

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jalan sebagai prasarana transportasi yang dibuat untuk menyalurkan berbagai moda transport jalan yang bergerak dari asalnya ke tujuannya. Jalan antar kota (Departemen Pekerjaan Umum, 1997:2) adalah jalan-jalan yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi dengan ciri-ciri tanpa perkembangan yang menerus pada sisi manapun termasuk desa, rawa, hutan, meskipun mungkin terdapat perkembangan permanen, misalnya rumah makan, pabrik, atau perkampungan. Untuk menghasilkan produk perencanaan yang efektif dan efisien, diperlukan suatu perencanaan yang terstruktur sistematis dalam merencanakan suatu jalan.

2.2 Aspek Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang di tinjau. Adapun aspek lalu lintas sebagai berikut :

2.2.1 Volume lalu lintas (Q)

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari suatu segmen jalan selama waktu tertentu. Dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur.

2.2.2 Lalu lintas harian rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis lalu lintas harian rata-rata, yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata

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

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

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

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

2.2.3 Ekivalensi mobil penumpang (EMP)

Ekivalensi mobil penumpang yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, nilai emp 0,1. Sedangkan nilai emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Ekivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					<6 m	6-8 m	>8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	>1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Indonesia, 1997)

Keterangan :

- LV (Kendaraan Ringan) : Kendaraan bermotor beroda empat dengan dua gandar berjarak 2 – 3 meter (termasuk kendaraan penumpang oplet, mikro bis, pick up, dan truck kecil, sesuai system klasifikasi binamarga)
- MHV (Kendaraan Berat Menengah) : Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 meter (termasuk bis kecil, truk 2 as dengan enam roda sesuai system klasifikasi bina marga)
- LT (Truk Besar) : Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) < 3,5 meter (sesuai system klasifikasi bina marga)
- LB (Bis Besar) : Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 meter
- MC (Sepeda Motor) : Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga, sesuai klasifikasi bina marga)

2.2.4 Volume jam rencana

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

$$VJR = VLHR \times K$$

Dimana :

- V : Volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana (smp/hari)
- K : Faktor volume lalu lintas jam sibuk

Tabel 2.2 Penentuan Faktor – K

VLHR	Faktor – K (%)
> 50.000	4 – 6
30.000 – 50.000	6 – 8
10.000 – 30.000	8 – 10
5.000 – 10.000	10 – 12
< 1.000	12 – 16

(Sumber : Departemen Bina Marga, 1997)

2.2.5 Pertumbuhan lalu lintas

Perkiraan (*forecasting*) lalu lintas harian rata-rata yang di tinjau dalam waktu 5, 10, atau 20 tahun mendatang. Setelah waktu peninjauan berlalu, maka pertumbuhan lalu lintas ditinjau kembali untuk mendapatkan pertumbuhan lalu lintas yang akan datang. Perkiraan perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelas jalan dan menghitung perencanaan perkerasan jalan tersebut ,

Persamaan :

$$Y' = a + b.X$$

$$a = \frac{\sum Y_i \times \sum X_i^2 - \sum X_i \times \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \sum X_i \times \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Dimana :

- Y' : Subyek dalam variable dependen yang diprediksikan (LHR)
 a dan b : Konstanta awal energy
 X : Waktu (tahun)

LHR dapat dihitung dengan rumus :

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$$

Dimana :

- LHR_n : Besarnya arus lalu lintas pada tahun rencana (pada tahun ke-n)
 LHR₀ : Besarnya arus lalu lintas pada awal perencanaan
 i : Faktor pertumbuhan lalu lintas
 n : Umur rencana

2.2.6 Kapasitas

Dalam penilaian kapasitas adalah pemahaman akan kondisi yang berlaku. Kondisi ideal dapat dinyatakan sebagai kondisi yang mana peningkatan jalan lebih lanjut dan perubahan kondisi cuaca tidak akan menghasilkan pertambahan nilai

kapasitas. Rumus yang digunakan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

Dimana :

C	= kapasitas (smp/jam)
C ₀	= kapasitas dasar pada jalan 2/2 UD
FC _w	= faktor penyesuaian lebar lajur lalu lintas
FC _{SP}	= faktor penyesuaian pemisah arah
FC _{SF}	= faktor penyesuaian hambatan samping
FC _{CS}	= faktor penyesuaian ukuran kota

a. Kapasitas dasar (C₀)

Kapasitas dasar adalah volume maksimum perjam yang dapat dilewati kendaraan pada suatu potongan lajur jalan (untuk multi lajur) atau potongan jalan (untuk dua lajur) pada kondisi jalan dan arus ideal. Kapasitas jalan tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur dan apakah jalan dipisahkan dengan pemisah fisik atau tidak, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	1650	Per lajur
Empat-lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

b. Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas seperti tabel sebagai berikut :

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Lebar Jalur Lalu Lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar jalur lalu lintas efektif (W_e) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
	10	1,29
11	1,34	

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)c. Faktor penyesuaian pemisah arah (FC_{SP})

Besarnya faktor penyesuaian untuk jalan tanpa pemisah arah, untuk jalan terbagi faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah tidak dapat dan nilainya 1,0.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Akibat Pemisah Arah (FC_{SP})

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

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

d. Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FC_{SF})

Faktor penyesuaian hambatan samping berdasarkan pada lebar efektif bahu dan kelas hambatan samping.

Tabel 2.6 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Kondisi Khas
Sangat Rendah	VL	Pedesaan : pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	Pedesaan : beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	Kampung ; kegiatan pemukiman
Tinggi	H	Kampung : beberapa kegiatan pasar
Sangat Tinggi	VH	Hampir perkotaan : banyak pasar/kegiatan niaga

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu FC_{SF}			
		Lebar Bahu Efektif W_s			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau Jalan satu-arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

e. Faktor penyesuaian kapasitas ukuran kota (FC_{Cs})

Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota seperti tabel sebagai berikut :

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FC_{CS})

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

(Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*)

2.2.7 Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C) yang digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI,1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kpsitas atau tidak.

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

Bila derajat kejenuhan yang didapat < 0,75 maka jalan tersebut masih memenuhi (layak) dan apabila derajat kejenuhan yang didapat > 0,75, maka perlu dilakukan pelebaran.

2.3 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik adalah perencanaan suatu desain baik itu pembangunan jalan, pelebaran jalan, dan peningkatan jalan pada suatu daerah yang permintaan kebutuhan akan aktivitas dan aksesibilitas yang tinggi pada suatu tempat atau pusat kegiatan dalam tujuan memperlancar perpindahan orang, barang dan jasa. Perencanaan geometrik ini juga merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Menjadi dasar dari perencanaan geometrik jalan adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, karakteristik arus lalu lintas dan sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan

yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan (Sukirman Silvia, 1999).

Perencanaan geometrik jalan meliputi perencanaan alinyemen horizontal, perencanaan alinyemen vertikal, dan superelevasi sesuai klasifikasi Bina Marga. Dalam perencanaan geometrik jalan sangat diperlukan data – data pendukung seperti data lalu lintas (LHR), data peta topografi (peta kontur), data CBR, data curah hujan, angka pertumbuhan, dan data pendukung lainnya. Perencanaan geometrik jalan juga merupakan suatu perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil *survey* lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

1. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997.
2. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997.
3. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd-T-14 2003
4. Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017.
5. Perencanaan Sistem Drainase 2006

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 yang dihasilkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, bahwa dalam perencanaan geometrik jalan antar kota terdapat lima tahapan yang berurutan, yaitu:

1. Melengkapi data dasar
2. Identifikasi lokasi jalan
3. Penetapan kriteria perencanaan
4. Penetapan alinyemen yang optimal
5. Penggambaran detail perencanaan geometric dan pekerjaan tanah

2.3.1 Data dasar

Data dasar yang diperlukan dalam perencanaan geometrik jalan adalah data lalu lintas, data peta topografi, data penyelidikan tanah, dan data penyelidikan material. Data lalu lintas diperlukan untuk merencanakan suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan bergantung pada komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Selanjutnya peta topografi berkontur yang akan menjadi peta dasar perencanaan jalan. Adapun peta lainnya yang menjadi penunjang perencanaan, seperti peta geologi yang memuat informasi daerah labil dan daerah stabil, peta tata guna lahan yang memuat informasi ruang peruntukan jalan, dan peta jaringan jalan.

1. Data Lalu Lintas

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

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (smp) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor equivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan dengan satuan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintas, dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan jalan.

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

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

2. Data peta topografi

Data peta topografi didapat dari pengukuran kondisi ketinggian elevasi muka tanah yang dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

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

3. Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah ini didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, Dengan melaksanakan :

a. Penelitian data tanah

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, Menurut klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

b. Analisa pada contoh tanah

Membakukan penggunaan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

c. Pengujian Laboratorium

Uji *bahan* konstruksi untuk mendapatkan :

1) Sifat-sifat uji bahan menggunakan indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Specific Gravity*), W_n (*Natural Water Content*), γ (Berat Isi), e (*Voidratio/angka pori*), n (Porositas), S_r (Derajat Kejenuhan).

2) Klasifikasi USCS dan AASHTO

a) Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)

- Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
- Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

b) Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)

- *Liquid Limit* (LL)= batas cair

- *Plastic Limit* (PL)= batas plastis
- $IP = LL - PL$
- c) Pemadatan : γ_d maks dan w opt
 - Pemadatan standar/proctor
 - Pemadatan modifikasi
 - Dilapangan dicek dengan *sandcone* $\pm 100\%$ γ_d maks
- d) CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan γ_d maks dan w optimum

CBR lapangan : DCP \rightarrow CBR lapangan

4. Data penyelidikan material

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

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Penyelidikan dimana letak lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan. Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi berbutiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu:
 - 1) Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.
 - 2) Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus dilapangan tanah kelompok ini untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

2.3.2 Identifikasi lokasi jalan

Dengan data dasar seperti pada sub bab 2.3.1, dilakukan penetapan :

- a. Kelas medan jalan
- b. Titik awal dan akhir perencanaan
- c. Melakukan identifikasi pada peta dasar untuk mengetahui daerah-daerah yang layak untuk dilintasi jalan berdasarkan struktur mekanik tanah, struktur geologi, dan pertimbangan lainnya yang dianggap perlu.

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997 klasifikasi medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat ada tabel berikut :

Tabel 2.9. Klasifikasi Medan Jalan

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

(Sumber : *Jalan No.038/TBM/1997*)

2.3.3 Kriteria perencanaan geometrik

Kriteria perencanaan ditetapkan berdasarkan pertimbangan kecenderungan perkembangan transportasi dimasa yang akan datang, sehingga jalan yang dibangun dapat memenuhi fungsinya selama umur rencana yang diinginkan. Penetapan kriteria perencanaan yang diperlukan untuk perencanaan geometric, yaitu :

- a. Klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan sebagai berikut :

1) Klasifikasi jalan menurut fungsinya

Klasifikasi jalan, menurut fungsinya terbagi atas beberapa menjadi :

a) Jalan Arteri

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

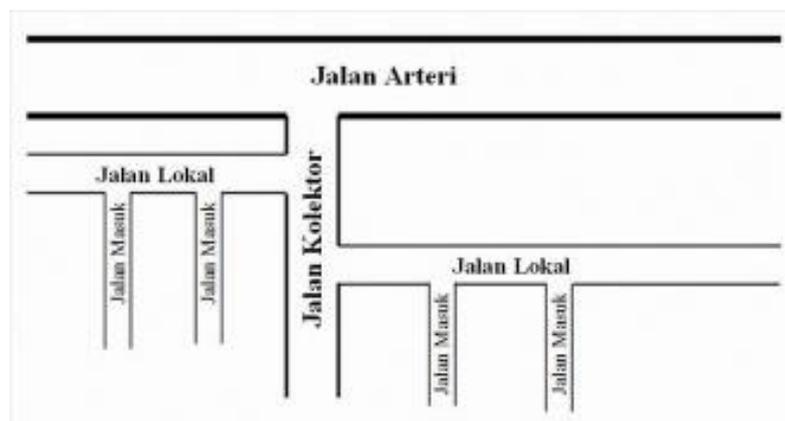
b) Jalan Kolektor

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

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

d) Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek dan kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST, Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR.

a) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST ini dapat dilihat pada tabel 2.10:

Tabel 2.10 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum yang Diizinkan			Muatan Sumbu Terberat yang Diizinkan (ton)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
I	Arteri	2.500	18.000	4.200 dan \leq 1.7 x Lebar Kendaraan	>10
II		2.500	18.000		≤ 10
IIIA	Arteri atau Kolektor	2.500	18.000		≤ 8
IIIB	Kolektor	2.500	12.000	4.200 dan \leq 1.7 x Lebar Kendaraan	≤ 8
IIIC	Lokal dan Lingkungan	2.100	9.000		≤ 8

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

b) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR, merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi kelas jalan dalam LHR ini dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR) dalam satuan smp
1	Arteri	I	>20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1500 – 8000
		II C	<2000
3	Lokal	III	-

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

c) Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang dan pembinaan jalan diatur menjadi beberapa golongan, berdasarkan pendanaan dari pemerintah, yaitu:

- Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibukota–ibukota provinsi
- Jalan provinsi, merupakan jalan yang menghubungkan antara tempat atau kota di dalam suatu provinsi
- Jalan kabupaten/kota, merupakan jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya
- Jalan desa, merupakan jalan yang ada di lingkungan suatu desa.

