

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

2.1.1 Pengertian

Perencanaan geometrik jalan adalah suatu bagian dari perencanaan jalan yang terfokus di bidang alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Sehingga, memenuhi tujuan maupun fungsi dasar dari jalan dan akan memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, apabila dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. (Sukirman, 1999)

Yang merupakan dasar perencanaan geometrik adalah ukuran kendaraan, sifat gerakan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal ini dapat menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Sukirman, 1999)

2.2 Konsep Dasar Perencanaan Geometrik Jalan

2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi dan peranannya

Sesuai dengan fungsi maupun peranannya maka jalan terbagi atas jalan umum dan jalan khusus, dimana jalan umum digunakan untuk lalu-lintas umum dan jalan khusus digunakan bukan untuk melayani lalu-lintas umum melainkan dalam tujuan distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan.

Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan menjadi empat, yaitu sebagai berikut:

- a. Jalan Arteri, jalan yang melayani angkutan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor, jalan yang melayani angkutan pengumpulan ataupun pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal, jalan yang melayani angkutan setempat ataupun lokal dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- d. Jalan Lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri jarak perjalanan dekat dan kecepatan rendah.

2.2.2 Sistem jaringan

Sistem jaringan jalan terdiri dari dua sistem yaitu sistem jaringan primer dan sistem jaringan sekunder.

- a. Sistem Jaringan Primer, adalah sistem jaringan jalan dengan perannya sebagai pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di kanca nasional, dengan cara menghubungkan semua titik awal jasa distribusi yang berupa pusat-pusat kegiatan.
- b. Sistem Jaringan Sekunder, adalah sistem jaringan jalan yang melayani distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di wilayah perkotaan.

2.2.3 Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. Adapun jalan umum berdasarkan statusnya meliputi sebagai berikut :

- a. Jalan Nasional, adalah jalan yang menghubungkan ibukota – ibukota provinsi. Untuk pembangunan dan perawatan infrastrukturnya semua biaya ditanggung oleh pemerintah pusat.

- b. Jalan Provinsi, adalah suatu jalan yang digunakan sebagai penghubung antar kota dalam satu provinsi. Untuk pembangunan dan perawatan infrastrukturnya semua ditanggung oleh pemerintah provinsi.
- c. Jalan Kabupaten/ Kotamadya, adalah suatu jalan yang meliputi kabupaten maupun kotamadya. Untuk pembangunan dan perawatan infrastrukturnya semua di tanggung oleh pemerintah kabupaten/ kotamadya.
- d. Jalan Desa, adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan. Untuk pembangunan dan perawatannya semua biaya ditanggung pemerintah desa.
- e. Jalan khusus, adalah jalan yang dibangun oleh suatu perusahaan, instansi, badan hukum maupun perorangan yang terkait

2.2.4 Pengaturan kelas jalan

Pengaturan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil.(Permen PU No 19 tahun 2011).

Guna kepentingan pengaturan penggunaan Jalan dan Kelancaran lalu-lintas dan Angkutan Jalan, Jalan Umum berdasarkan UU No 22/2009 Tentang Lalu-Lintas dan Angkutan Jalan, dikelompokkan atas:

- a. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan MST kurang/sama dengan 10 ton.
- b. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, local dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan MST 8 Ton dengan lebar kendaraan kurang dari 2500 mm.
- c. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, local dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan MST 8 Ton dengan lebar kendaraan kurang dari 2100 mm.
- d. Jalan Kelas Khusus, yaitu Jalan Arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan MST lebih dari 10 ton.

2.2.5 Bagian-bagian jalan

Menurut Ditjen Bina Marga, 2017. Bagian-bagian jalan terdiri dari:

a. Ruang manfaat jalan

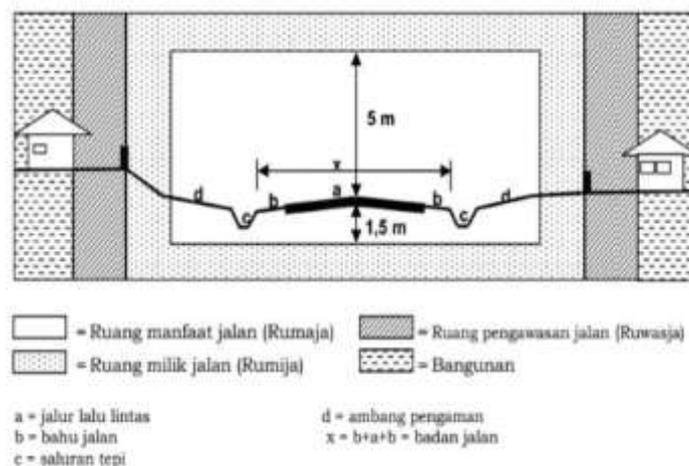
Pada ruang manfaat jalan meliputi beberapa bagian seperti saluran tepi jalan, badan jalan, dan ambang pengamanannya.

b. Ruang Milik Jalan

Pada ruang milik jalan meliputi beberapa bagian seperti ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.

c. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan adalah ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.



Gambar 2.1 Ruang Pengawasan Jalan

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik

Dalam pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (No.38/TBM/1997). Bentuk suatu geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang memiliki keterkaitan dapat melayani secara optimal kepada lalu lintas yang sesuai dengan fungsinya.

2.3.1 Kendaraan rencana

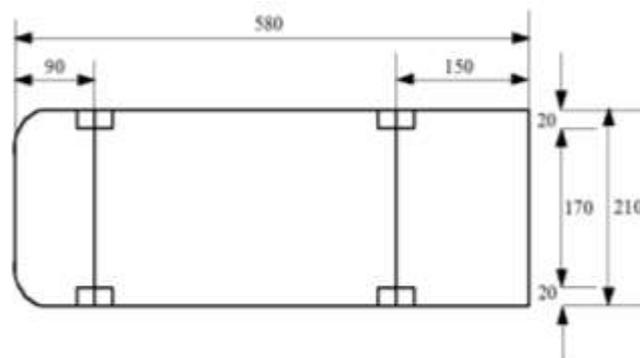
Kendaraan rencana yaitu kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik, dilihat dari bentuk ukuran dan berat dari suatu kendaraan yang dipergunakan pada jalan.

Sebagai referensi untuk ukuran kendaraan rencana untuk kendaraan penumpang, truk atau bis tanpa gandengan dan semi trailer diatur oleh Bina Marga didalam peraturan 007/BM/2009 dan AASHTO 2004.

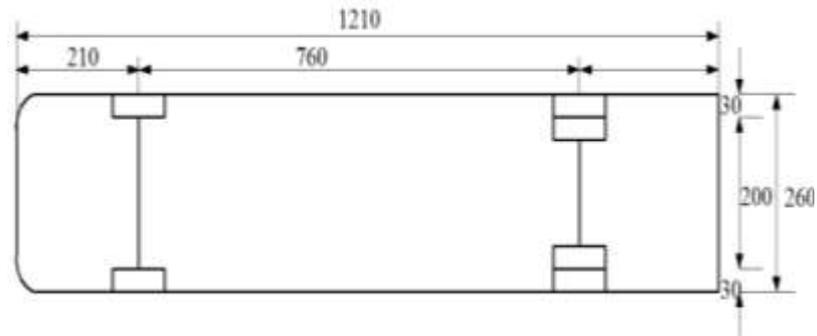
Tabel 2.1 Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis		Dimensi kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius putar min. (m)
Bina Marga	Kode AASHTO	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	P	1,3	2,13	5,79	0,91	1,52	7,31
Bus	S-Bus 11	3,2	2,44	10,91	0,76	3,66	11,86
Truk 2 as	SU	4,1	2,44	9,15	1,22	1,83	12,80
Truk 3 as		4,1	2,44	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	WB-12	4,1	2,44	13,87	0,91	0,86	12,20
Truk 5 as	WB-15	4,1	2,44	16,79	0,91	0,62	13,72

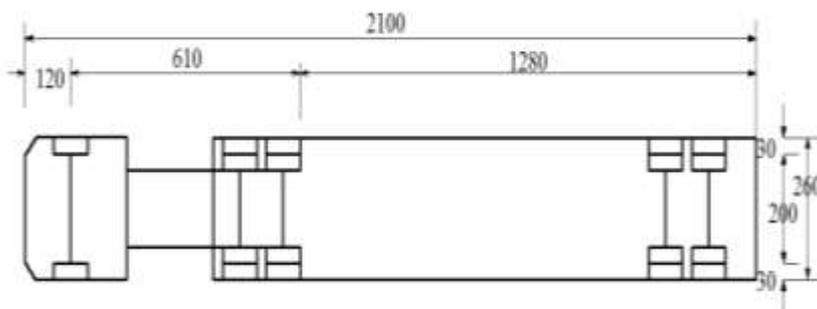
(Sumber: no.007/BM/2009 AASHTO 2004)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

