

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik

2.1.1 Pengertian

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. (Sukirman,1999)

Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah untuk mendapatkan keseragaman dalam merencanakan geometrik jalan antar kota, guna menghasilkan geometrik jalan yang memberikan kelancaran, keamanan, dan kenyamanan bagi pemakai jalan.

2.1.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang diperlukan untuk merencanakan suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan bergantung pada komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Hasil dari analisa data lalu lintas pada akhirnya akan menentukan kapasitas jalan, namun harus beriringan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena hal tersebut sangat berkaitan satu sama lain.

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

2.1.3 Data Peta Topografi

Peta topografi pada perencanaan ini digunakan untuk menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat – tempat

persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkan trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu :

- a. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternatif dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran :
 1. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 3. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
 4. Perhitungan perencanaan desain trase jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi fungsi jalan (Ditjen Bina Marga,1997) terbagi menjadi 4 golongan :

a) Jalan Arteri

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

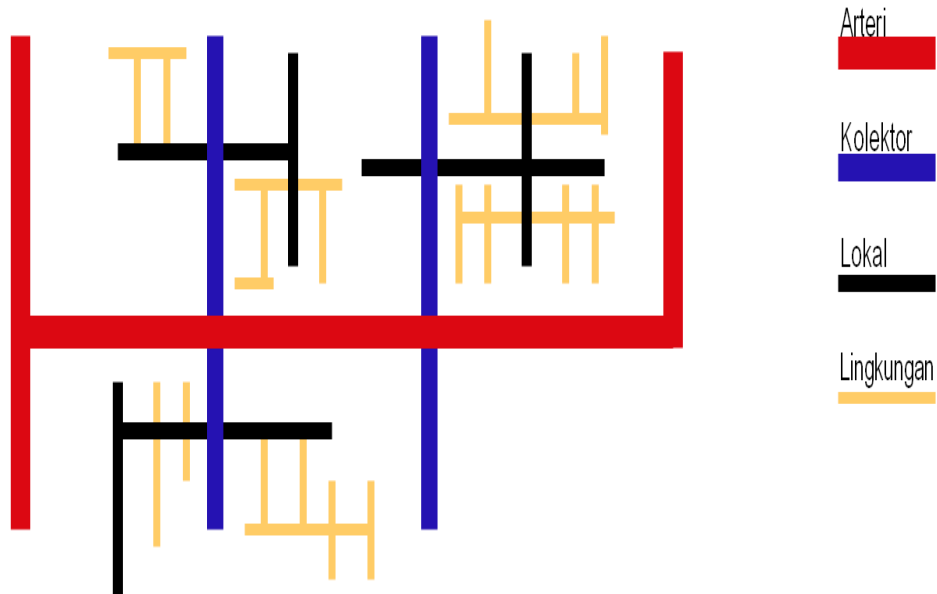
Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c) Jalan Lokal

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

d) Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek , kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

“Klasifikasi kelas jalan (Ditjen Bina Marga, 1997) dibagi menjadi 2 golongan “.

- a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelas Jalan dalam MST

No.	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (TON)
1.	Jalan Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2.	Jalan Kolektor	III A	8
		III B	8

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

- b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu lintas Harian Rata-Rata (smp)
1.	Jalan Arteri	I	>20.000
2.	Jalan Kolektor	II A	6.000-20.000
		II B	15.000-8.000
		II C	<2.000
3.	Jalan Lokal	III	-

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

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

“Klasifikasi medan jalan untuk perencanaan geometric (Ditjen Bina Marga, 1997) dapat dilihat pada tabel 2.3 “.

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

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

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya adalah:

a) Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan ibukota Propinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional.

b) Jalan Propinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota kabupaten / kota, antar ibu kota kabupaten / kota, Jalan yang bersifat strategis Regional.

c) Jalan Kabupaten

Ibukota Jalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota, kecamatan, kabupaten dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan strategis lokal.

d) Jalan Kotamadya

Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam kota.

e) Jalan Desa

Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.

f) Jalan Khusus

Jalan untuk lalu lintas bukan umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok masyarakat.

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Kendaraan rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori:

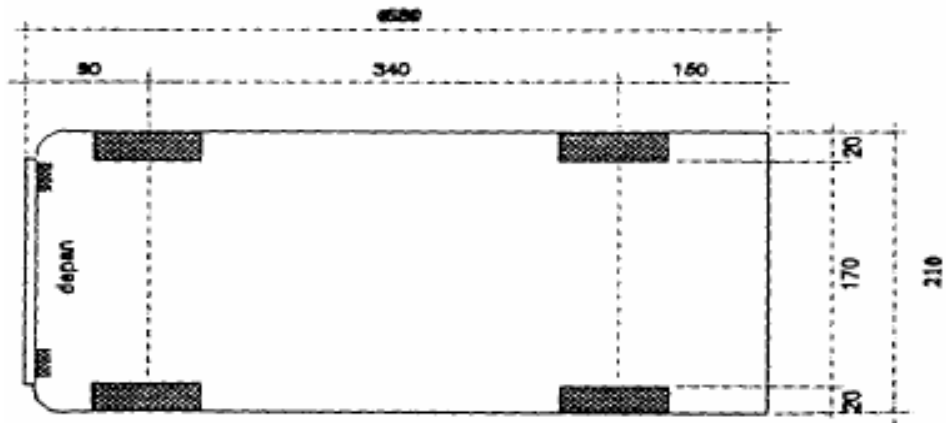
- 1) Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
- 2) Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
- 3) Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

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

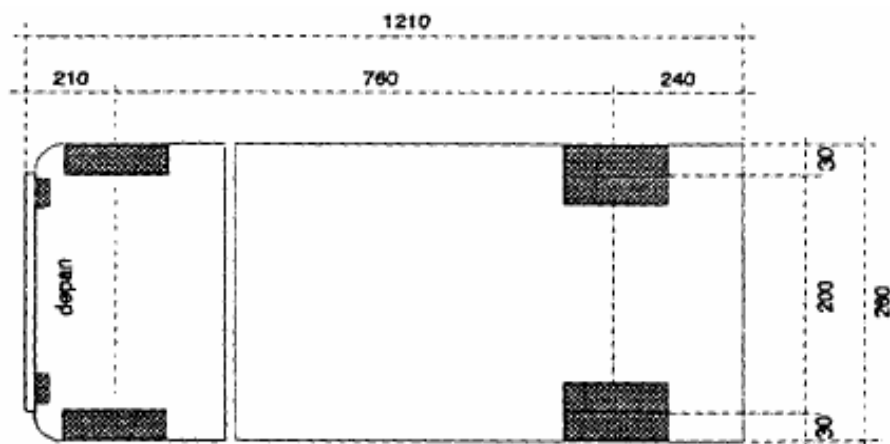
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.4. Gambar 2.2 s.d. Gambar 2.4 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.