Selain jalan negara yang jalannya didanai oleh pemerintah pusat, jalan-jalan tersebut juga didanai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah Daerah Tingkat I, maupun Pemerintah Daerah Tingkat II.

b. Kendaraan rencana

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

- 1) Kendaraan kecil (LV), yaitu kendaraan bermotor dengan empat roda dan jarak as 2,0 – 3,0 m, meliputi mobil penumpang, oplet, minibus,

mikrobus, pick up, dan truk kecil (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga).

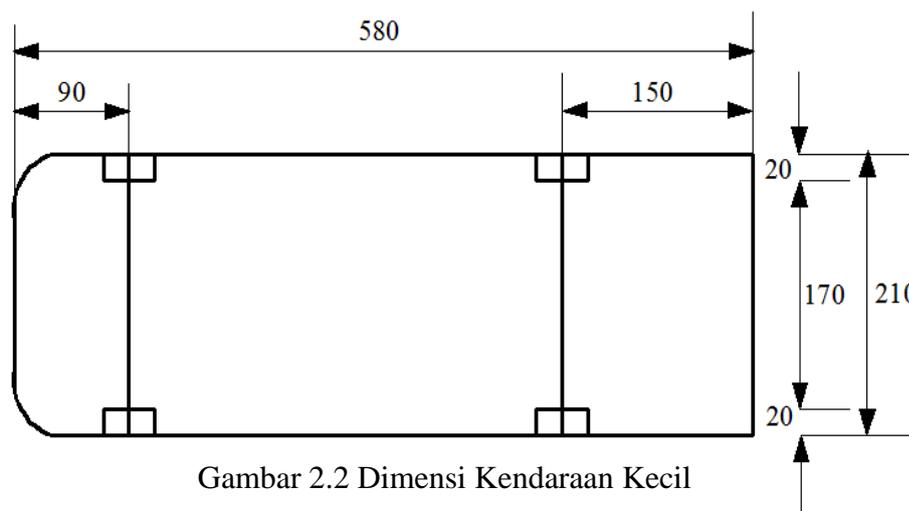
- 2) Kendaraan sedang (MHV), yaitu kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 m – 5,0 m, meliputi truk 3 as, *tandem*, atau oleh bus besar 2 as yang lewat.
- 3) Kendaraan besar, diwakili oleh truk semi *trailer*.

Adapun dimensi kendaraan rencana yang dapat digunakan pada tabel adalah sebagai berikut :

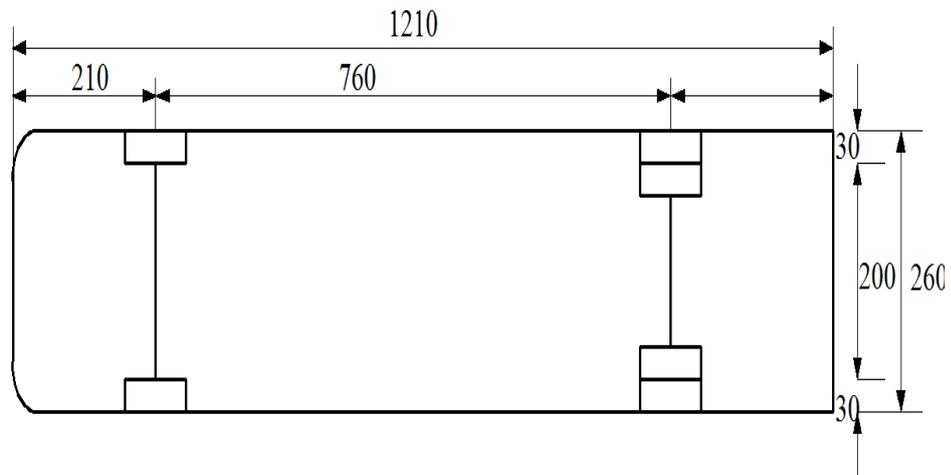
Tabel 2.12. Dimensi Kendaraan Rencana

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

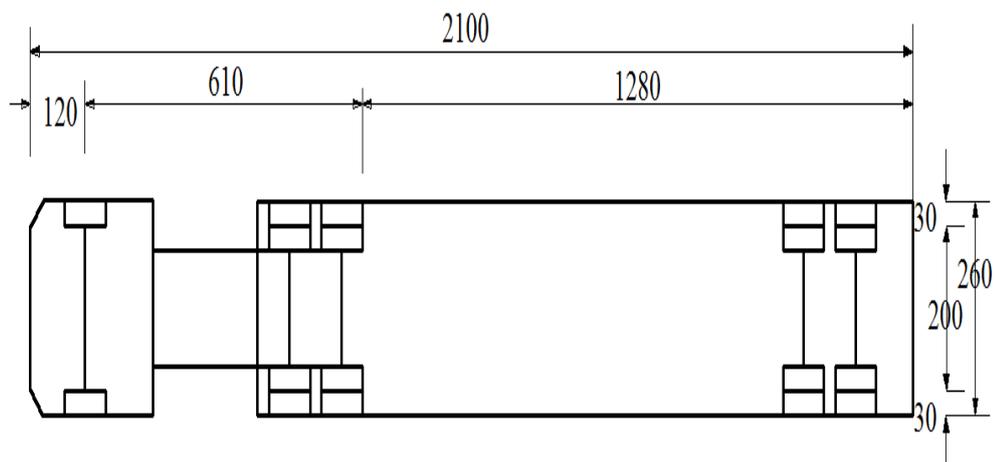
(Sumber : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997*)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar

c. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, dan jarak pandang. Dengan adanya kecepatan rencana, kendaraan berjalan dengan aman, karena keamanan itu sepenuhnya bergantung dari bentuk jalan.

Kecepatan rencana bergantung pada Kondisi jalan, perilaku pengemudi dan kendaraannya, keadaan fisik dan medan jalan, cuaca sekitar, adanya gangguan dari kendaraan lain, dan batas rencana kendaraan yang diijinkan.

Adapun kecepatan rencana yang diperbolehkan dapat dilihat pada tabel 2.5 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.13 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas 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 : *Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, 1997*)

2.4 Bagian-bagian Jalan

Berdasarkan Permen PU No. 19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan, bagian-bagian jalan terdiri dari Ruang Manfaat Jalan (Rumaja), Ruang Milik Jalan (Rumija) dan Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja).

2.4.1 Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan meliputi:

- Badan jalan
- Saluran tepi jalan untuk drainase permukaan
- Talud timbunan atau talud galian
- Ambang pengaman jalan yang dibatasi oleh tinggi dan kedalaman tertentu dari muka perkerasan.

Rumaja diperuntukan bagi perkerasan jalan, median, jalur pemisah jalan, bahu jalan, trotoar, saluran tepi dan gorong-gorong, lereng tepi badan Jalan, bangunan pelengkap jalan, dan perlengkapan jalan, yang tidak boleh dimanfaatkan untuk prasarana perkotaan atau keperluan utilitas atau yang lainnya tanpa izin tertulis dari penyelenggara jalan.

Rumaja di bawah kolong jalan layang dapat dimanfaatkan untuk parkir kendaraan, ruang terbuka hijau, lapangan olahraga, dan kantor pengoperasian jalan, dengan syarat tidak mengganggu keselamatan, kelancaran lalu lintas, dan keamanan konstruksi.

2.4.2 Ruang milik jalan (Rumija)

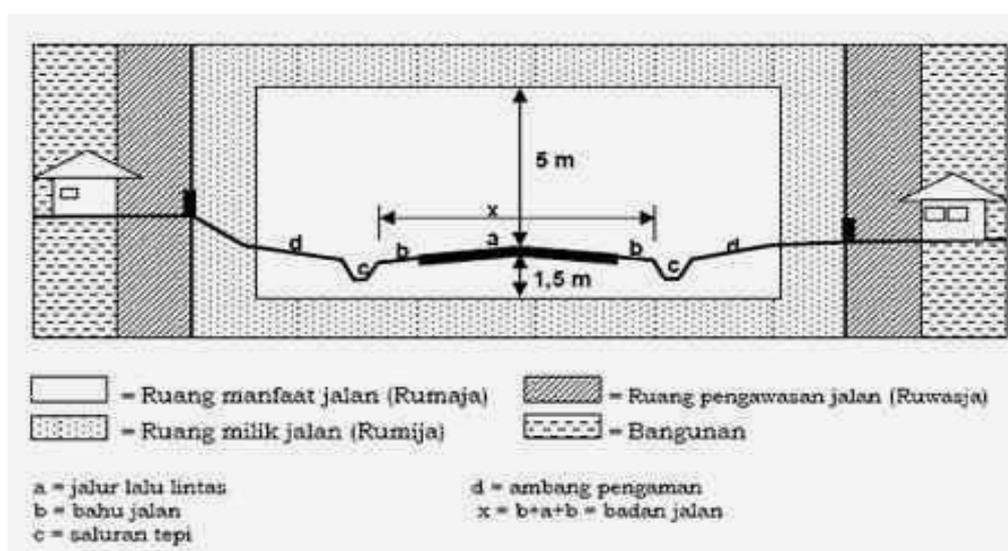
Rumija merupakan ruang sepanjang jalan, dibatasi oleh lebar yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan dan menjadi milik negara. Rumija selain digunakan untuk ruang manfaat jalan, bisa dimanfaatkan untuk;

- Pelebaran jalan atau penambahan lajur lalu lintas di masa yang akan datang
- Kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan
- Ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan
- Kebutuhan ruang untuk penempatan utilitas.

2.4.3 Ruang pengawasan jalan (Ruwasja)

Ruwasja merupakan ruang tertentu di luar Rumija, dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Ruwasja diperuntukkan bagi pemenuhan pandangan bebas pengemudi, ruang bebas bagi kendaraan yang mengalami hilang kendali, dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.

Ruwasja pada daerah bagian jalan yang menikung ditentukan oleh lebar daerah kebebasan samping jalan. Ruwasja pada Jalan yang melalui terowongan dan lintas bawah harus memiliki lebar yang disesuaikan dengan kebutuhan pengamanan konstruksi.



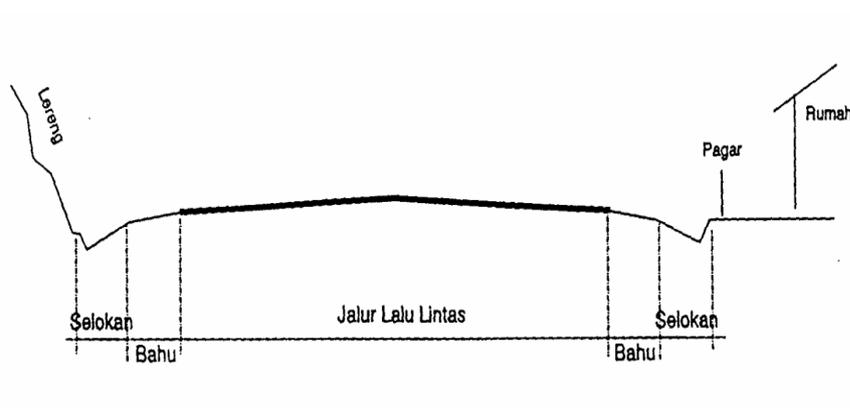
Gambar 2.5 Bagian-bagian jalan

2.5 Penampang Melintang

2.5.1 Komposisi penampang melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat Gambar):

1. Jalur lalu lintas;
2. Median dan jalur tepian (jika ada);
3. Bahu;
4. Jalur Pejalan kaki;
5. Selokan;
6. Lereng



Gambar 2.6 Penampang Melintang Jalan Tipikal



Gambar 2.7 Penampang Melintang Jalan Tipikal dilengkapi trottoar

2.5.2 Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas dapat berupa :

- a. Median;
- b. Bahu;
- c. Trotoar;
- d. Pulau Jalan;
- e. Separator

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

- a. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- b. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- c. 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
- d. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), di mana n = jumlah lajur

Keterangan :

TB = tidak terbagi

B = terbagi

a. Lebar Jalur

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya.

Tabel 2.14 menunjukkan lebar jalur dan bahu sesuai VLHR-nya.

Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.14 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)										
<3.000	6	1.5	4.5	1	6	1.5	4.5	1	6	1	4.5	1
3.000-10000	7	2	6	1.5	7	1.5	6	1.5	7	1.5	6	1
10000-25000	7	2	7	2	7	2	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2n x 3.5*	2.5	2 x 7*	2	2n x 3.5*	2	**)	**)	-	-	-	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997

Keterangan **) = Mengacu pada persyaratan ideal
 *) = 2 Jalur Terbagi, masing-masing n x 3.5m, di mana n = jumlah lajur perjalur
 - = Tidak ditentukan

2.5.3 Lajur

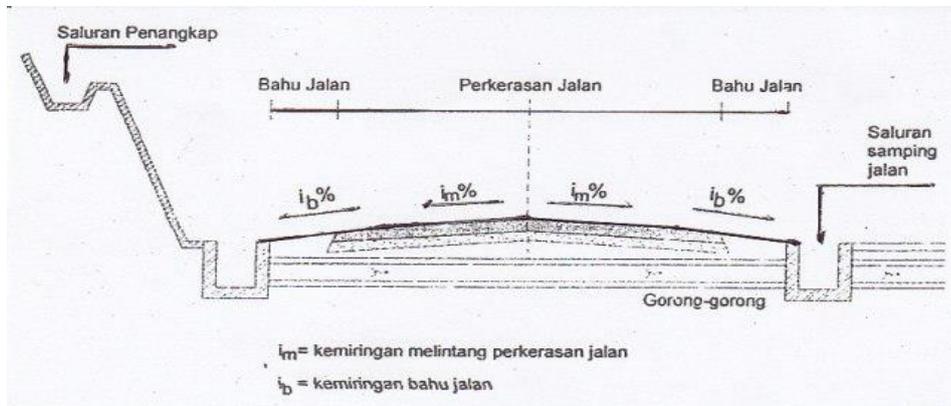
Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- a. 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- b. 4– 5% untuk perkerasan krikil

Tabel 2.15 Lebar Jalur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I,	3,75
	II, IIIA	3,50
Kolektor	IIIA, IIIB	3.00
Lokal	IIIC	3.00

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

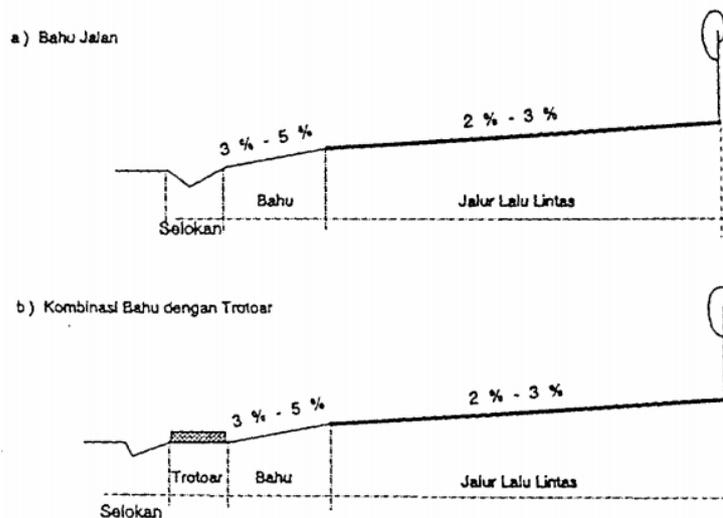


Gambar 2.8 Kemiringan Melintang Jalan Normal

2.5.4 Bahu jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (Lihat Gambar 2.9). Kemiringan bahu jalan normal antara 3 – 5%. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

- Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan tempat parkir darurat;
- Ruang bebas samping bagi lalu-lintas;
- Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas



Gambar 2.9 Bahu Jalan

2.5.5 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Fungsi median adalah untuk :

- a. Ruang lapak tunggu penyebrang jalan
- b. Penempatan fasilitas jalan
- c. Tempat prasarana kerja sementara
- d. Penghijauan
- e. Tempat berhenti darurat (jika cukup luas)
- f. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan

Median dapat dibedakan atas

- a. Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan
- b. Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan

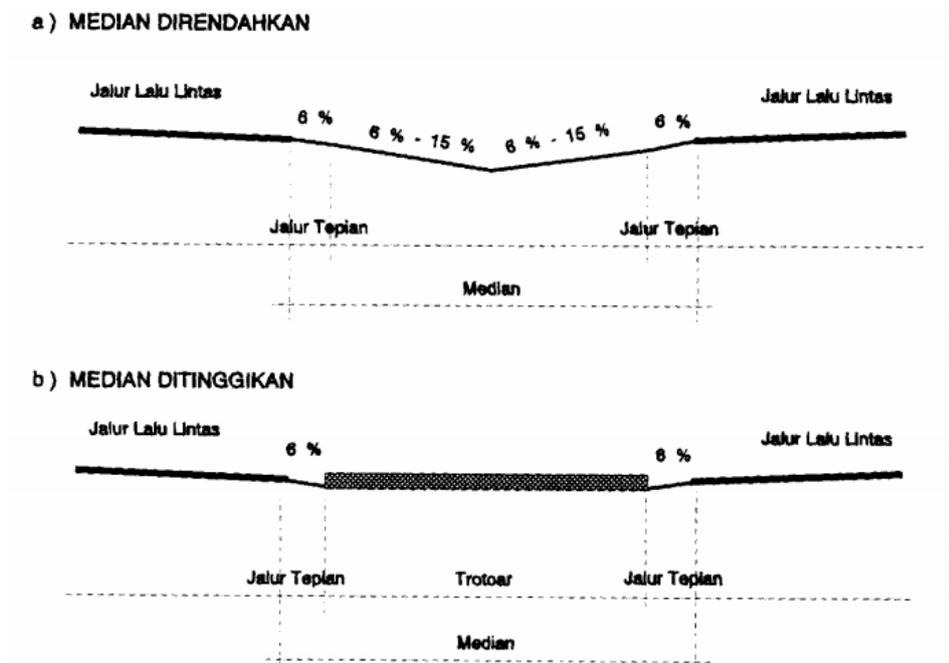
Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25 – 0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.17.

Perencanaan median yang lebih rinci mengacu Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1997.

Tabel 2.16 Lebar Minimum Median

Bentuk Median	Lebar Minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

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



Gambar 2.10 Median direndahkan dan ditinggikan

2.5.6 Fasilitas pejalan kaki

Fasilitas pejalan kaki berfungsi memisahkan pejalan kaki dari jalur lalu lintas kendaraan guna menjamin keselamatan pejalan kaki dan kelancaran lalu lintas. Jika Fasilitas pejalan kaki diperlukan maka perencanaannya mengacu kepada Standar Perencanaan Gemetrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Maret 1997.

2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen adalah proyeksi dari sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus bagian lengkung (disebut juga tikungan). Ditinjau secara umum penempatan alinemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi penggunajalan. Hal – hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Sedapat mungkin hindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisah oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.

2. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan sampai tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
3. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
4. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus di usahakan agar jari-jari (R_1) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua (R_2) x 1,5.
5. Hindarkan sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak.
6. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

Dalam perencanaan geometrik jalan. Alinyemen horizontal didesain berdasarkan penentuan trase jalan, penentuan koordinat titik dan jarak, penentuan sudut tangen, dan perancangan tikungan.

2.6.1 Trase jalan

Dalam penentuan *trase* jalan harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat *trase* jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Penentuan *trase* jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.
2. Penyediaan material dan tenaga kerja yang tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya pemindahan material tersebut.
3. Syarat Teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan (keselamatan) dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu yang perlu diperhatikan adalah keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai keadaan kondisi topografi elevasi muka tanah pada daerah tersebut. Dengan mempertimbangkan faktor

keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuia V_R).

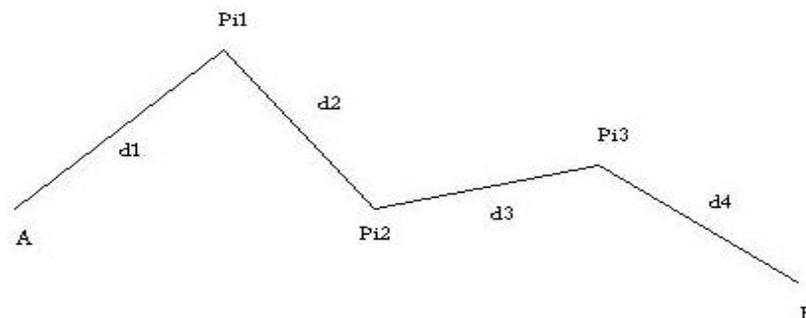
Tabel 2.17 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.6.2 Koordinat titik dan jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal.



Gambar 2.11 Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

- Titik A sebagai titik awal proyek.
- Titik PI 1, PI 2, ..., PI n sebagai titik potong (*point of intersection*) dari dua bagian lurus rencana alinyemen horizontal.
- Titik B sebagai titik akhir proyek

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat adalah:

d_1 = jarak titik A – titik PI 1

d_2 = jarak titik PI 1 – titik PI 2

d_3 = jarak titik PI 2 – titik PI 3

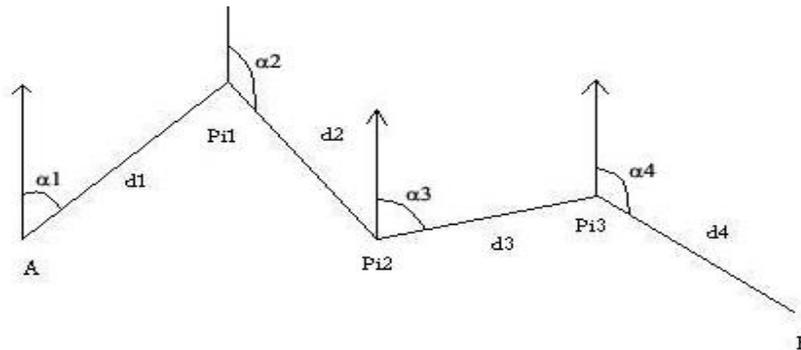
d_4 = jarak titik PI 3 – titik B

Rumus yang dihitung menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.6.3 Sudut jurusan (α) dan tangen (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara



Gambar 2.12 Sudut Jurusan (α)

- $\alpha 1 = \alpha (A - P1)$
- $\alpha 2 = \alpha (P1 - P2)$
- $\alpha 3 = \alpha (P2 - P3)$
- $\alpha 4 = \alpha (P3 - B)$

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = 90 - arctg \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \dots\dots\dots (2.4)$$

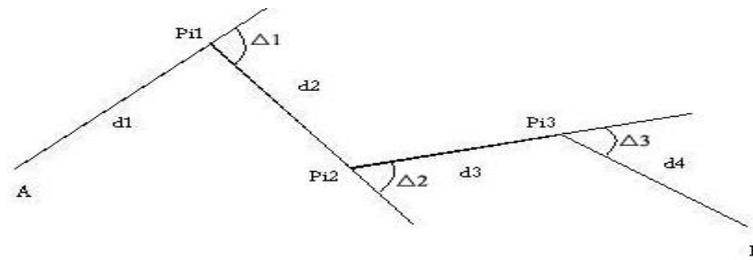
$$\alpha = arctg \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sudut Δ adalah sudut tangen

$$\Delta 1 = (\alpha 2 - \alpha 1) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 3 - \alpha 2) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 4 - \alpha 3) \dots\dots\dots (2.8)$$



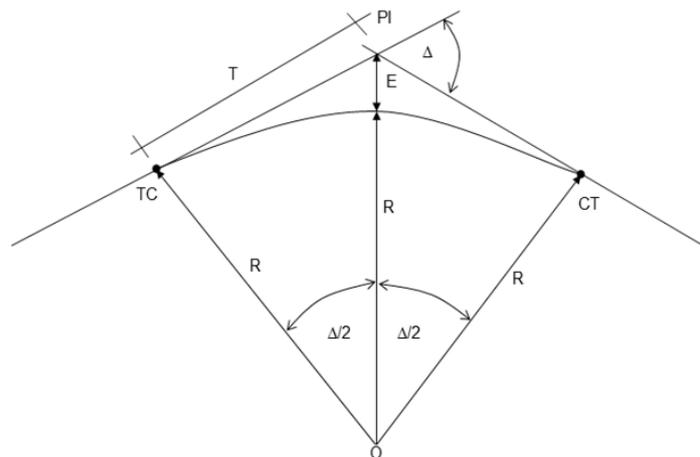
Gambar 2.13 Sudut Tangen (Δ)

2.6.4 Tikungan

Dalam perencanaan terdapat tiga bentuk tikungan, antara lain:

1. Bentuk tikungan *full circle*

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



Gambar 2.14 Tikungan *Full Circle (FC)*

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

Keterangan Gambar:

PI = Point of intersection

Rc = Jari-jari circle (m)

Δ = Sudut tangen

TC = Tangent circle, titik perubahan dari Tangent ke Circle

CT = Circle tangent, titik perubahan dari Circle ke Tangent

T = Jarak antara TC dan PI atau sebaliknya PI dan CT (m)

Lc = Panjang bagian lengkung circle (m)

E = Jarak PI ke lengkung circle (m)

Dalam perhitungan tikungan full circle, rumus yang digunakan yaitu:

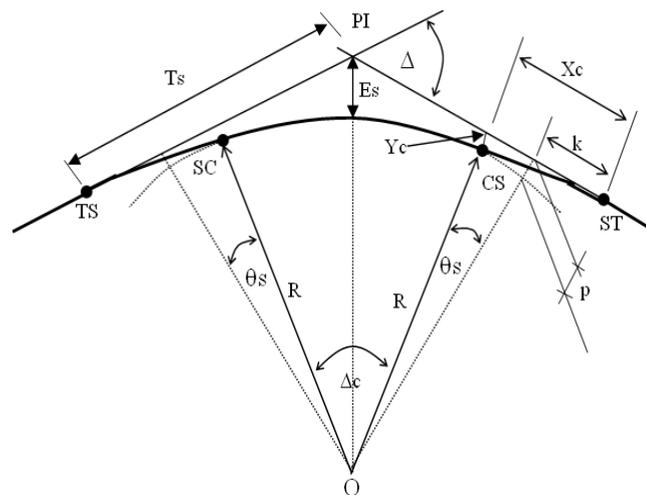
$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots \dots \dots (2.9)$$

$$Tc = R \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Ec = Tc \cdot \operatorname{tan} \frac{\Delta}{4} \dots \dots \dots (2.11)$$

2. Bentuk tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

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.