Kendaraan rencana yang akan terpilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan dapat ditentukan oleh fungsi dan jenis kendaraan dominan yang menggunakan jalan tersebut. Biaya juga pastinya dapat menjadi suatu pertimbangan dalam menentukan kendaraan rencana yang akan dipilih sebagai kriteria perencanaan (Shirley, 2000)

2.3.2 Volume lalu lintas

Sukirman (1999) dalam “Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan” menyebutkan bahwa, volume suatu lalu lintas akan menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas untuk kebutuhan desain kapasitas geometrik jalan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) dengan cara menyesuaikan nilai smp pada setiap jenis kendaraan ataupun menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

Dari data lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang diperoleh kita dapat mengklasifikasikan jalan tersebut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Jalan

Klasifikasi Fungsi	Kelas	LHR Dalam SMP
Utama	I	>20.000
Sekunder	II A	6.000 – 2.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Penghubung	III	-

(Sumber: PPGJR, 1997)

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

Lalu Lintas Harian Rata – rata Tahunan adalah lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui satu titik pengamatan 24 jam dalam satu tahun penuh

Dengan rumus umum :

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

Keterangan :

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Dengan rumus umum :

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

c. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan smp/ hari. Volume jam rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/ jam yang digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan, sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$VJR = \frac{LHR}{24} \dots\dots\dots(2.3)$$

d. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu satu jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar yang menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1999) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (smp/ jam)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- 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

Tabel 2.3 Kapasitas Dasar Ruas Jalan (CO)

Tipe jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/ jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Perlajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Perlajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(Sumber: MKJI, 1997)

e. Derajat kejenuhan

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

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- DS = Derajat Kejenuhan
- Q = Arus lalu lintas (smp/ jam)
- C = Kapasitas (smp/ jam)

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FCw)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (Cw) (m)	FCw		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2 D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	100
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,91	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,50	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	
	4,00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	
	10,0	1,29	1,21	
	11,0	1,34	1,27	

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FCsp)

Pemisah arah SP % - %			50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Jalan perkotaan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FCsp	Jalan luar kota	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FCsp	Jalan bebas hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.6 Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping Untuk jalan dengan bahu (FCsf)			
		Lebar bahu efektif			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
Atau 2/2 UD	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : MKJI, 1997)

Tabel 2.7 Tingkat pelayanan jalan

Tingkat pelayanan	Karakteristik	Batas lingkup (Q/C)
A	Arus bebas; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00-0,20
B	Arus stabil; kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20-0,44
C	Arus stabil; kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45-0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebanyakan bergerak relative kecil	0,75-0,84
E	Arus tidak stabil; kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85-1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; kecepatan rendah, volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan besar	>1,00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.3 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana merupakan suatu kecepatan pada ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jarak pandang dan sebagainya. Kecepatan rencana yang dipilih tersebut juga merupakan kecepatan tertinggi menerus yang memungkinkan suatu kendaraan bergerak dengan nyaman dan aman dalam kondisi lalu lintas cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping yang tidak berarti.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan rencana adalah sebagai berikut:

1. Keadaan trase apakah datar, berbukit atau gunung

Melalui perhitungan rata-rata yang berdasarkan pada ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat kita ketahui lereng melintang yang digunakan untuk

menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan diberikan pada tabel dibawah ini

Tabel 2.8 Klasifikasi Golongan Medan

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

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

2. Sifat dan Tingkat Penggunaan Daerah

Kecepatan yang diambil juga akan berbeda pada tiap kelas jalannya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.9 Kecepatan Rencana berdasarkan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_r), Km/jam		
	datar	bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber: Shirley, 2000)

2.3.4 Satuan Mobil Penumpang

Setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda, karena suatu dimensi, percepatan, kecepatan, maupun kemampuan gerakan yang dimiliki masing - masing kendaraan berbeda, dan pengaruh geometrik jalan. Oleh sebab itu, untuk menyamakan satuan dari masing - masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut satuan mobil penumpang (SMP). Besarnya smp yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian MKJI dapat dilihat pada tabel 2.10 dan pada tabel 2.11

2.3.5 Ekivalen Mobil Penumpang

Ekivalen mobil penumpang merupakan suatu faktor konversi jenis kendaraan di bandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya yang berhubungan pada dampaknya terhadap perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0)

Tabel 2.10 Ekivalen Mobil penumpang (emp)

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

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.11 Faktor Satuan Mobil Penumpang

NO	Jenis Kendaraan	Kelas	SMP	
			Ruas	Simpang
1	Kendaraan ringan - Sedan/ Jeep - Oplet - Mikrobus - Pick – up	LV	1.00	1.00
2	Kendaraan Berat - Bus standar - Truk sedang - Truk berat	HV	1.20	1.30
3	Speda Motor	MC	0.25	0.40
4	Kendaraan Tak Bermotor - Becak - Sepeda - Gerobak, dll	UM	0.80	1.00

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.12 Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/ Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	0,8

(Sumber: MKJI,1997)

2.3.6 Jarak pandangan

Kenyamanan dan keamanan pengemudi agar bisa melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung terhadap jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan.(Sukirman, 1999)

Jarak pandang terbagi menjadi dua, yaitu Jarak Pandang henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak Pandang Henti merupakan suatu jarak minimum yang dibutuhkan oleh setiap pengemudi dalam menghentikan kendaraannya dengan aman saat melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi Jarak Pandang Henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm, diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandangan henti (J_h) terdiri dari jarak tanggap dan jarak pengereman. Sebagai berikut:

- a. Jarak tanggap (J_{ht}), merupakan suatu jarak yang dilalui/ ditempuh oleh kendaraan dimulai saat pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- b. Jarak pengereman (J_{hr}), merupakan suatu jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan dimulai saat pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

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

$$J_h = (J_{ht}) + (J_{hr}) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{V_R^2}{2gf} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

V_R : kecepatan rencana (km/Jam)

T : waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g : percepatan gravitasi, ditctapkan 9,8 m/det²

f : koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal,

AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$

(f semakin kecil jika V_R semakin r inggi, dan sebaliknya). Bina

Marga menetapkan $f = 0,35 - 0, 55$.

G : Percepatan gravitasi, dietapkan 9,8 m/det²

T : Waktu tanggap 2,5 detik

Rumus diatas dapat disederhanakan menjadi :

- Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254f} \dots\dots\dots (2.8)$$

- Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

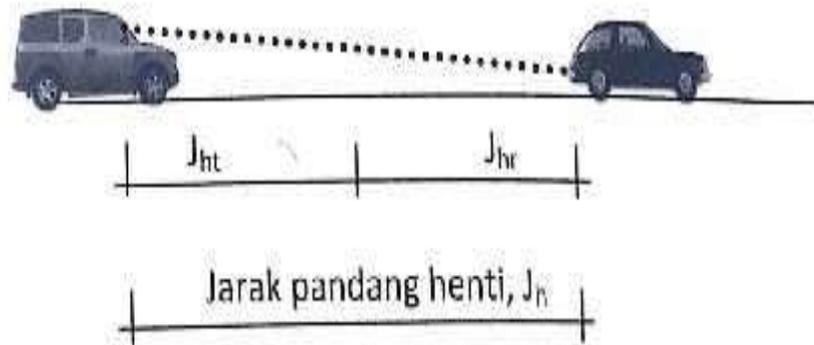
$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254(f \pm L)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana $L =$ Landai Jalan (%) atau persatuan

Tabel 2.13 Jarak Pandang Henti Minimum

V (km/jam)	1120	1100	880	660	550	440	330	220
J_h minimum (m)	2250	1175	1120	775	555	440	227	116

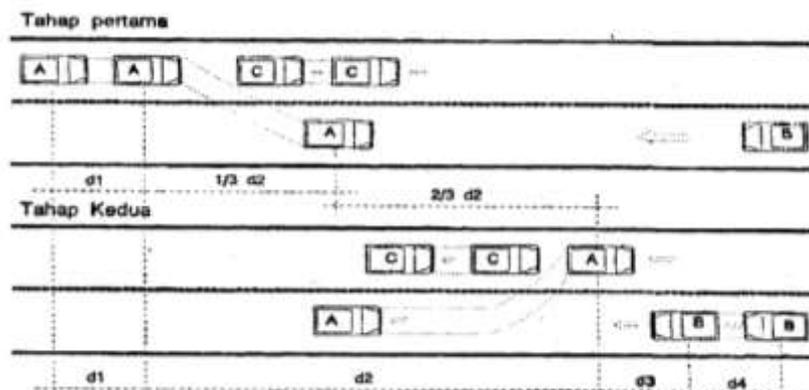
(Sumber : Ditjen Bina Marga, No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.5 Jarak pandang henti

2. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Lihat sketsa dibawah ini.



Gambar 2.6 Jarak Pandang Mendahului

A : Kendaraan yang mendahului

B : Kendaraan yang berlawanan arah

C : Kendaraan yang didahului kendaraan A

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

$$(J_d) = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.10)$$

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 beda berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

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

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d_1 = 0,278 (V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$d_2 = 0,278 V_R.T_2 \dots \dots \dots (2.12)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ meter} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

T_1 = waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$ waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = percepatan rata-rata km/jam/ detik $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil (10-15Km/jam).