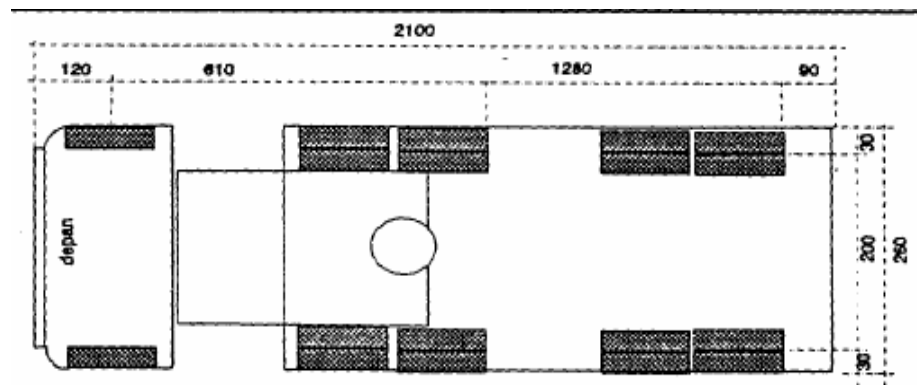
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil

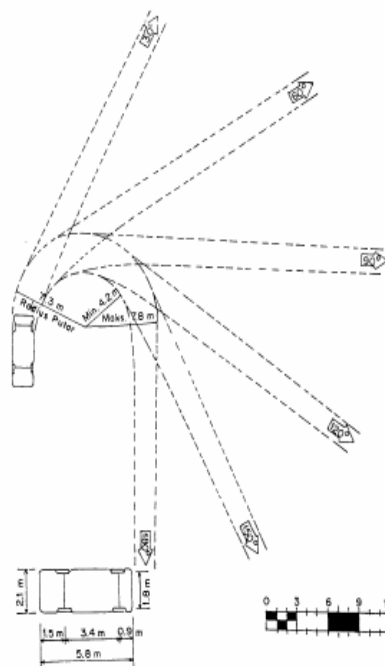
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil

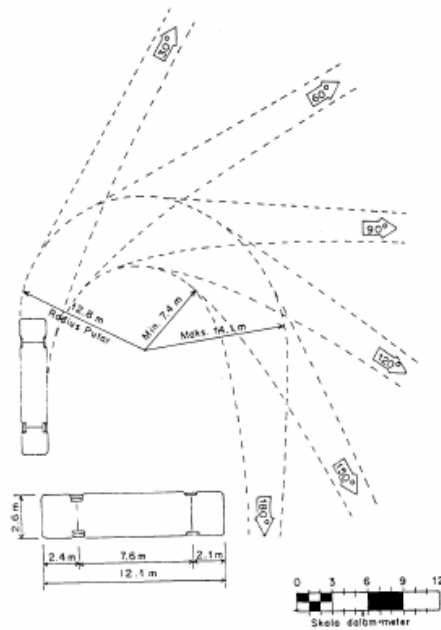
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.5 sampai dengan 2.7 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan.



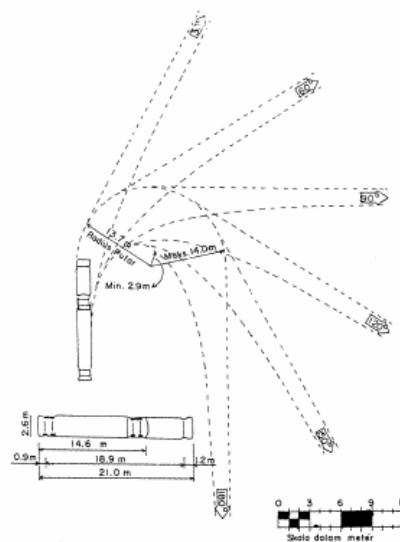
Gambar 2.5 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.6 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Sedang

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



Gambar 2.7 Jari-jari *Manuver* Kendaraan Besar

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

2.3.2 Satuan mobil penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis - jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 2.5. Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon.	1,0	1,0
2.	Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

2.3.3 Volume Lalu Lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). (Sukirman, 1999)

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya.

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

a. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

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

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

b. Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)

Merupakan hasil bagi dari jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

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

2.3.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) 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 lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) Km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 100	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, 1997)

2.3.5 Jarak Pandang

Jarak Pandang adalah suatu 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. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang henti. 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 atas 2 elemen jarak, 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; dan
- 2) Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

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

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

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot fp} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dari persamaan 2.4 dapat disederhanakan menjadi:

- 1) Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots(2.5)$$

- 2) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp \pm L} \dots\dots\dots(2.6)$$

di mana :

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

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

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti (J_h) minimum.

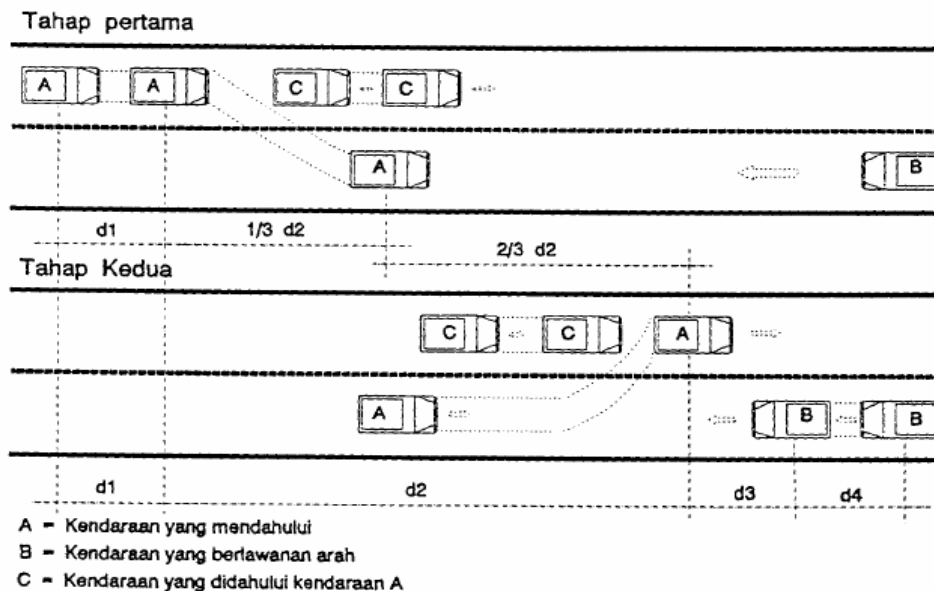
V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.8).

Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.8 Proses Gerakan Mendahului

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

Rumus yang digunakan:

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

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 d_2 (m).

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

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

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

Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

2.4 Alinyemen Horizontal

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

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu:

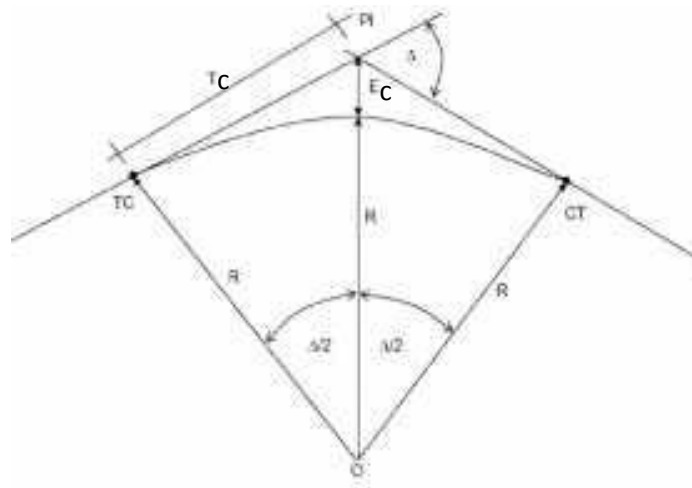
a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V _r (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	660

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



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

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

Rumus yang digunakan pada tikunga *Full Circle* yaitu:

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.7)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.8)$$

$$L_c = \frac{\pi}{360} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$).

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 ke CT (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

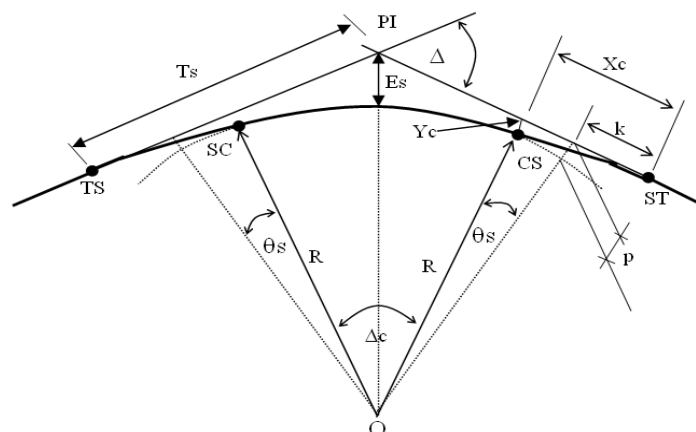
E_c = Panjang luar P1 ke busur lingkaran (m).

