test, Hubard Field, dan Smith Triaxtial.

Tabel 2.25 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA Aspal macadam Lapen (mekanis) Lapen (manual)
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	
0,20	-	-	-	-	-	
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis) Lapen (manual)
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan Semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan Kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/Lempung

Sumber : SKBI 1987

6. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Ada beberapa jenis material yang digunakan sebagai lapisan perkerasan. Jenis material dan ketebalannya tergantung dengan nilai ITP. Berikut adalah pengelompokannya :

Tabel 2.26 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Permukaan Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/BurtuBurda)
3,00 – 6,70	5	Lapen, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : SKBI 1987

Tabel 2.27 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Pondasi Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,24	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : SKBI 1987

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.8.4 Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relative masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{ITP} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relative bahan perkerasan (Tabel 2.25)

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

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

2.9 Bangunan Pelengkap

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan-bangunan tersebut antara lain :

2.9.1 Drainase

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Tahap-tahap perencanaan drainase adalah sebagai berikut

1. Data curah hujan

Pertama yang harus dilakukan adalah mendapatkan data curah hujan pada wilayah atau daerah dimana tempat perencanaan jalan. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan bulanan maksimum.

2. Analisa Frekuensi dengan Metode Gumbel

Hujan Rata-rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

\bar{x} = Hujan Rata-rata n = Banyaknya Data

$\sum x$ = Jumlah data curah hujan

3. Standar Deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - \bar{x} \cdot \sum x}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

S_x = Standar Deviasi

n = Banyaknya data

\bar{x} = Hujan Rata-rata

$\sum x$ = Jumlah data curah hujan

$\sum x^2$ = Jumlah data curah hujandikuadratkan

4. Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T

$$R_t = \bar{x} + K \cdot S_x \quad \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

R_t = Frekuensi Hujan pada Periode Ulang T (mm)

\bar{x} = Hujan Rata-rata

K = Faktor Frekuensi

S_x = Standar Deviasi

Untuk menentukan nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada tabel 2.28 dibawah ini,:

Tabel 2.28 Nilai (K) sesuai lama pengamatan

T (Tahun)	Lama Pengamatan (tahun)				
	10	15	20	25	30
2	0,1355	0,1434	0,1478	0,1506	0,1526
5	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
30	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Hendarsin:2000

5. Waktu In-Let (T₁)

$$T_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana :

T₁ = Waktu In-Let (menit)

L_t = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

nd = Koefisien Hambatan

k = Kemiringan daerah pengaliran/tanah (%)

Tabel 2.29 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	0,10
Lapangan dengan rumput jarang, Ladang dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
Ladang dan lapangan rumput	0,40
Hutan	0,60
Hutan Rimba	0,80

Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, Hendarsin:2000

6. Waktu Aliran dalam Saluran (t_2)

$$T_2 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana :

T_2 = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

L = Panjang Saluran yang Ditinjau (m)

V = Kecepatan rata-rata Aliran dalam Saluran (m/dt)

Tabel 2.30 Kecepatan Aliran Air Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan (m/detik)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton hertulang	1,50

Sumber : *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan; 1990*

7. Waktu Konsentrasi (T_c)

$$T_c = T_1 + T_2 \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_1 = Waktu In-Let (menit)

T_2 = Waktu Aliran dalam Saluran (menit)

8. Intensitas Curah Hujan (I)

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana :

- I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
- R_t = Frekuensi Hujan (mm)
- T_c = Waktu Konsentrasi (jam)

9. Luas Daerah Pengaliran (A)

$$A = (L_1 + L_2 + L_3) \cdot L \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana :

- A = Luas Daerah Pengaliran (km²)
- L₁ = Lebar Badan Jalan (m)
- L₂ = Lebar Bahu Jalan (m)
- L₃ = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)
- L = Jarak dari titik terjauh ke drainase (m)

10. Koefisien Pengaliran (C_w)

$$C_w = \frac{C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_2 + C_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \dots\dots\dots (2.61)$$

Dimana :

- C_w = Koefisien Pengaliran
- C₁ = Koefisien Pengaliran pada Badan Jalan
- C₂ = Koefisien Pengaliran pada Bahu Jalan
- C₃ = Koefisien Pengaliran pada Sisi Luar Jalan
- L₁ = Lebar Badan Jalan (m)
- L₂ = Lebar Bahu Jalan (m)
- L₃ = Panjang Drainase yang Ditinjau (m)

11. Debit Limpasan (Q)

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana :

Q = Debit Limpasan (m^3/jam)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (km^2)

12. Penampang Basah Saluran (Ad)

$$A_d = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.63)$$

Dimana :

Ad = Penampang Basah Saluran (m^2)

Q = Debit Limpasan (m^3/jam)

V = Kecepatan Aliran Air (m/det)

13. Cari ukuran Penampang Ekonomis

Rumus penampang ekonomis :

b = 2.h

Ad = b . h

= 2h . h

= 2h² (2.64)

Dimana :

b = Lebar Saluran (m)

h = Tinggi/dalam Saluran (m)

Ad = Penampang Basah Saluran (m^2)

14. Mencari Tinggi Jagaan (W)

$$W = \sqrt{0.5 \times h} \dots\dots\dots (2.65)$$

Dimana:

W = Tinggi Jagaan (m)

H = Tinggi/dalam saluran (m)

15. Kemiringan Saluran (I)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots (2.66)$$

Dimana :

V = Kecepatan Aliran Air (m/det)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan Saluran (m)

2.9.2 Box Culvert

Box Culvert adalah gorong-gorong persegi dari beton bertulang yang kaku dengan konstruksi plat dingsing, plat alas dan plat atas menyatu berupa kotak atau *box*. Untuk perhitungan dimensi *box culvert* sama dengan perhitungan drainase berbentuk persegi yang telah diterangkan sebelumnya.