V_R = Kecepatan kendaraan rata-tata dalam keadaan ∞ mendahului Kecepatan Rencana (km/jam).

d_1 = Jarak kebebasan

d_4 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datans dari arah berlawanan

Tabel 2.14 Besaran d_3 (m)

V_R (km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
d_3 (m)	30	55	75	90

(Sumber : Ditjen Bina Marga No.038/T/BM/1997)

2.3.7 Data arus lalu lintas

Data arus lalu lintas yaitu suatu informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini juga mencakup suatu jaringan jalan atau hanya suatu daerah tertentu dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapat dengan melakukan pendataan kendaraan yang melalui ruas jalan, sehingga hasil dari pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam suatu kendaraan per jam (kend/jam).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonvensikan angka faktor ekivalen (FE) semua kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu-Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata pada akhir umur rencana, maka diperlukan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i). Jika tidak tersedia data, maka dapat digunakan faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) menurut Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017.

Faktor laju pertumbuhan Lalu Lintas (i) pada tahun 2015-2035 dapat dilihat pada tabel 2.15

Tabel 2.15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan, 2017)

2.3.8 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah di lapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

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

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

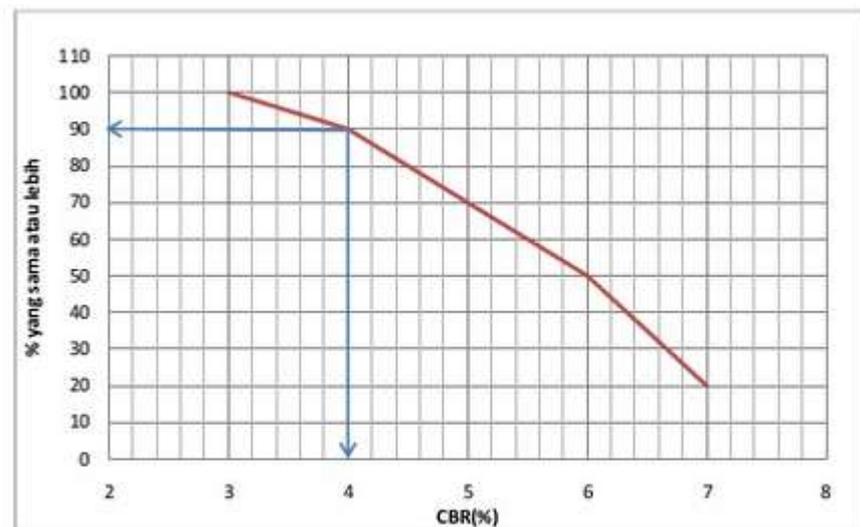
$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{(CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots (2.15)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.16 di bawah ini:

Tabel 2.16 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Sukirman, 1993)



Gambar 2.6 Grafik CBR 90%

b. Cara Grafis

Prosedur adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai CBR terendah
- b. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai yang terbesar.

- c. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- e. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

2.3.9 Data penyelidikan material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut akan dilakukan berdasarkan survey langsung di lapangan maupun dengan pemeriksaan laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap.

Pengidentifikasi material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

- a. Tanah berbutir halus
- b. Tanah berbutir kasar

2.3.10 Penampang melintang

Penampang melintang jalan adalah suatu potongan jalan yang tegak lurus pada sumbu jalan yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan dalam arah melintang (Silvia Sukirman, 1999). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan. Bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Jalur dan lajur lalu lintas.

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan.

Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus

diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah. Oleh sebab itu, jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah.

Jumlah jalur yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan rencana volume lalu lintas harian ditentukan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.17 Jumlah Jalur Lalu Lintas

VLR (smp/hr)	Medan	Fungsi	Lajur
≥ 138.000			6
$36.000 \leq 138.000$	D,	Jalan Arteri	4
< 36.000	B		2
≥ 156.000			6
$41.000 \leq 156.000$			4
< 41.000	G		2
≥ 36.000	D,	Jalan Kolektor	4
≤ 36.000	B		2
≥ 41.000			4
≤ 41.000	G		2

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas.

Jalan perkotaan :

1. Jalan dua-lajur dua-arah (2/2 UD).
2. Jalan empat-lajur dua-arah.
 - a) Tak-terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dengan median) (4/2 D).
3. Jalan enam-laju dua-arah terbagi (6/2 D).
4. Jalan satu-arah (1-3/1).

Jalan Luar Kota :

1. Jalan dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2UD)
2. Jalan empat-lajur dua-arah

- a) Tak terbagi (tanpa median) (4/2 UD).
 - b) Terbagi (dgn Median) (4/2 D)
3. Jalan enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 D)

b. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian mafaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat dan pendukung samping bagi lapis pondasi tanah, pondasi atas dan pondasi permukaan. Fungsi utama bahu jalan adalah:

1. Untuk melindungi bagian utama jalan
2. Sebagai tempat berhenti kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti untuk berorientasi terhadap jurusan yang akan dituju.
3. Menyediakan ruang bebas samping bagi lalu lintas.
4. Meningkatkan jarak pandangan pada tikungan.
5. ebagai trotoar jika tidak ada trotoar.
6. Tempat meletakkan rambu-rambu lalu lintas, dll.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu yang tidak diperkeras, yaitu bahu yang hanyadibuat dari material perkerasan jalan tanpa bahan pengikat. Biasanya digunakan material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah-daerah yang tidak begitu penting, dimana kendaraan yang berhenti dan mempergunakan bahu tidak begitu banyak jumlahnya.
- b) Bahu yang diperkeras, yaitu bahu yang dibuat dengan mempergunakan bahan pengikat sehingga lapisan tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini dipergunakan, untuk jalan-jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan memakai bagian tersebut besar jumlahnya, seperti di sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan-tikungan yang tajam.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas :

- a) Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- b) Bahu kanan/bahu dalam (*rightlinner shoulder*), adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas

Tabel 2.18 Penentuan lebar bahu jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	minimum	Ideal	minimum	Ideal	minimum
	Lebar bahu (m)	Lebar bahu (m)				
<3.000	1,5	1	1,5	1	1	1
3.000-10000	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1
10000- 25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2,5	2	2	**)	-	-

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

c. Talud

Talud berfungsi untuk menahan badan jalan. Talud juga merupakan lereng parit yang dapat bertindak sebagai bagian dari bahu. Talud dapat terdiri dari tanah, rumput atau pasangan penahan tanah.

d. Trotoar

Trotoar tidak dibutuhkan pada jalan raya diluar kota jika lalu lintas dan kepadatan penduduk rendah. Sebagian bahu jalan dapat menggantikan fungsi trotoar. Jika volume lalu lintas atau jumlah pejalan kaki lebih tinggi, maka harus dipakai bahu jalan yang lebih lebar. Lebar trotoar tergantung pada kondisi, dan sebaiknya selebar 3,0 m.

e. Lebar manfaat jalan dan badan jalan

Lebar manfaat adalah bagian dari jalan raya yang berguna langsung untuk lalu lintas. Badan Jalan adalah bagian penting bagi pemakai jalan dan

meliputi jalur lalu lintas, median dan bahu jalan.

2.3.11 Median

Jalan raya yang mempunyai 4 jalur atau lebih harus mempunyai median. Fungsi utama median adalah untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan, dengan demikian memungkinkan kecepatan yang tinggi, guna membatasi belokan U agar lalu lintas lancar, untuk membentuk jalur belok kanan pada persimpangan dan untuk mengurangi sorotan lampu.

Median dengan lebar sampai 5 meter sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan. Lebar median jalan dapat dilihat pada Tabel 2.19 berikut :

Tabel 2.19 Lebar Median Jalan

Kelas	1 & 1*	2	3 & 3*
Lebar minimum mutlak median	0,5	0,5	0,5
Lebar minimum standar batas	2	1,5	1

(Sumber : SSPGJLK, 1990)

2.4 Alinyemen Horizontal

Menurut Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Ruas Jalan, 2017. Alinyemen horizontal adalah sekumpulan titik-titik yang membentuk garis (lurus dan lengkung) sebagai suatu proyeksi sumbu atau as jalan pada bidang horizontal.