L_c = Panjang busur lingkaran (m).

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*Circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral-circle-spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.



Gambar 2.10 Sketsa Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan:

- 1) Kemiringan tikungan maksimum
- 2) Koefisien gesekan melintang maksimum

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.10)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L_c = \frac{\Delta'}{360} 2 \pi R \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.13)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.14)$$

$$P = Y_s - R.(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\theta_s = \frac{24,648}{R} \times L_s \dots\dots\dots(2.16)$$

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

$$\Delta' = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.19)$$

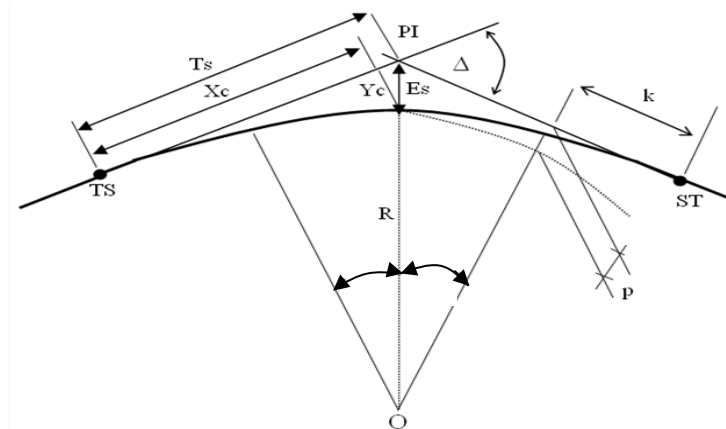
Dimana:

- X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).
 Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m).
 L_s = Panjang lengkung peralihan (m).
 L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).
 T_s = Panjang tangen (titik P1 ke TS atau ke ST) (m).
 TS = Titik dari tangen ke *spiral* (m).
 SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).
 E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m).
 R = Jari-jari lingkaran (m).
 P = Pergeseran tangen terhadap *spiral* (m).
 k = Absis dari p pada garis tangen *spiral* (m).

- S = Sudut lengkung spiral ($^{\circ}$).
 θ_s = Sudut Spiral
 Δ = sudut pertemuan antara tangent utama

c. Tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horisontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS.



Gambar 2.11 Skema Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.20)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.21)$$

$$k = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.22)$$

$$TS = (R+P) \times \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{1}{2} \Delta} - 50 \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \cdot \Delta \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran.

Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m).

TS	= Titik dari tangen ke spiral (m).
SC	= Titik dari spiral ke lingkaran (m).
Rc	= Jari-jari lingkaran (m).
θ_s	= Sudut Spiral
Δ	= sudut pertemuan antara tangen utama

d. Superelevasi

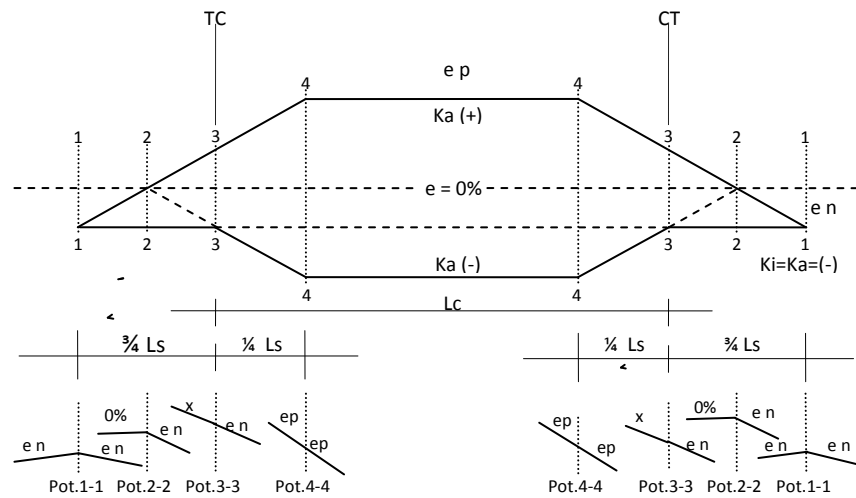
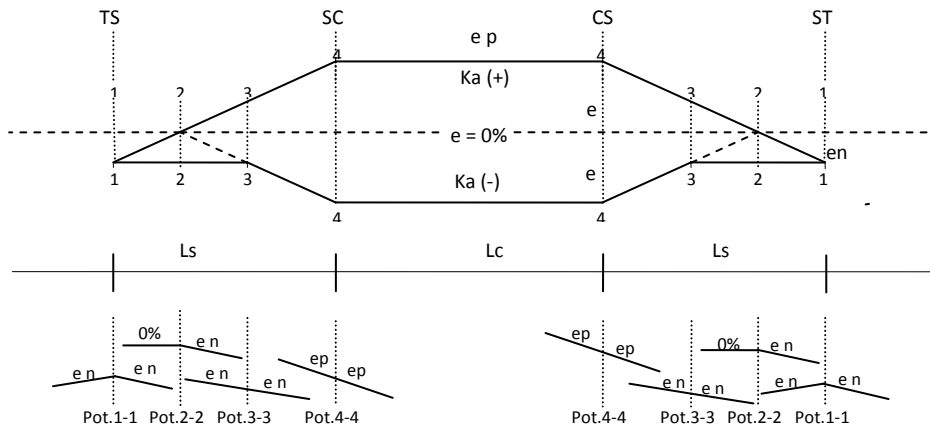
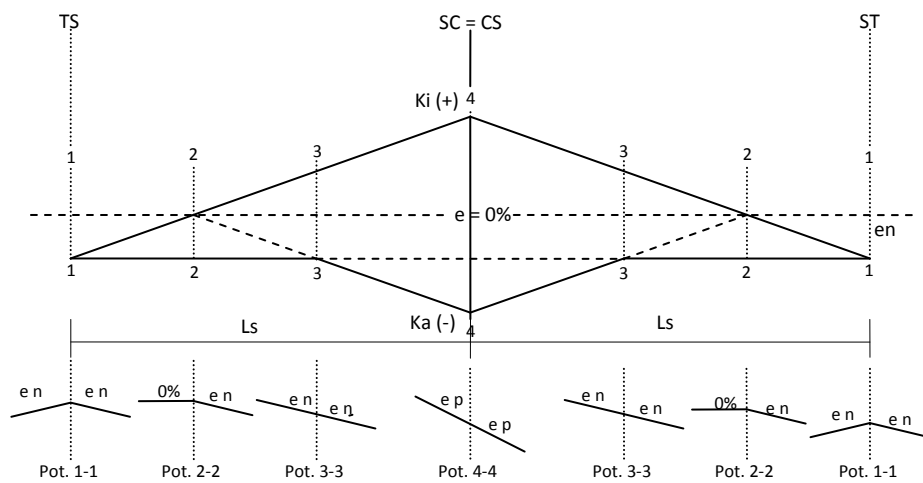
Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal.