Gambar 2.15 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

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

Keterangan :

PI = *Point of Intersection*, titik perpotongan garis tangent

TS = *Tangent Spiral*, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)

SC = *Spiral Circle*, titik perubahan dari Spiral ke Circle

ST = *Spiral Tangent*, titik perubahan dari Spiral ke Tangent

Rc = Jari-jari circle (m)

- L_c = Panjang lengkung lingkaran
 L_s = Panjang tangent utama
 E = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung Lingkaran
 TI = Panjang ‘tangent panjang’ dari spiral
 Tk = Panjang ‘tangent pendek’ dari spiral
 S = Panjang tali busur spiral
 X_m = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran
 Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama
 α = Sudut pertemuan antara lingkaran dan sudut pusat lingkaran
 θ_s = Sudut spiral
 X_c, Y_c = Koordinat SC atau CS terhadap TS-PI atau PI-TS.

Dalam perhitungan tikungan *spiral–circle–spiral*, rumus yang digunakan yaitu:

$$\theta_s = \frac{24,648}{Rc} \times L_s \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\Delta = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.13)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2}\right) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$P = Y_s - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta' \cdot R \dots\dots\dots(2.18)$$

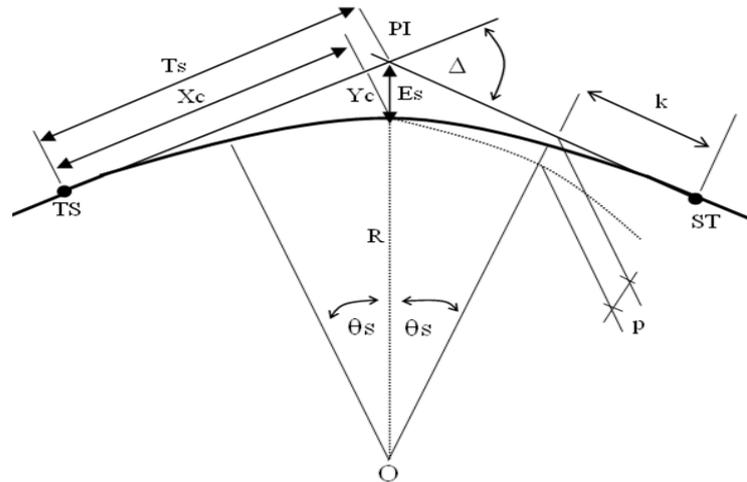
$$L = 2L_s + L_c \dots\dots\dots(2.19)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.20)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.21)$$

3. Bentuk tikungan *Spiral - Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam.



Gambar 2.16 Tikungan *Spiral - Spiral* (SS)

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

Keterangan:

PI = Point of Intersection, titik perpotongan garis tangent utama

Ts = Jarak antara PI dan TS

Ls = Panjang bagian lengkung spiral

E = Jarak PI ke lengkung spiral

Δ = Sudut pertemuan antara tangent utama

θ_s = Sudut spiral

TS = Tangent Spiral, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)

ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent

Rc = Jari-jari circle (m)

Dalam menentukan Nilai θ_s dan Kontrol Panjang Ls ($L_s^* > L_s$), gunakan rumus seperti gambar di bawah ini:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \Delta \dots\dots\dots(2.22)$$

$$L_s^* = \frac{R \cdot \theta_s}{28,648} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Ls * > Ls = \rightarrow oke \dots \dots \dots (2.24)$$

$$P = \frac{Ls^{*2}}{6R} R_c (1 - \text{Cos } \theta_s) \dots \dots \dots (2.25)$$

$$K = Ls^* - \frac{Ls^{*3}}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots \dots \dots (2.26)$$

$$L = 2 \times Ls \dots \dots \dots (2.27)$$

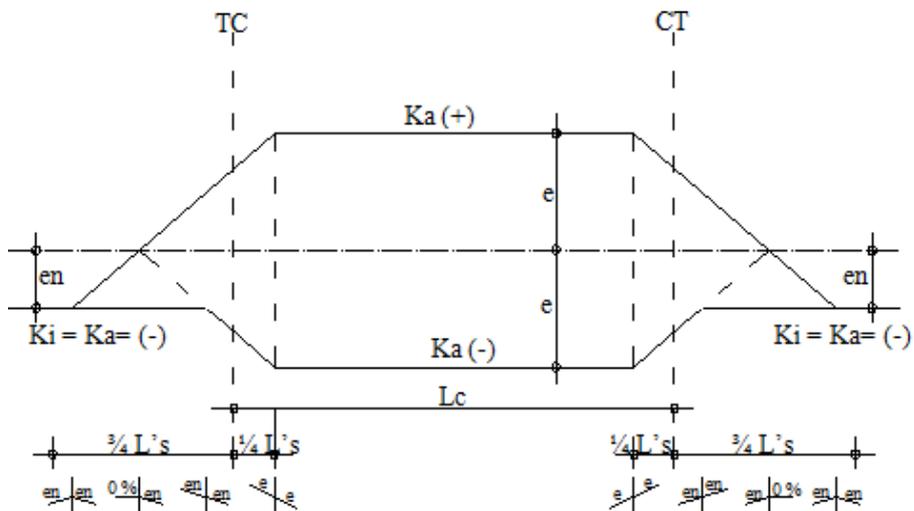
$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots (2.28)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots (2.29)$$

4. Superelevasi

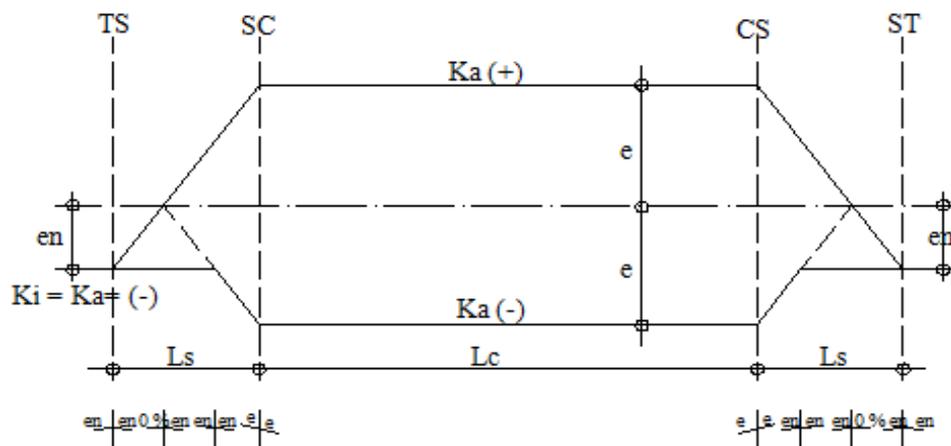
Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, superelevasi berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

Adapun gambar diagram superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.11, 2.12, dan 2.13 yaitu

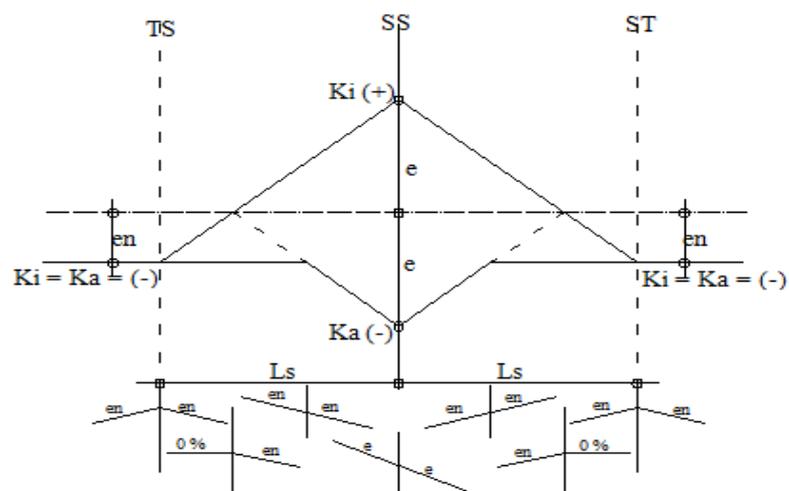


Gambar 2.17 Diagram Superelevasi *Full Circle*

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



Gambar 2.18 Diagram Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)



Gambar 2.19 Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*
(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

2.6.5 Pelebaran perkerasan pada tikungan

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

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada: Jari tikungan (R), Sudut tangent (Δ), dan Kecepatan rencana (V). Adapun rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots(2.30)$$

$$B = \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m)

Z = Lebar tambahan akrobat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

2.6.6 Jarak pandangan

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan Jarak Pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.

2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Dilihat dari kegunaannya jarak pandangan dapat di bedakan atas :

1. Jarak Pandangan Henti (Jh)

Jarak pandang henti yaitu jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. arak panjang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

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

$$d1 = V \times t \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

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

V = kecepatan rencana (km/jam)

t = waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

$$d1 = 0,278 \cdot V \cdot t \text{ (m)}$$

- b. Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti. Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.8 yaitu

Tabel 2.18 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

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

2. Jarak Pandangan Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk dapat menyiap kendaraan lain yang berada pada lajur jalannya dengan menggunakan lajur untuk arah yang berlawanan.

Tabel 2.19 Panjang Minimum Jarak Mendahului

V _R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

Jarak pandangan menyiap dalam satuan meter ditentukan menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut:

$$d_1 = 0.278 \cdot t_1 \left(v - m + \frac{a \cdot t_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.35)$$

$$d_2 = 0.278 \cdot v \cdot t_2 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \cdot d_2 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.39)$$

$$d_{\min} = \frac{2}{3} \cdot d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

t₁ = Waktu reaksi (t₁ = 2.12 + 0.126.v)

m = Perbedaan kecepatan kendaraan yang menyiap dan disiap = 15 km/jam

v = Kecepatan rata-rata dianggap sama dengan kecepatan rencana

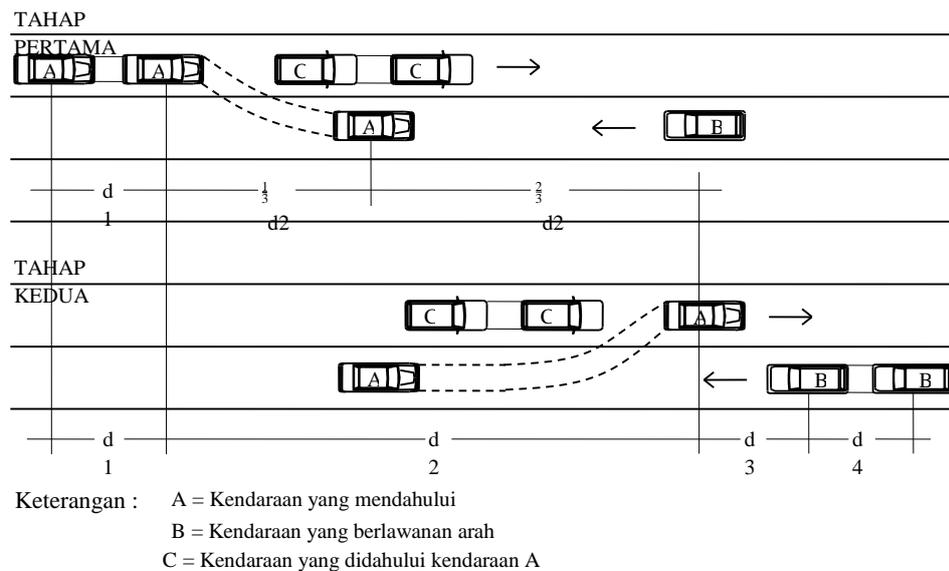
a = Percepatan rata-rata (a = 2.052 + 0.0036)

d₂ = Jarak yang ditempuh kendaraan yang menyiap berada pada lajur

$t_2 =$ Waktu kendaraan pada lajur kanan ($t_2 = 6.56 + 0.04 \cdot v$)

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum penyiap berada di jalur lawan, ia telah menurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip. Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amannya daerah penyiapan.
- Penyiapan dilakukan dengan “star terlambat” dan bersegerah untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap. Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan.