Alinyemen horizontal merupakan suatu garis proyeksi sumbu jalan yang tegak lurus pada bidang datar peta atau yang biasa disebut trase. Trase jalan juga disebut situasi jalan, umumnya trase menunjukkan arah dari jalan yang berkaitan. (Sukirman, 1999)

Adapun aspek-aspek penting daalam alinyemen horizontal diantaranya sebagai berikut:

1. Gaya sentrifugal.

2. Bentuk-bentuk busur peralihan
3. Bentuk-bentuk tikungan seperti *Full Circle*, *Spiral Circle Spiral*, dan *Spiral-Spiral*.
4. Diagram superelevasi
5. Pelebaran perkerasan pada tikungan
6. Jarak pandang pada tikungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal biasanya akan ditemui dua jenis bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau disebut tikungan. Tikungan terdiri dari 3 jenis yaitu tikungan *Full Circle* (FC), *Spiral Circle Spiral* (SCS) dan *Spiral Spiral* (SS). Untuk keselamatan pemakai jalan jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

2.4.10 Bagian jalan lurus maksimum

Panjang maksimum pada bagian lurus, harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit sesuai V_r dengan mempertimbangkan keselamatan bagi para pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.20 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Ditjen Bina Marga, No. 038/T/BM/1997)

2.4.11 Tikungan dengan jari – jari minimum

Ketika kendaraan melewati tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang akan menyebabkan suatu kendaraan tidak stabil. Sebagai penyeimbang bagi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). Ketika kendaraan telah melewati daerah superelevasi, akan terjadilah suatu gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang dapat menyebabkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung (m)

D = Derajat Lengkung (°)

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

$$R_{min} = \frac{v_r^2}{127(e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks}+f_{maks})}{v_r} \dots\dots\dots (2.19)$$

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

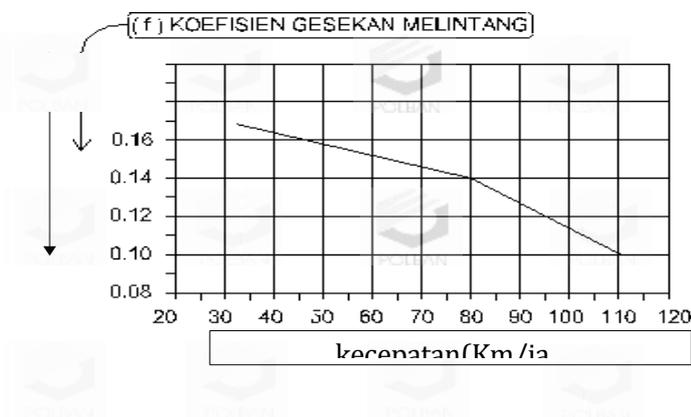
v_r = Kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = Koefisien gesekan melintang maksimum

D_{maks} = Derajat Maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan e_{maks} = 10% dan f_{maks} sesuai gambar 2.7 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel 2.22



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

Tabel 2.21 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superlevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$ metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V=90 km/jam	
		Ls	Ls								
0.250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	LP	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	LP	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	LP	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	819	LP	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	716	LP	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	573	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	477	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	409	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	358	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	318	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	286	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	239	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks=5,12	
7.000	205	0.062	45	0.080	60	0.094	60	Dmaks=6,82			
8.000	179	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	159	0.074	45	0.091	60	0.099	60				
10.000	143	0.079	45	0.095	60	Dmaks=9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	Dmaks=12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	D maks=18,8									

(Sumber : Sukirman, 1999)

Tabel 2.22 Panjang Jari-jari Minimum (Dibulatkan) untuk emaks = 10%

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	110	80	50	30	15

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

Tabel 2.23 Tabel p dan k untuk Ls = 1

θ_s (*)	p*	k*	\square_s (*)	p*	k*	\square_s (*)	p*	k*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,0	0,0094843	0,4998176	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0124307	0,4996735	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4996312	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23,5	0,0356088	0,4970788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24,0	0,0364288	0,4969497	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25,0	0,0380807	0,4966766	38,5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25,5	0,0389128	0,4965360	39,0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26,0	0,0397489	0,4963922	39,5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26,5	0,0405893	0,4962450	40,0	0,0651522	0,4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27,0	0,0414340	0,4960945			

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.4.12 Lengkung peralihan

Lengkung peralihan merupakan suatu lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R. Lengkung peralihan berfungsi mencegah perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang ada 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*). Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley, 2000).

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

1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan $L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.20)$

2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal
 $L_s = 0,222 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.21)$

3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian
 $L_s = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot VR \dots\dots\dots (2.22)$

Keterangan :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R = Jari-jari busur lingkaran

C = Perubahan percepatan, 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det²

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

E = Superelevasi

Em = Superelevasi maksimum

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

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

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

Tabel 2.24 Jari-jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.4.13 Menghitung panjang garis tangen

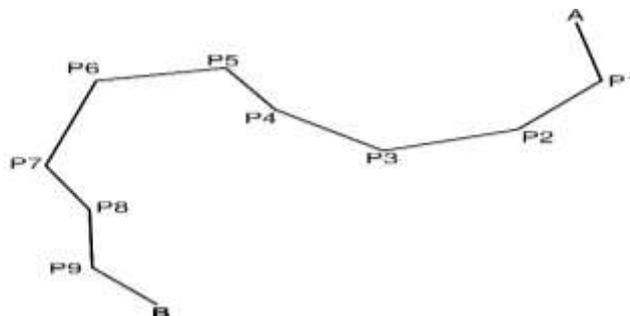
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal tau penampang memaniang jalan dan potongan melintang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004)

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

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan :

- d = Jarak titik A titik P1
- X_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X
- X_1 = Kordinat titik A pada sumbu X
- Y_2 = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y
- Y_3 = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.4.14 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen (Δ)

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

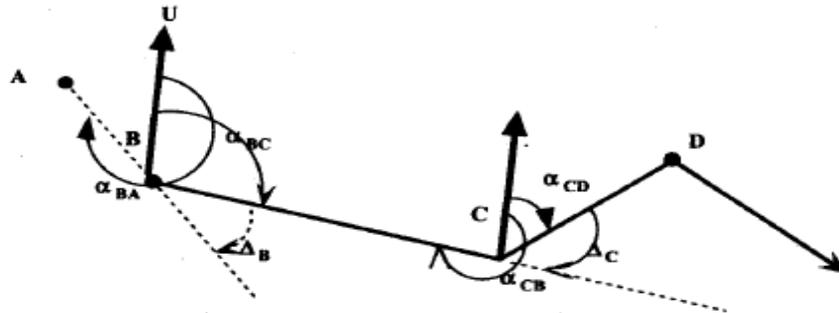
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{x_{p1} - x_A}{y_{p1} - y_A} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\alpha_{p1} = \text{arc tg} \frac{x_{p2} - x_{p1}}{y_{p2} - y_{p1}} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{p1} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{p1} \text{ (terkecil)} \dots\dots\dots (2.28)$$



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

2.4.15 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.8 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.4.16 Menentukan koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *Autocad*.

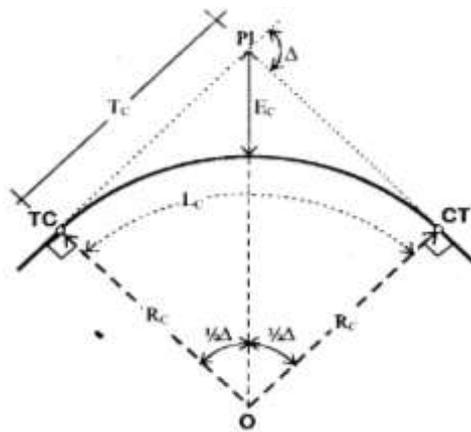
2.4.17 Bentuk–bentuk tikungan

1. Lingkaran (*Full Circle* = FC)

FC (Full Circle) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari–jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar.

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Lengkung peralihan
- b. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
- c. Pelebaran perkerasan jalan
- d. Kebebasan samping



Gambar 2.10 *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} \cdot L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots (2.30)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$D = - \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$e = - \frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2.e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$T_c = R \cdot \tan^{1/2} \Delta \dots\dots\dots (2.36)$$

$$E_c = R \cdot \tan^{1/4} \Delta \dots\dots\dots (2.37)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \frac{ep+en}{L_s} \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s} \dots\dots\dots (2.38)$$

Kontrol = 2. $T_c > L_c$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

O = Sudut Pusat Lingkaran ($^\circ$)

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)

2. *Spiral Circle Spiral (SCS)*

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkara (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

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

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

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \dots\dots\dots(2.39)$$

Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} T - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots(2.40)$$

- b. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6 \Gamma e} V_R \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

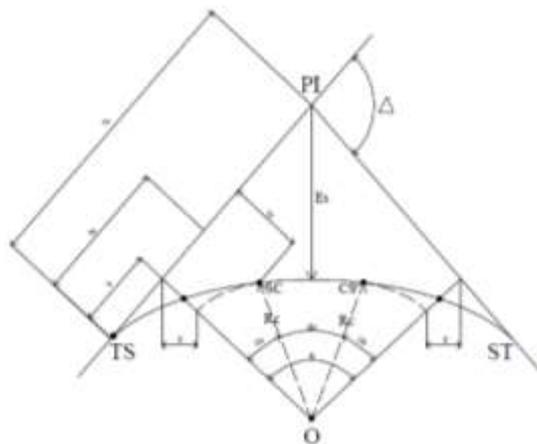
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γe = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk V ≤ 70 km/jam, Γe = 0,035 m/m/dt