Semakin besar superelevasi, semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh. Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan sebagai berikut:

1. Keadaan cuaca.
2. Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan.
3. Keadaan medan daerah datar nilai superelevasi lebih tinggi daripada daerah perbukitan.
4. Keadaan lingkungan, perkotaan atau luar kota. Superelevasi maksimum sebaiknya lebih kecil di perkotaan daripada luar kota.
5. Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Nilai-nilai maksimum:

1. untuk daerah licin atau berkabut, $e_{maks} = 8\%$.
2. Daerah perkotaan, $e_{maks} = 4-6\%$
3. Dipersimpangan, e_{maks} sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelevasi
4. AASHTO menganjurkan, jalan luar kota untuk $V_{rencana} = 30 \text{ km/jam}$ $e_{maks} = 8\%$, $V_{rencana} > 30 \text{ km/jam}$ $e_{maks} = 10\%$
5. Bina narga menganjurkan, e_{maks} untuk jalan perkotaan = 6%

Gambar 2.12 Diagram Superelevasi *Full Circle*Gambar 2.13 Diagram Superelevasi *Spiral - Circle - Spiral*Gambar 2.14 Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*

e. Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
- 3) Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan:

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b' \dots\dots\dots(2.27)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{(R_c^2 - 8^2 + 1,25)^2 + 8^2} - \sqrt{R_c^2 - 8^2 + 1,25})} \\ = \sqrt{(\sqrt{(R_c^2 - 64 + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{R_c^2 - 64 + 1,25})} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$B_t = n (B + c) + Z \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m).

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

b = Lebar kendaraan rencana (m).

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m).

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R = Radius lengkung (m).

n = Jumlah lajur.

C = Kebebasan samping (0,8 m)

f. Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan 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. Padatikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada:

- a) Jari-jari tikungan (R).
- b) Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
- c) Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang di izinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

1. Berdasarkan jarak pandang henti

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.32)$$

2. Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot L}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana:

E = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m).

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jh = Jarak pandanng henti (m).

Jd = Jarak pandang menyiap (m).

L = Panjang tikungan (m).

g. Penentuan *Stationing*

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

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

1. Setiap 100 m, untuk daerah datar
2. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
3. Setiap 25 m, untuk daerah gunung

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

- a) Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b) Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu digunakan sebagai kendaraan standar), biasanya juga disebut dengan profil/penampang memanjang jalan. (Saodang,2004).

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut di atas dalam perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelandaian = 0, yang berarti datar.

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air di atas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

b. Landai maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk menjaga agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak, dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.10 Kelandaian Maksimum yang di Izinkan

V _r (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian maksimum	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya, Saodang, 2004*)

c. Panjang kritis suatu kelandaian

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

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_r). Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit

Tabel 2.11 Panjang Kritis (m)

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

(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya*, Saodang H., 2004)

d. Lajur pendakian

Pada lajur jalan dengan rencana volume lalu lintas tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana (V_r), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaliknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

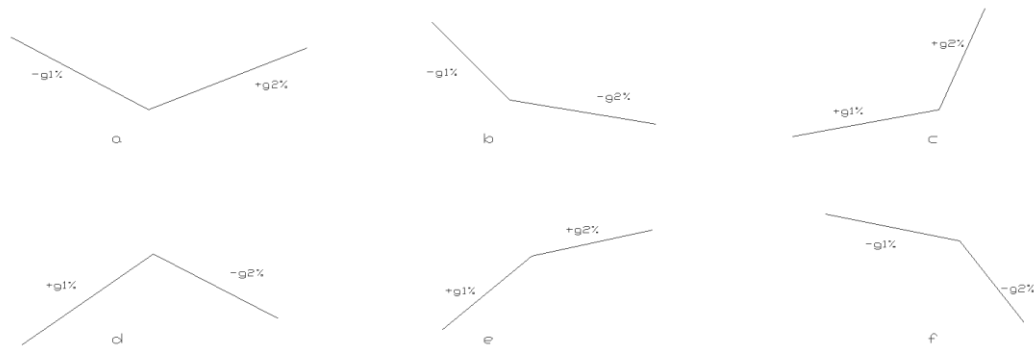
e. Lengkung vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangens), adalah:

1. Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Lengkung vertikal type a, b, dan c dinamakan lengkung vertikal cekung, sedangkan lengkung vertikal d, e, dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.



Gambar 2.15 Jenis Lengkung Vertikal dilihat dari PVI

(Sumber: *Konstruksi Jalan Raya, Saodan ,H.,2004*)

Dimana:

g_1 = Kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 = Kelandaian tangen dari titik Q (%)

Kelandaian mendaki (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian (naik) atau penurunan (turun) ditinjau dari sebelah kiri ke kanan.

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

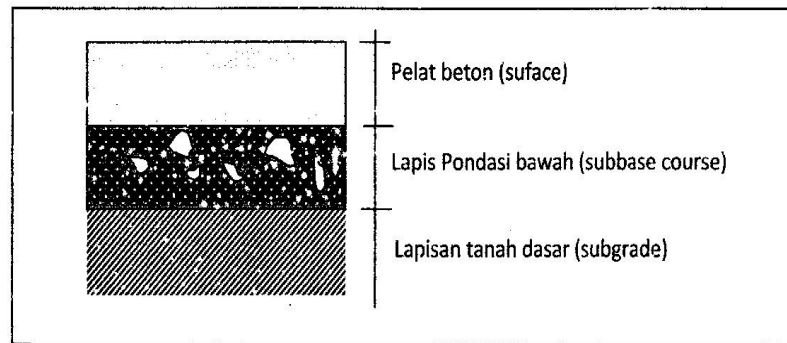
Menurut Hendarsin (2000) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan
- Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

2.6.1 Perkerasan Kaku

“Menurut Saodang (2005) struktur jalan kaku (*rigid pavement*) disebut juga perkerasan jalan beton semen. Perkerasan kaku terdiri atas pelat beton yang diletakan pada lapis pondasi bawah yang menumpu pada tanah dasar, dengan atau

tanpa lapis permukaan beraspal di atasnya. Berbeda dengan perkerasan lentur, beban lalu lintas pada perkerasan kaku sepenuhnya dipikul oleh pelat beton. Yang diterima tanah dasar relatif kecil “.



Gambar 2.16 Susunan lapisan perkerasan kaku

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (*surface*) berupa plat (*slab*) beton semen, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang sudah dipadatkan.

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

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

Perkerasan beton semen dibedakan kedalam lima jenis yaitu :

- 1) Beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT)
- 2) Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT)
- 3) Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
- 4) Perkerasan beton semen pra-tekan
- 5) Perkerasan beton semen *fibre*

2.6.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

a. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

“Dalam konstruksi perkerasan beton semen, tanah dasar hanya dipengaruhi tegangan akibat beban lalu – lintas dalam jumlah relatif kecil. Daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan kaku”. (Saodang ,2005)

Adapun contohnya adalah tanah yang dipadatkan, yang mana tanah pemadat tersebut memiliki sifat sebagai berikut:

- Mempunyai tebal lapisan yang tidak terbatas (umumnya antara 50 – 100 cm)
- Hanya mampu menahan beban langsung kendaraan yang relatif kecil karena beban sebelumnya diterima oleh beban di atasnya
- Direncanakan dengan CBR yang cukup aman

Tabel 2.12 Peningkatan Tanah Dasar untuk Tanah Dasar Berdaya Dukung Sedang ($2 < \text{CBR} < 6$) dan Tipikal Lapisan Penopang

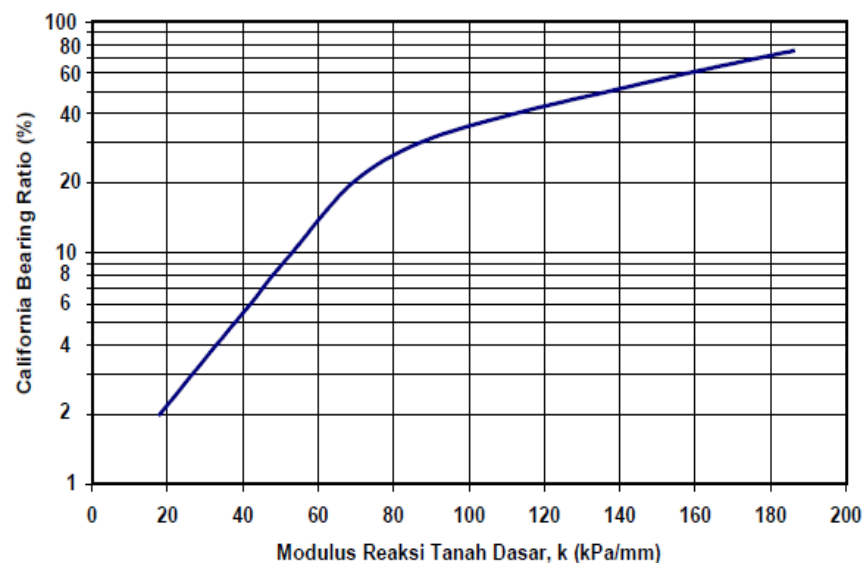
Tanah yang ada CBR	Umur Rencana dalam ESA (kriteria keruntuhan tanah dasar)	CBR Rancangan untuk Tanah Dasar		
		4	5	6
		Timbunan Pilihan Tebal untuk peningkatan tanah dasar Dse (cm)		
2 – 3 (termasuk lapis penopang paling atas) Dse2	105 - < 106	20	25	30
	106 - < 107	25	30	35
	107 - < 108	30	35	40
4	Semua	0	15	15
5		0	0	15