2.10 Pengelolaan Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

Manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat mutu, dan waktu.

Estimasi biaya proyek adalah proses perkiraan perhitungan biaya yang dibutuhkan pada proyek konstruksi atau bangunan . Guna perhitungan dari estimasi biaya ini adalah sebagai patokan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk menghitung anggaran biaya dari proyek, maka langkah0langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

2.10.1 Membuat Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2.10.2 Perhitungan Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam analisa satuan harga ini adalah :

1. Analisa harga satuan pekerjaan
2. Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.
3. Analisa satuan alat berat
4. Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :
 - a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengamatan/observasi lapangan.
 - b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.10.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2.10.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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

2.10.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.10.6 Rencana Kerja (*time schedule*)

Rencana kerja yaitu suatu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir.

Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

- Alat koordinasi bagi pemimpin
- Pedoman kerja para pelaksana
- Penilaian kemajuan pekerjaan
- Evaluasi hasil pekerjaan

Cara menyusun rencana kerja :

1. Daftar bagian-bagian pekerjaan

Berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dan pembangunan yang akan dilaksanakan, termasuk didalamnya perincian jenis-jenis pekerjaan dari masing-masing pekerjaan.

2. Urutan kegiatan

Disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penentuan / pemilihan dari bagian pekerjaan yang harus dilakukan lebih dahulu dan bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan kemudian, tidak memungkinkan adanya bagian-bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan bersamaan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan pekerjaan sampai dengan seluruh pekerjaan selesai, dimana waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan yang didapat dari penjumlahan dari waktu untuk menyelesaikan jenis-jenis pekerjaan dari bagian-bagian pekerjaan yang bersangkutan.

Rencana kerja terdiri dari :

1. Kurva S

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

2. Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning, barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Barchart mempunyai kelebihan dan kekurangan, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Kelebihan barchart sebagai berikut :

- Mudah di baca
- Mudah dibuat
- Bersifat sederhana

b. Kekurangan barchart sebagai berikut :

- Sulit digunakan untuk pekerjaan yang besar.
- Tidak terperinci
- Apabila terdapat kesalahan sukar untuk mengadakan perbaikan.
- Tidak menunjukkan secara spesifik adanya hubungan ketergantungan.

1. *Network Planning (NWP)*

Yaitu suatu teknik baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek dan juga merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari NWP adalah lebih menekankan kepada pengaturan jadwal kerja proyek, jumlah hari kerja, mengkoordinasikan berbagai pekerjaan serta dapat mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lain.

Suatu diagram jaringan kerja terdiri dari (a) sejumlah nodes atau *event* (kejadian) masing – masing adalah sasaran sasaran yang harus diselesaikan agar proyek selesai, dan (b) garis – garis yang

menghubungkan satu node dengan node yang lainnya yang merupakan kegiatan. Perkiraan waktu untuk melaksanakan tiap – tiap kegiatan diperlihatkan pada diagram. Kegiatan – kegiatan ini adalah paket – paket pekerjaan. Jadi diagram jaringan kerja memperlihatkan urutan – urutan kronologis dimana *event* harus diselesaikan dalam rangka menyelesaikan keseluruhan proyek. (Richard, 1984).

NWP memiliki beberapa tipe yaitu :

- *Critical Path Method (CPM)*
- *Precedence Path Method (PDM)*
- *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*
- *Graf Evaluation and Technique (GERT)*

Langkah-langkah dalam pembuatan NWP :

- *Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada*
- *Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut*
- *Tentukan kaitan jenis kegiatan yang mempunyai hubungan*
- *Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jeniskegiatan*
- *Buat NWP / diagram jaringan kerjanya.*

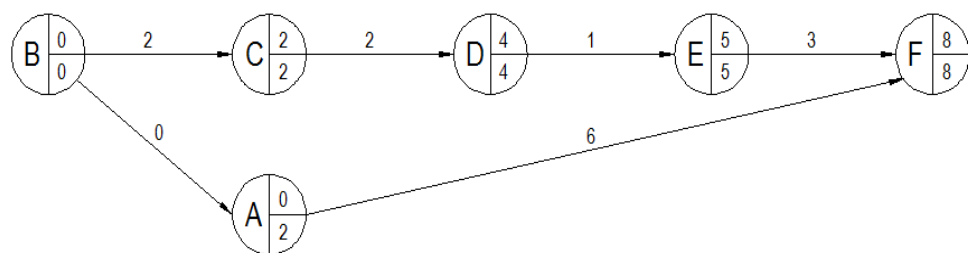
Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan NWP :

- *Dalam penggambaran NWP harus jelas dan mudah dibaca.*
- *Harus dimulai dari even atau kejadian dan diakhiri pada even atau kejadian.*
- *Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang lurus dan tidak boleh patah.*
- *Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah.*
- *Penggunaan dummy digunakan seperlunya saja.*

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- \rightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah satu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- O (*Node atau even*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- Double arrow, anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*)
- Dummy, bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan serum atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

a. Pola pembentukan Network Planning



Gambar 2.16 Network Planning

Pada gambar diatas kita temui bentuk dan huruf yang artinya adalah :

- Huruf A,B,C,D adalah item pekerjaan
- Angka diatas pernah menunjukan durasi waktu

- Angka lingkaran sebelah atas menunjukkan durasi hari berasal dari penjumlahan angka yang diatas tanah dan waktu sebelumnya (dihitung kedepan)
- Angka lingkaran sebelah atas menunjukkan durasi hari berasal dari pengurangan angka durasi pekerjaan dikurangi angka diatas panah (dihitung mundur)
- Garis panah solid menunjukkan pekerjaan yang masuk lintasan pekerjaan.