Untuk V_R ≥ 80 km/jam, Γe = 0,025 m/m/dt



Gambar 2.11 *Spiral Circle Spiral*

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan Spiral Circle Spiral ini adalah :

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec.} < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots(2.42)$$

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$D = - \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$e = - \frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2.e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.46)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2}\right) \dots\dots\dots (2.47)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c} \dots\dots\dots (2.48)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$\Delta c = \Delta - 2.\theta_s \dots\dots\dots (2.50)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.51)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.52)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots (2.53)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + R_c \dots\dots\dots (2.54)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots (2.55)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.56)$$

Kontrol = $L_{total} < 2. T_s$

Keterangan :

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

Y_s = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)

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

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

T_s = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)

TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)

E_s = Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)

- θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)
 R_c = Jari-jari lingkaran.(m)
 p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)
 k = absis dari p pada garis tangen spiral (m)

Tabel untuk menentukan nilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.23

3. *Spiral - Spiral (SS)*

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

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } \text{kec.} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.57)$$

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{V_r} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$D = -\frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.60)$$

$$E = -\frac{e_{\max}}{D^2 \max} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D \max} D \dots\dots\dots (2.61)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.62)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan table Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.63)$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.64)$$

- c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,222 \cdot \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.65)$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_{s4} = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V_R \dots\dots\dots (2.66)$$

Ls yang digunakan adalah sebagai berikut : $Ls5 = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$

Ls5 > Ls min, maka Ls yang digunakan Ls5

$$Lc = 0 \text{ dan } \theta_s = \frac{1}{2}\Delta \dots\dots\dots (2.67)$$

$$L_{tot} = 2 Ls \dots\dots\dots (2.68)$$

$$\theta_s = \frac{90 Ls}{\pi Rc} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$Ls = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot Rc}{90} \dots\dots\dots (2.70)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6 Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.71)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.72)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots (2.73)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{1}{2}\Delta + Rc \dots\dots\dots (2.74)$$

Keterangan :

R = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

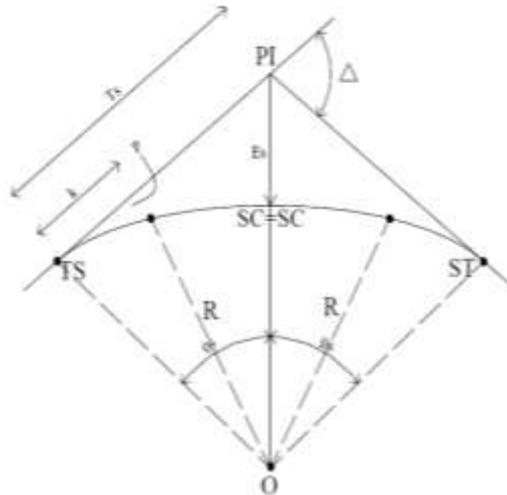
Ts = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

Es = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).(m)

Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)

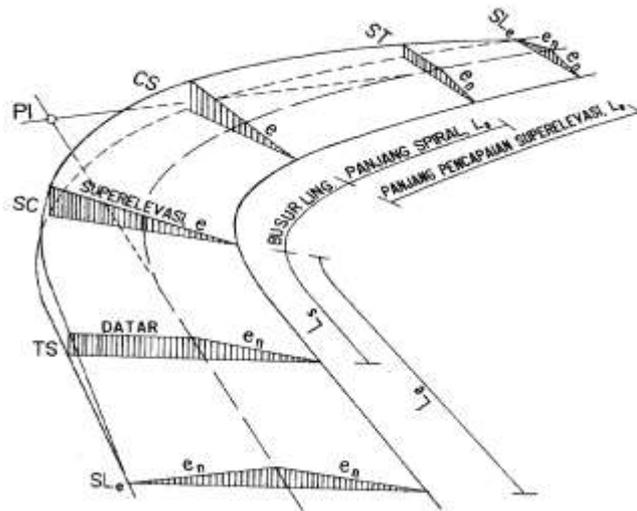


Gambar 2.12 *Spiral – Spiral*

2.4.18 Pencapaian superelevasi

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

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



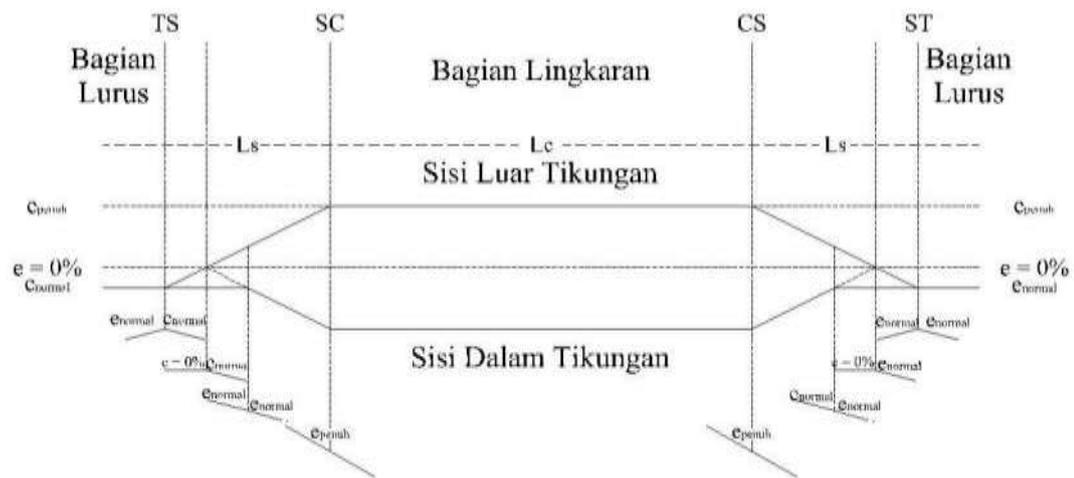
Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

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

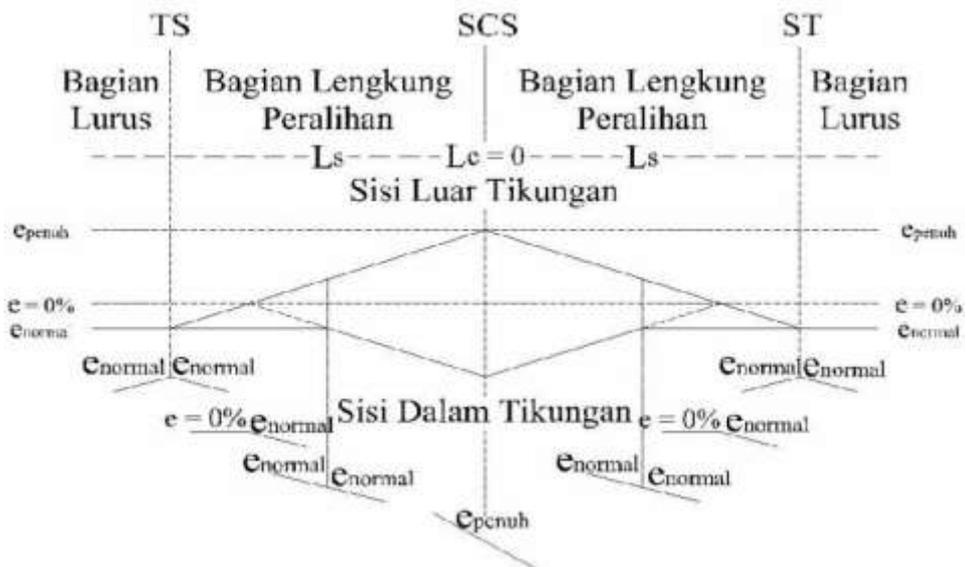
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*



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



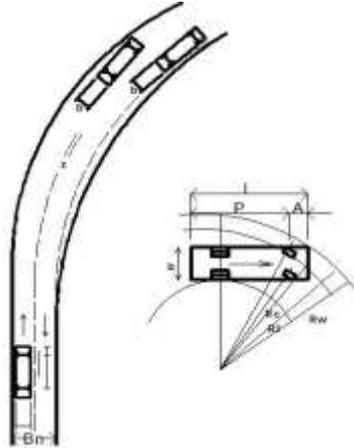
Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

2.4.19 Pelebaran di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama.

(Shirley L. Hendarsin, 2000: 106)

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.