(Sumber: Spesifikasi Umum 2010)

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu sesuai dengan SNI 03–1731–1989, atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03- 1744-1989 masing – masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Di sini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR di bawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

Modulus reaksi tanah dasar (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 diatas perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut gambar 2.17

Bila nilai (k) lebih besar dari 140 kPa/mm (14kg/cm³), maka nilai (k) dianggap sama dengan nilai CBR 50%.



Gambar 2.17 Grafik korelasi nilai (k) dengan CBR

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar (k) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = k - 2.S \text{ (untuk jalan tol) } \dots\dots\dots (2.35)$$

$$k^{\circ} = k - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri) } \dots\dots\dots (2.36)$$

$$k^{\circ} = k - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal) } \dots\dots\dots (2.37)$$

Faktor keseragaman (Fk) :

$$Fk = \frac{s}{k-} \times 100\% < 25\% \text{ (dianjurkan)} \dots\dots\dots(2.38)$$

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{n \frac{(\sum \bar{k}^2) - (\sum k^2)}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan :

k° = Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili suatu seksi jalan

$k- = \frac{\sum k}{n}$ = modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi jalan

k = Modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

n = Jumlah data k

S = Standar deviasi

b. Pondasi Bawah

Menurut Saodang (2005) Pada umumnya fungsi lapis pondasi bawah (*subgrade*) untuk struktur perkerasan kaku, tidak berfungsi terlalu struktural. Dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur pada tebal pelat beton. Menyediakan *subbase* dengan harapan berintraksi dengan *subgrade* dalam usaha mengurangi tebal pelat beton adalah tidak ekonomis. Lapis pondasi pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan *uniform*, disamping fungsi lain sebagai berikut :

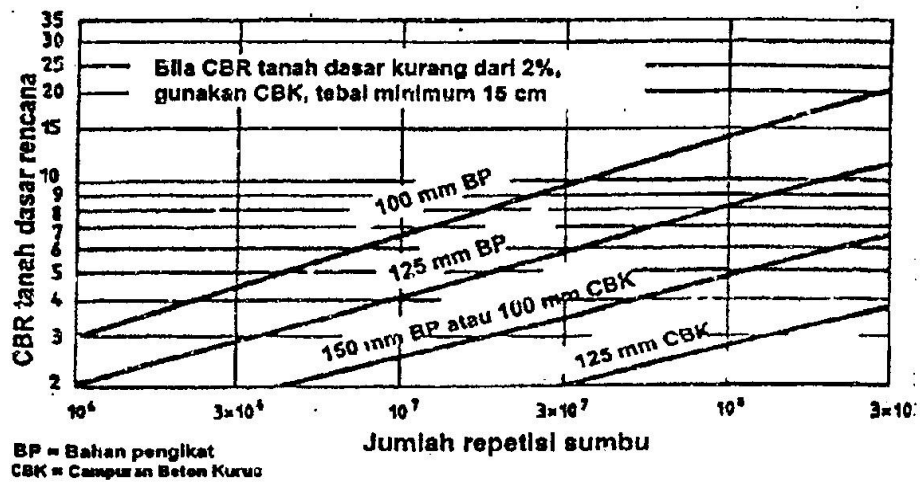
- a. Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan retakan dan tepi-tepi pelat
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat

Permukaan *subbase* yang tidak rata, akan menyebabkan ketidakrataan pelat beton, yang dapat memicu timbulnya keretakan pelat. Lapis pondasi bawah terdiri dari :

1. Pondasi bawah dengan material berbutir lepas (*unbound granular*), dapat berupa sirtu. Harus memenuhi persyaratan SNI 03- 6388-2000 dengan gradasi agregat minimum kelas B. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah adalah minimum 100%, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.
2. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound granular subbase*), dikenal dengan *Cement Treated Subbase*. Dapat digunakan salah satu dari :
 - i. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai rancangan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Bahan pengikat berupa semen, kapur, abu terbang (*fly ash*) atau *slag* yang dihaluskan.
 - ii. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*)
 - iii. Campuran beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*) yang mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 2,5 Mpa (25 kg/cm²)
3. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK).

Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 2.18 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku terhadap repetisi sumbu

c. Beton Semen

Kekuatan beton semen dinyatakan dalam nilai k_u pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal at tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan 3 - 5 Mpa (30 - 50 kg/cm²)

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam Mpa) } \dots\dots\dots(2.40)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{) } \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²).

f_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²).

K = Konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah 0,75 untuk agregat pecah.

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen harus sesuai dengan AASHTO M6-97 untuk agregat halus, dan AASHTO M80-87 untuk agregat kasar.

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dibatasi hingga seperempat dari tebal perkerasan beton semen. Ukuran nominal agregat kasar yang didasarkan pada ketebalan perkerasan diperlihatkan pada tabel 2.13

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dikombinasikan dengan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan

2. Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton umumnya tipe I yang harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan.

Tabel 2.13 Ukuran nominal agregat kasar terhadap tebal perkerasan

No	Ukuran Agregat Kasar (mm)	Tebal Perkerasan (cm)
1	19,0	10,0 - 15,0
2	26,5	15,0 - 17,5
3	37,5	>17,5

(Sumber : Litbang PU, Perkerasan Beton semen untuk jalan dengan lalu lintas Rendah dan menengah, 2003)

3. Air

Air harus bersih terbebas dari segala hal yang dapat merugikan dan dapat merusak kekuatan, waktu seting atau keawetan beton serta kekuatan beton serta kekuatan dan keawetan tulangan.

4. Bahan tambah

Bahan tambah harus sesuai dengan persyaratan ASTM C-494 untuk *water redrucing* dan SNI 03-2496-1991 untuk *airentraining*.

2.6.3 Lalu Lintas Untuk Perkerasan Kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu, sebagai berikut :

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- c. Sumbu ganda dengan roda ganda (SGRG).