Gambar 2.20 Proses Gerakan Mendahului (2/2 TB)

2.6.7 Stationing

Stationing merupakan penandaan suatu titik ke titik – titik lainnya yang digunakan untuk mengetahui suatu jarak dengan menggunakan sistem penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan

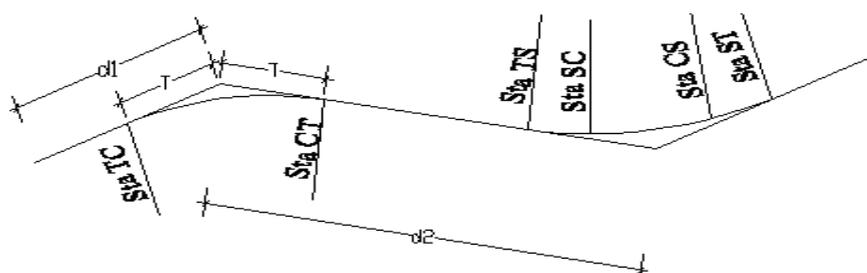
sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat.

Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

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

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

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



Gambar 2.21 Sistem Penomoran *Stationing* Jalan

2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/ penampang memanjang jalan.

2.7.1 Landai jalan

Landai jalan (kelandaian) adalah besarnya kenaikan atau penurunan vertikal dalam satu satuan jarak horizontal (mendatar) dan umumnya dinyatakan dalam %. Dengan perkataan lain, besarnya kelandaian menggambarkan besarnya tanjakan atau turunan suatu ruas jalan; yang merupakan harga tangen dari suatu fungsi sudut.

Kendaraan kecil selain truk umumnya tidak mempunyai masalah apabila harus menanjak sampai kemiringan 10 %. Namun untuk jenis truk, karena beratnya yang besar akan memiliki pengaruh yang besar bila harus mendaki. Pada pendakian yang cukup panjang, truk akan kehabisan tenaga yang mengakibatkan penurunan kecepatan yang sangat besar. Oleh sebab itu, untuk perencanaan alinemen vertikal, biasanya dipakai kendaraan truk sebagai dasar pertimbangan.

1. Landai Minimum

Untuk jalan-jalan yang berada diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan untuk dirancang adalah 0,30 - 0,50 %.

2. Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk kendaran yang bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa menggunakan gigi rendah untuk melakukan pergerakan.

Tabel 2.20 Kelandaian Maksimum Yang Diiijinkan

Kecepatan Rencana	120	110	100	80	60	50	40	<40
Landai Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : *Standar Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, 1997*)

Tabel 2.21 Panjang Kritis (m)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang kritis dari kelandaian (m)
80	4	630
	5	460
	6	360
	7	270
	8	230
	9	230
	10	200
60	4	320
	5	210
	6	160
	7	120
	8	110
	9	90
	10	80

(Sumber : *Standar Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, 1997*)

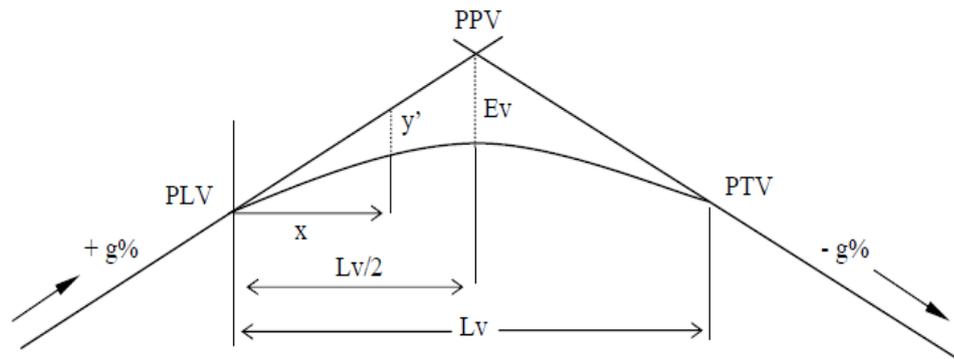
2.7.2 Lajur pendakian

Lajur pendakian digunakan pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana (VR), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana, hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

Pada bagian tanjakan dengan landai 5 % atau lebih (3% atau lebih untuk jalan dengan kecepatan rencana 100 km/jam atau lebih), jalur pendakian kendaraan berat hendaknya disediakan, tergantung panjang dan karakteristik lalu lintas dan lebar lajur pendakian pada umumnya 3,0 meter.

2.7.3 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, kenyamanan bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik.



Gambar 2.22 Bentuk lengkung vertikal Cembung dan bagian-bagiannya.

Kelandaian menaik (naik) diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar 2.16 diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapatdihitung dengan rumus;

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{2 \cdot L_v} x^2 \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

x = jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

Y' = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringandengan lengkungan (m).

g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%).

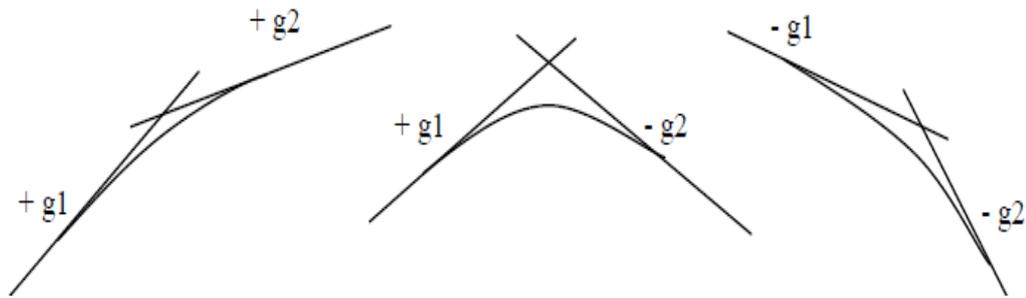
L_v = panjang lengkung vertikal (m).

Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai;

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)}{800} \dots\dots\dots(2.42)$$

a. Lengkung vertikal cembung

Bentuk lengkung vertikal yang digunakan merupakan bentuk lengkung parabola sederhana. Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung.



Gambar 2.23 Bentuk-bentuk lengkung vertikal cembung

Rumus-rumus yang berlaku:

a. Panjang Lv berdasarkan Jh. (dalam meter)

$$jh < Lv, maka Lv = \frac{A.jh^2}{399} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$jh > Lv, maka Lv = 2.jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(2.44)$$

b. Panjang Lv berdasarkan Jd. (dalam meter)

$$jd < Lv, maka Lv = \frac{A.jd^2}{840} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$jd > Lv, maka Lv = 2.jd - \frac{840}{A} \dots\dots\dots(2.46)$$

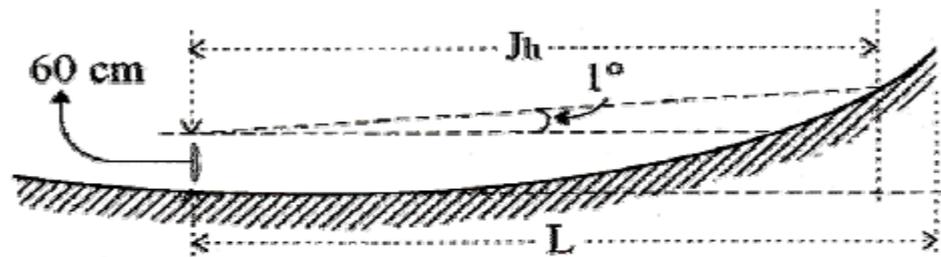
Dimana :

- Jh = jarak pandang henti (m)
- Jd = jarak pandang mendahului/menyiap (m)
- g1, g2 = kemiringan / tangen (%)
- Lv = panjang lengkungan (m)
- A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

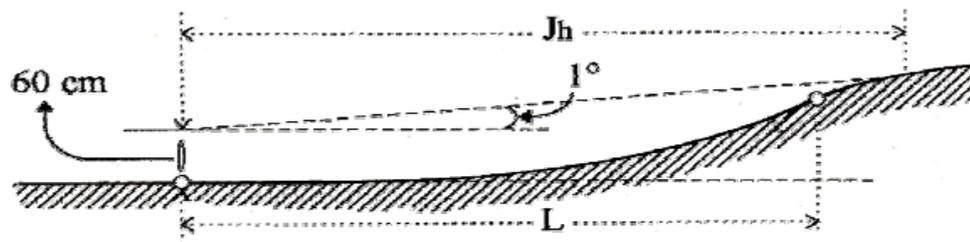
b. Lengkung vertikal cekung

Penentuan panjang lengkung vertikal cekung ini mempertimbangkan empat kriteria, yaitu;

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan,
- Kenyamanan pengemudi,
- Ketentuan drainase, dan
- Penampilan secara umum.



Untuk $J_h < L_v$



Untuk $J_h > L_v$

Gambar 2.24 Asumsi penentuan Panjang Lengkung Vertikal Cekung

Rumus-rumus yang berlaku pada lengkung vertikal cekung adalah sebagai berikut:

$$jh < Lv, \text{ maka } Lv = \frac{A \cdot jh^2}{120 + 3,5jh} \dots \dots \dots (2.47)$$

$$jh > Lv, \text{ maka } Lv = 2 \cdot jh - \frac{120 + 3,5jh}{A} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

J_h = jarak pandang henti (m)

g_1, g_2 = kemiringan / tangen (%)

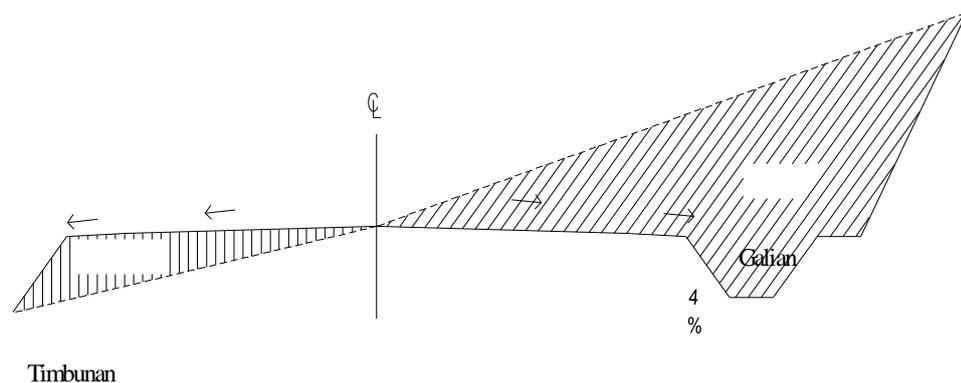
L_v = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana

2.8 Galian dan Timbunan

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

1. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
2. Gambar profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.



Gambar 2.25 Galian dan Timbunan

4. Hitungan volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelatbetonsemen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasa r(batu pecah) + pasir + semen + air dan *additive* atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan

ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi di atas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan *slab* dalam menanggung momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya modulus elastisitas *slab* yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas. Menurut Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017 gambar tipikal perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar dbawah ini:



Gambar 2.26 Gambar tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli



Gambar 2.27 Gambar tipikal perkerasan kaku pada timbunan



Gambar 2.28 Gambar tipikal perkerasan kaku pada galian

Metode untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasari oleh perkiraan sebagai berikut:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana.
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar(k).
3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
4. Jenis bahu jalan.
5. Jenis perkerasan.
6. Jenis penyaluran beban.

Selain beberapa pertimbangan diatas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku.

1. Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
 - a. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
 - b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
 - c. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
 - d. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
 - e. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
 - f. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*.
 - g. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/*environment* lebih menguntungkan.

2. Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
 - a. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
 - b. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan disiang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
 - c. Perbaikan kerusakan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
 - d. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
 - e. Pelapisan ulang/*overlay* tidak mudah dilakukan.
 - f. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
 - g. Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan *grinding machine* atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.9.1 Jenis dan sifat perkerasan kaku

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland cement. Perkerasan kaku berfungsi menerima beban lalu lintas yang berada di atasnya dan menyebar ke lapisan bawah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasar. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003 ada empat jenis perkerasan kaku:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulangan serat baja/fiber

2.9.2 Persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku

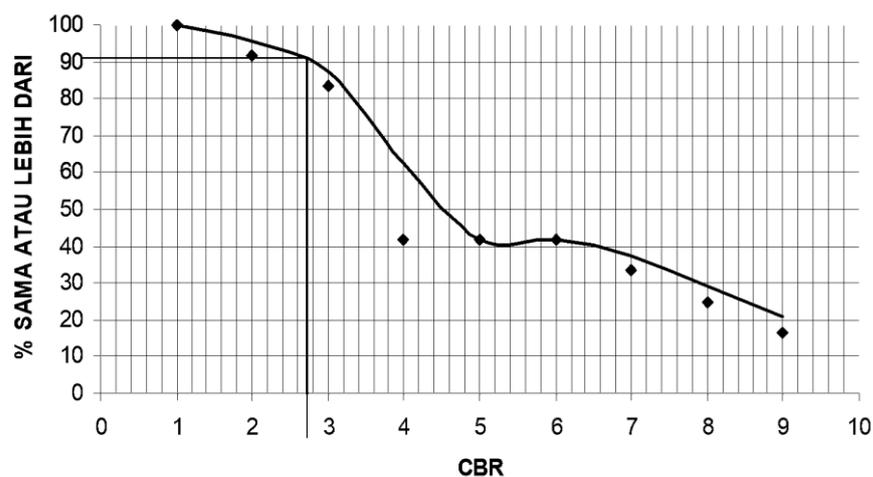
Menurut pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu:

1. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR *in situ* sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

a. Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data bermacam –macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu menggunakan CBR segmen. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%.