Gambar 2.17 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.75)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.76)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(2.77)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang di tempati satu kendaraan di tikungan pada lajur
Sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi tikungan (m)

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

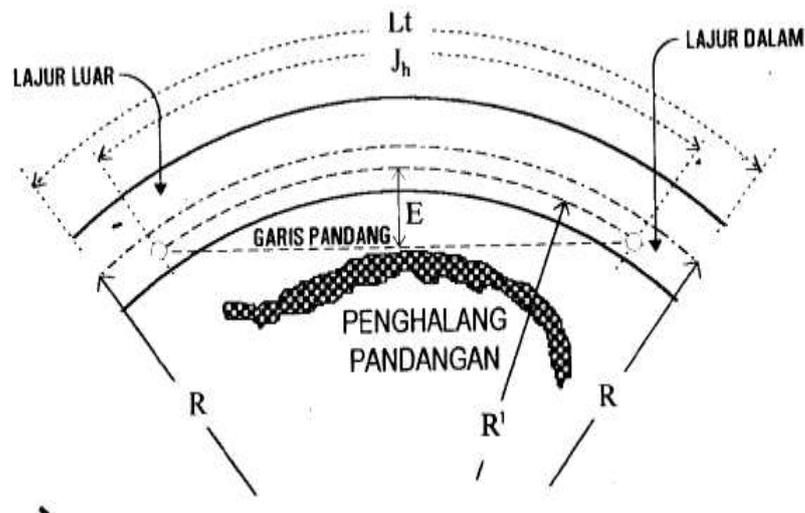
C = Lebar kebebasan samping dikiri dan kanan kendaraan = 1,0m

2.4.20 Daerah bebas samping di tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (di tikungan) adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi.

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



Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.79)$$

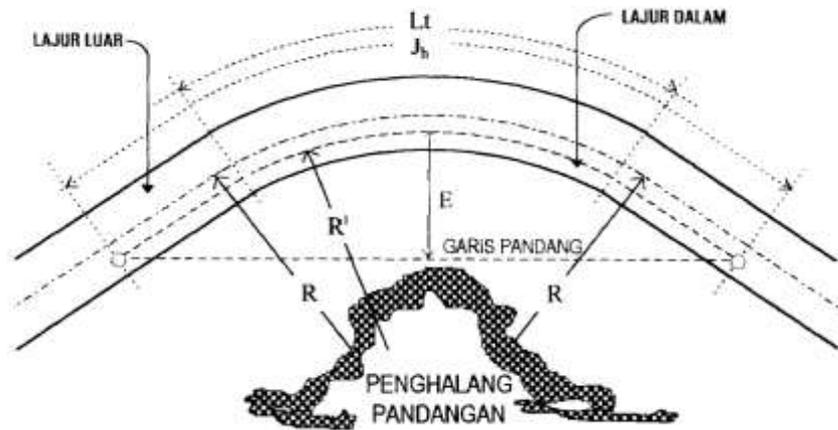
Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

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

J_h = jarak pandang henti (m)



Gambar 2.19 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90.J_h}{\pi.R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65.J_h}{R'} \right) \dots \dots \dots (2.80)$$

Dimana :

- E = Jarak bebas samping (m)
- R = Jari-jari tikungan (m)
- R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)
- Jh = jarak pandang henti (m)
- Lt = Panjang tikungan (m)

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

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \Theta \dots \dots \dots (2.81)$$

Dimana :

- M = Jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)
- Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L
- R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)
- Jd = Jarak pandangan (m)
- L = Panjang tikungan (m)

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Sering kali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia, Sukirman, 1999).

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

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian datar (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Faktor-faktor yang mempengaruhi desain Alinyemen Vertikal Jalan :

1. Kondisi Lapisan Tanah sepanjang Badan Jalan.

Karakteristik Badan Jalan didapatkan dari Uji Pemboran atau Geo Listrik dan secara rinci bias didapatkan dari Standar Penetration Test (SPT) serta Uji Lab terhadap benda Uji Undisturbed. Informasi karakteristik Badan Jalan akan memberikan masukan informasi kepada perencana terkait dengan Jenis Perkerasan serta banyaknya galian maupun timbunan yang diperlukan.

2. Kondisi Tanah disekitar daerah Galian.

Kondisi tanah pada segmen Galian ini, diperlukan agar perencana mempertimbangkan :

- a) Kestabilan lereng daerah Galian.
- b) Keberadaan wilayah Aquifer yang sering menjadi masalah dikemudian hari.
- c) Rembesan air (seepage) pada daerah lereng.

3. Muka Air Tanah dan Muka Air banjir.

Posisi Muka Air Tanah/Muka Air Banjir terhadap Perkerasan Jalan, diperlukan perencanaan pada saat menentukan system Drainase Jalan pada bagian segmen tersebut.

4. Fungsi Jalan.

Fungsi jalan mewakili karakter lalu-lintas yang akan melewati ruas jalan. Jalan Arteri dengan karakteristik Kendaraan seperti : kecepatan Tinggi, kendaraan barang dengan volume besar tentunya memerlukan desain geometrik yang berbeda misalnya dengan jalan Lokal dengan ciri kendaraan lambat dan volume barang yang relative sedikit. Terutama terkait dengan kelandaian jalan.

5. Keseimbangan Antara galian dan Timbunan.

Keseimbangan antara galian dan timbunan lebih menekankan pada nilai keekonomian pembangunan jalan.

6. Pertimbangan Lingkungan.

Alinyemen Vertikal seyogyanya didesain dengan mempertimbangkan tuntutan lalu-lintas untuk masa yang akan datang, dan juga tidak merusak lingkungan jalan yang ada.

2.5.10 Kelandaian alinyemen vertikal

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Karakteristik Kendaraan Pada Kelandaian Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan dengan baik dengan kelandaian 7 - 8 % tanpa adanya perbedaan dibandingkan dengan bagian datar.
2. Kelandaian Maksimum Kelandaian maksimum berdasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.25 Kelandaian Maksimum

Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 1997)

3. Kelandaian Minimum Pada jalan yang menggunakan kreb pada tepi perkerasannya perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan saluran kemiringan melintang jalan dengan kreb hanya cukup untuk mengalirkan air kesamping.
4. Panjang Kritis Suatu Kelandaian Panjangkritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih banyak dari separuh VR, lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.26 Panjang kritis (m)

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

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

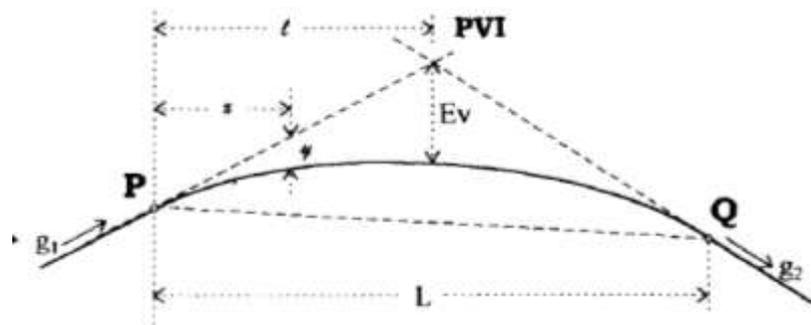
5. Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan VR, sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan kecepatan VR, sebaliknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BHS (Biaya Siklus Hidup).

2.5.11 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama Point of Vertikal Intersection (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung vertikal.
- Titik PPV terletak di tengah-tengah garis proyeksi lengkung vertikal.



Gambar 2.20 Tipikal Vertikal

Rumus yang digunakan :

$$A = g_2 - g_1 \dots\dots\dots (2.82)$$

$$EV = \frac{A \cdot L}{800} \dots\dots\dots (2.83)$$

$$EPLV = EPV \pm g \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots (2.84)$$

$$Y = \frac{A \cdot (x)^2}{200 \cdot L} \dots\dots\dots (2.85)$$

Dimana :

x = Jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau STA

y = Perbedaan elevasi antara titik PLV dan titik yang ditinjau pada STA, (m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik PLV dan titik PTV, (STA)

g_1 = Kelandaian tangent dari titik PLV, (%)

g_2 = Kelandaian tangent dari titik PTV, (%)

A = Perbedaan Aljabar Kelandaian

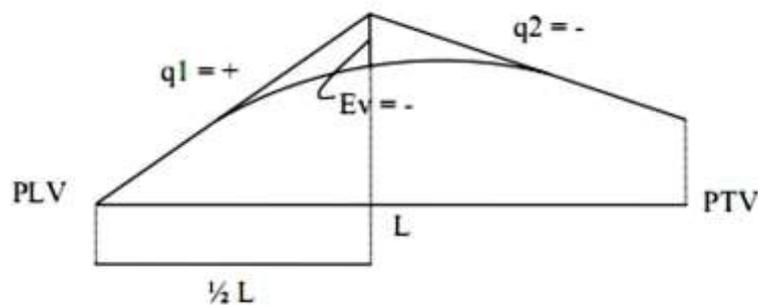
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

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

Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PTV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal hal sebagai berikut :