2.6.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Umumnya perkerasan kaku/beton semen dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.6.5 Lajur Rencana dan Koefisien Kistribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan tabel 2.14

Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumla Lajur (n)	Kofisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m			
5,50 m ≤ Lp < 8,25 m			
8,25 m ≤ Lp < 11,25 m			
11,25 m ≤ Lp < 15,00 m	1 lajur	1	1
	2 lajur	0,70	0,50
	3 lajur	0,50	0,475
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	4 lajur	-	0,45
	5 lajur	-	0,425
	6 lajur	-	0,40
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m			

(Sumber : Perencanaam Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2003)

Tabel 2.15 Faktor Keamanan

Peranan Jalan	F.k
Jalan Tol	1,20
Jalan Arteri	1,10
Jalan Kolektor/Lokal	1,00

(Sumber : Perencanaam Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2003)

2.6.6 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas y yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{\log(1+i)} \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas perahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas juga dapat ditentukan melalui tabel 2.15

Tabel 2.16 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

Umur Reencana (Tahun)	Laju pertumbuhan lalu lintas (i) pertahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan perkerasan Beton Semen Dep PU)

2.6.7 Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah komulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKN \times 356 \times R \times C \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga Selama Umur Rencana

- JSKNH = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga per Hari pada saat Jalan dibuka
- R = Faktor Pertumbuhan komulatif
- C = Koefisien distribusi kendaraan

2.6.8 Perencanaan Tulangan

Menurut suryawan, (2009) Penulangan pada beton bersambung dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut :

$$A_s = \frac{1200 \times F \times L \times h}{F_s} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

As = luas tulangan yang diperlukan (cm²/m lebar)

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya sesuai tabel 2.16

L = jarak antara sambungan (m)

h = tebal pelat (m)

Fs = tegangan tarik baja yang diijinkan (kg/cm²)

As minimum untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

Tabel 2.17 Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, Lapen dan konstruksi yang sejenis	2,2
Aspal beton, Lataston	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi Semen	1,8
Koral	1,5
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : perkerasan jalan beton semen, suryawan,2009)

2.6.9 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal pelat rencana adalah tebal yang memberikan total *fatigue* mendekati atau sama dengan 100%.

Tabel 2.18 Perbandingan Tegangan dan Jumlah Pengulangan
Beban yang Diijinkan

Perbandingan Tegangan ^a	Jumlah Pengulangan Beban yang Diijinkan	Perbandingan Tegangan ^a	Jumlah Pengulangan Beban yang Diijinkan
0,51 ^b	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2000
0,53	240.000	0,71	1500
0,54	180.000	0,72	1100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8000	0,83	50
0,66	6000	0,84	40
0,67	4.500	0,85	30
0,68	3.500		

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU)

a= tegangan akibat beban dibagi dengan kuat lentur tarik (*modulus of reapture*)

b= untuk perbandingan tegangan $\leq 0,50$ jumlah penulangan beban tak terhingga

2.6.10 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasikan gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

2.6.11 Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.45)$$

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75 \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

A_t = luas penampang tulangan per meter anjang sambungan (mm^2)

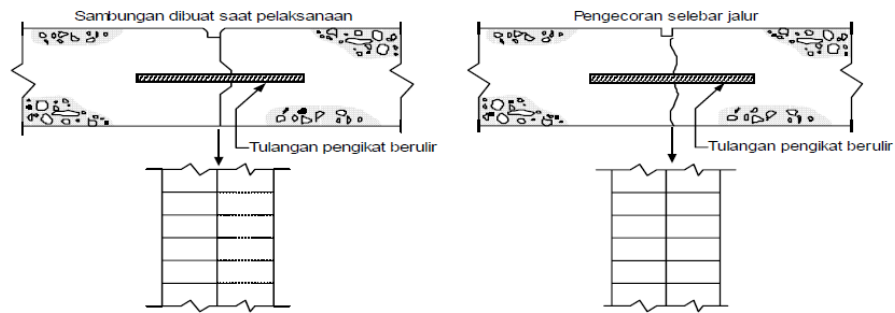
B =Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal pelat (m)

I = Panjang batang pengikat (mm)

Φ = diameter batang pengikat yang dipilih (mm)

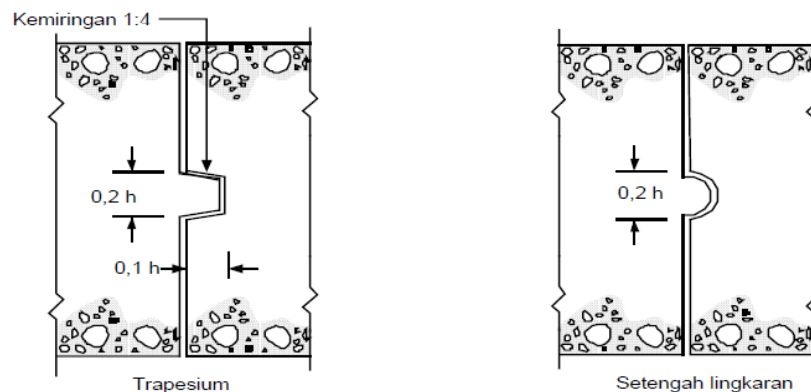
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.



Gambar 2.19 Tipikal sambungan memanjang

2.6.12 Sambungan Pelaksana Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian.. Sambungan penghamparan pelat beton disebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.



Gambar 2.20 Ukuran Standar penguncian sambungan memanjang

2.6.13 Sambungan susut melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam. Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.22 dan gambar 2.23.

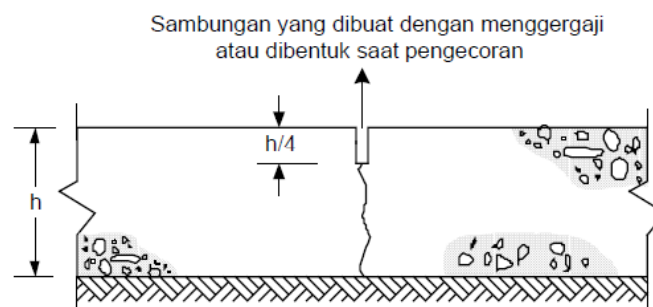
Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

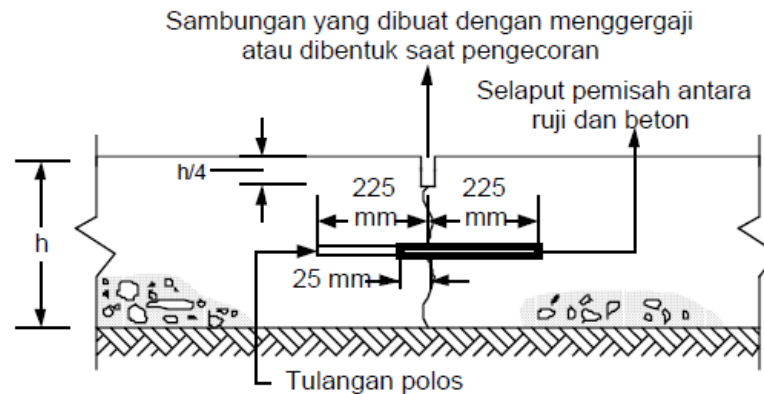
Tabel 2.19 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

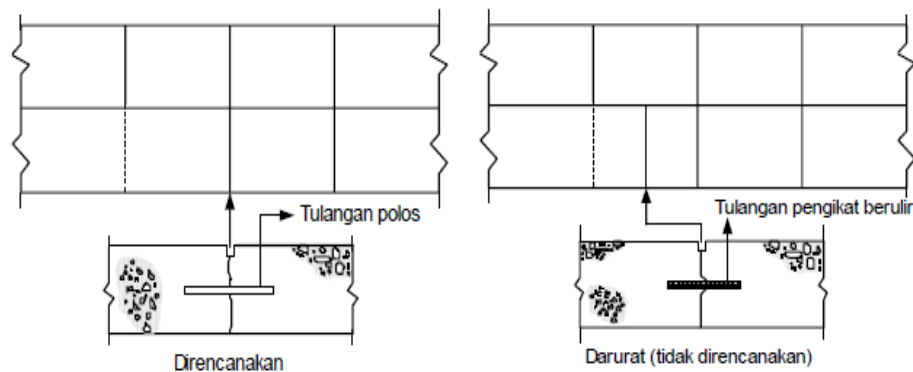
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU)