Gambar 2.29 CBR Segmen

b. Cara Grafis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR Segmen} = \left(\frac{\text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \text{CBR}_{\text{min}}}{R} \right) \dots \dots \dots (2.49)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data CBR yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.16 dibawah ini yaitu :

Tabel. 2.22 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

JumlahTitik Pengamatan	NilaiR
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:Hendra Suryadharna,1999)

2. Lapis Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau *pumping* pada sambungan pada tepi-tepi pelat beton. Adapun bahan- bahan yang dipergunakan untuk mendesain pondasi bawah pada perkerasan kaku dapat berupa:

a. Bahan berbutir

Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji

gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%.

b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

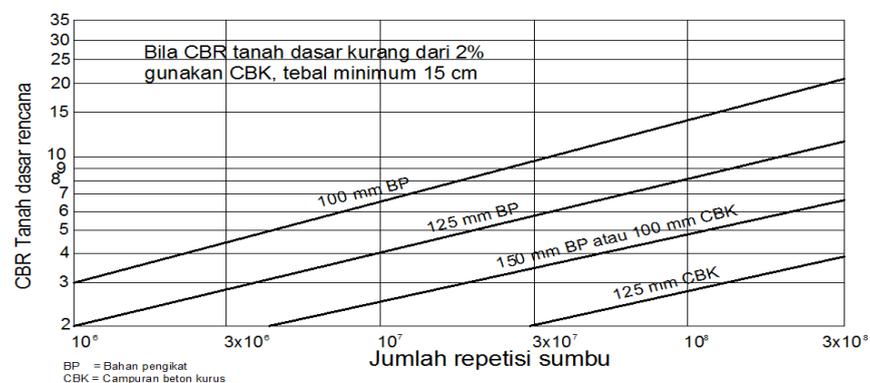
1) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau *slag* yang dihaluskan.

2) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).

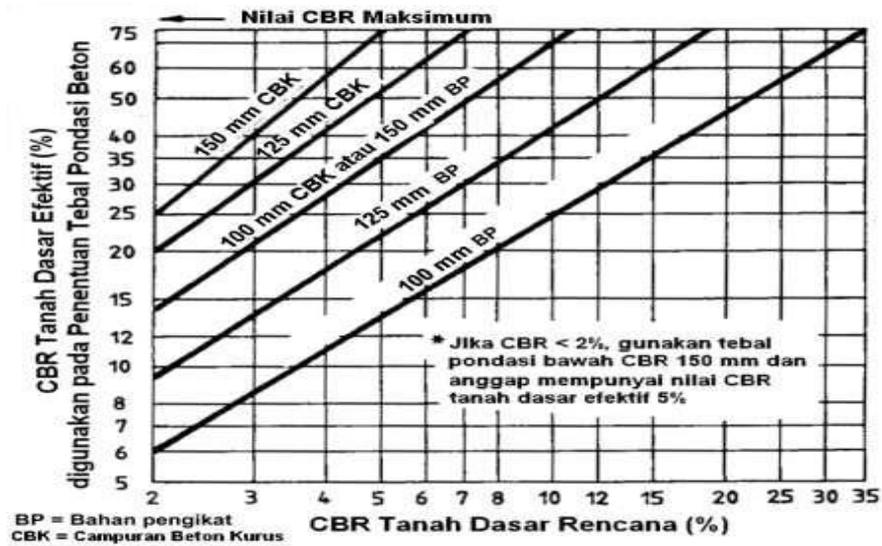
3) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5Mpa (55 kg/cm²).

c. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus(CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.22 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.23



Gambar 2.30 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.31 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3. Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTMC-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 Mpa (30-50kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 Mpa (50-55kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 Mpa (2,5kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.50)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana:

$f_{c'}$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

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

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 pecah

4. Lalu Lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintasharus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalulintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

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

5. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

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

Tabel 2.23 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan(L_p)	Jumlah laju (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 arah	2 arah
$L_p < 5,50\text{m}$	1 lajur	1	1
$5,50\text{m} \leq L_p < 8,25\text{m}$	2 lajur	0,7	0,50
$8,25\text{m} \leq L_p < 11,25\text{m}$	3 lajur	0	0,475
$11,23\text{m} \leq L_p < 15,00\text{m}$	4 lajur	0,5	0,45
$15,00\text{m} \leq L_p < 18,75\text{m}$	5 lajur	0	0,425
$18,75\text{m} \leq L_p < 22,00\text{m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*)

6. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomis jalan bersangkutan,

yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

7. Pertumbuhan Lalu Lintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana:

R = faktor pertumbuhan lalulintas

I = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.24 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Kelas Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,47
Kolektor Rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: *Manual Desain Perkerasan*, 2017)

8. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 110kN (1ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian, saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n).

C = Koefisien distribusi kendaraan.

9. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan dengan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan yang dipengaruhi oleh kendaraan dan muatan yang melintasi jalan tersebut, untuk perlu diperhatikan bahwa beban adalah salah satu penyebab terjadinya kerusakan jalan sebelum sampai masa rencana jalan yang akan dibangun pada daerah tersebut maka haruslah memperhatikan rencana kendaraan dan faktor keamanan bebannya yang akan dibatasi pada subu terberat untuk kendaraan yang bisa melewati jalan tersebut. Faktor keamanan beban seperti terlihat pada Tabel 2.25

Tabel 2.25 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*)

2.9.3 Bahu jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60m.

2.9.4 Sambungan

Sambungan dipakai untuk menyambung pelat yang ada pada jalan perkerasan beton semen yang ditujukan untuk:

1. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang terjadi disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas.
2. Memudahkan pelaksanaan.
3. Mengakomodasi gerakan pelat.

Dalam mendesain tebal perkerasan jalan ini harus memakai sambungan, pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

1. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

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

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.54)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana:

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).

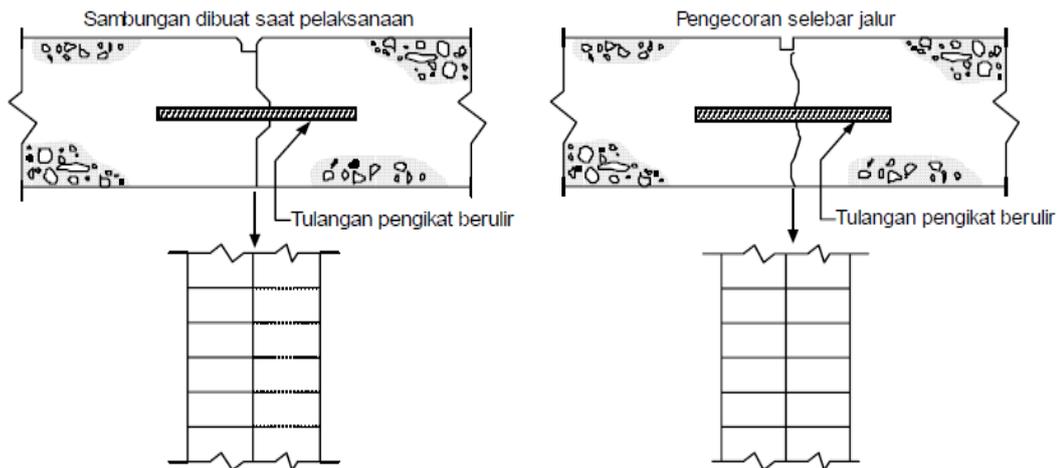
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan

dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

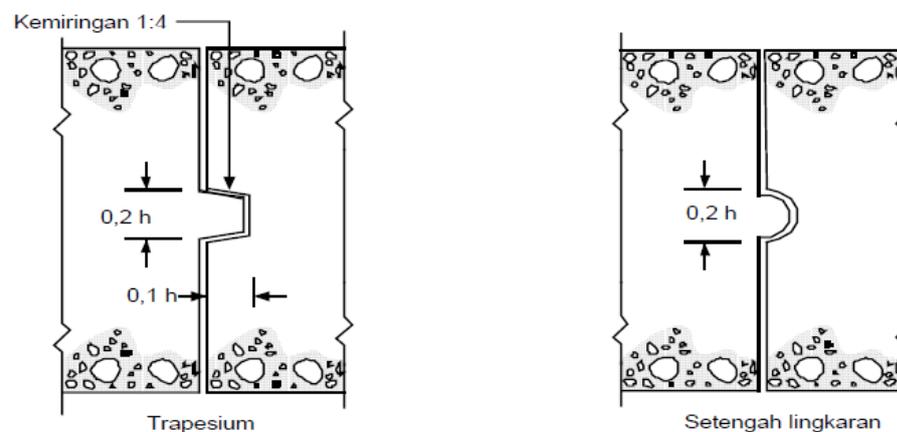
\emptyset = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)



Gambar 2.32 Tipikal Sambungan Memanjang

2. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.31.



Gambar 2.33 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

3. Sambungan Susut Memanjang

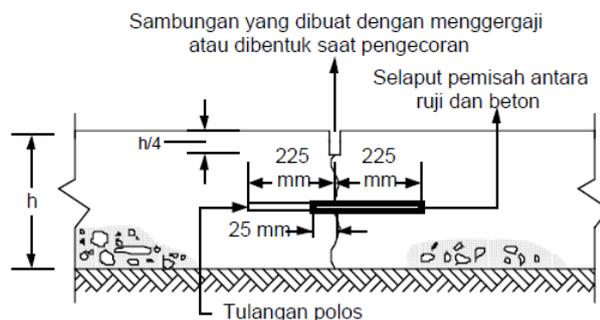
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

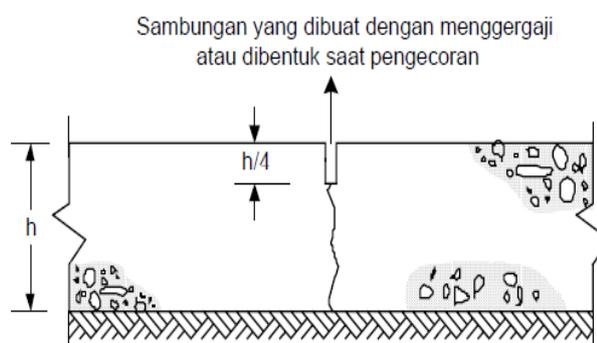
Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah jarum jam.

5. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.34 dan gambar 2.35



Gambar 2.34 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.35 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.20.