- (1). Jarak pandang
- (2). Drainase
- (3). Kenyamanan



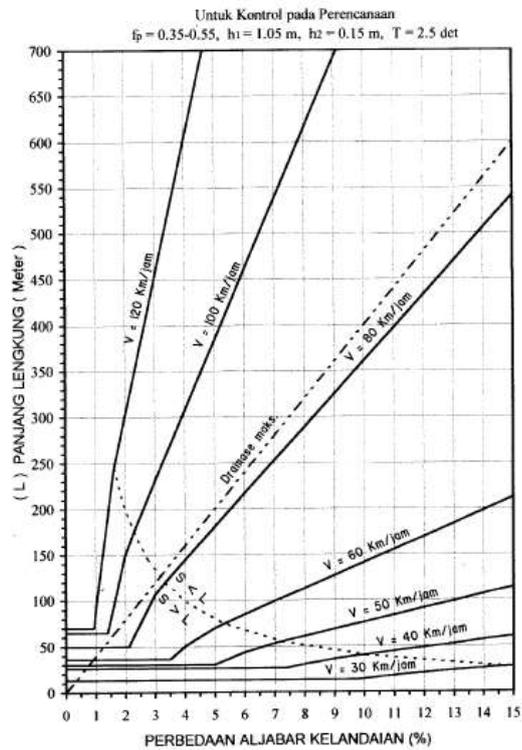
Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada tabel 2.21

Tabel 2.27 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h1 (m) Tinggi Mata	h2 Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1,05	1,05

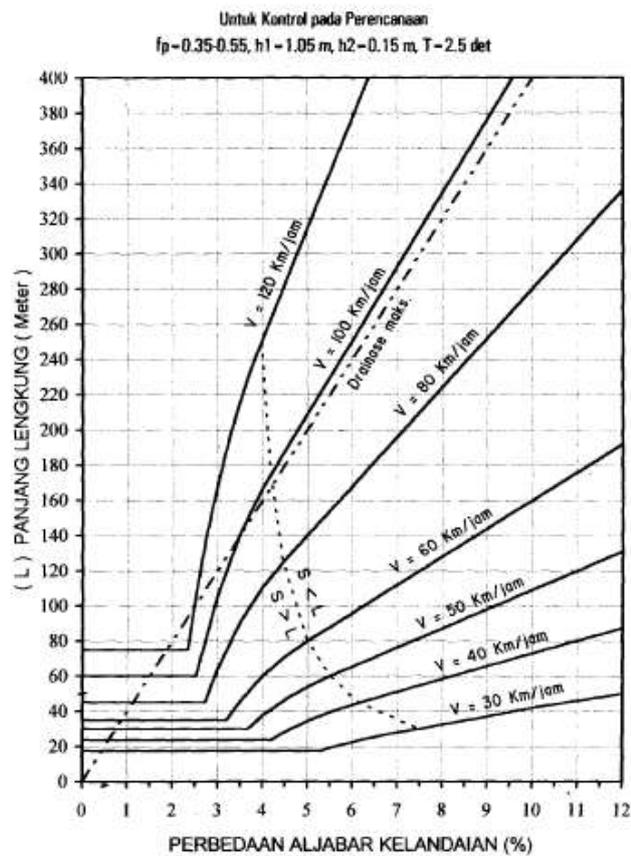
(Sumber : TPGJAK No. 038/T/BM / 1997)



Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times L_v \dots\dots\dots (2.86)$$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar 2.25



Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.5.12 Jarak pandang pada alinyemen vertikal

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

1. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cembung

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

$$S = \sqrt{\frac{100 \times L}{A} (2 \times h_1 - h_2)} \dots\dots\dots (2.87)$$

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

2. Jarak pandangan pada alinyemen vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyeberangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut.

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{m}{E} \dots\dots\dots (2.88)$$

$$E = \frac{AL}{800} \dots\dots\dots (2.89)$$

$$\left(\frac{S}{L}\right)^2 = \frac{800 m}{AL} \dots\dots\dots (2.90)$$

$$L = \frac{S^2 A}{800 M} \text{ dan } m = \frac{S^2 A}{800 l} \dots\dots\dots (2.91)$$

$$m = C - \frac{h_1 h_2}{2} \dots\dots\dots (2.92)$$

2.6 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- a. Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.

- c. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.28 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	B		$\frac{A + C}{2} \times L$ = E	$\frac{B + D}{2} \times L$ = F
0+100	C	D			
JUMLAH				ΣE	ΣF

(Sumber: Ditjen Bina Marga No.038/T/BM1997)

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan jalan adalah kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. (Shirley, 2000: 208).

Jenis kontruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

4) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur (Sukirman, 1999).

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.7.1 Jenis dan fungsi lapis perkerasan lentur

- a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.26 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.27 Perkerasan Lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis

pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
- d) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima

beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah

- a. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
- b. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
- c. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
- d. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.
- e. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.7.2 Metode perencanaan tebal perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapis perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (sub base) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana pelengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan. Salah satunya adalah Metode Bina Marga Tahun 2017.

2.7.3 Analisis volume dan data lalu lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survey yang selanjutnya di proyeksikan ke depan sepanjang tahun perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

1. Beban gandar kendaraan komersial.
2. Volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata rata (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survey volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor k.

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data, harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perencanaan akhir dilakukan.

System klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survey Pencacahan Lalu Lintas (PdT-19-2004-B). Beban gandar kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan structural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhatikan dalam analisis.

2.7.4 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel 2.29 dapat digunakan (2015-2035).

Tabel 2.29 Faktor pertumbuhan lalu lintas (i)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*):

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR}-1}{0,01 \cdot i} \dots\dots\dots (2.93)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Apabila diperkirakan akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan 1,% selama periode awal (UR1 tahun) dan 12% selama sisa periode berikutnya (UR-UR1). faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dapat dihitung dari formula berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i_1)^{UR1}-1}{0,01 \cdot i_1} + (1 + 0,01 i_1)^{(UR1-1)} (1 + 0,01 i_2) \left\{ \frac{(1+0,01 i_2)^{(UR-UR1)}-1}{0,01 i_2} \right\} \dots\dots (2.94)$$

Dengan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

i1 = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 1 (%)

i2 = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan periode 2 (%)

UR = total umur rencana (tahun)

UR1 = umur rencana periode 1(tahun)

Formula di atas digunakan untuk periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan (RVK <= 0.85)

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR) faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01i)^Q - 1}{0,01 \cdot i} + (UR - Q)(1 + 0,01i)^{(Q-1)} \dots\dots\dots (2.95)$$

2.7.5 Lalu lintas pada lajur utama

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam.

Tabel 2.30 Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.6 Faktor ekivale beban (*Vehicle Damage Factor*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekivalen beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Desain akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survey beban gandar yang dirancang

dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh karena itu, survey beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan

Tabel 2.31 Pengumpulan data beban gandar

Spesifikasi penyediaan Prasarana jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.32 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua				
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-	-

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.7 Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana yang ditentukan sebagai berikut :

Menggunakan VDF masing masing kendaraan Niaga

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots (2.96)$$

Dengan :

ESA_{TH-1} : Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama.

LHR_{JK} : Lintasan harian rata-rata tiap jenis kendaraan.

VDF_{JK} : Faktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan niaga.

DD : Fator distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

2.7.8 Drainase perkerasan

1. Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan

Secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan "faktor m" $\geq 1,0$ kecuali jika kondisi lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan, maka tebal lapis pondasi agregat bawah permukaan harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase "m" sesuai ketentuan AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002 B.

Bagan desain yang dalam manual ini ditetapkan dengan asumsi bahwa drainase berfungsi dengan baik. Apabila kondisi drainase menyebabkan nilai m lebih kecil dari 1 maka tebal lapis pondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

$$Tebal\ desain\ lapis\ agregat = \frac{tebal\ berdasarkan\ perhitungan\ atau\ bagan\ desain}{m} \dots\dots (2.97)$$

Dalam proses desain, pengguna koefisien drainase m yang lebih besar dari 1 tidak digunakan kecuali jika ada kepastian bahwa mutu pelaksanaan untuk mencapai kondisi tersebut dapat dipenuhi.

2. Tinggi minimum timbunan untuk drainase

Tinggi minimum permukaan tanah dasar diatas muka air tanah dan level muka air banjir adalah seperti ditunjukkan pada tabel 2.33

Tabel 2.33 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar muka diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	
Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	
Jalan sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan kecil	400	NA

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Apabila timbunan terletak diatas tanah jenuh air, sedangkan ketentuan tersebut diatas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis pondasi (sub base). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.34 Koefisien drainase “m” untuk tebal lapis berbutir

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	Nilai “m” untuk desain
Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu diatas muka air banjir)	1,0
Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1,0
Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak	1,0
Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0,7
Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirkan. Tidak ada system outlet. Ketentuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0,4

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

2.7.9 Desain pondasi jalan

1. Pengujian daya dukung dan asumsi asumsi

Spesifikasi umum pelaksanaan menetapkan bawah lapisan tanah yang lebih dalam dari 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sampai 95% kepadatan kering maksimum. Hingga kedalam 30 cm dari elevasi tanah dasar tanah dipadatkan hingga 100% kepadatan kering maksimum.