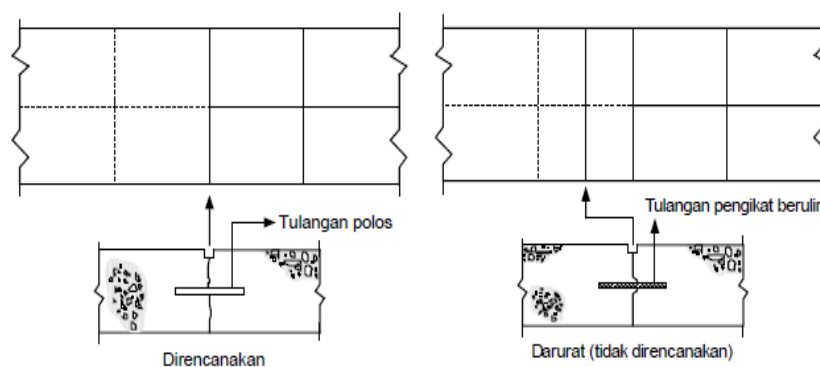
Gambar 2.21 Sambungan susut melintang tanpa ruji



Gambar 2.22 Sambungan susut melintang dengan ruji



Gambar 2.23 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

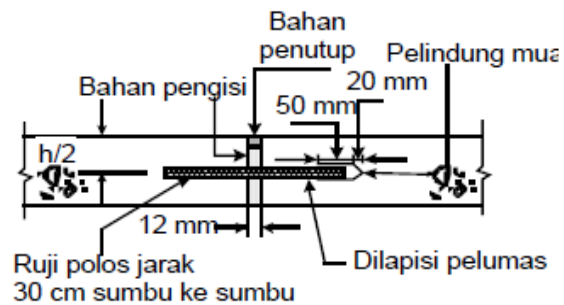


Gambar 2.24 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

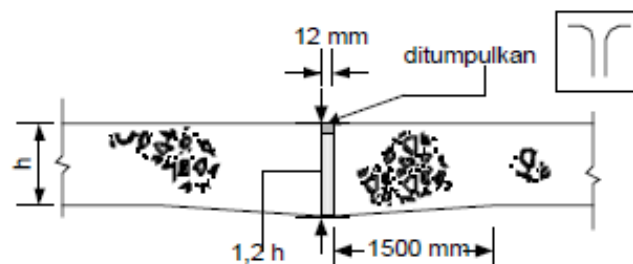
2.6.14 Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan jalan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang, jalan lama, persimpangan dan lain

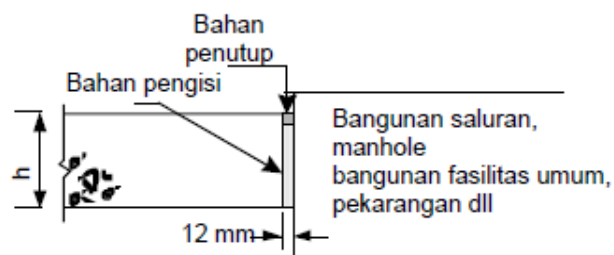
sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.25 Sambungan isolasi dengan ruji



Gambar 2.26 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi



Gambar 2.27 Sambungan isolasi tanpa ruji

Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas.

2.7 Bagian – Bagian Jalan

2.7.1 Damaja

Menurut standar perencanaan geometrik jalan perkotaan, 2004 Damaja (daerah manfaat jalan) diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, bahu jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman dan tidak boleh dimanfaatkan untuk prasarana perkotaan lainnya. Batas damaja adalah sebagai berikut :

- a. Batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- b. Tinggi minimum 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan dan,
- c. Kedalaman minimum 1,5 m dibawah permukaan perkerasan jalan.

2.7.2 Dawasja (Daerah Pengawas Jalan)

Dawasja (daerah pengawasan jalan) diukur dari tepi jalur luar (perkerasan), dengan batasan sebagai berikut:

- a. Jalan arteri minimum 20 meter;
- b. Jalan kolektor minimum 7 meter;
- c. Jalan lokal minimum 4 meter.

2.7.3 Lebar Lajur

Lebar jalur ditentukan oleh jumlah dan lebar serta bahu jalan. Tabel 2.18 menetapkan ukuran lebar lajur dan bahu jalan sesuai dengan kelas jalannya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 m, memungkinkan 2 kendaraan, dengan lebar maksimum 2,1 m saling berpapasan. Papasan 2 kendaraan lebar maksimum 2,5 m yang terjadi sewaktu-waktu dapat memanfaatkan bahu jalan. (RSNI, 2004)

Tabel 2.20 Lebar Lajur Jalan dan Bahu Jalan

Kelas Jalan	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Sebelah Luar (m)			
	Disarankan	Minimum	Tanpa Trotoar		Ada Trotoar	
			Disarankan	Minimum	Disarankan	Minimum
I	3,60	3,50	2,50	2,00	1,00	0,50
II	3,60	3,00	2,50	2,00	0,50	0,25
III A	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III B	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III C	3,60	*)	1,50	0,50	0,50	0,25

(Sumber : Perencanaan geometrik jalan perkotaan, 2004)

Keterangan : *) jalan 1 jalur 2 arah, lebar 4,50 m

2.8 Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Ruas Jalan

A. Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah volume kendaraan maksimum yang dapat melewati jalan persatuan waktu dalam kondisi tertentu. Besarnya kapasitas jalan tergantung pada lebar jalan dan gangguan terhadap arus lalu lintas yang melewati jalan tersebut. (MKJI 1997, Jalan Perkotaan)

Rumus umumnya :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan :

- C = kapasitas (smp/jam).
- C_o = kapasitas dasar (smp/jam).
- FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas.
- FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah.
- FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping.
- FC_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota.

Tabel 2.21 Kapasitas Dasar (Co)

Tipe Jalan	Kapasitas dasar (smp/jam).	Keterangan
4 Lajur terbagi /Jalan 1 arah	1650	Per lajur
4 Lajur tak terbagi	1500	Per lajur
2 Lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

(Sumber : MKJI 1997)

Faktor penyesuaian lebar jalan ditentukan berdasarkan lebar jalan efektif yang dapat dilihat pada Tabel 2.22

Tabel 2.22 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Lebar Jalan (FC_w)

Tipe	Lebar Jalan Efektif (W_c) (m)	FCW
4-lajur berpembatas median atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
4-lajur tanpa pembatas median	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
2-lajur tanpa pembatas median	Total kedua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
	11	1,34

(Sumber : MKJI 1997)

Tabel 2.23 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Pembagian Arah (FC_{SP})

Pemisah arah (%-%)		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SP}	Dua-lajur (2/2) tanpa pembatas median	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur (4/2) tanpa pembatas median	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

(Sumber : MKJI 1997)

Tabel 2.24 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu (FC_{SF})			
		Lebar bahu jalan efektif (W_s) (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4-lajur 2 arah ber-pembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
4-lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 UD)	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
2-lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 U) atau Jalan satu-arah D	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : MKJI 1997)

Tabel 2.25 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Ukuran Kota (FC_{CS})

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
>3,0	1,04

(Sumber : MKJI 1997)

B. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{C}$$

dengan :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan digunakan untuk menganalisis perilaku lalu lintas. (MKJI,1997)

2.9 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknik, antara lain saluran samping, gorong-gorong (*Box Culvert*), tempat parkir, pagar pengaman, dan dinding penahan tanah.

2.9.1 Desain saluran samping

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga

tidak selalu kontinyu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang.

a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus yang digunakan.

1) Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel

Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

Hujan rata-rata (X)	Standar Deviasi
$\frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.48)$	$\sqrt{\frac{\sum(X^2) - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots(2.49)$

Frekuensi Hujan Pada Periode Ulang T	Faktor Frekuensi
$R_T = X + K S_x \dots\dots\dots(2.50)$	$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.51)$

Tabel 2.26 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 L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.52)$$

di mana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam- jaman.

c. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi di bagi dua, yaitu (*t*₁) waktu untuk mencapai awal saluran (inlet time) dan (*t*₂) waktu pengaliran. Untuk drainase permukaan jalan menurut JICA dipakai (*t*₁) sedangkan untuk saluran atau Culvert dipakai (*t*₂ + *t*₁).