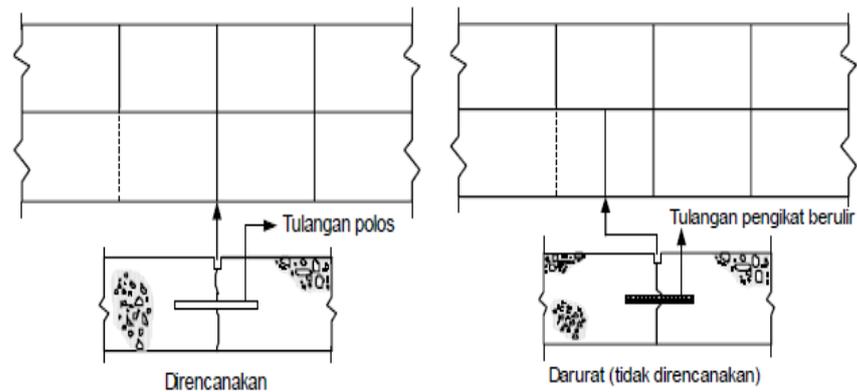
Tabel 2.26 Diameter Ruji

No.	Tebal pelat beton, h(mm)	Diameter ruji(mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

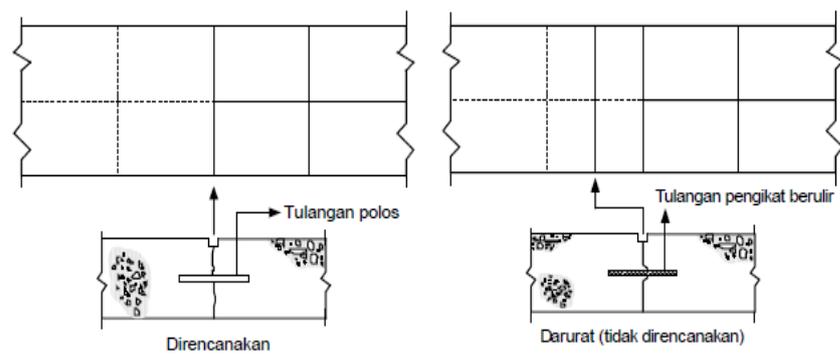
(Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2003)

6. Sambungan pelaksanaan melintang

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



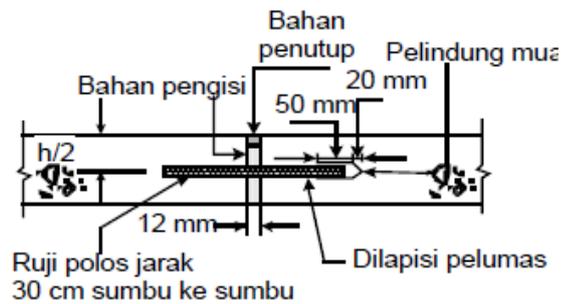
Gambar 2.36 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran perlajur



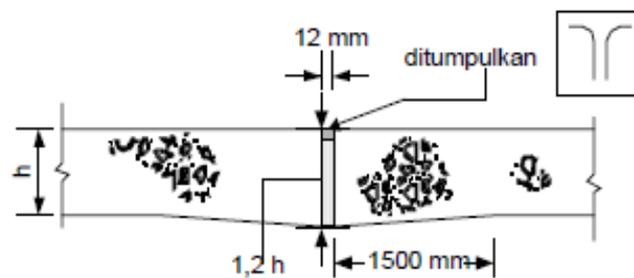
Gambar 2.37 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

7. Sambungan isolasi

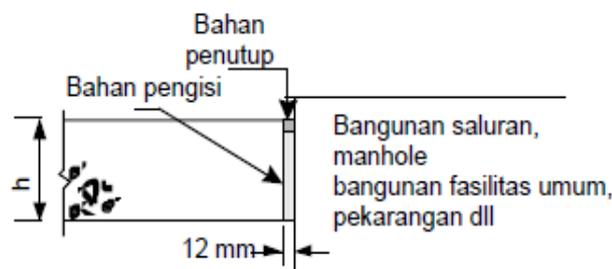
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*jointsealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*jointfiller*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.36, 2.37, dan 2.38.



Gambar 2.38 Sambungan isolasi dengan ruji



Gambar 2.39 Sambungan isolasi dengan penebal tepi

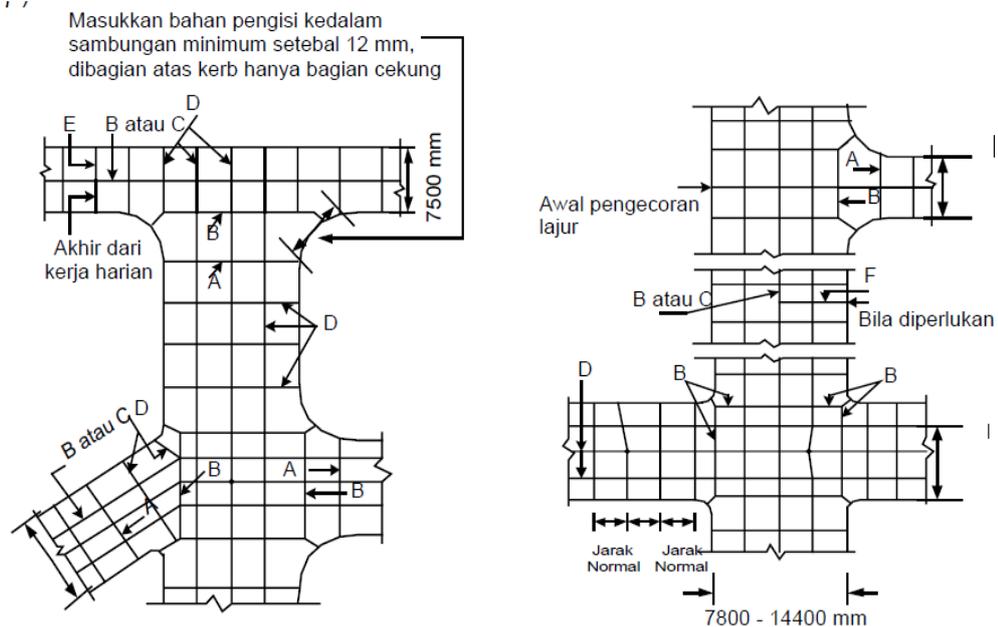


Gambar 2.40 Sambungan Isolasi tanpa ruji

Pada semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*jointsealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu diberi bahan pengisi (*jointfiller*).

8. Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain kedalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk kedalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan keatas (*lowup*).



Gambar 2.41 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan :

A =Sambungan Isolasi

B =Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C =Sambungan Susut Memanjang

D =Sambungan Susut Melintang

E =Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F =Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.9.5 Tebal plat

Tebal plat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

2.9.6 Tulangan

Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan ditentukan oleh jarak sambungan susut dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat lebih panjang agar

dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga meningkatkan kenyamanan. Tujuan utama penulangan untuk:

1. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
2. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
3. Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan itu dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut untuk tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberitulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- a. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. Tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih.
- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*miss matched joints*).
- c. Pelat berlubang (*pitsor structures*).

2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots \dots \dots (2.56)$$

2.f_s

Dimana:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

F_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

- g = gravitasi (m/detik)
 h = tebal pelat beton (m)
 L = jarak antara sambungan tidak diikat atau tepi bebas pelat(m)
 M = beratpersatuanvolumepelat(kg/m³)
 μ = koefisiengesekantarapelatbetondanpondasibawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada tabel 2.17 dibawah ini:

Tabel 2.27 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien
1	Lapisresapikataspaldiataspermukaanpondasibawah	1,0
2	Laburanparafintipispemecahikat	1,5
3	Karetkompon(<i>Achlorinatedrubbercuringcompound</i>)	2,0

(Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*)

3. Perkerasanbeton semen menerus dengan tulangan

a. Penulangan memanjang

Tulanganmemanjangyangdibutuhkanpadaperkerasanbetonsemen bertulangmenerusdengantulangandihitungdaripersamaanberikut

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n f_{ct}} \dots \dots \dots (2.57)$$

Dimana:

P_s =Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang (%)

F_{ct} =kuat tarik langsung beton = (0,4–0,5f_{cf}) (kg/cm²)

f_y =tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

n =angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel 2.18

μ =koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s =modulus elastisitas baja = 2,1x10⁶(kg/cm²)

$$E_c = \text{modulus elastisitas beton} = 1485\sqrt{f_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Tabel 2.28 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekvivalen Baja/Beton (n)

f_c (kg/cm ²)	N
175–225	10
235–285	8
290-keatas	6

(Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, tulangan perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{N \cdot P^2 \cdot F_b \cdot (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana:

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan (cm)

P = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas Penampang beton

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$

f_b = tegangan lekat antara ulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f_c})/d$. (kg/cm²)

ϵ_s = koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4-0,5f_c)$ (kg/cm²)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton = (E_s/E_c)

E_c = modulus Elastisitas beton = $14850\sqrt{f_c}$ (kg/cm²)

E_s = modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

b. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.33. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- 1) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12mm.
- 2) Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

c. Penempatantulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang diatas tulangan arah melintang.

4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Suatu struktur perkerasan jalanbeton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Perkerasan beton semen prategang merupakan tipe perkerasan yang telah dan tengah dikembangkan lagi, baik untuk perencanaan jalan baru maupun untuk pemeliharaan, misalnya penggantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan metoda pracetak-prategang ini, sebagaimana pada konstruksi yang menggunakan sistim prategang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton semen tersebut bisa diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri (Furqon Affandi, 2009).

2.10 Bangunan Pelengkap Jalan

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi

pengecahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004)

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

2.10.1 Drainase saluran samping

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu:

1. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan. Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

a. Saluran Samping

Saluran samping adalah saluran yang berada dibagian sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan. Saluran pembuang ini berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ketempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

b. Saluran Penangkap

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

c. Gorong-gorong/ Box Culvert

Gorong – gorong adalah aluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk

mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

2. Drainase bawah

Drainase bawah ini harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum melaksanakan pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa difungsikan sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air. (H.A Halim Hasmar.2011)

2.10.2 Prinsip dan pertimbangan perencanaan drainase

1. Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase:

a. Penggunaan yang efektif dan efisien

Perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

b. Ekonomis dan aman

Pemeliharaan dimensi saluran dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanannya.

c. Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase tersebut.

2. Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

a. Pada daerah yang datar dan lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar dari pada kemiringan permukaan jalan.

b. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/ penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah tanjakan ke turunan perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara keselokan samping. Untuk itu maka kemiringan

melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

c. Pada daerah tikungan

Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun atau melandai kesisi dalam tikungan. Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Besarnya kemiringan melintang perkerasan/bahu jalan pada daerah tikungan.

2.10.3 Persyaratan teknis perencanaan drainase

Menurut perencanaan sistem drainase jalan 2006, hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah ini:

1. Plot rute jalan dipeta topografi (L)
 - a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b. Kondisi terrain diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan, dll.)
Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perencanaan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran (L)
Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
 - a. Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
 - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
 - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis

4. Luas daerah layanan (A)

Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

- a. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- b. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah disekitar (A_3).
- c. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu jalan (l_2) dan daerah sekitar (l_3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
- d. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A_3).

5. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan *permeabilitas* tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor Limpasan (fk)

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.23.

Tabel 2.29 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan(fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Faktor Limpasan(fk)
	Bahan		
1	Jalan beton dan jalana spal	0,70–0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40–0,70	
3	Bahu jalan:		
	Dari tanah berbutir halus	0,40–0,65	
	Dari tanah berbutir kasar	0,10–0,20	
	Dari batuan masif keras	0,70–0,85	
	Dari batuan masif lunak	0,60–0,75	
	Tata Guna Lahan		
1	Daerah perkotaan	0,70–0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60–0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60–0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40–0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40–0,60	1,5
6	Tamandan kebun	0,45–0,60	0,2
7	Persawahan	0,70–0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70–0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75–0,90	0,3

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

Harga koefisien pengaliran(C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.

7. Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots (2.59)$$

Keterangan :

C_1, C_2, C_3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan Kondisi permukaan

f_k = faktor limpasan sesuai guna lahan

8. Faktor Limpasan (f_k)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.60)$$

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times l_o \times \frac{N_d}{V_{is}})^{0,167} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 v} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1/t_o = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2/t_d = waktu aliran saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

N_d = koefisien hambatan

I_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.30 Kemiringan Saluran Memanjang (i_s)

No	Jenis material	Kemiringan saluran i_s (%)
1	Tanah asli	0–5
2	Kerikil	5–7,5
3	Pasangan batu	7,5

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

Koefisien hambatan (Drag Coefficient) adalah besaran dimensi yang digunakan untuk mengukur drag atau hambatan dari obyek dalam lingkungan fluida seperti udara atau air. Hal ini digunakan dalam persamaan drag, di mana koefisien drag yang lebih rendah menunjukkan objek memiliki hambatan aerodinamis atau hidrodinamik lebih kecil. Koefisien hambatan selalu dikaitkan dengan luas permukaan tertentu.

Tabel 2.31 Koefisien Hambatan (n_d)

No	Kondisi lapis permukaan	n_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan	0,800

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

9. Analisa Hidrologi

a. Data curah hujan

- 1) Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- 2) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan

minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kata ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. (SriHarto,1993).

d. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991, metode perhitungan debit banjir.

e. Debit aliran air

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan Rumus:

$$Q = 0,27 C.I.A \dots\dots\dots(2.63)$$

Keterangan :

Q = debit aliran air (m³/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C₁,C₂,C₃

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A₁, A₂, A₃

2.10.4 Kriteria perencanaan saluran samping dan gorong-gorong

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

1. Saluransamping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir disaluran samping jalan tersebut.

Tabel 2.32 Aliran Air yang Dizinkan

No	JenisMaterial	V izin(m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikilh alus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase, 2006*)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang direncanakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.27

Tabel 2.33 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material
Penampang minimum saluran 0,50m²

No	JenisMaterial	Kemiringansaluran(%)
1	Tanahasli	0–5
2	Kerikil	5–7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase, 2006*)

2. Gorong – gorong / *Box Culvert*

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air darihulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong, berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang, pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tulangan tarik yang ada pada struktur beton bertulang. Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter.