Untuk desain, daya dukung rencana tanah dasar diperoleh dari nilai CBR rendaman 4 hari pada 95% kepadatan standar kering maksimum. Bagan desain-1 menunjukkan indikasi daya dukung berbagai jenis tanah Nilai yang disajikan hanya digunakan sebagai acuan awal. Pengujian daya dukung harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR yang sebenarnya. Bagan tersebut mengindikasikan bahwa kondisi setempat mempengaruhi daya dukung tanah dasar. Fakta tersebut harus dipertimbangkan apabila kondisi yang tidak mendukung tersebut ditemui di lapangan.

Berdasarkan kriteria-kriteria pada bagan tersebut, tanah dasar yang lazim ditemui di Indonesia mempunyai nilai CBR sekitar 4% bahkan dapat serendah 2% Prosedur pengambilan contoh dan pengujian yang sesuai dengan kondisi lapangan harus diperhatikan. Dalam hal ini tanah lunak kepadatan berdasarkan standar pengujian laboratorium tidak mungkin dicapai di lapangan. Dengan demikian nilai CBR laboratorium tanah lunak menjadi tidak relevan.

2. Pengukuran daya dukung DCP (*dynamic cone penetration test*)

Pengujian daya dukung dengan DCP tidak memberikan hasil dengan tingkat ketelitian yang sama dengan pengujian di laboratorium. Pengujian DCP hanya dilakukan pada kondisi berikut:

- a. Tanah rawa jenuh air sehingga tidak mungkin dapat dipadatkan, sehingga pengujian CBR laboratorium menjadi tidak relevan Dalam hal ini nilai CBR yang diperoleh dari pengujian DCP memberikan nilai yang lebih dapat diandalkan. Pengujian DCP juga digunakan untuk menentukan kedalaman tanah lunak. Pengujian penetrometer atau piezometer juga dapat digunakan.
- b. Pada kawasan tanah aluvial kering, khususnya daerah persawahan kemungkinan terdapat lapisan dengan kepadatan rendah (antara 1200-1500 kg/m³) dibawah permukaan tanah yang kering. Pengujian DCP harus dilakukan untuk memastikan kondisi faktual terbasah di lapangan dan harus diperhitungkan dalam desain. Untuk keamanan, dalam proses desain harus diasumsikan bahwa lapisan tersebut jenuh selama musim penghujan.

Nilai modulus tanah dasar yang diperoleh dari DCP harus disesuaikan dengan kondisi musim. Faktor penyesuaian minimum ditunjukkan pada tabel 2.35

Tabel 2.35 Faktor penyesuaian modulus tanah dasar terhadap kondisi musim

Musim	Faktor penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP
Musim hujan dan tanah jenuh	0,90
Masa transisi	0,80
Musim kemarau	0,70

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Nilai CBR desain = (CBR hasil pengujian DCP) x Faktor penyesuaian (2.98)

2.7.10 Pemilihan struktur perkerasan

Tabel 2.36 Pemilihan Tipe Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desai n	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerahperdesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipid diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat,jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada tabel 2.31 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

2.7.11 Kebutuhan pelapisan (*Sealing*) bahu jalan

1. Tebal lapis berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

2. Bahu tanpa pengikat – lapis berbutir kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara -12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm, maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

3. Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan

- a. Mempersiapkan data lalu lintas harian rata-rata.
- b. Menentukan kumulatif beban (ESA).

Terdapat beberapa langkah untuk menentukan nilai ESA, yaitu :

- 1) Menentukan nilai faktor ekuivalen beban (VDF) aktual dan normal.
- 2) Perhitungan lalu lintas.
- 3) Menentukan nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R)
- 4) Menghitung nilai ESA.
- c. Menentukan tipe perkerasan.
- d. Menentukan segmen tanah dasar.
- e. Menentukan struktur pondasi perkerasan.

Menentukan struktur pondasi perkerasan dapat dilihat pada tabel tabel berikut:

Tabel 2.37 Bagan Desain -2: Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR tanah dasar (%)	Kelas kekuatan tanah dasar	Uraian Struktur Pondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada laju rencana 40 tahun (juta ESA 5)			Stabilitas semen
			<2	2 - 4	>4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 4	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3- pekerjaan tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		--	--	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)				400	500	600
Perkerasan di atas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	
		Atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

1. Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal, syarat tambahan mungkin berlaku.
2. Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
3. Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
4. Permukaan lapis penopang diatas tanah SG1 dan gambut di asumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2,5% dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG 2,5 berlaku. Contoh untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang sebesar 1200mm untuk mencapai daya dukung setara SG 2,5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG 6.
5. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli didapatkan pada kondisi kering.
6. Untuk perkerasan kaku, material perbaikan tanah dasar berbutir halus (Klasifikasi A4 sampai dengan A6) harus berupa stabilisasi semen.

Tabel 2.38 Bagan Desain -3 : Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				
	Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₀)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.39 Bagan Desain -3A : Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 CESA_6$)	FF1<0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadem	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ⁵	150	125

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.40 Bagan Desain -3B : Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 ESA5$)	< 2	$\geq 2 - 4$	$> 4 - 7$	$> 7 - 10$	$> 10 - 20$	$> 20 - 30$	$> 30 - 50$	$> 50 - 100$	$> 100 - 200$
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

Tabel 2.41 Bagan Desain -3C : Penyesuaian Tabel Lapis Pondasi Agregat A Untuk Tanah Dasar $CBR \geq 7\%$ (Hanya untuk Bagan Desain -3B)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
TEBAL LFA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade $CBR \geq 5.5 - 7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade $CBR > 7 - 10$	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade $CBR \geq 10$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade $CBR \geq 15$	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Dirjen Bina Marga/Manual Desain Perkerasan Jalan/2017)

f. Menentukan standar drainase bawah permukaan

Dalam menentukan standar drainase bawah permukaan dapat dilihat pada tabel 2.33 Tinggi Minimum Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir.

g. Menetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan.

h. Menetapkan kebutuhan pelapisan (*Sealing*) bahu jalan.

i. Ulangi langkah a-i untuk setiap segmen yang seragam.

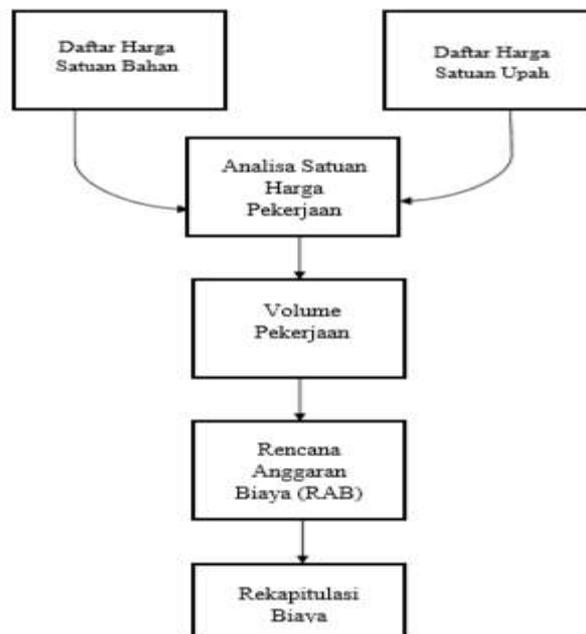
2.8 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah proyek, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan

konstruksi. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya.

Pihak owner membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi se jelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (Owner Estimate) atau EE (Engineer Estimate). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati owner estimate (OE) atau engineer estimate (EE). Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukkan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya. Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya dapat dilihat pada gambar 2.32.



Gambar 2.28 Tahapan Estimasi Biaya

2.8.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat Teknis
- d. Syarat Teknik Khusus

2.8.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

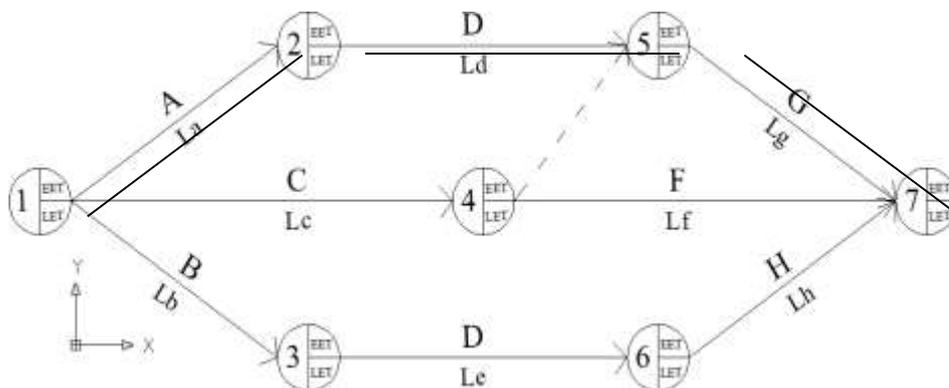
2.8.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan

untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

- Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Gambar *Network Planning* dapat dilihat pada gambar 2.33 dibawah ini



Gambar 2.29 Sketsa Network Planning

Keterangan :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu

menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

- b.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).
- d.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = Nomor Kejadian
 EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
 LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