1) *Inlet Time*

Dipengaruhi oleh banyak factor seperti kondisi dan kelandaian permukaan, luas dan bentuk daerah tangkapan dan lainnya. Kisaran yang dapat dipakai dari rumus ini sangat terbatas tetapi rumus ini mempunyai nilai ketelitian baik jika intensitas hujan berkisar 50 mm/jam.

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right\} \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

*t*₁ = *Inlet Time* (menit)

*L*_t = panjang dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

k = kelandaian permukaan

nd = Koefisien hambatan

*L*₁ dan *L*₂ ditentukan dari klasifikasi jalan, sedangkan *L*₃ ditentukan dari terrain di lapangan karena daerah pengaliran dibatasi oleh titik-titik

tertinggi pada bagian kiri dan kanan jalan berupa alur dan sungai yang memotong jalan, jadi:

- Jika $L3 > (L1 + L2)$ maka $Lt = L3$
- Jika $L3 < (L1 + L2)$ maka $Lt = (L1 + L2)$

Untuk perhitungan $L3 = 100$ m dari tepi luar saluran ke arah luar jalan, karena koridor dari pemetaan topografi hanya selebar $\pm 150 - 200$ m sehingga data diluar koridor tidak terliput.

Pembatasan lebar koridor pemetaan ini dilakukan dengan pertimbangan anggaran dan waktu yang terbatas.

Table 2.27 Koefisien Hambatan

Kondisi permukaan yang dilalui aliran	n_d
1. Lapisan semen dan aspal	0,013
beton	0,02
2. Permukaan halus dan kedap air	0,10
3. Permukaan halus dan padat	
4. Lapangan dengan rumput	0,20
jarang, lading, dan tanah	0,40
lapang kosong dengan	0,60
permukaan cukup kasar	0,80
5. Lading dan lapangan rumput	
6. Hutan	
7. Hutan dan rimba	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Keterangan :

➤ Panjang :

$L1, L3, L2$ sesuai ketentuan klasifikasi jalan

➤ Kelandaian :

Untuk $L1, k1 = 2 - 3\%$

Untuk L2, $k_2 = 3 - 5 \%$

Untuk kelandaian ini juga di sesuaikan dengan klasifikasi dan konstruksi jalan, untuk L3, $k_3 =$ sesuai dengan kondisi di lapangan

➤ Lebar :

Lebar dengan pengaliran yang di perhitungkan = panjang saluran yang di hitung (L = panjang saluran yang di hitung)

2) Waktu pengaliran

Dapat diperoleh sebagai pendekatan dengan membagi panjang aliran maksimum dari saluran samping dengan kecepatan rata-rata aliran pada saluran tersebut.

Kecepatan rata-rata aliran diperoleh dari rumus manning:

$$V = \frac{1}{n} \times J^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata aliran (m/det)

J = F/O jari-jari Hydraulis (m),

F = luas penampang basah (m^2),

O = keliling basah (m)

S = kemiringan muka air saluran

n = koefisien kekasaran manning

Waktu pengaliran di peroleh dari rumus :

$$t_2 = \frac{L}{(60)v} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

L = panjang saluran (m)

t_2 = waktu pengaliran (menit)

jika waktu konsentrasi (T_c) = ($t_1 + t_2$) yaitu rumus (2.48) + rumus (2.49)

sedangkan V pada rumus (2.49) diperoleh dari rumus (2.48) dimana V dapat ditentukan jika dimensi saluran telah ditetapkan

d. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) atau koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi.

Menurut The Asphalt Institute untuk menentukan C_w dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots(2.56)$$

Dimana :

$C_1, C_2 \dots$ = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

$A_1, A_2 \dots$ = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung.

Untuk setiap area yang ditinjau L = konstan, sedangkan L_3 sebagai pendekatan diambil 100 m, maka untuk penampang melintang normal dengan cara memasukan persamaan diperoleh :

$$C_w = \frac{C_1.L_1 + C_2.L_2 + C_3.L_3 + \dots}{L_1 + L_2 + L_3} \dots\dots\dots(2.57)$$

Harga Koefisien pengaliran (C) atau koefisien limpasan (fk) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.28 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu Jalan :		
	Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	Batu masif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006)

e. Saluran terbuka

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka, yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong – gorong. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut.

Tabel 2.29 Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diiijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu – batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

(Sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006)

2.9.2 Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*)

Bangunan Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*), (Sosrodarsono, dan Nakazawa, 2005)

1. Dasar Perencanaan

Diperlukan pemeriksaan terhadap gorong-gorong persegi ditinjau dari segi pembebanan yaitu gaya-gaya samping dan gaya arah memanjang. Tetapi bila panjang dari gorong-gorong kurang dari 15 m, pemeriksaan terhadap gaya-gaya arah memanjang boleh diabaikan.

Untuk perencanaan gorong-gorong karena gaya-gaya dari samping dimensi dari pada bentuk luar dipergunakan dalam perhitungan beban, sedangkan ukuran dari sumbu pusat di tiap-tiap bagian dipergunakan dalam perhitungan tegangan. Kemudian untuk analisa “kerangka kaku” digunakan metode “*Slope Deflection*”.

2. Beban yang Dipergunakan Untuk Perencanaan

Beban yang bekerja pada gorong-gorong persegi (*Box Culvert*) adalah tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah diatas gorong-gorong, tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan

disamping gorong-gorong, beban hidup diatas gorong-gorong dan gaya-gaya reaksi.

Pada gorong-gorong persegi yang biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung dari pada tinggi tanah penutup di atas gorong-gorong, apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter.

Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter, perhitungan dibuat dalam 2 kombinasi dan bila momen lentur dan gaya geser pada tiap-tiap titik telah didapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Tanda-tanda/notasi pada gambar berarti sebagai berikut :

Pvd1 : Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan atas gorong-gorong (ton/m^2)

Phd : Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping gorong-gorong (ton/m^2)

Pvl : Beban vertikal karena beban hidup, dihitung dengan mengambil ketebalan tanah penutup:

- Bila tebal tanah penutup $< 3,50$ meter

$$Pvl = \frac{p_{i+i}}{w_1} (\text{ton/m}^2) \dots \dots \dots (2.58)$$

- Bila tebal tanah penutup $> 3,50$ meter

Muatan merata diatas gorong-gorong (Pvl) = $1,0 \text{ ton/m}^2$

Ko : Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar $1,0 \text{ ton/m}^2 \times Ko$, yang diakibatkan oleh beban muatan.

Pv2 : Reaksi tanah

2.10 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi Rencana kerja dan Syarat-Syarat

(RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

2.10.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini 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 satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

2.10.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-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. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

- 1) 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 didapat dari pengamatan observasi lapangan.

- 2) 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 banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

2.10.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

- a. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

- b. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran

biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

1) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

2) Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.

3) Harga Satuan Pekerjaan

Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

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 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis.

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

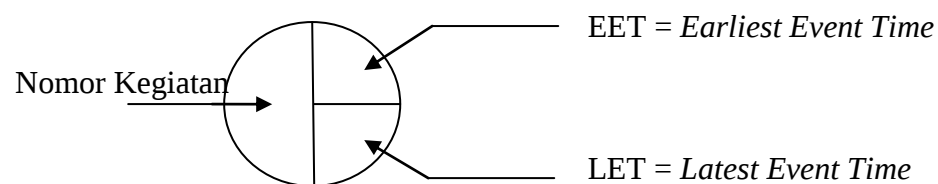
- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktivitas-aktivitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas - aktivitas itu. kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.

- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

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

Keterangan :



Gambar 2.28 Net Work Planning (NWP)

- $\longrightarrow$ = Jalur Kegiatan
- $\Longrightarrow$ = Jalur Kritis
- $- - \longrightarrow$ = *Dummy*

2.10.7 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Penggunaan Barchart bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Widiasanti, 2013)

2.10.8 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 didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran. (Widiasanti, 2013)