2.10.5 Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa bentuk penampang saluran samping dan gorong – gorong diantaranya yaitu:

1. Saluran bentuk persegi (saluran samping):

$$A_d = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(2.64)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.66)$$

a. Penampang ekonomis:

$$b = 2 \cdot h \dots\dots\dots(2.67)$$

$$\begin{aligned}
 A_d &= b \cdot h \\
 &= 2h \cdot h = 2h^2 \dots\dots\dots(2.68)
 \end{aligned}$$

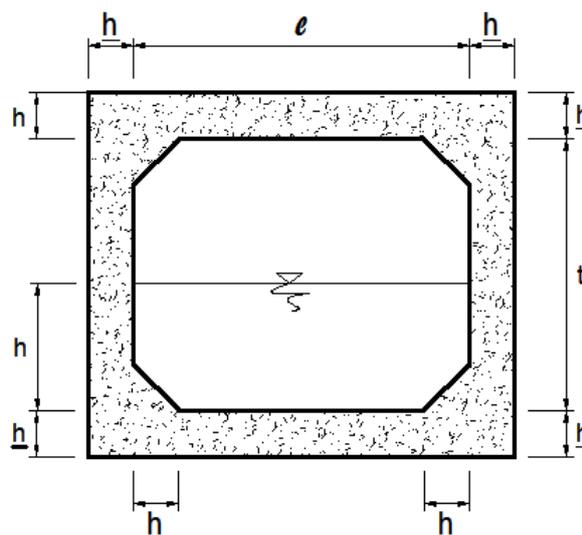
b. Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \frac{1}{2} y} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

- A = Luas penampang melintang (m^2)
- b = lebar saluran (m)
- p = keliling basah (m)
- T = lebar puncak (m)
- Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)
- D = kedalaman hidrolis (m)
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/dt)
- I = kemiringan dasar saluran
- Q = debit aliran air (m^3 /detik)
- Z = perbandingan kemiringan talud
- W = tinggi jagaan (m)
- h = tinggi muka air (m)

2. Gorong-gorong bentuk Persegi (box culvert)



Gambar 2.42 Sketsa Box Culvert dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots\dots\dots(2.70)$$

$$B = 2h \dots\dots\dots(2.71)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots(2.72)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.73)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5xh} \dots\dots\dots(2.74)$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

L = lebar saluran (m)

V = kecepatan rata – rata aliran (m/dt)

W = tinggi jagaan

H = tinggimukaair(m)

H = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan

2.10.6 Marka, rambu jalan, pengaman jalan dan trotoar

1. Marka

Marka jalan dibuat dengan cat khusus berwarna putih dan kuning yang dapat memancarkan cahaya pada malam hari atau dengan material lainnya yang ditempatkan atau dibuat pada permukaan perkerasan jalan, kerb atau objek lainnya dengan maksud untuk mengatur lalulintas atau mengingatkan pengemudi. Ada 5 kategori marka jalan yang umum digunakan, yaitu :

- a. Marka pada perkerasan jalan
- b. Pada kerb jalan
- c. Tanda pada objek
- d. Petunjuk
- e. Perkerasan yang diberi warna

Dengan pemilihan warna, lebar dan jenis marka memanjang, maka perencana dapat memberikan pesan kepada para pengendara. Penjelasan secara umum adalah sebagai berikut :

- a. Garis putus-putus bersifat “boleh”
- b. Garis penuh bersifat “dilarang”
- c. Garis penuh ganda bersifat “dilarang keras”
- d. Warna untuk garis-garis tersebut menunjukkan sebagai berikut:
 - 1) Warna putih memisahkan arus lalu lintas (batas lajur) pada arah yang sama
 - 2) Warna kuning memisahkan arus lalu lintas pada arah yang berlawanan
 - 3) Tebal garis menunjukkan derajat penekanan

Tabel 2.34 Jenis Marka Jalan

Tipe	Penggunaan Tipikal
Garis Memanjang	
Garis putih putus	Garis batas lajur untuk jalan multi lajur
Garis kuning putus	Dijijinkan untuk menyalip/mendahului pada jalan 2 lajur 2 jalur
Garis putih penuh	Tanda/batas tepi perkerasan
Garis ganda putih penuh	Garis pemisah karena ada/ditemui rintangan
Garis kuning penuh	Tidak boleh mendahului didekat garis penuh
Garis ganda kuning putus	Tepi lajur arus kendaraan berlawanan
Garis titik	Garis tambahan melalui simpang sebidang atau tidak sebidang
Garis Melintang	
Marka pada bahu	Menghalangi penggunaan bahu jalan sebagai lajur lalu lintas
Pasangan garis putih penuh dengan lebar ≥ 15 cm dengan panjang ± 200 cm	Tempat penyebrangan pejalan kaki atau <i>zebra cross</i>
Garis putih penuh dengan lebar 3 hingga 6 meter	Garis henti yang menunjukkan kendaraan diperlukan untuk berhenti

(Sumber : *Pedoman pemanfaatan bagian-bagian Jalan*)

2. Rambu

Rambu dilihat dari fungsi memiliki 3 kelas, yaitu :

- a. Pengatur atau pengarah, digunakan kode R
- b. Petunjuk, digunakan kode G
- c. Peringatan, digunakan kode W

Bentuk rambu lalu lintas terdiri dari :

- a. Lingkaran
- b. Belah ketupat
- c. Segitiga
- d. Persegi panjang atau bujur sangkar
- e. Bersilang
- f. Berbentuk anak panah
- g. Segi delapan

Warna yang digunakan pada umumnya seragam atau standar yang berlaku internasional.

Tabel 2.35 Jenis Rambu Jalan

Kode	Warna
R	Dasar merah, tulisan putih
	Dasar putih, bingkai merah dan lambing hitam dan putih atau tulisan hitam
W	Dasar kuning, bingkai hitam dan tulisan/lambing hitam
G	Dasar biru, bingkai putih, lambing dan tulisan putih
	Dasar biru, bingkai dan dasar lambing putih, lambing hitam
	Dasar hijau, tulisan dan lambing putih
	Dasar biru, tulisan kuning

(Sumber : *Pedoman pemanfaatan bagian-bagian Jalan*)

3. Pengaman jalan

- a. Pagar pengaman

Pagar pengaman dipasang pada tikungan yang tajam, dimana pada sisinya merupakan lereng terjal dengan beda tinggi yang cukup besar antara muka jalan dengan muka tanah sisi jalan. Pagar pengaman dipasang pada patok beton bertulang atau patok besi dengan jarak

antar patok 2 meter. Bahan untuk pagar pengaman adalah baja galvanizer, sedangkan dimensi dan spesifikasinya harus meruntut dari standar Bina Marga.

b. Pagar pengarah

Selain patok kilometer yang menunjukkan untuk penunjuk arah, patok beton yang berfungsi sebagai pengarah harus dipasang pada tikungan dan jalan masuk jembatan, dimensi patok sesuai dengan ketentuan standar Bina Marga.

Tabel 2.36 Kriteria Pengaman Jalan

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

(Sumber : *Pedoman pemanfaatan bagian-bagian Jalan*)

4. Trotoar

Trotoar termasuk dalam sarana pedestrian untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Trotoar memang banyak terdapat pada jalan dalam kota akan tetapi untuk jalan luar kota jarang sekali ditemukan. Trotoar dapat ditempatkan khusus, juga dapat digunakan sekaligus sebagai penutup saluran drainase samping, akan tetapi tergantung dari lahan yang tersedia untuk Rumaja. Rumaja. Spesifikasi trotoar dapat dirujuk dari PERMEN PU No. 19/PRT/M/2011, SNI 03-6967-2003 dan SK DirJend Bina Marga No. 07/T/BNKT/1990.

2.11 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan pengelolaan rencana kerja, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal pelaksanaan pekerjaan sampai selesainya proyek secara efektif dan efisien untuk menjamin bahwa proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Ervianto,2003)

2.11.1 Daftar harga satuan alat dan bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah.

2.11.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

2.11.3 Perhitungan volume pekerjaan

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

2.11.4 Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya

perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

2.11.5 Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling menggagu pelaksanaan pekerjaan.

2.11.6 Rencana kerja (*time schedule*)

Rencana Kerja (Time Schedule) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Jenis - jenis *time schedule* atau rencana kerja :

1. Bagan Balok (*Barchart*)

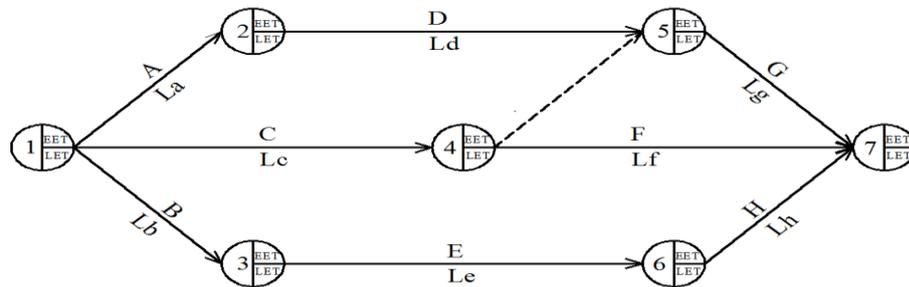
Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

2. Kurva S

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

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

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

Gambar 2.43 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

- (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu dan *resources* tertentu. Anak panah menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak - anak panah menunjukkan urutan - urutan waktu.
- (*Node / vent*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
- ==> (*Double arrow*), anak panah yang sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikal path*).
- > (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus - putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
- (EET / LET) 1 = Nomor kejadian EET (*Earliest Event Time*) = waktu 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 akan

dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

$\begin{array}{l} A \\ \longrightarrow \\ La \end{array}$
 A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan

2.11.7 Bar chart

Sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, sedangkan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa pengertian dari *Bar Chart* ialah bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan di lapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu.

Dalam penyusunan *Bar Chart* ada beberapa keuntungan dan kelemahan, berikut adalah keuntungan dan kelemahan dari *Bar Chart* :

1. Bentuknya sederhana
2. Mudah dibuat
3. Mudah dibaca dan dimengerti
4. Hubungan antara suatu pekerjaan dengan yang lainnya kurang jelas
5. Sulit digunakan pada pekerjaan skala yang besar.

Berikut adalah contoh dari *Bar Chart* itu sendiri:

Tabel Barchat

No	Uraian Kegiatan	Minggu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pekerjaan Persiapan	X					
2	Pekerjaan Pelaksanaan		X	X	X		
3	Pekerjaan Akhir					X	X

Gambar 2.44 Contoh *Barchart*

2.11.8 Kurva S

Setelah *Bar Chart* didapatkan, kegiatan selanjutnya yang dapat dilakukan adalah pembuatan Kurva S. Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progress pekerjaan dari setiap kegiatan.

Dengan Kurva S kita dapat mengetahui progress pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap barchart yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat Kurva "S". Bentuk dari Kurva "S" biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva S diperlukan untuk menggambarkan progress pada moment tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam Kurva S merupakan referensi/ kesepakatan dari semua pihak atas progress yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

Bila Kurva S dari rencana progress dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan-tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana. Berikut adalah tahapan dalam penyusunan kurva S :

1. Siapkan data:
 - a. Diagram batang (*barchart*)
 - b. Biaya seluruh kegiatan/pekerjaan
2. Buat distribusi penyerapan biaya tiap kegiatan (pekerjaan) sesuai durasi tiap kegiatan (pekerjaan) dalam diagram batang.
3. Hitung jumlah penyerapan biaya tiap satu satuan waktu.
4. Hitung jumlah penyerapan biaya kumulatif tiap satu satuan waktu.
5. Hitung rasio biaya kumulatif tiap satu satuan waktu terhadap total biaya seluruh kegiatan (pekerjaan).
6. Gambarkan rasio biaya tersebut ke dalam diagram batang.

Berikut adalah contoh dari kurva S:

Time Schedule																
PT. KONTRAKTOR SIPIL											Minggu ke					
Proyek Gedung 3 Lantai											Senin, 29 Mar 2010					
Jl. Sudirman Pyakumbuh											Minggu, 04 Apr 2010					
No	Keterangan	Bobot (%)	Minggu										Keterangan			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Pekerjaan tanah	0.45482	0.15161	0.15161	0.15161											
2	Pekerjaan pondasi	15.52456	3.88114	3.88114	3.88114	3.88114										
3	Pekerjaan sloof	3.09278		0.77320	0.77320	0.77320	0.77320									
4	Pekerjaan dinding	29.71498			7.42874	7.42874	7.42874	7.42874	7.42874							
5	Pekerjaan balok	5.30625				1.32656	1.32656	1.32656	1.32656							
6	Pekerjaan kuda-kuda	8.03517					2.67839	2.67839	2.67839							
7	Pekerjaan atap	10.73378						3.57793	3.57793	3.57793						
8	Pekerjaan plafond	6.67071							2.22357	2.22357	2.22357					
9	Pekerjaan lantai	8.33839								2.77946	2.77946	2.77946				
10	Pekerjaan finishing	5.76107									2.88053	2.88053				
11	Pekerjaan listrik	3.79018										1.26339	1.26339	1.26339		
12	Pekerjaan sanitasi	2.57732												2.57732		
Bobot Rencana			4.03275	4.80594	12.23469	13.40964	15.78482	17.23519	12.58591	9.14696	6.92339	3.84071				
Akumulasi Bobot Rencana			4.03275	8.83869	21.07338	34.48302	50.26784	67.50303	80.08894	89.23590	96.15929	100.00000				

Gambar 2.45 Kurva S